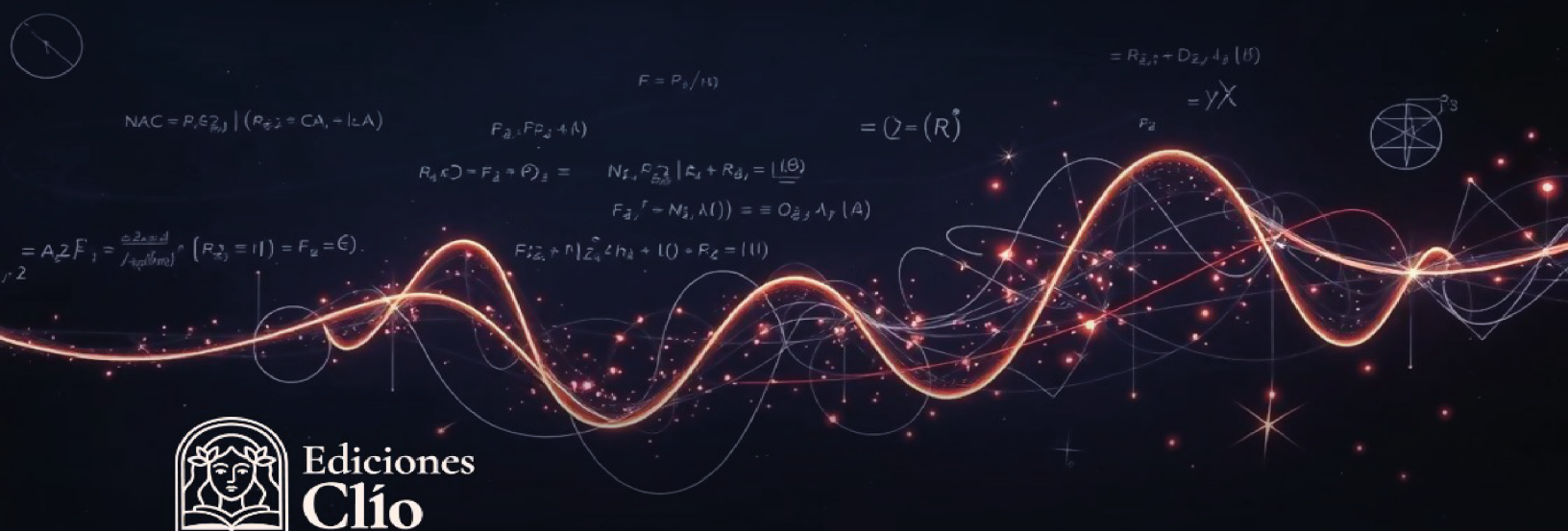


Evento con la **FISICA**



Neptaly Fuenmayor

Cuento con la **Física**

Cuento con la física

Neptaly Fuenmayor (autor)

@Ediciones Clío

Maracaibo, Venezuela

1ra edición

Hecho el depósito de ley:

ISBN:

Depósito legal:

Producción: Jorge F. Vidovic L. y Julio César García Delgado

Diseño de portada: Janibeth Maldonado

Diagramación: Ediciones Clío

Las opiniones y criterios emitidos en el presente libro son exclusiva responsabilidad de los autores

Fundación Ediciones Clío

La Fundación Ediciones Clío constituye una institución sin fines de lucro que procura la promoción de la Ciencia, la Cultura y la Formación Integral dirigida a grupos y colectivos de investigación. Nuestro principal objetivo es el de difundir contenido científico, humanístico, pedagógico y cultural con la intención de Fomentar el desarrollo académico, mediante la creación de espacios adecuados que faciliten la promoción y divulgación de nuestros textos en formato digital. La Fundación, muy especialmente se abocará a la vigilancia de la implementación de los beneficios sociales emanados de los entes públicos y privados, asimismo, podrá realizar cualquier tipo de consorciado, alianza, convenios y acuerdos con entes privados y públicos tanto de carácter local, municipal, regional e internacional.

*¿Alguna vez has sentido que la física es un laberinto de fórmulas imposibles? **Cuento con la física** llega para derribar ese muro y demostrar que la ciencia no solo está en los libros, sino en cada rincón de nuestra vida. Acompaña al profesor Hípaso y a su carismática familia —Pitias, Academo y Peleo— en un viaje donde lo cotidiano se vuelve extraordinario.*

A través de relatos ágiles, descubrirás desde por qué flotan los barcos hasta los misterios de la relatividad y las partículas elementales. Este libro no es un texto académico; es una invitación a mirar el mundo con ojos nuevos, contagiando curiosidad en cada página. ¡Aprende, ríe y descubre que, al final del día, todos contamos con la física!.

A mis amados hijos, Neptaly Johan y Jhonnep Johan, en quienes he encontrado las lecciones más profundas, esas que no se enseñan en los libros, sino en el alma.

A mi cómplice de sueños y aventuras, mi amada esposa, Johana Zúñiga, cuyo amor y compañía han sido faro en cada travesía.

A mis padres, que me guían con su memoria.

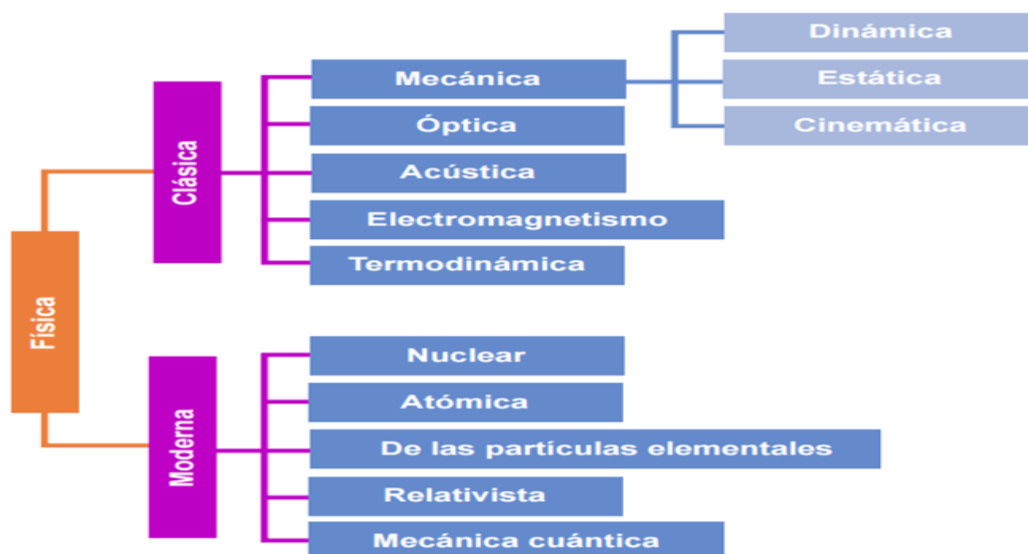
Con amor desbordado e ilusión sincera, dedico esta humilde obra a quienes han forjado mi camino: a mis grandes maestros, sembradores de luz.

Y a todos mis estudiantes, razón viva de mi vocación docente, quienes día tras día renuevan en mí la fe en el poder transformador de la educación.

La presente obra no pretende ser un texto académico de física para consulta escolar; por el contrario, busca abrir una puerta a la imaginación, presentándose como un hermoso virus que intenta contagiar de curiosidad a toda persona que lo sostenga en sus manos. Un llamado a aprender sin obligación, a leer sin advertir que, en el goce de la lectura, se está instruyendo en esta maravillosa ciencia natural.

Índice

Introducción	1
Capítulo I: <i>¡Se quema!</i>	5
Capítulo II: <i>¡No me presiones!</i>	62
Capítulo III: <i>¡Muévete!</i>	130
Capítulo IV: <i>¡Qué fuerte!</i>	210
Capítulo V: <i>¡Qué energético!</i>	273
Capítulo VI: <i>¡Qué onda bro!</i>	375
Capítulo VII: <i>¡Eso es relativo!</i>	474
Capítulo VIII: <i>¡Partículas en todos lados!</i>	515
Referencias bibliográficas.....	566



Ramas de la física. Fuente: Generado por IA (2025).

Introducción

En una ciudad muy fría y medianamente alta, sucede esta interesante historia, quizá no te interese porque se trata de ciencia, específicamente sobre la maravillosa y muy útil ciencia natural; *Física*¹. Sé también que a muchas personas no les agrada porque utiliza a las matemáticas para dar resultados concretos luego de sus razonamientos, pero les encanta disfrutar de sus bondades, por cierto, esos beneficios son muy abundantes. Prácticamente todo lo que hoy te rodea, tiene las marcas de la física, y cómo no, si precisamente la palabra física significa “*Naturaleza*” como hace muchos años lo expresó el gran estagirita *Aristóteles*.

La física es la ciencia que estudia los fenómenos naturales para comprender las leyes fundamentales del universo*.



Hípasso

A esta ciudad le llaman *Hamos*, es un hermoso nombre, ¿no? Pues, es una ciudad también muy hermosa, con cierta altura, como promedio más de tres mil metros sobre el nivel del mar. Con un clima espectacular, de un promedio de quince grados Celsius y muchas lluvias al año. Allí vivían un grupo de personas muy amorosas, gente que se hacían llamar *familia*, este grupo de personas era un verdadero equipo, se apoyaban mutuamente en todo, eran muy colaboradores, en el hogar y en los problemas que iban surgiendo. La cabeza de casa, o sea, el jefe de familia era Hípasso, sí, sí, como el de Metaponto, claro como el discípulo del gran *Pitágoras*. Bueno, él era un profesor de física, respiraba física, soñaba con el universo, amaba la *Naturaleza* y la aplicaba en casi todo a lo largo de su día. Era poseedor de un gran sentido del humor, parecía estar siempre contento y se apoyaba siempre en la filosofía.



Pitias

¹ Serway (2018).



Academo

Su casa era muy amplia, se ubicaba en el segundo piso de un pequeño edificio, lo acompañaba su hermosa esposa Pitias, ya sé que te recuerda a la esposa del griego, pero son solo casualidades, no te preocupes. En fin, la feliz pareja tenía dos inteligentes y sanos hijos que siempre eran parte de las aventuras científicas y de las largas charlas filosóficas de su padre.



Peleo

El hijo mayor es Academo, un joven brillante que siempre destaca en la escuela y disfruta de los cuentos de terror o suspenso, él tiene unos quince años de edad, a su padre le encantaba conversar con él desde muy pequeño porque le hacía preguntas complejas, pues el mundo era su laboratorio, veían belleza en cualquier lugar a donde iban y por donde miraban. El otro hijo de Hípaso era Peleo, este es cinco años menor que su hermano, con una imaginación infinita, le encanta la programación y disfruta de las locuras de su padre. Así entonces, el andamiaje de las aventuras lo coloca siempre Pitias, ella es la voz de la razón para que no quemen la casa o algo así.

Normalmente la familia está reunida por la tarde, los jóvenes estudian por la mañana en un colegio cercano. Pitias estudia su licenciatura en educación, lo hace por la tarde en la Universidad de Hampos, disfruta de cosas sencillas como caminar y sus hermosas plantitas de jardín. En ese sentido, Hípaso es profesor de física en un colegio cercano a su domicilio, el *Colegio G*. En ese colegio enseña física de manera conceptual haciendo énfasis en la experimentación. Normalmente los cuatro están involucrados en temas a fin, aunque tengan intereses distintos. Así pues, a Hípaso le gusta escuchar Ópera, a su esposa le gusta una buena Balada romántica en español, por otro lado, a Academo le gusta el ritmo moderno del Trap latino y a Peleo le encanta un merengue dominicano.

Así las cosas, es importante agregar que son muy distintos, les gustan las comidas distintas y prefieren sitios de vacaciones bastante diferentes. Pero el amor y la comprensión están por encima de todo y se entienden, se complementan y son felices.

Hípaso como profesor de física suele ser una persona apasionada por la ciencia, con una profunda comprensión de las leyes que gobiernan el mundo natural. Su apariencia es de barbudo y moreno, con seriedad aparente. Generalmente, se caracteriza por su capacidad de desglosar conceptos abstractos, haciéndolos accesibles para sus estudiantes. Suele ser generalmente una persona



analítica, paciente y con habilidades para resolver problemas, buscando constantemente formas innovadoras de explicar teorías y experimentos. También emplea ejemplos de la vida cotidiana para demostrar cómo las leyes físicas influyen en el entorno. Tiende a ser curioso y fomenta el pensamiento crítico en sus hijos, animándolos a hacer preguntas y a investigar más allá de lo que se enseña en clase. Mantiene una actitud abierta para que sus estudiantes e hijos se sientan cómodos haciendo preguntas y participando en discusiones sobre los fenómenos físicos que observan o experimentan.

Pitias es una mujer joven todavía, de cabellos dorados y brillante que cae elegantemente sobre sus hombros. Sus ojos verdes son llamativos, profundos, con una mirada curiosa y llena de entusiasmo. Suele llevar una sonrisa cálida y amigable, que refleja su carácter accesible y su pasión por el aprendizaje. Está estudiando Educación porque siente una profunda vocación por enseñar y contribuir al desarrollo de las futuras generaciones. Se destaca por su inteligencia y dedicación en sus estudios, siempre buscando nuevas metodologías para hacer el aprendizaje más inclusivo y dinámico. En su vida diaria, suele ser organizada y activa, participando en los proyectos que sus hijos emprenden con su padre en aras de aprender sobre física, que le permitan ampliar su conocimiento sobre pedagogía. Además de ser guapa a los ojos de su esposo, su personalidad es encantadora y segura, lo que la convierte en una persona carismática y respetada por Hípaso e hijos.



Peleo es un jovencito de tez morena, con ojos llenos de curiosidad y energía. Siempre está explorando nuevas ideas y conceptos, especialmente en el mundo de la programación, lo que le fascina. Le encanta pasar horas frente a la computadora descubriendo cómo funcionan los códigos y creando sus propios proyectos, por más sencillos que sean. A menudo bombardea a su padre con preguntas sobre el mundo que le rodea, pero no advierte que se trata de la física, ya que quiere entender cómo funcionan las cosas a nivel fundamental: desde por qué caen los objetos hasta cómo

se forman los rayos. Esa curiosidad lo impulsa a aprender más y más, siempre buscando respuestas a través de experimentos, videos o libros que lo ayuden a profundizar en sus intereses. Además, adora pasar tiempo con su hermano mayor, con quien vive grandes aventuras. Juntos inventan juegos, exploran la comunidad y buscan nuevos desafíos, combinando su imaginación con su amor por la ciencia y la tecnología. Es un chico lleno de energía, muy inteligente y siempre en busca de la próxima gran idea o aventura.

Academo es un joven adolescente, de piel clara, con una mirada intensa que refleja su profunda curiosidad por el mundo. Le fascina la lectura, especialmente los libros de terror y suspenso, sumergiéndose en historias oscuras que lo mantienen al borde del misterio. Le gusta explorar el miedo y las emociones intensas que provocan esas narraciones, devorando libros que le hagan sentir el suspenso y la intriga.



Al igual que su hermano menor, también es muy curioso por la física. A menudo pregunta a su padre sobre temas complicados, buscando entender los fenómenos del universo que parecen tan misteriosos como las historias que lee. Le interesa saber cómo funciona todo a nivel científico, lo que lo lleva a tener conversaciones profundas sobre el tema. Le encanta tener aventuras con su hermano menor. Aunque sus intereses son diferentes, disfruta planear juegos y explorar juntos, creando un vínculo especial basado en la complicidad y la emoción de descubrir cosas nuevas. Es un chico inteligente, reflexivo y siempre en busca de respuestas tanto en los libros como en la vida real.

Capítulo I: *¡Se quema!*

Un sábado de descanso, cerca del mediodía, Pitias dijo que estaba muy cansada y gritó desde el mueble: ¡Hoy no cocino! Hípaso la escuchó y como siempre lo vio como una gran oportunidad para una aventura. —¡Mis niños lindos! —comenzó, mientras se asomaba a ver por la ventana—. Vamos a la cocina, hoy comeremos pasta con pollo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Hípaso se asomó a la cocina, se frotó las manos y observó a sus hijos, quienes miraban el celular mientras la olla que usarían seguía vacía sobre la estufa. Pitias se acomodó en el mueble a estudiar geometría para su examen semanal pues estaba difícil.

—A ver, muchachos, es hora de que aprendan algo útil —dijo con una sonrisa traviesa—. Hoy les toca hacer la pasta para el almuerzo.

Los jóvenes levantaron la vista y se miraron entre sí, algo confundidos sin soltar el celular.

—Pero, papá, yo no sé hacer eso —respondió Academo, rascándose la cabeza—.

Academo, veía en su teléfono una novela de *Stephen King* que le había enganchado hace días, ese libro era *It*.

—Eso es refácil, ni se preocupen. Solo hay que poner a hervir agua y echar la pasta. —les explicó mientras encendía el fuego bajo la olla—.

Peleo, muy curioso, se acercó a la estufa y observó cómo el agua empezaba a formar pequeñas burbujas en el fondo, luego de haber pasado un rato. Este estaba programando un juego en línea con la ayuda de Scratch, pero lo dejó abierto en la computadora.



—Papá, ¿Cuándo se supone que está lista esa agua para echar el espagueti? —preguntó el menor—. Fuente: Generado por IA (2025).

—Pues, mira —dijo Hípaso, poniéndose a su lado—. El agua tiene que estar en *ebullición*, ¿ves esas burbujitas? Cuando empiecen a subir y a formar muchas, como si el agua estuviera volviéndose loca, ya está hirviendo. Esto lo hacía mientras cortaba el pollo. Allí estará a la temperatura perfecta.

—Claro —dijo Peleo—. ¡Que haga mucho calor!

—Realmente el calor y la temperatura son cosas distintas —dijo su padre—. Pero están muy relacionados. Hay un buen libro de física en mi oficina escrito por Paul Tippens que explica estos términos para estudiantes de ingeniería y licenciatura. Sin embargo, yo les explicaré con *corazón de padre*.

La temperatura es una magnitud física que determina el sentido del flujo de calor entre dos cuerpos. Cuando dos cuerpos se ponen en contacto, el calor fluye espontáneamente del cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura, hasta que ambos alcanzan el equilibrio térmico².

—¿Por qué tiene que hervir? —preguntó el otro hijo, que ya se interesaba un poco más—.

También lavaba las verduras.

—Porque la pasta necesita mucha temperatura para cocinarse rápido y bien, —Hípaso—. El agua caliente hace que la pasta se ablande y se cocine de manera uniforme. Si la echas antes de que hierva, va a tardar más y quedará mal cocida. Según el *Chef Jorge Bretón*, coordinador del área de cocina del *Basque Culinary Center*, dice que el almidón se cocina a partir de los 80 grados Celsius. Él agrega:

² Halliday, Resnick & Walker (2021).



“estaremos remojando o lavando la pasta y puede pegarse, quemar o quedarse chiclosa”.

Los hijos miraron el agua con más atención, como si de pronto fuera algo fascinante.

—¡Mira! Ya hay muchas burbujas —dijo Academo—.

El padre asintió, sonriendo.



—Exacto, eso es la ebullición. Ahora, echen la pasta con cuidado, y no se olviden de revolver para que no se pegue. ¡Ah! Y échenle un poco de sal, que eso ayuda con el sabor.

Fuente: Generado por IA (2025).

Con un poco de torpeza, pero mucho interés, los chicos siguieron las instrucciones, mientras el agua burbujeante liberaba una nube de vapor que llenaba la cocina.

—Pero ¿Cómo sabes a cuántos grados debe hervir la agüita? —preguntó Peleo—.

Hípaso comprendió que era la señal para la aventura.

Comenzó como si pensara mucho en el tema. Pues, él siempre trataba de dar respuestas sencillas, pero bien fundamentadas, respuestas que pudieran entender fácilmente y para esto debía buscar las palabras más acordes a las preguntas, palabras que sean coloquiales, pero sin dejar de tener rigor científico, ser padre, pero sin dejar de ser profesor. Entonces comenzó:



Celsius, A.

Hace muchos años hubo un científico llamado *Anders Celsius* que vivió en la Suecia del siglo XVIII, a este se le ocurrió hacer que el agua se enfriara y se calentara como forma de experimentar su mundo, ya allí se usaba una escala para medir la temperatura, era la escala *Fahrenheit*, pero al parecer esa escala propuesta por el físico *Daniel Fahrenheit* no le gustó porque era anti intuitiva.



Fahrenheit, D.

—¿Qué? —exclamó Peleo—. ¿Cómo es eso, anti...?

Pitias le gritó con entusiasmo —Esa escala dice que el agua se vuelve hielo a los 32 grados, ¡Es raro!

Hípaso continuó:

Por el contrario, *Celsius* tuvo la idea de inversa, en la que el punto correspondiente a la temperatura cero grados equivalía a la temperatura de ebullición del agua a nivel del mar, mientras que la temperatura de cien grados coincidía con su punto de congelación al mismo nivel medio marítimo. Sin embargo, el científico de la misma nación llamado *Carl von Linné* invertiría esta escala tres años más tarde y fue aceptada.



Linné, C.

—Papá, en tu escritorio tienes un termómetro, ¿cierto? —dijo Academo—.

—Vamos a buscarlo —dijo su hermano—.

—¡Buena idea! —dijo Hípaso muy emocionado—.

Cuando Hípaso quedó solo en la cocina, Pitias se acercó, lo besó y le rogó no quemar la cocina. Pues la había limpiado muy temprano, al tiempo que guardaba algunos utensilios de la cocina.

En un momento volvieron los ayudantes de cocina con el termómetro en mano y discutiendo como siempre. Peleo pidió ser el encargado de introducir en la olla el instrumento, todos aceptaron gustosos. Luego de unos segundos observaron con paciencia como una línea crecía en medio del termómetro, justo en medio de los números.



—¡Algo no funciona bien! —dijo Academo con firmeza—.

—Tienes razón hermano. Debería llegar esa marca hasta el cien. Papá lo dijo.

Entonces Hípaso les explicó que la ciudad de Hampos no estaba a nivel del mar como lo dijo Celsius, así que mientras más alto estuvieran menor sería

la presión atmosférica y necesitaría menos temperatura para convertirse desde el líquido al gaseoso.

—¡Es un instrumento maravilloso! —dijo Peleo—. ¿Es el mismo que usaste cuando mi hermano tuvo fiebre?



Academio lo miró con detalle. —Sí, ese mismo es.

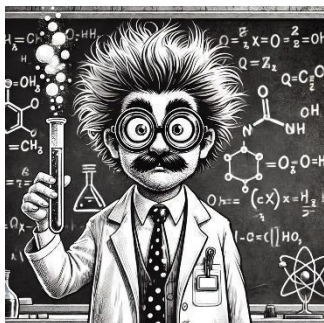
Hípaso prosiguió con la lección. —Pues sí, fue el gran matemático y físico italiano *Galileo*, el genio encargado en poner en funcionamiento este *Galileo, G.* termómetro al final del siglo XVI, pero le debemos al fisiólogo italiano *Santorio* su uso en la medicina unos años después, en el siglo XVII.



Santorio

—Papá. Noté que el agua se movía, como pequeñas cositas volviéndose locas. —dijo Academio—.

—Ciertamente —dijo Hípaso—.



La temperatura es la medida del movimiento de las partículas que componen un cuerpo. Es decir, mientras más rápido se muevan, más temperatura tendrá.

Pero ¿tiene alguna relación el fuego con la temperatura? —preguntó intrigado Peleo mientras acomodaba la mesa—.

—Claro que sí hermanito —dijo Academio— más fuego implica más calor, el agua tiene mucho calor. Este revolvía con cuidado el pollo en otra olla.

—Bueno, —explicó Hípaso—. El *calor o energía térmica* la provee el fuego, al ser transferido a la olla, esta sube su temperatura y esta a su vez la transfiere al agua que sube su temperatura hasta bullir, pero al llegar a ese punto el agua no sigue subiendo su temperatura, de seguir así toda el agua se convertiría en gas.

Mientras esto pase la olla no sufre cambios, pero cuando no haya agua en la olla, esto sería otro cuento, esta se dañaría gravemente y su madre nos echaría de casa.

Así pues, debemos decir que:

El calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura, mientras que la temperatura es una medida de cuán caliente o frío está algo. Es decir, Calor se refiere a la energía transferida y temperatura a la propiedad de un cuerpo que indica su nivel de energía térmica³.

Estos son temas que se estudian en las siguientes disciplinas:

✓ **Termología**

Es la rama de la física que estudia la temperatura y los fenómenos en los que interviene el calor, como la transferencia de calor y la capacidad calorífica.

✓ **Termodinámica**

Se centra en las transformaciones de energía donde intervienen el calor y el trabajo mecánico, así como en las relaciones entre estas transformaciones y las propiedades de la materia.

✓ **Meteorología**

Se dedica al estudio de la atmósfera, incluyendo la temperatura, el calor y otros elementos climáticos.

✓ **Física térmica**

Estudia los fenómenos térmicos y cómo afectan a la materia.

✓ **Climatología**

Es una subdisciplina de la meteorología que se enfoca en el estudio a largo plazo del clima, incluyendo patrones de temperatura y calor.

—Papá —reflexiona Academo—. El termómetro mide la velocidad de las partículas.

—¡Pues... sí, bueno, no! más o menos, es una analogía, es comparable a el velocímetro, pero de las partículas, dice su padre mientras ríe. Es importante señalar que la energía cinética media que se utiliza en este caso, se limita a la

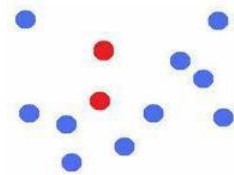
³ Halliday et al., (2021).

energía cinética de traslación de las moléculas. Es decir, las moléculas son tratadas como masas puntuales y no se tienen en cuenta los grados de libertad internos, tales como la rotación molecular y la vibración.

El funcionamiento de un termómetro se basa en cambios físicos que ocurren en respuesta a la temperatura, como la dilatación de líquidos —en el caso de los termómetros de mercurio—, la resistencia eléctrica —en los digitales— o la emisión de radiación térmica —en los infrarrojos—.

—Pues tenemos hambre —dijo Hípaso— mientras servía los platos en la mesa.

Pitias los observaba y escuchaba todo el tiempo, pero no intervino. —¡Gracias, mis amores! —dijo al ver la mesa servida—.

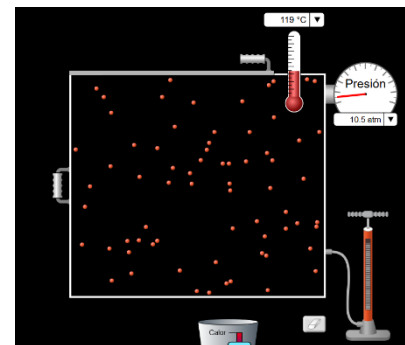


Todos se sentaron a comer contentos, pero aún había ideas y preguntas en las mentes de los jóvenes. La pasta estaba caliente y la bebida bien fría.



—El jugo está riquísimo, está bien frío —dijo Peleo—.

—De hecho —dijo su padre—. El frío no es una magnitud que podamos estudiar en física, se dice que el frío no existe, es solo la ausencia de calor. Pero la sensación es lo más real posible. Debo decirles que hay otras maneras de ver la importancia de la temperatura. Un ejemplo es que la temperatura es crucial para cocinar alimentos de manera adecuada, fíjense que, al hornear un pastel, la receta puede indicar que debe cocinarse a 180°C durante 30 minutos. Controlar la temperatura del horno asegura que el pastel se cocine de manera uniforme y no se queme ni quede crudo. Por otro lado, la temperatura de un refrigerador se debe mantener entre 1°C y 4°C para conservar alimentos perecederos y evitar la proliferación de bacterias. Por último, la temperatura corporal es un indicador importante de la salud, la temperatura promedio de un cuerpo humano sano es de aproximadamente 37°C .



Fuente: Phet (2025).

—Papá, en estos días vi en la televisión que la temperatura en *New York* era de cincuenta grados. —dijo Peleo—. Y agregó: ¡Pobre gente! ¡Qué calor tendrían! eso es más que fiebre, ¿no?



—Pero es distinto allá en *Estados Unidos* —dijo Academo en son de burlas—. Y agregó: mamá lo dijo hace un ratito.

—Efectivamente —respondió Hípaso—. En ese país usan el sistema inglés, mientras nosotros usamos el sistema internacional. ¡Por cierto! —aclaró Hípaso— nuestro sistema de medidas lo usan casi todos los países del planeta con excepción de tres países, este último junto con *Liberia* y *Birmania*.

—Entonces —dijo Peleo—. ¿Una escala es?

—Bueno, primero debemos aclarar lo básico —dijo Hípaso—.

Las *magnitudes físicas* y las *unidades de medida* son conceptos fundamentales en física y otras ciencias que nos permiten describir y cuantificar fenómenos del mundo real. Una *magnitud física* es una propiedad de los objetos o fenómenos que puede medirse y expresarse numéricamente.



Las magnitudes fundamentales son las magnitudes básicas que no dependen de otras magnitudes. Por otro lado, las magnitudes derivadas se obtienen combinando magnitudes fundamentales mediante relaciones matemáticas.

Las unidades de medida son estándares que se utilizan para cuantificar magnitudes físicas. Asociamos una unidad a una magnitud para expresar su valor de forma numérica y comprensible.

La importancia de las magnitudes y unidades radica en:

- *Comunicación precisa: Permiten expresar resultados de experimentos y cálculos de manera clara y universal.*
- *Estándares universales: Las unidades del SI garantizan que las mediciones sean consistentes en todo el mundo.*

- *Análisis dimensional: Facilitan verificar ecuaciones físicas comprobando que las unidades de ambos lados coinciden.*

Peleo trataba de comprender la diferencia clave entre escalares y vectoriales.
—Papá, les voy a decir algo. Creo que todo puede medirse.

—Te amo —le dijo su padre—. ¿sabes cuánto?

—Mucho, por supuesto —dijo Peleo—.

—Pero, no sabes cuánto. Porque no es una magnitud que podamos expresar con un número —explicó Hípaso—.

Así las cosas, la Física se ocupa de los principios que describen el comportamiento de la materia, la energía, el espacio y el tiempo, y busca formular estas relaciones mediante modelos y leyes matemáticas. En otras palabras, Serway presenta la física como la base de todas las ciencias naturales, porque proporciona los principios que explican cómo funciona el mundo físico, desde las partículas subatómicas hasta las galaxias.

—Interesante —mencionó Academo—.

Magnitud	Descripción	Unidad (SI)
Masa	Cantidad de materia que contiene un objeto.	Kilogramo (kg)
Longitud	Distancia entre dos puntos en el espacio.	Metro (m)
Tiempo	Intervalo durante el cual ocurren los eventos.	Segundo (s)
Temperatura	Nivel de calor o frío de un cuerpo.	Kelvin (K)
Energía	Capacidad de realizar trabajo.	Joule (J)
Trabajo	Energía transferida por una fuerza.	Joule (J)
Potencia	Tasa a la que se realiza el trabajo.	Watt (W)
Carga eléctrica	Cantidad de electricidad transportada.	Coulomb (C)
Densidad	Masa contenida en un volumen unitario.	Kilogramo/metro cúbico (kg/m ³)
Volumen	Espacio ocupado por un cuerpo.	Metro cúbico (m ³)
Presión	Fuerza ejercida por unidad de área.	Pascal (Pa)
Velocidad escalar	Rapidez con que un objeto recorre una distancia.	Metro/segundo (m/s)
Frecuencia	Número de ciclos por unidad de tiempo.	Hertz (Hz)

Fuente: Tippens (2011).

Las escalares se describen únicamente por un valor numérico y una unidad. Pero las vectoriales, además del valor y la unidad, requieren dirección y sentido para estar completamente definidas. ¿Es así?

—Efectivamente —dijo su padre—.

Magnitud	Descripción	Unidad (SI)
Desplazamiento	Distancia y dirección desde un punto inicial a otro final.	Metro (m)
Velocidad	Tasa de cambio del desplazamiento respecto al tiempo.	Metro/segundo (m/s)
Aceleración	Tasa de cambio de la velocidad respecto al tiempo.	Metro/segundo ² (m/s ²)
Fuerza	Interacción que cambia el estado de movimiento de un objeto.	Newton (N)
Impulso	Cambio de momento de un objeto debido a una fuerza.	Newton-segundo (N·s)
Momento lineal	Producto de la masa y la velocidad de un objeto.	Kilogramo-metro/segundo (kg·m/s)
Campo eléctrico	Fuerza eléctrica por unidad de carga.	Newton/Coulomb (N/C)
Campo magnético	Región donde actúan fuerzas magnéticas sobre cargas móviles.	Tesla (T)
Cantidad de movimiento angular	Momento de inercia por velocidad angular.	Kilogramo-metro ² /segundo (kg·m ² /s)

Fuente: Tipler & Mosca (2020).

Por ejemplo, si decimos que un coche se mueve a 50 km/h, hablamos de una magnitud escalar, o sea la rapidez. Si especificamos que se mueve a 50 km/h hacia el norte, hablamos de una magnitud vectorial, es decir la velocidad.

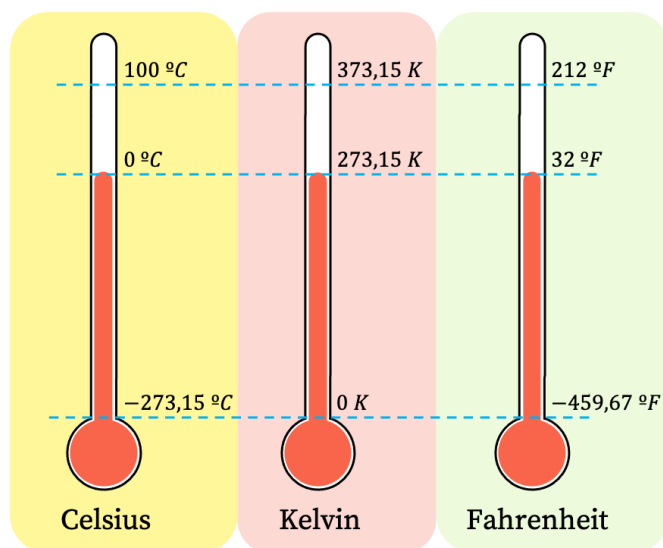
En ese sentido, hay ese mismo problema con la fuerza. Podemos aplicar fuerza a un tornillo a la derecha tratando de aflojarlo, pero no lo lograremos. Pero la misma intensidad le aplicamos a la izquierda y lo conseguiremos pronto. Es evidente que la dirección importa. Así lo podemos corroborar en otras magnitudes.

Magnitud	Unidad en el SI	Símbolo (SI)	Unidad en el Sistema Anglosajón	Símbolo (Anglosajón)
Longitud	Metro	m	Pulgada, pie, yarda, milla	in, ft, yd, mi
Masa	Kilogramo	kg	Libra, onza	lb, oz
Tiempo	Segundo	s	Segundo	s
Velocidad	Metro por segundo	m/s	Pie por segundo, milla por hora	ft/s, mph
Fuerza	Newton	N	Libra-fuerza	lbf
Energía/Trabajo	Joule	J	Pie-libra, BTU (Unidad térmica británica)	ft·lb, BTU
Potencia	Watt	W	Caballo de fuerza (Horsepower)	hp
Presión	Pascal	Pa	Libra por pulgada cuadrada	psi
Temperatura	Kelvin (K), Celsius ($^{\circ}C$)	$K, ^{\circ}C$	Fahrenheit ($^{\circ}F$)	$^{\circ}F$
Volumen	Metro cúbico (m^3), Litro (L)	m^3, L	Galón, onza líquida	gal, fl oz
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	kg/m^3	Libra por pie cúbico	lb/ft ³

Fuente: Serway & Jewett (2014).

Sistema Internacional (SI): Es un sistema decimal y estándar internacionalmente aceptado, basado en unidades fundamentales como metro, kilogramo y segundo.

Sistema Anglosajón: Es utilizado principalmente en Estados Unidos y algunos países como Liberia y Birmania. Se basa en unidades no decimales, como pies, libras y segundos.



Fuente: Generado por IA (2025).

las costureras o pasos en los juegos de niños y por supuesto las brazadas para medir cuerdas.

—Pero igual se usan —dijo Academo—.

—Sí, se siguen usando, pero para un grupo reducido de personas que comparten algo en común —aclaró Hípaso—.

Una escala de temperatura es un sistema de medidas que se utiliza para cuantificar la temperatura de un objeto o sustancia.

Estas escalas asignan valores numéricos a las temperaturas, permitiendo expresar qué tan caliente o frío está algo. Cada escala de temperatura establece puntos de referencia —como el punto de congelación y de ebullición del agua— y el intervalo entre ellos, lo cual permite convertir las lecturas entre diferentes escalas.

De	A	Fórmula
Celsius ($^{\circ}C$)	Kelvin (K)	$K = ^{\circ}C + 273.15$
Kelvin (K)	Celsius ($^{\circ}C$)	$^{\circ}C = K - 273.15$
Celsius ($^{\circ}C$)	Fahrenheit ($^{\circ}F$)	$^{\circ}F = (^{\circ}C \cdot \frac{9}{5}) + 32$
Fahrenheit ($^{\circ}F$)	Celsius ($^{\circ}C$)	$^{\circ}C = (^{\circ}F - 32) \cdot \frac{5}{9}$
Kelvin (K)	Fahrenheit ($^{\circ}F$)	$^{\circ}F = (K - 273.15) \cdot \frac{9}{5} + 32$
Fahrenheit ($^{\circ}F$)	Kelvin (K)	$K = (^{\circ}F - 32) \cdot \frac{5}{9} + 273.15$

Fuente: Halliday, Resnick & Walker (2013).

Les muestro aquí en esta servilleta —dijo mientras alejaba el plato—. Debemos acordar que las comas serán utilizadas para decimales, mientras que los puntos entre números representarán a la multiplicación, es muy importante al utilizar simbología.

En los Estados Unidos usan los Fahrenheit, bueno:

$$^{\circ}C = \frac{^{\circ}F - 32}{1,8}$$

Sustituyendo $^{\circ}C = \frac{50-32}{1,8}$ *primero resto y luego multiplico*

$$^{\circ}C = 10$$

Como pueden ver en New York ese día había solo diez grados Celsius. Es decir, había mucho frío. Pero, la fórmula que les presento refleja cómo están relacionadas las dos escalas de temperatura. La razón 1,8 indica que la escala Fahrenheit es más amplia que la de Celsius. Esto significa que un cambio de 1 grado Celsius equivale a un cambio de 1,8 grados Fahrenheit.



—Pero ¿hay más escalas de temperatura? —preguntó Peleo—.

Academio con superioridad dijo — Claro que sí, en la escuela el profesor nos dijo que había varias, pero básicamente utilizamos tres.

—Es decir, falta una más —se respondió Peleo—.

—Efectivamente —dijo Hípaso—. Hay una escala donde no existen números negativos. Fue propuesta por *William Thomson*, pero es conocido por su título *Lord Kelvin*. Él fue un científico británico que estudió el campo de la termodinámica, colocó la temperatura mínima en cero, aunque no se ha encontrado. Así pues, esta escala es absoluta, pero se utiliza mayormente en los laboratorios.



Thomson, W.

—¿No se ha encontrado? ¡Qué chirimoyas, papá! —dijo Academo—.

Hípaso reflexionó un poco y le dijo:

La sensación de frío tiene un límite, mientras que el caliente no: *el cero absoluto* —aproximadamente $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ o 0 K — es la temperatura más baja posible, en la cual el movimiento de partículas llega casi a detenerse por completo, alcanzando el mínimo teórico de energía, pero no se dice grados, solo Kelvin.

Por otro lado, en teoría, el calor no tiene límite superior; siempre se puede agregar más energía térmica. Esto significa que, en el universo, podemos imaginar temperaturas extremadamente altas, pero no infinitamente bajas.



—¿En esta escala en cuanto hierve el agua? —preguntó Peleo con mucha curiosidad—. Hípaso sacó otra servilleta para mostrarles.

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

Sustituyendo:

$$K = 100 + 273,15 \quad \text{solo debemos sumar}$$

$$K = 373,15$$

Y dijo: —Supongan que tenemos los cien grados Celsius. Pues aplicamos la fórmula de transformación y tendremos que la temperatura que necesita el agua para hervir es trescientos setenta y tres grados con quince centésimas.

Celsius y Kelvin son escalas de temperatura que tienen la misma magnitud de cambio. Esto significa que un incremento o decrecimiento de 1 grado Celsius es igual a un cambio de 1 Kelvin. La diferencia entre ambas escalas está en el punto de partida.

Los tres se quedaron mirando la servilleta con atención, los jóvenes usaron la calculadora para revisar los resultados y probar esa expresión matemática para otras transformaciones sencillas como de Fahrenheit a Kelvin. Suponiendo que tienen una temperatura en Birmania de 60 °F ¿Cuál sería en Kelvin?

$$K = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1,8} + 273,15 \quad \text{sustituyendo} \quad K = \frac{60 - 32}{1,8} + 273,15$$

Debo restar primero, luego divido y para terminar sumo lo que está por fuera del denominador. $K = 288,70.$

Es importante saber que existen otras escalas de temperatura, pero no son muy conocidas porque no se usan frecuentemente. Estas son:

Grado Réaumur (°Ré), Grado Rømer o Roemer, Grado Newton (°N), Grado Leiden, Grado Delisle (°D) y Rankine (R o Ra).

Mientras ellos revisaban sus cálculos, Hípaso se fue a escribir un poco para sus clases del lunes.

Al otro día, el domingo fue un día muy soleado y aprovecharon para ir a pasear al parque durante varias horas, llevaron mucha agua porque podrían deshidratarse.

Era un día caluroso de verano, y la temperatura exterior rondaba los treinta y siete grados Celsius. Pitias, intentó abrir la puerta de metal de la reja que daba al patio, pero se dio cuenta de que estaba mucho más apretada de lo habitual. La llave pequeña giraba con dificultad, y el cerrojo parecía muy atascado.



¡Otra vez la puerta se ha dilatado por el calor!, pensó en voz alta, recordando cómo su papá le explicaba de niña que los metales, como el hierro de la puerta, se expanden cuando la temperatura sube.

Los jóvenes no entendieron sus palabras.

Más tarde, cuando el sol se escondió y el aire fresco de la noche empezó a enfriar el ambiente, Academo volvió a probar la cerradura. Esta vez, la puerta se abrió fácilmente, sin la resistencia que habían sentido antes. La temperatura más baja había hecho que el metal se contrajera, regresando a su tamaño original. Academo sonrió mientras entraba a la casa. Aunque el fenómeno de la *dilatación de los metales* le parecía algo sencillo, siempre le llamaba la atención cómo cosas tan pequeñas podrían afectar su vida cotidiana, desde una puerta que se ajusta mejor con el frío hasta el tren que rechina en las vías al calor del verano.

Hípaso notó la situación y decidió que era hora de otra aventura.

—¡Niños lindos! Vamos a conversar sobre la dilatación de los metales —dijo con rebosante alegría—.



Los jóvenes se alegraron de la gran noticia porque seguro entenderían de una vez por todas ese extraño fenómeno físico.

—Verán —dijo entusiasmado—.

La *dilatación térmica* es un fenómeno donde los metales aumentan su tamaño cuando reciben calor. Al alzar la temperatura, las partículas de este se mueven mucho más rápido y tienden a separarse entre sí, lo que provoca que el material se expanda.

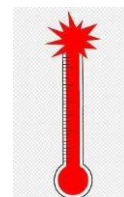
Claro que, este cambio de tamaño es muy pequeño, pero es más evidente en estructuras grandes, como rieles de tren, puentes metálicos, o incluso en cosas de uso sencillo como...

¡Cerraduras! —dijeron los jóvenes—.



—Exactamente, cerraduras.

—Pero —preguntó Peleo—. ¿Qué pasa cuando la temperatura disminuye?



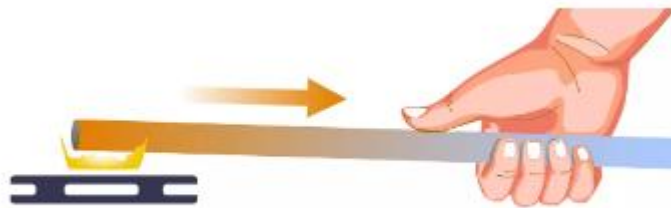
—El proceso inverso ocurre, las partículas se mueven más lentamente y se acercan entre sí, lo que provoca la contracción del mismo. Este proceso es importante para considerar en la construcción y diseño de objetos metálicos, ya

que un cambio brusco de temperatura puede causar problemas como deformaciones, atascos o incluso daños estructurales. Por eso, en muchas construcciones, se colocan juntas de expansión que permiten que el metal se expanda y se contraiga sin dañarse.

La transferencia de calor es un concepto fundamental de la termodinámica, esencial para comprender diversos procesos industriales, incluidos los sistemas de aire comprimido. Las tres formas principales en las que se transfiere el calor: por conducción, por convección y por radiación, y su importancia en diferentes aplicaciones.

La conducción es la transferencia de calor a través de un material sólido. Se produce cuando las moléculas de una sustancia vibran y transfieren energía a las moléculas adyacentes. Es un proceso fundamental en muchas aplicaciones industriales en las que los materiales necesitan conducir el calor de forma eficaz.

Ejemplo de conducción: si tocamos una varilla metálica cuyo extremo se ha calentado, el calor fluirá por la varilla hasta la mano.



La convección es la transferencia de calor por el movimiento de fluidos (líquidos o gases). Este tipo de transferencia de calor es fundamental en sistemas en los que es necesario el movimiento de fluidos para que el calor se distribuya de manera uniforme.

Ejemplo de convección: agua hirviendo. El calor del cazo hace que el agua del fondo se vuelva menos densa y suba, mientras que el agua más fría desciende.



La radiación es la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas. A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no requiere ningún medio y puede producirse en un espacio vacío.

Ejemplo de radiación: el calor del sol cuando nos da en la cara o tostar una nube de golosina al fuego. La energía del sol viaja por el espacio vacío y calienta los objetos de la Tierra.



Luego de unos minutos de reflexión. El mayor rompió el silencio para preguntar.

—¿Todos los metales se expanden al recibir calor?

—Pues, sí. —respondió Hípaso muy seguro—. Agregó luego: Pero, cuánto se dilatan depende de cada metal. Es decir, el hierro necesita mucho calor para fundirse, pero el oro necesita muy poco, por algo que se llama coeficiente de dilatación.

Hípaso deseaba dar una explicación simple. Fue a la alacena y tomó un frasco de cera para el cabello. En las tapas de frascos metálicos como este, si alguna vez



han tenido un frasco con tapa metálica que es difícil de abrir. Se lo dio a Academo para que la abriera, pero no fue posible. Pueden poner la tapa bajo agua caliente por unos segundos. El metal de la tapa se dilata más rápidamente que el vidrio o plástico del frasco, lo que facilita abrirlo. Esto permite que la tapa se expanda ligeramente y se afloje, facilitando el proceso de abrir el frasco, ya que el metal se dilata con el aumento de la temperatura.

Pitias puso agua en una olla para calentar mientras intentaban abrir el frasco.

Le pidió a Peleo sumergir un poco la tapa y contar hasta veinte. Luego le dio el frasco nuevamente a Academo, este lo destapó sin dificultad.



—Pero, Papá. ¿Cómo se demuestra esto? —dijo Academo con la tapa en la mano derecha y el frasco en la izquierda—.

De entre los estados de agregación de la materia estudiados, el estado sólido es el que tiene las fuerzas de cohesión más fuertes, por lo que resulta más difícil observar la dilatación que en líquidos y gases. En función del número de dimensiones que predominan en el cuerpo.

Les diré. —mientras sacaba una hoja de su escritorio junto con un lápiz—.

—Supongan que tenemos una barra de acero que tiene una longitud inicial de 2 metros a una temperatura de 20°C . Se calienta hasta una temperatura de 80°C . Si el coeficiente de dilatación lineal del acero es $1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ¿Cuánto se alargará la barra debido a la dilatación?

Datos:

- Longitud inicial (L_0): 2 m
- Temperatura inicial (T_0): 20°C

- *Temperatura final (Tf): 80°C*
- *Coefficiente de dilatación lineal (α): $1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$*

La fórmula para la dilatación lineal es:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Esto describe cómo cambia el tamaño de un objeto cuando se modifica su temperatura. Específicamente, se usa para calcular el cambio en longitud, área o volumen de un material al ser calentado o enfriado. Además, podemos ver que la relación de longitud es directamente proporcional a la temperatura.



donde:

- *ΔL : cambio en la longitud (cuánto se alarga) recuerda que ese triángulo es una letra griega mayúscula llamada delta.*
- *L_0 : longitud inicial*
- *α : coeficiente de dilatación lineal*
- *ΔT : cambio de temperatura ($T_f - T_0$)*

Esta fórmula es útil para entender cómo los materiales se expanden o contraen al experimentar variaciones de temperatura, lo que es crucial en la construcción de estructuras, en el diseño de piezas mecánicas, y en cualquier situación donde los cambios de tamaño por temperatura puedan afectar el funcionamiento o la seguridad de un sistema.

También podemos usar la expresión:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Esta fórmula nos dice la longitud que tendrá después de la variación de la temperatura.

Material	Coefficiente de dilatación lineal (α)
Aluminio	$22.0 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Acero	$11.0 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Cobre	$16.5 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Vidrio (común)	$9.0 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Madera (general)	$3.0 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Plástico (PVC)	$7.0 \times 10^{-5} / ^\circ C$
Oro	$14.2 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Hierro	$12.0 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Plomo	$29.0 \times 10^{-6} / ^\circ C$
Silicona	$2.0 \times 10^{-5} / ^\circ C$

Fuente: Serway & Jewett (2014).

La pregunta sería: ¿Cuál es el cambio en la longitud (ΔL) de la barra de acero? Dijo explicando el caso.

Solo debemos sustituir los valores en la fórmula que les presenté.

$$\Delta L = 2 \text{ m} \cdot 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

debemos revisar primero el paréntesis y restar, luego solo queda multiplicar todo. Nota que hay un número con notación científica, aquí sería bueno utilizar la calculadora científica.

Las unidades de Celsius se cancelan y solo quedan los metros.

$$\Delta L = 0,00144 \text{ m.}$$

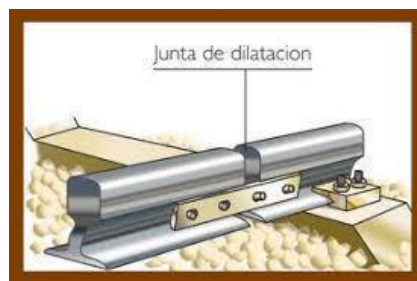
—Como pueden ver parece un número muy pequeño, es aproximadamente catorce diezmilésimas partes de un metro. Pero ese pequeño agrandamiento no permite que la puerta abra bien. Además, noten que mientras más temperatura, la dilatación será mayor, es decir, la dilatación es directamente proporcional a la temperatura. Pero en realidad, los objetos se dilatan en todas las direcciones, si lo

hacen en dos dimensiones, se le llama superficial. Pero en las tres direcciones se llama volumétrica.

—Ese numerito es muy pequeño —apuntó Peleo—.

—Sí, pero hay más pequeños que ese —aclaró su padre—.

—Y más grandes también —agregó Pitias—.



	Prefijo	Símbolo	Factor	Valor
Múltiplos	yotta-	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
	zetta-	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
	exa-	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
	peta-	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000 000 000
	tera-	T	10^{12}	1 000 000 000 000 000 000
	giga-	G	10^9	1 000 000 000 000 000
	mega-	M	10^6	1 000 000
	kilo-	k	10^3	1 000
	hecto-	h	10^2	100
	deca-	da	10^1	10
Unidad		-	10^0	1
Submúltiplos	deci-	d	10^{-1}	0,1
	centi-	c	10^{-2}	0,01
	mili-	m	10^{-3}	0,00 1
	micro-	μ	10^{-6}	0,00 000 1
	nano-	n	10^{-9}	0,00 000 000 1
	pico-	p	10^{-12}	0,00 000 000 000 1
	femto-	f	10^{-15}	0,00 000 000 000 000 1
	atto-	a	10^{-18}	0,00 000 000 000 000 000 1
	zepto-	z	10^{-21}	0,00 000 000 000 000 000 000 1
	yocto-	y	10^{-24}	0,00 000 000 000 000 000 000 000 1

Fuente: Vallejo & Zambrano (2009).

—Y el coeficiente ese ¿Es el mismo? Preguntó Academo.

—Sí, es lo mismo. —dijo su padre—. Pero si es superficial se multiplica por dos y en caso de ser volumétrica, se multiplica por tres. Así de sencillo.

Veamos los siguientes casos:

Se produce cuando *predominan dos dimensiones (una superficie) frente a una tercera*. Ejemplos de cuerpos que se dilatan superficialmente son: láminas, planchas...

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

O también podemos tener: $S = S_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$

En este caso beta (β) es el doble de alfa (α)

—Y en tres dimensiones ¿Es tridimensional? —preguntó Peleo—.

Su padre pacientemente le dijo —Es volumétrica.

Se produce cuando *las tres dimensiones del cuerpo son igualmente relevantes*. Ejemplos de cuerpos que se dilatan de modo volumétrico son: los dados del parchís, o las estatuas de los jardines ...

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

O también podemos tener: $V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$

En este caso gamma (γ) es el triple de alfa (α)

Si miran con cuidado las expresiones, notarán que son las mismas, pero con letras distintas.

—Es cierto. —dice Academo—. Pero no expresan lo mismo.

Peleo todavía analizaba las expresiones y el comentario de su hermano. —Danos un ejemplo.

Su padre pensó un momento.

Disponemos de un cubo de un material que no conocemos a 24 °C que ocupa un volumen de 1 m³. Cuando aumentamos la temperatura a 55 °C, el volumen del cubo pasa a 1,002232 m³. Respondamos a las siguientes preguntas:

- *¿Cuál es el coeficiente de dilatación cúbica del material?*

- Imaginen que, a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, cortamos varias barras de 1 m de longitud (valor de la arista del cubo). ¿Qué longitud pasarían a tener cuando se eleva la temperatura a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$?

—Es claro que es volumétrica. —dijo Peleo—.

Datos

- Temperatura inicial $T_i = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura final $T_f = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Volumen inicial $V_0 = 1\text{ m}^3$
- Volumen final $V = 1,002232\text{ m}^3$
- Longitud inicial de las barras $L = 1\text{ m}$

De la expresión: $V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$

Tenemos: $V = V_0 + V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$

Despejemos gamma $\gamma = \frac{V - V_0}{V_0 \cdot \Delta T}$

$$\gamma = \frac{1,002232\text{ m}^3 - 1\text{ m}^3}{1\text{ m}^3 \cdot (55\text{ }^{\circ}\text{C} - 24\text{ }^{\circ}\text{C})}$$

$$\gamma = 0,000072\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Si lo expresamos en notación científica: $\gamma = 7,2 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Para responder a la segunda pregunta, debemos tener en cuenta que las barras se encuentran hechas del mismo material y por tanto podemos encontrar el coeficiente de dilatación lineal a partir del coeficiente de dilatación volumétrica:

$$\alpha = \frac{\gamma}{3}$$

$$\alpha = \frac{7,2 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}}{3}$$

$$\alpha = 0,000024\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

O en notación científica:

$$\alpha = 2,4 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Se trata de aluminio (Al)

Finalmente, sustituimos en la expresión de la dilatación lineal de sólidos:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$L = 1 \text{ m} \cdot (1 + 2,4 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot (55 \text{ }^{\circ}\text{C} - 24 \text{ }^{\circ}\text{C}))$$

$$L = 1,000744 \text{ m}$$

—Realmente es difícil de creer que las cosas crezcan así —dijo Peleo rascándose la cabeza—.

—¿Podríamos alargar o como tú dices papá, podríamos dilatar un metal de forma indeterminada? —preguntó Academo—.

—¡No! —dijo Pitias—. Algunos metales pueden derretirse.

—Así es, pueden fundirse —afirmó Hípaso—.



—Bueno, supongo que funciona con otros materiales, aparte de los sólidos. —dijo Peleo—.

Hípaso lo miró un momento y recordó lo que ocurrió haciendo espagueti el día anterior. Y les dijo:

Cuando el agua estaba muy fría y recién la colocamos en la olla, ocupaba un cierto volumen. A medida que la olla se calentaba en la estufa, el agua se calentaba y empieza a expandirse ligeramente. Este aumento en volumen se debe a que, al calentarse, las moléculas de agua se mueven más rápido y tienden a separarse entre sí, ocupando más espacio.

En ese sentido, la dilatación puede verse de forma distinta entre las formas de la materia.

El efecto de la dilatación en los líquidos es más evidente que en los sólidos: al encontrarse sus moléculas con más libertad para moverse, el volumen que ocupa cada una aumenta más fácilmente con la temperatura, por lo que también lo hace el volumen del líquido en su conjunto. *Su expresión es similar a la dilatación volumétrica de los sólidos.*



Por eso, si llenan la olla hasta el borde antes de calentarla, el agua puede desbordarse cuando aumenta su temperatura, incluso antes de llegar a hervir. Este fenómeno es la *dilatación térmica de los líquidos*, donde un aumento en la temperatura provoca que el líquido se expanda y ocupe más espacio.

Aunque el agua es un caso especial debido a su comportamiento cerca de los 4°C , la mayoría de los líquidos se comportan de esa manera. Hay un caso muy importante, los puentes están expuestos a variaciones de temperatura durante el día y las estaciones del año. Cuando la temperatura aumenta, los materiales metálicos y de concreto que forman la estructura del puente se expanden, y cuando la temperatura disminuye, se contraen.



—Ayer nos dijiste que cuando la olla no tuviera agua, le pasarían cosas raras a la olla. ¿Qué cosas? Preguntó dubitativo Academo.

—Les diré:

Tomemos estos dos globos.

—¡Jugaremos! —dijo Peleo muy emocionado—.



Hípaso les dijo ¡Niños lindos! luego le dio un globo a cada uno. Le ordenó a Academo llenarlo con aire y amarrarlo. Así mismo, a Peleo le dijo que lo llenara de agua y también lo amarrara, mientras él buscaba en la cocina una vela. Al volver, fijó la vela en la mesa y la encendió. Luego les dijo vamos a poner el globo con aire sobre el fuego.

Academo lo acercó y de inmediato se reventó. El joven no se sorprendió, ya intuía que eso pasaría, realmente no creyó necesitar explicación alguna.

Luego Peleo colocó al fuego su globo con agua, pero no tuvo el mismo final. Sin embargo, lo dejó mucho más tiempo y no pasó nada. El globo se tornó negro por el fuego, pero no se reventó. Ahora si había dudas en la mente de Academo y perplejidad en Peleo.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Pero ¿Qué chirimoyas sucede aquí? se preguntaban.

El efecto de la dilatación en los gases es el más evidente de todos. Los gases varían de forma clara su volumen tanto con la temperatura como con la presión debido a que las fuerzas de cohesión entre las partículas son más débiles que en los casos anteriores. *Su expresión es similar a la dilatación volumétrica de los sólidos.*

Hípaso con serenidad les dijo:

El aire se calienta más rápido que los líquidos. En el primer caso el calor que recibió el globo calentó rápidamente el aire y se expandió con rapidez, esto hizo que el globo no pudiera retenerlo. En el segundo caso, el calor que recibía el agua no la hace expandir hasta que sea alta la temperatura, así que el agua recibe mucho calor antes de dilatarse.

Veamos un ejemplo de este tipo.

El volumen de una determinada cantidad de nitrógeno a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ es de 10 L . Determina, si la presión no varía, cuál será el volumen a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Qué ocurriría si en lugar de N el gas fuese hidrógeno?

Datos

- *Volumen inicial: $V_0 = 10\text{ L}$*
- *Temperatura inicial $T_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$*
- *Temperatura final $T_f = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$*

Debemos tener algunas consideraciones previas:

El coeficiente de dilatación a presión constante siendo $T_i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiene igual valor en todos los gases $\alpha = 1/273,15\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Aplicando la fórmula de dilatación de gases:

$$V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

Sustituyendo valores, nos queda:

$$V = 10\text{ L} \cdot \left(1 + \frac{1}{273,15\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}} \cdot (-20\text{ }^{\circ}\text{C} - 0\text{ }^{\circ}\text{C})\right)$$

$$V = 9,26\text{ L}$$

La misma cantidad de cualquier otro gas, a la misma presión, sufrirá la misma variación de volumen cuando se somete a la misma variación de temperatura.

El coeficiente de dilatación es un número que indica cuánto se expande o se contrae un material cuando su temperatura cambia. Es una medida de cuánto varía el tamaño de un objeto en términos de su longitud, área o volumen. Al cambiar su temperatura en una unidad generalmente, un grado Celsius o Kelvin.



La noche ya les avisaba que debían dormir, Pitias estaba a punto de llamar a su esposo para que se metiera en la cama, pero escuchó las voces de buenas noches entre los tres científicos caseros.

El día lunes fue muy ocupado para todos, pero en la mente de Peleo, rondaba una pregunta, su padre les dijo que no era lo mismo calentar el oro y el hierro ¿Sería porque el oro es más costoso? Esa noche después de la cena, buscó a su hermano para que hicieran el equipo preguntón.

—Papá, comenzó Peleo. ¿Por qué nos dijiste ayer, que no era lo mismo darle calor al Hierro que al oro?

—De seguro es por el costo del oro —afirmó Academo—.

Hípaso se puso muy feliz, porque tendrían otra gran aventura, estaba cansado y pensó que se iría a dormir sin esa emoción que sentía al compartir esa curiosidad con sus pequeños genios.

Pitias se acercó y les dijo: ¡Cuidado con mis joyas!

Hípaso los miró con ojos de ternura y les dijo:

—¡Niños lindos! ¡Es una excelente pregunta! Y agregó: Verán, no tiene nada que ver con el costo hasta donde sé, pero sí sobre la composición de sus partículas.



Joule, J.

La cantidad de calor es una medida de la energía térmica transferida entre dos cuerpos debido a una diferencia de temperatura.

Se expresa en unidades como calorías (cal) o Joules —también llamados julios— (J). La segunda unidad es en honor al físico inglés *James Joule* que vivió al final del siglo XIX. Mientras que la primera procede de calórico y esta a su vez de calor y fue propuesta por el profesor francés *Nicolas Clément* en el mismo siglo.



Imaginemos que queremos calentar 100 gramos de agua desde 20°C hasta 60°C.

La cantidad de calor (Q) necesaria se calcula con la fórmula:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

La descripción física de esta fórmula sería:

- *Masa (m): Representa la cantidad de materia en un cuerpo y afecta cuánta energía necesita para cambiar de temperatura.*
- *Capacidad calorífica específica (c): Propiedad del material que indica la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de 1 kg de ese material en 1 °C.*
- *Cambio de temperatura (ΔT): La diferencia entre la temperatura final y la inicial de un cuerpo.*

Esta fórmula se usa para calcular el calor necesario para aumentar o disminuir la temperatura de una sustancia, lo cual depende de la cantidad de material y su naturaleza. Por supuesto, se puede notar que el aumento o disminución del calor necesario para aumentar o disminuir la temperatura. Además, podemos ver que el calor y la temperatura tienen una relación directamente proporcional.



Fuente: Generado por IA (2025).

donde:

- m = masa del agua (100 g)
- c = calor específico del agua ($1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$) esto depende de cada material o sustancia que utilicemos. Como el oro o el hierro. En este caso agua.
- ΔT = cambio de temperatura ($60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$) recuerda que ese triángulo es una letra griega mayúscula llamada delta. Siempre significa que se resta el valor final con el inicial.

Material	Calor específico (calorías/kg·°C)	Calor específico (Joules/kg·°C)
Agua	$1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 1000 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Aluminio	$0.215 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 215 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$900 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Cobre	$0.092 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 92 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$385 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Hierro	$0.107 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 107 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Oro	$0.031 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 31 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$129 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Plomo	$0.030 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 30 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$128 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Madera (general)	$0.407 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 407 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$1700 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Plástico (PVC)	$0.310 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 310 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$1300 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Vidrio	$0.200 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 200 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$840 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Mercurio	$0.033 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 33 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$138 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Fuente: Serway & Jewett (2014). *Como podemos ver cada uno de los materiales es distinto.*

Sustituyendo nos queda

$$Q = 100 \text{ g} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 40 ^\circ\text{C}$$

La única operación que debo realizar es la multiplicación. Sin embargo, notemos que la unidad gramo se cancela y luego la unidad Celsius también.

$$Q = 4\,000 \text{ cal.}$$

Esto significa que necesitamos cuatro mil calorías de energía para aumentar la temperatura del agua de 20°C a 60°C . Claro podemos decir, son cuatro kilocalorías, pues la palabra griega kilo significa mil.

Academio revisó, miró a su hermano y propuso:

¿Cuántas calorías se deben suministrar para que un pedazo de metal de hierro de 3,5kg eleve su temperatura de 26°C a 140°C ?

¿Cómo lo resolveríamos? Preguntó Peleo.

Este problema es muy similar al ejemplo anterior, con la diferencia de que, en este ejercicio, no se trata del calor específico del agua, sino del calor específico del hierro. Para poder resolver el problema, hacemos el mismo procedimiento anterior, tanto en el despeje como en la sustitución de los datos en la fórmula.

Datos

$$\text{Fe: } c = 0,107 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$m = 3,5 \text{ kg} \quad 3,5 \cdot 1\,000 = 3500 \text{ g}$$

$$T_0 = 26 ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 140 ^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 3500 \text{ g} \cdot 0,107 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (140 ^\circ\text{C} - 26 ^\circ\text{C})$$

$$Q = 42\,693 \text{ cal}$$

Pero hay que tener cuidado con suministrarle calor a un metal, puede dilatarse o hasta fundirse en el proceso, como ya lo vimos antes.

—Pero en la unidad del científico James, debe ser... —dijo Academo—. Bueno debes tomar en cuenta que 1 cal es equivalente a 4,186 J

Así que bastaría con revisar que las calorías son más grandes, entonces hay un truco que siempre les enseño a mis estudiantes, cuando transformen de algo grande a otra cosa más pequeña deben multiplicar, pero si van de algo pequeño a algo grande deben dividir. Es decir:

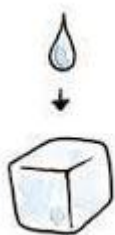


$$4\,000 \cdot 4,186 = 16\,744\text{ J}$$

Como pueden ver, el número en Joules es mayor que el número en calorías. Además, tenemos una unidad para medir calor en el sistema inglés llamado British Thermal Unit (BTU) y se puede comprobar que $1\text{ BTU} \approx 1\,055\text{ J}$.

—Eso de BTU, lo he visto en aires acondicionados. Recordó Academo.

—Ajá. —dijo su padre—.



—¿Esta fórmula funciona si quiero enfriarla? Preguntó Peleo examinando los cálculos.

—Efectivamente, porque la variación puede ser que sea de menor calor hacia mayor calor para que la temperatura aumente o por el contrario quitar calor y la variación de la temperatura sería negativa.

Veamos un ejemplo más:

Si se suministran 6000 J a 100 g de hierro a 20°C, ¿Cuál será su temperatura final?

Datos

$Q = 6\,000\text{ J}$
 $m = 100\text{ g}$
 $T_0 = 20\text{ °C}$
 $T_f = ?$

$$6\,000 \div 4,186 = 1\,433,34\text{ cal}$$

De la expresión:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Tenemos: $Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_0)$

Despejando la temperatura final:

$$T_f = \frac{Q}{m \cdot c} + T_0$$

$$T_f = \frac{1\,433,34 \text{ cal}}{100 \text{ g} \cdot 0,107 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}} + T_0$$

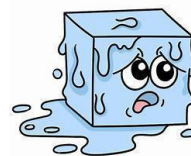
$$T_f = 153,95 ^\circ\text{C}$$

La temperatura aumentó bastante.

—¿Podría esa expresión servir para derretir hielo? Preguntó intrigado Academo.

—¡No! —dijo Hípaso— pero podemos usar una fórmula similar.

Supongamos que tenemos un cubo de hielo de 120 g en teoría debe estar a 0°C y queremos fundirlo completamente a agua a la misma temperatura. Aquí, la cantidad de calor necesaria se calcula usando el calor latente de fusión del agua, que es teóricamente 80 cal/g.



El calor latente es la cantidad de energía que se necesita para cambiar el estado de una sustancia como de sólido a líquido o de líquido a gas sin cambiar su temperatura.

Durante este proceso, la energía se usa para romper o formar las uniones entre las moléculas del material, lo que permite el cambio de estado, pero no afecta la temperatura de la sustancia mientras el cambio se está llevando a cabo.

Usaremos la fórmula: $Q = m \cdot L_f$

Material	Específico (c_e)		Fusión (l_f)		Vaporización (l_v)	
	kcal/kg·°C	kJ/kg·K	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg
Aceite de Oliva	0,400	1,675	-	-	-	-
Acero	0,110	0,460	104	25	204	854
Acetona	0,510	2,136	22,9	96	125	524
Agua líquida	1,000	4,180	-	-	-	-
Agua sólida (hielo)	0,500	2,094	79,7	333	-	-
Agua vapor	0,482	2,018	-	-	539	2.260
Aire seco	0,240	1,005	-	-	-	-
Alcohol etílico	0,600	2,513	24,9	104,2	203,9	854
Alpaca	0,095	0,398	-	-	-	-
Aluminio	0,215	0,900	77-94	322 - 394	2.202	9.220
Amoníaco (líquido)	0,112	0,470	108	452	327	1.370
Antimonio	0,049	0,205	39,4	165	134	561
Azufre	0,179	0,750	5,9	35	208	870
Benceno	0,042	0,175	30,3	127	95	396
Berilio	0,470	1,970	-	-	-	-
Bronce	0,086	0,360	-	-	-	-
Cadmio	0,056	0,234	13,6	57	212	886
Calcio	0,155	0,650	-	-	-	-
Carbón Mineral	0,310	1,300	-	-	-	-
Carbón Vegetal	0,201	0,840	-	-	-	-
Carbono	0,121	0,507	-	-	-	-
Cinc	0,093	0,389	24	100	475	1.990
Cobalto	0,109	0,456	62,8	263	1.550	6.490
Cobre	0,0923	0,386	51,1	214	1.292	5.410
Cromo	0,124	0,518	62,1	260	1.571	6.580
Estaño	0,060	0,250	14	59	721	3.020
Éter etílico	0,540	2,261	27	113	-	-
Fenol	-	-	26	109	-	-
Glicerina	0,580	2,430	42	176	-	-
Hierro	0,113	0,473	70	293	1.504	6.300
Ladrillo Refractario	0,210	0,880	-	-	-	-
Latón	0,094	0,394	40,1	168	-	-
Manganeso	0,114	0,477	63,8	267	1.005	4.207
Mercurio	0,033	0,138	2,8	11,8	64,9	272
Mica	0,210	0,880	-	-	-	-
Naftalina	0,411	1,720	36,1	151	-	-
Níquel	0,106	0,444	69,7	292	1.523	6.378
Oro	0,031	0,130	15,4	64,5	377	1.578
Parafina	0,778	3,260	35,1	147	-	-
Plata	0,0564	0,236	21,1	88,3	559	2.340
Platino	0,032	0,133	24,1	101	574	2.405
Plomo	0,0305	0,128	5,8	24,5	210	880
Potasio	0,019	0,080	14,5	60,8	497	2.080
Sodio	0,029	0,123	27	113	1.008	4.220
Tolueno	0,380	1,590	-	-	87	365
Vidrio (típico)	0,200	0,838	-	-	-	-
Vidrio pírex	0,876	0,209	-	-	-	-

Fuente: Serway & Jewett (2014).

Esta relación describe la cantidad de calor necesaria para que una sustancia cambie de fase (por ejemplo, de sólido a líquido o de líquido a gas) sin que haya un cambio de temperatura durante este proceso.

donde:

m = masa del hielo (120 g)

L_f = calor latente de fusión (79,7 cal/g)

Esta fórmula es fundamental para entender fenómenos como la fusión del hielo, la ebullición del agua y la condensación del vapor. Se utiliza en sistemas de calefacción y refrigeración, así como en procesos industriales donde se manejan cambios de fase de materiales.

El calor latente de fusión es la energía requerida para cambiar un sólido a líquido, o la que se libera al cambiar de líquido a sólido.

Por ejemplo, cuando derriten hielo, el calor latente de fusión es la energía que se necesita para convertir el hielo en agua a 0°C, sin que la temperatura del agua suba mientras se está derritiendo.



Sustituyendo tenemos

$$Q = 120 \text{ g} \cdot 79,7 \text{ cal/g} = 9\,564 \text{ cal}$$

Necesitaríamos nueve mil seiscientos calorías para derretir el cubo de hielo sin cambiar la temperatura del agua resultante. Es decir, aproximadamente 40 042,55 J.

—Se me ocurre que tomemos el ejemplo de cocinar. —dijo Academo—. Danos un ejemplo de este tipo.

¿Qué cantidad de calor se necesita para hervir 50 g de agua a 100°C si su calor latente de vaporización es 540 cal/g a 100°C y 1 atm de presión?

Datos

$$m = 50 \text{ g}$$

$$Q = m \cdot L_v$$

$$Q = 50 \text{ g} \cdot 540 \text{ cal/g}$$

$$Q = 27\,000 \text{ cal}$$

O su equivalente:

$$27\,000 \cdot 4,186 = 113\,022 \text{ J}$$

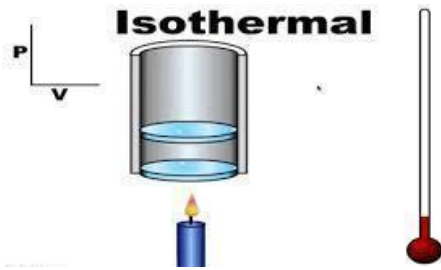
Recuerden que el calor es lo que sentimos cuando algo caliente nos transfiere su energía. Por ejemplo, cuando ponemos nuestras manos cerca de una taza de café caliente, sentimos el calor porque la energía térmica se mueve desde la taza hacia nuestras manos. El calor es esa sensación de calidez que sentimos —Cuando estamos cerca de algo caliente, como un radiador en invierno o el sol en un día de verano.

— "Pero, dónde estamos, cuenta " —apuntó Pitias—.

—Efectivamente, mi amor. Eso me lleva a contarles de los procesos que tienen que ver con este fenómeno físico.

Los *procesos termodinámicos* son transformaciones que ocurren en un sistema termodinámico, donde hay intercambio o transformación de energía, generalmente en forma de calor y trabajo.

Cada proceso se describe según cómo varían las propiedades del sistema, como presión, volumen y temperatura. Los principales procesos termodinámicos son:



Fuente: Generado por IA (2025).

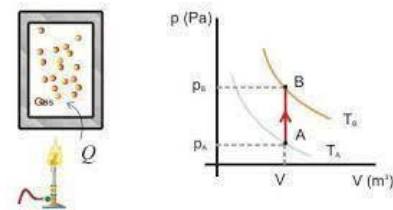
Proceso Isotérmico. Esto ocurre a temperatura constante. Entonces, la energía interna del sistema no cambia porque depende únicamente de la temperatura (para gases ideales). Todo el calor que entra o sale del sistema se transforma en trabajo.

—Danos un ejemplo. Pidió Peleo.

—Pues, se me ocurre. —dijo su padre—. La expansión lenta de un gas ideal dentro de un cilindro a temperatura constante.

—Pienso en el cilindro de gas. —dijo Academo—. Su padre pensó en ese ejemplo y dijo —Cada proceso depende de las condiciones de uso del cilindro, como la velocidad de liberación del gas y las propiedades térmicas del entorno.

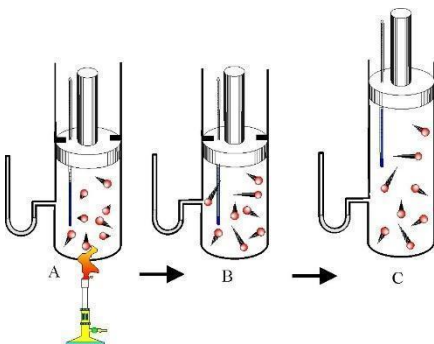
Proceso Isocórico (o Isoquórico), ocurre a volumen constante. No hay trabajo realizado porque el volumen no cambia ($W = P\Delta V = 0$). Todo el calor que entra o sale afecta directamente la energía interna.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Danos un ejemplo. —dijo Academo—.

—Un buen ejemplo es calentar gas en un recipiente cerrado rígido. —respondió su padre—.



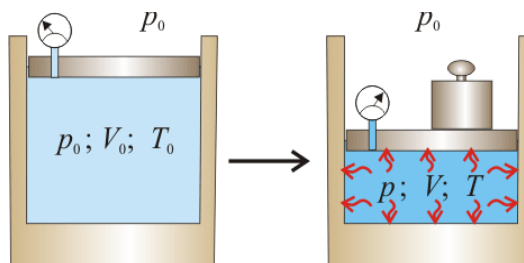
Proceso Isobárico. Esto ocurre a presión constante. El sistema realiza trabajo si hay un cambio en el volumen. El calor añadido se usa tanto para aumentar la energía interna como para realizar trabajo.

Fuente: Generado por IA (2025).

—Danos un ejemplo también —pidió Pitias—.

—Claro. —dijo su esposo—. Un ejemplo es hervir agua a presión atmosférica constante.

Proceso Adiabático. Aquí no hay intercambio de calor con el entorno ($Q = 0$). Cualquier cambio en la energía interna se debe únicamente al trabajo realizado sobre o por el sistema. Puede ser rápido o bien aislado térmicamente del entorno.



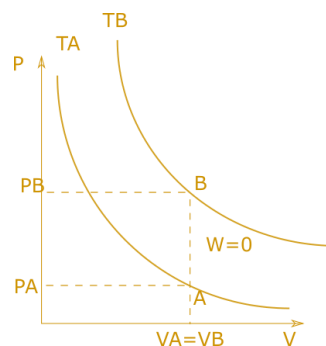
Fuente: Generado por IA (2025).

—¿Quieren un ejemplo? —dijo de forma retórica—.

—¡Por supuesto! —dijeron al unísono—.

—Ahí les va. La compresión rápida de gas en un pistón sin permitir el intercambio de calor.

Proceso Politrópico. Es una generalización donde las variables presión, volumen y temperatura varían de manera específica según una relación $PV^n = \text{constante}$. La constante n determina el tipo de proceso:



Muchas transformaciones de gases en la práctica siguen esta relación.

$n=0$: Isobárico.
 $n=1$: Isotérmico.
 $n=\infty$: Isocórico.
 $n=\gamma$: Adiabático (donde γ es el coeficiente adiabático).

Proceso Cíclico. El sistema regresa a su estado inicial tras una serie de procesos. La energía interna no cambia al final del ciclo ($\Delta U=0$). El trabajo neto realizado corresponde al calor neto

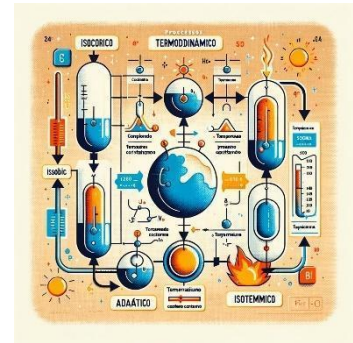
absorbido o liberado.

Ciclos en motores térmicos, como el ciclo de Carnot o el ciclo Otto.

—¿Tienen alguna importancia estos procesos, papá? —cuestionó Peleo—.

—Mucha. Verán.

Los procesos termodinámicos son esenciales para comprender cómo se transfiere y transforma la energía en sistemas físicos, químicos y biológicos. Son la base para el diseño y análisis de máquinas térmicas, motores, refrigeradores y sistemas energéticos, permitiendo optimizar su eficiencia. Además, explican fenómenos naturales, como el comportamiento de los gases en la atmósfera o el funcionamiento de organismos vivos, siendo clave en la ingeniería, la física y las ciencias ambientales.



—Parece que la temperatura juega un papel importante en cómo se ve una sustancia. —dijo Academo—. Es decir, sólido, líquido o gaseoso.

—De hecho—agregó Hípaso—. Esos tres estados son básicos, pero hay cinco estados más.

—Yo les tengo una pregunta. —dijo Peleo—. Papá no digas nada. ¿Qué estado de la materia es el fuego?

—Ni idea —dijo su hermano—. Poniendo las manos en el mentón.

Pitias pensaba un poco. —No puede ser sólido, ni líquido, ni gaseoso.

—Bueno. —dijo su padre—. Veamos:

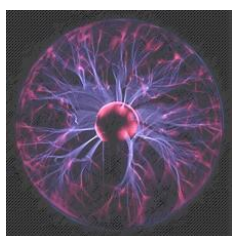
El estado sólido es cuando las partículas que componen el cuerpo están fuertemente unidas y ordenadas, formando estructuras rígidas y con forma definida. Esto hace que los sólidos tengan un volumen y una forma estables. Entonces, un cubo de hielo es un ejemplo de materia en estado sólido. Sus moléculas de agua están organizadas en una estructura cristalina, lo que le da forma y volumen fijo, manteniéndose así mientras esté a temperaturas bajas.



El estado líquido es una fase en la cual las partículas tienen una mayor libertad de movimiento en comparación con el estado sólido, lo que les permite fluir y adaptarse a la forma del recipiente que las contiene, aunque mantienen un volumen constante. El agua en un vaso es un ejemplo de materia en estado líquido. Se adapta a la forma del vaso, pero su volumen sigue siendo el mismo, sin importar en qué recipiente se coloque.



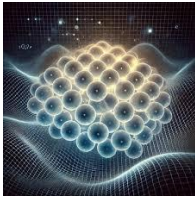
El estado gaseoso es cuando las partículas se encuentran muy separadas y con gran libertad de movimiento, lo que les permite expandirse para ocupar completamente el volumen del recipiente que las contiene y no tienen una forma definida. El aire que respiramos es un ejemplo de materia en estado gaseoso. Está compuesto por diferentes gases, como oxígeno y nitrógeno, y se expande para llenar todo el espacio dentro de una habitación.



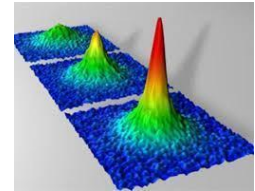
El plasma es un estado de la materia similar al gas, pero con la diferencia de que sus partículas están ionizadas, es decir, tienen carga eléctrica, lo que lo hace altamente conductor de electricidad y sensible a campos magnéticos. El sol es un ejemplo de materia en estado plasma. Las altas temperaturas hacen que los átomos se separen en electrones y iones, generando un plasma que emite luz y calor.

El condensado de Fermi es un estado de la materia que ocurre a temperaturas extremadamente bajas, cercano al cero absoluto. En este estado, partículas llamadas fermiones —como electrones, protones y neutrones— se agrupan de manera que ocupan el menor nivel de energía posible, comportándose de manera cuántica. Un gas

de átomos de potasio-40 enfriado a temperaturas cercanas al cero absoluto es un ejemplo de condensado de Fermi. Bajo estas condiciones, los átomos se comportan de forma colectiva y exhiben propiedades cuánticas únicas, como la superfluidez.

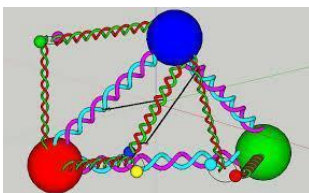


El condensado de Bose-Einstein es un estado de la materia que se forma a temperaturas extremadamente bajas, cercanas al cero absoluto, donde las partículas llamadas bosones se agrupan en el mismo estado cuántico, comportándose como



una sola súper partícula. Un gas de átomos de rubidio enfriado a temperaturas muy cercanas al cero absoluto es un ejemplo de condensado de Bose-Einstein. En este estado, los átomos se superponen y actúan como un solo ente cuántico, lo que permite observar fenómenos como la superfluidez.

El estado de una estrella de neutrones es una forma de materia ultradensa que se forma cuando una estrella masiva colapsa después de una supernova. En este estado, los protones y electrones se combinan para formar neutrones, creando un objeto extremadamente compacto y con una gravedad muy intensa. Así tenemos a la estrella de neutrones conocida como PSR J0348+0432 es un ejemplo. Tiene una masa aproximadamente el doble que la del Sol, pero un diámetro de solo unos 20 kilómetros, lo que la hace increíblemente densa, con una cucharadita de su material pesando miles de millones de toneladas.



El plasma de quarks-gluones es un estado de la materia que se produce a temperaturas y densidades extremadamente altas, donde los quarks y gluones —que normalmente están confinados dentro de protones y neutrones— se liberan y se mueven libremente. Este estado se cree que existió brevemente después del Big Bang. El plasma de quarks-gluones ha sido recreado en experimentos en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN, cuando se hacen chocar núcleos de átomos de oro o plomo a altísimas energías. Esto permite estudiar las condiciones que habrían existido en el universo primitivo, en sus primeras fracciones de segundo.

—Papá, —dijo moviendo la cabeza peleó—. Pero hay muchos estados de la materia.

—Probablemente dentro de un tiempo haya más estados que no conocemos, —respondió Hípaso reflexionando—.

Academo lo pensaba también. —Supongo que depende de la tecnología que tengamos en el futuro. Entonces *el fuego es plasma*.

—Así es. —afirmó Hípaso—. Pero no siempre, en otras palabras, el fuego contiene plasma. El fuego es una reacción química. Es algo que les sucede a gases en la mayoría de las circunstancias. Y es algo que pasa como resultado del calentamiento de la materia -sólida o líquida- para producir vapores, que luego se encienden al mezclarse con el oxígeno. Si el fuego está lo suficientemente caliente, los gases pueden ionizarse y convertirse en plasma.

Algunas llamas muy calientes contienen plasma, cuando la energía en su interior es suficiente para ionizar una cantidad considerable de moléculas de aire. Un ejemplo clásico es la llama generada al quemar acetileno en oxígeno, que alcanza la asombrosa temperatura de 3100 °C. En cambio, la modesta llama de 1500 °C producida por una vela de cera es demasiado baja para considerarse un plasma típico.

Pero hay otras cosas que no están en esta clasificación.

—¿Cómo qué? —dijo Pitias—.

Hípaso se pasó las manos por la cara y dijo:

Bueno...

La mayonesa, esa salsa que tanto nos gusta, se clasifica como un *fluido viscoelástico*. Aunque es fluida, no es líquida en el sentido común de la palabra, ya que no fluye con facilidad como el agua o el aceite. La mayonesa tiene una viscosidad alta que le da su textura espesa y cremosa, lo cual se debe a la estructura de la emulsión coloidal. En términos técnicos, se comporta como un *sólido blando*. Si aplicamos suficiente fuerza, puede fluir, como al untarle al pan, pero en reposo mantiene su forma. Así que, aunque no es un sólido rígido, tampoco es completamente líquida.



—Es raro. —dijo Peleo—.

Hípaso continuó.



La sabrosa mayonesa está en un *estado coloidal*, que es una mezcla en la que pequeñas partículas de una sustancia, en este caso, gotas de aceite, se dispersan en otra, agua y otros componentes en el vinagre o jugo de limón, sin llegar a disolverse. Esto crea una *emulsión*, que es estable gracias a un emulsionante, generalmente la lecitina en la yema de huevo. Esta emulsión le da a la mayonesa su textura cremosa y espesa, una característica típica de los coloides, donde una fase dispersa, el aceite, se encuentra suspendida de manera uniforme en la fase continua, el agua y vinagre.

—Como pueden ver, no siempre podemos clasificar las cosas que conocemos en alguno de estos estados—aseveró Hípaso—.

—Por cierto, pensó Peleo. También nos dijiste algo como *¿termodinámica?*

Hípaso dijo —sí, es una rama de la física.

Estudia las relaciones entre el calor, el trabajo y la energía. Se centra en cómo la energía se transforma de una forma a otra y cómo estas transformaciones afectan a la materia.

La termodinámica es fundamental para entender una amplia variedad de procesos físicos y químicos, desde el funcionamiento de motores y refrigeradores hasta fenómenos naturales como el clima y los ciclos biogeoquímicos.

Además, tiene leyes fundamentales.

- Ley Cero de la Termodinámica

Si dos sistemas termodinámicos están cada uno en equilibrio térmico con un tercer sistema, entonces están en equilibrio térmico entre sí.



—¡Cero! Qué imaginación. —dijo Peleo—.

Hípaso se carcajeó durante varios segundos. Luego le dijo:

Aunque parece simple, esta ley es fundamental porque define *el concepto de temperatura* como una propiedad que puede ser compartida y medida. Sin esta ley, no podríamos confiar en los termómetros, ya que no habría un fundamento para que un termómetro en equilibrio térmico con otro objeto esté midiendo la misma temperatura.

Luego alzando la voz les dijo: ¡La Ley Cero es, en esencia, la base para toda la termodinámica y la medición de temperatura, a pesar de haber sido formulada tiempo después de las otras leyes!



—Ok, no te alteres papá. —dijo Academo—.

—Está bien ¡Niños lindos! Sigo:

Primera ley de la termodinámica (Ley de la conservación de la energía)

Establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra.

Esta ley se basa en conceptos anteriores sobre la conservación de la energía. Aunque no se le atribuye a un solo científico, su formulación fue influenciada por los trabajos de varios investigadores, incluyendo al físico alemán *Julius Robert von Mayer* del siglo XIX. También a James Prescott Joule.



Julius von Mayer

Segunda ley de la termodinámica

Esta ley introduce el concepto de entropía, que se puede entender como una medida del desorden en un sistema. Establece que, en un sistema aislado, la entropía tiende a aumentar con el tiempo, lo que implica que los procesos naturales son irreversibles.

También establece que el calor no puede fluir espontáneamente de un cuerpo frío a uno caliente.

—Esta ley es muy nombrada. —dijo Pitias—. Tanto físicos como químicos la citan con respeto y miedo. Debe ser muy importante.

—Sí mi amor, es muy importante. —dijo su marido—.



Carnot, S.

Esta ley fue formulada por varios científicos en el siglo XIX, pero los más destacados son: Sadi Carnot, físico francés; *Rudolf Clausius*, físico alemán y William Thomson.



Clausius, R.

Tercera ley de la termodinámica

Afirma que, a medida que la temperatura de un sistema se aproxima al cero absoluto (0 Kelvin), la entropía de un sistema puro tiende a acercarse a un valor constante mínimo. Esto implica que es imposible alcanzar el cero absoluto en un número finito de pasos.



Nernst, W.

Fue formulada por *Walther Nernst*, un químico alemán del siglo XX.

Concluyó agregando: La termodinámica es un área fundamental de la ciencia que proporciona principios y herramientas esenciales para entender cómo funciona el universo en términos de energía y sus transformaciones.

—Atendiendo a lo que dijo mi reina. Les diré algo importante.

Una de las cosas más extrañas sobre las leyes de la termodinámica es que, según la segunda ley, *la entropía del universo siempre aumenta*. Esto significa que, con el tiempo, los sistemas tienden a volverse más *desordenados*. De hecho, esta ley es la razón por la que el *tiempo* tiene una dirección, es decir, solo avanza, y no retrocede. Si la entropía en un sistema cerrado jamás disminuye, en teoría, el universo se está encaminando hacia un estado de *muerte térmica*. Esto implicaría un futuro en el que toda energía esté tan distribuida que no habría calor útil, ni movimiento, ni vida, solo equilibrio total y quietud. Es una idea tan fascinante como inquietante porque sugiere un final inevitable en el que el universo alcanzaría una total homogeneidad y, con ello, una especie de *fin del tiempo*.

—Es tenebroso. —dijo Academo—.

—Esas leyes son como... ¡No entiendo, papá! —gritó Peleo—.

A partir de la experimentación se puede emitir una ley o una teoría que nos sirva para aplicarla en varios fenómenos similares.

- *Una ley permite afirmar, mediante el contraste de hipótesis, un fenómeno o hecho.*
- *Una teoría es algo más amplio y abstracto y no se puede contrastar tan fácilmente como una ley. Por tanto, una teoría se puede definir como una explicación abstracta de la que se pueden realizar predicciones sobre un hecho o fenómeno similar.*
- *Un modelo es una representación de un fenómeno o hecho que se realiza para interpretarlo en parte o en su totalidad. Los modelos pueden ser desde simples representaciones gráficas hasta modelos más complejos, como maquetas.*

Una hipótesis es una explicación que da el observador para un determinado fenómeno o problema.

Una ley es una manera de generalizar lo que puede ocurrir cuando tienes un conjunto acumulado de datos sobre un fenómeno determinado.

Una nueva evidencia o una nueva forma creativa de observar el fenómeno del que trata una teoría puede hacer que se formule una nueva hipótesis

La gente en general por cultura general a veces dice "es solo una teoría" porque confunden el significado científico de "teoría" con su uso común. En ciencia, una teoría es una explicación bien establecida y respaldada por evidencia, no una conjetura o una especulación. En cambio, en el uso común, "teoría" puede significar una idea o hipótesis sin pruebas sólidas.

La teoría de la evolución es a menudo malinterpretada como "solo una teoría", cuando en realidad es una teoría científica robusta que explica cómo han evolucionado las especies a lo largo del tiempo. La frase "en teoría" a menudo se usa para indicar que algo es posible en el papel o en la teoría, pero no

necesariamente en la práctica. Esto refuerza la idea de que la teoría se considera menos real o segura que los hechos.

—Yo quiero decirles algo. —dijo Pitias—. Es algo raro también.



Un fenómeno curioso es el *efecto Mpemba*. Este efecto ocurre cuando, en ciertas condiciones, el agua caliente puede congelarse más rápido que el agua fría. Aunque suena muy contradictorio, ha sido observado desde tiempos antiguos y sigue desconcertando a los científicos. Existen varias teorías al respecto, como la evaporación más rápida del agua caliente, que reduce el volumen de líquido, o que la diferencia de temperatura crea corrientes de convección que aceleran el enfriamiento. Aunque aún no se comprende completamente, el efecto Mpemba es un recordatorio de que el mundo que vemos a simple vista puede ser tan misterioso como el mundo microscópico.

—Es curioso. —dijo Academo—. ¿Sabes algo sobre eso, papá?



—Ni idea. —dijo Hípaso—.

—Vaya sorpresa. —dijo sorprendido Peleo—.

—Es hermoso aprender, pero vamos a dormir. —dijo Hípaso— mientras se estiraba y bostezaba. Abrió los ojos y agregó como sorprendido: *Recuerden que estos fenómenos dependen de otras variables como la presión y la atmósfera.*

¿Presión? ¿Atmósfera? —dijeron sorprendidos los pequeños científicos—.

—Sí, pero tengo sueño. Vamos a dormir, otro día comentamos eso. Feliz noche niños lindos, les dijo abrazándolos con fuerza y dándoles muchos besitos.

—Feliz noche mis amores —les dijo Pitias al tiempo que los besaba—.



Curiosidades

¿Por qué la temperatura máxima suele alcanzarse a media tarde en lugar de al mediodía, que es cuándo el sol alcanza una mayor altura?

Aunque lo que podemos contar sobre las temperaturas extremas diarias (la máxima y la mínima) se puede aplicar, sin grandes variaciones, para cualquier estación del año, pensemos en un típico día caluroso de verano. La evolución de la temperatura también va desfasada con respecto a la posición que ocupa el sol en la bóveda celeste, desde que sale (orto) hasta que pone (ocaso). Es verdad que cuando el sol alcanza su punto más alto (zenit), los rayos inciden más perpendicularmente sobre la superficie terrestre y esta se calienta más, pero en ese momento no se alcanza la temperatura máxima del día. Esto no suele ocurrir hasta tres o cuatro horas más tarde; es decir, entre las 5 y las 6 de la tarde en verano. Durante esas horas en las que el sol ya está descendiendo, todavía está bastante alto y calienta mucho, el suelo irradia una gran cantidad de calor, que es el que calienta el aire situado sobre él. Este mecanismo de transferencia de calor de abajo arriba es el que sigue haciendo elevar la temperatura del aire durante esas 3-4 horas, lo que culmina con el momento en que se alcanza la máxima. A partir de ahí la temperatura, con altibajos, comienza a descender, acentuándose la bajada tras la puesta de sol.

Sensación térmica

Es conocido que la sensación de calor que experimenta nuestro cuerpo no depende únicamente de cuál sea la temperatura del aire, sino también de su contenido de humedad, que habitualmente se cuantifica mediante la humedad relativa, expresada en tantos por cien (%). Cuanto más húmedo esté el aire, más dificultad tendremos para evaporar el sudor de nuestra piel y más sensación de agobio (bochorno) notaremos. Existen unas tablas que permiten calcular el llamado índice de calor (heat index), que resulta de la combinación de las dos variables meteorológicas antes apuntadas (temperatura y humedad relativa del aire). En general podemos afirmar que con humedades bajas sentiremos una temperatura inferior a la real, mientras que con altas ocurrirá justo lo contrario. En un mundo cada vez más cálido se dan cada vez más combinaciones de temperatura y humedad de las que resultan índices de calor muy extremos. En los lugares donde empiezan a darse cada cierto tiempo esas condiciones, el confort climático desaparece, convirtiéndose en inhabitables si se está a la intemperie.

Vestir para el calor

Aunque el calor extremo (especialmente cuando se combina con valores elevados de humedad relativa del aire) es difícil de combatir, siempre se ofrecen una serie de recomendaciones (basadas en el sentido común) para adaptarse lo mejor posible a él, con el objetivo de protegernos y minimizar los riesgos asociados a las altas temperaturas. Llevar una vestimenta adecuada es una de ellas. Se suele recomendar llevar ropa clara, pero para nuestra sorpresa comprobamos que los tuaregs, cuyo hábitat es el desierto, se visten con túnicas y turbantes de tonalidades oscuras. Ante esa disyuntiva, nos surge la duda: ¿Optamos por la ropa ibicenca (blanca) o adoptamos la estrategia de los tuaregs y salimos en verano con ropa de luto? En realidad, cada una de esas opciones (casos extremos) tiene su razón de ser, basada en la física.

El blanco refleja gran parte de la radiación solar que recibe, por lo que esa opción parece la buena, ya que la absorción de calor será mucho menor que si vamos de negro riguroso o ropa de color oscuro. ¿Son masoquistas los tuaregs y quieren pasar más calor del que ya hace en el Sáhara, que es el gran desierto por el que transitan? Para nada. La radiación solar que incide sobre nosotros un día de verano cuando estamos al sol, calienta nuestra ropa y también nuestro cuerpo. Este último para no recalentarse irradia calor hacia el exterior, que se encuentra con el obstáculo de nuestra ropa. Si es negra absorberá una parte importante de ese calor, pero si es blanca no. Para salvar ese problema, lo deseable en cualquiera de los dos casos es que nuestra ropa sea holgada y transpirable, de manera que consigamos enfriar nuestro cuerpo por la evaporación del sudor que vayamos generando. Ese es el mecanismo clave para mantener nuestra temperatura corporal aproximadamente constante los días de intenso calor.

Bajo las túnicas de los tuaregs se consigue una ventilación que ayuda a mantener sus cuerpos a la temperatura adecuada. Estos nómadas del desierto también recurren a esos ropajes oscuros como medida de protección de la peligrosa radiación ultravioleta, que allí en el Sahara alcanza índices muy altos. Con el cuerpo cubierto casi en su totalidad, la ropa actúa como una pantalla muy eficaz, que reduce los impactos nocivos de la exposición prolongada al sol.

Beber líquidos muy fríos puede crear sensación refrigeración

Pero no es del todo cierto. De hecho, lo aconsejable es tomar bebidas del tiempo. Parece no tener mucho sentido, ¿verdad? La razón es que el cuerpo necesita estar a una temperatura de 37 grados para su correcto funcionamiento. Si bebemos líquidos fríos, bajaremos de golpe esta temperatura de nuestro organismo, por lo que este trabajará más para recuperar los 37 grados. Esta función implicará un gran gasto de las reservas energéticas. De hecho, este trabajo hará que la sensación de calor sea mayor unos minutos más tarde. Por tanto, no es una buena manera de combatir el calor.

Una cerveza o un tinto de verano entran solos en esta época del año, pero lo cierto es que las bebidas alcohólicas también son muy desaconsejables para luchar contra el calor. El alcohol no deja de ser una sustancia excitante, pero sobre todo dilata los vasos sanguíneos de la piel. Las sustancias vasodilatadoras son muy poco recomendables, pues tienden a subir la temperatura corporal y la sensación de calor.

Otro de los hábitos a los que nos acostumbramos en verano es a meternos debajo de un chorro de agua fría. Pero, de hecho, el choque térmico sobre nuestro cuerpo, aunque nos produzca una sensación instantánea de frío, hará que nuestro cuerpo se ponga a trabajar y sintamos calor a los pocos minutos, cosa que no ocurre si la ducha que nos demos es con agua templada. Los excesivos contrastes de temperatura son, pues, contraproducentes para la propia lucha contra el calor. Además, si lo hacemos de manera brusca, corremos el riesgo de sufrir una súbita congestión de los órganos especialmente dañina para los pulmones y el corazón.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación teórica

Sección 1: Verdadero o Falso.

1. La temperatura mide la cantidad total de energía térmica de un objeto.
 - ☐ Verdadero
 - ☐ Falso
2. El calor siempre fluye de un objeto más caliente a uno más frío.
 - ☐ Verdadero
 - ☐ Falso
3. El cero absoluto es la temperatura más baja posible, donde el movimiento molecular se detiene.
 - ☐ Verdadero
 - ☐ Falso
4. La escala Celsius se basa en los puntos de congelación y ebullición del agua.
 - ☐ Verdadero
 - ☐ Falso
5. Un objeto con mayor temperatura siempre tiene más energía térmica que uno con menor temperatura.
 - ☐ Verdadero
 - ☐ Falso

Sección 2: Opción múltiple.

6. ¿Qué es el calor?
 - a) La energía total de las partículas de un objeto.
 - b) La transferencia de energía térmica de un cuerpo a otro.
 - c) La medida de la energía cinética promedio de las partículas de un objeto.
7. ¿Qué sucede cuando un objeto absorbe calor?
 - a) Su temperatura siempre aumenta.
 - b) Su energía térmica puede aumentar o puede cambiar de estado.
 - c) No se producen cambios significativos.
8. ¿Cuál de las siguientes unidades se utiliza para medir el calor?
 - a) Kelvin
 - b) Joule
 - c) Grado Celsius
9. Si un objeto tiene una temperatura de 0 °C, ¿qué significa esto?
 - a) El objeto está completamente congelado.
 - b) La energía cinética promedio de sus partículas es cero.
 - c) Está en el punto de congelación del agua a nivel del mar.
10. ¿Cómo afecta la masa de un objeto a la cantidad de calor que puede absorber?
 - a) A mayor masa, mayor cantidad de calor puede absorber.
 - b) La masa no afecta la capacidad de absorción de calor.
 - c) A menor masa, mayor capacidad de absorción de calor.

Sección 3: Estados de la Materia.

1. El estado sólido se caracteriza por tener partículas en posiciones fijas y una forma definida.
Verdadero
Falso
2. Los líquidos tienen un volumen definido, pero adoptan la forma del recipiente que los contiene.
Verdadero
Falso
3. El estado gaseoso tiene partículas que se mueven libremente y ocupa completamente el volumen del recipiente que lo contiene.
Verdadero
Falso
4. El plasma es un estado de la materia formado por partículas neutras y no tiene carga eléctrica.
Verdadero
Falso

5. El condensado de Bose-Einstein ocurre a temperaturas extremadamente bajas, donde las partículas comienzan a comportarse como una sola entidad cuántica.
Verdadero
Falso
6. El condensado de Fermi está compuesto por fermiones que, a bajas temperaturas, forman un estado cuántico único con propiedades superconductoras.
Verdadero
Falso
7. La materia de estrellas de neutrones se forma por la descomposición de los protones y electrones en neutrones, lo que genera una densidad extremadamente alta.
Verdadero
Falso
8. La materia de quarks y gluones aparece en condiciones de altísima temperatura y presión, como en los primeros momentos del universo.
Verdadero
Falso
9. Los sólidos, líquidos, gases y plasmas son los únicos estados de la materia observados en el universo.
Verdadero
Falso
10. El plasma es el estado más común de la materia en el universo, ya que se encuentra en las estrellas y el espacio interestelar.
Verdadero
Falso

Sección 4: Reflexiona.

- Reflexiona sobre cómo el concepto de calor latente ayuda a entender el proceso de cambio de estado de la materia, como la fusión o la evaporación. ¿Por qué es importante en fenómenos naturales como la formación de nubes o el derretimiento de un glaciar?
- Piensa en una situación cotidiana donde el calor latente juega un papel importante, como al hervir agua para cocinar. ¿Qué efectos tendría el aumento o disminución de calor en el tiempo de ebullición? Explica cómo se relaciona con la temperatura.
- Imagina que estás en un lugar cálido y sudas para regular la temperatura de tu cuerpo. Reflexiona sobre cómo el proceso de evaporación del sudor ayuda a reducir la temperatura corporal. ¿Qué sucede en este proceso con el calor absorbido y la temperatura del cuerpo?
- Reflexiona sobre el calor cedido durante el enfriamiento de una bebida caliente. ¿Cómo se relaciona este proceso con la temperatura de la bebida y el ambiente? ¿Qué factores afectan la rapidez con que la bebida pierde calor?
- Piensa en el proceso de congelación de un lago en invierno. Reflexiona sobre cómo el calor cedido por el agua afecta la temperatura y el cambio de estado del agua de líquida a sólida. ¿Qué implicaciones tiene este proceso para el ecosistema del lago?

Sección 5: Resuelve.

Ejercicios

Completa la tabla.

Ciudad	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Temperatura (K)
Ciudad 1: Tokio	20		
Ciudad 2: París		65	
Ciudad 3: Nueva York			290
Ciudad 4: Sídney	39		
Ciudad 5: Ciudad de México			350

Resuelve:

Ejercicio 1: Un bloque de hierro de 2 kg se calienta desde 20 °C hasta 80 °C. La capacidad calorífica específica del hierro es 450 J/(kg·°C).

Pregunta:

¿Cuánto calor ha absorbido el bloque de hierro?

Ejercicio 2: Un cubo de hielo de 0,5 kg a 0 °C se derrite completamente. El calor latente de fusión del agua es 334 J/kg.

Pregunta:

¿Cuánto calor se necesita para derretir el hielo sin cambiar su temperatura?

Ejercicio 3: Un bloque de aluminio de 1 kg se enfría desde 150 °C hasta 25 °C. La capacidad calorífica específica del aluminio es 900 J/(kg·°C).

Pregunta:

¿Cuánto calor pierde el aluminio durante este proceso?

Ejercicio 4: Una olla con 2 kg de agua está a 100 °C. Toda el agua se convierte en vapor sin aumentar la temperatura. El calor latente de vaporización del agua es 2 260 J/kg.

Pregunta:

¿Cuánto calor se necesita para vaporizar completamente el agua?

Ejercicio 5: Un trozo de hielo de 0,2 kg está a -10°C y se calienta hasta convertirse en agua líquida a 0°C . La capacidad calorífica específica del hielo es $2\,100\text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$, y el calor latente de fusión del agua es $334\text{ J}/\text{kg}$.

Pregunta:

¿Cuánto calor se necesita en total para llevar a cabo este proceso?

1. Calcular el calor para calentar el hielo a 0°C : $Q_1=m\cdot c\cdot\Delta T$
2. Calcular el calor para derretir el hielo: $Q_2=m\cdot L_f$
3. Sumar ambos resultados: $Q_{\text{total}}=Q_1+Q_2$

Responde:

Pregunta 1: ¿En qué consiste la primera ley de la termodinámica y cómo explica el intercambio de energía en un sistema cerrado?

Pregunta 2: ¿Por qué un motor térmico nunca puede convertir todo el calor absorbido en trabajo útil? Explica el concepto de eficiencia en relación con esta ley.

Pregunta 3: ¿Qué sucede con la entropía de un sistema cuando ocurre un proceso irreversible, como la mezcla de dos sustancias? ¿Por qué?

Pregunta 4: ¿Qué significa que la entropía de un cristal perfecto sea cero en el cero absoluto? ¿Es posible alcanzar esta temperatura en la práctica?

Pregunta 5: Si un gas se expande rápidamente sin ganar ni perder calor, ¿qué ocurre con su temperatura? Explica cómo esta situación está relacionada con la energía interna.

Evaluación práctica

Experimento: El Efecto del Calor en la Temperatura

Objetivo: Investigar cómo el calor influye en la temperatura de los materiales y entender los conceptos de calor sensible y calor latente.

Actividad 1: Calor Sensible en el Agua

Objetivo: Observar cómo aumenta la temperatura del agua al agregarle calor.

Materiales:

- 1 vaso de vidrio
- Termómetro
- Agua
- Estufa o fuente de calor
- Cronómetro
- 1 vaso con agua a temperatura ambiente

Procedimiento:

1. Llena el vaso de vidrio con 200 mL de agua a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C).
2. Mide la temperatura inicial del agua con el termómetro y anótala.
3. Coloca el vaso sobre una estufa o fuente de calor a baja temperatura.
4. A medida que el agua se calienta, mide la temperatura cada 30 segundos.
5. Continúa hasta que el agua llegue a ebullición o alcance una temperatura estable.
6. Anota los resultados en una tabla y observa cómo la temperatura aumenta conforme se añade calor.

Preguntas de reflexión:

- ¿Cómo cambia la temperatura del agua con el tiempo?
- ¿Qué sucede cuando se deja de aplicar calor?

Actividad 2: Calor Latente de Fusión (Derretimiento del Hielo)

Objetivo:

Demostrar cómo el calor se utiliza para cambiar el estado de un material sin cambiar su temperatura.

Materiales:

- 50 g de hielo
- Vaso de vidrio
- Termómetro
- Estufa o fuente de calor
- Cronómetro

Procedimiento:

1. Coloca 50 g de hielo en un vaso de vidrio y mide su temperatura inicial (debe ser 0°C si el hielo está a punto de derretirse).
2. Aplica calor al vaso con una estufa o fuente de calor de manera gradual.
3. A medida que el hielo se derrite, mide la temperatura del agua formada.
4. Observa que, mientras el hielo se está derritiendo, la temperatura no aumenta, sino que se mantiene constante en 0°C .
5. Anota el tiempo que tarda en derretirse todo el hielo.

Preguntas de reflexión:

- ¿Por qué la temperatura se mantiene constante durante el derretimiento del hielo?
- ¿Cuánto calor fue necesario para cambiar el hielo de estado sin cambiar su temperatura?

Actividad 3: Cambio de Temperatura en Diferentes Materiales**Objetivo:**

Comparar cómo diferentes materiales absorben y retienen el calor.

Materiales:

- 3 recipientes (preferentemente de materiales diferentes: metal, plástico y vidrio)
- Agua
- Termómetro
- Estufa o fuente de calor
- Cronómetro

Procedimiento:

1. Llena los tres recipientes con la misma cantidad de agua (200 mL) a temperatura ambiente.
2. Coloca cada recipiente sobre una fuente de calor.
3. Mide la temperatura inicial del agua en cada recipiente.
4. A medida que se calienta el agua, mide la temperatura cada minuto durante 5 minutos.
5. Compara cómo la temperatura cambia en cada material.

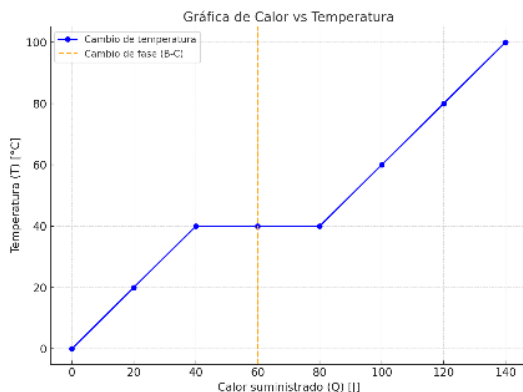
Preguntas de reflexión:

- ¿Qué material permitió que el agua se calentará más rápido?
- ¿Por qué algunos materiales se calientan más rápido que otros?
- ¿Cómo afecta la conductividad térmica de los materiales al calentamiento del agua?

Conclusión:

Al final de las actividades, deberías ser capaz de:

- Comprender cómo el calor afecta la temperatura de los materiales.
- Identificar el concepto de calor sensible y calor latente.
- Analizar la relación entre diferentes materiales y su capacidad para absorber y transferir calor.



1. ¿Qué ocurre con la energía suministrada durante el intervalo B-C donde la temperatura no cambia?

2. Si duplicamos la masa del material, ¿cómo cambiaría el ancho del intervalo B-C en el eje del calor suministrado?

Evaluación virtual

Experimento: El Efecto del Calor en la Temperatura

Objetivo:

Investigar cómo el calor afecta la temperatura de diferentes materiales y explorar conceptos de calor sensible y calor latente a través de simulaciones interactivas de PhET.

Actividad 1: Explorando el Calor y la Temperatura con "Heat" (Calor)

Objetivo:

Investigar cómo se transfiere el calor entre diferentes materiales y cómo cambia la temperatura de un objeto cuando se le agrega calor.

Simulador PhET:

- Nombre: Heat
- Descripción: Este simulador permite explorar cómo la energía térmica (calor) afecta las partículas de los materiales y cómo cambia la temperatura.

Procedimiento:

1. Accede al simulador "Heat" en la plataforma PhET. https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_all.html
2. Elige el "modo de exploración" para observar cómo el calor se transfiere entre los objetos. https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_en.html
3. Ajusta las temperaturas iniciales de diferentes objetos (agua, metal, aire, etc.) y luego aplica calor a un material.
4. Observa cómo cambian las velocidades de las partículas y la temperatura de los materiales.
5. Registra los resultados para ver cómo las partículas de cada material responden al calor.

Preguntas de reflexión:

- ¿Qué materiales se calientan más rápido cuando se les aplica calor?
- ¿Cómo cambia la energía de las partículas cuando aumenta la temperatura?

Actividad 2: Calor Latente de Fusión con "States of Matter"

Objetivo:

Observar cómo el calor afecta a las sustancias durante los cambios de estado, en particular el proceso de fusión (de sólido a líquido).

Simulador PhET:

- Nombre: States of Matter
- Descripción: Este simulador permite ver cómo cambian las partículas de un material al cambiar de estado, desde sólido a líquido y de líquido a gas, al aplicar calor o al enfriarlo.

Procedimiento:

1. Accede al simulador "States of Matter".
2. Selecciona un material que esté en estado sólido y aplica calor.
3. Observa cómo las partículas comienzan a moverse más rápidamente a medida que se añade calor.
4. Nota que, cuando el material alcanza su punto de fusión, su temperatura se mantiene constante durante el proceso de cambio de estado.
5. Observa cómo se mantiene constante la temperatura durante la fusión, aunque se siga aplicando calor.

Preguntas de reflexión:

- ¿Por qué la temperatura del material no aumenta durante el proceso de fusión?
- ¿Qué sucede con las partículas cuando el material cambia de estado sólido a líquido?

Actividad 3: Comparando Calor en Diferentes Materiales con "Conduction"

Objetivo:

Explorar cómo diferentes materiales conducen el calor a diferentes velocidades.

Simulador PhET:

- Nombre: Conduction
- Descripción: En este simulador se puede explorar cómo el calor se transfiere a través de materiales sólidos de diferente conductividad térmica.

Procedimiento:

1. Accede al simulador "Conduction" de PhET.
2. Selecciona diferentes materiales (como metal, madera, agua, etc.) y ajusta las temperaturas de ambos extremos de cada material.
3. Observa cómo se transfiere el calor desde el extremo caliente al extremo frío.
4. Compara la velocidad con que el calor se transfiere a los diferentes materiales.
5. Registra las diferencias en la rapidez con que el calor se propaga a través de cada material.

Preguntas de reflexión:

- ¿Qué materiales conducen el calor más rápido?
- ¿Cómo influye la estructura del material (como la densidad o el tipo de partículas) en la velocidad de conducción del calor?

Conclusión:

Al final de las actividades, debes ser capaz de:

- Comprender cómo el calor afecta a las partículas de diferentes materiales y cómo cambia la temperatura.
- Observar el comportamiento de las sustancias durante los cambios de estado (como la fusión).
- Comparar la conducción del calor en distintos materiales y entender cómo las propiedades de cada material influyen en la transferencia de calor.

Rutina de pensamiento

Veo
Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso
Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto
Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo II: *¡No me presiones!*

Al llegar la tarde del viernes, Pitias tuvo una gran idea.



—¡Mi amor! Mirando a Hípaso. Me compré un traje de baño nuevo, quiero estrenarlo y lucírtelo en la playa. ¿Podemos ir mañana? Al tiempo que ponía carita del gato con botas.

Muy cerca en el comedor estaba Peleo, que se emocionaba.

—¡Sí! Vamos papá, llévanos por favorcito. Tenemos tiempo sin echarnos un chapuzón.

Hípaso los miró indefenso, no se le ocurría una buena excusa para decir que no. Miraba a un lado y a otro buscando la manera de quedarse en casa a descansar. En ese momento entra desde el patio Academo.

—Mamá, comenzó poniendo la misma cara que ella había utilizado antes, como para pedir fiado. Dame permiso para ir mañana al cine ¡Por favor! Di que sí.

Era la oportunidad para Hípaso de poder negarse, no podría salir mejor y, además, no era su culpa.

—Bueno, bueno. Lamentablemente no podemos. Mirando a su esposa. Y prosiguió, yo deseaba verte ese traje de baño. Por cierto, ¿De qué color es? Dijo casi burlándose.

—¿De qué hablan ustedes? Preguntó muy intrigado Academo.

Su hermano le explicó muy emocionado que estaban planeando un viaje a la playa, que él deseaba con todas sus fuerzas ir a jugar con



la arena y sentir calorcito, porque en Hampos siempre había mucho frío. Academo lo escuchó sin interrumpirlo, cosa difícil entre ellos. Al terminar la exposición sobre la aventura, Pitias lo miró casi ordenándole decir que sí. Hípaso no lo miraba a los ojos, tratando de disimular.

—¡Mejor es la playa que el cine! —gritó emocionado Academo—.

—¡Sí! ¡Yupi! —dijo Pitias— burlándose un poco. —por cierto, el traje de baño es de color rosado. Agregó acariciando el cabello de su marido.



A Hípaso no le quedaban argumentos, así que aceptó que no descansaría el sábado.

—Nos vamos temprano, salimos a las cinco de la mañana rumbo a la playa Cayo.

Todos se fueron a dormir muy emocionados. A Peleo le costó un poco conciliar el sueño por la emoción. Pitias no le mostró el traje de baño a su esposo y Academo le envió mensajes por teléfono a sus amigos para declinar la oferta de salida al cine.

Efectivamente todos estaban listos para salir, pelotas, ropas, carpa y demás cosas fueron acomodadas en el carro y partieron emocionados. Ya Hípaso se imaginaba acostado en una silla con sombrilla en la orilla de la playa disfrutando una bebida fría. Pero debían pasar primero por la llantería a revisar sus ruedas. Los hijos no comprenden por qué, si todo marchaba bien.

—Es necesario que todo marche bien, pues el viaje es largo, dijo el conductor.



—¡Niños lindos! Supongan que en este carro vamos tranquilos y notan que una de las ruedas se ve un poco desinflada. Deciden que vamos a revisar la presión de la rueda usando un manómetro, es decir un medidor de presión. El fabricante del carro recomienda que la presión adecuada para estos sea de 32 psi — libras por pulgada cuadrada— esta es una unidad para medir presión en el sistema inglés. Sin embargo, al medir la presión, descubrimos que la rueda tiene solo 20 psi.

Una rueda con baja presión puede ser peligrosa, ya que afecta la estabilidad del carro, aumenta la distancia de frenado, y puede hacer que el carro gaste más combustible. Asimismo, si no se corrige, la rueda podría desgastarse de manera irregular, lo que disminuiría su vida útil y podría generar un mayor riesgo de reventarse.

—¿Qué deberíamos hacer? Preguntó retóricamente el conductor.

—Debemos llenar las doce psis que faltan, papá. —dijo Peleo—.

Así que llegaron al taller y revisaron todo en un par de minutos.

Academo, no contestó a la pregunta, pero otra rondaba en su mente.

—Esa presión de la que hablas dentro de la rueda, ¿De qué se trata?

Esta era la señal para que Hípaso comenzara la lección.

—¡Niños lindos! Es un concepto complicado —dijo rascándose la cabeza—.

La presión es una magnitud física que mide la fuerza ejercida sobre una superficie por unidad de área, de acuerdo con lo que dice Tiplens⁴.



Torricelli, E.

La primera persona en medir la presión atmosférica fue el físico italiano *Evangelista Torricelli* en el siglo XVII. Torricelli utilizó mercurio para realizar su experimento.

—Epa, papá, eso de atmosférica fue lo que dijiste en estos días —apuntó Peleo—.

—Verás —dijo el conductor—.

*La atmósfera es una capa gaseosa que nos envuelve, es el aire que respiramos, esta pesa y nos aplica presión a todos, a eso le decimos **presión atmosférica**.*

Así pues, en líquidos y gases, la presión actúa en todas las direcciones. Un ejemplo es la presión atmosférica, que es la fuerza que el aire ejerce sobre nosotros

⁴ Tipler & Mosca (2020).

en la superficie terrestre. La presión del agua en el fondo de una piscina es otra forma de presión de un fluido. *Es atmosférica cuando es la presión que ejerce el aire sobre la superficie terrestre debido al peso de la atmósfera.* A nivel del mar, la presión atmosférica estándar es de aproximadamente 101 325 Pascales o 1 atmósfera. Tippens habla sobre esto.

Estas son ideas de la mecánica de fluidos de la siguiente manera:

✓ *Hidrodinámica*

Analiza el comportamiento de los fluidos en movimiento, incluyendo aspectos como flujo, velocidad y presión.

✓ *Hidrostatica*

Se enfoca en los fluidos en estado de reposo, estudiando la presión y otros fenómenos relacionados.

✓ *Hidráulica*

Estudia el comportamiento de los líquidos en movimiento y en reposo, con énfasis en aplicaciones prácticas como la ingeniería civil y la fabricación de máquinas.

✓ *Reología*

Se centra en la deformación y el flujo de la materia, incluyendo tanto líquidos como sólidos que pueden fluir bajo ciertas condiciones.

✓ *Aerodinámica*

Se ocupa del estudio del movimiento del aire y otros gases, así como su interacción con objetos en movimiento.

Tabla de Conversión de Unidades de Presión

Unidad	Símbolo	Equivalente en Pa	Equivalente en atm	Equivalente en psi
Pascal	Pa	1	9.8692e-06	0.00014504
Kilopascal	kPa	1000	0.0098692	0.14504
Megapascal	MPa	1e+06	9.8692	145.04
Bar	bar	1e+05	0.98692	14.504
Milibar	mbar	100	0.00098692	0.014504
Atmósfera	atm	1.0132e+05	1	14.696
Torr	Torr	133.32	0.0013158	0.019337
mmHg	mmHg	133.32	0.0013158	0.019337
inHg	inHg	3386.4	0.033421	0.49116
inH ₂ O (4°C)	inH ₂ O	249.09	0.0024598	0.036126
psi	psi	6894.8	0.068046	1
kgf/cm ²	kg/cm ²	98066	0.96784	14.223

Fuente: Serway & Jewett (2014).



—Los pascles son otra forma de medir presión —dijo Pitias—.

—Un momento, ¿atmósferas es otra unidad? —increpó Academo—.

—Sí, —dijo seguro Hípaso—.

La unidad pascal es en honor a *Blaise Pascal* un físico francés del siglo XVII. Y la atmósfera es porque Torricelli la midió con un tubo de mercurio. Esa presión atmosférica depende de la altura. Es decir, es proporcional a la altura.



Pascal, B.

—¿Cómo es eso, que por la altura? —preguntó Peleo—.

Hípaso pensó un momento y le preguntó a Pitias. —¿De dónde venimos? Mirándola con complicidad.

Ella dijo calmadamente — De Hampos.

Luego le preguntó a Academo con aplomo. ¿Hamos es más alto o más bajo que la playa Cayo?

Este respondió con seguridad, —Papá, por supuesto que la playa está más abajito.

Hípaso dijo entonces, eso significa que Hamos tiene menos presión que la playa.



Por otro lado, tenemos la presión hidráulica que se utiliza en sistemas hidráulicos, como los frenos de los automóviles, donde un fluido transmite presión para realizar trabajo. La presión aplicada en un punto de un fluido se transmite de manera uniforme en todas las direcciones, permitiendo levantar o mover objetos pesados.

Mientras Hípaso hablaba, Academo comenzó a sentir algo raro en los oídos, parecía un dolor, como un sonido de cuerdas.

—Papá, ¿me duelen los oídos? —dijo preocupado—.

—Eso es precisamente por el cambio de altura, es decir por la falta de presión atmosférica. Luego de una pausa, agregó: Vamos a desayunar y descansamos un ratito.



En la mesa del restaurante se relajaron un poco. Pitias ordenó un plato a base de plátano llamado *Majado*. Los hijos comieron pancito con huevo. Y el conductor pidió una especie de sopa de pescado llamado *Encebollado*. Mientras esperaban Pitias fue al baño, así que Hípaso aprovechó para preguntar por la salud de Academo. Este le dijo que se sentía mejor y además el mareo había desaparecido.

En una servilleta, Hípaso aprovechó para mostrar la relación de la altura con la presión:

$$P = P_a + \rho \cdot g \cdot h$$

Donde:

P: presión absoluta. En pascales

Pa: presión atmosférica. En Pascales.

∂ (delta minúscula): densidad. En Kg/m^3 puede usarse ρ (rho)

g: aceleración de la gravedad. En m/s^2 (este valor se toma como constante $9,8 \text{ m}/\text{s}^2$).

h: altura o profundidad. En metros.

Esta relación describe la presión ejercida por un fluido en reposo debido a su peso. Esta presión aumenta con la profundidad del fluido y es esencial para entender fenómenos en líquidos, como la presión en el fondo de un recipiente o en un cuerpo sumergido.

Esta fórmula es esencial para entender la presión en diferentes profundidades dentro de cuerpos de agua, como lagos y océanos, y en tanques de almacenamiento de líquidos. Se utiliza en ingeniería hidráulica, en el diseño de presas y submarinos, y en la medicina para entender la presión de fluidos en el cuerpo humano.

Si se fijan hay una suma. La presión atmosférica depende de dónde nos encontremos. Por ejemplo, allá donde vamos a llegar, como está a nivel del mar, entonces la presión atmosférica es máxima, es decir $101\,325$ pascales. Este número equivale a una atmósfera, pero podemos expresar en unidades inglesas como el milímetro de mercurio (mmHg) o también el bar.

Así pues:

$$1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{ pa}$$

$$1 \text{ b} = 100000 \text{ pa}$$



—Papá, en la llantería, la presión la medimos en psi con ese manómetro. —dijo Peleo—.

Hípasso lo recordó y agregó.

Así es, pero:

$$1 \text{ psi} = 6\,895 \text{ Pa aproximadamente.}$$

Aquí podemos ver que la unidad psi es mucho más grande que los pascles, bastaría con multiplicar. Pero como les había dicho, el primero en medir la presión de la atmósfera fue *Torricelli* y a ese aparato lo llamó *Barómetro*.



En ese experimento determinó que $1\text{atm} = 760\text{mmHg}$. Es decir, en ese tubo que utilizó el mercurio subió 760 milímetros, de allí su nombre.

Supongamos que en playa Cayo hay un buzo se encuentra a 20 metros de profundidad. La densidad del agua de mar es aproximadamente $1\,025\text{ kg/m}^3$, y la aceleración de la gravedad es $9,8\text{ m/s}^2$. ¿Cuál es la presión hidrostática que experimenta el buzo a esa profundidad, sin contar la presión atmosférica?

$P = \rho \cdot g \cdot h$ si la profundidad es mayor, entonces la presión aumenta, la relación es directamente proporcional.

Donde:

$\rho = 1\,025\text{ kg/m}^3$ (densidad del agua de mar)

$g = 9,8\text{ m/s}^2$ (aceleración de la gravedad)

$h = 20\text{ m}$ (profundidad)

Sustituyendo los valores:

$P = 1025\text{ kg/m}^3 \cdot 9,8\text{ m/s}^2 \cdot 20\text{ m}$ aquí vemos que solo basta con multiplicar, las unidades:

$$P = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}$$

Cancelando nos queda $1 \text{ Pascal} = \frac{1 \text{ kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$



La presión hidrostática que experimenta el buzo a 20 metros de profundidad en el océano es de aproximadamente 201 105 pascales (Pa) o 201,1 kPa. Esto es la presión debida únicamente al peso del agua por encima del buzo, sin contar la presión atmosférica que también se ejerce sobre él desde la superficie. Si deseamos la presión total solo debemos sumar la atmósfera.

$$P = 101\,325 \text{ pa} + 201\,105 \text{ pa} = 302\,430 \text{ pascales.}$$

—Danos un buen ejemplo de la diferencia de presión entre Hampos y Cayo, dijo Academo.

Hípasso lo pensó un momento y luego sacó una servilleta.

Esta fórmula $P = P_a + \rho \cdot g \cdot h$ no nos sirve para la altura en el aire. Por el contrario, funciona muy bien en un líquido, como en el mar o la piscina. Pero podemos utilizar:

$$P = P_o - (h \cdot \Delta P)$$

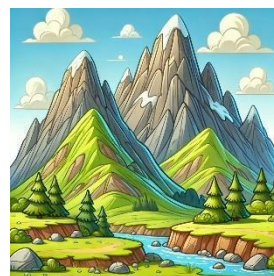
Donde:

P: Es presión. En Pascales.

P_o: presión atmosférica. En Pascales.

h: es altura. En metros.

ΔP: es la diferencia de presión. En Pascales.



La diferencia de presión es de 12 pascales por cada metro.

De esta fórmula, veamos que nuestra hermosa ciudad está a 3 450 metros sobre el nivel del mar. Por otro lado, Cayo está casi a nivel del mar, supongamos 20 metros.

En hamos $P_{3450} = P_o - (h \cdot \Delta P)$

$$P_{3450} = 101\,325\text{ Pa} - (3\,450\text{ m} \cdot 12\text{ Pa/m})$$

$$P = 59\,925\text{ pascales aproximadamente.}$$

En cayo $P_{20} = P_o - (h \cdot \Delta P)$

$$P_{20} = 101\,325\text{ Pa} - (20\text{ m} \cdot 12\text{ Pa/m})$$

$$P = 101\,085\text{ pascales aproximadamente.}$$

Así podemos observar que el número es menor en Hamos. —dijo triunfante—.

Veamos otro problema que se me ocurre.

Imaginen que están en el baño, hay una ducha al aire libre para quitarse la arena antes de entrar. Esta ducha está conectada a un tanque de agua presurizado que está escondido en una caseta a nivel del suelo. Como no hay electricidad, el tanque usa presión interna —como un depósito a presión— para enviar el agua hacia arriba por una tubería vertical hasta la ducha, que está colocada sobre una estructura de madera. La presión dentro del tanque es de 250 kPa, y queremos saber qué tan alta puede estar la ducha para que aún salga agua, suponiendo que no hay pérdidas en la tubería ni velocidad del agua al llegar arriba —como si apenas llegara a tocar la ducha sin fuerza—.

¿A qué altura máxima puede subir el agua en esa tubería, gracias únicamente a la presión del tanque?

Datos

- $P = 250\,000\text{ Pa}$
- $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$
- $g = 9,8\text{ m/s}^2$

Para la altura con la presión: $P = \rho \cdot g \cdot h$

$$h = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

$$h = \frac{250\,000 \text{ pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h = 25,51 \text{ m}$$

Esto nos dice que son unos ocho pisos aproximadamente, realmente sube bastante.

En eso Pitias volvía del baño. —Tuve que hacer fila para entrar. Ah, pero ya viene nuestra orden. En el restaurante todo parecía tranquilo, la familia está sentada en una mesa junto a la ventana, disfrutando del desayuno.



Sonriendo ella mientras toma un sorbo de café— ¡Qué rico está este desayuno! Me encanta poder salir los cuatro juntos de vez en cuando.

Mientras Hípaso revisa el menú —Sí, y creo que hoy me voy a animar con un juguito de moras. ¿Y ustedes, muchachos? ¿Qué les gustó?

Academo mordiendo una tostada —Yo pedí los huevos... ¡Están buenísimos! Pero si me hubieran dejado, habría pedido dos platos. Luego preguntó: —¿Para qué sirven esos datos sobre presión?



Hípaso lo pensó un poco y exclamó: Esta información es crucial en aplicaciones como la aviación y la meteorología, donde la presión del aire puede afectar tanto el rendimiento de las aeronaves como las condiciones climáticas.

Veamos un ejemplo lindo.

Supongamos que allí mismo hay un buzo que experimenta 10 atmósferas de presión hidrostática. Recordando que encima del agua hay una atmósfera ¿Cuál será la profundidad a la que se encuentra?

De la expresión:

$$P = \rho \cdot g \cdot h + P_a$$

$$h = \frac{P - P_a}{\rho \cdot g}$$

Para obtener a h, primero debemos pasar a Pa a restar al otro lado de la igualdad, después los elementos que le multiplican pasan a dividir.

Veamos algunos datos:

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ pa}$$

$$\text{Densidad de agua de mar} = 1\,025 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aceleración de la gravedad con } 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$h = \frac{10(101\,325 \text{ pa}) - 101\,325 \text{ pa}}{1\,025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h = 90,783 \text{ m}$$

Podemos corroborar que mientras más abajo esté, mayor es la presión soportada.

—Papá, pero tienes un dato que no entiendo —dijo intrigado Peleo—. ¿De eso, de la densidad del aire?

Hípaso, hizo caras raras, pensó un momento y respondió:

Recuerda que la densidad es una relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. Entonces un cuerpo puede tener el mismo tamaño que otro, pero tener distintas masas, entonces tendrán diferentes volúmenes.

La *densidad* del aire a nivel del mar y a una temperatura de aproximadamente 20 °C es de aproximadamente 1,225 kg/m³. Sin embargo, la densidad del aire puede variar según la altitud, la temperatura y la presión atmosférica. Por ejemplo, a mayor altitud, la densidad del aire disminuye debido a la menor presión atmosférica. Además, a mayor temperatura, la densidad del aire también disminuye, ya que el aire caliente se expande y ocupa un mayor volumen.

Riendo un poco Peleo —¡Academio eres un glotón! Yo me quedo con los míos, de pronto un poco de sal y quedaría perfecto.

Pitias mirando al hijo menor con una sonrisa —Tranquilo, ya verás que cuando crezcas como tu hermano, también comerás como si no hubiera mañana.

Academo, poniéndose serio por un momento —Oigan, ¿recuerdan cuando intenté hacer desayuno para todos, la semana pasada? Se quemó todo, pero mamá aún decía que estaba ¡Delicioso!



Riendo y sacudiendo la cabeza el conductor —Fue un bonito intento, hijo. Aunque ese desayuno nos dejó un aroma a quemado por días.

—Pero lo importante es que lo hiciste con cariño. Y, bueno, nos diste un buen tema de conversación para el resto de la semana. Agregó Pitias.

Peleo, mirando el jugo que le sirve su papá —Yo creo que la próxima vez me toca a mí. Prometo no quemar la cocina.

Por alguna razón Academo miraba atento la botella de jugo, se dio cuenta que el chorrito era distinto en algunas ocasiones

Hípaso fingiendo temor —Eso suena a una amenaza, hijo. ¡Mejor que lo hagas cuando mamá y yo no estemos en casa!



—Papá, me di cuenta de que el chorrito del jugo es distinto en distintas ocasiones, es decir al servir en el vaso. ¿A qué se debe?

Poniendo cara de no saber, Hípaso le dijo:

A ese chorrito se le llama caudal.

El caudal es la cantidad de líquido que pasa por un punto determinado en un cierto tiempo.

Cuando estás sirviendo jugo en un vaso desde una jarra o esa botella. El chorro de jugo que cae al vaso es un ejemplo perfecto para entenderlo.



Cuando empiezas a inclinar la botella, el jugo fluye de la boca de la botella hacia el vaso. El caudal dependerá de dos cosas:

Primero, de la velocidad del jugo que cae. Si inclinas la botella un poco, el jugo caerá lentamente, lo que significa que el caudal será bajo, es decir, cae poca cantidad de jugo por segundo. Si la inclinas más, el jugo saldrá más rápido y el caudal aumentará. Segundo, del ancho del chorro. Si la boca de la botella es más ancha, el chorro será más grueso, y más jugo pasará al vaso al mismo tiempo. Si la boca es más estrecha, el chorro será más delgado, y el caudal, menor.

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q: caudal (litros sobre segundos, centímetros cúbicos sobre segundos...)

A: área (metros cuadrados)

V: velocidad (metros sobre segundos)

Puede usarse la expresión:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: caudal (litros sobre segundos, centímetros cúbicos sobre segundos...)

t: tiempo (segundos)

V: volumen (litros)

—Eso puede confundir. —dijo Peleo—. Hay V en ambas fórmulas.

Su padre revisó las expresiones —Tienes mucha razón. Podríamos colocar Ve para la velocidad y Vo para volumen.

Veamos un ejemplo.

Un tanque de 200 litros se llena en 3 minutos.

¿Cuál es el caudal del flujo que ingresa al tanque?

Datos

$$Q = 200 \text{ L}$$

$$t = 3 \text{ min}$$

ese tiempo lo vamos a expresar en segundos, sabiendo que un minuto tiene sesenta segundos.

$$3 \cdot 60 = 180 \text{ s}$$

Planteamos la fórmula de caudal:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{200 \text{ L}}{180 \text{ s}}$$

$$Q = 1,11 \text{ L/s}$$



Entonces, el caudal del jugo se podría medir observando cuánta cantidad de jugo, en mililitros, por ejemplo, cae en el vaso en un segundo. Un chorro rápido y grueso de jugo tendrá un caudal alto, mientras que un chorro delgado y lento tendrá un caudal bajo.

Una aplicación muy sencilla del principio de la *continuidad* se puede observar al momento que alguien riega un poco de agua a través de una manguera, ya que allí se puede apreciar como al momento de presionar la salida de la manguera —o sea se reduce el caudal por donde sale el agua—, vemos como el chorro de agua sale más disparada, aquí es donde comprobamos dicho concepto.

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

Donde:

A: área

V: velocidad

Veamos un ejemplo.

Por una tubería de 3,9 cm de diámetro circula agua a una velocidad cuya magnitud es de 4,5 m/s. En la parte final de la tubería hay un estrechamiento y el diámetro es de 2,25 cm. ¿qué magnitud de velocidad llevará el agua en este punto?

Datos

$$D1 = 3,9 \text{ cm}$$

$$V1 = 4,5 \text{ m/s}$$

$$D2 = 2,25 \text{ cm}$$

$$V2 = ?$$

Para hallar el área usamos la expresión $A = \pi \cdot r^2$

Pero con la condición de que la unidad sea en metros. Además, tenemos el diámetro que es el doble del radio, es decir el radio es la mitad del diámetro.

$$D1 = 3,9 \text{ cm} \quad r1 = 3,9 \div 2 = 1,95 \text{ cm} \quad r1 = 1,95 \div 100 = 0,0195 \text{ m}$$

$$D2 = 2,25 \text{ cm} \quad r2 = 2,25 \div 2 = 1,125 \text{ cm} \quad r2 = 1,125 \div 100 = 0,01125 \text{ m}$$

$$A1 = \pi \cdot r1^2 \text{ entonces: } A1 = \pi \cdot (0,0195 \text{ m})^2 = 1,194 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A2 = \pi \cdot r2^2 \text{ entonces: } A2 = \pi \cdot (0,01125 \text{ m})^2 = 3,976 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

De la expresión $A1 \cdot V1 = A2 \cdot V2$

Tenemos la velocidad dos:

$$V_2 = \frac{A_1 \cdot V_1}{A_2}$$

$$V_2 = \frac{1,194 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,976 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V_2 = 13,513 \text{ m/s}$$

Podemos observar que, con la disminución del área, la velocidad aumenta.

Pero vayamos mucho más allá.

Por el extremo de un caño de sección circular de 2 cm de diámetro sale agua a una velocidad de 0,5 m/s. Determinemos el caudal.

Datos

$$D = 2 \text{ cm}$$

$$V = 0,5 \text{ m/s}$$

Hagamos lo mismo que en el anterior.

$$D = 2 \text{ cm} \quad r1 = 2 \div 2 = 1 \text{ cm} \quad r1 = 1 \div 100 = 0,01 \text{ m}$$

Ahora vamos por el área.

$$A = \pi \cdot r^2 \text{ entonces: } A = \pi \cdot (0,01 \text{ m})^2 = 3,141 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

De la expresión

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 3,141 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,5 \text{ m/s}$$

$$Q = 1,57 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Este resultado nos dice que entra muy poca agua por segundo.

¡Oh! —dijeron los jóvenes, con entusiasmo y satisfacción evidente—.

—Pero, hay una cosita más, ¿Qué es principio? preguntó Peleo.

—Bueno, pongámoslo así:

Los principios de la física se consideran como las bases sobre las cuales se han construido y siguen construyendo las demás leyes y ecuaciones.

Luego de terminar de comer, Hípaso fue a la caja a pagar la cuenta y luego fue al baño, mientras los tres se dirigían al carro. El sol ya los castigaba, la playa estaba cerca, quizá un par de horas más. Al reunirse, reanudaron el viaje con las fuerzas restauradas.

—Necesitamos echar gasolina y lavar el parabrisas, pero pronto.

Rodaron a lo sumo unos quince minutos en la carretera y precisamente a la derecha encontraron una estación de servicio. De inmediato entraron y no había fila para surtir gasolina. Hípaso le pidió a su hijo mayor que se bajara y fuera a ver si había agua. Academo se bajó con su hermano a revisar la manguera con mucho gusto, les encantaba estar haciendo cosas, todo les parecía divertido. El tanque quedó lleno en un par de minutos y se dirigieron al agua para lavar el parabrisas. Allí Pitias se bajó para comprar galletas.

Peleo apuntó el chorro al vidrio mientras su hermano y su padre observaban. Por supuesto, Academo esperaba su turno. Pero mientras el agua mojaba todo, Peleo le ponía el dedito al agua y chorros distintos se formaban.

—¿Cómo es este fenómeno, papá? —dijeron casi juntos—.



Bernoulli, D.

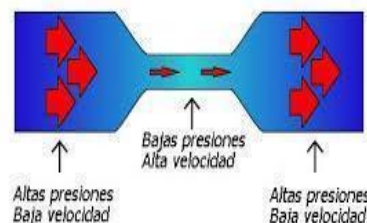
Hípaso evaluó las mejores palabras y dijo:

Este fenómeno fue estudiado por el físico suizo *Daniel Bernoulli* que vivió en el siglo XVII. Hizo varios aportes a los fluidos, por ejemplo, el principio que lleva su nombre.

El principio de Bernoulli explica cómo se comporta un fluido en movimiento, como el agua, mostrando que hay una relación entre su velocidad, presión y altura. Cuando hablamos de un chorro de agua saliendo de una manguera, el principio de Bernoulli nos ayuda a entender por qué el agua se acelera cuando pasa por una sección más estrecha de la manguera, y qué sucede con la presión en diferentes puntos.

Pues bien, tenemos una manguera con agua que está conectada a ese grifo. El agua fluye desde el grifo y sale por la boquilla de la manguera, y durante ese trayecto pasan algunas cosas interesantes.

La presión y la velocidad en la manguera puede notarse mientras el agua está dentro de la manguera, fluye a una cierta velocidad y tiene una presión determinada. Si la manguera es uniforme, esa velocidad se mantiene constante y la presión es más o menos igual a lo largo de la manguera.



Hay cambio en la velocidad al llegar a la salida al llegar a la salida de la manguera, que generalmente es más estrecha que el resto de la manguera, el agua se acelera. Esto se debe a que, para que la misma cantidad de agua el mismo caudal pase por una sección más estrecha, la velocidad del agua tiene que aumentar. Peleo coloca el dedo en la boquilla y esto hace que la sección sea más estrecha, es decir más pequeña.

La relación entre velocidad y presión, según el principio de Bernoulli, cuando la velocidad de un fluido como el agua aumenta, la presión disminuye, y cuando la velocidad disminuye, la presión aumenta. Esto significa que, en el punto donde el agua sale de la manguera y su velocidad aumenta, la presión del agua disminuye.

Los hijos escuchaban con atención la explicación de su padre, pero le tocó el turno de mojar a Academo.

Hípaso hizo una pausa para ir por papel en el carro.

La ecuación de Bernoulli describe la relación entre la presión, la velocidad y la altura de un fluido en movimiento a lo largo de una corriente. La forma más común de la ecuación es:



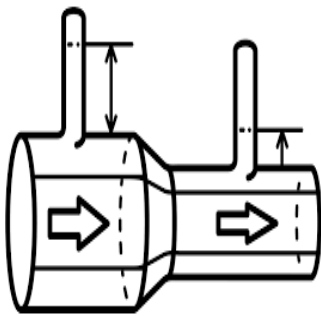
$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

Donde:

- P : Presión del fluido (en Pascales, Pa).
- ρ (rho): Densidad del fluido (en kg/m^3).

- v : Velocidad del fluido (en m/s).
- g : Aceleración debida a la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$).
- h : Altura del fluido respecto a un punto de referencia (en metros, m).

Luego les dijo mejor hagamos la interpretación de cada término.



- P : Representa la energía debida a la presión del fluido.
- $\frac{1}{2}\rho v^2$: Representa la energía cinética del fluido, es decir, la energía debido al movimiento del fluido.
- ρgh : Representa la energía potencial gravitatoria del fluido, es decir, la energía debido a la altura del fluido sobre un punto de referencia.

Esta expresión establece que la suma de la presión, la energía cinética por unidad de volumen y la energía potencial por unidad de volumen es constante a lo largo de una línea de corriente de un fluido en movimiento. En otras palabras, si un fluido acelera, su presión disminuye si no hay cambio en la altura, y si el fluido se eleva (aumentando h), la presión o la velocidad deben compensar para mantener la energía constante.

Veamos un hermoso problema donde se aplique este principio.

Un flujo de agua va de la sección 1 a la sección 2. La sección 1 tiene 25 mm de diámetro, la presión manométrica es de 3 000 Pa, y la velocidad de flujo es de 3 m/s. La sección 2, mide 50 mm de diámetro, y se encuentra a 2 metros por arriba de la sección 1. Si suponemos que no hay pérdida de energía en el sistema. Calcule la presión P_2

Debemos revisar nuestros datos, es decir, que es lo que sí tenemos y lo que nos hace falta por encontrar, así también realizar el despeje de la variable que vamos a calcular. Entonces procedemos:

Datos:

$$d1 = 25 \text{ mm}$$

$$d2 = 50 \text{ mm}$$

$$p1 = 3\,000 \text{ pa}$$

$$v1 = 3 \text{ m/s}$$

$$d2 = 50 \text{ mm}$$

$$P2 = ?$$

Si leemos bien el problema, nos daremos cuenta de que tenemos la altura, ya que si hacemos $h2 - h1 = 2$ metros. Por lo que nos ahorramos algo de cálculo. Finalmente procedemos a despejar a $p2$ de la fórmula que ya tenemos:

$$\frac{1}{2}v_1^2 + gh_1 + \frac{p_1}{\rho_1} = \frac{1}{2}v_2^2 + gh_2 + \frac{p_2}{\rho_2}$$

Despejando y para hacer más fácil el proceso, recordemos que la densidad del agua no tendrá ninguna variación tanto al inicio como al final, entonces podemos decir que la densidad será constante, y la podemos omitir para el cálculo.

$$p_2 = \frac{1}{2}v_1^2 - \frac{1}{2}v_2^2 + gh_1 - gh_2 + p_1$$

Sin embargo, nos hace falta v_2 , ya que no la tenemos, pero si tenemos el dato de los diámetros, entonces si recordamos bien; podemos hacer uso de la ecuación de continuidad que es una ecuación que deriva del gasto.

Así que:

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

Despejando a v_2

$$v_2 = \frac{A_1v_1}{A_2}$$

Calculando ahora las áreas 1 y 2.

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi(25mm)^2}{4} = 491mm^2$$

La otra área

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi(50mm)^2}{4} = 1963mm^2$$

Ahora de la ecuación de continuidad tenemos que:

$$v_2 = \frac{A_1v_1}{A_2} = \frac{(491mm^2) \left(3\frac{m}{s}\right)}{1963mm^2} = 0.75\frac{m}{s}$$

Ahora si podemos utilizar nuestra fórmula despejada de la presión en 2.

$$p_2 = \frac{1}{2}(v_1^2 - v_2^2) + g(h_1 - h_2) + p_1$$

Sustituimos todos nuestros datos

$$P_2 = \frac{1}{2} [(3 \text{ m/s})^2 - (0,75 \text{ m/s})^2] + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (0 \text{ m} - 2 \text{ m}) + 3000 \text{ pa}$$

Por lo que el resultado nos da: $P_2 = 2\,984,59 \text{ pa}$.

—Es impresionante. —dijo Academo—. Ya que la presión disminuyó.

—Sí, es interesante. Pero ¿puedes darnos otro ejemplo que no sea el agua? Dijo Academo.

En eso volvía Pitias del baño. —Segurito que están en una lección. —dijo con ternura—.

Hípasso les dijo:



El principio de Bernoulli también se aplica al flujo de la sangre en el sistema circulatorio de nuestro cuerpo, ayudando a entender cómo se comporta la sangre cuando fluye por arterias, venas y diferentes vasos sanguíneos. La relación entre la velocidad del flujo sanguíneo, la presión y la forma de los vasos es clave para comprender la dinámica de la circulación. La sangre, al igual que cualquier fluido, obedece las *leyes de la física de los fluidos*, y el *principio de Bernoulli* nos permite entender cómo cambian la velocidad y la presión de la sangre en diferentes partes del sistema circulatorio.

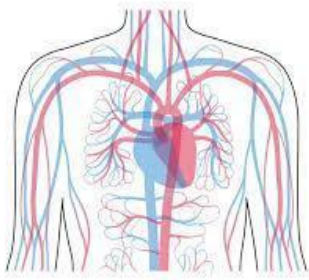
La *ecuación básica de Bernoulli* dice que la suma de la presión, la *energía cinética* debido a la velocidad y la *energía potencial* debido a la altura permanece constante a lo largo de un flujo de sangre, si no hay pérdidas por *fricción*.

—Digamos, reflexiona Peleo. Si la manguera es más gruesa o finita el chorro sería distinto, ¿Cierto?

—Precisamente es así, le comentó de inmediato Pitias.

Hípasso continuó emocionado:

Así otro buen ejemplo es el estrechamiento de los vasos sanguíneos llamado *estenosis*. Si un vaso sanguíneo, como una arteria, se estrecha debido a una obstrucción o una enfermedad, por ejemplo, una placa de colesterol, el diámetro



del vaso disminuye en ese punto. Para que la misma cantidad de sangre pase a través de esta área estrechada, la velocidad de la sangre debe aumentar en ese punto. Según el principio de Bernoulli, cuando la velocidad de la sangre aumenta en la parte estrecha, la presión en esa misma zona disminuye. Esto puede parecer contrario a lo que se piensa, es decir que una arteria estrecha eleva la presión, pero lo que realmente ocurre es que la presión baja en el punto justo donde la sangre pasa más rápido. Sin embargo, la resistencia general que enfrenta el corazón para empujar la sangre sí puede hacer que la presión general aumente antes de la zona estrecha.

Por otro lado —continuó Hípaso—.

Velocidad y presión en el corazón y grandes arterias. En la aorta, la arteria principal que sale del corazón, la sangre tiene que salir a gran velocidad debido al bombeo del corazón. Al salir del corazón y entrar en las arterias, la velocidad es alta y la presión es relativamente baja, pero conforme la sangre se distribuye a arterias más pequeñas, la velocidad puede reducirse y la presión aumenta.

Peleo era pequeño, pero la forma en que su padre hablaba le hacía imaginar el recorrido de la sangre dentro de su cuerpo.

—Hasta en el cuerpo la física se mete a estudiar. —dijo Pitias—.

—Papá, en el taller, el señor midió la presión con el relojito ese, ¿Cómo se llama? Preguntó moviendo las manos.

—¡*Manómetro!* —dijo Academo adelantándose a la respuesta—.

—¡Eso! —dijo Peleo—.



—El *tensiómetro*, también conocido como *esfigmomanómetro*, es un dispositivo que se utiliza para medir la presión arterial de una persona. —dijo Pitias—.

—Pero ¿también sirve para medir en mi cuerpo? —preguntó Academo—.

—Pues, comenzó Hípaso. Es un instrumento similar.

Luego agregó:



Riva-Rocci

Este aparato mide dos valores principales: *la presión sistólica y la presión diastólica*. La presión sistólica es la presión en las arterias cuando el corazón se contrae y bombea sangre, mientras que la presión diastólica es la presión cuando el corazón está relajado entre latidos. El médico italiano *Scipione Riva-Rocci* lo inventó a principios del siglo XX.

Para hacer el cuento corto el proceso es así:

Colocar el manguito y asegurarse de que esté en la posición correcta.

Inflar el manguito para cerrar la arteria.

Desinflar el manguito y medir la presión sistólica y diastólica a medida que el flujo sanguíneo se restaura.



La presión arterial se expresa en milímetros de mercurio (mmHg) y se da como dos valores: sistólica/diastólica. Por ejemplo, *120/80 mmHg* significa:

120 mmHg: Presión sistólica (presión cuando el corazón late).

—Claro

80 mmHg: Presión diastólica (presión cuando el corazón está en reposo entre latidos).

que ahora es más fácil utilizarlos porque son digitales y hacen el trabajo solos. Agregó Pitias.



Luego entraron al carro y siguieron su camino. En una hora aproximadamente vieron la playa y comenzaron a gritar de alegría. En la entrada, los jóvenes se bajaron corriendo, mientras los adultos iban a estacionarse y registrarse en la recepción.

En la orilla de la playa los jóvenes se quitaron los zapatos y las camisas. Con euforia lanzaron todo en la arena. Eran observados con atención por Pitias desde la recepción.

—Vengan para echarles bloqueador, no quiero que se dañen la piel. Le gritaba Pitias mientras se acercaban.

Los chicos saltaban de alegría, pero peleó observó que unos huecos se formaban en la arena. A los pocos minutos llegó Hípaso con una caja que contenía unos jugos fríos, hielo, galletas y bebidas gaseosas. Dejó la caja y volvió al carro. Regresó a la orilla de la playa con dos sillas playeras, toallas y una sombrilla muy grande y colorida.

Los jóvenes se metieron al agua, había poca gente en el lugar. Sus padres se quedaron de pie frente a ellos, se estiraron un poco y comentaban lo linda que se veía la playa cayo. Pitias le dijo a su esposo que era hora de mostrarle el nuevo traje de baño. Muy cerca estaba Yuliet con su familia. Este era compañero de clases de Peleo. Se saludaron alegremente con sorpresa por encontrarse en esa hermosa playa.



—Niños, me voy a cambiar, vengan a ayudar a su padre a acomodar la sombrilla —dijo Pitias emocionada—.

Los jóvenes salieron con pesar del agua.

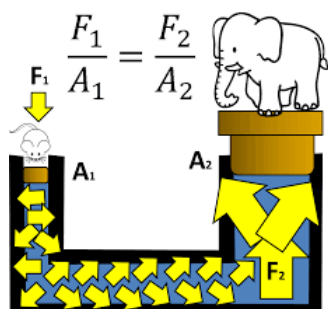
—¿Cómo te ayudamos, papá? —dijeron como un coro—.

Hípaso sacó de la caja una bebida gaseosa sabor a naranja muy fría — Pongamos las sillas primero. Academo armó una y Peleo la otra y se sentaron casi al mismo tiempo en las sillas respectivas. Academo notó de inmediato que la suya se había hundido más que la de su hermano.

—Pero ¿Qué chirimoyas pasa aquí? —dijo desconcertado—.

Hípasso se alejó un poco para mirar lo sucedido.

Bueno, les diré.



Fuente: Generado por IA (2025).

La arena de la playa es suave y se deforma fácilmente, lo que hace que la presión que se ejerce sobre ella sea notoria. Por eso, al caminar o dejar un objeto sobre la arena, esta se deforma y forma una pequeña depresión bajo el peso del objeto o la persona. La cantidad que se hunde dependerá directamente de la presión ejercida: a mayor presión, es decir el peso concentrado en una pequeña área, más profundo será el hundimiento.

—¡También es presión! —dijo Peleo llevándose las manos a la cabeza—.

Hípasso prosiguió:

Un ejemplo de presión en la arena de la playa se puede observar cuando caminamos descalzos sobre ella. La presión que ejercemos sobre la arena depende de la fuerza que aplicamos, en este caso, nuestro peso y el área de contacto de nuestros pies con la superficie de la arena.

Esta presión se calcula con la fórmula:

$$p = \frac{F}{A}$$

Donde:

- *F: es la fuerza es nuestro peso (en Newtons).*
- *A: es el área o la superficie de nuestros pies que entra en contacto con la arena (en metros cuadrados).*

Como pueden ver ambos, Academo es más grande y más pesado, esto quiere decir que él aplica más fuerza. Pero noten que las sillas son iguales, es decir, ocupan la misma área. Por lo tanto, la relación numérica es mayor en Academo, así que es



sencillo deducir que Peleo aplica menos presión. No necesitamos hacer cálculos para comprobarlo o ¿sí?

—Desde luego que no papá, es sencillo de entender — dijo Peleo—.

—Explícame un ejemplo antes de saltar al agua —apuntó Academo—.



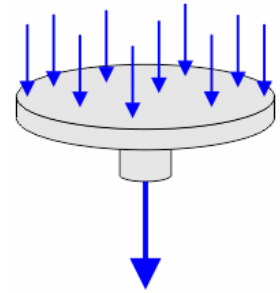
—¡Claro! —exclamó Hípaso—.

Veamos:

Imagina que Peleo está jugando en la playa y decide sentarse en una tabla de surf que tiene un área de $1,5 \text{ m}^2$. Él pesa 30 kg .

Calculemos la presión ejercida por Peleo sobre la tabla de surf.

Si la tabla se coloca sobre la arena, ¿cuál sería la presión que ejerce sobre la arena?



Datos:

- *Masa de Peleo (m): 30 kg*
- *Área de la tabla de surf (A): $1,5 \text{ m}^2$*
- *Aceleración de la gravedad (g): $9,8 \text{ m/s}^2$*

$p = \frac{F}{A}$ Esto nos muestra como la relación de presión y área es inversamente proporcional. Es decir, a mayor área, menor presión.



Fuerza (F): Es la magnitud de la acción que se aplica sobre una superficie. Esta fuerza se mide en Newtons (N), donde 1 newton equivale a la fuerza necesaria para acelerar 1 kilogramo de masa a 1 metro por segundo cuadrado ($1\text{ N} = 1\text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$).

Área (A): Es la superficie sobre la cual se distribuye la fuerza. Se mide en metros cuadrados (m^2). A menor área con la misma fuerza aplicada, mayor será la presión generada. Por ejemplo, una punta de aguja ejerce una presión mucho mayor que una moneda sobre una superficie.

De esa fórmula necesitamos la fuerza, esta es la equivalente al peso.

$$f = m \cdot g$$

$$f = 30\text{ kg} \cdot 9,8\text{ m/s}^2$$

$$f = 294,3\text{ Newtons aproximadamente.}$$

$$P = \frac{294,3\text{ N}}{1,5\text{ m}^2}$$

pascal es N/m^2

$$P = 199,2\text{ pascales}$$

La presión es relativamente baja, lo que indica que la tabla de surf distribuye bien el peso de Peleo. Esto es importante en la playa, ya que una presión menor sobre la arena ayuda a prevenir que la tabla se hunda. Si la presión fuera mayor, podría afectar la estabilidad de la tabla y el confort de Peleo al sentarse.

Pero este principio se usa en la prensa hidráulica de la siguiente manera:

Los émbolos de una prensa hidráulica tienen 25 cm^2 y 150 cm^2 . Si se aplica una fuerza de 100 N en el émbolo pequeño, ¿Cuál será la fuerza que se ejercerá sobre el mayor?

Datos

$$A_1 = 25\text{ cm}^2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$A_2 = 150\text{ cm}^2$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

F_1 : fuerza en el émbolo más pequeño.

A_1 : área del émbolo pequeño.

F_2 : fuerza en el émbolo más grande.

A_2 : área del émbolo grande.

Las unidades de las áreas son en centímetros, vamos a colocarla en metros.

$$A_1 = 25 \text{ cm}^2 \quad A_1 = 25 \text{ cm}^2 / 100^2 = 0,0025 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 150 \text{ cm}^2 \quad A_2 = 150 \text{ cm}^2 / 100^2 = 0,015 \text{ m}^2$$

De la expresión dada, vamos a buscar a F_2 .

$$\frac{F_1}{A_1} \cdot A_2 = F_2$$

$$F_2 = 0,015 \text{ m}^2 \cdot \frac{100 \text{ N}}{0,0025 \text{ m}^2}$$

$$F_2 = 600 \text{ N}$$

Como se puede ver, la fuerza ejercida por el fluido en el émbolo grande es muy superior a la que se ejerció en el pequeño. El principio de Pascal afirma que cuando se ejerce presión sobre un fluido incompresible, la presión se transmite con igual intensidad a todos los puntos del fluido y a las paredes que lo contienen.

Una prensa hidráulica es una herramienta utilizada para aplicar una gran cantidad de presión para comprimir o moldear materiales. Funciona a través del uso de un fluido que se transfiere a través de un sistema de tuberías y pistones, lo que le permite generar una fuerza significativa. Este principio se utiliza para amplificar la fuerza aplicada en la llamada prensa hidráulica —patentada en 1795 por Joseph Bramah—. Consiste en un fluido (agua o aceite) en un receptáculo con dos pistones móviles de distinto tamaño en sus extremos.

Las prensas hidráulicas tienen múltiples aplicaciones: montacargas, pedales de freno de los coches, gato de los camiones, máquinas para compactar residuos...

—Listo, vamos al agua, pronto. —dijo Academo—.

En el agua estaba Alejandra, ella era una joven muy alegre, compañera del colegio de Acadero, ellos se la llevaban muy bien. Podría decirse que se caían demasiado bien.

Hípaso se quedó armando la sombrilla, sin dejar de mirar a sus pequeños. Pero la vista se desvió un poco para observar la cercanía de Pitias con su hermoso traje rosado. Ella venía sonriendo muy entusiasmada por mostrar a su esposo la maravilla que lucía alegremente.



—¡Qué hermosa te ves! —le dijo sonrojado y enamorado—.

—Muchas gracias, mi amor. Correspondió ella besándolo suavemente.

Luego se sentaron a disfrutar de un refresco frío mientras se untaban bloqueador solar en los hombros. Los ojos de ambos siempre encima de los bañistas que se veían felices.

—¿Por qué no querías venir? —preguntó intrigada Pitias, al tiempo que se acomodaba los lentes oscuros—.



Hípaso la miró descolocado, hasta un poco extrañado por la pregunta ahora. —La verdad quise descansar, en la escuela he tenido mucho estrés con los exámenes y el nuevo currículo, lo que nos lleva a hacer nuevas planificaciones y actualizar la plataforma escolar.

Ella lo miró satisfecha, comprendía la situación y lo apoyaba en todos sus proyectos profesionales y personales. —Comprendo, mi amor. Pero aquí puedes relajarte también. Luego cambiando el tono de voz agregó: ¡Yo manejo de regreso para que tu descanses!

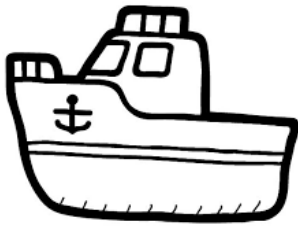


Esto le gustó mucho a Hípaso — ¡Muchas gracias, mi cielo!

Luego se levantó, la besó y corrió al agua.

El agua estaba muy agradable, se sumergían una y otra vez. Cuando salían del agua a la superficie se sacudían con fuerza, jugaban al congelado y hacían castillitos. El sol era muy radiante, el calor era reconfortante. Los ojos de

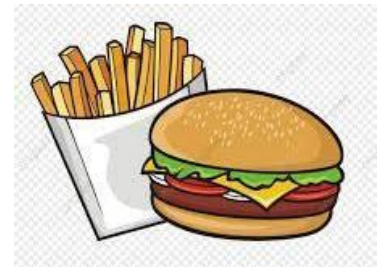
los jóvenes brillaban de alegría y su padre comprendió que fue la mejor decisión para el fin de semana. Muy cerca pudo ver la sombrilla donde estaban los padres de Alejandra, una sombrilla roja donde había dos sillas blancas. Un poco más allá estaba la sombrilla verde donde los padres de Yuliet lo observaban atentamente.



Una pequeña barcaza en forma de yate hacía pequeños recorridos para turistas, ellos también la usaron felices. Hípaso abrazaba a Peleo, mientras Pitias abrazaba a Academo, el viento les acariciaba la cara mientras el sol los secaba, el cabello jugaba con el viento. Al volver, se fueron a almorzar, muy cerca de la sombrilla estaban sirviendo pescadito frito.

Hípaso mirando la carta —¿Qué les apetece comer? ¿Tal vez unos camarones?

— ¡Yo quiero una hamburguesa! ¡Y papas fritas! — dijo Peleo—.



Pitias sonriendo lo mira —Venimos hasta la playa y tú quieres una hamburguesa... ¿No te animas a probar algo diferente? Mira, hay ceviche.

—¡Yo sí quiero ceviche! Pero sin picante, ¿sí? —dijo Academo—.

—Claro, campeón, sin picante. —dijo Hípaso sin dejar de mirar la carta—.

Peleo mirando a su hermano —¡Tú siempre quieres lo que mamá sugiere! Yo me quedo con mi hamburguesa.



Ella mirando a su hijo mayor —Está bien, cada uno con lo que le guste. Pero de postre, ¡todos a probar el helado de coco!

Academo seguía mirando la playa —¿Podemos ir a jugar en la arena después de comer?

Hípaso estaba muy relajado. —Claro, pero primero nos comemos todo, ¿de acuerdo? Así tenemos energía para construir el mejor castillo de arena de todos.

—¡Sí! Y lo llenamos de conchas. ¡Va a ser el mejor! —exclamó Peleo—.

Mirando a su esposo y sonriendo — Me encanta verlos tan felices. A veces, estas pequeñas escapadas son justo lo que necesitamos.

Hípasso asintiendo —Totalmente, momentos simples, pero inolvidables.

La familia sigue conversando mientras el sol brilla sobre el mar y el ambiente del restaurante se llena de risas y alegría. Sin embargo, Peleo veía unos barcos un poco grandes, algunos parecían edificios.

—Papá ¿por qué esos barcos no se hunden, si son muy grandes y pesados? —Preguntó Peleo mientras saboreaba el helado de coco—.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Comenzó la lección —dijo Pitias—.

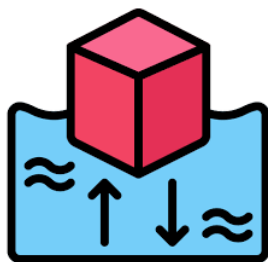
Hípasso mordiendo su helado les dijo:

Los barcos no se hunden gracias a uno de muchos principios físicos conocido como *principio de Arquímedes* y al diseño de su estructura.

—Suen a griego o romano, —dijo Peleo—.

Pitias lo miró y le sorprendió —Efectivamente, *Arquímedes* fue un físico griego del siglo III antes de Cristo.

Hípasso agregó:



Este principio dice que un cuerpo sumergido en un fluido como el agua experimenta una fuerza hacia arriba llamada empuje. Esta fuerza es igual al peso del volumen de agua desplazado por el objeto. Si el empuje es igual o mayor al peso del barco, el barco flota.

$$E = - \rho \cdot g \cdot V$$

Donde:

ρ : densidad (*rho*)

g : aceleración de la gravedad

V : volumen

El signo negativo nos indica que es contrario al movimiento (hacia arriba).

Entonces el diseño de los barcos es especial, estos están diseñados con una forma que les permite desplazar una gran cantidad de agua. Aunque estén hechos de materiales densos como el acero, su forma hueca y amplia les permite desplazar un volumen de agua suficiente para que la fuerza de empuje los mantenga a flote. Esto es porque la densidad promedio del barco, es decir, su peso dividido por el volumen total que ocupa es menor que la densidad del agua.

Así pues, ese barco no se hunde porque el agua ejerce una fuerza hacia arriba que contrarresta su peso, y su forma le permite desplazar suficiente agua para que esta fuerza de empuje sea igual o mayor que el peso del propio barco. Sin este equilibrio, el barco se hundiría.



—Danos un ejemplo, por favor. —dijo Academo—.

Bueno, supongamos que ese barco tiene 10 000 kg. Como ven se encuentra flotando en el mar. La densidad del agua de mar es de 1 025 kg/m³.

Podremos revisar ¿Cuál es el volumen de agua desplazado por el barco?

¿Cuál es la fuerza de empuje que mantiene al barco a flote?

Datos:

- *Masa del barco: 10 000 kg*
- *Densidad del agua: 1 025 kg/m³*
- *Aceleración de la gravedad (g): 9,8 m/s²*

Es importante saber que *la densidad es una magnitud que refleja una relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa en el espacio donde se ubica. El volumen es una magnitud de capacidad de los cuerpos en tres dimensiones por eso tiene metros cúbicos. Por otro lado, la masa es la cantidad de materia que posee un cuerpo. Específicamente en física se dice que la masa es la propiedad de los cuerpos a oponerse al movimiento y se expresa en kilogramos.*



Entonces, si mantenemos el volumen constante mientras aumentamos la masa de un cuerpo, tendremos mayor densidad. Por el contrario, si mantenemos la masa y aumentamos el volumen, tendremos menor densidad. Así un cuerpo grande no necesariamente más denso o más *pesado*.

Hay un ejemplo muy bueno que podemos citar, si ponemos agua en un vaso y ponemos la misma cantidad de aceite, notaremos que el aceite siempre estará encima del agua, la razón es que el aceite tiene menos densidad que el agua.

Fórmulas que necesitamos.

Volumen desplazado (V) = Masa del barco / Densidad del agua

Fuerza de empuje (E) = Densidad del agua × Volumen desplazado × g

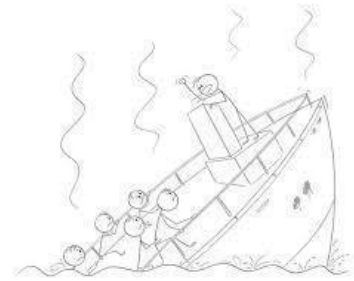
$$V = \frac{\text{masa del barco}}{\text{densidad del agua}}$$

$$V = \frac{10\,000\text{ kg}}{1\,025\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \quad v \approx 9,76\text{ m}^3$$

Ese volumen es grande, es casi diez metros cúbicos. Este valor representa la cantidad de agua que el barco desplaza cuando está flotando. En otras palabras, para que el barco pueda mantenerse a flote, debe desplazar un volumen de agua igual a aproximadamente 9.76 metros cúbicos. Esto indica que, aunque el barco tiene una masa considerable, su diseño le permite desplazar suficiente agua debido a su forma y estructura, lo que contribuye a su flotación.

El volumen es una propiedad que describe cuánto espacio ocupa un líquido. En el caso del agua, como es un fluido, se adapta a la forma del recipiente que la contiene. Por ejemplo, si se vierte agua en un vaso, tomará la forma del vaso, pero su volumen seguirá siendo el mismo mientras no cambie la cantidad de agua.

Aunque el agua es un líquido específico, la forma de medir su volumen es aplicable a otros líquidos. Sin embargo, la densidad de cada líquido puede variar, lo que afectaría la relación entre el volumen y la masa.



$$E = - \rho \cdot g \cdot V$$

$$E = 1\,025 \text{ kg/m}^3 \cdot -9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 9,76 \text{ m}^3 \quad E \approx -98\,039,2 \text{ Newtons}$$

Esta fuerza es realmente grande. La fuerza de empuje es la fuerza hacia arriba que el agua ejerce sobre el barco. Este valor es crítico porque debe ser igual o mayor que el peso del barco. Esto significa que la fuerza de empuje es suficiente para contrarrestar el peso del barco, manteniéndolo en la superficie del agua.



El empuje es la razón por la que los cuerpos flotan, se hunden o se mantienen suspendidos en un fluido. Si el empuje es mayor que el peso del cuerpo, este flotará. Si es menor, el cuerpo se hundirá. Si el empuje y el peso son iguales, el cuerpo permanecerá en equilibrio dentro del fluido.

—Es fácil —dijo sonriendo Academo—.

Hípaso agregó: El barco se mantiene a flote porque el volumen de agua que desplaza genera una fuerza de empuje que equilibra su peso. Esto ilustra perfectamente el principio de Arquímedes, un objeto flota si el peso del fluido desplazado es igual a su peso. La densidad es crucial para entender la flotabilidad de los objetos en fluidos. Un objeto flotará si su densidad es menor que la del fluido en el que está sumergido, lo cual es fundamental en la construcción de barcos, submarinos, y aeronaves. Entonces, la masa dentro del agua es la misma, pero su peso sería menor.



Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje hacia arriba igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo.

En otro orden de ideas, en la ingeniería y la manufactura, la densidad se utiliza para diseñar productos y elegir materiales de construcción. Esto afecta la resistencia, el peso y la estabilidad de estructuras y productos.

—Pero cuando estamos en el agua, parece que estamos más livianos —dijo Peleo—.

—Efectivamente. —dijo su padre. A eso le decimos peso aparente—.

Veamos un ejemplo.

¿Sabrían decir cuál es el peso aparente de un cubo de 10 cm de lado y 10 kg de masa que se sumerge completamente en un fluido cuya densidad es 1000 kg/m³?

Datos

L = 10 cm en metros es 10/100 = 0,1 m

m = 10 kg

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Para este problema usaremos:

$$P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - P_{\text{fluido}}$$

El peso real lo obtenemos la simpática fórmula de peso:

$$P = m \cdot g$$

$$P = 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P = 98 \text{ N}$$

El peso del fluido es el empuje.

$$E = \rho \cdot g \cdot V \quad \text{en valor absoluto}$$

$$E = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,1 \text{ m})^3$$

$$E = 9,8 \text{ N}$$

Ahora podemos revisar el peso aparente.

$$P_{\text{aparente}} = 98 \text{ N} - 9,8 \text{ N}$$

$$P_{\text{aparente}} = 88,2 \text{ N}$$

Así podemos corroborar que pesa menos en el agua.

Una curiosidad importante pasa con los gases nobles, algunas personas creen que no pesan. Por ejemplo, cuando llenamos un globo con helio, este no se cae al suelo. Sí tiene masa, pero es menos denso que el aire, por lo que tiende a subir, por el empuje.

Pitias durmió un poco en la silla, al despertar se tomó un jugo bien frío —¡Al agua! Corrió a la orilla y se dio un sabroso chapuzón.

—Vamos a jugar con este balón —dijo Hípaso mientras se lo lanzaba a su esposa—

Jugando en la playa con un balón inflable, en el agua, a una profundidad donde pueden mantenerse de pie, y deciden jugar a intentar sumergir el balón bajo el agua. Cada vez que uno de los jóvenes presiona el balón hacia abajo, este vuelve a subir rápidamente a la superficie.



En esta situación, los jóvenes pueden observar el principio de empuje o principio de Arquímedes, que explica cómo un objeto sumergido en un fluido, en este caso, agua, experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del agua desplazada por el objeto. El balón inflable es menos denso que el agua, por lo que el empuje del agua es mayor que la fuerza con la que los jóvenes intentan sumergirlo. Por eso, el balón

se resiste a hundirse y siempre vuelve a la superficie, mostrándoles el concepto de empuje de manera directa y divertida.

Luego los jóvenes se alejaron hacia las rocas, mientras Pitias e Hípaso seguían jugando con el balón. Por supuesto, la vigilancia sobre ellos es constante.

Se presenta situación en las rocas, donde se puede observar la tensión superficial. Es cuando los jóvenes encuentran una pequeña hoja y la colocan cuidadosamente sobre la superficie de una charca de agua tranquila cerca de la orilla. La hoja se coloca con cuidado, flota sobre la superficie del agua sin hundirse, incluso si su densidad es mayor que la del agua. Esto sucede porque la tensión superficial crea una especie de piel en la superficie del agua, que mantiene la hoja en la superficie. Las moléculas de agua se atraen entre sí y forman una red que soporta el peso ligero de la hoja sin romperse.



Wilhelmine, A.

Los jóvenes intentan presionar la hoja un poco con un dedo y notan cómo se hunde cuando la tensión superficial se rompe. Esta experiencia les muestra el concepto de tensión superficial de forma sencilla y visible. Pero no comprenden la situación.

Se dirigen a su padre a preguntar. Peleo le comenta lo observado.

Hípaso no soltó el balón y comenzó:

La tensión superficial es un fenómeno físico que ocurre en la superficie de los líquidos debido a las fuerzas de cohesión entre las moléculas. En términos simples, se refiere a la resistencia de la superficie de un líquido para deformarse o romperse.

El concepto de tensión superficial se relaciona con *Agnes Luise Wilhelmine Pockels*, química alemana nacida en Venecia de la primera mitad del siglo XX.

En un líquido, cada molécula se atrae con las moléculas que la rodean debido a las *fuerzas intermoleculares*, como los enlaces de hidrógeno en el agua. En el interior del líquido, estas fuerzas están equilibradas en todas direcciones, ya que las moléculas se encuentran rodeadas por otras. Sin embargo, en la superficie del líquido, las moléculas no tienen otras por encima, por lo que experimentan una



atracción neta hacia el interior. Esta atracción hacia su interior crea una especie de capa en la superficie que tiende a minimizar el área superficial. Esto es lo que hace que la superficie de un líquido se comporte como una membrana elástica y es lo que se conoce como tensión superficial. Se mide en unidades de *fuerza por longitud* —como Newton por metro, N/m—.

—Por cierto, ¿Debemos ir a revisar las habitaciones? —dijo golpeando el balón hacia Pitias—.

Después de un largo y divertido día de sol y olas golpeadoras, la arena aún se sentía en la piel de la familia mientras caminaban hacia el restaurante. Pitias, llevaba a Peleo, de la mano, mientras que Hípaso, caminaba junto a Academo, que hablaba sin parar sobre la cantidad de conchas que había recogido. Los cuatro tenían las mejillas sonrosadas por el sol y el cansancio asomaba en sus ojos.

Eligieron un pequeño restaurante cerca de la playa, con mesas amplias de madera y luces tenues que se balanceaban suavemente con la brisa nocturna. Se sentaron alrededor de la mesa y pidieron pescados fritos, pasta con carne molida para los niños y una botella de vino blanco para los adultos. Mientras esperaban, Pitias miró a Hípaso y sonrió, disfrutando del momento de paz. Academo y su hermano dibujaban en las servilletas algunos paisajes y ecuaciones, riendo cada vez que se les ocurría una nueva forma de monstruo marino.



Fuente: Generado por IA (2025).

La comida llegó, y se escuchó el crujido de las papas fritas y el suave tintineo de los cubiertos contra los platos. Los niños comieron rápido, deseosos de ir al hotel, mientras que Pitias y su esposo estiran la cena, disfrutando de la tranquilidad que siempre trae el mar y la luna.

Peleo se fue al dispensador en busca de más jugo. Allí observó la salida del chorrito de jugo, vio que ese chorrito tenía una forma extraña. Desde allí le lanzó la pregunta a su padre:

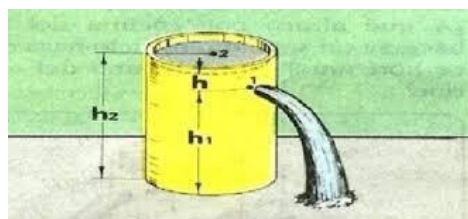


—Papá, ¿Y esto?

Hípasso vio e inmediatamente comprendió la pregunta.

Cuando abres el grifo del dispensador, el agua fluye hacia abajo y sale por el grifo debido a la diferencia de presión entre la parte superior del agua y la salida por el grifo. La velocidad con la que el agua sale por el grifo está determinada por la altura del agua en el dispensador.

El principio de Torricelli se refiere a la velocidad con la que un fluido como el agua sale de un orificio en un recipiente debido a la diferencia de presión entre el interior del recipiente y el exterior.



Fuente: Generado por IA (2025).

Este principio se deriva de la ecuación de Bernoulli y se aplica principalmente para entender el flujo de líquidos a través de orificios. Imagina ese tanque lleno de jugo con un pequeño orificio cerca de la base. Supongamos que la superficie del jugo en el tanque está a una altura sobre el orificio. El principio de Torricelli nos permite calcular la velocidad con la que el agua sale del orificio:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

donde:

- *v es la velocidad del flujo de agua en el orificio.*
- *g es la aceleración de la gravedad ($\approx 9,8 \text{ m/s}^2$).*
- *h es la altura del agua sobre el orificio.*

Esta velocidad es similar a la del movimiento vertical en



La fórmula de Torricelli muestra que la velocidad de un fluido que sale por un orificio es independiente de la forma del recipiente y depende únicamente de la altura del líquido sobre el orificio. La velocidad de salida aumenta con la raíz cuadrada de la altura (h), lo que significa que un incremento en la altura del líquido provocará un aumento en la velocidad de salida del fluido.

Si el tanque tiene una altura de jugo de 1,6 metros sobre el orificio, la velocidad con la que el agua sale del orificio se calcula como:

$$V = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,6 \text{ m}}$$

$$V = 5,6 \text{ m/s}$$

Esto significa que el agua saldría del orificio a una velocidad aproximada de 5,6 m/s. Este principio se utiliza, por ejemplo, en el diseño de fuentes, tuberías y sistemas de riego para predecir la velocidad de salida del agua y optimizar su funcionamiento.

Pero se debe tomar en cuenta:

- *La fórmula de Torricelli se aplica a fluidos ideales (incompresibles y sin viscosidad). En la práctica, los efectos de la viscosidad y la turbulencia pueden afectar el resultado, especialmente en líquidos de alta viscosidad o en flujos de gran volumen.*
- *Esta fórmula supone que el orificio está en la parte inferior del recipiente y que el líquido está a presión atmosférica. Si el líquido se encuentra a mayor presión, la fórmula deberá ajustarse para tener en cuenta esa presión adicional.*

Llegando al hotel, los jóvenes cayeron rendidos en la cama, todavía con una sonrisa de satisfacción. Los adultos se fueron a su habitación, agotados pero felices, se acomodaron en una cama muy amplia, sintiendo la calidez de la jornada. Se miraron en silencio, con la certeza de que esos momentos, simples y perfectos, eran los que realmente hacían que todo valiera la pena. Poco a poco, se dejaron llevar por el sueño, mientras el sonido lejano de las olas los arrullaba.



Después de una noche de sueño reparador, emprendieron su viaje de regreso, Pitias cumplió con la promesa de manejar hasta la casa. Fue una aventura espectacular para la familia en la playa cayo.

De camino a casa, los jóvenes dormían profundamente en la parte trasera del carro. El cansancio por el agua era evidente, en el puesto del copiloto, ahora estaba dormitando Hípaso que de vez en cuando miraba a la chofer para lanzarle un beso o preguntar ¿Todo bien?



Pitias estaba concentrada en el volante y la vía, era de mañana y el sol es abrasador, una gotita bajaba por su mejilla, viste short y camiseta holgada con su sombrero playero todavía. Su esposo está descalzo y con la camisa abierta, el calor lo derrite, pero es agradable para todos, ya que están siempre gélidos.

De repente, ¡Zas! ¡Scrat! ¡Pum! Varios sonidos llegan del capó, también puede percibirse vapor. La conductora se asusta y baja la velocidad bruscamente, el copiloto se despierta asustado y los jóvenes despiertan sorprendidos.



Clac, clac, clac... grrrr... pffft

Pero ¿Qué ha ocurrido? Se preguntaban con tono confuso y haciendo caras de sueño. Podría haberse dañado el motor, quizá una llanta, pero hay vapor, puede ser algo relacionado con el agua del radiador. Rodaron un poco más de cien metros frenando lentamente. El primero en bajar fue Hípaso que se dirigió al capó, lo abrió predispuesto con el motor. Luego se bajó la chofer con preocupación por seguir el viaje, al llegar al frente del carro, salían vapores muy calientes.

¡Ay! —dijo Pitias con las manos en la cabeza—.

—Parece que se dañó la manguera del combustible. Balbuceó mirando en el interior Hípaso.

Mientras revisaba mejor, los jóvenes se bajaron del carro a orinar. Como siempre iban peleando por todo y por nada. Entre tanto, Hípaso corroboraba la situación, la chofer se reclinó a su lado mirando la vía. Los jóvenes se acercaron a sus padres, miraron el motor y no entendían nada.



—¿Qué sucede? —preguntó Academo—.

—¿Algo se dañó? —preguntó Peleo—.

Hípaso los miró con cara de sueño, también estaba desorientado, con el calor en la vía y el calor del motor. —Parece que esa manguera la dañó la presión, debemos cambiarla. Les dijo señalando hacia el motor.

—Llamemos a un taller o una grúa para que nos ayuden —dijo Pitias—.

Peleo, miraba fijamente el motor y el vapor. —Está muy caliente ¿Por qué se rompió?

Su padre se sentó en la orilla de la carretera y comenzó:

¡Niños lindos! Si se rompe la manguera de un automóvil que transporta gases, por ejemplo, la manguera del sistema de combustible o la de aire acondicionado, la ley que más se aplica es la *Ley de Boyle-Mariotte*. Esto se debe a que, al romperse la manguera, el gas almacenado a presión en un espacio limitado, por ejemplo, un tanque o un tubo, se libera rápidamente, y la presión cambia debido al cambio de volumen.

Robert Boyle fue un físico irlandés del siglo XVII propuso una ley de los gases.

Ley de Boyle-Mariotte (Presión y Volumen)

Establece que la presión y el volumen de un gas tienen una relación inversa. Si el volumen aumenta, entonces la presión disminuye y viceversa, cuando la temperatura se mantiene constante.



Boyle, R.

$$P \cdot V = \text{constante}$$

Al romperse la manguera, el gas que estaba contenido en un espacio limitado con cierta presión y volumen se libera y su volumen aumenta rápidamente porque el gas se expande para llenar el nuevo espacio. A medida que el gas se expande, la presión disminuye. Esto se debe a que el volumen disponible para el gas aumenta de forma súbita al escaparse, y la relación inversa entre presión y volumen hace

que la presión baje. Este principio explica por qué, al romperse una manguera, el gas puede salir con fuerza debido a la alta presión inicial y luego ir disminuyendo su presión mientras se disipa en el ambiente.

Edme Mariotte fue un abad, físico y químico y botanista francés. Estudió la compresión de los gases.

Peleo pensando un poco —Hay una relación entre el volumen y la presión.



Efectivamente dijo Hípaso. sacó una servilleta para dibujar una gráfica que explicara lo que deseaba explicar con las palabras. Las gráficas son muy útiles para dar información visual.

Como puedes ver mientras una variable se hace grande, la otra se hace más pequeña.



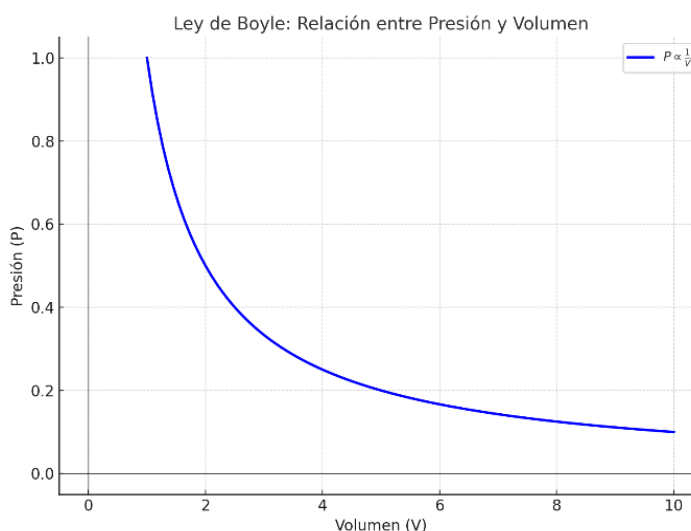
Mariotte, E.

Hay una aplicación de la Ley de Boyle al buceo, a propósito de la playa. Si un hombre o mujer se sumerge con un cilindro de aire, podríamos revisar algunas cosas.

Primero veamos durante el Descenso.

Cuando un buzo desciende en el agua, la presión del agua a su alrededor aumenta a medida que la profundidad es mayor.

Esto provoca que el volumen del aire en sus pulmones disminuya. Si el buzo está a 10 metros de profundidad, la presión es aproximadamente el doble de la presión atmosférica en la superficie. Esto significa que el



Fuente: Generado por Desmos (2025).

volumen del aire en sus pulmones se reduce a la mitad.



Esto es importante porque, si el buzo no respira adecuadamente y retiene el aire, la compresión del volumen de aire en sus pulmones podría afectar su respiración y causar molestias.

Ahora revisemos durante el Ascenso.

Al subir hacia la superficie, la presión del agua disminuye, lo que hace que el volumen del aire en los pulmones del buzo aumente.

Si el buzo no exhala mientras asciende, el aire en sus pulmones se expandirá debido a la menor presión, lo que puede provocar barotrauma pulmonar —daños en los pulmones por la expansión del aire—. Por eso, los buzos siempre deben exhalar al ascender para equilibrar la expansión del aire y evitar lesiones.

Veamos un ejemplo sencillo.

Una muestra de oxígeno ocupa 4,2 litros a 760 milímetros de mercurio. ¿Cuál será el volumen del oxígeno a 415 milímetros de mercurio, si la temperatura permanece constante?

Datos

$$V_1 = 4,2 \text{ L}$$

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$P_1 = 760 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 415 \text{ mmHg}$$

$$V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2}$$

$$V_2 = ?$$

$$V_2 = \frac{760 \text{ mmHg} \cdot 4,2 \text{ L}}{415 \text{ mmHg}} = 7.691 \text{ L}$$

Con esto podemos concluir que mientras la presión bajó el volumen aumentó.

Academo, escuchó tranquilamente y añadió: — Eso quiere decir que esa ley también se aplica a las ollas de presión que utilizamos en casa para los frijoles.

Hípaso, analizó un poco y dijo:



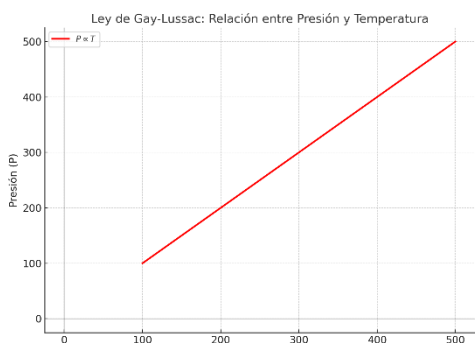
Sí, la Ley de Boyle se aplica en el funcionamiento de las ollas de presión, pero solo parcialmente, ya que su comportamiento también depende de la temperatura, lo que involucra la Ley de Gay-Lussac. Louis Joseph Gay-Lussac fue un químico y físico francés del siglo XIX.

Ley de Gay-Lussac (Presión y Temperatura)

Establece que *la presión de un volumen fijo de un gas es directamente proporcional a su temperatura.*

$$\frac{P}{T} = \text{Constante}$$

Por un lado, la ley de Boyle establece que, a temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión. Sin embargo, en una olla de presión, la temperatura no permanece constante, ya que el calor externo aumenta la temperatura del gas (vapor de agua) en su interior. Por lo tanto, la relación entre presión y volumen de manera aislada, como la describe la Ley de Boyle, no se da completamente, porque la temperatura cambia. En la olla de presión, el volumen es fijo, es decir, no cambia el tamaño de la olla, pero al aumentar la temperatura dentro de la olla por el calor aplicado, también aumenta la presión del vapor de agua generado. Esto es lo que permite que la cocción sea más rápida, ya que el agua puede alcanzar temperaturas superiores a los 100°C antes de que el vapor pueda escapar.



Fuente: Generado por Desmos (2025).

—Pero, aquí la relación es distinta ¿no? —dijo Academo—. Es decir, se hacen grandes ambas.

—Realmente tienes razón —dijo Hípaso—. En esa relación es si una variable se hace grande la otra también se hará más grande.

Pero podemos ver un ejemplo. Imaginemos la botella de spray con protector solar que llevamos a la playa. La botella está llena de gas presurizado y se encuentra a temperatura ambiente, como unos 35°C. Si dejan la botella expuesta al sol durante un tiempo, la

temperatura del gas dentro de la botella aumentará. Debido a la ley de Gay-Lussac, a medida que la temperatura del gas sube, digamos que alcanza 40 °C, la presión dentro de la botella también aumentará. Si la presión se vuelve demasiado alta, existe el riesgo de que la botella se rompa o explote.

Veamos un ejemplo sencillo.

Un gas, a una temperatura de 35 grados Celsius y una presión de 440 milímetros de mercurio, se calienta hasta que su presión sea de 760 milímetros de mercurio. Si el volumen permanece constante, ¿Cuál es la temperatura final del gas en °C?

Datos

$T_1 = 35\text{ °C}$ la temperatura la expresamos en kelvin: $35 + 273,15 = 308,15\text{ K}$

$P_1 = 440\text{ mmHg}$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$P_2 = 760\text{ mmHg}$

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot T_1}{P_1}$$

$T_2 = ?$

$$T_2 = \frac{760\text{ mmHg} \cdot 308,15\text{ K}}{440\text{ mmHg}} = 532\text{ K}$$

Como podemos observar en las condiciones iniciales del problema, la temperatura aumentó y como resultado también la presión, esto quiere decir que hemos resuelto el problema con éxito.

—Qué bueno que no la dejamos en el sol. —dijo Peleo—.

—Para los gases hay otras leyes —añadió Pitias mirando el teléfono.

—Pues, así es —dijo Hípaso—.

Hay varias leyes que describen el comportamiento de los gases, algunas pueden ser confusas y otras muy intuitivas de entender, pero cada caso es distinto y especial. También cada ley tiene una relación matemática que la define.

Ley de Charles (Volumen y Temperatura)

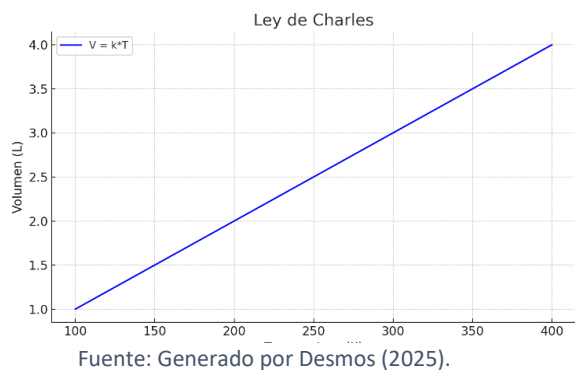
A presión constante, el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura en Kelvin. Si la temperatura sube, el volumen aumenta y si la

temperatura baja, el volumen disminuye. Jacques Charles matemático francés del siglo XVII.

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$



Charles, J.



La gráfica de la Ley de Charles muestra la relación directa entre la temperatura en Kelvin y el volumen de un gas a presión constante. A medida que la temperatura aumenta, el volumen también lo hace, siguiendo una línea recta, lo cual es característico de esta ley.

Veamos un buen ejemplo. Imaginen que llevamos un globo inflado a la playa Cayo. Cuando el globo está a una temperatura de 36 °C y está lleno de aire, ocupa un cierto volumen.

A medida que juegas y el sol calienta el aire dentro del globo, la temperatura del aire aumenta. Supongamos que la temperatura del aire dentro del globo sube a 42 °C. Debido a la ley de Charles, el volumen del aire en el globo se expandirá porque la temperatura ha aumentado. Si el globo estaba inicialmente a su límite de capacidad, la expansión del aire puede hacer que el globo se estire más y, en algunos casos, incluso puede llegar a reventar si la temperatura sigue aumentando y el volumen no puede expandirse más.



Se tiene un gas a una presión constante de 560 milímetros de mercurio, el gas ocupa un volumen de 23 centímetros cúbicos a una temperatura que está en 69 grados Celsius. ¿Qué volumen ocupará el gas a una temperatura de 13 grados Celsius?

Datos

$$P1 = 560 \text{ mmHg}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$V1 = 23 \text{ cm}^3$$

$$T1 = 69 \text{ }^\circ\text{C esta temperatura la expresamos en Kelvin: } 69 + 273,15 = 342,15 \text{ K}$$

$$V2 = ?$$

$$T2 = 13 \text{ }^\circ\text{C esta temperatura la expresamos en Kelvin: } 13 + 273,15 = 286,15 \text{ K}$$

Despejando de la expresión dada, tenemos:

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{23 \text{ cm}^3 \cdot 286,15 \text{ K}}{342,15 \text{ K}}$$

$$V_2 = 19,23 \text{ cm}^3$$

Ahora podemos corroborar, que mientras la temperatura baje, el volumen disminuirá.

—Esto me recuerda el día que hicimos pasta con pollo, ese día experimentamos con globos —murmuró Peleo—.

—Esa se parece a la de Gay-Lussac, pero con otra variable —apuntó Academo—.

La verdad es que sí —reflexiona Hípaso—.

Ley de Avogadro (Volumen y Cantidad de Sustancia)

A temperatura y presión constantes, el volumen de un gas es directamente proporcional a la cantidad de sustancia (número de moles, n).

Amedeo Avogadro fue un físico italiano del siglo XIX.



Avogadro, A.

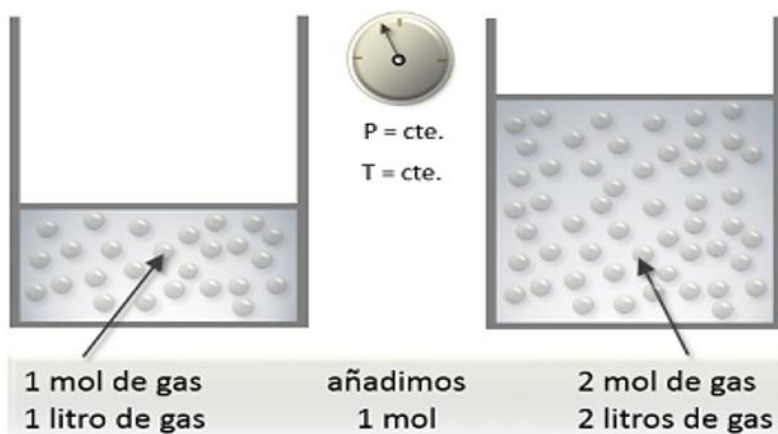
$$\frac{V}{n} = \text{constante}$$



Pensando en los globos, veamos más allá. Imaginemos que llevan dos globos a la playa Cayo. Uno de los globos, digamos el Globo A, está inflado con aire y tiene un volumen de 1 litro, mientras que el otro globo, digamos el Globo B, está vacío.



Si decides inflar el Globo B con el mismo tipo de aire y a la misma temperatura y presión que el Globo A, notarán que ambos globos ocuparán el mismo volumen de 1 litro, siempre que ambos estén a las mismas condiciones de temperatura y presión. Ahora, si deciden inflar el Globo B con más aire, aumentando la cantidad de sustancia en moles, el volumen del Globo B también aumentará, cumpliendo con la ley de Avogadro. Por ejemplo, si inflas el globo B hasta que su volumen sea de 2 litros, eso significa que has duplicado la cantidad de aire en él en comparación con el globo A.



Fuente: Tipler & Mosca (2020).

Veamos un sencillo ejemplo.

Si se tienen 5 litros de un gas que contiene 0,95 moles y se aumenta la cantidad de gas hasta llegar a tener 1,44 moles, ¿cuál será el nuevo volumen del gas a temperatura y presión constantes?

Datos

$$V_1 = 5 \text{ L}$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$n_1 = 0,95 \text{ mol}$$

$$n_2 = 1,44 \text{ mol}$$

$$V_2 = ?$$

De la expresión dada, tenemos:

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot n_2}{n_1}$$

$$V_2 = \frac{5 \text{ L} \cdot 1,44 \text{ mol}}{0,95 \text{ mol}}$$

$$V_2 = 7,578 \text{ L}$$

Esto nos muestra que a medida que aumenta el número de moles de gas, el volumen del gas también aumenta en proporción. De manera similar, si se reduce el número de moles de gas, el volumen también disminuye.

—Esta es rara, porque tiene moles, resaltó Peleo.

Ley Combinada

Esta ley combina las leyes de Boyle, Charles y Gay-Lussac para describir el comportamiento de un gas cuando la temperatura, presión y volumen cambian.

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{constante}$$

La ley combinada es útil porque combina todas estas relaciones y permite hacer predicciones sobre el comportamiento de los gases en distintas condiciones. Esto es muy importante en situaciones como la meteorología, el diseño de recipientes a presión, la ingeniería de motores, y muchos otros campos científicos y tecnológicos.

Imaginen que llevamos una lata de refresco a la playa. Cuando la lata está fría, digamos a 10 °C y en equilibrio con la presión del ambiente, es decir 1 atm, el



volumen de gas en la lata, que es el espacio de aire en la parte superior, se mantiene constante.

Ahora, deciden dejar la lata al sol durante un par de horas. A medida que el sol calienta la lata, la temperatura del aire en la lata aumenta, digamos que llega a 50 °C. Si asumimos que el volumen de la lata sigue siendo el mismo, pues la lata es un recipiente rígido, podemos calcular la nueva presión en la lata con esa fórmula. Resolviendo esta ecuación, podemos determinar que nueva presión aumenta, lo que significa que la presión dentro de la lata sube debido al aumento de temperatura.

Veamos un ejercicio con esta loca ley.

Un gas ocupa un volumen de 2 litros en condiciones normales. ¿Qué volumen ocupará esa misma masa de gas a 2 atmósferas y 50 grados Celsius?

Datos

$$V_1 = 2 \text{ L}$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$V_2 = ?$$

$$P_2 = 2 \text{ atm}$$

$$T_2 = 50 \text{ °C} \quad \text{esta temperatura la expresamos en Kelvin: } 50 + 273,15 = 323,15 \text{ K}$$

$$T_1 = 273,15 \text{ K porque es condiciones normales.}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot P_2}$$

$$V_2 = \frac{1 \text{ atm} \cdot 2 \text{ L} \cdot 323,15 \text{ K}}{273,15 \text{ K} \cdot 2 \text{ atm}}$$

$$V_2 = 1,83 \text{ L}$$

Como se observa al aumentar la presión el volumen ha disminuido, pero no de forma proporcional, como predijo Boyle; esto se debe a la variación de la temperatura.

—Esta parece tener todo —añadió Pitias—.

Estado de los Gases Ideales

Relaciona la presión (P), el volumen (V), la cantidad de sustancia (n), la constante de los gases (R) y la temperatura (T) de un gas ideal.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Constante de los gases, R: 0,0821 atm. L/mol. K

Imaginemos un momento en el que llevan un inflador de playa a la Cayo para inflar nuestro flotador. Supongamos que, al inflar el flotador, el aire dentro del inflador tiene las siguientes condiciones:



- *Presión (P): 1,2 atm (debido a que el inflador está siendo utilizado para aumentar la presión del aire).*
- *Volumen (V): 3 L (el volumen del aire dentro del inflador).*
- *Temperatura (T): 30 °C considerando la temperatura del aire en la playa.*
- *Cantidad de sustancia (n): esta la podemos calcular, es decir, cuántos moles de aire hay en el inflador.*

Sería muy sencillo hacer los cálculos y constatar el número de moles.

—Yo lo haré —dijo Academo—.

Esta temperatura la expresamos en Kelvin: $30 + 273,15 = 303,15 \text{ K}$

Despejaré a la n de la expresión que nos mostraste.

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

Ahora voy a sustituir valores en la fórmula que tengo:

$$n = \frac{1,2 \text{ atm} \cdot 3 \text{ L}}{0,0821 \text{ atm} \cdot \frac{\text{L}}{\text{mol}} \cdot \text{k} \cdot 303,15 \text{ k}}$$

$$n = 0,144 \text{ mol}$$

Su padre analizó el proceso, movió la cabeza aprobando y dijo:

—En el inflador hay aproximadamente 0,145 moles de aire. Esto equivale a alrededor de 4 gramos de aire, considerando que la masa molar del aire es aproximadamente 28,97 g/mol.

Concluyó diciendo: —Estas leyes son aproximaciones y funcionan bien para gases ideales, pero pueden variar para gases reales bajo ciertas condiciones extremas de presión y temperatura.

—Esta relación es rara porque tiene relaciones directas —dijo Peleo analizando la fórmula—.

—Yo quiero decir algunas cosas de las que aprendí —dijo Pitias—.

Piensen en cómo la presión está presente en situaciones que ni siquiera imaginamos, cada vez que respiramos, nuestros pulmones están trabajando con la presión del aire; cuando buceamos en el agua, sentimos la presión aumentando a medida que descendemos; y hasta en una tormenta, la presión del aire juega un papel importante en el clima. La presión no solo afecta objetos o sustancias; también controla fenómenos en nuestros cuerpos y en el mundo que nos rodea. Así que la próxima vez que respire profundo o veas una tormenta, recuerden que están siendo parte de uno de los principios más sorprendentes de la naturaleza.

Acabando de decir esto, llegó una grúa con un mecánico.

—¿Qué tal? —dijo el mecánico de buen humor—.

Se bajó de su carro y miró el motor un momento ya la temperatura estaba bastante baja, el sol estaba parcialmente nublado. En unos momentos ya tenía su diagnóstico.

—La manguera del combustible se rompió. —dijo señalando una manguera negra—. Luego agregó: puedo cambiarla de inmediato.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Muchas gracias, señor —dijo contenta Pitias—.



Los jóvenes se metieron nuevamente en la parte trasera del carro y prontito se durmieron. El mecánico realizó su trabajo en unos quince minutos aproximadamente y pidió a Hípaso que encendiera el carro para probar.

Vrrm-vrrm-vrrrooom. Sonaba el motor.

—¡Excelente! Muchas gracias, amigo. —gritó Hípaso desde el volante—.

Se bajó del carro, dejó la puerta abierta y le estrechó la mano al mecánico, este se mostró humilde ante el trabajo hecho, pero ambos sabían que era invaluable. Luego de pagar por sus servicios, le dio una buena propina para agradecer el buen trabajo.

—Oye, mi vida, ¿qué te parece si manejo yo el carro nuevamente? Así tú descansas un poco más —dijo Pitias—.

—No suena mal, pero sabes que no me gusta mucho ir de copiloto, me pongo algo inquieto —le expresó su esposo—.

—Entiendo, pero he estado descansando y creo que ya estoy lista para hacerme cargo del volante.



— Mmm... No es por desconfianza, pero si surge algo inesperado, prefiero tener el control. ¿Qué te parece si ahora descansas tú?

—Bueno, está bien, no quiero discutir. Pero si te cansas me dices, ¿ok?

—Hecho mi corazón, si deseas duermes un poco. ¡Arrancamos!



El carro avanzó rápidamente por la calle en plena luz, el motor apenas murmurando mientras Hípaso se concentraba en no despertar a los jóvenes que dormían en los asientos traseros. Ella, con la cabeza apoyada en la ventana, observaba los árboles del vecindario deslizarse y desaparecer en el horizonte. Al llegar frente a la casa, Hípaso giró con cuidado el volante y ajustó la marcha para estacionar. El carro se detuvo suavemente junto a la acera, el silencio llenó el espacio. Hípaso soltó un suspiro al poner la palanca en P y apagar el motor. Los jóvenes seguían profundamente dormidos, con las mejillas enrojecidas y las respiraciones acompasadas. Pitias miró a Hípaso con una sonrisa cansada y dijo en voz baja:

—Despiértalos tú, yo iré adelantando para abrir la puerta.

Hípaso asintió, salió del carro y abrió la puerta trasera. Se inclinó con suavidad hacia los pequeños y les dio un ligero empujoncito en los hombros.

—Vamos, niños lindos, ya llegamos a casa —dijo con voz tierna—.

Los vecinos del lado derecho estaban sentados en el frente, conversaban los tres amenamente. Al verse se saludaron muy efusivamente y se preguntaron banalidades.

Peleo abrió los ojos lentamente, entre sueños, mientras su hermano se estiraba con un largo bostezo, frotándose los párpados. Todavía somnolientos, se aferraron a la mano de su padre mientras caminaban tambaleantes hacia la casa, donde Pitias los esperaba en la puerta de la entrada.

Curiosidades

— La presurización de la cabina en los aviones se realiza para garantizar la seguridad fisiológica y el confort de los ocupantes cuando el avión vuela a altitudes elevadas, típicamente entre 30 000 y 40 000 pies (unos 9 000 a 12 000 metros).

1. Condiciones atmosféricas a gran altitud

A medida que se asciende en la atmósfera, la presión del aire disminuye exponencialmente. A nivel del mar, la presión atmosférica es de aproximadamente 101 325 Pa (1 atm), pero a 10 000 metros es solo alrededor de 26 5 kPa (alrededor de 0,26 atm). Esto tiene dos consecuencias físicas fundamentales:

- Menor presión parcial de oxígeno: aunque la proporción de oxígeno en el aire ($\approx 21\%$) se mantiene, la cantidad total de oxígeno disponible por unidad de volumen disminuye considerablemente.
- Menor densidad del aire: lo que hace más difícil respirar y puede afectar la combustión, la transmisión de calor, etc.

2. Efectos fisiológicos en el cuerpo humano

Sin presurización, los pasajeros y la tripulación estarían expuestos a un ambiente que puede causar:

- Hipoxia: disminución de oxígeno en los tejidos, que puede causar confusión, pérdida de conciencia y en casos extremos, la muerte.
- Mal de montaña agudo y otros efectos relacionados con la baja presión.
- Riesgo de ebullición de líquidos corporales —el fenómeno de ebulismo— si se superan los 19 000 metros, debido a la bajísima presión —aunque eso ocurre a altitudes mayores de las usuales de vuelo comercial—.

3. Solución: Cabina presurizada

Los aviones comerciales están equipados con sistemas de presurización que mantienen una presión interna equivalente a la de una altitud segura, normalmente de entre 1 800 a 2 400 metros (6 000 a 8 000 pies). Esto se logra mediante:

- *Compresores que toman aire del compresor del motor (aire sangrado o bleed air).*
- *Sistemas de regulación de salida de aire (válvulas de salida de presión) que controlan cuánto aire se deja escapar, manteniendo así una presión estable.*

4. Diseño estructural

La estructura del fuselaje debe soportar esta diferencia de presión entre el interior presurizado y el exterior. Es por esto que los aviones están diseñados con materiales y formas —como fuselajes cilíndrico— que permiten una distribución eficiente del esfuerzo mecánico.

— *Se piensa que la presión en un fluido es la misma en todos los puntos. Sin embargo, la realidad es que la presión aumenta con la profundidad en un fluido debido a la presión hidrostática.*

— *Se dice que la presión en un fluido depende del tamaño del recipiente. Aunque la realidad es que la presión hidrostática solo depende de la altura y densidad del fluido, no del tamaño del recipiente.*

— *La presión hidrostática puede tener efectos en la salud, como en el caso de los buceadores.*

— *La presión hidrostática se utiliza para calcular la flotabilidad, según el principio de Arquímedes.*

— *La hidrostática parece que solo se aplica a líquidos. Pero también se puede aplicar a gases, aunque con mayor complejidad debido a su compresibilidad.*

— *La hidrostática es fundamental para el diseño de presas, tanques y otros sistemas que contienen fluidos.*

—*La hidrostática se utiliza para entender el comportamiento de los fluidos en reposo,*

como el agua en un lago o en una piscina.

— *Parece que la hidrodinámica solo se aplica a la física de fluidos. Sin embargo, también tiene aplicaciones en la ingeniería y la medicina.*

— *La hidrodinámica es fundamental para el diseño de aviones y barcos.*

— *La hidrodinámica se utiliza para entender el comportamiento de los fluidos en movimiento, como el aire alrededor de un avión o el agua en un río.*

Uno de los mitos más comunes es que cuanto mayor sea la presión del agua, mejor será el rendimiento en los grifos, duchas y electrodomésticos. Si bien es cierto que una presión adecuada es esencial para un flujo constante y eficiente, una presión excesiva no siempre es la mejor opción.

— *Una presión de agua demasiado alta puede dañar las tuberías, los grifos y otros equipos de plomería. Además, si la presión excede los límites recomendados (generalmente entre 40 y 60 psi), puede generar un desgaste innecesario en los componentes y aumentar el riesgo de fugas. Es fundamental mantener la presión del agua dentro de los rangos recomendados para evitar estos problemas.*

— *Es común pensar que la altura de un edificio es el único factor que determina la presión del agua en sus pisos superiores. Aunque la gravedad juega un papel importante, la presión del agua también depende de otros factores, como el tamaño de la red de distribución de agua, el diámetro de las tuberías y la eficiencia de las bombas.*

— *En edificios altos, la presión disminuye naturalmente a medida que se asciende, ya que la columna de agua debe superar la fuerza de la gravedad. Sin embargo, las bombas y sistemas de presión instalados en la red de agua ayudan a mantener una presión constante en todos los pisos del edificio, independientemente de su altura.*

— *Otro mito común es que la presión del agua es uniforme en toda la casa. Aunque la presión general puede ser similar en diferentes áreas de la vivienda, factores como la distancia desde la fuente de agua, el tamaño de las tuberías y la cantidad de grifos o electrodomésticos en uso pueden afectar la presión en determinadas zonas.*

— *Por ejemplo, si varios grifos o duchas están abiertos al mismo tiempo, la presión puede disminuir en algunas áreas de la casa, especialmente en casas grandes con sistemas de plomería antiguos o mal diseñados. Además, las tuberías obstruidas o con fugas pueden provocar fluctuaciones en la presión del agua en diferentes partes de la casa.*

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado.

Evaluación teórica

Parte 1: Verdadero o Falso

1. La presión se define como la fuerza aplicada sobre una superficie dividida por el área de dicha superficie.
Verdadero
Falso
2. La presión atmosférica disminuye a medida que aumentamos la altitud.
Verdadero
Falso
3. El aumento del área sobre la que se aplica una fuerza disminuye la presión ejercida.
Verdadero
Falso
4. La presión se mide únicamente en pascales (Pa).
Verdadero
Falso
5. En un líquido en reposo, la presión aumenta con la profundidad.
Verdadero
Falso
6. El Principio de Arquímedes establece que un cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del fluido desplazado.
Verdadero
Falso
7. Según el Principio de Bernoulli, si la velocidad de un fluido aumenta, la presión que ejerce disminuye.
Verdadero
Falso
8. El Principio de Pascal afirma que un cambio en la presión aplicado en un punto de un fluido encerrado se transmite sin disminución a todos los puntos del fluido y las paredes del recipiente.
Verdadero
Falso
9. El teorema de Torricelli establece que la velocidad del líquido que fluye desde un orificio de un recipiente cerrado depende únicamente de la densidad del líquido.
Verdadero
Falso
10. Un objeto flota si su densidad es menor que la del fluido en el que está sumergido. Esto está relacionado con el Principio de Arquímedes.
Verdadero
Falso
11. El Principio de Bernoulli explica por qué los aviones pueden volar debido a la diferencia de velocidad del aire sobre y bajo las alas.
Verdadero
Falso
12. El Principio de Pascal se utiliza en sistemas hidráulicos como los frenos de automóviles y las prensas hidráulicas.
Verdadero
Falso
13. La ecuación de Torricelli permite calcular la velocidad de un líquido al salir por un orificio en función de la altura del líquido sobre el orificio.
Verdadero
Falso

14. Si un fluido fluye más rápido por un área estrecha, su presión aumenta, según el Principio de Bernoulli.
Verdadero
Falso
15. El Principio de Pascal se aplica únicamente a líquidos, no a gases.
Verdadero
Falso

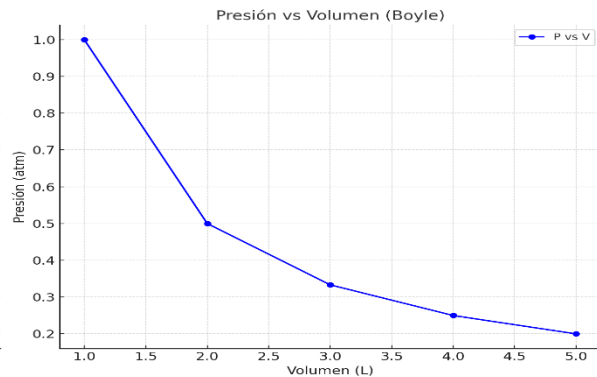
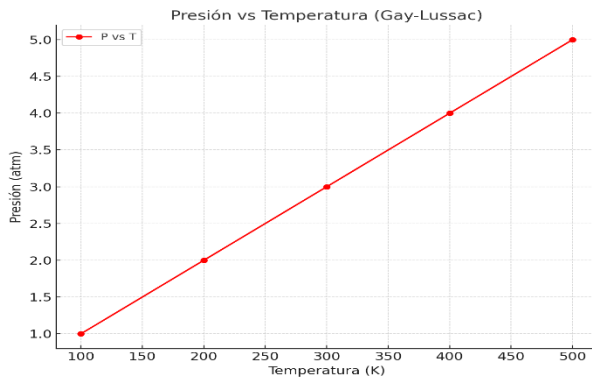
Parte 2: Opción múltiple

6. ¿Qué sucede con la presión si la fuerza aplicada permanece constante pero el área disminuye?
a) La presión aumenta.
b) La presión disminuye.
c) La presión se mantiene igual.
7. ¿Cuál de las siguientes unidades corresponde a la presión?
a) Newton (N)
b) Pascal (Pa)
c) Joule (J)
8. ¿Qué instrumento se utiliza para medir la presión atmosférica?
a) Termómetro
b) Barómetro
c) Manómetro
9. ¿Cuál de las siguientes situaciones ilustra mejor el concepto de presión?
a) Una pelota que flota en el agua.
b) Una persona caminando con tacones sobre una superficie blanda.
c) Un avión volando a gran altura.
10. Si sumerges un objeto en agua, ¿qué sucede con la presión que actúa sobre el objeto a medida que lo llevas más profundo?
a) La presión disminuye.
b) La presión aumenta.
c) La presión no cambia.

Parte 3: Ejercicios.

1. Un cubo de 0,5 kg se sumerge completamente en agua. El volumen del cubo es de 0,0005 m³. ¿Cuál es el empuje que ejerce el agua sobre el cubo? (La densidad del agua es 1 000 kg/m³ y g=9,8 m/s²).
a) 4,9 N
b) 9,8 N
2. Un objeto con densidad de 500 kg/m³ y volumen de 0,002 m³ está sumergido en agua. ¿Flotará o se hundirá?
a) Flotará
b) Se hundirá
3. En una tubería horizontal, el área de la sección A es de 0,02 m², y el área de la sección B es de 0,01 m². Si el fluido tiene una velocidad de 2 m/s en A, ¿cuál es la velocidad en B?
a) 4 m/s
b) 1 m/s
4. El agua fluye a través de una tubería de 0,02 m² de sección y luego pasa a otra sección de 0,01 m². ¿Qué sucede con la presión en la sección más estrecha?
a) Aumenta
b) Disminuye
5. En un sistema hidráulico, una fuerza de 200 N se aplica a un émbolo pequeño de área 0,01 m². ¿Qué fuerza se genera en un émbolo grande de área 0,1 m²?
a) 2 000 N
b) 20 N

6. Si aplicamos una presión de 3 000 Pa en un fluido contenido en un sistema hidráulico, ¿cuál será la presión transmitida a todas las partes del sistema?
 - a) 3 000 Pa
 - b) Depende del volumen del fluido
7. Un depósito de agua tiene un orificio a 2 m por debajo de la superficie libre del agua. ¿Cuál es la velocidad de salida del agua? ($g=9,8 \text{ m/s}^2$)
 - a) 6,26 m/s
 - b) 19,6 m/s
8. ¿Qué sucede con la velocidad de salida del agua por un orificio si la altura del agua sobre el orificio aumenta?
 - a) La velocidad aumenta
 - b) La velocidad disminuye
9. Un tanque tiene agua y aceite (densidad 800 kg/m^3) en capas. ¿En qué punto la presión es mayor?
 - a) En el fondo del tanque
 - b) En la superficie del aceite
10. Un submarino se encuentra a 50 m de profundidad en el océano (densidad del agua $1\,025 \text{ kg/m}^3$). ¿Qué tipo de fuerza actúa sobre él?
 - a) Solo presión atmosférica
 - b) Presión hidrostática y atmosférica

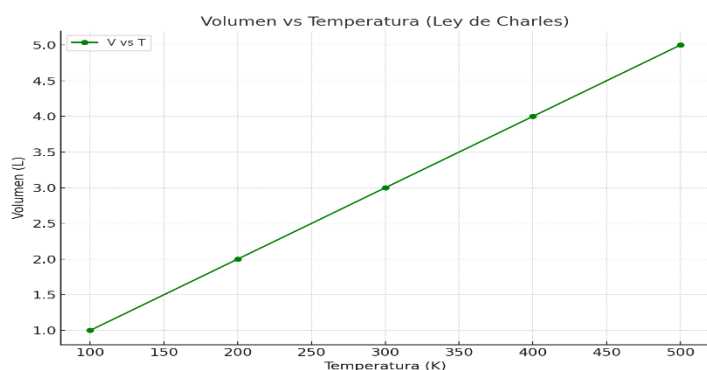


Para Presión vs Temperatura (Gay-Lussac):

1. ¿Qué ocurre con la presión de un gas cuando se duplica su temperatura, suponiendo que el volumen es constante?
2. Si la temperatura baja a la mitad, ¿qué pasaría con la presión del gas según la gráfica?

Para Presión vs Volumen (Boyle):

1. ¿Cómo cambia la presión cuando se reduce el volumen a la mitad, manteniendo la temperatura constante?
2. ¿Qué evidencia en la gráfica respalda que la presión y el volumen son inversamente proporcionales?



1. Si la temperatura de un gas aumenta al doble, ¿qué ocurre con su volumen según la Ley de Charles?

2. ¿Qué sucedería con el volumen del gas si la temperatura se reduce a 0 Kelvin? ¿Es esto físicamente posible? ¿Por qué?

Evaluación práctica

Práctica de laboratorio: Explorando la presión

Objetivo

Comprender y experimentar con los conceptos de presión en diferentes contextos utilizando materiales sencillos.

Actividad 1: Presión y área

Materiales:

- Un libro pesado
- Un lápiz
- Un borrador de goma
- Una balanza (opcional)

Procedimiento:

Coloca el borrador sobre la mesa y equilibra el libro encima. Observa cómo se distribuye el peso. Ahora, coloca el lápiz debajo del borrador, en posición horizontal, y pon el libro sobre el borrador. Observa lo que ocurre con el contacto del lápiz con la mesa.

Análisis:

- Compara la presión que el lápiz ejerce sobre la mesa en ambas configuraciones.
- Explica cómo el área de contacto influye en la presión.

Actividad 2: Presión en fluidos (Principio de Pascal)

Materiales:

- Una jeringa grande (sin aguja)
- Agua
- Un recipiente
- Un globo

Procedimiento:

Llena la jeringa con agua hasta la mitad y conecta la boquilla a la abertura del globo. Sumerge la jeringa con el globo en el recipiente lleno de agua. Presiona suavemente el émbolo de la jeringa y observa qué ocurre con el globo. Libera el émbolo y observa qué sucede.

Análisis:

- Describe cómo se transmite la presión en el líquido.
- Relaciona tus observaciones con el Principio de Pascal.

Actividad 3: Presión atmosférica

Materiales:

- Un vaso de plástico
- Una hoja de papel resistente o cartón fino
- Agua

Procedimiento:

Llena el vaso hasta el borde con agua. Coloca la hoja de papel sobre la boca del vaso y sostenla firmemente.

Voltea el vaso boca abajo mientras mantienes la hoja de papel en su lugar.
Suelta la hoja de papel y observa lo que sucede.

Análisis:

- Explica por qué el agua no cae.
- Relaciona este fenómeno con la presión atmosférica.

Informe Final

Para cada actividad, responde:

- ¿Qué ocurrió durante el experimento?
- ¿Cómo explicas los resultados en términos de presión?
- Relaciona tus observaciones con situaciones de la vida diaria.

Evaluación virtual

Práctica de laboratorio virtual: Explorando la presión con PHET

Simulación recomendada:

PHET Interactive Simulations: Presión en fluidos y flujo (Fluid Pressure and Flow)

Objetivo:

Explorar cómo la presión cambia en función de la profundidad, el tipo de fluido y el área de contacto, utilizando la simulación interactiva de PHET.

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=es>

Actividad 1: Presión y profundidad

Instrucciones:

Abre la simulación y selecciona la opción "Presión". Práctica de laboratorio virtual: Explorando la presión con PHET

Simulación recomendada:

PHET Interactive Simulations: Presión en fluidos y flujo (Fluid Pressure and Flow)

Objetivo:

Explorar cómo la presión cambia en función de la profundidad, el tipo de fluido y el área de contacto, utilizando la simulación interactiva de PHET.

Actividad 1: Presión y profundidad

Instrucciones:

Abre la simulación y selecciona la opción "Presión".

Coloca un medidor de presión (manómetro) en el agua y ajusta su posición en diferentes profundidades.

Registra la presión mostrada por el medidor en al menos tres profundidades diferentes.

Análisis:

¿Cómo cambia la presión a medida que aumentas la profundidad?

Relaciona tus resultados con la fórmula de la presión hidrostática ($P = \rho gh$).

Actividad 2: Presión en diferentes fluidos

Instrucciones:

Cambia el fluido de agua a un líquido con mayor densidad (por ejemplo, aceite o mercurio).

Coloca nuevamente el medidor de presión en diferentes profundidades del nuevo fluido.

Compara las lecturas de presión con las obtenidas en el agua.

Análisis:

¿Qué diferencias notas en la presión entre los diferentes fluidos?

Explica cómo la densidad del fluido afecta la presión.

Actividad 3: Presión y área de contacto

Instrucciones:

Cambia a la sección "Flujo de fluidos".

Ajusta las dimensiones del tubo (ancho y estrecho) y observa cómo cambian la velocidad y la presión del fluido.

Usa los medidores para comparar la presión en las secciones ancha y estrecha del tubo.

Análisis:

¿Cómo afecta el área de la sección transversal del tubo a la presión?

Relaciona tus observaciones con el Principio de Bernoulli.

Informe Final:

Responde las preguntas de análisis para cada actividad.

Explica cómo los conceptos de presión pueden aplicarse en contextos cotidianos, como submarinos, vuelos de aviones o sistemas hidráulicos.

Incluye capturas de pantalla de la simulación como evidencia de tus resultados.

Coloca un medidor de presión (manómetro) en el agua y ajusta su posición en diferentes profundidades.

Registra la presión mostrada por el medidor en al menos tres profundidades diferentes.

Análisis:

- ¿Cómo cambia la presión a medida que aumentas la profundidad?
- Relaciona tus resultados con la fórmula de la presión hidrostática ($P = \rho gh$).

Actividad 2: Presión en diferentes fluidos**Instrucciones:**

Cambia el fluido de agua a un líquido con mayor densidad (por ejemplo, aceite o mercurio).

Coloca nuevamente el medidor de presión en diferentes profundidades del nuevo fluido.

Compara las lecturas de presión con las obtenidas en el agua.

Análisis:

- ¿Qué diferencias notas en la presión entre los diferentes fluidos?
- Explica cómo la densidad del fluido afecta la presión.

Actividad 3: Presión y área de contacto**Instrucciones:**

Cambia a la sección "Flujo de fluidos".

Ajusta las dimensiones del tubo (ancho y estrecho) y observa cómo cambian la velocidad y la presión del fluido.

Usa los medidores para comparar la presión en las secciones ancha y estrecha del tubo.

Análisis:

- ¿Cómo afecta el área de la sección transversal del tubo a la presión?
- Relaciona tus observaciones con el Principio de Bernoulli.

Informe Final:

Responde las preguntas de análisis para cada actividad.

Explica cómo los conceptos de presión pueden aplicarse en contextos cotidianos, como submarinos, vuelos de aviones o sistemas hidráulicos.

Incluye capturas de pantalla de la simulación como evidencia de tus resultados.

Práctica de laboratorio virtual: Ley de Boyle y Ley de Charles con PHET

Simulación recomendada:

PHET Interactive Simulations: Propiedades de los Gases (Gas Properties)

Objetivo:

Explorar la relación entre presión, volumen y temperatura en los gases ideales según las leyes de Boyle y Charles. Crear tablas de datos y gráficos para analizar las relaciones.

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/gas-properties>

Actividad 1: Ley de Boyle (Presión y Volumen)**1. Configuración inicial:**

- Abre la simulación y selecciona la pestaña "Medición".
- Asegúrate de mantener la temperatura constante utilizando el control de "Calentador/Refrigerador".
- Ajusta el número de partículas a un valor fijo, como 100.

2. Procedimiento:

- Cambia el volumen del recipiente utilizando el pistón.
- Mide la presión para al menos 6 valores diferentes de volumen.
- Anota los datos en una tabla.

3. Tabla de datos:

Completa una tabla como la siguiente:

<i>Volumen (V, litros)</i>	<i>Presión (P, atm)</i>	<i>P·V (atm.L)</i>

4. Análisis:
 - Construye un gráfico de presión (P) vs. volumen (V).
 - Construye otro gráfico de P·V vs. V.
 - Reflexiona sobre la relación inversa entre P y V.

Actividad 2: Ley de Charles (Volumen y Temperatura)

1. Configuración inicial:
 - Selecciona la pestaña "Medición".
 - Mantén constante la presión ajustando el pistón para que el manómetro marque un valor fijo.
 - Ajusta el número de partículas a un valor fijo, como 100.
2. Procedimiento:
 - Cambia la temperatura utilizando el control de "Calentador/Refrigerador".
 - Mide el volumen del recipiente para al menos 6 valores de temperatura diferentes (en Kelvin).
 - Anota los datos en una tabla.
3. Tabla de datos:

Completa una tabla como la siguiente:

<i>Temperatura (T, K)</i>	<i>Volumen (V, litros)</i>	<i>V/T(L/K)</i>

4. Análisis:
 - Construye un gráfico de volumen (V) vs. temperatura (T).
 - Reflexiona sobre la relación directa entre V y T.

Informe Final:

Incluye:

1. Las tablas completas con los valores medidos y calculados.
2. Los gráficos de las relaciones estudiadas.
3. Una breve conclusión sobre cómo los datos confirman las leyes de Boyle y Charles.
4. Relaciona los resultados con ejemplos cotidianos, como un globo que se expande al calentarse o una jeringa que cambia su presión al ajustar el volumen.

Rutina de pensamiento

Veó
Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso
Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto
Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo III: ¡Muévete!

Luego de varios días de rutina en casa, los aventureros deciden ir a un lugar concurrido cerca de su casa. Es un día no muy soleado, Hípaso y Pitias deciden llevar a sus hijos al *Parque Metropolitano de Hampos*. Mientras caminan, ven a varios niños jugando. Esto da pie a una conversación entre ellos.

— ¡Niños lindos! —les dijo con emoción Hípaso—.



—Papá, mira esos niños corriendo con la pelota. ¿Cómo sabes si algo está en movimiento? O sea, ¿cómo se puede explicar que algo se esté moviendo? —Preguntó Academo sin soltar su bicicleta—.

Pitias comenzó a acomodarse el casco, rodilleras y revisar su bicicleta.



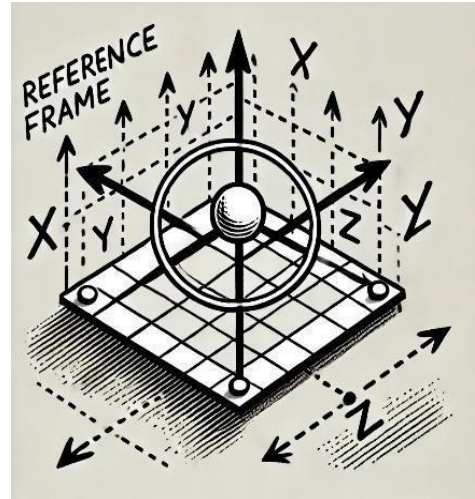
Fuente: Generado por IA (2025).

—Buena pregunta. Reflexiona Hípaso mirando a todos lados. ¡Niños lindos! Cuando algo cambia de lugar o posición en relación con otro objeto o punto, decimos que está en movimiento. Por ejemplo, mira ese árbol de allí. Si te fijas en los niños que corren, puedes ver que se alejan o se acercan al árbol. Ese cambio de distancia con respecto al árbol indica que se están moviendo.

Peleo escuchaba sin mucho interés porque quería ir a pedalear.

—¿Pero entonces el movimiento siempre depende de lo que estás comparando? Porque si yo corro junto a ellos, no parece que se estén moviendo tanto. Insistió Academo.

—¡Exacto! Eso es lo que llamamos el *punto de referencia*. *El movimiento siempre depende de qué estás usando como referencia*. Si corres a la misma velocidad que ellos, no notarás el movimiento, porque ambos cambian de posición de manera similar con respecto al suelo, pero si te quedas quieto o te comparas con un objeto inmóvil, como el árbol, notarás el cambio.



El movimiento es el cambio de lugar de un cuerpo con respecto a un sistema de referencia al pasar el tiempo⁵.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¡Aaaah!, entonces, ¿si me siento aquí y tiro una piedra lejos, puedo ver cómo cambia su posición respecto a mí y a ese banco?

—Exacto. La piedra estará en movimiento porque cambiará de posición en relación con el banco y contigo. También podríamos calcular su velocidad si sabemos cuánto tiempo tarda en llegar al suelo y la distancia que recorre.

—¡Claro! —dijo Academo—. En el colegio me dijeron que la velocidad es la distancia dividida entre el tiempo, ¿no? Pero ¿cómo sabemos cuándo algo se mueve más rápido o más lento?

—Esa rapidez, pero la velocidad es relación entre desplazamiento y tiempo. —apuntó Hípaso—. Si recorres una distancia en menos tiempo, entonces te estás

⁵ Vallejo & Zambrano (2009).



moviendo más rápido. Imagina que lanzas una pelota con poca fuerza y luego la lanzas con más fuerza. La pelota que lanzas más rápido recorrerá más distancia en el mismo tiempo o menos.

La rapidez es escalar y la velocidad es vectorial.

—¡Vamos a hacer una competencia con las bicicletas para ver quién es más rápido! —propuso Peleo—.

—¡Buena idea! Probemos y después calculamos la velocidad o la rapidez —dijo Hípaso—.

Así pues, su padre sería el árbitro, naturalmente. Les dijo que marcarían un lugar recto de cincuenta metros y que ambos partirían del mismo lugar, mientras que él tomaría el tiempo que tarden en llegar a la meta donde él estaría esperando.

—¡Listo! ¡Voy a ganarte esta vez! —gritó Peleo muy emocionado—.

—Ya veremos, pero recuerda que no es solo quién llega primero, sino cuánto tiempo tardamos —le contestó Academo riendo por la oportunidad—.

—Exacto, cada uno tendrá su tiempo, así que prepárense... ¡3, 2, 1, ya! —les gritó su padre—.

Los dos jóvenes empiezan a pedalear con fuerza. El menor, aunque lleno de energía, tiene menos fuerza y técnica que su hermano mayor, quien empieza a tomar la delantera a medida que ambos avanzan.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¡Espera! ¡No tan rápido! —le gritaba Peleo con agitación en la respiración—.

—¡Tienes que pedalear más rápido! —le dijo tranquilo Academo—.

El hermano mayor llega primero a la meta. El hijo menor sigue pedaleando, decidido a no quedarse atrás, y llega poco después.

Hípaso deteniendo el cronómetro les dice:

—¡Bien hecho, hijos! Academo ha tardado 8 segundos, y tú, 10 segundos. Ambos lo hicieron genial.



—¿Cómo puede ser que hayas sido tan rápido? ¡Yo estaba pedaleando con todas mis fuerzas! —le dijo jadeando Peleo—.

—Es normal, tu hermano tiene más fuerza en las piernas y también es más grande, lo que le permite moverse más rápido. Pero lo importante aquí es entender que la rapidez depende de la distancia que recorren y el tiempo que tardan. Si recorren los mismos 50 metros, pero en diferentes tiempos, eso significa que uno fue más rápido.

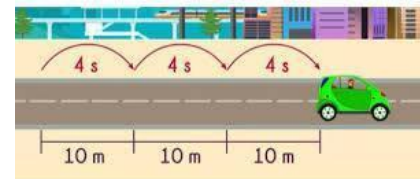
—Claro, como yo hice los 50 metros en 8 segundos, fui más rápido que él, que lo hizo en 10 segundos.



—Exacto. Para calcular tu rapidez promedio, solo tienes que dividir la distancia entre el tiempo. Así que tu rapidez fue 50 metros dividido entre 8 segundos

$$V = \frac{d}{t}$$

Esto nos dice que la rapidez es inversamente proporcional al tiempo. Es decir, mientras menor tiempo emplee, mayor será la rapidez.



Donde:

Fuente: Generado por IA (2025).

d = distancia en metros.

t = tiempo en segundos.

$$V = \frac{50 \text{ m}}{8 \text{ s}} \quad V = 6,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Noten que los *metros están sobre los segundos*. Pero puede decirse *metro por segundo*, aunque no es multiplicación.

Y tú, —dirigiéndose a Peleo—, hiciste 50 metros en 10 segundos.



$$V = \frac{50 \text{ m}}{10 \text{ s}} \quad V = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

—Ambos fueron rápidos, pero tu hermano fue un poco más rápido esta vez — les dijo Pitias muy emocionada—. Luego añadió —Pueden usar Strava, Speedometer GPS o Google Maps desde el teléfono.

Estas apps funcionan mejor al aire libre, donde el GPS tiene señal clara. La precisión puede variar según la calidad de la conexión a la red del teléfono y la velocidad del movimiento. Para medir velocidad en una pista como la de La Carolina, las recomiendo, porque permiten además registrar las vueltas, tiempos y progreso.



Su padre agregó otros datos.

La velocidad/rapidez en el sistema internacional se mide en metros sobre segundo o en distancias largas usamos en kilómetros sobre horas (km/h). Pero en el sistema inglés se usan unidades como pie sobre segundo (ft/s) o para distancias largas son mejores las millas por horas (mi/h).

En un carro, la rapidez la mide el velocímetro en km/h, pero otros motores pueden medir la velocidad/rapidez en revoluciones por minutos (RPM) o radianes sobre segundos (rad/s). Allí mismo tenemos el odómetro para saber el kilometraje del carro, es decir la distancia que ha recorrido, por cierto, este dato es de suma importancia para comprar un carro usado. Es útil para hacer un seguimiento del mantenimiento del vehículo, ya que muchas actividades de mantenimiento, como el cambio de aceite o la revisión de frenos, se programan en función de los kilómetros recorridos.

Si queremos ver esa velocidad como en los carros, debemos hacer una simple transformación.

$$5 \cdot \frac{3600}{1000} = 18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Una forma simplificada, ya que sabemos que una hora tiene 3600 segundos y un kilómetro tiene 1000 metros.

Es decir 5 m/s es lo mismo que 18 km/h.

—Pero, ese 3600 y ese mil ¿De dónde salió?

Hípaso les dijo tranquilamente:

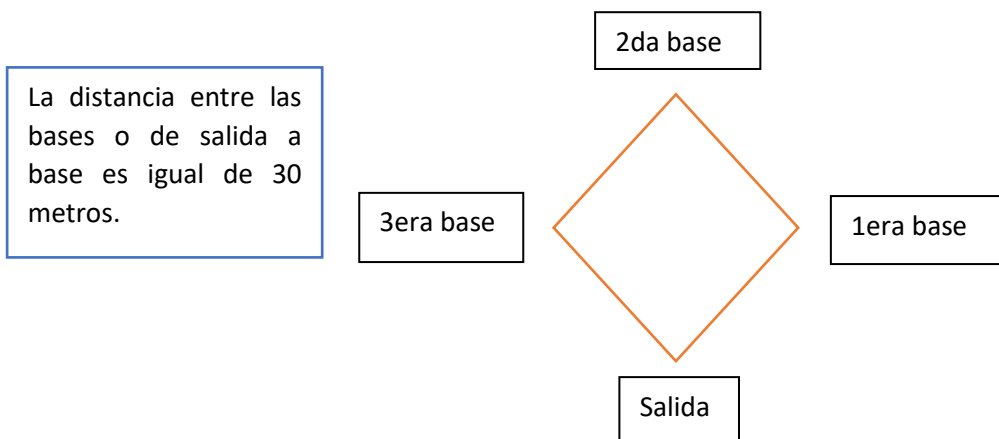


Bueno, un kilómetro tiene mil metros, ya antes les había dicho y además les dije cómo identificar cuándo multiplicar y cuando dividir, en este caso los metros son pequeños y los kilómetros grandes, así que debemos dividir la cantidad por mil. En caso de las horas, recuerden que tiene sesenta minutos y a su vez los minutos tienen sesenta segundos, entonces tendríamos fácilmente que una hora tiene tres mil seiscientos segundos.

Academio seguía pensando en la carrera —¿Será posible que, si van en la misma dirección y el mismo sentido, uno alcance a otro?

—Bueno. —dijo su padre—. Pongámoslo de esta manera:

En la siguiente figura hay cuatro bases.



Fuente: Autor (2025).

Si una persona sale de Home a primera base, habrá recorrido 30 metros de distancia y su desplazamiento será igual; 30 metros.

Ahora, si llega a la tercera base, la distancia recorrida es 90 metros, sin embargo, su desplazamiento es 30 metros. La razón es que la distancia es la medida de la trayectoria seguida al moverse, pero el desplazamiento es la medida que hay desde el punto de inicio en forma recta hasta su punto de llegada.

—No entiendo el baseball. —dijo intrigado Peleo—.

Su padre lo miró y le dijo —Es natural.

Imagina que un corredor da una vuelta completa a la pista de atletismo del Parque La Carolina, que tiene una longitud aproximada de 400 metros. La distancia recorrida es simplemente el total del camino que ha recorrido, sin importar la dirección: en este caso, 400 metros. En cambio, el desplazamiento se define como el cambio neto de posición desde el punto de partida hasta el punto final, considerando tanto la dirección como la magnitud. Si el corredor termina justo donde empezó, su desplazamiento es cero, porque no ha cambiado de posición en el espacio, a pesar de haber recorrido una distancia considerable. Este ejemplo muestra que, mientras la distancia siempre es un valor positivo acumulado, el desplazamiento puede ser cero si no hay cambio neto de posición, aunque haya movimiento.

Supongamos que Peleo y Pitias, se mueven en la misma dirección sobre una carretera recta.

- Tu madre parte desde un punto inicial con una velocidad constante de 20 m/s.
- Tu hermano, que está 300m por delante de Pitias, se mueve con una velocidad constante de 15 m/s.

¿En qué momento se encuentran y a qué distancia del punto inicial de Pitias ocurre el encuentro?

En este caso, distancia y desplazamiento son lo mismo, una línea recta.

Para resolver este caso, usaremos las ecuaciones de posición:

- Para Pitias: $x = 20.t$
- Para Peleo: $x = 300 + 15t$

Pero tenemos la condición de encuentro:

En el momento del encuentro, las posiciones de Pitias y Peleo son iguales:

$$x_{\text{Pitias}} = x_{\text{Peleo}}$$

Sustituyendo:

$$20t = 300 + 15t$$

1. Resolviendo para t:

$$20t - 15t = 300$$

$$5t = 300$$

$$t = 60 \text{ s}$$

La idea es tener una ecuación con una sola incógnita.

2. Distancia recorrida por tu madre:

Sustituyendo $t = 60 \text{ s}$ en la ecuación de

$$x_{\text{Pitias}} = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ m}$$

- *Los ciclistas se encuentran después de 60 s.*
- *La distancia desde el punto inicial, hasta el lugar del encuentro es de 1200 m.*

—¡La próxima vez te ganaré! —dijo un poco enojado Peleo—.

Hípaso se montó en su bicicleta también y los cuatro comenzaron a pasear. Luego de un rato sintieron la necesidad de tomar agua. Se sentaron en el césped y luego de un momento Hípaso les dijo:

Los cálculos que hemos hecho corresponden a un movimiento muy especial llamado movimiento rectilíneo uniforme (MRU). El gran *Galileo* fue el primero en definir el MRU de la siguiente manera:

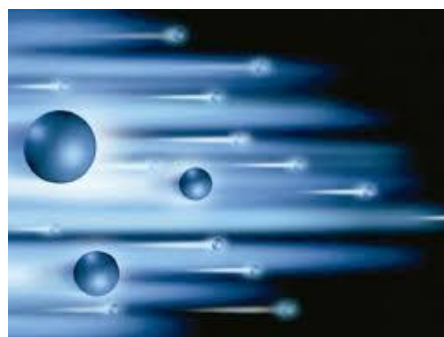
Por movimiento igual o uniforme entiendo a aquél en el que los espacios recorridos entre intervalos de tiempo son constantes, dicho de otro modo, es un movimiento de velocidad constante.



—Pero los cuerpos no siempre se mueven a velocidad constante. —apuntó Pitias—.

—Pues, no —dijo Hípaso—. Pero la luz lo hace.

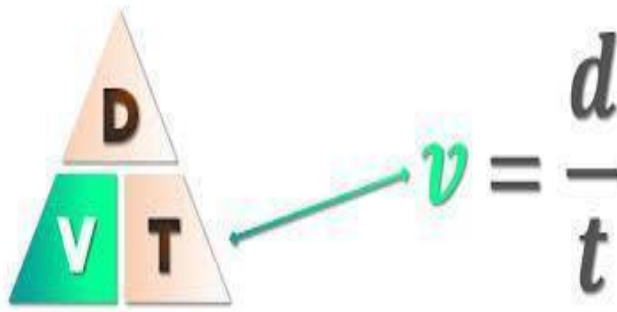
La luz son pequeñas partículas llamadas fotones, estos se comportan como ondas y se mueven en el vacío a una velocidad alucinante de 300 000 km/s, así se convierten en los cuerpos más veloces en la naturaleza. Pero lo normal es que los cuerpos tengan cambios en su recorrido, como, por ejemplo, en su trayectoria, en su rapidez, en su dirección y sentido. La fórmula del MRU se deduce a partir de la definición de rapidez constante: simplemente relacionando la distancia recorrida con el tiempo. Esta relación es lineal, y en función de lo que queramos calcular (distancia, tiempo o rapidez), podemos reorganizar la fórmula para obtener la respuesta.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Pero hay otro ejemplo donde los niños puedan ver el MRU? —preguntó Pitias luego de reflexionar un poco—.

—Pues —dijo Hípaso—.



Fuente: Generado por IA (2025).

Si caminas por una cinta transportadora como las que hay en algunos aeropuertos, y te mueves siempre al mismo ritmo, por ejemplo, a 1 metro por segundo, eso sería un ejemplo de MRU. La distancia que recorres es proporcional al tiempo que caminas, y tu rapidez es constante.

Este concepto de velocidad/rapidez constante es clave para modelar movimientos básicos en física y sirve como punto de partida para entender movimientos más complejos, como el movimiento con aceleración, donde la velocidad cambia. El MRU es una simplificación que nos ayuda a analizar cómo se desplazan los objetos y comprender, por contraste, otros tipos de movimiento.

—Pero, una cosita, pensó Academo ¿Fue Galileo el primero en estudiar el movimiento?



Hípaso se rascó la cabeza un momento y dijo:

El primero en estudiar sistemáticamente el movimiento fue el filósofo griego *Aristóteles*, este vivió en el siglo IV antes de Cristo.

—Es lejos —dijo Peleo interrumpiendo—.

Su padre prosiguió, pues...

Él desarrolló una teoría del movimiento que influyó en la ciencia durante siglos. Sin embargo, sus ideas sobre el movimiento eran incorrectas en muchos aspectos. Por ejemplo, Aristóteles creía que los objetos necesitaban una fuerza continua para mantenerse en movimiento, y que los objetos más pesados caían más rápido que los más ligeros. Siglos más tarde, *Galileo Galilei* fue el primero en corregir muchas de las ideas de Aristóteles. Galileo es considerado uno de los pioneros en el estudio del movimiento porque desarrolló experimentos y observaciones precisas sobre cómo se mueven los cuerpos. Finalmente, en el siglo XVII, *Isaac Newton*, físico inglés, consolidó el estudio del movimiento con sus Leyes



Aristóteles

del Movimiento y la Ley de Gravitación Universal, que explicaban no solo el movimiento de los cuerpos en la Tierra, sino también el movimiento de los planetas y otros objetos celestes. Aunque *Aristóteles* fue el primero en teorizar sobre el movimiento, *Galileo* y *Newton* fueron quienes realmente sentaron las bases de la física moderna y nuestra comprensión del movimiento.



Newton, I.

De pronto, Pitias se levantó y dijo que iba a comprar una bebida gaseosa fría, el calor estaba agobiándola, quizá compraría una de sabor a limón. —¿Quieren algo? —dijo acariciando el cabello de Peleo.

—Sí, yo quiero un helado de pistacho —dijo Hípaso—.

Los jóvenes también pidieron lo de siempre ¡Chocolate!

Mientras se alejaba Pitias, Academo pensó en la forma de saber que algo se mueve, porque su padre había nombrado eso de referencia. —Mirando a su madre y viendo que ellos estaban sentados —preguntó a su padre—.

—Papá, pero tu dijiste eso de referencia. Explícanos.

—Claro, pero usemos la imaginación.

El ejemplo clásico de los carros que van a la misma velocidad y no se puede determinar si se mueven hace referencia al principio de la relatividad de Galileo y también al concepto de movimiento relativo en física.

Imaginen dos carros (A y B) que están viajando lado a lado por una autopista. Si ambos carros se mueven exactamente a la misma velocidad —es decir, en la misma dirección; sentido y módulo—, desde la perspectiva de alguien que esté dentro de uno de esos carros, parecería que el otro carro está inmóvil, porque no hay cambio en la posición relativa entre ambos. No hay movimiento aparente entre ellos. Si miran únicamente desde uno de los carros, no podrías saber si ambos carros están





realmente en movimiento a gran velocidad o si están completamente detenidos, ya que no hay ningún punto de referencia externo visible que les permita medir el movimiento. Este fenómeno ilustra la importancia del *referencial*, ya que el movimiento no es absoluto, sino que depende del observador y del sistema de referencia que se utilice.

—Es para romperse la cabeza. —exclamó Peleo—.

Pitias se acercaba con una bolsa de helados y tomando de su botella.

—Toma, mi amor. Dirigiéndose a su esposo.

Agradecieron con efusividad los regalos gélidos. Saboreaban con rapidez sus delicias que se derretían aceleradamente por el calor bajo el árbol. Luego se fueron a dar más vueltas en las bicicletas.

Luego de un buen rato, Hípaso se detuvo bajo un árbol a descansar, pero Academo lo observó y decidió acompañarlo. Pitias y Peleo dieron vueltas para verlos y preguntar por la demora, al saber el motivo, les gritó: —¡Están viejos!



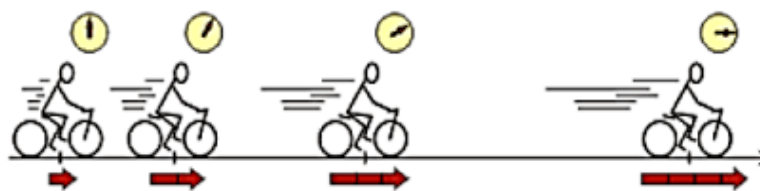
Así las cosas, observaron a sus acompañantes moverse de un lado a otro y a Academo se le ocurrió que ese movimiento no era MRU. ¿Qué era entonces?

Hípaso todavía jadeando le explicó lentamente:

Peleo y tu madre, están en el parque andando en su bicicleta. Ambos comienzan a pedalear desde el mismo punto, pero con velocidades y aceleraciones diferentes.

Pitias arranca lentamente, pero poco a poco empieza a pedalear más rápido, acelerando su velocidad. Peleo, en cambio, arranca rápido, pero al cabo de un rato empieza a cansarse y disminuye su velocidad.

Este ejemplo ilustra el *movimiento variado*, porque la velocidad de cada uno cambia con el tiempo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Tu madre acelera, lo que significa que su velocidad aumenta de manera constante o incluso más rápido a medida que sigue pedaleando. Tu hermano, por otro lado, está desacelerando, lo que significa que su velocidad disminuye con el tiempo.

En este caso, para describir el movimiento de cada uno, no basta con hablar de velocidad constante, sino que se necesita considerar la *aceleración*.

—Y eso ¿es? —Preguntó el joven guiñando un ojo—.

Cambio en la velocidad y cómo esta varía a lo largo del recorrido. Este tipo de movimiento es común en situaciones de la vida diaria, como cuando subes una colina y tienes que disminuir tu velocidad o cuando aceleras al bajar una pendiente.



—Pero ¿la fórmula es la misma de MRU?

—No, no, no. Veamos:

Para ejemplificar el *Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)* con las bicicletas de tu madre y Peleo, podemos centrarnos en el caso de tu mamá, quien acelera constantemente mientras pedalea.

Imagina que Pitias comienza a pedalear en su bicicleta desde el reposo, es decir que la velocidad inicial es igual a 0 y, durante los primeros 10 segundos, incrementa su velocidad de manera constante hasta alcanzar 10 m/s. Esto implica que está acelerando de forma uniforme, lo cual es característico del MRUV.

Para describir este movimiento veamos:

- *Velocidad inicial (v_0): 0 m/s (comienza desde el reposo).*
- *Velocidad final (v_f): 10 m/s (después de 10 segundos).*

- *Aceleración (a): Como su aceleración es constante, podemos calcularla utilizando una simple fórmula.*

$$a = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$a = \frac{10 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{10 s} \quad a = 1 m/s^2$$

Esto significa que tu madre está acelerando a razón de 1 metro por segundo cuadrado. Si el tiempo es menor, entonces la aceleración será mayor, su relación es inversamente proporcional. Es la aceleración constante del objeto, medida en metros sobre segundo cuadrado (m/s^2). Define el cambio de velocidad por unidad de tiempo.



—Pero ¿Y para la distancia?

Usaremos otra expresión —dijo su padre—.

La distancia que Pitias recorre durante este tiempo con aceleración constante se puede calcular usando la fórmula del MRUV:

$$d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

esta expresión nos muestra que no es lineal, sino más bien, es cuadrática

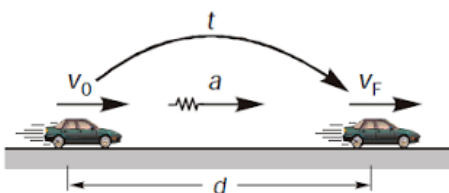
$$d = 0 \frac{m}{s} \cdot 10s + \frac{1}{2} \cdot 1 m/s^2 \cdot (10 s)^2$$

$$d = 50 m.$$

La expresión puede tener otra variable si se toma en cuenta que puede tener una distancia recorrida inicial al movimiento estudiado (d_0).

Así, Pitias recorre 50 metros en 10 segundos con una aceleración constante de $1 m/s^2$. Este es un ejemplo claro de *MRUV*, donde la aceleración es uniforme y la velocidad varía de manera constante a lo largo del tiempo.

El *Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)* se refiere a un movimiento en línea recta en el que la *velocidad del cuerpo cambia uniformemente* con el tiempo, es decir, el objeto experimenta una *aceleración constante*.



Esos términos no entraban tan fácilmente en la mente de su hijo, él lo notaba, así que trató de esclarecer un poco más.

Fuente: Generado por IA (2025).

Aceleración constante es la característica principal del MRUV y es que el objeto está sometido a una aceleración constante. Esto significa que, en cada segundo, la velocidad del objeto cambia en la misma cantidad. Físicamente, la aceleración es la tasa de cambio de la velocidad. Si la aceleración es positiva, el objeto está *acelerando* (ganando velocidad), y si es negativa, el objeto está *desacelerando* (perdiendo velocidad).

La velocidad es cambiante en el MRUV, esta velocidad no es constante, sino que varía con el tiempo. La velocidad inicial del objeto (cuando comenzamos a medir) puede ser cero o tener algún valor. Con el paso del tiempo, la aceleración constante hace que esta velocidad aumente o disminuya de manera lineal. Por ejemplo, si un objeto acelera uniformemente a 2 m/s^2 , su velocidad aumentará en 2 metros por segundo cada segundo.

Fórmula	Descripción
$v = v_0 + a \cdot t$	Velocidad final en función del tiempo
$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$	Posición en función del tiempo
$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$	Relación entre velocidad y desplazamiento
$x = x_0 + \frac{v+v_0}{2} \cdot t$	Posición en función de las velocidades media

Fuente: Tipler & Mosca (2020).

La distancia recorrida en el MRUV es cambiante, esa distancia que el objeto recorre no aumenta de manera lineal, sino *cuadrática con el tiempo*. Esto se debe a que a medida que la velocidad del objeto aumenta (o disminuye), el objeto cubre cada vez más distancia en el mismo intervalo de tiempo. En fin, hijo, el MRUV describe cualquier movimiento donde un objeto experimenta un cambio constante en su velocidad debido a una aceleración constante, y este concepto se aplica en muchas situaciones físicas cotidianas, desde objetos cayendo hasta vehículos que aceleran o frenan.

—¿Cayendo? —dijo dudoso Academo—.

Hípaso ya estaba descansado, pero quería seguir en el tema. Sin embargo, llegaron los ciclistas sin frenar e hicieron señales de seguir. Así que se fueron a pedalear.





En el parque lleno de vida bajo el sol brillante del mediodía, los cuatro compañeros pedaleaban sus bicicletas por el sendero. Pitias, siempre llena de energía, iba adelante, acelerando con fuerza y desafiando a los demás a seguir su ritmo. Academo la seguía de cerca, pero decidía reducir un poco la velocidad para disfrutar más del paisaje, susurrando entre risas que su madre era demasiado competitiva. Detrás de ellos, Peleo, se notaba con una sonrisa serena, mantenía un paso constante, equilibrando el esfuerzo con el placer de la brisa en su rostro. Mientras tanto, Hípaso, el más aventurero del grupo, se desviaba hacia las pequeñas rampas y curvas del parque, haciendo piruetas mientras los demás le lanzaban comentarios divertidos desde el camino principal. Las risas y el sonido de las ruedas sobre el pavimento llenaban el aire mientras las sombras de los árboles danzaban alrededor de ellos. Aunque cada uno tenía su propio ritmo y estilo, compartían ese momento, sintiendo la libertad del viento y el calor del sol en una tarde perfecta de bicicleta. Pero al llegar a la laguna la madre se detuvo y comentó que tenía mucha hambre y deseaba comer pollo frito. Todos aplaudieron la idea, además había un local de pollo frito muy cerca.

Así que se bajaron de sus caballos metálicos y se dirigieron al restaurante caminando a paso lento mientras comentaban las bondades de hacer ejercicio y respirar aire fresco. De camino, a su lado pasaron tres bicicletas de forma muy lenta y saludaron sin detenerse, eran Yuliet y sus padres. El parque era muy popular, iba mucha gente.

En una sala del restaurante, el olor tentador del pollo frito invadía el aire mientras ellos se acomodan en la mesa. Pitias, siempre inquieta, ya había mordido su primera pieza antes de que el mesero terminara de colocar los platos. — ¡Está buenísimo!, —exclamó con la boca llena— sin perder tiempo en saborear cada crujido.



Fuente: Generado por IA (2025).

Peleo, más calmado, sonreía ante el entusiasmo de su madre y, con su servilleta cuidadosamente colocada en el regazo, se dedica a desmenuzar su pollo con paciencia, disfrutando cada bocado. —¿Sabes qué?, comentó. Este pollito está buenísimo. Al otro lado de la mesa, Academo daba pequeños mordiscos a su pieza, riendo suavemente mientras veía a su padre. Él, por supuesto, hacía de la comida una aventura, levantando el muslo de pollo como si fuera un trofeo y haciendo

comentarios sobre lo perfecto que estaba lo crujiente. —Este sí que es un manjar digno de los dioses —dijo en tono teatral, arrancando risas de los demás—.

Entre conversaciones y carcajadas, el grupo compartía papas fritas y salsas, intercambiando historias del día y disfrutando del simple placer de una comida deliciosa. Cada uno a su estilo, pero todos unidos por la alegría de estar juntos, mientras el sonido del pollo frito y las sonrisas llenaban el restaurante.



Luego de una hora entre presas de pollo, se fueron al parque nuevamente, pedalearon hasta el puente sobre el arroyo y se sentaron allí.

Los dos jóvenes curiosos, están parados sobre el puente que cruza un arroyo tranquilo. Ambos se asoman por la barandilla, mirando las pequeñas olas que se forman en el agua. De repente, Peleo recoge una piedrita del suelo del puente y, sonriendo traviesamente, dice:

— ¿Qué crees que pasaría si dejo caer esta piedrita?

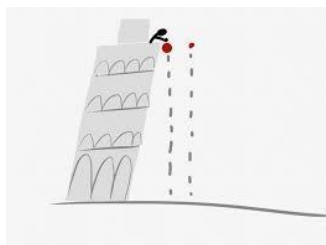
Academo, intrigado, lo observa atentamente mientras Peleo sostiene la piedra en su mano.



Fuente: Generado por IA (2025).

— Pues... Responde Academo. Caerá directo al agua, ¿no? Pero ¿a qué velocidad?

Peleo, levantando el ceño, suelta la piedra y ambos la siguen con la mirada mientras cae en línea recta hacia el río. El suave *plof* del agua al ser golpeada por la piedra rompe el silencio después de un brevísimo momento.



— ¡Epa! —dice Pitias—. ¿Sabían que ese movimiento se llama *caída libre*? La piedra cae solo por el efecto de la *gravedad*. ¡Es como si estuviera siendo tirada hacia abajo por el planeta!

Peleo, curioso como siempre, pregunta:

— ¿Y cae siempre a la misma velocidad o va más rápido a medida que baja?

Hípaso intervino de inmediato. Agregó:

Supongamos que lanzamos una piedrita de esas hacia arriba. Al hacerlo, la pelota inicialmente se mueve hacia arriba, pero debido a la aceleración constante de la gravedad —aproximadamente $-9,8 \text{ m/s}^2$ —, su velocidad disminuye gradualmente hasta que se detiene en el punto más alto de su trayectoria. Luego, la pelota empieza a caer acelerándose hacia abajo con la misma aceleración constante.

¿Esa aceleración es como la que ya discutimos hace ratito? —Preguntó Academo recordando un poco—.



—Hípaso se levantó y dijo ¡Bueno...!

La *aceleración de la gravedad* es la velocidad a la que los objetos aumentan su rapidez cuando caen hacia el suelo, debido a la atracción gravitacional de la Tierra.

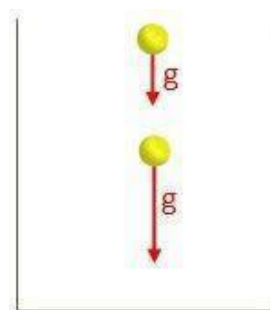
Esta aceleración es constante y tiene un valor aproximado de *9,8 metros por cada segundo cuadrado (m/s^2)*.

Fórmula	Descripción
$v = v_0 + g \cdot t$	Velocidad final en función del tiempo
$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2}g \cdot t^2$	Posición en función del tiempo
$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot (y - y_0)$	Relación entre velocidad y desplazamiento
$y = y_0 + \frac{v+v_0}{2} \cdot t$	Posición en función de la velocidad media

Fuente: Tipler & Mosca (2020).

Esto significa que cada segundo que un objeto cae, su velocidad aumenta en $9,8 \text{ m/s}$. Por ejemplo, si dejan caer una piedrita desde esta altura:

- En el primer segundo, su velocidad será de 9,8 m/s.
- En el segundo segundito, su velocidad será de 19,6 m/s (9,8 + 9,8).
- En el tercer segundo, su velocidad será de 29,4 m/s, y así sucesivamente.



Fuente: Autor (2025).

Es importante notar que la aceleración de la gravedad actúa sobre todos los objetos por igual, sin importar su masa, forma o naturaleza. Así, una piedra pesada y una pluma caerían a la misma velocidad si no hubiera resistencia del aire —como sucede en el vacío—. ¡Es la gravedad la que les empuja hacia abajo!



Fuente: Generado por IA (2025).

Entre tanto, los dos jóvenes, se encuentran en el puente a una altura de 2 metros sobre el suelo. Ambos deciden soltar piedras al mismo tiempo para ver cuál llega primero al suelo.

Hípaso se acerca y de inmediato sus hijos lo miran y preguntan casi inmediatamente. Este dijo mirando el agua, veamos:

La altura del puente: 2 metros, según dice ese cartelito.

La aceleración de la gravedad: 9,8 m/s², pero consideremos despreciable la resistencia del aire, cosa que no es verdad.

- *Calculemos el tiempo que tarda cada piedra en llegar al suelo.*
- *Calculemos la velocidad con la que cada piedra impacta en el suelo.*

En caída libre, el tiempo t de caída desde una altura h está dado por la fórmula:

$h = \frac{1}{2}at^2$ En este caso la aceleración sería la aceleración de la gravedad g . Es decir:

$h = \frac{1}{2}gt^2$ de aquí podemos tener el tiempo así:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

El tiempo siempre será un número positivo.

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 2\text{m}}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$t = 0,638 \text{ s}$ Esto es lo que tarda en caer, pues es muy rápido, parece inmediato.

Para la velocidad usaremos:

$v = g \cdot t$ esto nos dice que el tiempo define esta velocidad.

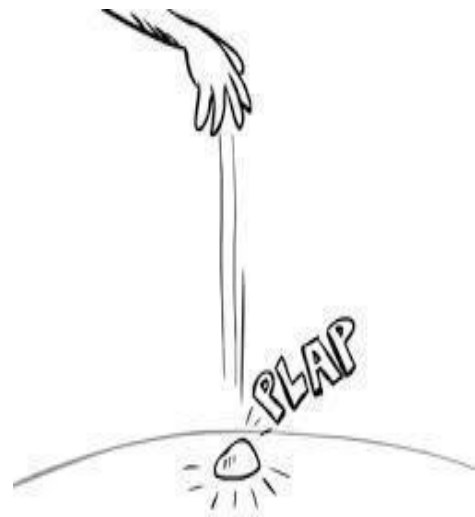
$$V = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,638 \text{ s}$$

$$V = 6,252 \text{ m/s}$$

Podemos ver que la rapidez es alta; es por eso por lo que el tiempo es tan pequeño.

¡Es un poco confuso papá! —dijeron revisando los cálculos—.

Hípaso lo sabía, es un tema que se debe explicar con detalle, así que les dijo:



Cuando sueltan las piedras, estas comienzan a moverse bajo la influencia exclusiva de la gravedad, que actúa hacia abajo con una aceleración constante. Esto significa que cada segundo, la velocidad de las piedras aumenta. La altura desde la cual se sueltan las piedras determina cuánto tiempo tomarán en llegar al suelo. Como ambas piedras parten del reposo y caen desde la misma altura, la gravedad afecta a ambas de manera idéntica, por lo que tardarán el mismo tiempo en llegar al suelo, sin importar el peso o la forma de las piedras. A medida que las piedras caen, su velocidad aumenta debido a la aceleración de la gravedad. Justo antes de llegar al suelo, las piedras alcanzarán su velocidad máxima —que depende de cuánto tiempo estuvieron cayendo—. Esta velocidad nos indica cuán rápido viajan

en el instante justo antes de tocar el suelo, siendo mayor mientras mayor sea la altura desde la que caen.

—Cada uno de estos movimientos son independientes, supongo. —dijo Peleo—. Refiriéndose al MRU y al MRUV.

—Bueno, sí y no —dijo su padre—. Déjenme ponerlo así: el MRU es rectilíneo horizontal, mientras el MRUV es rectilíneo vertical y horizontal. En caso de que el MRUV sea una ascendente o descendente es vertical.

Una bicicleta se mueve con rapidez constante de 10 m/s durante 5 segundos. Luego, el ciclista pisa el pedal y la bicicleta acelera a razón de 2 m/s² durante 3 segundos. Después, el ciclista suelta el pedal y la bicicleta cae libremente desde una altura de 5 metros.



Calculemos:

- *La distancia recorrida por la bicicleta durante el movimiento constante.*
- *La rapidez final de la bicicleta después de la aceleración.*
- *El tiempo que tarda la bicicleta en caer libremente desde la altura de 5 metros.*
- *La rapidez con la que la bicicleta golpea el suelo.*

- Distancia recorrida durante el movimiento constante.

$$d = v \cdot t$$

$$d = 10 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ s}$$

$$d = 50 \text{ m}$$

- Rapidez final después de la aceleración.

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v = 10 \text{ m/s} + 2 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s}$$

$$v = 16 \text{ m/s}$$

La fórmula indica cómo cambia la rapidez (v) de un objeto a lo largo del tiempo cuando está sujeto a una aceleración constante (a).

Si la aceleración es positiva ($a > 0$), la rapidez aumenta con el tiempo, es decir, el objeto se acelera.

Si la aceleración es negativa ($a < 0$), la rapidez disminuye con el tiempo, es decir, el objeto desacelera o frena.

○ Tiempo de caída libre.

La fórmula describe la relación entre el tiempo transcurrido (t) y la altura (h) de un objeto que cae bajo la influencia de la gravedad, sin considerar otras fuerzas como la resistencia del aire.

Si el objeto se deja caer desde el reposo ($v_0 = 0$), su posición viene determinada únicamente por la aceleración gravitacional (g) y el tiempo de caída.

$$h = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$5 \text{ m} = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

$$t^2 = 1,02 \text{ s}^2$$

$$t = \sqrt{1,02 \text{ s}^2}$$

$$t \approx 1,009 \text{ s}$$

Si se lanza se suma $V_0 \cdot t$

○ La rapidez al golpear el suelo.

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m}}$$

$$v \approx 9,899 \text{ m/s}$$

Este ejemplo nos ilustra que se puede describir el movimiento en distintas trayectorias.

Veamos una situación desde varios puntos de vista:

Fuente: Generado por IA (2025).

Si la nave está en esa posición y se queda sin combustible y se apaga, su movimiento será caer hacia el planeta. En este caso se vería como *"caer para abajo"*

En nuestro planeta sería lo normal, de hecho, decirlo es un pleonismo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Si la nave está en esa posición y se queda sin combustible y se apaga, su movimiento será caer hacia el planeta. En este caso se vería como *"caer para arriba"*

Este caso ya se puso un poco raro.



Si la nave está en esa posición y se queda sin combustible y se apaga, su movimiento será caer hacia el planeta. En este caso se vería como *"caer para la derecha"*



Con este caso podemos ver que caer significa ser halado hacia la superficie por efecto de un campo gravitatorio.

Bueno, este ejercicio ilustra cómo la gravedad actúa como una fuerza constante que acelera los objetos en caída libre, llevando a un tiempo de caída y una

rapidez de impacto que dependen únicamente de la altura y no del tipo de objeto que cae (suponiendo que no hay resistencia del aire).

—¿Por qué insistes en la resistencia del aire? —dijo Academo muy curioso—.

—Sí, ya lo dijiste dos veces —apuntó Peleo—.

Hípaso pensó un momento, miró en todas las direcciones, señaló los árboles moviéndose e intentó golpear el aire con la palma de la mano. Luego dijo:



La resistencia del aire es una fuerza que actúa en dirección opuesta al movimiento de un objeto cuando se mueve a través de la atmósfera. En el estudio de la caída libre, su influencia depende de varios factores, como la velocidad del objeto, su forma y tamaño, y la densidad del aire.

Supongamos que estudiamos la caída de las piedritas sin resistencia del aire. En un entorno ideal, como el vacío, donde no hay resistencia del aire, todos los objetos caen a la misma velocidad bajo la influencia exclusiva de la gravedad. Esto es lo que observamos en el cálculo idealizado de la caída libre: un objeto en caída experimenta solo la aceleración gravitacional sin ninguna fuerza que se oponga.



Pero ahora veamos con resistencia del aire. En condiciones reales, la resistencia del aire afecta el movimiento. A medida que un objeto cae, la resistencia del aire aumenta con la velocidad del objeto. Esto crea una fuerza opuesta a la dirección de la caída, desacelerando la rapidez del objeto. Eventualmente, la resistencia del aire se equilibra con la fuerza de la gravedad, alcanzando lo que se conoce como *velocidad terminal*. La velocidad terminal es la velocidad máxima que un objeto alcanza en caída libre cuando la resistencia del aire iguala el peso del objeto. A partir de este punto, el objeto deja de acelerar y cae a una velocidad constante. La velocidad terminal depende de la forma y el tamaño del objeto, su masa, y la densidad del aire.



—¿En qué casos lo vemos? —dijo Peleo—.

Bueno en casi todo —dijo su padre—. Como ya vimos hace varios días, la atmósfera cubre todo. Pero:

- *Objetos livianos y con grandes superficies, como una pluma, experimentan mucha resistencia del aire en relación con su peso. Caen lentamente y alcanzan una velocidad terminal baja.*
- *Objetos compactos y pesados, como una piedra, tienen menor resistencia relativa y alcanzan velocidades terminales más altas, por lo que su caída es rápida.*



Así entonces, la resistencia del aire es fundamental para entender cómo los objetos de diferentes formas y pesos se comportan en la caída. Sin esta resistencia, todos los objetos caerían al mismo ritmo, como se observa en condiciones de vacío. Sin embargo, en la atmósfera, la resistencia del aire significa que cada objeto tiene un comportamiento de caída único, regulado por sus propiedades físicas y la densidad del medio en el que cae.

El fenómeno de la resistencia del aire y el estudio de la caída libre fueron investigados por varios científicos a lo largo de la historia, pero es *Galileo Galilei* quien es más conocido por sus contribuciones fundamentales en este tema. En el siglo XVII, Galileo llevó a cabo experimentos para entender la caída de los objetos. Según la leyenda, realizó un experimento desde la *Torre de Pisa*, dejando caer esferas de diferentes masas para observar si caían a la misma velocidad.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¡La de Italia! —dijo Peleo—.

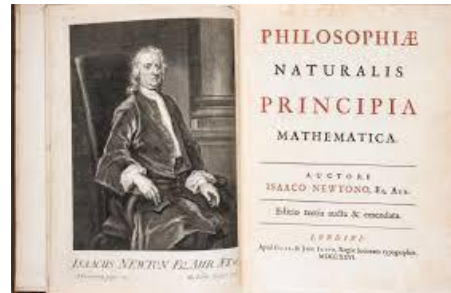
—Así es —dijo su padre señalándole con el dedo—.

Luego aclaró:

Aunque los detalles de este experimento no están confirmados, Galileo demostró que, en ausencia de resistencia del aire, todos los objetos caen con la misma aceleración, independientemente de su masa. Con este descubrimiento,

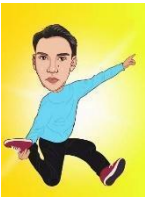
refutó la antigua teoría de Aristóteles, que sostenía que los objetos más pesados caían más rápido que los más ligeros.

Más adelante, Isaac Newton aportó una explicación matemática a la resistencia del aire y a las fuerzas que afectan a los objetos en movimiento a través de un fluido como el aire o el agua. En su libro *Principia Mathematica*, Newton formuló leyes que describen cómo la fuerza de resistencia aumenta con la velocidad del objeto y su forma, lo que llevó a una comprensión más avanzada



Fuente: Generado por IA (2025).

de la caída libre en medios no ideales, es decir, con resistencia.



—Ese Newton era un loquillo ¿no? —dijo Peleo—.

—Pero Galileo era un gigante —agregó Academo—.

—De hecho —dijo Hípaso—. Eso precisamente dijo Newton, que *estaba montado en hombros de gigantes* para lograr todo lo que hizo. Claro que se refería a Galileo y otros que le precedieron.

Luego dijo:

Robert Boyle y otros físicos del siglo XVII realizaron experimentos en cámaras de vacío para demostrar que, al eliminar el aire, los objetos caen al mismo ritmo. Esto confirmaba que la resistencia del aire, y no la masa, afectaba la velocidad de caída en condiciones atmosféricas normales. Galileo sentó las bases para el estudio de la caída libre, mientras que Newton aportó las leyes que explican la resistencia del aire y otros factores que intervienen en el movimiento de los objetos en el aire.

Hay algo muy curioso —dijo Hípaso casi riendo—:

En el año 1971 llegó la demostración práctica de las teorías de Galileo. Entre el 26 de julio y el 7 de agosto se llevó a cabo la misión Apolo 15. Durante casi tres días el comandante *David R Scott* y su piloto *James Benson Irwin*, permanecieron en la Luna, según dijo *ABC ciencia* en 2018. El comandante del Apolo 15 lanzó desde la



Fuente: NASA. (1971, Agosto 2).
Apollo 15 hammer and feather drop

altura de su cintura un martillo de geólogo, de más de un kilogramo de peso y una pluma de halcón, de unos treinta gramos de peso. A pesar de la diferencia de forma y masa, tal y como habría predicho Galileo ambos tocaron el suelo lunar a la vez. La razón es muy sencilla, resulta que nuestro satélite no tiene rozamiento con el aire debido a que no hay atmósfera.

—Según dice su padre. Intervino Pitias. Esas fórmulas son ideales, es decir, solo funcionan cuando no se toma en cuenta el aire.

En condiciones normales, como la velocidad de una bala, se debe tomar en cuenta otras cosas además del aire. Por ejemplo, la temperatura, la presión y la cercanía a los polos del planeta.

Hípaso la escuchó con atención, ella tenía razón en su planteamiento.

Así que, para complementar el ingenioso comentario, les dijo:



Fuente: Generado por IA (2025).

La física modela ciertos comportamientos con la asistencia de expresiones matemáticas que ayudan a comprender cómo ocurre un fenómeno, pero las leyes pueden ser experimentales o ideales, porque hay físicos dedicados a las ideas, estas personas son llamados teóricos y también los físicos de laboratorio, a estos los llaman físicos prácticos.



Este principio es fundamental en la física porque demuestra que la gravedad es una influencia universal y que la masa de un objeto no afecta su velocidad de caída, desafiando la intuición que sugiere que los objetos más pesados deberían caer más rápido. Esta idea fue clave para el desarrollo de la teoría de la gravedad de Newton y sentó las bases para la física moderna.



Los ciclistas salieron caminando del puente hacia el árbol donde estaban las amigas de dos ruedas, cada uno tomó la suya y la montó. La marcha se perfiló con rumbo a la cancha de fútbol que estaba en el oeste del parque, el viaje solo fue de unos escasos cinco minutos. Al llegar se dieron cuenta que había gente esperando para jugar, pues los dos equipos rivales ocupaban el campo deportivo con sus patadas.

Estacionaron sus bestias de hierro juntas y se sentaron debajo de un enorme árbol de pino. Comentaron cosas triviales por algunos momentos, hasta que Pitias dijo que deseaba tomar un jugo de naranja bien frío.



Ella mirando a su esposo, le dijo —Mi amor ¿Quieres jugo?

—Sí, yo quiero algo cítrico. —dijo él—. Puede ser limón o naranja.

Peleo se levantó y se sugirió acompañarla, pero que irían a pie.

Luego de la retirada de ese par. Academo, le dijo a su padre que aún tenía una duda respecto a la gravedad, que era confuso entender algo específico.

—En el colegio, el profesor de ciencias naturales nos dijo que la gravedad es una fuerza. Pero en las fórmulas que nos presentaste, no comprendo que sea una fuerza.



—Bueno, primero debemos saber lo que es una fuerza, luego veremos si esta magnitud es o no una fuerza.



—A ver —dijo Academo acomodándose un poco en el césped—.

Hípaso se acarició un poco la barba y miró a la izquierda, luego dijo: hay dos posturas claras la de Newton y la de Einstein.

Debemos analizar las ideas de nuestro amigo Newton.

Propuso que la gravedad era una *fuerza invisible* que atrae a dos cuerpos con masa.

La magnitud de esta fuerza depende de las masas de los cuerpos y de la distancia que los separa. Newton no explicó cómo se transmitía esta fuerza a través del espacio vacío, solo que era proporcional a la masa y la inversa del cuadrado de la distancia. Su ley de gravitación universal es una fórmula simple que calcula la fuerza gravitacional entre dos cuerpos:

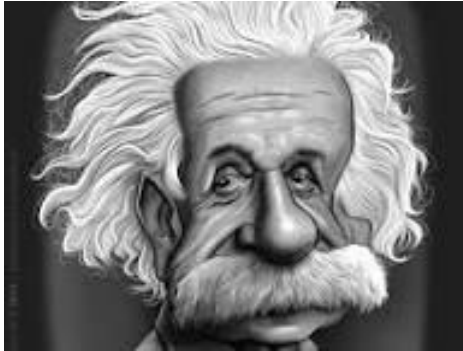
$$F = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

Donde:

- *F : es la fuerza gravitatoria en Newton.*
- *G: es la constante de gravitación en $6,672 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$*
- *M: es la masa del cuerpo más grande en kilogramos.*
- *m: es la masa del cuerpo más pequeño en kilogramos*
- *d: es la distancia que los separa, pero al cuadrado y en metros.*

Es sencilla y precisa para describir la mayoría de los fenómenos en el espacio. Su teoría es excelente para describir la gravedad a escalas pequeñas y moderadas, como en el caso de los movimientos de los planetas en el sistema solar. Sin embargo, no es precisa para objetos muy masivos o fenómenos a gran escala, como la órbita de Mercurio o agujeros negros. Además, no contempla la idea de curvatura del *espacio-tiempo*. En su teoría, la gravedad actúa instantáneamente a cualquier distancia, algo que no concuerda con la velocidad finita de la luz.

Este principio es fundamental porque no solo explica la caída de



Einstein, A. los objetos hacia la Tierra, sino también cómo los



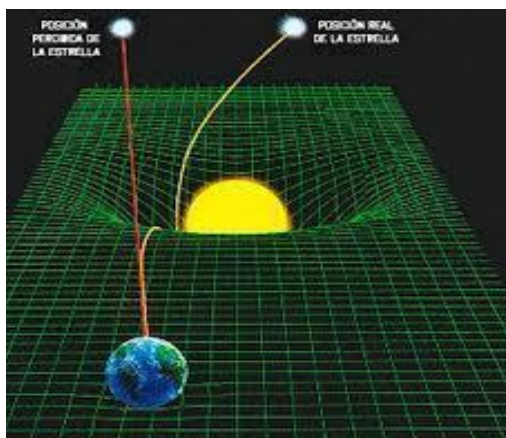
Fuente: Generado por IA (2025).

planetas se orbitan entre sí y alrededor del Sol, así como la interacción de otros cuerpos celestes en el universo. La Ley de Gravitación Universal fue un gran avance en la física porque proporcionó un marco matemático para entender y predecir el comportamiento de los cuerpos en movimiento bajo la influencia de la gravedad, unificando la física terrestre y la celestial por primera vez.

—Algunas cosas comentó el profesor, pero ¿Cuál es la postura de Einstein?

Hípasso continuó:

Albert Einstein, fue un físico alemán del siglo XX. Con su teoría de la *relatividad general*, propuso que la gravedad no es una fuerza, sino el resultado de la curvatura del espacio-tiempo alrededor de un objeto masivo. Según él, los cuerpos con masa deforman el espacio-tiempo, y esta curvatura es la que hace que los objetos se atraigan. En la relatividad general, la gravedad es descrita por ecuaciones mucho más complejas, las ecuaciones de campo de Einstein, que relacionan la curvatura del espacio-tiempo con la distribución de la energía y la masa. Estas ecuaciones son difíciles de resolver y requieren matemáticas avanzadas.



Fuente: Generado por IA (2025).

Así pues, su teoría es necesaria para describir correctamente fenómenos en campos gravitacionales intensos o en presencia de velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Explica fenómenos como el desplazamiento del perihelio de Mercurio y la existencia de ondas gravitacionales. Entonces, la gravedad es una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo. Esto significa que cualquier cambio en la distribución de masa, como la explosión de una estrella envía ondas gravitacionales a la velocidad de la luz.

—Pero... —murmuró el joven—.

Hípaso lo miró y le dijo:

Newton explicó la gravedad como una fuerza y Einstein la interpretó como una deformación del espacio-tiempo.

Ambas teorías son fundamentales en la física, y aunque la teoría de Einstein es más precisa en muchos contextos, la de Newton sigue siendo extremadamente útil por su simplicidad y precisión en situaciones cotidianas.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Entonces, ¿Quién tiene la razón?

—¡Ambos! Pues Newton está en el mundo meso, mientras que nuestro amigo alemán está en el macro. Newton tiene razón en un marco limitado, y Einstein proporciona la versión completa.

Se acercaban los compañeros con las bebidas.

—Tomen juguitos —les dijo Peleo—.

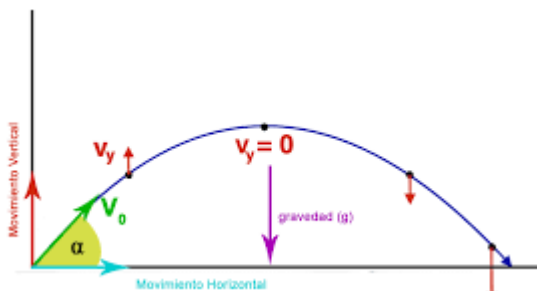
—Muchas gracias —dijeron los que descansaban—.



Luego los cuatro se sentaron en el graderío a ver el juego entre el equipo blanco y el equipo azul. Al parecer los azules iban ganando un gol por cero, pero no estaban seguros de lo que veían, porque la pizarra estaba ausente del campo.

La pelota iba de un arco a otro. Había mucho balón aéreo, así que cabeceaban muy seguido. De pronto le llegó una idea a Pitias, era algo que había visto en la escuela, hace años, pero duda, al fin y al cabo, no es su campo.

—Mi amor, ese movimiento que hace el balón ¿Es un movimiento rectilíneo variado o uniforme?



Fuente: Autor (2025).

Su esposo la abrazó y le dijo, —mira la trayectoria del balón. —¿Crees que sea rectilíneo?

—Creo que no.

—Pero hace una curva —dijo Peleo—.

—Es un movimiento en dos planos, es curvilíneo.

¡Efectivamente! —dijo Hípaso—. Y agregó:

Sí, el movimiento de proyectiles o parabólico es un tipo de movimiento curvilíneo. Cuando un objeto se lanza con una velocidad inicial en una dirección que no es vertical ni horizontal, como ocurre al patear el balón de fútbol, sigue una trayectoria curva o parabólica debido a la combinación de dos componentes de su movimiento.

La componente horizontal es constante, ya que en ausencia de resistencia del aire no hay fuerzas horizontales actuando sobre el proyectil. Asimismo, la componente vertical es acelerado debido a la aceleración de gravedad, que provoca que el proyectil suba y luego baje.

Fórmula	Descripción
Horizontal: $x = v_0 \cdot \cos(\theta) \cdot t$	Posición horizontal en función del tiempo
Vertical: $y = v_0 \cdot \sin(\theta) \cdot t - \frac{1}{2}g \cdot t^2$	Posición vertical en función del tiempo
Tiempo de vuelo: $t = \frac{2 \cdot v_0 \cdot \sin(\theta)}{g}$	Tiempo total que el proyectil está en el aire
Alcance máximo: $R = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\theta)}{g}$	Distancia horizontal máxima que alcanza el proyectil
Altura máxima: $h = \frac{(v_0 \cdot \sin(\theta))^2}{2g}$	Altura máxima que alcanza el proyectil

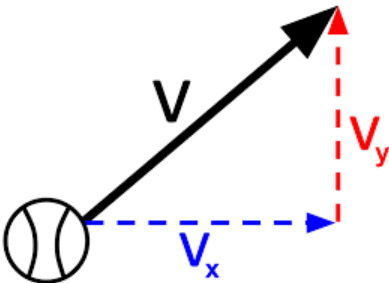
Fuente: Tipler & Mosca (2020).

Esto da lugar a una trayectoria parabólica característica en la que el balón alcanza una altura máxima y luego cae al suelo.

—A ver, a ver —dijo peleo—. Más despacio.

Veamos —dijo Hípaso—.

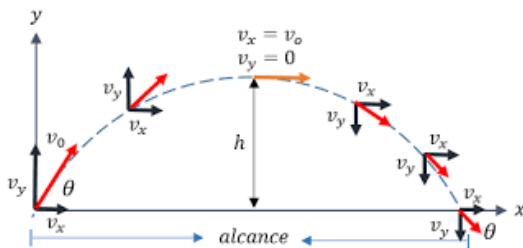
Miren al arquero al sacar el balón. La interpretación física de este proceso con el balón de fútbol se basa en cómo las fuerzas y la velocidad inicial definen la trayectoria del balón al ser pateado. Podemos desglosarlo así:



Fuente: Autor (2025).

- *Descomposición del movimiento.* Al patear el balón en un ángulo, creamos dos componentes de velocidad: una en la dirección horizontal y otra en la dirección vertical. Estas componentes determinan la trayectoria del balón de manera independiente, y juntas producen el movimiento parabólico.
- *Componente horizontal.* Esta es la velocidad constante con la que el balón se mueve en la dirección horizontal. No hay ninguna fuerza actuando en esta dirección —suponiendo que ignoramos la *resistencia del aire*—, por lo que el balón mantiene esta velocidad horizontal constante durante todo el vuelo. La distancia que el balón recorre horizontalmente depende de esta velocidad constante y del tiempo que permanece en el aire.

- *Componente vertical.* Aquí, la gravedad juega un papel crucial. Cuando el balón es lanzado, su velocidad vertical disminuye progresivamente debido a la aceleración negativa causada por la gravedad (aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$). Esto hace que el balón alcance un punto máximo, donde su velocidad vertical es 0. Luego, la gravedad tira del balón hacia abajo, y comienza a caer, aumentando su velocidad en la dirección opuesta hasta tocar el suelo.
- *Trayectoria parabólica.* La combinación de la constante velocidad horizontal y la aceleración vertical variable crea la forma de una parábola. La altura y el alcance horizontal del balón están determinados por la magnitud de la velocidad inicial y el ángulo de lanzamiento. Así, si cambiamos el ángulo o la fuerza del tiro, la altura y distancia que alcanzará el balón cambiarán, alterando su trayectoria.
- *Tiempo de vuelo.* Este depende solo del movimiento vertical, pues el balón está en el aire mientras su componente vertical se ve afectada por la gravedad. Una vez el balón ha alcanzado su punto más alto y regresado al suelo, el tiempo total de vuelo se puede calcular para entender cuánto duró el movimiento.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Metamos un poco de cálculos a ver. —dijo Pitias—.

—Claro —dijo Hípaso—. Mmm....

supongamos que ese arquero pateó el balón con una velocidad inicial de 20 m/s en un ángulo de 30° con respecto al suelo. Este lanzamiento tiene las dos componentes del movimiento de proyectiles.

Componente horizontal (V_x): La velocidad en esta dirección es constante y se calcula como:

$$V_x = V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$V_x = 20 \text{ m/s} \cdot \cos (30^\circ)$$

$$V_x = 17,32 \text{ m/s}$$

Componente vertical (V_y): La velocidad en esta dirección cambia debido a la gravedad, que hace que el balón primero suba, alcance una altura máxima y luego caiga. La velocidad inicial en la dirección vertical es:

$$V_y = V_0 \cdot \text{sen } \alpha$$

$$V_y = 20 \text{ m/s} \cdot \text{sen } (30^\circ)$$

$$V_y = 10 \text{ m/s}$$

Al lanzarlo, el balón subirá hasta su punto más alto, donde la velocidad vertical será 0, y luego descenderá siguiendo una trayectoria parabólica hasta tocar el suelo. Sin resistencia del aire, este balón volvería al mismo nivel de altura desde el cual fue lanzado después de recorrer una distancia horizontal calculable a partir de sus componentes.

—Es más rápido en horizontal —dijo Pitias—.

—Pero ¿Se puede saber hasta dónde llega ese balón del ejemplo? —Preguntó Peleo—.

—Sí, por supuesto. —dijo su padre—.

El alcance horizontal (R) depende de la velocidad horizontal constante y del tiempo total de vuelo. La fórmula es:

$R = V_x \cdot t$ es decir, mientras mayor sea el tiempo, llegará más lejos. El ángulo es esencial para esta distancia.



—Pero, no se sabe el tiempo. —dijo Academo—.

Hípasso pensó un poco y dijo:

Para encontrar el tiempo total de vuelo (t), calculamos el tiempo que tarda en alcanzar el punto más alto y luego lo duplicamos, ya que el tiempo de subida y de bajada son iguales. La fórmula es:

$t = \frac{2 \cdot V_y}{g}$ entonces el tiempo que emplee dependerá directamente de la velocidad vertical que tenga

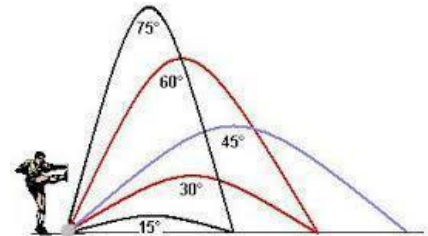
$$t = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$t = 2,04 \text{ s}$$

—Bueno ahora es fácil —dijo Pitias—. Yo lo hago.

$$R = 17,32 \text{ m/s} \cdot 2,04 \text{ s}$$

$$R = 35,3 \text{ m}$$



Fuente: Generado por IA (2025).

—Pues llega lejos —dijo Peleo—. ¿Y de la altura?

—Pero al cambiar el ángulo, cambiaríamos esa distancia ¿no?

—Efectivamente —dijo Hípaso—.

Hípaso revisó el cálculo de su esposa. —Muy bien. Ahora déjenme mostrar sobre la altura.

La altura máxima (h) se calcula con la fórmula:

$$h = \frac{V_y^2}{2 \cdot g}$$

Esto nos dice que, a mayor velocidad vertical, su altura será también mayor.

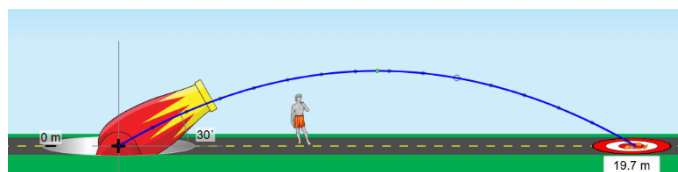
$$h = \frac{(10 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h = 5,1 \text{ m}$$

—Bien alto llegaría —dijo Academo—. Pero también depende del ángulo con el que salga.

—¡Ajá! —dijo su padre—. Pero recuerden el ángulo.

—¿Por qué insiste con lo del ángulo, papá?

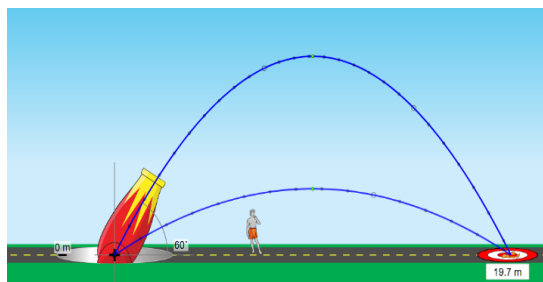


Fuente: Phet (2025).

Hípasso les acarició el cabello a ambos y dijo:

Un dato curioso sobre el *movimiento parabólico* es que el ángulo de lanzamiento ideal para maximizar la distancia horizontal de un proyectil es *45 grados*, pero esto no es lo único sorprendente.

Cuando lanzamos un proyectil, como una pelota o misil, si lo lanzamos en diferentes ángulos, pero con la misma velocidad inicial, descubriremos que todos los proyectiles alcanzan la misma distancia horizontal *siempre que sus ángulos sumen 90 grados*. Por ejemplo, si lanzan un proyectil a 30 grados y otro a 60 grados con la misma velocidad inicial, ambos aterrizarán a la misma distancia.



Revisemos ese problema:

Un jugador de fútbol se encuentra a 70 metros de la portería contraria y en posesión del balón, observa que el guardameta se encuentra fuera del área y estima que le tomará al menos 5 segundos el regresar al arco. Si el jugador golpea el balón a 50° con respecto al suelo. Encuentra la velocidad a la que debe golpear el balón para que este entre en la portería.

En este problema nos dan el alcance (distancia horizontal) y el tiempo empleado en alcanzar ese alcance.

Datos

$$R = 70 \text{ m}$$

$$R = V_x \cdot t_v$$

$$T_v = 5 \text{ s}$$

$$\alpha = 50^\circ$$

de la expresión dada podemos tener: $V_x = V_o \cdot \cos \alpha$

$$V_0 = ?$$

$$V_0 \cdot \cos \alpha = \frac{R}{t_v}$$

$$V_0 = \frac{R}{t_v \cdot \cos \alpha}$$

$$V_0 = \frac{70 \text{ m}}{5 \text{ s} \cdot \cos 50^\circ}$$

$$V_0 = 21,78 \text{ m/s}$$

Este fenómeno es asombroso porque significa que hay múltiples formas de lograr el mismo objetivo en el lanzamiento, y desafía la intuición.

Como pueden ver ¡No necesitan ser unos expertos para hacer que una pelota vuele lejos! Además, esto se puede observar en deportes como el fútbol o el baloncesto, donde la técnica de lanzamiento puede variar, pero el resultado puede ser similar.



Euler, L.

—Danos otros ejemplos de este movimiento —
dijo Peleo—.

Un ejemplo práctico del movimiento parabólico lo encontramos en el lanzamiento de agua de una manguera de jardín. Si sostenemos la manguera en un ángulo y abrimos el grifo, el agua sale disparada en una dirección inclinada, describiendo una trayectoria parabólica en el aire antes de caer al suelo.

Otro ejemplo práctico del movimiento parabólico es cuando alguien lanza una pelota de baloncesto al aro desde una distancia. A este movimiento contribuyó enormemente el físico suizo Leonhard Euler en el siglo XVIII.

Veamos un problema más complejo.

Alejandra pedalea tranquilamente por una calle plana a velocidad constante de 5 m/s durante 60 segundos.

¿Cuánta distancia recorre ella en este tramo?

—¿Qué tipo de movimiento es este? —preguntó Hípaso—.

—Es MRU. —dijo seguro Academo—. Yo lo resuelvo con mi hermano.

Datos

- Velocidad $v = 5 \text{ m/s}$
- Tiempo $t = 60 \text{ s}$

Fórmula del MRU:

$$d = v \cdot t$$

$$d = 5 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s}$$

$$d = 300 \text{ m}$$

Alejandra recorre trescientos metros.

—¡Muy bien! —dijo su padre—. Luego prosiguió:

Después de la recta, Alejandra comienza a subir una pendiente acelerando uniformemente desde 5 m/s hasta 9 m/s en un tiempo de 20 segundos.

- ¿Cuál fue su aceleración?
- ¿Qué distancia recorrió durante la subida?

—¿Qué tipo de movimiento es este? —preguntó Hípaso—.

—Es MRUV. —dijo seguro Peleo—. Esta vez, yo lo resuelvo con mi hermano.

Datos

- Velocidad inicial $v_o = 5 \text{ m/s}$
- Velocidad final $v_f = 9 \text{ m/s}$
- Tiempo $t = 20 \text{ s}$

Para la aceleración

$$a = \frac{v_f - v_0}{t}$$

$$a = \frac{9 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s}}{20 \text{ s}}$$

$$a = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para la distancia

$$d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$d = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 20 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 0,2 \text{ m/s}^2 \cdot (20 \text{ s})^2$$

$$d = 140 \text{ m}$$

Alejandra recorre ciento cuarenta metros con una aceleración de dos décimas de metros sobre segundos cuadrados.

—¡Excelente! —dijo su padre—. Luego prosiguió:

Al terminar la pendiente, Alejandra no ve un pequeño desnivel y su bicicleta cae verticalmente desde una altura de 1,25 m. No tenía velocidad vertical inicial al caer.

- *¿Cuánto tiempo tarda en llegar al suelo?*
- *¿Con qué velocidad vertical impacta el suelo?*

—¿Qué tipo de movimiento es este? —preguntó Hípaso—.

—Es Caída libre. —dijo seguro Academo—. Yo lo resuelvo con mi hermano.

Datos

- *Altura: $h = 1,25 \text{ m}$*
- *Velocidad inicial: $v_0 = 0 \text{ m/s}$*

Para el tiempo teniendo la altura

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,25 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$t = 0,505 \text{ s}$$

Para la velocidad

$$v_f = g \cdot t$$

$$v_f = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,505 \text{ s}$$

$$v_f = 4,949 \text{ m/s}$$

Alejandra llega al suelo en aproximadamente cinco décimas de segundo con casi cinco metros sobre segundos.

—¡Requetebién! —dijo su padre—. Luego prosiguió:

Ahora ella toma impulso en una rampa y sale volando con una velocidad de 10 m/s formando un ángulo de 30° respecto a la horizontal.

- *¿Cuánto tiempo permanece en el aire?*
- *¿Cuál es el alcance horizontal del salto?*
- *¿Cuál es la altura máxima que alcanza?*

—¿Qué tipo de movimiento es este? —preguntó Hípaso—.

—Es parabólico —dijo seguro Academo—. Yo lo resuelvo con mi hermano.

Datos

- *Velocidad inicial $v_0 = 10 \text{ m/s}$*
- *Ángulo $\theta = 30^\circ$*
- *$V_{ox} = v_0 \cdot \cos \theta = 10 \text{ m/s} \cdot \cos 30^\circ = 8,66 \text{ m/s}$*

- $V_{oy} = v_o \cdot \sin\theta = 10 \text{ m/s} \cdot \sin 30^\circ = 5 \text{ m/s}$

Para el tiempo

$$t_v = \frac{2v_{oy}}{g}$$

$$t_v = \frac{2 \left(5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{9 \text{ m/s}^2}$$

$$t_v = 1,02 \text{ s}$$

Para el alcance

$$D = V_{ox} \cdot t_v$$

$$D = 8,66 \text{ m/s} \cdot 1,02 \text{ s}$$

$$D = 8,833 \text{ m}$$

Para la altura

$$h_{\max} = \frac{v_{oy}^2}{2g}$$

$$h_{\max} = \frac{\left(5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$h_{\max} = 1,275 \text{ m}$$

Alejandra no llegó tan alto, pero si lejos.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Se nota que aprendieron. —dijo su padre—.

—Bueno, el sol está desapareciendo, nos vamos. Ordenó Pitias.

—Sí, mi amor —dijo Hípaso—.

Era una tarde fría cuando la familia regresaba a casa después de un divertido día en el parque. Montaron sus bicicletas en la entrada del parque, listos para el viaje de regreso.



Academo, pedaleaba con energía, disfrutando del suave viento que le acariciaba el rostro. ¡Apresúrense, que tengo hambre!, —exclamó con una sonrisa—. Peleo, lo siguió de cerca, esforzándose por mantener el ritmo. ¡Voy a ganarte! —gritó, riendo mientras se esforzaba al máximo—. Hípaso iba al frente, asegurándose de que nadie se quedara atrás.

—Recuerden, chicos, debemos respetar las señales de tráfico, les recordó con firmeza. La mamá, un poco más atrás, disfrutaba de la vista: los árboles verdes y las flores que adornaban el camino le traían calma. Al llegar a un cruce, Academo se detuvo y esperó a que su hermano se acercara. —Mira, ahí está la panadería. ¿Deberíamos parar? Peleo con los ojos brillantes, asintió emocionado.



El padre sonrió y dijo: —Una pequeña parada no hará daño. Vamos a disfrutar un postre y luego seguimos a casa. Allí estaba comprando una rica tarta de fresas Alejandra, las fresas eran enormes y brillantes. Academo conversó un ratito con ella.

Después de un delicioso descanso con fresa y chocolate, la familia reanudó su viaje. Al llegar a casa, cansados pero felices, los cuatro se miraron y comentaban sobre lo aprendido y lo visto. Luego todos se fueron a dormir.

—Buenas noches ¡Niños lindos!

—Buenas noches, mis amores.

—Buenas noches, papá y mamá.



En la mañana, se levantaron tarde, era domingo. Alrededor de las nueve de la mañana se reunieron en el comedor. —No voy a cocinar. —dijo su madre—. Mientras se sentaba.

—Yo voy a tostar pan —dijo Academo—.

—Yo saco el jamón —dijo Hípaso—.

—Yo sirvo el jugo. —dijo Peleo—.

Luego de comer, Pitias dijo que pondría a lavar ropa y hacer deberes pendientes. Peleo se ofreció a ayudar en la lavada. Pero Hípaso dijo que necesitaba comprar algunas cosas para la semana.

—Voy a salir, vengo en un ratito. —dijo Hípaso—.

—Yo te ayudo papá —le dijo Academo—.

Se fueron al carro, su hijo se acomodó adelante en el puesto del copiloto. Puso música para amenizar el viaje, aunque era corto. Llegaron al local y compraron cosas de quincallería y libros. Al lado había un pequeño parque de diversiones para la familia. Academo le pidió ir por un momento y por supuesto accedió a ir. Hípaso también era un niño en cuerpo de hombre.

Al ver la *Noria*, de inmediato quisieron subirse en ella para dar algunas vueltas, pero había fila para entrar. Mientras esperaban, Academo comenzó a imaginar.

—Este movimiento, también es curvo, pero ¿No es como el parabólico?

Hípaso, lo miró y le explicó:

El movimiento circular es un tipo de movimiento en el que un objeto se desplaza a lo largo de una trayectoria circular. Este movimiento puede ser uniforme, cuando la velocidad es constante o no uniforme, cuando la velocidad varía.



Algunos ejemplos de Movimiento Circular

- *Un carro dando vueltas en una pista.*
- *La Luna orbitando alrededor de la Tierra.*
- *Un electrón girando alrededor del núcleo de un átomo.*

Christiaan Huygens, físico neerlandés del siglo XVII, dedicó tiempo a este fenómeno especialmente en relojes de péndulo.

El movimiento circular tiene aplicaciones en diversas áreas como la ingeniería, la física, la astronomía y la mecánica. En casa tenemos la lavadora y en el carro las ruedas y el motor.



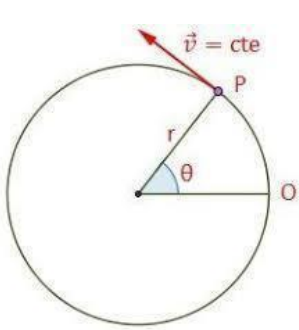
Huygens, C.

—Pues, hay varias cosas que se mueven así —dijo su hijo—.

—Así es —dijo Hípaso mirando la fila—.

Hay algunas cosas debemos ver primero.

- *Radio (r): Es la distancia desde el centro de la trayectoria circular hasta el objeto que se mueve. Se mide en metros.*
- *Frecuencia (f): Número de revoluciones que realiza el objeto por unidad de tiempo (normalmente en segundos a la menos uno: s^{-1}). Se mide en Hertz (Hz).*
- *Período (T): Tiempo que tarda un objeto en completar una vuelta completa en la trayectoria circular, se mide en segundos. Está relacionado con la frecuencia por la fórmula $T= 1/f$*
- *Velocidad Angular (ω): Mide la rapidez con que un objeto se mueve a lo largo de un círculo. Se mide en radianes sobre segundo (rad/s).*
- *Aceleración Centrípeta: Es la aceleración que mantiene al objeto en su trayectoria circular y siempre está dirigida hacia el centro del círculo.*



Fuente: Generado por IA (2025).

Fórmula	Descripción
$v = r \cdot \omega$	Velocidad lineal en función de la angular
$\omega = \frac{\theta}{t}$	Velocidad angular constante
$T = \frac{2\pi}{\omega}$	Periodo (tiempo para una vuelta completa)
$f = \frac{1}{T}$	Frecuencia (vueltas por segundo)
$a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$	Aceleración centrípeta

Fuente: Tippens (2011).

—Podríamos revisar un ejemplo con esa rueda ¿no? —dijo Academo—.

¡Claro! Claro que sí, hijo.

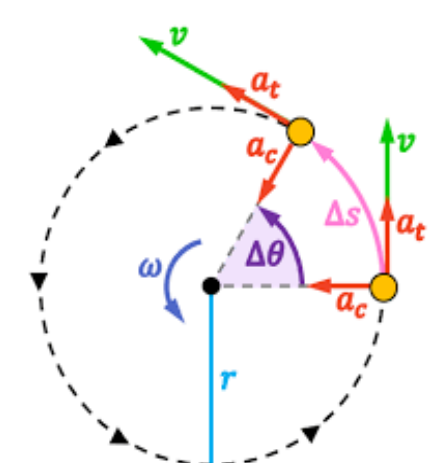


Fuente: Generado por IA (2025).

Esa noria o rueda moscovita es una gran estructura circular que gira alrededor de un eje vertical. Los pasajeros se sientan en esas cabinas que están unidas a la rueda. Al girar, estas cabinas suben y bajan, permitiendo a los pasajeros disfrutar de vistas panorámicas. En la atracción de al lado, que era el gusanito, estaba Alejandra, a su lado su padre la acompañaba, ellos gritaban en cada bajada. Y por mera casualidad se vieron, algunas cosas se gritaron. La amiga de Academo, le dijo que deseaba subirse a la noria, luego de bajarse del gusanito.

Hípaso, espero a que se comunicaran los jóvenes y luego continuó.

Características de este caso en Movimiento Circular Uniforme MCU.



Fuente: Vallejo Zambrano (2009).

- *Radio (r): La distancia desde el eje de rotación hasta el borde de la noria. Supongamos que el radio de la noria es de 10 metros.*
- *Período (T): El tiempo que tarda la noria en completar una vuelta. Si la noria completa una vuelta en 30 segundos, entonces $T=30\text{ s}$.*
- *Frecuencia (f): Es el número de revoluciones por segundo. Se puede calcular como:*

$$F = \frac{1}{T}$$

Entonces la relación es inversa, cuando el período o tiempo aumenta, la frecuencia disminuye o, dicho de otro modo. Si la frecuencia aumenta, entonces el período disminuye.

$$F = \frac{1}{30\text{ s}}$$

$F = 0,0333 \text{ Hz}$ en honor a Heinrich Hertz.

Él fue un físico alemán del siglo XIX que descubrió el efecto fotoeléctrico, la propagación de las ondas electromagnéticas y las formas para producirlas y detectarlas.



Hertz, H.

Velocidad Angular (ω): Se calcula usando la fórmula:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

mientras más tiempo tarda en dar la vuelta, menor será la velocidad angular

$$\omega = \frac{2\pi}{30 \text{ s}}$$

$$\omega = 0,209 \text{ rad/s}$$

Velocidad Tangencial (v): La velocidad tangencial o lineal de una cabina en la noria se puede calcular con la fórmula:

$$v = r \cdot \omega$$

$$v = 10 \text{ m} \cdot 0,209 \text{ rad/s}$$

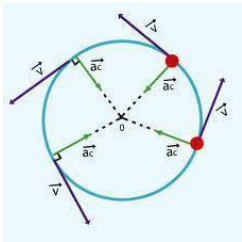
$$v = 2,09 \text{ m/s}$$

Aceleración Centrípeta (a_c): La aceleración centrípeta que actúa sobre una cabina de la noria es:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = \frac{(2,09 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}}$$

$$a_c = 0,436 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Al terminar estos cálculos, les tocó el turno de subir.

—¡Genial! —dijo Academo—.

—Por fin —dijo Hípaso—.

El operador les dio las instrucciones antes de subir, les pidió el boleto y verificó su autenticidad. Ellos atendieron al señor uniformado de forma muy colorida.

Después de dar un par de vueltas, Academo volvió a preguntar respecto del ejercicio presentado.

Fórmula	Descripción
$\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$	Velocidad angular en función del tiempo
$\theta = \theta_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2}\alpha \cdot t^2$	Desplazamiento angular
$\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot (\theta - \theta_0)$	Relación entre velocidad angular y ángulo
$a_t = r \cdot \alpha$	Aceleración tangencial
$a = \sqrt{a_c^2 + a_t^2}$	Aceleración total (combinación centrípeta y tangencial)

Fuente: Tippens (2011).

Veamos otro ejemplo:

Una rueda inicialmente gira a 5 revoluciones por segundo hasta detenerse. Si su aceleración angular es $-1,5$ radianes sobre segundos cuadrados. ¿Cuánto tiempo emplea para detenerse?

Datos

$f = 5 \text{ rev/s}$ *es frecuencia, pero podemos convertir en velocidad angular...*

$\alpha = -1,5 \text{ rad/s}^2$ *sabiendo que revolución es una vuelta...*

$t = ?$

$5 \text{ rev/s} \cdot 2\pi \text{ rad} = 31,415 \text{ rad/s}$ *esto es velocidad angular inicial ω_0*

Como dice que se detiene, entonces la velocidad angular final (w_f) es cero.

Este ejercicio es del Movimiento Circular Uniformemente Variado MCVU.

Según su definición, la aceleración angular es la variación de la velocidad angular respecto al tiempo.

$$\alpha = \frac{\Delta w}{t}$$

$$\alpha = \frac{w_f - w_o}{t}$$

De esta expresión obtenemos el tiempo

$$t = \frac{w_f - w_o}{\alpha}$$

$$t = \frac{0 \frac{\text{rad}}{\text{s}} - 31,415 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{-1,5 \text{ rad/s}^2}$$

$$t = 20,943 \text{ s}$$

La noria es una estructura que aprovecha la *fuerza gravitatoria*. A medida que los pasajeros se encuentran en la parte más alta de la noria, experimentan una sensación de *ingravidez momentánea* debido a la combinación de su movimiento y la fuerza gravitacional que actúa hacia abajo. En la parte más baja, la gravedad actúa hacia abajo y la normal, la fuerza de contacto con la cabina se suma, lo que puede hacer que los pasajeros sientan un aumento en su peso aparente.

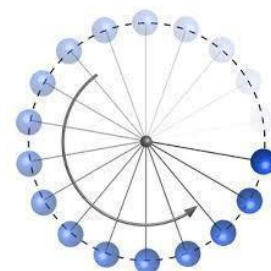
—Otra vez me dices lo de la fuerza. Debes explicarme eso.

—Pero no en este momento hijo, porque se nos confunden los términos.

Hípaso continuó.

Cuando la noria gira a una velocidad constante, está realizando un movimiento circular uniforme. Esto significa que, aunque la velocidad tangencial de las cabinas sea constante, la dirección de la velocidad cambia continuamente. Este cambio de dirección es lo que provoca la aceleración centrípeta, la cual siempre está dirigida hacia el centro del círculo, es decir, el eje de la noria. La aceleración centrípeta es

una aceleración esencial para mantener las cabinas en movimiento circular. Si la noria dejara de funcionar o si la fuerza centrípeta desapareciera, las cabinas se moverían en línea recta debido a la inercia, siguiendo la dirección en la que se estaban moviendo en el instante de la detención.



Desde nuestra perspectiva, la experiencia en la noria es un ejemplo práctico de la física en acción. A medida que la noria asciende, se siente una disminución en la fuerza normal, lo que puede crear una sensación de vuelo temporal. En la parte superior, podemos experimentar una leve sensación de deslizamiento debido a la inercia que se siente cuando la cabina cambia de dirección. En la parte más baja de la noria, el efecto combinado de la aceleración centrípeta y la gravedad puede resultar en una sensación de peso adicional, haciendo que sintamos que estamos siendo empujados hacia el asiento.



La comprensión del movimiento circular es fundamental en muchas aplicaciones de la vida cotidiana y en la ingeniería. Los principios del movimiento circular se aplican en el diseño de vehículos, trenes, satélites, y otros sistemas que dependen de trayectorias circulares.

—Te diré algo importante hijo.

Fuente: Generado por IA (2025).

Una cosa impresionante sobre el movimiento circular es que, aunque los objetos que se mueven en un círculo, como un coche en una curva o la Luna orbitando la Tierra, pueden parecer que se están moviendo a una velocidad constante, en realidad, están experimentando *una aceleración constante*. Esto se llama *aceleración centrípeta*, y es lo que mantiene al objeto en su trayectoria circular.

Pero aquí viene lo sorprendente —dijo Hípaso—.

La aceleración centrípeta no solo actúa hacia el centro del círculo, sino que, si te encuentras dentro de un objeto en movimiento circular, como este juego o un carrusel, podrías sentirte empujado hacia afuera. ¡Esto se debe a la inercia! Tu cuerpo quiere seguir en línea recta debido a la inercia, pero la fuerza centrípeta del

movimiento circular te obliga a seguir el camino curvado. Esta sensación se conoce como *fuerza centrífuga*, que no es una fuerza real, sino una percepción de lo que sucede debido a la inercia. Así que, la próxima vez que te montes en una máquina que gira, recuerda que tu cuerpo está luchando contra esa fuerza y que la aceleración centrípeta es lo que te mantiene seguro en tu asiento, ¡Mientras experimentas esa emocionante sensación de ser empujado hacia afuera!



Fuente: Generado por IA (2025).



Les tocó bajar del juego después de unos minutos de diversión. Se despidieron del operador dando gracias y chocando sus manos con emoción. En la fila estaba Alejandra, se abrazaron, mientras los padres se saludaron con un buen apretón de manos.

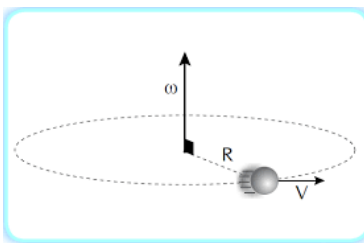
—Papá, supongamos que la montaña rusa o como tú dices, noria. Si es más grande ¿El movimiento es el mismo?

—Para responder a esto. —dijo su padre—. Debemos ver que:

$$v = r \cdot \omega$$

—¿Y? lo miró Academo confundido.

Entonces Hípaso señalando las letras, le comentó.



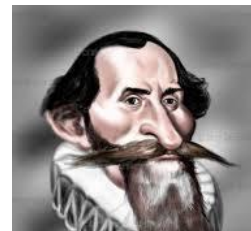
Fuente: Autor (2025).

La velocidad lineal depende del radio, es decir de lo grande que sea la rueda, son variables directamente proporcionales, así entonces, cuando el radio aumenta, la velocidad lineal también aumenta. Pero, es importante ver que la otra velocidad, la angular también tiene relación. Al despejar omega, tenemos:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

En esta nueva expresión podemos constatar que cuando el denominador se hace grande, es decir, cuando el radio es más grande la velocidad angular se hace más pequeña. A ver, cuando la rueda se hace grande la velocidad angular disminuye si la velocidad lineal es constante.

Es importante resaltar a otro físico muy importante en este movimiento. El gran *Johannes Kepler*, fue un físico alemán del siglo XVII. Este astrónomo descubrió que las órbitas de los planetas son elípticas, no circulares, pero su trabajo en la descripción de las órbitas y su relación con el movimiento circular fue crucial. Su segunda ley, o ley de las áreas, describe cómo el movimiento de un planeta varía en velocidad dependiendo de su distancia al Sol.



Kepler, J.

—Esto me suena. —dijo el joven—. Y agregó: creo que tiene que ver con Newton.

Hípaso pensó un momento y dijo:



Brahe, T.

Las leyes de Kepler describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol y son fundamentales en la astronomía y la física. Johannes Kepler formuló estas leyes en el siglo XVII basándose en las observaciones de *Tycho Brahe*, este fue un astrónomo danés del siglo XVI, considerado el más grande observador del cielo en el período anterior a la invención del telescopio. Son tres leyes que explican las órbitas planetarias:

Primera Ley (Ley de las Órbitas): Los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de los focos de la elipse.

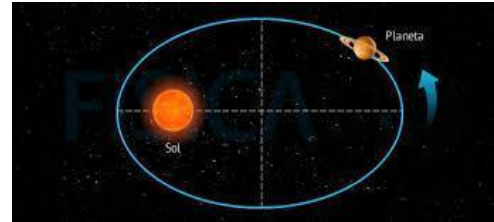
Esto significa que la distancia de un planeta al Sol varía a lo largo de su órbita.

—Dame un ejemplo.

Imagina que la órbita de la Tierra es una elipse con el Sol en uno de sus focos. Cuando la Tierra está en el punto de la órbita más cercano al Sol (llamado *perihelio*),

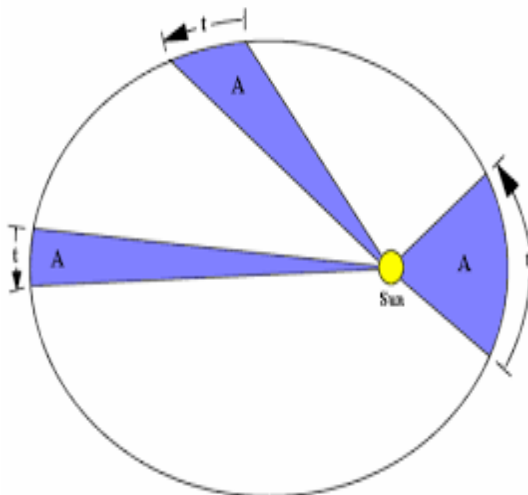
está a unos 147 millones de kilómetros. En cambio, cuando está en el punto más lejano (llamado *afelio*), está a unos 152 millones de kilómetros del Sol. Esto ilustra cómo la órbita no es un círculo perfecto, sino una elipse con el Sol en un foco.

Segunda Ley (Ley de las Áreas): La línea que conecta un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales. Esto implica que el planeta se mueve más rápido cuando está más cerca del Sol y más lento cuando está más lejos.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Dame un ejemplo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Si dibujamos una línea imaginaria entre la Tierra y el Sol, la segunda ley nos dice que la Tierra recorre el espacio más rápidamente cuando está cerca del Sol y más lentamente cuando está lejos. Por ejemplo, durante el perihelio, la Tierra se mueve a una velocidad de aproximadamente 30,3 km/s, mientras que en el afelio su velocidad es de alrededor de 29,3 km/s. Así, el área que la línea Tierra-Sol barre en un mes de invierno es igual al área que barre en un mes de verano.

Tercera Ley (Ley de los Períodos): El cuadrado del período orbital de un planeta (el tiempo que tarda en dar una vuelta completa alrededor del Sol) es proporcional al cubo de la distancia media entre el planeta y el Sol.

—Pues, dame un ejemplo.

La tercera ley establece que los planetas más alejados del Sol tienen períodos orbitales más largos. Por ejemplo, la Tierra, a una distancia media de 1 unidad astronómica (UA) del Sol, tarda 1 año en completar su órbita. En cambio, Marte, que está aproximadamente a 1,5 UA del Sol, tarda unos 1,88 años en completar su órbita. Esta relación se cumple para todos los planetas, ya que el cuadrado del período de cada uno es proporcional al cubo de su distancia media al Sol.

$$T^2 = k \cdot r^3$$

Sin pedirlo, les daré un ejemplo.

La Segunda Ley de Kepler establece que:

El radio vector que une un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

Esto significa que:

- Cuando el planeta está más cerca del Sol (perihelio), su velocidad orbital es más alta para compensar la menor distancia al Sol, de manera que el área barrida en un intervalo de tiempo dado sea igual.
- Cuando el planeta está más lejos del Sol (afelio), su velocidad orbital es más baja, pero la mayor distancia al Sol asegura que el área barrida sea la misma en el mismo intervalo de tiempo.

Por ejemplo, la Luna orbita la Tierra con un periodo de 27,3 días, y su distancia promedio es de $3,84 \times 10^8$ m hasta el centro de la Tierra. Si el radio de la Tierra es 6 380 km, ¿Podemos calcular el período de un satélite artificial que orbita a una altitud promedio de 1 500 km por encima de la superficie de nuestro planeta?

Radio de la luna: $R_l = 3,84 \times 10^8$ m si lo ponemos en kilómetros serían de $3,84 \times 10^5$ km.

Período de la luna: $T_l = 27,3$ días si lo ponemos en horas, sabemos que cada día tiene 24 horas, entonces $27,3 \cdot 24 = 655,2$ h.

Radio del satélite: $R_s = 6\,380 \text{ km} + 1\,500 \text{ km} = 7\,880 \text{ km}.$

Dicho esto, usemos la tercera ley de Kepler

$$\frac{T_l^2}{T_s^2} = \frac{R_l^3}{R_s^3}$$

$$\frac{(655,2)^2}{T_s^2} = \frac{(3,84 \times 10^5)^3}{(7880)^3}$$

Si despejamos T_s nos queda:

$$T_s = \sqrt{(655,2)^2 \cdot \frac{(7880)^3}{(3,84 \times 10^5)^3}}$$

$$T_s = 1,93 \text{ h}$$

El satélite tendrá un periodo de 1,93 horas a una altura de 1 500 km sobre la superficie terrestre. ¡Increíble!

—*¡La respuesta es sí! —dijo Pitias—.*

Estas leyes son esenciales para calcular y predecir las posiciones de los planetas y satélites. En la práctica, permiten planificar misiones espaciales, calcular la órbita de satélites y analizar sistemas planetarios en otras estrellas. Además, las leyes de Kepler sirven de base para la ley de gravitación universal de Newton, que generalizó estos principios y los aplicó a todo tipo de objetos en el universo.

—Está muy claro. —dijo su hijo—. Pero vámonos a casa, hubiese sido genial que Peleo viniera con nosotros, a él le hubiese encantado esto.

—Pero no estaba planeado —dijo Hípaso—. En la próxima será.

Camino a casa, Academo pidió manejar, pero su padre le dijo que se requería de tiempo y dedicación.

—Pero tenemos tiempo —le dijo con cara de borreguito—.

Hípaso entonces accedió, pero con la condición de que sea despacio y muy cuidadoso y después de los semáforos. Academo se puso muy feliz, condujo durante algunos minutos, unos insectos chocaron con su parabrisas, esto dio lugar a risas para bajar el estrés de ambos. Frente a la casa frenó como un profesional y se bajaron en la acera, dejando el carro en la calle.



Dentro de casa, Pitias los vio con dudas. —¿Dónde estaban?

—¿Qué me trajeron? —gritó desde la cocina Peleo—.



Después de lavarse las manos se sentaron en el comedor, Hípaso calentó las sobras de la semana y sirvió en platos distintos. Academo sirvió jugo en vasos de vidrio. Pitias colocó el pan y Peleo puso los utensilios.

Mientras comían, Academo mencionó que estuvieron en la montaña rusa, mencionó sobre la larga fila y hasta que su padre lo dejó manejar. Peleo, mostró su molestia por no disfrutar del juego y hasta de celos por no manejar.

—No sabíamos que subiríamos a la rueda —dijo su padre—.

—No puedes manejar todavía, hijo —dijo pitias—.

—Yo quiero manejar —dijo Peleo enojado—.



Pero sus padres le explicaron la situación, respecto a su edad y los peligros. El joven era muy inteligente, entendió la situación muy bien y cambió su estado de ánimo.

—Por cierto —dijo Academo—. Noté cuando manejaba que algunos insectos chocaban contra el vidrio. Podrían romperlo.

—Tendrían que ser grandotes —dijo Peleo—.

—Antes, no lo habías notado, hasta que manejaste —dijo Pitias—.



Hípasso masticando un huesito de pollo, dijo:

—¡Niños lindos! Los insectos no rompen el parabrisas debido a una combinación de factores físicos, incluyendo su baja masa, la resistencia del material del parabrisas y la distribución de la fuerza en el impacto.



Primero veamos que los insectos tienen una masa muy pequeña, lo que implica que su Momentum o cantidad de movimiento, producto de la masa por la velocidad, también es bajo, incluso si viajan a velocidades relativamente altas. Esta baja cantidad de momento significa que la energía que transfieren al parabrisas en el choque es mínima y no es suficiente para causar una rotura en el vidrio.

Por otro lado, los parabrisas están diseñados con materiales muy resistentes, como el vidrio laminado o vidrio templado, que están hechos para soportar impactos considerables sin romperse. El vidrio laminado, en particular, consiste en dos capas de vidrio unidas con una capa

Fuente: Generado por IA (2025).

plástica en el medio, lo que distribuye la energía de los impactos y reduce la posibilidad de que el vidrio se rompa.

Asimismo, al chocar, la fuerza del impacto del insecto se distribuye en una superficie muy pequeña y por muy poco tiempo, de manera que el parabrisas la absorbe sin problemas. Para que un objeto rompa el vidrio, debe aplicar una fuerza suficientemente alta en una pequeña área durante un período mayor, lo cual no ocurre con un insecto. Entonces, aunque un insecto puede dejar una mancha en el parabrisas debido a su colisión, la cantidad de energía transferida es muy baja y no alcanza el umbral necesario para dañar el vidrio.

—Papá, por favor, explícanos eso. —dijo Peleo—.

—¡Niños lindos! —exclamó su padre—. Y comenzó:

Imaginemos que el insecto que chocó con el parabrisas hace ratito, tiene una masa de 0,002 kg (2 gramos) vuela hacia el carro a una velocidad de 10 m/s.



● *Calculemos el Momentum (cantidad de movimiento) del insecto antes de chocar con el parabrisas.*

● *Comparemos el Momentum del insecto con el de un objeto mucho más grande, como una pelota de béisbol (masa de 0,145 kg) que se lanza hacia el parabrisas a una velocidad de 10 m/s.*

Veamos que la fórmula es: $P = m \cdot V$

Donde:

P : cantidad de movimiento en kg.m/s

m : masa en kilogramos.

V : rapidez en m/s.



$P = m \cdot V$ Aquí podemos ver la relación de proporcionalidad de la rapidez con el Momentum.

Momento del insecto = masa . velocidad = $0,002\text{kg} \cdot 10\text{ m/s} = 0,02\text{ kg.m/s}$

Momento de la pelota = $0,145\text{kg} \cdot 10\text{ m/s} = 1,45\text{ kg.m/s}$

Hípaso continuó: Como podemos comprobar, aunque ambos viajan a la misma velocidad, el momento de la pelota de béisbol es mucho mayor — $1,45\text{ kg m/s}$ — que el del insecto — $0,02\text{ kg m/s}$ —. Esto explica por qué un insecto no puede romper el parabrisas, mientras que una pelota de béisbol sí podría dañarlo.



Fuente: Generado por IA (2025).

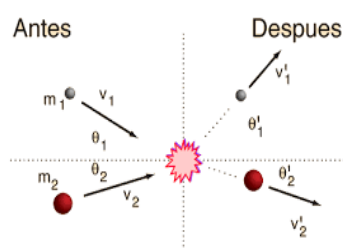
—Ese choque lo pierde el insecto —dijo Peleo con una carcajada—.

—En física le llamamos *colisiones* —aclaró Hípaso—.

—Claro, siempre elegantes —dijo Academo—.

Hípaso reía con muchas ganas. Con los comentarios de sus queridos hijos.

Las colisiones son interacciones fundamentales en física, en las que dos o más cuerpos se encuentran y ejercen fuerzas entre sí durante un tiempo limitado.



Fuente: Generado por IA (2025).

Estas interacciones son clave para entender diversos fenómenos, desde el movimiento cotidiano hasta procesos a escala microscópica y cósmica. En cualquier colisión, el *principio de conservación del momento lineal* establece que, si no hay fuerzas externas actuando sobre el sistema, el momento total antes y después de la colisión permanece constante. Este principio es fundamental porque permite predecir el comportamiento de los objetos después de una colisión, incluso en sistemas complejos.

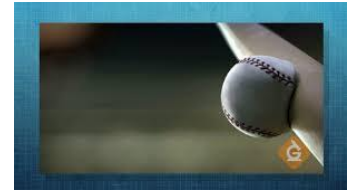
$$\sum P_{\text{inicial}} = \sum P_{\text{final}}$$

La energía cinética también juega un papel crucial, pero no siempre se conserva en las colisiones. Dependiendo de cómo se transforme la energía durante el impacto, las colisiones se clasifican en:

Colisiones elásticas: En este caso, tanto el momento lineal como la *energía cinética total* del sistema se conservan.

Aquí, los objetos recuperan su forma original después del impacto, como ocurre en colisiones entre partículas atómicas o bolas de billar ideales.

- *Colisiones inelásticas:* Aunque el momento lineal se conserva, parte de la energía cinética se transforma en otras formas de energía, como calor, sonido o energía de deformación. Un ejemplo típico son los accidentes automovilísticos.
- *Colisiones perfectamente inelásticas:* Es un caso extremo de colisión inelástica donde los objetos colisionan y permanecen unidos después del impacto, moviéndose como un solo cuerpo. Aunque el momento lineal se conserva, gran parte de la energía cinética se pierde.



—Entonces, los choques no son iguales. Reflexionó Academo.

—No —dijo su padre—. Y esto que dices, es muy importante porque la conservación del momento y de la energía permite:

- Predecir movimientos: Resolver problemas de dinámica y determinar las velocidades de los cuerpos después de una colisión.
- Diseñar sistemas seguros: Como parachoques de vehículos que absorben energía para minimizar daños.
- Estudiar interacciones fundamentales: Como choques de partículas en física nuclear y de partículas, esenciales para entender la estructura del universo.

En fin, hay choques elásticos, inelásticos y perfectamente inelásticos.

—Un momento papá —dijo Peleo—.

Su padre sonrió un poco y le dijo:

Los *choques elásticos* se producen cuando dos objetos chocan y rebotan entre sí sin ningún cambio en sus formas. Los choques entre partículas subatómicas son

un buen ejemplo de colisiones elásticas. En los choques elásticos se conservan tanto la cantidad de movimiento como la energía cinética.

Usualmente se pone como ejemplo de choque elástico la colisión entre dos bolas de billar, aunque en sentido estricto no lo es porque el coeficiente de restitución es aproximadamente 0,98 —y en los choques elásticos debe ser 1—.

En los *choques inelásticos*, uno o los dos objetos que chocan se deforman durante la colisión. En estos choques la cantidad de movimiento se conserva, pero la energía cinética no se conserva ya que parte de ella se transforma en otro tipo de energía en el proceso de deformación de los cuerpos.

En los *choques totalmente inelásticos*, los cuerpos que chocan se mueven tras la colisión con la misma velocidad de manera que parecen estar pegados y se comportan como un único cuerpo. En este tipo de choques se conserva la cantidad de movimiento, pero toda la energía puesta en juego en el choque se transforma en calor o deformación y no se recupera para el movimiento.

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$$

Esta expresión nos muestra la conservación del Momentum.

—Pero no nos hace la comida —dijo Pitias—.

Hípaso la miró riendo y le dijo —De hecho, los utensilios de cocina, como cuchillos y ollas, están diseñados con mangos que absorben parte del impacto al golpear o manejar alimentos. Estos mangos reducen el esfuerzo que necesita la mano y evitan lesiones por uso continuo o impactos repetitivos. Además, un



Fuente: Autor (2025).

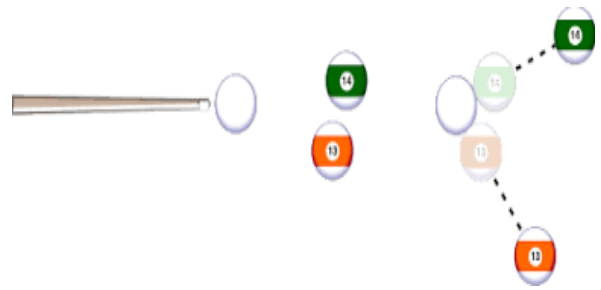
$$\bar{P} = m \cdot \bar{v}$$

cuchillo afilado tiene un filo que crea un ángulo agudo, lo que permite que el cuchillo se inserte más fácilmente en los materiales. Este diseño reduce la resistencia del material que se está cortando. Al tener un filo agudo, el cuchillo puede transferir el momento de manera más eficiente, lo que significa que se necesita menos fuerza para lograr el mismo efecto de corte. Entonces, en la cocina el filo del cuchillo está íntimamente relacionado con el concepto de momento porque influye en cómo se aplica la fuerza al cortar, la efectividad del corte y la cantidad de esfuerzo que el usuario necesita ejercer. Un buen diseño de cuchillo

que incluya un filo afilado optimiza el uso del momento y mejora la eficiencia y la seguridad en su manejo.

El momento es, en esencia, una medida de cuánta fuerza lleva un objeto en movimiento debido a su tamaño y velocidad. Por ejemplo, imaginen un camión grande moviéndose a una velocidad moderada. Aunque no vaya muy rápido, sabemos que detenerlo será mucho más difícil que detener una bicicleta que vaya a la misma velocidad. Esto ocurre porque el camión tiene mucho más momento.

El momento se vuelve especialmente importante cuando dos objetos chocan. Cuando esto sucede, el momento total del sistema no se pierde; simplemente se redistribuye entre los objetos involucrados. Este principio de conservación del momento nos permite entender cosas como:



Fuente: Generado por IA (2025).



- Cómo rebotan o se deforman los objetos: Por ejemplo, cuando dos autos chocan, el momento de cada uno se combina, afectando la forma en que se mueven después del impacto. Este concepto es fundamental en el diseño de sistemas de seguridad como los airbags, que ayudan a reducir el impacto sobre las personas al absorber parte del momento del choque.
- Cómo interactúan objetos de diferentes tamaños: Si tiras una pelota ligera contra una pared, la pelota rebota rápidamente porque la pared, siendo mucho más grande, apenas se mueve. Esto muestra cómo el momento se transfiere entre objetos según sus características.
- Cómo se propagan fuerzas en sistemas complejos: En deportes, por ejemplo, cuando un jugador de billar golpea una bola, el momento del taco se transfiere a la bola, haciendo que esta se mueva y eventualmente choque con otras bolas. Todo esto sigue las reglas del momento.

El momento no solo es útil en los laboratorios o en el aula. También se aplica a actividades diarias y tecnologías importantes:

- En los deportes, como el fútbol o el boxeo, los jugadores ajustan la fuerza y el ángulo de sus movimientos para controlar cómo interactúan con el balón o sus oponentes.
- En la industria automotriz, se estudian las colisiones para hacer los autos más seguros.
- Incluso en el espacio, los ingenieros utilizan el momento para ajustar la trayectoria de satélites o naves espaciales.



Veamos un problema.

Un cuerpo de 2 kilogramos de masa se dirige en línea recta a 5 metros sobre segundos hacia otro cuerpo de 3 kilogramos que se encuentra detenido. Luego del choque ambos cuerpos quedan pegados.

Calcular la velocidad final de los mismos.

Lo primero que debemos notar es que es un choque de tipo totalmente inelástico.

Datos

$$m1 = 2 \text{ kg}$$

$$m1 \cdot Vo1 + m2 \cdot Vo2 = m1 \cdot Vf1 + m2 \cdot Vf2$$

$$V1 = 5 \text{ m/s}$$

$$m2 = 3 \text{ kg}$$

como están pegados tenemos:

$$V2 = 0 \text{ m/s}$$

$$Vf = ?$$

$$m1 \cdot Vo1 + m2 \cdot Vo2 = m1 \cdot Vf + m2 \cdot Vf$$

Si vemos la velocidad final común:

$$m1 \cdot Vo1 + m2 \cdot Vo2 = Vf (m1 + m2)$$

Despejando esa velocidad final:

$$V_f = \frac{m_1 \cdot V_{o1} + m_2 \cdot V_{o2}}{m_1 + m_2}$$

Sustituyendo los valores de los datos:

$$V_f = \frac{2 \text{ kg} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 3 \text{ kg} \cdot 0 \text{ m/s}}{2 \text{ kg} + 3 \text{ kg}}$$

$$V_f = 2 \text{ m/s}$$

Podemos corroborar que la velocidad es más pequeña después del choque.



Fuente: Generado por IA (2025).

Entender el momento nos ayuda a ver que el movimiento no es solo cuestión de velocidad o tamaño, sino de cómo esas dos propiedades trabajan juntas. Además, las colisiones nos enseñan que nada ocurre en aislamiento; siempre hay un intercambio de fuerzas y movimientos. Esto desarrolla un pensamiento más profundo sobre cómo funciona el mundo a nuestro alrededor.

—No pensé que serían tantos movimientos —dijo Academo sorprendido—.



—Seguro hay más movimientos —apuntó Pitias—.

—Seguramente —dijo peleó—.

—Pues sí, hay otros más —aseguró Hípaso—.

Luego agregó:

El movimiento es un tema estudiado por la mecánica, de la siguiente manera:

✓ *Mecánica*

Parte de la Física que estudia los movimientos y el equilibrio de los cuerpos. Comprende la cinemática, la dinámica y la estática.

✓ *Dinámica*

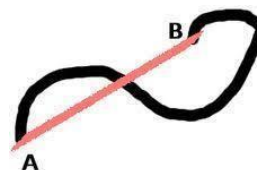
Es la rama de la Mecánica que estudia los movimientos relacionándolos con las causas (fuerzas) que los producen (o modifican).

✓ *Estática*

Es el estudio del efecto de las fuerzas sobre cuerpos rígidos que se encuentran en equilibrio. La principal tarea de la estática es analizar el equilibrio de fuerzas en los cuerpos o en los sistemas mecánicos.

La *cinemática* es una rama de la física que estudia el movimiento de los objetos sin considerar las fuerzas que lo causan.

Se centra en describir cómo se mueven los cuerpos, analizando sus posiciones, velocidades y aceleraciones a lo largo del tiempo. La cinemática proporciona las herramientas matemáticas y conceptuales para entender el movimiento en diversas situaciones. La palabra cinemática proviene del griego. Se puede descomponer etimológicamente de la siguiente manera: Kínema que significa movimiento. Esta raíz está relacionada con la acción de mover o cambiar de lugar. Además, tiene la palabra Tikos que es un sufijo que se traduce como relativo a o que tiene que ver con.



La cinemática se aplica en una variedad de campos, tales como:

- *Ingeniería: Para el diseño de vehículos, máquinas y estructuras.*
- *Deportes: Para analizar y mejorar el rendimiento de los atletas.*
- *Robótica: Para programar movimientos precisos de robots y brazos robóticos.*
- *Astronomía: Para estudiar el movimiento de los cuerpos celestes.*



—Suenas al cine ¿tiene que ver con las películas?

Hípaso pensó un momento breve y respondió:

El cine, como forma de arte y medio de comunicación, se basa en la proyección de imágenes en movimiento para contar historias o transmitir información. La conexión entre los dos términos se basa en el concepto de movimiento:

En el cine, se capturan imágenes en movimiento y se proyectan en secuencia para crear la ilusión de movimiento continuo.

En la cinemática, se estudian los principios que describen el movimiento de los cuerpos.



Ambos conceptos, aunque se aplican en contextos muy diferentes, uno en el ámbito del arte y la comunicación, y el otro en la física, están intrínsecamente relacionados a través de la idea del movimiento.

Algunos conceptos clave en Cinemática son:

Desplazamiento: Es el cambio en la posición de un objeto. Se define como la distancia en línea recta entre la posición inicial y la final, junto con la dirección.

Posición: Es la ubicación de un objeto en un sistema de coordenadas. Se representa comúnmente con un vector que indica su distancia y dirección desde un punto de referencia.

Velocidad: Es la tasa de cambio del desplazamiento respecto al tiempo. Puede ser velocidad media (desplazamiento total dividido por el tiempo total) o velocidad instantánea (la velocidad en un momento específico).

Trayectoria: Es el camino seguido por un objeto en movimiento. Puede ser recto o curvo, y su forma depende de las condiciones iniciales y de las fuerzas actuantes.

Aceleración: Es la tasa de cambio de la velocidad respecto al tiempo. Puede ser positiva (aumento de velocidad), negativa (disminución de velocidad, también llamada desaceleración) o cero (velocidad constante).

Luego Hípasso dijo:

Estos conceptos son vectoriales. Es decir, magnitudes que necesitan ser definidas por sus tres características; Módulo (medida), Dirección (ángulo) y sentido (hacia donde).

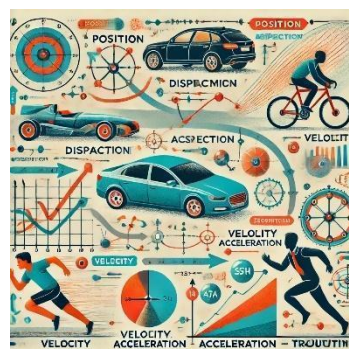
—Pero, papá ¿Por qué haces esas salvedades? —dijo Academo—.



Hípasso sonrió apenas y dijo:

Porque las otras magnitudes son escalares. Estas son definidas con una sola característica, es decir su medida.

Las magnitudes escalares no son vectores. Una magnitud escalar es por ejemplo la temperatura, esta no depende de nada para su medida.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¡Papá! Interrumpió Peleo. Dame otro ejemplo de escalar.

Su padre pensó un poco y le dijo:

Ejemplos de cantidades escalares la vemos en la masa, el tiempo, la distancia y presión.

Pero esos conceptos de cinemática tienen su par en escalar.

- *Distancia:* Es la longitud entre dos puntos.
- *Rapidez:* Es la relación entre distancia recorrida y tiempo empleado.
- *Módulo de la aceleración:* Es el cambio de la rapidez.

—Estos son los principales conceptos —dijo Hípaso—.

—Noté que el movimiento puede estudiarse en una dimensión, pero también en dos dimensiones. Pero, nosotros vivimos en tres dimensiones. Reflexionó Academo.

—Pues. A ver. Pensó su padre.

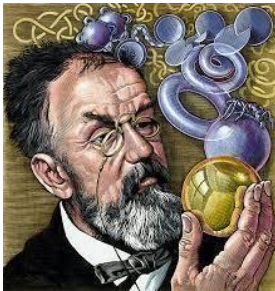


Lagrange, J.

Joseph-Louis Lagrange es conocido por su trabajo en la mecánica analítica fue un físico italiano del siglo XVIII. Él desarrolló las ecuaciones de movimiento en coordenadas generalizadas. Su formulación permite describir el movimiento en dos dimensiones de manera más abstracta y general.

—Este señor, propuso en dos dimensiones en forma general —dijo Pitas—. Pero luego de nuestro amigo Newton.

—Así es —dijo Hípaso—. Pero este es un ejemplo de que no solo Galileo o Newton estudiaron el movimiento.



Poincaré, H.

Así entonces, tenemos al matemático y físico francés del siglo XIX *Henri Poincaré*. Este genio estudió la mecánica y el movimiento de sistemas en múltiples dimensiones. Su trabajo en teoría del caos y sistemas dinámicos también incluye consideraciones sobre el movimiento en dos dimensiones. Por cierto, planteó la Conjetura de Poincaré, en 1904, un problema de topología que no fue resuelto hasta 2003 por *Grigori Perelman*, un matemático ruso de nuestro tiempo. Es importante mencionarles que fue el único problema del milenio en ser resuelto.



Perelman, G.

—Es importante que nuestros profesores, dejen claro que es un trabajo de muchas personas. Reflexionó Academo.

—¡Hago mi luchita hijo!

—Es muy interesante esta rama de la física —dijo Pitias—. Me voy a estudiar. Pero quiero decirles algo importante antes.

Imaginen que el movimiento es algo que da vida a todo en el universo, desde el latido de nuestro corazón hasta las órbitas de los planetas. Cada vez que caminan, corren o lanzan una pelota, están poniendo en práctica las leyes del movimiento que gobiernan todo a tu alrededor. Pero el movimiento no solo está en las cosas grandes y visibles: incluso los átomos en nuestros cuerpos están en constante



vibración. Así que la próxima vez que se muevan, piensen que están conectándose con una de las fuerzas fundamentales del universo, algo tan simple como correr o saltar, ¡Pero tan poderoso que hace que todo funcione!

Los jóvenes se fueron a jugar con el teléfono, mientras que Hípaso tomaba una merecida siestita.

Curiosidades

¿Una moneda tirada desde un rascacielos ¿puede matar a un peatón?

No. Para empezar, porque la aerodinámica de una moneda hace que planee — esto es, que venza la fuerza de rozamiento— como lo hace la hoja de un árbol. Por tanto, a pesar de la velocidad que cogerá la moneda al caer, lo más que podrá provocar es un hematoma, pero nunca un golpe mortal. Una bala, por ejemplo, está fabricada aerodinámicamente para hacer daño (evita el rozamiento).

¿El agua gira en dirección contraria en los desagües del hemisferio sur, a causa de la rotación terrestre?

No. O podríamos decir que no es del todo cierto, pues si lo fuera, en un lavabo situado justo en la línea ecuatorial el agua no haría remolino alguno. Lo que sí es cierto es que la influencia de la rotación de la Tierra (el efecto Coriolis, que es teóricamente responsable del sentido del giro del remolino) es mucho menor en el Ecuador. Sin embargo, el movimiento del remolino depende, sobre todo, de la forma del recipiente.

Si todos los chinos saltaran a la vez, ¿cambiaría el sentido de rotación de la tierra?

No. O digamos, más bien, improbable. Resulta que hay unos 1 313 millones de chinos que viven en la República Popular China. Si alguien consiguiera que saltasen todos a la vez (algo poco probable) y llegaran todos al suelo al mismo tiempo, el efecto sería como la explosión de algo más de medio kilotón. Aunque, eso sí, repartida por una superficie terrestre tan amplia que su efecto no se notaría prácticamente. Porque, aunque pudiéramos coordinar el salto de todos a la vez, no caerían al suelo en el mismo instante, debido a que el salto depende de la fuerza del impulso. Además, la masa de nuestro planeta –cercana a los 5,9 por 10²⁴ kilogramos– supera en más de un millón de veces la de todos los chinos juntos. El efecto sería prácticamente inapreciable.

Bajo la lluvia, si corres, ¿te mojas menos?

Depende. Sobre todo, de la velocidad a la que corramos y del tiempo que permanezcamos bajo la lluvia. De hecho, existe una ecuación con la que descifrar en qué casos es cierta o falsa esta afirmación. La ecuación es: Densidad de la lluvia que

está cayendo, multiplicada por la superficie superior de nuestro cuerpo, y a su vez multiplicada por: $VR + A$ (la suma de la velocidad a la que vamos y nuestra área) por V_p (velocidad de la lluvia). Además, a esto se le suma el tiempo que pasamos bajo la lluvia. ¿El resultado? Cuanto más tiempo pases bajo la lluvia, o cuanta mayor velocidad lleves al correr, más te mojarás.

¿En una nave espacial hay gravedad cero?

No. La culpa de que creamos que nada está sujeto a la atracción gravitatoria dentro de una nave la tiene, seguramente, el término “gravedad cero”, que no significa ausencia de gravedad, sino microgravedad, un estado en el cual la única fuerza que actúa sobre el cuerpo es precisamente la gravedad. Parece que los objetos están carentes de peso, pero realmente se encuentran en continua caída libre hacia la Tierra, y se mantienen en vuelo a causa del movimiento horizontal de la nave. Es la situación en la que se encuentra la Luna, por ejemplo, en la órbita terrestre.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación teórica

Sección 1: Verdadero o falso.

1. Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU):
 - a) En el MRU, la aceleración siempre es cero.
 - b) En el MRU, la velocidad del cuerpo cambia constantemente.
2. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV):
 - c) En el MRUV, la aceleración es constante y diferente de cero.
 - d) La distancia recorrida en el MRUV siempre es proporcional al tiempo.
3. Movimiento Parabólico:
 - e) El movimiento parabólico es la combinación de un MRU horizontal y un MRUV vertical.
 - f) En el movimiento parabólico, la aceleración en el eje horizontal es constante y no cambia.
4. Caída Libre:
 - g) En caída libre, todos los objetos caen con la misma aceleración si se ignora la resistencia del aire.
 - h) La velocidad inicial de un objeto en caída libre siempre es mayor que cero.
5. Movimiento Circular:
 - i) En el movimiento circular uniforme, la velocidad angular es constante, pero la dirección de la velocidad cambia.
 - j) En el movimiento circular, la aceleración centrípeta siempre apunta hacia el centro de la trayectoria circular.

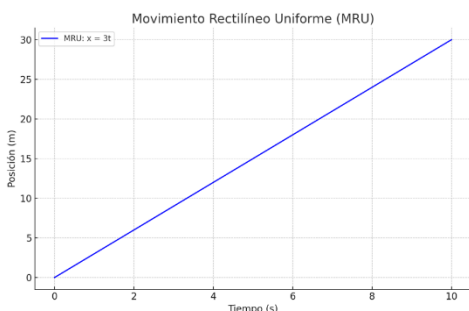
Sección 2: Reflexiona.

1. Si un objeto en MRU se mueve a una velocidad constante, ¿cómo podrías determinar la distancia que recorre sin usar instrumentos tecnológicos? ¿Qué factores debes conocer?
2. En la vida cotidiana, ¿qué ejemplos puedes identificar que representen un movimiento rectilíneo uniforme? Explica por qué cumplen con esta condición.
3. ¿Qué relación encuentras entre la aceleración y la distancia recorrida en el MRUV? ¿Cómo cambiaría el resultado si la aceleración fuera negativa?
4. ¿Por qué es importante comprender el concepto de aceleración constante en aplicaciones como el diseño de vehículos o rampas?
5. ¿Cómo influye la velocidad inicial y el ángulo de lanzamiento en el alcance y altura máxima de un proyectil en movimiento parabólico?
6. Si ignoramos la resistencia del aire, ¿es posible que dos objetos lanzados al mismo tiempo desde la misma altura, pero con diferentes ángulos, lleguen al suelo al mismo tiempo? Explica tu respuesta.
7. ¿Cómo influiría la presencia de aire en la caída de un objeto liviano frente a uno pesado? ¿Crees que Galileo estaba completamente en lo correcto con su experimento?
8. ¿Cómo podrías calcular la altura de un lugar alto observando el tiempo que tarda en caer un objeto en caída libre? ¿Qué datos necesitarías?
9. En el movimiento circular uniforme, ¿cómo afecta el radio de la trayectoria a la aceleración centrípeta de un objeto? ¿Por qué crees que esto ocurre?
10. ¿Qué crees que pasaría si en un movimiento circular se detuviera la fuerza centrípeta de repente? Explica cómo se comportaría el objeto.

Sección 4: Resuelve.

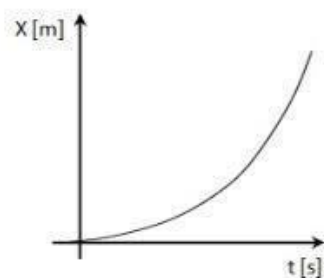
1. Un ciclista recorre una distancia de 20 km en 2 horas a velocidad constante. ¿Cuál es su velocidad?
2. Un automóvil se mueve a 60 km/h en línea recta. ¿Cuánto tiempo tardará en recorrer 1 200 m?
3. Un auto parte desde el reposo y alcanza una velocidad de 20 m/s en 5 segundos con aceleración constante. ¿Cuál es la aceleración del auto?
4. Un objeto se mueve con una aceleración constante de 3 m/s^2 . Si su velocidad inicial es 5 m/s, ¿cuál será su velocidad después de 4 segundos?
5. Un balón es lanzado con una velocidad inicial de 10 m/s formando un ángulo de 45° con el suelo. Si ignoramos la resistencia del aire, ¿cuánto tiempo estará en el aire? (Usa $g=9,81 \text{ m/s}^2$).
6. Una pelota es lanzada horizontalmente desde una altura de 20 m con una velocidad inicial de 5 m/s. ¿Cuánto tarda en llegar al suelo? (Usa $g=9,81 \text{ m/s}^2$).
7. Desde la cima de un edificio, una piedra cae libremente al suelo y tarda 3 segundos en llegar. ¿Cuál es la altura del edificio? (Usa $g=9,8 \text{ m/s}^2$).
8. Un objeto es soltado desde una altura de 80 m. ¿Cuánto tiempo tarda en llegar al suelo? (Usa $g=9,8 \text{ m/s}^2$).
9. Una rueda gira con una velocidad angular constante de 2 rad/s . ¿Cuánto tiempo tarda en dar una vuelta completa?
10. Un objeto atado a una cuerda de 1 m de longitud gira en un círculo con una velocidad de 4 m/s. ¿Cuál es su aceleración centrípeta?

Sección 4: Gráfico

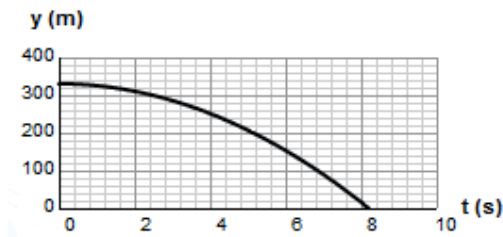


Preguntas:

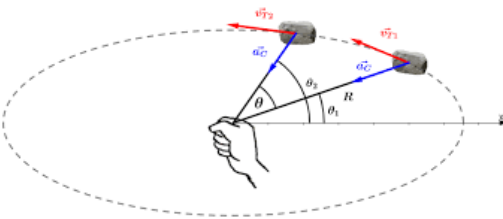
1. ¿Qué representa la pendiente de esta gráfica y cómo se relaciona con la velocidad del objeto?
2. Si el tiempo se duplicara, ¿qué sucedería con la posición del objeto?



1. ¿Cómo se relaciona la pendiente de la gráfica con la aceleración del objeto?
2. ¿Qué pasaría si la pendiente de la gráfica se hiciera más empinada?



1. Según el gráfico de la caída libre, ¿cómo cambia la altura del objeto con el tiempo? Explica qué sucede con la velocidad del objeto a medida que cae.
2. Si un objeto cae durante 3 segundos, ¿qué tan alta era la altura desde la que comenzó a caer? ¿Cómo afectaría este valor si la aceleración de la gravedad fuera diferente?



1. En un gráfico de velocidad vs. tiempo para un objeto en movimiento circular uniforme, ¿qué puedes observar sobre la velocidad del objeto? Explica por qué la velocidad permanece constante a lo largo del tiempo.
1. Si el radio de la trayectoria circular se aumenta, ¿cómo afectaría esto a la velocidad tangencial del objeto? ¿El tiempo que tarda en completar una vuelta también cambia? Justifica tu respuesta.

Evaluación práctica

Práctica de Laboratorio: Explorando Movimientos Mecánicos

Objetivo General:

Comprender las características de diferentes tipos de movimientos mediante actividades experimentales sencillas.

Actividad 1: Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)

Materiales:

- Carrito de juguete de movimiento constante (o una botella rodante).
- Metro o cinta métrica.
- Cronómetro.

Procedimiento:

1. Coloca el carrito en un suelo liso.
2. Marca un trayecto recto de 2 metros.
3. Suelta el carrito y mide el tiempo que tarda en recorrer la distancia.
4. Calcula la velocidad dividiendo la distancia entre el tiempo.
5. Repite el experimento tres veces y compara los resultados.

Reflexión:

¿La velocidad es constante en todos los intentos? ¿Qué factores podrían afectar el movimiento?

Actividad 2: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Materiales:

- Una tabla inclinada.
- Esferas (pueden ser canicas o pelotas pequeñas).
- Cronómetro.
- Metro o cinta métrica.

Procedimiento:

1. Coloca la tabla inclinada y mide su longitud.
2. Suelta una esfera desde el extremo superior y mide el tiempo que tarda en llegar al final.

Calcula la aceleración usando la fórmula:

$$a = \frac{2 \cdot d}{t^2}$$

3. Donde d es la longitud de la tabla y t el tiempo medido.
4. Repite el experimento variando la inclinación de la tabla.

Reflexión:

¿Cómo afecta la inclinación de la tabla a la aceleración de la esfera?

Actividad 3: Movimiento Parabólico

Materiales:

- Lanza pelotas (puede ser un tubo).
- Pelotas pequeñas (goma o plástico).
- Regla o metro.
- Cronómetro.

Procedimiento:

1. Lanza una pelota desde el tubo con una inclinación de 45°.
2. Mide el alcance horizontal y el tiempo de vuelo de la pelota.
3. Repite el lanzamiento con diferentes inclinaciones (30°, 60°).
4. Compara los alcances obtenidos.

Reflexión:

¿En qué ángulo se obtiene el alcance máximo? ¿Qué sucede cuando el ángulo aumenta o disminuye?

Actividad 4: Caída Libre

Materiales:

- Cronómetro.
- Metro o regla grande.
- Objeto pequeño (por ejemplo, una goma de borrar).

Procedimiento:

1. Suelta el objeto desde una altura de 2 metros.
2. Cronometra el tiempo que tarda en llegar al suelo.
3. Repite el experimento tres veces y calcula el promedio.

Utiliza la fórmula:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

para calcular la aceleración debida a la gravedad (g).

Reflexión:

¿El tiempo medido coincide con el resultado esperado teóricamente? ¿Qué factores pueden influir?

Actividad 5: Movimiento Circular

Materiales:

- Cuerda de 1 metro de longitud.
- Objeto pequeño (una arandela o bola ligera).
- Cronómetro.

Procedimiento:

1. Ata el objeto al extremo de la cuerda.
2. Gira el objeto en un círculo horizontal constante.
3. Mide el tiempo que tarda en dar 10 vueltas.

Calcula la velocidad angular y la aceleración centrípeta usando:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Reflexión:

¿Cómo afecta el radio del movimiento a la aceleración centrípeta?

Cierre:

Tras completar las actividades, compara los resultados experimentales con las teorías estudiadas. Reflexiona sobre las posibles fuentes de error y su impacto en los cálculos.

Evaluación virtual

Actividades sobre MRU (Movimiento Rectilíneo Uniforme)

1. Actividad 1: Relación entre tiempo y distancia:
 - Objetivo: Estudiar la relación entre el tiempo transcurrido y la distancia recorrida en el MRU.
 - Simulación: Usa la simulación de "Movimiento de un objeto en línea recta" en PhET.
<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/moving-man/latest/moving-man.html?simulation=moving-man&locale=es>
 - Pasos:
 - Establece una velocidad constante para un objeto.

- Mide la distancia recorrida en intervalos de tiempo y observa cómo cambia la distancia en función del tiempo.
 - Preguntas:
 - 0. ¿La distancia recorrida aumenta de manera proporcional al tiempo?
 - 1. ¿Cómo puedes calcular la velocidad usando el gráfico de distancia vs. tiempo?
- 2. Actividad 2: Experimenta con diferentes velocidades:
 - Objetivo: Comparar cómo cambia el movimiento con diferentes velocidades constantes.
 - Simulación: Cambia la velocidad del objeto y observa cómo afecta el tiempo necesario para recorrer una distancia específica.
 - Pasos:
 - 0. Cambia la velocidad del objeto y observa cómo varía la distancia recorrida en el mismo tiempo.
 - 1. Repite para varias velocidades.
 - Preguntas:
 - 0. ¿Cómo afecta la velocidad al tiempo que tarda en recorrer una distancia?
 - 1. ¿Puedes encontrar una relación entre la velocidad y la distancia recorrida?
- 2. Actividad 3: Comparación con otros tipos de movimiento:
 - Objetivo: Diferenciar el MRU de otros tipos de movimiento, como el movimiento acelerado.
 - Simulación: Utiliza la simulación "Movimiento con aceleración" para comparar el MRU con el MRUV.
 - Pasos:
 - 0. Estudia el MRU en una simulación y luego cambia a un movimiento con aceleración.
 - 1. Compara los gráficos de velocidad vs. tiempo para cada tipo de movimiento.
 - Preguntas:
 - 0. ¿Qué diferencia encuentras entre un gráfico de MRU y uno de MRUV?
 - 1. ¿Cómo cambia la velocidad en cada tipo de movimiento?

Actividades sobre MRUV (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado)

- 1. Actividad 4: Estudio de la aceleración:
 - Objetivo: Analizar el efecto de la aceleración constante sobre la velocidad y la posición.
 - Simulación: Usa la simulación "Fuerzas y Movimiento" en PhET.
 - Pasos:
 - Ajusta la aceleración del objeto y observa cómo cambia la velocidad en función del tiempo.
 - Registra los valores de velocidad y posición en diferentes instantes de tiempo.
 - Preguntas:
 - 0. ¿Cómo cambia la velocidad del objeto cuando la aceleración es positiva?
 - 1. ¿Cómo varía la posición del objeto al aumentar la aceleración?
- 2. Actividad 5: Gráficos de velocidad y posición:
 - Objetivo: Estudiar la relación entre la velocidad y la distancia recorrida en un MRUV.
 - Simulación: Utiliza la simulación de "Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado".
 - Pasos:
 - 0. Ajusta la aceleración y observa el gráfico de velocidad vs. tiempo.
 - 1. Luego, observa el gráfico de posición vs. tiempo y describe las diferencias.
 - Preguntas:
 - 0. ¿Qué forma tiene el gráfico de velocidad vs. tiempo en un MRUV?
 - 1. ¿Qué forma tiene el gráfico de posición vs. tiempo en un MRUV? Explica por qué es diferente al de un MRU.
- 2. Actividad 6: Cálculo de velocidad y distancia en un MRUV:
 - Objetivo: Practicar el cálculo de la velocidad final y la distancia recorrida usando las ecuaciones del MRUV.
 - Simulación: Usa la simulación "Fuerzas y Movimiento" en PhET.
https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html?locale=es
 - Pasos:
 - 0. Establece una aceleración constante y calcula la velocidad final después de un tiempo determinado.
 - 1. Calcula la distancia recorrida utilizando las ecuaciones de movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
 - Preguntas:
 - 0. ¿Cómo calculas la velocidad final de un objeto en MRUV?
 - 1. ¿Qué ecuación usarías para calcular la distancia recorrida si sabes la aceleración y el tiempo?
- 2. Actividad 7: Estudio de la aceleración negativa (desaceleración):
 - Objetivo: Analizar cómo el movimiento cambia cuando hay desaceleración.
 - Simulación: Ajusta la aceleración a valores negativos en la simulación de MRUV.

- Pasos:
 0. Estudia el movimiento de un objeto que se desacelera (aceleración negativa) y observa los efectos en la velocidad y la posición.
 1. Registra cómo cambia la velocidad y la posición a lo largo del tiempo.
- Preguntas:
 0. ¿Qué ocurre cuando la aceleración es negativa? ¿Cómo cambia la velocidad del objeto?
 1. ¿Cómo se ve el gráfico de velocidad vs. tiempo cuando el objeto desacelera?

Actividades combinadas de MRU y MRUV:

1. Actividad 8: Comparación entre MRU y MRUV en una carrera:
 - Objetivo: Comparar el rendimiento de un objeto en MRU y otro en MRUV en una carrera.
 - Simulación: Usa ambas simulaciones (MRU y MRUV) para dos objetos que comienzan a la misma distancia.
 - Pasos:
 - Configura un objeto para que se mueva con velocidad constante (MRU) y otro con aceleración constante (MRUV).
 - Haz que ambos objetos recorran la misma distancia y observa cuál llega primero.
 - Preguntas:
 - ¿Qué objeto tarda más en recorrer la distancia? ¿Por qué?
 - ¿Cómo afecta la aceleración al tiempo de recorrido en comparación con un movimiento uniforme?

Práctica: Análisis de la caída libre y el movimiento parabólico con PHET

Objetivos

1. Analizar las relaciones entre posición, velocidad y tiempo en la caída libre.
2. Estudiar cómo las variables de alcance horizontal y altura máxima dependen de la velocidad inicial y el ángulo en el movimiento parabólico.
3. Desarrollar habilidades para tabular datos, graficar relaciones y capturar evidencia experimental en simulaciones.

Recursos necesarios

1. Simulación de PHET:
 - (Proyectiles) https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=es
2. Libreta de apuntes o software de hojas de cálculo (Excel o Google Sheets).
3. Herramienta para realizar capturas de pantalla.

Parte 1: Caída Libre

1. Preparación:
 - Accede a la simulación.
 - Ajusta las condiciones iniciales: selecciona un objeto para lanzar (pelota, carrito, etc.).
 - Configura la simulación para que no haya resistencia del aire.
 - Coloca el objeto a una altura inicial de 20 m y asegúrate de que la velocidad horizontal sea 0 m/s.
2. Actividad:
 - Libera el objeto desde la altura seleccionada y observa cómo cae.
 - Registra los datos en intervalos de 0.5 segundos. Llena una tabla como esta:

Tiempo (s)	Altura (m)	Velocidad (m/s)
0.0	20.0	0.0
0.5		
1.0		
1.5		
 - Realiza las siguientes gráficas:
 - Altura vs Tiempo (eje y: Altura, eje x: Tiempo).
 - Velocidad vs Tiempo (eje y: Velocidad, eje x: Tiempo).
3. Captura de pantalla:
 - Toma una captura mostrando el objeto en su trayectoria vertical, junto con los datos de tiempo y posición.
4. Análisis:
 - Describe cómo varía la altura respecto al tiempo y cómo cambia la velocidad a medida que el objeto cae.

Parte 2: Movimiento Parabólico

1. Preparación:
 - Utiliza nuevamente la simulación de movimiento.

- Ajusta las condiciones iniciales:
 - Velocidad inicial: 20 m/s.
 - Sin resistencia del aire.
 - Cambia los ángulos de lanzamiento entre 30°, 45° y 60°.
- 2. Actividad:
 - Lanza el objeto en cada ángulo y mide:
 - Alcance horizontal: distancia desde el punto de lanzamiento hasta donde toca el suelo.
 - Altura máxima: la altura más alta alcanzada.
 - Tiempo total de vuelo: desde el lanzamiento hasta que el objeto toca el suelo.
 - Llena una tabla como la siguiente:

Ángulo (°)	Velocidad inicial (m/s)	Alcance horizontal (m)	Altura máxima (m)	Tiempo total (s)
30	20
45	20
60	20
 - Realiza las siguientes gráficas:
 - Ángulo vs Alcance horizontal.
 - Ángulo vs Altura máxima.
- 3. Captura de pantalla:
 - Toma una captura mostrando la trayectoria parabólica y los datos obtenidos en la simulación.
- 4. Análisis:
 - Explica cómo afecta el ángulo al alcance horizontal y a la altura máxima.
 - Determina cuál es el ángulo óptimo para maximizar el alcance horizontal y justifica el porqué.

Preguntas para reflexionar

1. ¿Qué tipo de gráfica se obtiene al analizar la posición vs tiempo en la caída libre? ¿Cómo se relaciona con la aceleración gravitacional?
2. En el movimiento parabólico, ¿por qué el alcance horizontal es máximo a un ángulo específico?
3. ¿Cómo se diferencia el tiempo de vuelo entre los diferentes ángulos?

Entrega

1. Tablas completas con datos registrados en cada experimento.
2. Gráficas con los análisis solicitados.
3. Capturas de pantalla que evidencien la trayectoria y los datos en la simulación.
4. Respuestas reflexivas a las preguntas.

Práctica de laboratorio virtual: Explorando las Leyes de Kepler

Simulador: PHET: Leyes de Kepler

Objetivo:

Comprender las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario mediante el uso del simulador de PHET "Mi Sistema Solar".

Material necesario:

- Computadora o dispositivo con acceso a internet.
 - Simulador de PHET: "Mi Sistema Solar". https://phet.colorado.edu/sims/html/my-solar-system/latest/my-solar-system_es.html
- https://phet.colorado.edu/sims/html/my-solar-system/latest/my-solar-system_es.html

Procedimiento:

1. Preparación del simulador:
 - Abre el simulador de PHET "Mi Sistema Solar".
 - Selecciona la opción "Personalizar" para ajustar los parámetros de órbitas y planetas.
2. Exploración de la Primera Ley (Ley de las órbitas elípticas):
 - Coloca un planeta en órbita alrededor del sol. Ajusta la excentricidad de la órbita.
 - Observa cómo la trayectoria del planeta cambia de circular a elíptica al aumentar la excentricidad.
 - Pregunta clave: ¿Cómo afecta la excentricidad al tipo de órbita del planeta?
3. Exploración de la Segunda Ley (Ley de las áreas iguales):
 - Coloca un planeta en una órbita elíptica.

- Habilita la opción para mostrar el área barrida por el radio vector del planeta (si el simulador lo permite, o imagínala visualmente).
 - Observa cómo el planeta se mueve más rápido cuando está cerca del sol y más lento cuando está lejos.
 - Actividad: Mide el tiempo que tarda el planeta en barrer áreas iguales en diferentes posiciones de su órbita.
 - Pregunta clave: ¿Qué relación observas entre la velocidad del planeta y su distancia al sol?
4. Exploración de la Tercera Ley (Ley del período):
- Coloca varios planetas en órbitas con diferentes radios alrededor del sol.
 - Mide el período orbital (T) de cada planeta y anota la distancia promedio del planeta al sol (r).
 - Calcula T^2 y r^3 para cada planeta.
 - Pregunta clave: ¿Cuál es la relación entre T^2 y r^3 ? ¿Se cumple la tercera ley de Kepler?

Datos para registrar:

- Excentricidad de la órbita (para la Primera Ley).
- Áreas y tiempos barridos en diferentes posiciones orbitales (para la Segunda Ley).
- Distancia al sol (r) y período orbital (T) de varios planetas (para la Tercera Ley).

Análisis y conclusiones:

- Explica cómo las observaciones en el simulador confirman cada una de las tres leyes de Kepler.
- Discute la importancia de estas leyes para comprender el movimiento de los planetas en el sistema solar.

Rutina de pensamiento

Veo
Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso
Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto
Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo IV: *¡Qué fuerte!*

Luego de varios días monótonos en casa, escuela y trabajo, la familia descansaba en el patio un viernes por la tarde. Los jóvenes corrían de un lado a otro, mientras Pitias y su esposo estaban sentados en una silla, sí claro, ella estaba en las piernas de Hípaso planeando las actividades del sábado.

—Necesito que saquemos ese tronco que está allá —dijo ella señalando al rincón oeste—. Es mejor llevarlo a un lugar donde no estorbe.

—Sí, mi amor. Pero ¿Ahora?



Ella lo miró y le hizo muecas con la cara y le dio un beso tierno. Este gesto lo rindió a sus pies.

—¡Niños lindos! —gritó Hípaso a sus hijos—. Tenemos trabajo.

Los jóvenes se acercaron corriendo, ¡Pa las que sea! —dijeron en coro—.

—¿Qué hay que hacer? —preguntó Academo confundido—.

Estaba confundido por la expresión usada por su padre para estudiar algo, pero esta vez dijo trabajo.

—Mi reina me dio una orden explícita —dijo Hípaso poniendo ojos de huevo frito—. Luego continuó así:

¿Ven ese tronco? Debemos sacarlo de aquí ¡Se va!

—Debe estar pesado —dijo Academo—.

—¡No seas chillón hermanito! —Le gritó Peleo—. Seguro que tú puedes solo.



Los tres hombres forzudos se dirigieron al tronco. Pitias los miró riendo —Les voy a preparar una rica limonada a mis hombres.

—Gracias, mami linda —le dijo Peleo—.

Los jóvenes se mostraron muy interesados, aunque al acercarse al tronco notaron que es mucho más pesado de lo que imaginaban. El hijo menor intenta levantarlo y se da cuenta de que no puede hacerlo solo. El mayor sugiere empujar a todos a la vez, mientras el padre observa y explica cómo pueden aprovechar mejor su fuerza aplicándola juntos.

—Yo tengo mucha fuerza —dijo Academo con aire de superioridad—.



—De hecho —dijo su padre—. No tienes fuerza, pero si la aplicas.

—¿Y mis músculos papá? —preguntó muy intrigado Peleo—.

Hípaso les dijo sentándose en el tronco:

La respuesta depende del contexto en el que estemos usando el término.

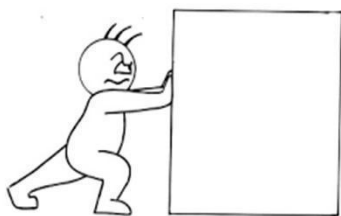
Por ejemplo, tener *fuerza* hace referencia a la capacidad física o potencia de una persona. Es una cualidad o condición, como cuando dices "*tengo fuerza para levantar este tronco*" o "*tengo la fuerza necesaria para empujar el carro*". Aquí, "fuerza" describe una característica interna de tu cuerpo o de tus músculos.

Por otro lado, aplicar fuerza se refiere a la acción de usar esa capacidad en un momento dado, ejerciendo una presión o empujoncito sobre algo. En física, aplicar fuerza significa interactuar directamente con otro objeto para cambiar su movimiento o posición, como cuando dices apliqué fuerza para mover el tronco o

apliqué fuerza para empujar la caja. Aquí, estás usando tu capacidad de fuerza para influir en el mundo externo.

Entonces, *tener* fuerza es poseer la capacidad, mientras que *aplicar* fuerza es poner esa capacidad en acción sobre un objeto o en una situación.

—Entonces, papá ¿Qué es fuerza?



Hípaso pensó un momento mientras miraba sus músculos.

—¡Niños lindos! ¿Recuerdan a Tippens?

—Sí, por supuesto. —dijeron convencidos—.

—Bueno, este autor dice algo más o menos así:

La fuerza es cualquier interacción que, al aplicarse sobre un objeto, puede cambiar su estado de movimiento o deformarlo⁶.

Se mide en Newtons (N) en sistema internacional, pero puede usarse el *Pondio*, la *Dina* y *Libra de fuerza* del sistema inglés. Es una magnitud vectorial, lo que significa que tiene tanto magnitud, como dirección. Puede usarse el dinamómetro para medir la fuerza.

Tipler y Mosca son unos autores que explican estas cosas en su libro de física.

—Ah, es un vector —dijo en voz baja Peleo—.

Academo recordó haber visto estos apellidos un tanto raros en un libro de la oficina de su padre.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Esto significa que se debe tener cuidado hacia donde se aplica esa fuerza —dijo Academo reflexionando un poco—. Digo por eso del sentido ¿no?

—Efectivamente hijo. Luego agregó:

⁶ Taylor (2020).

Al aplicarse una fuerza sobre un objeto, se puede:



Cambiar su estado de reposo o movimiento (si estaba quieto, empieza a moverse; si estaba en movimiento, acelera, desacelera o cambia de dirección).



Provocar una deformación —como al apretar una pelota de goma—.

—Entonces debe haber varios tipos de fuerzas—aseguró Peleo—.

Hípaso notó que debía aprovechar las preguntas para esclarecer este concepto.

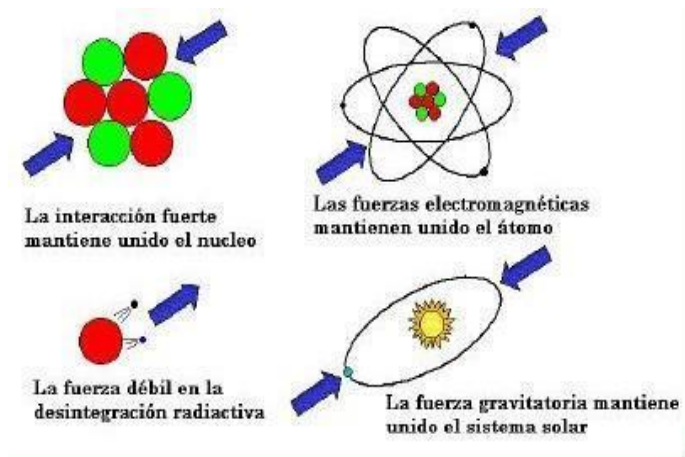
Les dijo:

Comencemos por las fundamentales.

—¿Fundamentales? —preguntó Peleo—.

Academio pensó que era obvio el nombre, debía referirse a cosas básicas, cosas que no puedan explicarse a partir de ellas puedan ser explicadas otras magnitudes más avanzadas, pero esta vez guardó silencio, escuchando las maravillosas cosas que explicaba su padre con emoción.

—Sí. —dijo mirando a ver si llegaba la limonada—. Luego agregó: las fuerzas fundamentales son las interacciones básicas de la naturaleza, y toda fuerza conocida en el universo puede reducirse a una combinación de estas cuatro fuerzas fundamentales: *gravedad, electromagnetismo, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil.*



Fuente: Serway & Jewett (2014).

Fuerza Gravitatoria. Es la atracción que existe entre dos masas. La gravedad es responsable de que los objetos caigan al suelo y de mantener los planetas en órbita alrededor del sol. Así entonces, la fuerza que hace que una manzana caiga al suelo desde un árbol es la gravedad. Esta misma fuerza mantiene a la Tierra y a otros planetas en órbita alrededor del Sol.



Fuerza Electromagnética. Es la interacción entre partículas cargadas eléctricamente. Es responsable de casi todas las fuerzas que experimentamos en nuestra vida diaria, como el magnetismo y las fuerzas de contacto (por ejemplo, cuando empujas o tiras de algo). Así cuando acercan dos imanes, sientes que se atraen o repelen. Esta atracción o repulsión es una manifestación de la fuerza electromagnética. También es la fuerza que mantiene los electrones en órbita alrededor del núcleo en los átomos.

Fuerza Nuclear Fuerte. Es la fuerza que mantiene unidas las partículas en el núcleo de los átomos, es decir, los protones y neutrones. Es la fuerza más fuerte de las cuatro, pero actúa solo a distancias extremadamente cortas. *Pues* la razón por la cual los protones (que se repelen entre sí debido a sus cargas positivas) permanecen juntos en el núcleo es debido a la fuerza nuclear fuerte. Sin esta fuerza, los núcleos atómicos no podrían existir, y los átomos se desintegrarían.



Fuerza Nuclear Débil. Es responsable de ciertos tipos de decaimiento radiactivo y de la desintegración de partículas subatómicas. Es más débil que la fuerza nuclear fuerte y también actúa a distancias muy cortas. *Entonces*, en el proceso de desintegración radiactiva, como el de un neutrón que se desintegra en un protón, un electrón y un neutrino en ciertos núcleos inestables, está actuando la fuerza nuclear débil. Este proceso es fundamental para las reacciones nucleares en el Sol, que nos proporcionan luz y energía.

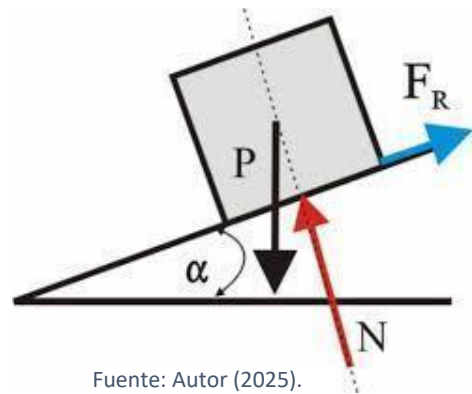
Estas fuerzas fundamentales son la base de las interacciones en el universo y se combinan para dar lugar a todas las demás fuerzas y fenómenos que observamos en nuestra vida diaria.

—Sería interesante saber qué pasaría si una de estas fuerzas desaparece — dijo Peleo—.

—Seguro nada bueno —le respondió Academo—.

—Tienes razón hijo. Si una desaparece, el mundo como lo conocemos no existiría. Sin luz; si desaparece la electromagnética, sin planeta; si desaparece la gravitatoria, sin cuerpos; si desaparece la fuerte y sin energía; si desaparece la débil.

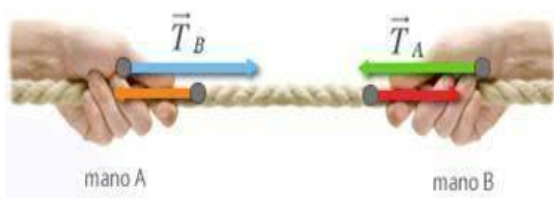
Pero hay otras fuerzas también muy importantes de contacto.



—Que se tocan, supongo —dijo Peleo—.

—Sí, aparecen cuando un cuerpo está en contacto con otro. —le dijo su padre—.

- *Fuerza de fricción o rozamiento: La resistencia que se opone al movimiento de dos superficies en contacto.*
- *Fuerza de tensión: La fuerza que actúa a través de una cuerda, cadena o cable.*
- *Fuerza normal: La fuerza que una superficie ejerce sobre un objeto en contacto con ella, evitando que atraviese la superficie.*
- *Fuerza elástica: La que actúa a través de los resortes.*



Pitias llegó con una jarra gigante, con mucho hielo y cuatro vasos de vidrio transparente. La colocó en la mesita y gritó:

—No puede ser, están hablándole al tronco en vez de sacarlo —les dijo ella riéndose—. Vengan a tomar limonadita,

fortachones.

Los tres se acercaron a servirse mientras se reían de no haber comenzado el encargo de Pitias, pero ella sí les trajo su limonada con hielito.

—No tenemos cuerdas —dijo Hípaso—. Así que los tres lo halaremos juntos.

—¡Vamos! —le gritó Pitias parada al lado de la mesita—.

Los tres se acomodaron de tal forma que su padre lo tomó por el medio, Academo por la derecha y Peleo por la izquierda. Lo movieron arrastrándolo como dos metros y se sentaron a ver la marca que dejó en el césped.

—¿Cómo se aplican las fuerzas ahora papá? —preguntó jadeando Academo—

Su padre, mirando el tronco les dijo que las fuerzas que interactúan en este caso son:

- *Fuerza debido a la gravedad (Peso):* La gravedad ejerce una fuerza hacia abajo sobre el tronco, que intenta hacer que el tronco se deslice por la pendiente. Esta fuerza depende de la masa del tronco y la aceleración gravitacional.



$F_g = m \cdot g$ es la segunda ley de Newton

- *Fuerza de fricción:* El rozamiento entre el tronco y el suelo genera una fuerza que se opone al movimiento descendente. Esta fuerza depende del peso del tronco y del tipo de suelo en el que está apoyado.

$F_r = \mu \cdot F_n$

- *Normal:* La superficie del suelo aplica una fuerza de reacción perpendicular a la superficie del terreno. Esta fuerza ayuda a mantener el tronco en su lugar y equilibra parcialmente el peso del tronco, reduciendo su tendencia a deslizarse.

F_n

No tenemos tensión porque no hay cuerdas.

Pero podría aplicarse fuerza a través de resortes, por ejemplo, el físico inglés del mismo tiempo de nuestro amigo Newton, llamado *Robert Hooke*, quien formuló la ley de Hooke, que describe la relación entre la fuerza aplicada a un resorte y su elongación. Esta ley es fundamental en el estudio de la elasticidad. La *ley de Hooke* establece que la deformación de un material elástico —como un resorte— es directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre él, siempre que la



Hooke, R.

deformación no exceda el límite elástico del material. Matemáticamente, se expresa como:

$$F = k \cdot x$$

Imaginen que tienen un resorte con una constante $k = 50 \text{ N/m}$ y aplican una fuerza de 10 N .

Según la ley de Hooke:

$$F = k \cdot x \quad \text{Despejamos } x \text{ para calcular la elongación: } x = \frac{F}{k}$$

$$x = \frac{10 \text{ N}}{50 \text{ N/m}} = 0,2 \text{ m}$$

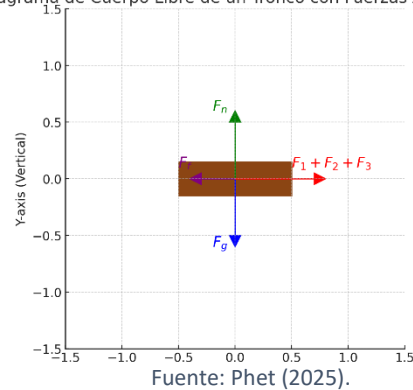
Por lo tanto, el resorte se alargará $0,2 \text{ m}$ (20 cm) al aplicar una fuerza de 10 N .

—Papá ¿Cómo podríamos revisar el efecto de nuestra fuerza sobre este malvado tronco? —preguntó Peleo—.

—A eso se le llama diagrama de cuerpo libre. —dijo su padre—. Sirve para representar gráficamente las fuerzas.

- *Ejes X e Y: Dibujamos un eje X (horizontal) y un eje Y (vertical) desde el centro de masa del tronco.*
- *Vector de fuerza por gravedad (F_g): Dibujamos una flecha hacia abajo.*
- *Vector Normal (F_n): Una flecha perpendicular hacia arriba desde el punto de contacto. Si hay superficie, esta aparece.*

Diagrama de Cuerpo Libre de un Tronco con Fuerzas Aplicadas



Fuente: Phet (2025).

- *Vector de Fricción (F_r): Dibujamos una flecha en la dirección opuesta al movimiento, generalmente a lo largo del eje X. Sin superficie, no se toma en cuenta.*
- *Vectores de jalón (F_1 , F_2 , F_3): Dibujamos tres flechas hacia la derecha, sumando sus magnitudes para ver si superan la fricción y la gravedad proyectada en la dirección de la pendiente.*

Como podemos ver la suma de nuestras fuerzas es mayor que la fuerza opuesta de roce, comprobamos que el movimiento fue en sentido a donde halamos.

—¿Y si no se mueve? —cuestionó Peleo—.

—Entonces, la fuerza de roce y la gravitatoria es mayor a la fuerza que aplicamos.



—Creo que esto tiene que ver con las leyes de Newton —dijo Academo—. En ciencias naturales el profesor lo mencionó.

Hípaso notó que su hijo mayor comprendía el tema, era hora de subir el nivel.

—Bueno...

Introducir las leyes de Newton en este problema nos ayuda a analizar cómo las fuerzas influyen en el movimiento (o la falta de movimiento) del tronco. Vamos a ver cómo aplicar cada una de las leyes de Newton:

Primera Ley de Newton (Ley de la Inercia)

La Primera Ley establece que un objeto permanecerá en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza neta actúe sobre él.



$$\sum F = 0$$

Para este tronco:

- Si las fuerzas aplicadas por nosotros y la fuerza de fricción se equilibran, el tronco permanecerá en reposo, pues la fuerza neta es cero.
- Si la fuerza neta es diferente de cero —por ejemplo, si aplicamos una fuerza mayor a la fricción—, el tronco comenzará a moverse, y esta ley explica por qué solo se moverá cuando la fuerza aplicada supera a la fricción.

Segunda Ley de Newton (Ley de la Aceleración)

La Segunda Ley establece que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa

$$F = m \cdot a$$



Fuente: Generado por IA (2025).

En este caso:

- La fuerza neta (F_{neta}) es la suma de las fuerzas de los tres jalones nuestros menos la fuerza de fricción.
- Usando $F_{\text{neta}} = m \cdot a$, si conocemos la masa del tronco, podemos calcular la aceleración resultante, que nos indica si el tronco comienza a moverse y cómo aumentará su velocidad con el tiempo.

Esto también permite ajustar la fuerza aplicada si deseamos una aceleración específica. Por ejemplo, si se desea mover el tronco más rápido, habría que aumentar la fuerza de jalonazos.

Tercera Ley de Newton (Acción y Reacción)

La Tercera Ley indica que por cada acción hay una reacción de igual magnitud y opuesta en dirección.

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$$

Para el tronco, esto implica que:

- Cuando cada uno hala el tronco, el tronco también ejerce una fuerza opuesta sobre nosotros. Aunque esta fuerza no impide el movimiento del tronco, sí nos afecta, por lo que sentiremos resistencia al empujar.



- La fuerza normal entre el tronco y el suelo es una reacción a la fuerza de gravedad que el tronco ejerce sobre el suelo. Si el suelo se debilita o cede, el tronco podría moverse de forma diferente, o incluso resbalar.

—Danos un ejemplo más específico, por favor —dijo Peleo—.

—Déjenme pensar un poco —dijo Hípaso—.

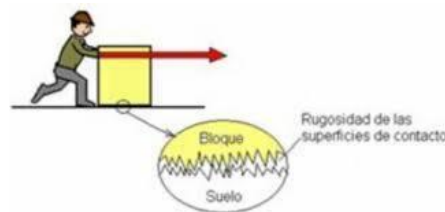
El tronco es de 100 kg allí tirado en el suelo, y los tres intentamos moverlo hacia la derecha. La fuerza de fricción que actúa en contra del movimiento es de 250 N. Si los tres aplicamos una fuerza combinada de 350 N hacia la derecha, calcula:



- La fuerza neta que actúa sobre el tronco.
- La aceleración del tronco.

Datos:

- Masa del tronco, $m=100\text{ kg}$.
- Fuerza de fricción, $F_r=250\text{ N}$.
- Fuerza aplicada por las personas, $F_{\text{aplicada}} = 350\text{ N}$.
- Aceleración de la gravedad, $g=9,8\text{ m/s}^2$ (aunque aquí no afectará directamente al movimiento horizontal).



La fuerza neta es la diferencia entre la fuerza aplicada y la fuerza de fricción:

$$F_{\text{neta}} = F_{\text{aplicada}} - F_r$$

Sustituyendo los valores:

$$F_{\text{neta}} = 350 \text{ N} - 250 \text{ N} = 100 \text{ N}$$

Entonces, la fuerza neta sobre el tronco es de *100 N hacia la derecha*.

Usamos la *Segunda Ley de Newton* para calcular la aceleración:

$$a = \frac{F_{\text{neta}}}{\text{masa}}$$

$$a = \frac{100 \text{ N}}{100 \text{ kg}} \quad a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Este ejercicio nos muestra cómo calculamos la fuerza neta y la aceleración cuando conocemos la masa y las fuerzas que actúan en el sistema.



—No comprendo bien esa ley de inercia —dijo Peleo—.

—Bueno...

Un ejemplo cotidiano de la Primera Ley de Newton es cuando viajas en nuestro carro y este frena repentinamente.

Imagina que estás sentado en el carro sin cinturón de seguridad. Cuando el carro está en movimiento, tu cuerpo también se mueve a la misma velocidad que este. Si de pronto yo freno bruscamente, el carro se detiene, pero tu cuerpo tiende a seguir en movimiento debido a la inercia —que es la resistencia a cualquier cambio en el estado de movimiento—. Por eso, te sientes lanzado hacia adelante.



—Pero —dijo Hípaso—. Hay uno más interesante.

Imagina una nave espacial que está flotando en el espacio, lejos de cualquier planeta o estrella. Si los motores de la nave se apagan y no hay ninguna fuerza externa actuando sobre ella —como la gravedad de un cuerpo celeste cercano—, la nave continuará moviéndose en línea recta a

una velocidad constante. Esto se debe a que no hay fricción ni resistencia del aire en el vacío del espacio que pueda detenerla o cambiar su dirección.

Sí, por ejemplo, la nave se mueve a 10 000 km/h y se apagan todos los motores, seguirá a esa velocidad y en esa dirección indefinidamente, a menos que una fuerza externa, como la gravedad de un planeta o la propulsión de un cohete, actúe sobre ella. Este ejemplo demuestra cómo un objeto en movimiento en el espacio se comporta de acuerdo con la primera ley de Newton, manteniendo su estado de movimiento hasta que una fuerza externa lo modifique.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¡Oh! Que fácil —dijo el joven—.

—Pero lo de la segunda —dijo Academo—. ¿Es así de simple?



—Bueno...



Imaginemos que estamos en un supermercado y deciden empujar el carrito lleno de cositas. Si el carrito está vacío, es fácil acelerarlo cuando aplican una fuerza leve. En este caso, la fuerza que ejercen sobre el carrito produce una aceleración significativa, ya que la masa del carrito es baja. Sin embargo, si el carrito está lleno de



cositas y es más pesado, necesitarán aplicar una mayor fuerza para lograr la misma aceleración. Por ejemplo, si empujan con la misma fuerza que antes, el carrito lleno se moverá más lentamente porque la masa ha aumentado.

—Se me ocurre —dijo Hípaso—.

Imaginen una nave espacial que está en el espacio y necesita realizar una maniobra para cambiar su dirección y velocidad. La nave tiene un sistema de propulsión que genera empuje. Cuando los motores de la nave se encienden, producen una fuerza que empuja la nave en la dirección deseada. Si la nave está vacía (con poco peso), el empuje de los motores resulta en una aceleración rápida, lo que significa que la nave cambiará de velocidad y dirección rápidamente. Sin embargo, si la nave está llena de suministros y equipo —es decir, tiene mucho

peso—, necesitarán que los motores generen más fuerza para lograr el mismo cambio en la velocidad y dirección. En este caso, la misma cantidad del tirón no será suficiente para acelerar la nave de manera tan rápida como lo hizo cuando estaba vacía.

Este ejemplo nos ilustra cómo la segunda ley de Newton se aplica a las naves espaciales: la aceleración que experimenta la nave depende de la fuerza que los motores generan y de la masa de la nave. Cuanto mayor sea la masa, mayor será la fuerza necesaria para conseguir la misma aceleración.



—Eso lo hemos hecho, pero no sabía que había una ley para explicar eso. —dijo Academo—. Pero interesante lo de la nave.

—Y con la tercera —gritó Pitias—. Es más fácil.

—Bueno...

Imaginen que están nadando en una piscina. Cuando impulsan sus brazos hacia atrás en el agua, están aplicando una fuerza en esa dirección. Según la tercera ley de Newton, por cada acción hay una reacción igual y opuesta. Entonces, al empujar el agua hacia atrás, el agua ejerce una fuerza igual y opuesta que empuja tu cuerpo hacia adelante. Esta acción de sus brazos y la reacción del agua les permiten avanzar en la piscina. Cuanto más fuerte empujen el agua hacia atrás, más fuerza recibirán del agua que les impulsará hacia adelante.



También se me ocurre —continuó Hípaso—.



Imaginen que están corriendo en playa Cayo. Cada vez que ponen el pie en el suelo, aplican una fuerza hacia abajo y hacia atrás contra el suelo. Según la tercera ley de Newton, por cada acción hay una reacción igual y opuesta. Entonces, cuando empujan el suelo hacia abajo, el suelo ejerce una fuerza igual y opuesta que te impulsa hacia arriba y hacia adelante. Esta fuerza de reacción es lo que les permite avanzar y aumentar su velocidad al correr. Si no hubiera un suelo firme que les ofreciera esta resistencia, no podrían moverse hacia adelante de manera efectiva.

—Allí dejan el hueco en la playa y hasta arenita hacia atrás. Agregó Pitias. Pero ese tronco sigue en el patio.

Los tres volvieron a halar hasta sacarlo a la acera. Jadeando pidieron más limonada fría y se sentaron en el césped a descansar. Mientras Academo disfrutaba de un hielito en su lengua, pensó en un acertijo, una situación curiosa que podía ponerlo como una persona muy lista.

—A ver, a ver, a ver —dijo en tono misterioso—.

Supongan que ¡Tú no, papá! —aclaró de inmediato—. Ok, supongan la siguiente situación:

Una persona está frente al juez acusando a un chofer de autobús, pues ya que no sabe manejar, su cuello casi se rompe. El juez le dice —Comprendo, pero nárreme los hechos, por favor.



—Verá usted, su señoría. —dijo quejándose el señor con collarín—. Yo iba sentado en medio del autobús, estaba muy tranquilo, distraído, mirando por la ventana al paisaje. De pronto, este bruto, este “señor”. Dijo haciendo señales con los dedos. Frenó de forma muy brusca.

—No fue mi culpa, señoría —gritó el chofer—.

—Deje hablar a la víctima —dijo el juez mientras golpeaba con su martillito—

La víctima continuó. —Bueno, como le decía. El señor frenó, así que una maleta de las que estaba delante saltó, voló directamente a mi cuello y me golpeó. Casi me mata. Entonces, exijo una indemnización de 50 000 mil.

—Les pregunto —le dijo Academo—. ¡Tú no papá! ¿Es culpable o inocente?

—Bueno —dijo Peleo—. Creo que se debe tener en cuenta que un carro pudo atravesarse, así que no tendría culpa.



—Sí, es culpable —dijo Pitias—. Es su autobús, es su responsabilidad.

Academo, miraba fijamente a su padre, tratando de que no dijera, naturalmente debía saber la respuesta. Hípasso, tenía la fuerte convicción de abrir la boca y explicar la situación.

—¿Cuál es el veredicto? —preguntó Peleo a su hermano—.

—¿Se rinden? —les gritó cuestionándolos—.

—Dinos, hijo. Por favor —le pidió Hípasso—.

—Verán, querida familia —comenzó Academo—.

El acusador dijo que una maleta de las que estaba delante de él voló hacia atrás y lo golpeó. Pero, piensen los que nos dijo papá, la ley de inercia dice que todo cuerpo tiende a moverse y no quiere detenerse, es decir, si el autobús viajaba, digamos a 60 km/h y frena, todo lo que hay dentro del autobús se seguirá moviendo a esa misma velocidad. En otras palabras, la maleta debe moverse hacia adelante a 60 km/h, no hacia atrás como dice la supuesta víctima. El chofer es inocente, ese señor que lo acusa solo es un aprovechado.



—¡Brillante! —dijo su padre—.

—Wow, hermanito. Es impresionante.

—Elemental, hermano —le dijo Academo—.

—Ese es mi hijo. Puede ser un gran abogado —sugirió Pitias orgullosa—. Pero entremos a la casa.

Cerraron la puerta al patio y entraron a la casa. Se sentaron en los muebles y destaparon una bolsa de frituras. Pero la bolsa se cayó en la alfombra.

—Todo se cae. —gritó Pitias—.

—Algunos globos se van para arriba.

—Cierto, mamá. Esos globos con Helio que usan en las ferias.

—Entonces ¿no pesan? —preguntó mirando a su esposo—.

Hípaso levantó las frituras mientras se metía algunas a la boca. Y dijo:

Sí, los globos de helio tienen *peso*, pero su peso es menor que la cantidad de aire que desplazan cuando están llenos de helio. El principio detrás de por qué flotan ya lo hablamos hace días. Los globos de helio no se caen debido al *principio de Arquímedes*, que se relaciona con la *flotabilidad*.



Fuente: Generado por IA (2025).

ascendiendo hasta alcanzar una *altitud* en la que la densidad del aire se iguale con la densidad del helio en el globo o hasta que se desinfe o se rompa.

—Entonces el peso es otra cosa —dijo Peleo—.

—Sí —dijo Hípaso lentamente tratando de pensar—. Pero es un tipo de fuerza que depende de la masa y de la aceleración de la gravedad, ya lo mencioné antes cuando revisábamos las fuerzas sobre el tronco. Normalmente se usa peso como sinónimo de masa, pero no lo es. De hecho, cuando una persona se sube a la balanza



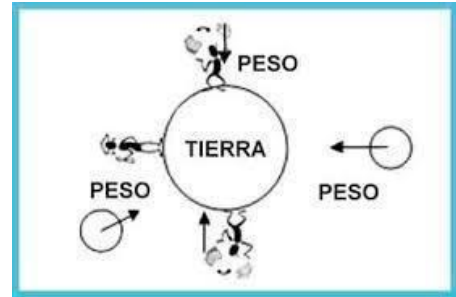
Fuente: Generado por IA (2025).



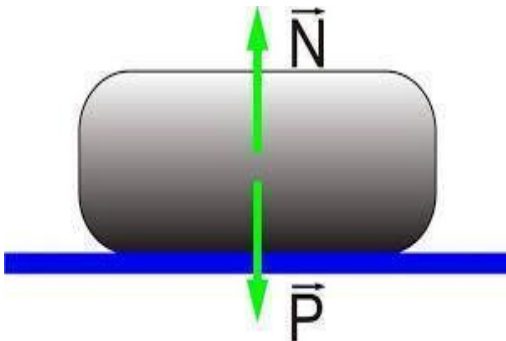
o báscula dice que se va a pesar. Es un problema en el lenguaje castellano muy difícil de corregir, no sé si en otros idiomas también tendrán este problema.

Debo decir algunos aspectos importantes sobre el peso:

- El peso de un objeto es *proporcional a su masa*. Cuanto mayor sea la masa, mayor será su peso.
- El peso de un objeto puede cambiar dependiendo del lugar donde se encuentre. Por ejemplo, un objeto pesará menos en la Luna, donde la *gravedad es aproximadamente 1/6 que la de la Tierra*.
- Es importante no confundir peso y masa. *La masa es una medida de la cantidad de materia en un objeto y permanece constante sin importar el lugar, mientras que el peso es una fuerza que depende de la gravedad y puede variar según el entorno*.
- La sensación de peso que experimentamos es la respuesta de nuestros cuerpos a la *fuerza gravitatoria*. Cuando estamos de pie sobre una superficie, sentimos nuestro peso porque esa superficie está aplicando una *fuerza normal* igual y opuesta a nuestro peso. En una piscina es una sensación rara.

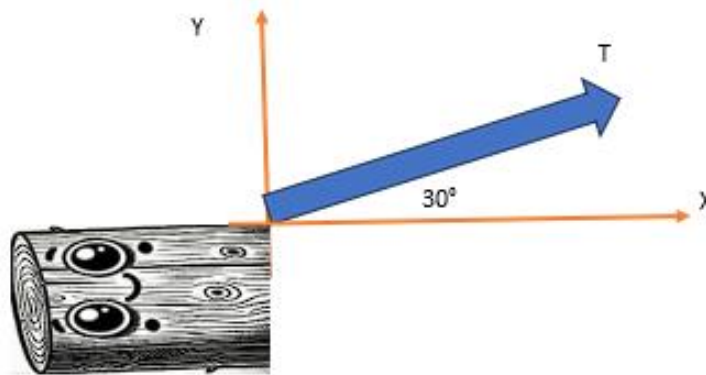


Fuente: Autor (2025).



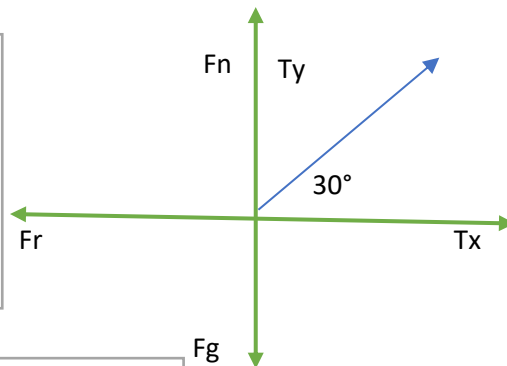
Fuente: Generado por IA (2025).

El peso es fundamental en la física porque afecta cómo se mueven los objetos, cómo interactúan con otros cuerpos y cómo se comportan bajo la influencia de la gravedad. Entonces, el peso es una de las fuerzas más importantes en el estudio de la física y tiene un impacto significativo en la forma en que percibimos y nos movemos en nuestro entorno.



Supongamos que el tronco tiene 200 Kg y se aplica una fuerza con esa cuerda azul. Pero el coeficiente de roce es de $\mu=0,2$; este coeficiente no tiene unidades. Por último, se aplican 1 000 N en esa cuerda. Calculemos la aceleración del tronco.

F_n : fuerza normal
 F_g : es peso (P) o (w)
 T_y : es componente de la tensión en el eje Y
 T_x : es componente de la tensión en el eje x
 F_r : es fuerza de roce



En este plano cartesiano se muestra las fuerzas con un diagrama de cuerpo libre DCL

El coeficiente de fricción (μ o μ_s) es una medida que describe la resistencia al movimiento entre dos superficies en contacto. Es un valor adimensional (no tiene unidades) que depende de las propiedades de las superficies involucradas.

Hay dos tipos principales de coeficientes de fricción:

Coeficiente de fricción estática (μ_s):

- Es el coeficiente que describe la fricción cuando un objeto está en reposo relativo respecto a la superficie.
- Representa la resistencia inicial al inicio del movimiento.
- La fuerza de fricción estática máxima es $F_{r_{\max}} = \mu_s \cdot F_n$, donde F_n es la fuerza normal.

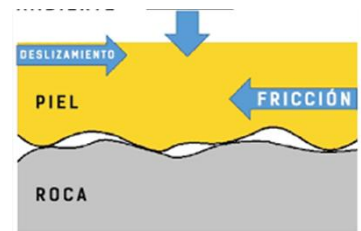
- Si la fuerza aplicada no supera esta fricción máxima, el objeto permanece en reposo.

Coeficiente de fricción cinética (μ_k):

- Es el coeficiente que describe la fricción cuando un objeto ya está en movimiento relativo respecto a la superficie.
- Representa la resistencia al deslizamiento continuo.
- La fuerza de fricción cinética es $F_r = \mu_k \cdot F_n$.

—Supongo que hay alguna diferencia —dijo Academo—.

Diferencia entre el coeficiente estático y el cinético



1. Estado del objeto:

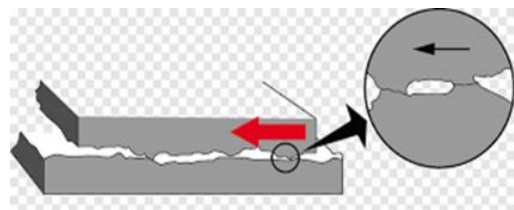
- μ_s se aplica cuando el objeto está en reposo y aún no ha comenzado a moverse.
- μ_k se aplica cuando el objeto está en movimiento.

2. Valor relativo:

- Usualmente, $\mu_s > \mu_k$. Esto significa que se necesita más fuerza para iniciar el movimiento que para mantenerlo una vez que el objeto está deslizándose.

3. Interpretación física:

- La fricción estática representa el pegado inicial entre las superficies.



- La fricción cinética representa la resistencia que se experimenta durante el deslizamiento, cuando las superficies ya están en movimiento relativo.

—Dinos algo más sencillo, papá —dijo Peleo—.

Imagina empujar una caja pesada sobre el suelo. Al principio, necesitas ejercer una fuerza mayor para superar la fricción estática (μ_s) y ponerla en movimiento. Una vez que la caja comienza a deslizarse, necesitas menos fuerza para mantenerla en movimiento, ya que la fricción cinética (μ_k) es menor.

En la intersección de los ejes se ubica el tronco y suponemos que se mueve a la derecha.

Revisemos las fuerzas en el eje X:

$\Sigma F_x : T_x - F_r = m.a$ el símbolo sigma significa sumatoria y aplicamos la *segunda ley de Newton* porque al aplicar fuerza hay una aceleración, es decir $F = m.a$. Noten que T_x es positiva porque están en el eje X positivo y va a la derecha, pero F_r está en la izquierda, solo hay dos fuerzas en este eje.

Revisemos las fuerzas en el eje Y:

$\Sigma F_y : T_y + F_n - w = 0$ en este caso hay tres fuerzas, dos arriba que son positivas y una abajo que es negativa, pero no se mueve en este eje, por lo tanto, aplicamos la *primera ley de Newton*, es decir, $\Sigma F_y = 0$.

Es importante resaltar que no podemos ubicar T en ningún eje, solo trabajaremos con sus componentes. Así las cosas, el eje X está asociado con el coseno y el eje Y está asociado con el seno.

$\Sigma F_x : T_x - F_r = m.a$ de esta ecuación tenemos: $T_x - F_r = m.a$

$\Sigma F_y : T_y + F_n - w = 0$ de esta ecuación tenemos: $T_y + F_n - w = 0$

Calculemos primero lo más sencillo; las componentes. En este caso horizontal vamos a asociar a X con el coseno y a la Y con el seno.

$T_x = T \cdot \cos\alpha$ α es el ángulo dado. Entonces: $T_x = 100N \cdot \cos 30^\circ = 86,602N$

$T_y = T \cdot \text{Sen} \alpha$ α es el ángulo dado. Entonces: $T_y = 100\text{N} \cdot \text{Sen} 30^\circ = 500\text{N}$

Calculemos el peso.

$w = m \cdot g$ así tenemos: $w = 200\text{kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ $w = 1\,962\text{N}$

En la primera ecuación nos falta F_r para calcular la aceleración.

En la segunda ecuación no falta F_n , pero despejándola nos queda:

$F_n = w - T_y$ así tenemos: $F_n = 1\,962\text{N} - 500\text{N}$ $F_n = 1\,462\text{N}$

Asimismo:

$F_r = \mu \cdot F_n$ así tenemos: $F_r = 0,2 \cdot 1\,462\text{N}$ $F_r = 292,4\text{N}$

Ahora notamos que todo se conoce, solo falta la aceleración.

$$a = \frac{T_x - F_r}{m} \quad a = \frac{866,02\text{N} - 292,4\text{N}}{200\text{Kg}} \quad a = 2,868 \text{ m/s}^2$$

Como podemos ver la aceleración parece poca, pero es positiva y hace que la velocidad aumente.

—Como pueden ver el peso juega un papel importante —añadió su padre—.

—No es corto el ejercicio, pero es sencillo —dijo Academo mirando el DCL—.

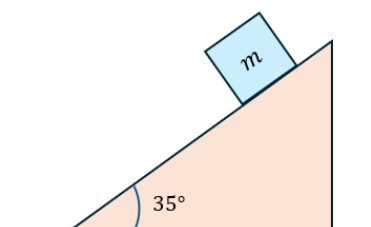
Pitias recordaba sus clases del colegio —¿Es lo mismo si el plano es inclinado?

Su marido se mostró sorprendido por la pregunta —Pues, algunas cosas cambian.

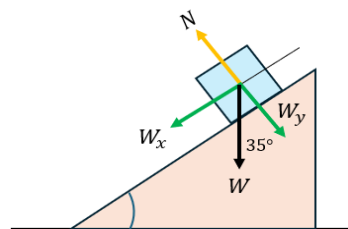
Veamos:

Un bloque de 1,4 kg se coloca en reposo en el extremo superior de un plano inclinado que se encuentra a un ángulo $\alpha = 35^\circ$ respecto a la horizontal —como se ve en la imagen—. Si no existen fuerzas de fricción entre las superficies del bloque y del plano inclinado. a) encuentre la aceleración del bloque, b) ¿cuánto tiempo tardó el bloque en caer al piso si la longitud del plano es de 1,7 m?, c) ¿Con qué velocidad cae el bloque al piso?





En este DCL pondremos el eje X a coincidir con el plano por donde se desplaza el cuerpo. Noten que el peso no está en ningún eje. Además, el Coseno se asocia al eje Y y el Sen al eje X



Fuente: Autor (2025).

Revisemos las fuerzas sobre el eje X.

$\Sigma F_X : W_x = m \cdot a$ aquí se aplica la segunda ley de Newton. Es cierto que la componente del peso está a la izquierda, pero el cuerpo se mueve a la izquierda, así que la escribimos positiva. Además, como no tomamos en cuenta el roce, no tenemos la fuerza de roce al sentido contrario.

Revisemos las fuerzas en el eje Y.

$\Sigma F_Y : W_y - F_n = 0$ aquí se aplica la primera ley de Newton.

De esta forma tenemos las siguientes ecuaciones.

$$W_x = m \cdot a$$

$$W_y - F_n = 0$$

De la primera y segunda busquemos los valores de las componentes del peso. En este caso debemos tomar en cuenta que como es inclinado debemos asociar a X con el seno y a la Y con el coseno.

$$W_x = W \cdot \text{Sen} \alpha \quad W_x = m \cdot g \cdot \text{Sen} \alpha \quad W_x = 1,4 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \text{Sen}(35^\circ)$$

$W_x = 7,87 \text{ N}$ como el movimiento es a la izquierda lo escribimos así: $W_x = -7,87 \text{ N}$

De la primera ecuación despejamos.

$$a = \frac{W_x}{m} \quad a = \frac{-7,87 \text{ N}}{1,4 \text{ Kg}} \quad a = -5,621 \text{ m/s}^2 \text{ así tenemos la aceleración}$$

negativa, no porque se detenga, sino porque va a la izquierda.

Para el tiempo recordarán que el MRUV hay una fórmula que dice:

$$d = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

de aquí buscaremos el tiempo con un simple despeje

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,7 \text{ m}}{5,621 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \quad \text{noten que se coloca la aceleración positiva porque la raíz}$$

cuadrada negativa no es posible en los números reales. Pero se puede colocar la distancia negativa porque es a la izquierda y así cancelar ambos negativos.

$t = 0,77$ segundos. Un tiempo muy pero que muy pequeño.

Por último, la velocidad al llegar al suelo. Esta la tenemos del MRUV

$$V = a \cdot t \quad V = -5,621 \text{ m/s}^2 \cdot 0,77 \text{ s} \quad V = -4,328 \text{ m/s}$$

Así las cosas, resolver problemas relacionados con las leyes de Newton en planos horizontales e inclinados tiene una importancia fundamental, ya que estas situaciones se presentan constantemente en nuestra vida diaria y en aplicaciones prácticas. Como profesor de física, puedo explicarlo desde dos perspectivas, primero la utilidad conceptual y luego la práctica.

En la comprensión conceptual. Las leyes de Newton forman la base de la mecánica clásica, el pilar que nos permite entender cómo se mueven los objetos. Resolver problemas en planos horizontales e inclinados es una excelente manera de:

- Entender las fuerzas: Enfrentarse a problemas donde aparecen fuerzas como el peso, la normal, la tensión o el rozamiento ayuda a visualizar cómo interactúan los objetos con su entorno.
- Descomponer vectores: En planos inclinados, aprender a descomponer fuerzas en componentes paralelas y perpendiculares al plano es crucial para resolver problemas más complejos.
- Relacionar causas y efectos: Estas situaciones ilustran cómo una fuerza o inclinación afecta el movimiento de un cuerpo, mostrando cómo las leyes de Newton describen de manera precisa los fenómenos físicos.

En las aplicaciones prácticas. Muchas situaciones cotidianas e industriales involucran objetos en planos horizontales e inclinados. Resolver estos problemas nos prepara para abordar y optimizar estas situaciones en la vida real:

- Diseño y seguridad de transporte: En rampas de carreteras o ferrocarriles, calcular las fuerzas necesarias para frenar o mover vehículos garantiza seguridad y eficiencia.
- Construcción de infraestructura: Ingenieros usan estos principios al diseñar planos inclinados, como toboganes, rampas para sillas de ruedas o techos, asegurándose de que sean funcionales y seguros.
- Logística y carga: En almacenes, se necesita calcular cuánta fuerza se requiere para empujar cajas en planos inclinados o cómo afecta el rozamiento al movimiento.
- Deportes y ocio: En disciplinas como el esquí, el ciclismo o el skateboarding, entender las fuerzas en planos inclinados permite predecir velocidades y trayectorias, optimizando el desempeño y la seguridad.



Fuente: Generado por IA (2025).



Revisemos otro ejemplo práctico:

Una rampa para carga. Supongamos que se quiere mover una caja de 50 kg por una rampa inclinada 30° respecto al suelo. Resolver este problema nos ayuda a responder preguntas clave:

- ¿Qué fuerza mínima debe ejercer la persona para empujarla?
- ¿Cuál es el efecto del rozamiento si la rampa es rugosa?
- ¿Qué tan inclinada puede ser la rampa antes de que sea imposible mover la caja?

Resolverlo implica usar las leyes de Newton, descomponer fuerzas y analizar cómo los diferentes factores influyen en la situación.

Entonces, entender y resolver estos problemas no solo fortalece el razonamiento físico y matemático, sino que también nos prepara para abordar retos prácticos en ingeniería, transporte, diseño y muchas otras áreas.

—Pero ¿qué pasa con la tensión? —preguntó Peleo—.

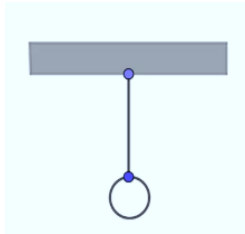
Su padre analizó un poco y luego dijo —Tienes razón. Debemos revisar esto.

Una lámpara de 5 kg cuelga de un alambre empotrado en el techo. ¿Cuál es la tensión en el alambre?

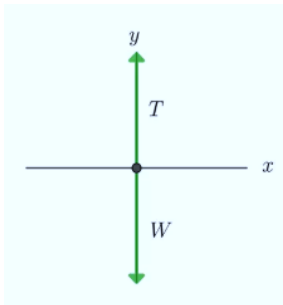
Datos

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$T = ?$$



Primero debemos realizar el DCL:



Miremos que la tensión es un vector hacia arriba y el peso un vector hacia abajo. También nos damos cuenta de que el objeto no se mueve, es decir, las fuerzas son iguales.

En X no tenemos fuerzas, entonces: $\Sigma F_x = 0$

En Y tenemos dos, una positiva y otra negativa:

$$\Sigma F_y = T - W = 0$$

Como las fuerzas hacen que el objeto esté equilibrado, se aplica la primera ley de Newton. De allí tenemos la expresión:

$$T - W = 0$$

De ese modo obtenemos que:

$$T = W$$

Pero sabemos que el peso es:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 49 \text{ N}$$

$$W = T = 49 \text{ N}$$

—Es muy fácil —dijo Academo—.

—Tienes razón hermanito.

Veamos lo siguiente —dijo retador su padre—.

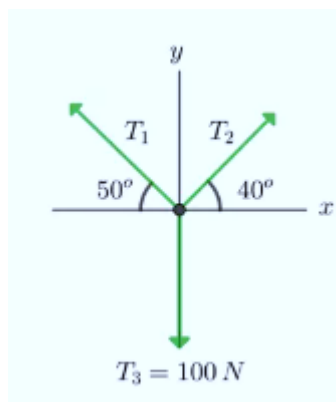
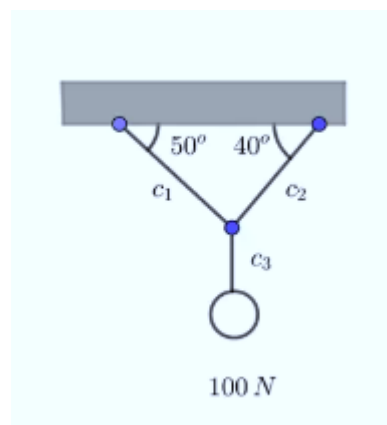
Encontremos las tensiones de las tres cuerdas.

—¿Qué es esto, papá?

—Dijeron que el anterior estaba muy fácil. Veamos este con esa bola que no se mueve. ¿Qué hacemos primero?

—El DCL —dijo convencido Peleo—.

—Así es —afirmó Hípaso—.



En el caso de la bola, tenemos tres fuerzas, es decir, las tres tensiones. Sin embargo, dos de ellas no están sobre los ejes.

En el eje X tenemos:

$$\Sigma F_x = -T_1x + T_2x = 0 \text{ es la primera ley de Newton (1)}$$

En el eje Y tenemos:

$$\Sigma F_y = T_1y + T_2y - T_3 = 0 \quad (2)$$

En la bola, tenemos dos fuerzas también.



La tensión tres arriba y el peso para abajo.

En el eje X no tenemos fuerzas.

$$\Sigma F_x = 0 \quad (3)$$

En el eje Y tenemos:

$$\Sigma F_y = T_3 - W = 0 \quad (4)$$

De la expresión: $T_3 - W = 0$ nos damos cuenta de que $T_3 = W$, es decir, que el valor de $T_3 = 100\text{ N}$.

Como tenemos componentes de los vectores. Veamos cómo se expresan:

$$T_{1X} = T_1 \cdot \cos \alpha \longrightarrow T_1 \cdot \cos 50^\circ$$

$$T_{2X} = T_2 \cdot \cos \alpha \longrightarrow T_2 \cdot \cos 40^\circ$$

$$T_{1y} = T_1 \cdot \sin \alpha \longrightarrow T_1 \cdot \sin 50^\circ$$

$$T_{2y} = T_2 \cdot \sin \alpha \longrightarrow T_2 \cdot \sin 40^\circ$$

$$\text{De la expresión 2: } T_{1y} + T_{2y} - T_3 = 0$$

$$T_{1y} + T_{2y} = T_3$$

$$T_1 \cdot \sin 50^\circ + T_2 \cdot \sin 40^\circ = 100\text{ N}$$

$$\text{De la expresión 1: } -T_{1X} + T_{2X} = 0$$

$$T_{1X} = T_{2X}$$

$$T1 \cdot \cos 50^\circ = T2 \cdot \cos 40^\circ$$

$$0,64T1 = 0,76T2$$

$$T1 = \frac{0,76T2}{0,64}$$

$$T1 = 1,18T2$$

Si esto es cierto, entonces de $T1 \cdot \sin 50^\circ + T2 \cdot \sin 40^\circ = 100 \text{ N}$

$$1,18T2 \cdot \sin 50^\circ + T2 \cdot \sin 40^\circ = 100 \text{ N}$$

$$0,9T2 + 0,64T2 = 100 \text{ N}$$

$$1,54T2 = 100 \text{ N}$$

$$T2 = 100 \text{ N} / 1,54$$

$$T2 = 64,93 \text{ N}$$

$$\text{Como: } T1 = 1,18T2$$

$$T1 = 1,18(64,93 \text{ N})$$

$$T1 = 76,61 \text{ N}$$

De tal forma que la cuerda que aplica más fuerza, es decir, la más grande es la tercera.

—Este sí que tiene matemáticas, papá —apuntó Academo—.

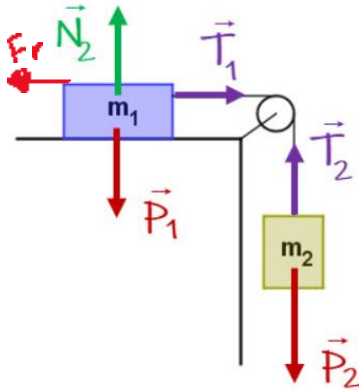
—Ciertamente —dijo su padre casi riéndose—.

Peleo pensó en las cuerdas y las superficies un momento —Hay relación entre un cuerpo que se mueve por una superficie y la acción de una cuerda ¿Cierto?

—Ciertamente, hijo. Veamos un ejemplo de esto que mencionas.

Puede ser algo como que el tronco está amarrado a otro tronco que cuelga.

Un cuerpo de 27 kg cuelga de una cuerda que pasa por una polea sin rozamiento y está conectada a otro bloque de 18 kg situado en una mesa con un coeficiente de rozamiento de 0,15. Determinemos la aceleración de los bloques y la tensión de la cuerda.



Fuente: Autor (2025).

Primero ubiquemos los vectores que representan a las fuerzas aplicadas en ambos cuerpos. Vamos a resaltar que el cuerpo uno se mueve a la derecha y el cuerpo dos se mueve hacia abajo. Entonces es obvio que el peso dos es más grande que la tensión. Además, notamos que es la misma cuerda, es decir la tensión uno es en magnitud la misma que la tensión dos.

En el cuerpo 1:

$$\Sigma F_x = T - Fr = m_1 \cdot a \quad (1) \text{ tenemos la segunda ley de Newton.}$$

$$\Sigma F_y = N - P_1 = 0 \quad (2) \text{ tenemos la primera ley de Newton.}$$

En el cuerpo 2:

$$\Sigma F_x = 0 \quad (3) \text{ no hay fuerzas}$$

$$\Sigma F_y = -T + P_2 = m_2 \cdot a \quad (4) \text{ tenemos la segunda ley de Newton. Es importante notar que la tensión es negativa, aunque esté arriba, pero esta hace lo contrario al movimiento del sistema.}$$

Después de tener todas las ecuaciones que representan al problema, revisemos cada una, recordando lo que debemos hallar.

$$\text{De la ecuación (1): } T - Fr = m_1 \cdot a \text{ y la ecuación (4): } -T + P_2 = m_2 \cdot a$$

$$\text{Tenemos una suma: } T - Fr = m_1 \cdot a$$

$$\text{La tensión se cancela } -T + P_2 = m_2 \cdot a$$

$$-Fr + P_2 = m_1 \cdot a + m_2 \cdot a$$

Luego vemos que la aceleración es común:

$$a (m1 + m2) = P2 - Fr$$

$$a = \frac{P2 - Fr}{m1 + m2} \quad (5)$$

Solo conocemos la masa.

De la ecuación (2): $N - P1 = 0$

Tenemos que:

$$N = P1$$

$$P1 = m1 \cdot g$$

$$P1 = 18 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P1 = 176,4 \text{ N}$$

$$P1 = N = 176,4 \text{ N}$$

Es importante tener la normal, porque:

$$Fr = \mu \cdot N$$

$$Fr = 0,15 \cdot 176,4 \text{ N}$$

$$Fr = 26,46 \text{ N}$$

Ahora hallemos a P2:

$$P2 = m2 \cdot g$$

$$P2 = 27 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P2 = 264,6 \text{ N}$$

De la expresión (5):

$$a = \frac{264,6 \text{ N} - 26,46 \text{ N}}{18 \text{ kg} + 27 \text{ kg}}$$

$$a = 5,292 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ahora que tenemos el valor de la aceleración, podemos usar (1) para hallar la tensión:

$$T - Fr = m_1 \cdot a$$

$$T = m_1 \cdot a + Fr$$

$$T = 18 \text{ kg} \cdot 5,292 \text{ m/s}^2 + 26,46 \text{ N}$$

$$T = 121,716 \text{ N}$$

Podemos corroborar que, la tensión es más pequeña que el peso dos, además como la aceleración es positiva, efectivamente el sistema se mueve a la derecha. Asimismo, podemos ver que, siendo la tensión más grande que la fuerza de roce, el bloque uno de mueve a la derecha, de ser iguales no se movería.

—Es un problema interesantísimo, papá —apuntó Academo—.

—Lo es, debemos poner mucha atención al peso, es crucial —aclaró Hípaso—.

—¿Pero dices que el peso es muy importante? —preguntó Peleo—.

—Bueno. —dijo su padre—:

El peso es la fuerza que hace que las cosas caigan hacia el suelo⁷.

Es como un jalón que la Tierra ejerce sobre los objetos y por supuesto sobre nosotros mismos. Así que *cuanta más masa tenga algo, más fuerte es este jalón*. Entonces ese jalón, depende también de la gravedad que haya en el lugar. Si el *planeta o estrella* tiene más masa, su gravedad será mayor.

Cada planeta tiene su propia masa y tamaño, lo que afecta la gravedad que ejerce. Por ejemplo:



Fuente: Generado por IA (2025).

⁷ Misner, Thorne & Wheeler (1973).

La gravedad en la Luna es de aproximadamente $1,62 \text{ m/s}^2$, es decir, alrededor de $1/6$ de la gravedad terrestre. Por lo tanto, si un objeto tiene una masa de 60 kg en la Tierra, tendría la misma masa en la Luna. Pero ese jalón sería más lento.

La gravedad en la Tierra es de aproximadamente $9,81 \text{ m/s}^2$, ya lo hemos visto.

Júpiter es un planeta masivo con una gravedad de aproximadamente $2,79 \text{ m/s}^2$. Un objeto que tiene 60 kg en la Tierra tendría la misma masa en Júpiter, pero el jalón sería más rápido.

—A ver, más despacio. Explica eso con un ejemplo —dijo Academo—.

—Claro que sí. Veamos:

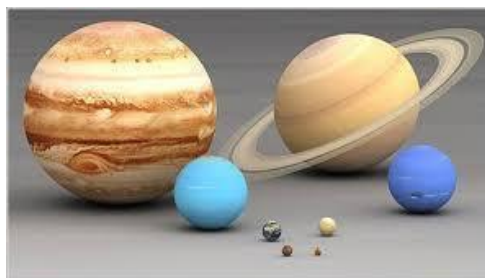
$$P = m \cdot g$$

Donde:

P: peso en Newton.

m: masa del objeto en kg.

g: aceleración de la gravedad en m/s^2 .



Fuente: Generado por IA (2025).

Supongamos que queremos saber el peso de la tierra.

$$P_{\text{tierra}} = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{tierra}} = 588,6 \text{ N}$$

Ahora veamos en Júpiter

$$P_{\text{Júpiter}} = 60 \text{ kg} \cdot 24,79 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{Júpiter}} = 1487,4 \text{ N}$$

También veamos en la luna

$$P = 60 \text{ kg} \cdot 1,62 \text{ m/s}^2$$

$$P = 97,2 \text{ N}$$



Fuente: Generado por IA (2025).

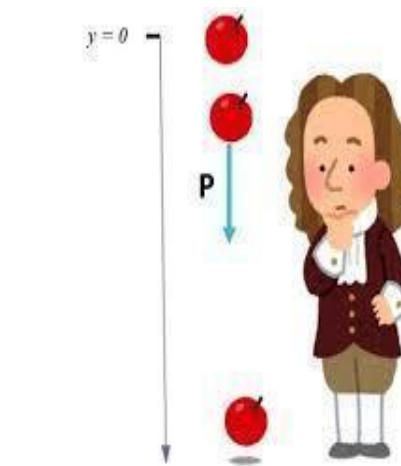
Entonces veamos lo que significan esos números. Si notan, el número obtenido en Júpiter es muy grande comparado con el de la luna. Esto nos dice que el jalón en Júpiter es muy fuerte, es decir, cae muy rápido a la superficie, posiblemente no puedan saltar. Pero en la luna, no solo puede saltar, sino que el jalón sería pequeño y tardaría en caer a la superficie. En las películas vemos que los astronautas caen lentos, pero si estuvieran en Júpiter a lo mejor no podrían estar de pie.

—Es una confusión hablar de masa y peso, la gente no dice masa —dijo Peleo—.

—Es cierto —afirmó su padre—. Es por esa razón lo difícil que es para los profesores explicar este fenómeno. Luego agregó.

En una estrella como el *Sol*, la gravedad es mucho mayor que en la Tierra. La gravedad en la superficie del Sol es aproximadamente 274 m/s^2 , lo que haría que un objeto que pesa 60 kg en la Tierra pesara algo estrambótico en el Sol. Sin embargo, en la realidad, no podríamos estar en la superficie del Sol debido a sus altas temperaturas y otras condiciones extremas.

—Supongo que Galileo y Newton estuvieron relacionados con esto —dijo Pitias—.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Pues así es mi amor. Si bien el peso como concepto se ha discutido desde la antigüedad, fue Isaac Newton quien formalizó el entendimiento del peso en relación con la gravedad y las fuerzas en su obra monumental.

En este punto es importante recordar que la masa no cambia, es decir, es constante porque es un escalar, sin embargo, el peso es variable en cada campo gravitatorio porque es un vector.

—Has usado siempre el valor de la aceleración de la gravedad con un número igual. ¿Significa que vale lo mismo en cualquier lugar de este hermoso planeta? —dijo lentamente Academo—.

Hípaso sabía que era una pregunta difícil, de seguro en la escuela o en las redes sociales algo había escuchado al respecto. Así que trató de ser lo más claro posible.

—Eh. Mmm. Balbuceó buscando las palabras correctas.

Como saben en el planeta tenemos lugares altos como montañas y edificios y lugares bajos como valles y huecos. Es importante que sepan una cosa muy loca. En los lugares muy altos se pesa menos que en los lugares bajos. En otras palabras, yo peso menos en el Everest que en la costa del mar Muerto. Esto se debe a que a medida que nos alejamos del centro del planeta, la gravedad disminuye levemente. Algo más loco aún es que si tenemos un edificio de cien pisos y deseamos medir el



peso de una persona en el último piso, tendríamos una lectura menor que si estuviera en el primer piso o planta baja.

—¡Qué chirimoyas! ¿Cómo podemos revisar eso? —dijo intrigado Peleo—.

—Déjame buscar una hoja y la calculadora. —dijo su padre mientras iba a su estudio—.

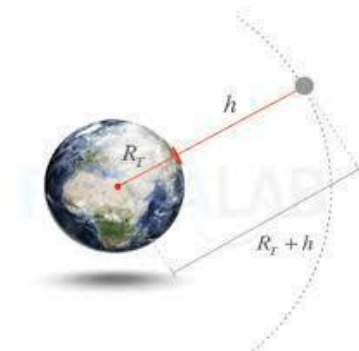
Al regresar preguntó: —¿Recuerdan esa fórmula de Newton sobre la gravitación?

Sin esperar respuesta la escribió.

$$F = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

Donde:

- F : es la fuerza gravitatoria en Newton.
- G : es la constante de gravitación en $6,672 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$
- M : es la masa de la tierra. $5,972 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- m : es la masa de un paquete de azúcar de 1 kg
- d : es la distancia. A nivel del mar es el radio de la tierra, es decir, $6\,371 \text{ km}$. Por otro lado, comparemos con ese mismo, pero a una altura de $6\,371 \text{ km}$, pues sería su diámetro.



Entonces:

$$F = \frac{6,672 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,972 \times 10^{24} \text{ kg} \cdot 1 \text{ kg}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$$

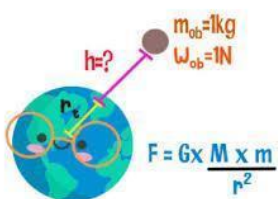
$F = 9,81 \text{ N}$ este es el valor que siempre uso.

Pero ahora calculemos esa fuerza a la altura que dijimos.

$$F = \frac{6,672 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,972 \times 10^{24} \text{ kg} \cdot 1 \text{ kg}}{(2.6371000 \text{ m})^2}$$

$F = 2,45 \text{ N}$ este valor es mucho más pequeño.

—O sea, Newton lo sabía —dijo Academo—.



—Todo un genio, ese loquillo —añadió Peleo—.

—Pero supongo que habrá otras formas de verificar esto —sugirió Pitias—.

Hípaso la abrazó y le dijo: —Sí, muchas de hecho. Pero veamos una simple que está a nuestro alcance.

Hace días les mostré una fórmula de caída libre.

$$h = v_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

—¿La recuerdan? —preguntó retóricamente—.

—Sí. Por supuesto.



—Bueno. Supongamos que vamos a dejar caer este libro. En este caso su velocidad inicial es cero y multiplicamos cero por ese tiempo, tendremos que el producto desaparece. Por otro lado, como va a bajar, tomaremos el signo positivo.

$$h = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

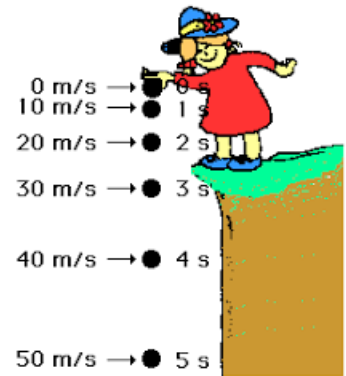
—Ahora despejemos a, pero como es la aceleración de la gravedad la vamos a cambiar por una g .

$$g = \frac{2h}{t^2}$$

Solo necesitamos saber la altura y el tiempo que tarda en caer.

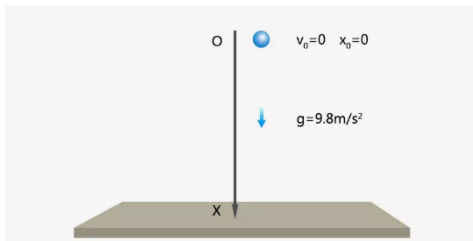
—Parece fácil —dijo Peleo—.

—Pues sí. Tráeme la cinta métrica del cajón. Tu hijo. Dirigiéndose a Academo por el cronómetro y tú, mi amada Pitias soltarás el libro.



Fuente: Generado por IA (2025).

Peleo trajo la cinta y midió una altura muy corta, solo un metro. Pitias se preparó para soltar el libro y Academo miró el cronómetro.



Hípaso les dijo que en el momento que Pitias soltara el libro, Academo debía echar a andar el tiempo y detenerlo al llegar al suelo.

—¡Ya! —dijo en señal de comenzar—.

¡Listo! En señal de parar.

—0,45 —dijo Academo sorprendido—.

—Bueno —dijo su padre—. Vamos:

$$t = 0,45 \text{ s}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$g = \frac{2(1 \text{ m})}{(0,45 \text{ s})^2} \quad g = 9,88 \text{ m/s}^2$$

—Es bastante cercano —dijo Peleo—.

—¿Podemos hacer de otra altura? —preguntó Academo—.

—Sí. Yo voy a medir y tú dejas caer el libro —le dijo su madre—.

Repitieron el proceso, pero Pitias marcó dos metros.

$$t = 0,64 \text{ s}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$g = \frac{2(2 \text{ m})}{(0,64 \text{ s})^2} \quad g = 9,77 \text{ m/s}^2$$



—Creo que es más pequeño —dijo Academo sorprendido—.

—Sí —dijo su padre—. Realmente es un aproximado, los valores varían por sensibilidad de la medida del tiempo. Pero siempre estarán cerca de esa medida. Recuerden también que vivimos en una ciudad alta.

—El tema de la fuerza también es muy interesante, papá —dijo Peleo—.

—Me gustaría decirles algo más loco —dijo Hípaso—.

Un dato curioso sobre la fuerza es cómo los superhéroes, especialmente aquellos que parecen volar como *Superman*, en realidad necesitan aplicar muchísima fuerza hacia el suelo para despegar. Recuerden cuando vimos la película, el pequeño Clark brincaba alto, no volaba, es decir estaba aprendiendo a hacerlo. En teoría, para lograr un salto lo suficientemente potente como para volar como un superhéroe, una persona tendría que empujar el suelo con una fuerza *varias veces mayor* que su propio peso. Por ejemplo, para alguien de 50 kg, eso significaría aplicar una fuerza de más de *500 Newtons* solo para saltar unos pocos centímetros hacia arriba ¡No podría volar! Esta fuerza increíblemente grande es lo que permite que algunos animales en la naturaleza, como las ranas o los saltamontes, puedan saltar a grandes alturas. Como Superman es muy fuerte, entonces empuja el suelo muy bárbaro.



La misma idea se aplica en el deporte, por ejemplo, los jugadores de básquet y los gimnastas entrenan para aplicar la mayor fuerza posible en el menor tiempo cuando saltan. Esto también es esencial en deportes como el Parkour, donde aprender a controlar la fuerza permite que los atletas hagan movimientos asombrosos sin lastimarse al aterrizar. La ciencia detrás de la fuerza está, literalmente, en cada salto y cada maniobra asombrosa.



—Wow —dijo Peleo—.

—Bueno, es hora de la siestita —dijo bostezando Hípaso—.

—Antes de dormirte, papá —dijo Peleo—. Me puse a pensar a partir de la fórmula de gravitación, que nuestro planeta es redondo, pero se llama planeta ¿No debía llamarse redondeta?

Hípaso lo miró y no pudo evitar la carcajada estruendosa.

—Disculpa, hijo. No me burlo de ti. Pero eso que dices es un problema del lenguaje castellano que arrastramos.

Verás:

El término *planeta* que usamos ahora, tiene raíces en la antigua astronomía griega. La encontramos en la palabra griega *planētēs*, que significa *errante*. Los astrónomos griegos antiguos observaron que algunos cuerpos celestes se movían en el cielo de forma distinta a las estrellas fijas. Estos cuerpos parecían cambiar de posición noche tras noche, lo que los distinguía de las estrellas, que mantenían posiciones fijas entre sí. Así, estos cuerpos errantes fueron llamados *planētēs*.



Nuestro *planeta Tierra* también es un *errante* en este sentido, ya que se mueve alrededor del Sol en su órbita. Aunque durante mucho tiempo la Tierra no fue considerada un planeta, sino el centro del universo según la antigua astronomía geocéntrica con el astrónomo griego *Claudius Ptolomeo* en el siglo II de nuestra era. Todo cambió cuando el modelo heliocéntrico, que coloca al Sol en el centro. Fue aceptado en el Renacimiento con el astrónomo polaco *Nicolás Copérnico* en el siglo



Ptolomeo

XVI. Así, se comprendió que la Tierra es un planeta más, que orbita el Sol como los demás planetas del sistema solar.

—Pero, no tiene nada que ver con la forma, mi amor —le dijo Pitias—.

—Efectivamente, así hay otras palabras que causan confusión y no nos dejan comprender del todo un fenómeno.

—Les traje sándwiches, mis amores —dijo Pitias mordiendo uno—.

Todos se lanzaron a la bandeja como náufragos. Luego de varios minutos y también sándwiches, la noche les avisaba que debían descansar.



Copérnico, N.



—Yo ahora sí, a mi siestecita, pero larga —dijo Hípaso alzándolos brazos—.

—Gracias papá. Yo voy a terminar una tarea —dijo Academo—.

—Y yo voy a jugar un ratito en el teléfono, porque todavía no tengo sueño. —dijo el menor—.

Así que esa noche todos se fueron cansados y felices a dormir.

Luego de varios días tranquilos, una tarde fresca y sin deberes, la familia fue caminando al parque situado a pocas calles de su casa. Era un parque muy amplio, muchas canchas de fútbol y estructuras para hacer ejercicio. El Parque Metropolitano recibía mucha gente, sobre todo muchos niños. Los pequeños disfrutaban mucho del sube y baja, la rueda, el columpio y la resbaladilla.



Al llegar, lo primero que hizo Hípaso fue buscar un buen árbol para esconderse de la radiación, porque, aunque el sol no brillaba en todo su esplendor, no eran muy amigos. Sin embargo, Pitias conociéndolo muy bien, lo tomó del brazo y disimuladamente lo arrastró al sube y baja.

—Yo con su padre.

—Entonces, a mí me toca con Peleo.

El juego era muy divertido, era una especie de competencia indirecta. Todos tenían gorras distintas del color de su chaqueta. Así que no parecían un equipo contra otro. Pero era muy evidente que a Pitias le costaba mucho trabajo subir a su esposo. Los jóvenes lo notaron. Porque para ellos el juego fluía casi sin interrupciones.



—¡Hey! Papá, ¿Por qué a ti se te hace tan fácil subir a mamá? Pero podemos ver que al contrario no pasa lo mismo —dijo sin detenerse Academo—.

Peleo, sin dejar de mirar ponía los ojos como de dudas —Para nosotros es fácil.

—¡Niños lindos! —sonrió su padre—. Verán:

Aquí hay un principio físico muy importante que tiene que ver con la fuerza, claro que esta fuerza sería el peso. Este principio es el *Torque o Torca*.



El torque es una medida de la fuerza que causa un giro o rotación en un objeto alrededor de un punto o eje. Imaginemos que tienen la puerta de nuestra casa y empujan en el borde más alejado de las bisagras, notaremos que cuanto más lejos jalón del punto de rotación, es decir, las bisagras, más fácil es mover la puerta. *Esa fuerza multiplicada por la distancia desde el punto de rotación es el torque.*

El torque normalmente se nombra con la letra minúscula tau (τ) se calcula como:

$$\tau = F \cdot d \cdot \sin(\theta)$$

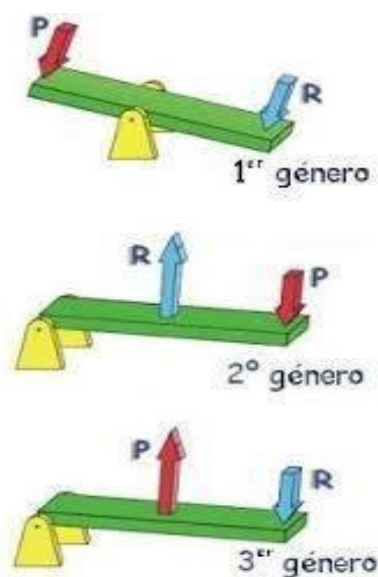
donde:

- F es la fuerza aplicada. Para este caso sería el peso del cuerpo.

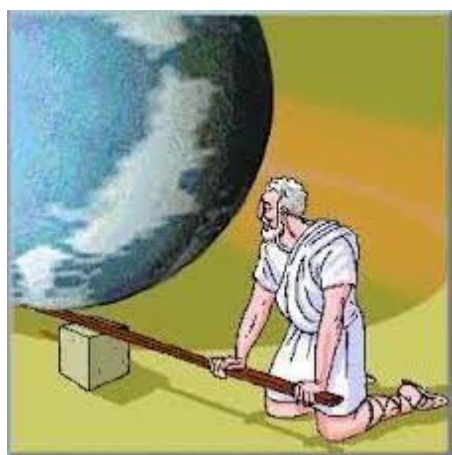
- d es la distancia perpendicular entre el punto de aplicación de la fuerza y el eje de rotación,
- θ (theta) es el ángulo entre la dirección de la fuerza y la línea de distancia desde el eje.

El torque se mide en unidades de *newton-metro* (N·m) y es fundamental en muchos sistemas mecánicos y físicos, desde los motores hasta el movimiento de las articulaciones del cuerpo.

Los aportes al torque y la mecánica rotacional se remontan a los inicios de la física y la mecánica clásica, especialmente al trabajo de nuestro amigo *Arquímedes*. Él fue uno de los primeros en describir y formular principios de las palancas, un concepto estrechamente relacionado con el torque. Su famoso enunciado, “*Dame un punto de apoyo y moveré el mundo*”, expresa la idea de que, con la suficiente fuerza y distancia del punto de apoyo, se puede aplicar un gran torque para mover objetos pesados.



Fuente: Generado por IA (2025).



Pero claro que el inglés Isaac Newton contribuyó enormemente a formalizar el estudio del torque en el contexto de sus *Leyes del Movimiento* y la *Ley de Gravitación Universal*, ampliando el conocimiento de la rotación y cómo las fuerzas producen cambios en los movimientos rotacionales. Más tarde, *Leonhard Euler* y otros científicos desarrollaron conceptos avanzados sobre la dinámica de cuerpos en rotación, lo que llevó al formalismo que se utiliza actualmente para calcular torque en sistemas complejos. Así, el concepto de torque es el resultado de contribuciones a lo largo de la historia, desde principios intuitivos hasta formalizaciones matemáticas precisas.

—Nuestro amigo Tippens también dice algo sobre palancas.

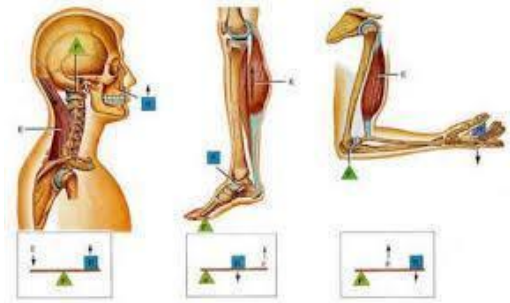
La palanca es una herramienta simple que consiste en una barra rígida que gira alrededor de un punto fijo conocido como fulcro.

—Funciona en nuestro cuerpo también. Agregó Pitias.

—Sí, mi amor. En el cuerpo humano, las palancas están formadas por huesos —la barra rígida—, articulaciones —el fulcro— y músculos —que aplican la fuerza—.

—¿Puedes explicar tu caso con mamá?

—Claro. Veamos:



Fuente: Generado por IA (2025).

En este sube y baja que es un tubo de 4 metros de largo. Vamos a equilibrarla en el centro, así que el punto de apoyo o fulcro está a 2 metros de cada extremo, es decir su madre y yo estamos a la misma distancia del centro.



En aquel extremo del sube y baja se sienta su mamá de 60 kg.

¿A cuántos metros necesito aplicar mi fuerza en este extremo del sube y baja para mantenerlo equilibrado? Recuerden que tengo 80 kg.

Para mantener el sube y baja en equilibrio, el torque en el lado izquierdo (donde está su madre) debe ser igual al torque en el lado derecho (donde estoy yo).

Primero calculamos la fuerza que ejerce su mamá debido a su peso:

$$F_{\text{mamá}} = \text{Peso}_{\text{mamá}} = m \cdot g = 60 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 588,6 \text{ N}$$



Ahora calculamos la fuerza que ejerce su papá debido a su peso:

$$F_{\text{papá}} = \text{Peso}_{\text{papá}} = m \cdot g = 80 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 784,8 \text{ N}$$

Luego, calculamos el torque en el lado de mamá y, usando la distancia desde el fulcro —2 metros—:

$$\tau = F \cdot d \cdot \sin(\theta)$$

Pero el ángulo será de 90° ya que es perpendicular hacia abajo.

$$\tau = 588,6 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} \cdot \sin(90^\circ)$$

$$\tau = 1\,177,2 \text{ N.m}$$

Para mí, el torque es:

$$\tau = 784,8 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} \cdot \sin(90^\circ)$$

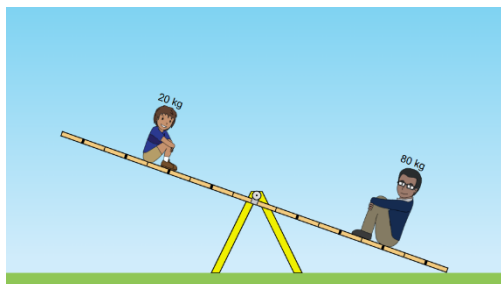
$\tau = 1\,569,9 \text{ N.m}$ es mucho mayor que el de su mamá, por eso no está equilibrado. Se necesita mover una variable, esta sería la distancia.

Para estar equilibrado los torques deben ser los mismos $\tau_1 = \tau_2$

$$1\,177,2 \text{ N.m} = 784,8 \text{ N} \cdot d \cdot \sin(\theta)$$

$$d = \frac{1\,177,2 \text{ N.m}}{784,8 \text{ N} \cdot \sin(90^\circ)}$$

$$d = 1,5 \text{ m}$$



—Esta sería la distancia a la que yo debo sentarme para que se equilibre el sube y baja. Como pueden ver, debo sentarme más cerca del medio.

—Pero ¿Y si te sientas más lejos? —preguntó Pitias—.

Fuente: Phet (2025).

—Entonces, según lo que hemos visto —dijo su marido—. Mientras más lejos más torque yo aplicaría, es decir, necesitarías tener más masa para tratar de bajarme.



—Estás gordito, papá —dijo Peleo—.

—¡Pachoncito! —le gritó su padre—.

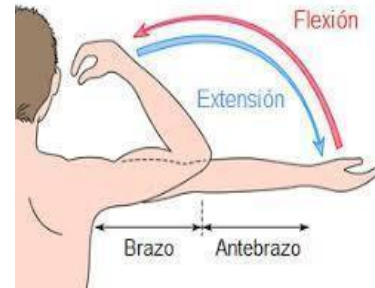
Luego de disfrutar del sube y baja se fueron a al columpio.

—Es curioso que el torque pueda aplicarse a los huesos. —dijo Peleo—.

—Pues sí —dijo su padre—. Entre otras cosas.

Pues la *torca*, también llamado *momento de fuerza*, es una medida de la fuerza que causa rotación en un objeto.

Cuando doblas el brazo, el músculo bíceps aplica una fuerza en el antebrazo, generando un torque sobre la articulación del codo, este es su punto de rotación. La longitud entre el punto donde el músculo se une al hueso, o sea el radio y el codo actúa como el brazo de la palanca. La fuerza y la distancia juntas permiten al bíceps levantar el antebrazo y cualquier peso sostenido en la mano.



Fuente: Generado por IA (2025).

Así al aflojar un tornillo, la longitud de la llave inglesa aumenta la distancia desde el punto de rotación del tornillo. Esto facilita el aflojamiento aplicando menos fuerza en el extremo de la llave, ya que el torque generado es mayor con un brazo de palanca más largo.

Veamos un buen ejemplo.

Una puerta de 1 metro de ancho gira sobre bisagras en uno de sus lados. Se aplica una fuerza de 10 N perpendicular a la puerta en tres posiciones diferentes:

- *En el borde opuesto a las bisagras (a 1 m del eje de rotación)*
- *A la mitad de la puerta (a 0,5 m del eje)*
- *Muy cerca de las bisagras (a 0,1 m del eje)*

Calcular el torque en cada caso y analizar cuál produce más facilidad para abrir la puerta.

Como el ángulo es 90° nos queda

$$\tau = F \cdot d$$

- *En el primer caso*

$$\tau = 10 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 10 \text{ N.m}$$

- *En el segundo caso*

$$\tau = 10N \cdot 0,5 m = 5 N.m$$

- *En el tercer caso*

$$\tau = 10N \cdot 0,1 m = 1 N.m$$



Según los resultados, cuanto más lejos del eje se aplique la fuerza, mayor será el torque. Por eso los picaportes se colocan lo más lejos posible de las bisagras, es decir, se requiere menos esfuerzo para abrir la puerta.

—Esa es la razón por la que el picaporte se coloca allí y no en el medio de la puerta o en otro lugar, esa es la mejor opción para aplicar fuerza y abrir más fácil —

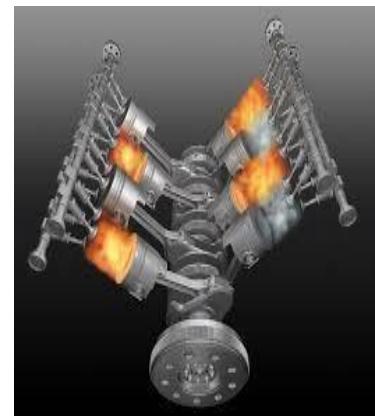
dijo su padre—.

En este columpio, el eje de rotación es la barra superior donde están amarradas estas fuertes cadenas. Si empujamos el columpio aplicando una fuerza desde el borde inferior, donde nos sentamos, generamos un torque que lo hace oscilar. La fuerza aplicada a mayor distancia del eje aumenta el torque, produciendo un movimiento rotacional más fuerte.



La semana pasada cuando me ayudaron a arreglar el carro, usamos un destornillador con un mango largo, eso facilita la aplicación de torque al girar el tornillo, ya que el brazo de palanca es mayor. Esto hace que necesitemos aplicar menos fuerza en comparación con un destornillador corto, logrando un torque suficiente para girar el tornillo sin mucho esfuerzo.

Asimismo, el torque, o par motor, es una medida fundamental en el rendimiento de los carros, ya que determina la fuerza que el motor puede aplicar para moverlo. En términos sencillos, el torque es la fuerza de giro que el motor genera sobre el cigüeñal para hacer girar las ruedas. Esta fuerza es especialmente importante cuando el auto necesita arrancar, subir una pendiente o acelerar rápidamente. En los carros deportivos, a menudo se busca maximizar tanto la potencia como el torque, mientras que en los carros todoterreno el enfoque principal es tener un alto torque para soportar mayores cargas o conducir en terrenos difíciles. El torque ayuda más en condiciones donde se necesita una gran fuerza a bajas velocidades, como al remolcar o al atravesar barro. El torque y la potencia no son lo mismo, aunque se confunden. El torque es la fuerza de giro, mientras que la potencia es el producto del torque y la velocidad a la que se aplica, revoluciones por minuto (RPM). Por eso, los autos que necesitan alcanzar altas velocidades generalmente necesitan un balance entre torque y potencia, mientras que los que necesitan fuerza para cargar, arrastrar, o subir pendientes se enfocan en maximizar el torque.



Por otro lado, el combustible es esencial para el torque porque es la fuente de energía que, al quemarse, genera la fuerza que se traduce en torque. Sin embargo, la cantidad, el tipo y la forma en que se administra el combustible influyen en cómo se genera y utiliza el torque en el motor del vehículo. Un motor eficiente puede generar un buen torque sin consumir excesivo combustible, lo cual es clave para mejorar el rendimiento del carro y reducir el consumo. Esto es lo que se busca en los carros híbridos o eléctricos, donde el torque suele ser alto desde el arranque sin necesidad de grandes cantidades de combustible o baterías de alto consumo.

—Papá, ven ¿puedes empujarme? —preguntó Peleo—.

—Claro que sí. ¡Voy!

Hípasso se colocó detrás de su hijo y comenzó a empujarlo con poca fuerza para que no se moviera muy rápido.

¡Más fuerte, papá!



—A mí también, papá —dijo Academo muy emocionado y celoso—.

—A mí también, mi amor.

—Ahora yo seré su esclavo ¡Qué bien! —dijo con sarcasmo Hípaso—.

Pitias se movía más lento que sus hijos.

—Estás aplicando menos fuerza para mí. ¿Qué sucede?

—No, mi amor —dijo sorprendido su esposo—. Estoy haciendo el mismo impulso.

—¿Impulso? —dijeron los jóvenes—.

—Bueno —explicó su padre—.



El impulso es la fuerza de un empujón multiplicada por el tiempo que dura ese empujón. Este empujón es lo que les ayuda a moverse o mover cosas, ¡Como en sus juegos y deportes favoritos!

Cuando estoy empujando a cada uno en su columpio:



Cada vez que empujo el columpio hacia adelante, aplico una fuerza durante un corto período de tiempo. Esa combinación de fuerza y tiempo le da impulso al columpio, lo que hace que se mueva hacia adelante y alcance una mayor altura. Si empujo con más fuerza, el columpio sube más alto, porque he aplicado un impulso mayor. También, si empujo el columpio durante más tiempo, el impulso aumenta, haciendo que el columpio gane velocidad y alcance más altura. Cada vez que el columpio regresa hacia mí, puedo aplicar otra vez una fuerza para seguir dándole impulso. Al aplicar el impulso en cada ida y vuelta, el columpio mantiene su movimiento y va ganando altura.

—¿Tiene explicación matemática? —preguntó Pitias—.

—Veamos lo siguiente:

- Peleo: Aplicó 10 Newtons (N) de fuerza durante 2 segundos.
- Academo: Aplicó 10 Newtons (N) de fuerza durante 3 segundos.
- Pitias: Aplicó 10 Newtons (N) de fuerza durante 4 segundos.

Calculamos del Impulso:

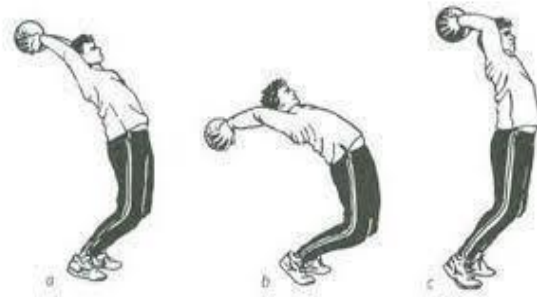
$$I = F \cdot t$$

Donde:

I: impulso en N.s

F: fuerza en Newton.

t: tiempo en segundos.



Peleo:

$$\text{Impulso} = 10 \text{ N} \times 2 \text{ s} = 20 \text{ N.s}$$

Academo:

$$\text{Impulso} = 10 \text{ N} \times 3 \text{ s} = 30 \text{ N.s}$$

Pitias:

$$\text{Impulso} = 10 \text{ N} \times 4 \text{ s} = 40 \text{ N.s}$$



—¿Qué pasaría con el impulso *cuando* aumente la fuerza o el tiempo?

—Son directamente proporcionales —dijo Academo—. Significa que, si aumenta el tiempo, entonces aumenta el impulso, pero si aplicaras más fuerza, también aumenta el impulso.

—Entonces, papá está aplicando la fuerza por más tiempo en mamá —añadió Peleo—.

—Eso significa que, a mayor fuerza o mayor tiempo del empujón, se genera un mayor impulso, haciendo que el columpio alcance más altura y mantenga el movimiento por más tiempo.

—Pero, ese empujón se parece al Momentum. ¿no?

—De hecho, hay una relación directa entre los dos conceptos — afirmó su padre—. Verás:

$$I = \Delta P$$

Donde:

I : impulso

ΔP : variación de Momentum



Entonces, en ausencia de fuerzas externas, el Momentum total de un sistema se conserva. Esto significa que, si la suma de los impulsos que actúan sobre un objeto es cero, su Momentum no cambia. Así, el impulso es directamente responsable de cambiar el Momentum de un objeto. Esta relación es clave para entender muchos fenómenos en la mecánica, como colisiones y movimientos de objetos bajo fuerzas externas.

—¿Aquí tenemos involucrado a Newton nuevamente? —preguntó Peleo—.

—Sí, pero hay otro más —dijo su padre—. También tenemos al físico alemán contemporáneo de Newton llamado *Gottfried Wilhelm Leibniz*. Él contribuyó al desarrollo del cálculo y al entendimiento del momento y el impulso, trabajando en la relación entre la fuerza, la masa y la aceleración.



Leibniz, G.

Por otro lado, tenemos a la física y matemática francesa del siglo XVIII *Émilie du Châtelet*. Ella fue una de las primeras personas en formalizar la relación entre energía, trabajo e impulso. Su traducción y comentario sobre los trabajos de Newton ayudaron a popularizar sus ideas. La marquesa de Châtelet tradujo el



Châtelet, E.

Principia de Newton y divulgó los conceptos del cálculo diferencial e integral en su libro *Las instituciones de la física*, obra en tres volúmenes.

Pero, aunque la palabra *impulso* no se utilizó explícitamente en los trabajos de Newton, su relación con el cambio en Momentum fue reconocida más tarde. La palabra se comenzó a usar en la literatura científica del siglo XIX. A lo largo de los siglos, otros físicos y

matemáticos desarrollaron y $\Delta p = F(\Delta t)$

formalizaron la relación entre impulso y Momentum, ayudando a establecerla como un concepto fundamental en la física.

—Bueno, nos vamos a casa. Ordenó Pitias.



—A la orden, jefa. Gritaron los tres juntos.

De camino a casa charlaron sobre lo sucedido en la semana, pero pararon a comer un heladito. A medida que avanzaban por la acera, los jóvenes intercambiaron anécdotas sobre sus juegos en el parque, llenando el momento con tranquilidad. El aroma a helado les recordó que el día aún no había terminado. ¿Queremos parar a comprar algo? —preguntó Pitias—. Todos estuvieron de acuerdo. No tardaron mucho en salir con una bolsita cada uno. En casa, se retiraron a descansar en sus habitaciones.

—Feliz noche ¡Niños lindos!

Curiosidades

"La velocidad siempre se puede calcular dividiendo la distancia por el tiempo"

FALSO. Eso solamente es válido si la velocidad es CONSTANTE. Si es un MRUV, deben utilizarse fórmulas que tengan en cuenta la aceleración. Si es MRU, pero no es uno solo, sino que hay varios tramos con distintas velocidades, hay que partir bien los tramos antes de calcular.

"Si la aceleración es negativa, entonces está frenando"

FALSO. El signo de la aceleración depende del sistema de referencia. Un móvil está frenando cuando el MÓDULO de su velocidad va disminuyendo, por lo tanto, no tiene nada que ver con el signo.

"Si se mueve hacia abajo, entonces su velocidad tiene que ser negativa"

FALSO. Podría ser positiva si se tomara otro sistema de referencia diferente.

"Siempre hay una fuerza para el lado de la velocidad"

FALSO. Un objeto puede mantener una velocidad cuando NO tiene fuerza resultante (principio de inercia). Al contrario, si hay fuerza resultante, la velocidad CAMBIA (puede aumentar o disminuir). Las fuerzas son responsables de las aceleraciones, no de las velocidades.

La fuerza es necesaria para mantener la velocidad de un objeto.

La realidad es que la fuerza es necesaria para cambiar la velocidad de un objeto (acelerarlo o desacelerarlo) o cambiar su dirección. Un objeto puede mantener una velocidad constante en ausencia de fuerza resultante (principio de inercia).

Las fuerzas son todas iguales

Aunque se les llama "fuerzas fundamentales", tienen intensidades muy diferentes. La fuerza nuclear fuerte es la más intensa, mientras que la gravitatoria es la más débil.

La gravedad afecta a todo por igual

La gravedad no afecta a todos los objetos por igual. La masa de un objeto determina la intensidad de la fuerza gravitatoria que ejerce.

La fuerza nuclear fuerte solo actúa en el núcleo

La fuerza nuclear fuerte es responsable de la estabilidad del núcleo atómico, pero también influye en la estructura de los protones y neutrones.

La fuerza nuclear débil solo afecta a partículas subatómicas

La fuerza nuclear débil también juega un papel importante en la evolución de las estrellas, especialmente en procesos como la fusión nuclear.

La ciencia ha terminado de descubrir las fuerzas fundamentales

La investigación en física de partículas continúa buscando nuevas fuerzas o fenómenos que desafíen nuestra comprensión actual del universo.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación teórica

Sección 1: Indica si cada afirmación es Verdadera o Falsa.

1. La fuerza es una magnitud vectorial, lo que significa que tiene magnitud, dirección y sentido.
 - ☐ Verdadero
 - ☐ Falso
2. La primera ley de Newton establece que una fuerza es necesaria para mantener un objeto en movimiento uniforme.
 - ☐ Verdadero

- Falso
- 3. El peso de un objeto depende de su masa y de la aceleración gravitatoria del lugar donde se encuentra.
 - Verdadero
 - Falso
- 4. Si la suma de las fuerzas que actúan sobre un objeto es cero, el objeto está necesariamente en reposo.
 - Verdadero
 - Falso
- 5. La fuerza normal siempre es perpendicular a la superficie de contacto.
 - Verdadero
 - Falso
- 6. En ausencia de fuerzas externas, un cuerpo puede acelerar indefinidamente.
 - Verdadero
 - Falso
- 7. La fuerza de fricción siempre actúa en dirección opuesta al movimiento o a la intención de movimiento.
 - Verdadero
 - Falso
- 8. La tercera ley de Newton indica que las fuerzas de acción y reacción tienen igual magnitud, misma dirección y sentido opuesto.
 - Verdadero
 - Falso
- 9. La fuerza neta sobre un cuerpo en equilibrio dinámico es diferente de cero.
 - Verdadero
 - Falso
- 10. La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta aplicada e inversamente proporcional a su masa.
 - Verdadero
 - Falso

Sección 2: Responde.

- a. Explica qué es la fuerza y cómo influye en el movimiento de un objeto.
- b. ¿Cómo se relaciona la fuerza con la aceleración de un objeto según la segunda ley de Newton? Da un ejemplo práctico.
- c. En un sistema en el que actúan varias fuerzas sobre un objeto, ¿cómo puedes determinar la fuerza neta? Proporciona un ejemplo.
- d. Describe el concepto de fuerza normal. ¿Por qué es importante en situaciones cotidianas, como caminar sobre el suelo o colocar un libro sobre una mesa?
- e. ¿Cuál es la diferencia entre la fuerza de fricción estática y la de fricción cinética? Explica con ejemplos cómo influyen en el movimiento de un objeto.
- f. ¿Cuál es el peso de un objeto y cómo se calcula? ¿Cómo varía el peso de un objeto en diferentes planetas?
- g. ¿Cómo afecta la fuerza gravitatoria a los objetos en la Tierra y en el espacio? Explica su efecto en el movimiento de los planetas.
- h. Según la tercera ley de Newton, "por cada acción hay una reacción de igual magnitud y en sentido opuesto". Proporciona un ejemplo donde se pueda observar esta ley en la vida diaria.
- i. En un lanzamiento de un cohete, ¿qué fuerzas están en juego durante el despegue y cómo se relacionan con la aceleración del cohete?
- j. Explica cómo varía la aceleración de un objeto si se incrementa la fuerza aplicada, manteniendo constante su masa. Utiliza la fórmula de la segunda ley de Newton para ilustrar tu respuesta.

Sección 3: Resuelve.

- 1. Un libro está sobre una mesa. Explica cómo la primera ley de Newton (Ley de la inercia) se aplica a este objeto cuando está en reposo y no se mueve, a pesar de que no hay fuerzas visibles actuando sobre él.
- 2. Un automóvil de 1 000 kg está acelerando a razón de 2 m/s^2 . ¿Qué fuerza neta está actuando sobre el automóvil? Utiliza la segunda ley de Newton para resolverlo.
 $F=m \cdot a$
- 3. Un nadador empuja hacia atrás el agua con una fuerza de 50 N. Según la tercera ley de Newton, ¿qué fuerza experimenta el nadador debido a la reacción del agua? Explica cómo se aplica la ley en este caso.

4. Dos objetos de masas de 5 kg y 10 kg están separados por una distancia de 2 metros. ¿Cuál es la fuerza gravitatoria que ejerce uno sobre el otro? Utiliza la fórmula de la ley de gravitación universal.
5. ¿Qué fuerza de gravedad experimenta un objeto de 20 kg en la superficie de la Tierra? Considera que la aceleración debida a la gravedad es $9,81 \text{ m/s}^2$
6. Un objeto de 10 kg se encuentra suspendido en el aire, sujeto por una cuerda. ¿Cuánto peso ejerce sobre la cuerda? Si el objeto está en equilibrio, ¿qué otras fuerzas están actuando sobre él?
7. Un objeto de 15 kg está sobre una superficie horizontal. Si se aplica una fuerza de 50 N en la dirección del movimiento, ¿qué aceleración tendrá el objeto? (Considera que no hay fricción).
8. Un bloque de 8 kg está sobre una superficie horizontal con una fuerza de fricción de 30 N actuando en dirección opuesta al movimiento. Si se aplica una fuerza de 50 N para mover el bloque, ¿cuál será la aceleración del bloque?
9. La Tierra tiene una masa de $5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ y el radio de la Tierra es de aproximadamente 6 371 km. ¿Cuál es la aceleración debida a la gravedad en la superficie de la Tierra?
Utiliza la fórmula de la ley de gravitación universal para calcular la aceleración de gravedad en la superficie de la Tierra.
10. Un satélite de 1 000 kg se encuentra en órbita alrededor de la Tierra a una altitud de 1 000 km. ¿Cuál es la fuerza gravitatoria que actúa sobre el satélite? (La masa de la Tierra es $5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ y el radio de la Tierra es 6 371 km).
11. Un fútbol de 0,5 kg está inicialmente en reposo. Un jugador le aplica una fuerza de 20 N durante 0,2 segundos en la dirección de su movimiento. ¿Cuál es el impulso que experimenta el balón? ¿Qué velocidad adquiere el balón después de que se aplica la fuerza?
12. Un auto de 1 000 kg viaja a una velocidad de 25 m/s. Después de frenar, se detiene completamente. ¿Cuál es el Momentum (cantidad de movimiento) del auto antes de frenar? ¿Cuál es el cambio en el Momentum del auto? Si el auto se detiene en 5 segundos, ¿cuál fue la fuerza promedio que actuó sobre él durante ese tiempo?
13. Una puerta tiene una longitud de 1,5 m y una manija ubicada a 0,5 m del borde. Una persona aplica una fuerza de 30 N en la manija, de manera perpendicular a la puerta. ¿Cuál es el torque generado por la fuerza respecto al eje de la bisagra de la puerta? Si la persona aplicara la misma fuerza, pero en el borde de la puerta (a 1,5 m de la bisagra), ¿cómo cambiaría el torque?
14. Una persona utiliza una palanca para levantar un objeto pesado. La longitud total de la palanca es de 2 m. El objeto que se desea levantar tiene un peso de 500 N y está ubicado a 1 m de un extremo de la palanca (cerca de la carga). La persona aplica una fuerza de 250 N en el otro extremo de la palanca, a 1,5 m del eje de rotación (fulcro). ¿Está en equilibrio la palanca? Justifica tu respuesta. ¿Qué pasaría si la persona aplica una fuerza de 300 N en el mismo extremo de la palanca? ¿La palanca seguiría en equilibrio?
15. Un barril de 50 kg cae desde una altura de 10 m y toca el suelo. El barril recibe una fuerza de impacto de 500 N durante 0,2 segundos mientras se detiene completamente. ¿Cuál es el impulso que recibe el barril durante el impacto? ¿Cuál es el cambio en el Momentum del barril durante el impacto? ¿Cuál fue la velocidad del barril justo antes de tocar el suelo?
16. Un bloque de 10 kg está sobre una superficie horizontal. Una persona aplica una fuerza de 40 N en dirección horizontal para moverlo. El coeficiente de rozamiento cinético entre el bloque y la superficie es $\mu_k = 0.3$.
 - a) Dibuja el diagrama de fuerzas que actúan sobre el bloque.
 - b) Determina si el bloque se mueve o permanece en reposo.
 - c) Si el bloque se mueve, calcula la aceleración del mismo.
 - d) Supón que la fuerza aplicada se detiene súbitamente, ¿cuál sería la aceleración del bloque debido al rozamiento hasta que se detenga?
17. Un bloque de 5 kg se encuentra en reposo sobre un plano inclinado que forma un ángulo de 30° con la horizontal. El coeficiente de rozamiento estático entre el bloque y el plano es $\mu_s = 0.4$, y el coeficiente de rozamiento cinético es $\mu_k = 0.3$.
 - a) Dibuja el diagrama de fuerzas que actúan sobre el bloque.
 - b) Determina si el bloque se mantiene en reposo o comienza a deslizarse.
 - c) Si el bloque comienza a deslizarse, calcula su aceleración.
 - d) Si se aplica una fuerza adicional de 10 N paralela al plano inclinado hacia arriba, ¿cuál sería la aceleración del bloque?

Evaluación práctica

Primera Ley de Newton (Ley de la Inercia).

Experimento: Un objeto en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme

Materiales:

- Un libro o una caja pequeña
- Una mesa
- Una cuerda (opcional)

Procedimiento:

1. Coloca el libro sobre la mesa y empuja suavemente hacia un lado. Observa cómo el libro se mantiene en reposo si no aplicas ninguna fuerza, o cómo se mueve a una velocidad constante si lo empujas con una fuerza constante y sin fricción significativa.
2. Si la superficie de la mesa es lo suficientemente lisa, el libro continuará moviéndose a velocidad constante hasta que alguna fuerza externa (como la fricción o un obstáculo) lo detenga. Esto ilustra la inercia, la tendencia de un objeto a mantenerse en su estado de reposo o movimiento uniforme a menos que una fuerza externa lo altere.

Explicación:

Este experimento demuestra la primera ley de Newton, que establece que un objeto permanecerá en reposo o en movimiento uniforme rectilíneo a menos que una fuerza externa actúe sobre él.

Segunda Ley de Newton (Fuerza y Aceleración).

Experimento: Relación entre fuerza, masa y aceleración

Materiales:

- Un carrito o cochecito con ruedas
- Pesas pequeñas (pueden ser monedas)
- Una cuerda y polea (para aplicar una fuerza)
- Una regla para medir la distancia

Procedimiento:

1. Coloca el carrito sobre una superficie plana.
2. Usa una cuerda conectada a una polea para aplicar una fuerza al carrito. Mide cómo cambia la aceleración cuando le añades diferentes pesos al carrito.
3. Asegúrate de medir la distancia recorrida por el carrito y el tiempo que tarda en recorrerla, para poder calcular la aceleración utilizando la fórmula: $a = \Delta v / \Delta t$
4. Al agregar más peso al carrito, observa que la aceleración disminuye, mostrando que, para una misma fuerza, la aceleración es inversamente proporcional a la masa.

Explicación:

Este experimento muestra cómo la fuerza aplicada a un objeto y su masa afectan la aceleración del mismo, de acuerdo con la segunda ley de Newton, que establece que $F = m \cdot a$, es decir, la fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración.

Tercera Ley de Newton (Acción y Reacción).

Experimento: El rebote de un globo de aire

Materiales:

- Un globo inflado
- Cinta adhesiva
- Una cuerda (opcional)

Procedimiento:

1. Infla el globo y sujétalo con cinta adhesiva a un punto fijo, de manera que esté suspendido en el aire.
2. Deja que el aire se escape por la boquilla del globo. Al hacerlo, el globo se moverá en la dirección opuesta a la que el aire es expulsado.
3. Si sujetas el globo por un extremo con la cuerda, observa cómo el globo se desplaza en la dirección opuesta a la salida del aire, demostrando la acción y la reacción.

Explicación:

Este experimento ilustra la tercera ley de Newton, que establece que por cada acción, hay una reacción de igual magnitud y en sentido opuesto. El aire que sale del globo es una acción, y el movimiento del globo en la dirección opuesta es la reacción.

1. Fuerza de Tensión.

Experimento: Cuerda y polea

Materiales:

- Una cuerda
- Una polea (puede ser una rueda o una simple herramienta casera)
- Un peso pequeño (puede ser una masa o una botella de agua)
- Un soporte para colocar la polea

Procedimiento:

1. Coloca la polea sobre un soporte fijo.
2. Ata la cuerda al peso y pasa la cuerda por la polea.
3. Mide la fuerza necesaria para levantar el peso usando un dinamómetro o un sensor de fuerza.
4. Observa la tensión en la cuerda cuando el peso cuelga. La tensión es la fuerza que la cuerda ejerce para contrarrestar el peso.

Explicación:

La fuerza de tensión es la fuerza transmitida a través de una cuerda o cable que está siendo estirado, y es el resultado de la acción de soportar el peso de un objeto suspendido.

2. Fuerza Normal.

Experimento: El bloque sobre una superficie

Materiales:

- Un bloque de madera o metal
- Una superficie plana
- Un dinamómetro

Procedimiento:

1. Coloca el bloque sobre una superficie horizontal.
2. Usa un dinamómetro para medir la fuerza normal que ejerce la superficie sobre el bloque. Esto es simplemente la fuerza de reacción de la superficie al peso del bloque.
3. Si levantas ligeramente el bloque, la fuerza normal disminuirá o desaparecerá, ya que ya no estará en contacto con la superficie.

Explicación:

La fuerza normal es la fuerza perpendicular a la superficie que sostiene un objeto. En este caso, se opone al peso del bloque para evitar que se caiga a través de la superficie.

3. Fuerza de Fricción.

Experimento: Deslizar un bloque

Materiales:

- Un bloque de madera o metal
- Una superficie lisa (puede ser una mesa o una tabla)
- Un dinamómetro

Procedimiento:

1. Coloca el bloque sobre la superficie plana.
2. Usa el dinamómetro para medir la fuerza que necesitas para iniciar el movimiento del bloque y mantenerlo en movimiento.
3. Luego, calcula la fuerza de fricción estática (cuando el bloque no se mueve) y la fuerza de fricción cinética (cuando el bloque está en movimiento).

Explicación:

La fuerza de fricción se opone al movimiento de un objeto. La fricción estática es mayor que la cinética, lo que significa que se necesita más fuerza para iniciar el movimiento que para mantenerlo.

4. Fuerza de Peso.

Experimento: El peso de un objeto

Materiales:

- Una balanza o un dinamómetro
- Un objeto de masa conocida (como una pelota de tenis)

Procedimiento:

1. Usa un dinamómetro para medir el peso del objeto (su peso es la fuerza que ejerce debido a la gravedad).
2. Mide el peso del objeto en diferentes lugares (por ejemplo, en la superficie de la Tierra y en un edificio alto) y observa cómo varía si utilizas la fórmula $F=mg$.

Explicación:

La fuerza de peso es la fuerza con la que la gravedad atrae a un objeto hacia el centro de la Tierra. Depende de la masa del objeto y de la aceleración debida a la gravedad.

5. Fuerza Elástica.

Experimento: Estiramiento de un resorte

Materiales:

- Un resorte
- Un soporte fijo
- Un peso pequeño
- Un dinamómetro

Procedimiento:

1. Coloca un resorte en un soporte fijo y conecta un peso pequeño al extremo del resorte.
2. Mide cuánto se estira el resorte usando una regla.
3. Usa el dinamómetro para medir la fuerza elástica que ejerce el resorte en respuesta al peso que cuelga de él.
4. Relaciona la extensión del resorte con la fuerza ejercida sobre él usando la ley de Hooke:
 $F = k \cdot x$
 donde k es la constante elástica del resorte y x es la distancia que se estira.

Explicación:

La fuerza elástica es la fuerza que un resorte ejerce al intentar volver a su forma original después de ser estirado o comprimido. La ley de Hooke describe esta relación.

Evaluación virtual

Práctica de laboratorio: Análisis de las Fuerzas en un Sistema de Bloques

Objetivo:

- Estudiar la relación entre la fuerza, la masa y la aceleración en un sistema de bloques.
- Observar cómo varían la fuerza neta y la aceleración a medida que cambian las condiciones del sistema.
- Realizar tablas y gráficos para analizar los datos obtenidos.

Materiales:

- Computadora con acceso a internet.
- Acceso a la simulación "Forces and Motion: Basics" de PhET <https://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics>
- Calculadora o lápiz y papel para los cálculos.

Procedimiento:

1. Acceder a la simulación:
 - Abre la simulación "Forces and Motion: Basics" de Phet (enlace proporcionado más arriba).
 - En el panel de la simulación, selecciona el modo "Fuerzas" y elige "Mover bloques".
2. Configurar el experimento:
 - Selecciona un bloque de madera o metal y colócalo sobre una superficie plana.
 - Aplica una fuerza constante sobre el bloque usando la opción de fuerza disponible en la simulación. Puedes ajustar la magnitud de la fuerza.
 - Cambia la masa del bloque y observa cómo afecta la aceleración del bloque.
3. Experimento 1: Relación entre Fuerza y Aceleración
 - Selecciona un bloque de 10 kg y aplica una fuerza constante de 5 N.
 - Mide la aceleración del bloque y registra los datos en la tabla.
 - Aumenta la fuerza aplicada a 10 N y observa cómo cambia la aceleración. Registra los nuevos datos.
4. Experimento 2: Relación entre Masa y Aceleración
 - Mantén la fuerza constante (por ejemplo, 5 N) y cambia la masa del bloque (por ejemplo, 10 kg, 20 kg, 30 kg).
 - Mide la aceleración para cada masa y registra los resultados en la tabla.
5. Llenado de tablas:
 - Tabla 1: Relación entre Fuerza y Aceleración

Fuerza (N)	Aceleración (m/s ²)
5 N	
10 N	
15 N	
20 N	

- Tabla 2: Relación entre Masa y Aceleración

Masa (kg)	Fuerza Aplicada (N)	Aceleración (m/s ²)
10 kg	5 N	
20 kg	5 N	
30 kg	5 N	
40 kg	5 N	

6. Gráficos:

- Gráfico 1: Relación entre Fuerza y Aceleración
 - En el eje X coloca las diferentes magnitudes de fuerza (5 N, 10 N, 15 N, etc.).
 - En el eje Y coloca las correspondientes aceleraciones obtenidas.
 - Dibuja el gráfico y analiza cómo la aceleración cambia cuando varía la fuerza aplicada (debería ser una relación directamente proporcional).
- Gráfico 2: Relación entre Masa y Aceleración
 - En el eje X coloca las diferentes masas (10 kg, 20 kg, 30 kg, etc.).
 - En el eje Y coloca las correspondientes aceleraciones obtenidas.
 - Dibuja el gráfico y analiza cómo la aceleración cambia cuando varía la masa (debería ser una relación inversamente proporcional).

7. Análisis de los resultados:

- Compara los resultados obtenidos en ambas tablas.
- Reflexiona sobre cómo la fuerza afecta la aceleración y cómo la masa influye en la aceleración.
- Concluye sobre la relación entre fuerza y aceleración, y entre masa y aceleración, basándote en las leyes de Newton.

Preguntas de reflexión:

1. ¿Cómo afecta un aumento de la fuerza a la aceleración del bloque?
2. ¿Cómo cambia la aceleración cuando aumentas la masa del bloque? ¿Qué relación observas?
3. ¿Qué ley de Newton describe mejor las observaciones que realizaste?

Conclusiones:

- Deberías poder ver claramente que según la segunda ley de Newton ($F=m \cdot a$), cuando aumentas la fuerza, la aceleración aumenta proporcionalmente. Al aumentar la masa, la aceleración disminuye si la fuerza aplicada permanece constante.
- Los gráficos deberían reflejar estas relaciones y permitir una visualización clara de cómo las variables interactúan.

Práctica de laboratorio: Análisis de las Palancas

Objetivo:

- Estudiar el principio de la palanca y cómo las fuerzas, distancias y puntos de apoyo afectan el equilibrio de la palanca.
- Observar cómo varían las fuerzas necesarias para equilibrar diferentes cargas utilizando diferentes distancias en la palanca.
- Realizar tablas y gráficos para analizar los datos obtenidos.

Materiales:

- Computadora con acceso a internet.
- Acceso a la simulación "Levers" de PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=es
- Calculadora o lápiz y papel para los cálculos.

Procedimiento:

1. Acceder a la simulación:
 - Abre la simulación "Levers" de PhET (enlace proporcionado más arriba).
 - En la simulación, selecciona el modo de palanca. Podrás ver una barra que actúa como palanca con diferentes puntos de apoyo y pesos a diferentes distancias.
2. Configurar el experimento:
 - La simulación permite ajustar la longitud de la palanca, el punto de apoyo y las cargas. Puedes colocar pesos en uno o ambos extremos de la palanca.
 - Realiza las siguientes mediciones y observa cómo las fuerzas aplicadas y las distancias afectan el equilibrio.

Experimento 1: Relación entre la Fuerza Aplicada y la Distancia de la Palanca

1. Coloca un peso de 10 N en el lado izquierdo de la palanca y ajusta el punto de apoyo al centro.
2. Mide la distancia entre el punto de apoyo y el peso (por ejemplo, 2 metros).
3. Coloca un peso de 10 N en el lado derecho de la palanca, a la misma distancia (por ejemplo, 2 metros) para ver si se mantiene el equilibrio.
4. Cambia las distancias de los pesos con respecto al punto de apoyo para observar cómo afectan el equilibrio.

Tabla 1: Relación entre la Fuerza y la Distancia (Completar las distancias y las fuerzas)

Distancia de la Fuerza Aplicada (m)	Fuerza Aplicada (N)	Distancia del Peso (m)	Fuerza del Peso (N)
2 m	10 N	2 m	10 N
1.5 m	10 N		
1 m	10 N		
0.5 m	10 N		

Experimento 2: Equilibrio de Palancas con Distintas Cargas y Distancias

1. Coloca un peso de 10 N en el lado izquierdo de la palanca, a 1 metro del punto de apoyo.
2. Coloca un peso de 20 N en el lado derecho y ajusta la distancia para ver si se mantiene el equilibrio.
3. Cambia las posiciones de los pesos y las distancias para investigar cómo se pueden equilibrar cargas diferentes utilizando el principio de la palanca.

Tabla 2: Relación entre la Fuerza, la Distancia y el Peso (Completar distancias y pesos)

Peso Izquierdo (N)	Distancia Izquierda (m)	Peso Derecho (N)	Distancia Derecha (m)
10 N	1 m	20 N	0.5 m
10 N	2 m		
15 N	1.5 m		
20 N	2 m		

Gráficos:

1. Gráfico 1: Relación entre la Distancia y la Fuerza Aplicada
 - En el eje X coloca las diferentes distancias de la fuerza (por ejemplo, 2 m, 3 m, 4 m).
 - En el eje Y coloca las correspondientes fuerzas que se necesitan para equilibrar la palanca.
 - Dibuja el gráfico y observa cómo la fuerza aplicada varía en función de la distancia desde el punto de apoyo.
2. Gráfico 2: Relación entre Peso y Distancia para Equilibrio
 - En el eje X coloca los pesos (por ejemplo, 10 N, 20 N, 30 N).
 - En el eje Y coloca las correspondientes distancias para equilibrar la palanca.
 - Dibuja el gráfico y analiza cómo cambia la distancia para equilibrar la palanca cuando varían los pesos.

Análisis de los Resultados:

1. Ley de las palancas:
El principio de la palanca establece que para que haya equilibrio, el momento o torque generado por las fuerzas sobre la palanca debe ser igual a ambos lados del punto de apoyo. El torque se calcula con la fórmula:
$$\text{Torque} = \text{Fuerza} \times \text{Distancia}$$

Así, la fuerza aplicada multiplicada por la distancia desde el punto de apoyo debe ser igual a la fuerza del peso multiplicada por la distancia en el otro lado de la palanca.

2. Reflexión:

- ¿Cómo cambia el equilibrio de la palanca cuando se cambia la distancia desde el punto de apoyo?
- ¿Qué sucede cuando la fuerza aplicada es más grande o más pequeña que el peso?
- ¿Cómo influye la distancia en las fuerzas necesarias para equilibrar la palanca?

Conclusiones:

Deberías ser capaz de observar que, para equilibrar la palanca, los momentos generados en ambos lados del punto de apoyo deben ser iguales. Esto permite que los estudiantes comprendan la ley de las palancas y cómo las distancias y las fuerzas aplicadas están relacionadas de manera proporcional.

Práctica de laboratorio: Ley de Hooke y Estudio de la Fuerza Elástica

Objetivo:

- Investigar la relación entre la fuerza aplicada y la elongación de un resorte (Ley de Hooke).
- Observar cómo cambia la longitud de un resorte cuando se le aplica una fuerza.
- Realizar tablas y gráficos para analizar la relación entre la fuerza y la elongación en un material elástico.

Materiales:

- Computadora con acceso a internet.
- Acceso a la simulación "Masses and Springs" de PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_all.html
- Resorte, pesas, regla o cinta métrica para medir la elongación (si es necesario realizarlo en un laboratorio físico).
- Calculadora para cálculos de fuerza.

Procedimiento:

1. Acceder a la simulación:
 - Abre la simulación "Masses and Springs" de PhET (enlace proporcionado más arriba).
 - En la simulación, selecciona el modo de resorte y ajusta las pesas que se colgarán del resorte para aplicar fuerza.
 - Puedes observar cómo la elongación del resorte cambia a medida que le aplicas distintas fuerzas.
2. Configurar el experimento:
 - Selecciona un resorte en la simulación.
 - Ajusta el peso (por ejemplo, empieza con 1 N) y mide la elongación del resorte.
 - Aplica diferentes pesos y mide la elongación para diferentes valores de fuerza.
 - Repite el proceso para distintas fuerzas y registra la elongación correspondiente en cada caso.

Experimento: Estudio de la Ley de Hooke

1. Comienza con un resorte sin peso (longitud inicial).
2. Coloca un peso de 1 N en el resorte y mide la elongación (cambio de longitud).
3. Incrementa el peso en 1 N (hasta un máximo de 5 N) y mide la elongación del resorte para cada nuevo peso.
4. Registra todos los datos y observa si la elongación del resorte sigue una relación lineal con la fuerza aplicada.

Tabla 1: Relación entre la Fuerza Aplicada y la Elongación del Resorte (Completar las elongaciones)

Fuerza Aplicada (N)	Elongación del Resorte (cm)
1 N	
2 N	
3 N	
4 N	
5 N	

Gráfico: Relación entre la Fuerza y la Elongación

1. Gráfico 1: Fuerza vs Elongación

- En el eje X coloca las fuerzas aplicadas (1 N, 2 N, 3 N, 4 N, 5 N).
- En el eje Y coloca las correspondientes elongaciones que has registrado (en cm).
- Dibuja el gráfico y analiza cómo la elongación varía a medida que aumenta la fuerza aplicada.

Análisis de los Resultados:

1. Ley de Hooke: La Ley de Hooke establece que, para un resorte dentro de su límite elástico, la fuerza elástica que ejercen los resortes es directamente proporcional a la elongación del resorte. Esta relación se expresa mediante la ecuación:

$$F = k \cdot \Delta x$$

donde:

- F es la fuerza aplicada (en Newtons),
- k es la constante elástica del resorte (en N/m),
- Δx es la elongación o alargamiento del resorte (en metros).

2. Reflexión:

- ¿Qué sucede cuando aplicas una fuerza mayor a un resorte? ¿La elongación aumenta de manera proporcional?
- ¿Cómo afecta la constante elástica (k) a la relación entre la fuerza y la elongación?
- ¿El resorte sigue una relación lineal en su comportamiento o se comporta de otra manera si aplicas fuerzas más grandes?

Conclusiones:

Deberías ser capaces de observar que la elongación del resorte es directamente proporcional a la fuerza aplicada, siempre que la fuerza no exceda el límite elástico del material. Este comportamiento se explica mediante la Ley de Hooke.

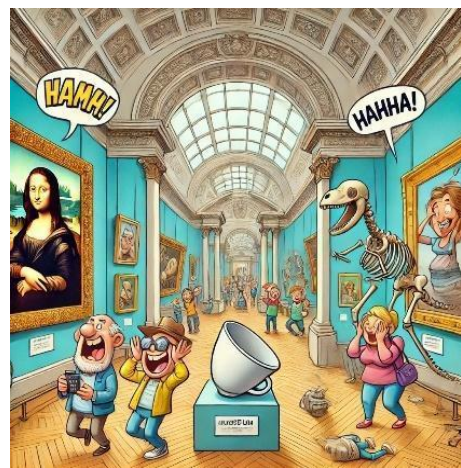
Rutina de pensamiento

Veo
Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso
Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto
Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo V: ¡Qué enérgico!

Era un sábado tranquilo, se levantaron todos muy tarde porque el viernes llegaron a altas horas de la madrugada de la calle, el recorrido en el museo fue agotador, así que toda la familia había dormido hasta media mañana. La casa estaba en silencio cuando comenzaron a salir de sus habitaciones.

Pitias salía bostezando y estirándose aun en pijama —¡Por fin! Creo que necesitábamos dormir hasta tarde. ¿Les parece si vemos una película en la sala?



Fuente: Generado por IA (2025).



Hípaso alzaba los brazos mirando el reloj —Buena idea. Podemos ver esa sobre el robot loco.

El hijo menor se mostraba muy entusiasmado —¿Podemos ver esa de dinosaurios que quedó pendiente la semana pasada?

Su hermano pensaba en el desayuno, pero al oírlo dio un salto en el sillón —¡Sí! ¡La que tenía los dragones!

La familia se acomodó en el sofá, con mantas y almohadas. Hípaso encendió la televisión, y la pantalla brilló unos segundos... hasta que, de repente, todo se apagó.

Peleo estaba muy sorprendido con la situación —¡Oh, no! ¿Qué chirimoyas pasó?

—Parece que nos quedamos sin electricidad —dijo su padre—. ¿Y el desayuno?

—¡Pero si apenas encendimos la tele! —apuntó Academo—

Pitias se veía muy relajada riéndose —Bueno, parece que tendremos que hacer otra cosa. ¿Qué tal una partida de juegos de mesa como el monopolio? Mientras desenchufaba todos los electrodomésticos de la casa.

La familia se miró y, entre risas, aceptaron. Pero primero buscaron la bolsa de cereal y la leche.



—A ver, papá ¿Por qué necesitamos de la luz para la televisión y otras cosas?

—¡Niños lindos! De hecho, no es la luz, más bien es la *energía eléctrica*. Precisó su padre.

La televisión necesita electricidad para funcionar porque, al igual que muchas otras cosas en la casa, es un aparato que utiliza *energía* para encenderse y hacer su trabajo. La electricidad es como la comida de la televisión; le da la energía necesaria para que las luces, las imágenes y los sonidos se enciendan y podamos ver nuestros programas y películas favoritos. Sin electricidad, la televisión no puede encenderse ni mostrar nada en la pantalla, como si estuviera dormida y no tuviera fuerzas para despertarse. Es igual que cuando un juguete necesita pilas para funcionar; si no tiene pilas o están gastadas, no puede moverse ni hacer sonidos.

—Es decir, se necesita energía para hacer cosas. Agregó Pitias.

—¡Claro! —dijo Hípaso mientras servía cereal en las tazas—. Verán:

La energía es algo que no podemos ver, pero que está en todas partes y nos permite hacer cosas. Es lo que hace que todo funcione y se mueva. Por ejemplo, cuando juegan, corren o saltan, están usando energía de tu cuerpo. Los aparatos, como la televisión, la luz o el ventilador, usan otro tipo de energía llamada electricidad para funcionar. La energía también puede venir del sol, que nos calienta y da luz, o del viento, que mueve los árboles y puede hacer girar molinos. En fin, la energía es lo que hace posible que haya movimiento, luz, calor y que las cosas trabajen a nuestro alrededor.

Si tomamos en cuenta algunas cosas revisadas, *podemos decir que:*

La energía es la capacidad de un objeto o sistema para realizar un trabajo o producir un cambio⁸.

En otras palabras, es lo que permite que las cosas se muevan, cambien de posición, generen calor, emitan luz o se transformen de alguna manera.

—Entonces —dijo Peleo— según lo que dices, hay varios tipos de energía ¿no?



Su padre comía cucharada tras cucharada. —Bueno...

Existen diferentes tipos de energía, dependiendo de cómo se manifiesta o cómo se usa:

Comencemos por la *energía cinética*. Es la energía que tiene un objeto en movimiento. Por ejemplo, un auto en marcha o una pelota que se lanza tienen energía cinética. La energía cinética se obtiene cuando un objeto se mueve. Cuanto más rápido se mueve un objeto y cuanto más masa tiene, mayor será su energía cinética.

Se expresa como: $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Esta expresión nos muestra que mientras más velocidad tenga un cuerpo, vemos que es la masa, entonces, la energía aumenta.



Donde:

- *E_c es la energía cinética en Joules. Como nuestro amigo James.*
- *m es la masa del objeto en kg.*

⁸ Feynman (1985).

- v es la velocidad a la que se mueve en m/s^2

Imaginemos una pelota que está en el suelo, quieta. En ese momento, no tiene energía cinética porque no se está moviendo. Pero si Peleo la pateo y empieza a rodar, ahora tiene velocidad y , por lo tanto, energía cinética. Cuanto más fuerte pateemos la pelota, o sea más rápido la movemos, mayor será su energía cinética. Algunos físicos que ya nombramos estudiaron esta energía, como: Galileo Galilei, Christiaan Huygens, Gottfried Wilhelm Leibniz y Émilie du Châtelet. Pero hay uno muy especial, este físico inglés del siglo XVIII fue *Thomas Young*. Este señor utilizó el término energía en el sentido moderno, lo que ayudó a consolidar el concepto de energía cinética. A medida que el concepto de energía fue mejorando, la ciencia comprendió mejor cómo funciona la energía cinética en distintos sistemas.



Young, T.

—¿De dónde proviene esa energía? —preguntó Academo—.

—Bueno —pensó su padre—.

La energía cinética puede aparecer gracias a otras formas de energía que se transforman. Por ejemplo:

- Desde la *energía potencial*: Si dejamos caer una pelota desde cierta altura, la energía potencial gravitacional, energía debido a su posición, se convierte en energía cinética a medida que cae.
- Desde la *energía química*: Cuando pedaleamos en una bicicleta, nuestro cuerpo usa la energía química de los alimentos que comemos para mover los músculos, lo cual hace que la bicicleta gane velocidad y, con ello, energía cinética.

Pitias trataba de imaginarse una situación —Danos un ejemplo, mi amor.



—¡Claro! —dijo Hípaso—. Pues:

Imaginemos que Academo va en su bicicleta con su masa de 50 kg y se encuentra viajando a una velocidad de 5 m/s en el parquecito. Luego, aumenta su velocidad hasta 10 m/s.

Calculemos:

- *La energía cinética inicial de nuestro Academo.*
- *La energía cinética final que tiene.*
- *El cambio en la energía cinética debido al aumento de velocidad.*



Donde:

- Masa de Academo (m) = 50 kg
- Velocidad inicial (v_0) = 5 m/s
- Velocidad final (v_f) = 10 m/s

Usando:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 50 \text{ kg} \cdot (5 \text{ m/s})^2$$

$$E_c = 625 \text{ J es lo que tendría inicialmente}$$

Ahora veamos luego

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 50 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2$$

$$E_c = 2\,500 \text{ J}$$

Entonces podemos comprobar que el cambio de energía es:

$$\Delta E = E_f - E_0$$

$$\Delta E = 2\,500\text{ J} - 625\text{ J}$$

$$\Delta E = 1\,875\text{ J}$$

Como podemos ver cuándo va más rápido su energía es mucho mayor.



—¿También tenemos esa potencial? —cuestionó Peleo—.

—Sí, esa que acabo de nombrar —respondió su padre—.

La energía potencial es la energía almacenada en un objeto debido a su posición o estado. Por ejemplo, un objeto en alto, como una roca en una montaña, tiene energía potencial porque, si cae, puede moverse y hacer trabajo.

La forma más común de energía potencial es la energía potencial gravitacional, que depende de la altura de un objeto sobre el suelo y de su peso.

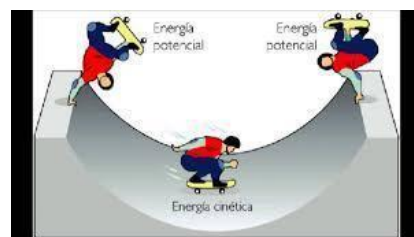
La energía potencial gravitacional se expresa como:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Donde:

- *m es la masa del objeto en kg.*
- *g es la aceleración debido a la gravedad —aproximadamente $9,8\text{ m/s}^2$ en la Tierra—.*
- *h es la altura a la que se encuentra el objeto desde una posición de referencia —como el suelo— en metros.*

Imaginemos una roca en el suelo. En esa posición, no tiene energía potencial gravitacional. Pero si Peleo la sube a una colina, ahora tiene energía potencial debido a su altura sobre el suelo. Esta energía está almacenada y lista para convertirse en energía cinética si la roca rueda cuesta abajo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Además de la energía potencial gravitacional, hay otros tipos:

- *Energía potencial elástica*: Se obtiene cuando algo elástico, como un resorte o una banda de goma, se estira o se comprime. La energía se almacena y puede liberarse cuando el objeto vuelve a su forma original.
- *Energía potencial química*: Es la energía almacenada en las sustancias químicas, como en la gasolina o los alimentos, que puede liberarse en forma de calor o movimiento cuando ocurre una reacción química.



Fuente: Generado por IA (2025).

transformarse en otras formas, como la energía cinética, cuando el objeto se mueve o cambia.

Entonces, la energía potencial se obtiene cuando un objeto se coloca en una posición o estado que le permite almacenar energía para el futuro. Esta energía puede liberarse y

Pero, aunque todos estos físicos aportaron a este concepto, le debemos en forma muy especial una contribución al físico escocés del siglo XIX *William Rankine*. Este físico fue uno de los primeros en usar el término energía potencial tal como lo conocemos hoy. Rankine formalizó el concepto y lo aplicó en sus estudios de termodinámica y mecánica, ayudando a establecer el término y su uso en la ciencia.



Rankine, W.

—Es una transformación de la anterior —dijo Peleo—.

—Efectivamente, hijo —afirmó su padre—.

—Mmm —pensaba Academo—.

Continuemos el ejercicio añadiendo una situación en la que tu hermano asciende a una colina de 20 metros de altura. Queremos calcular su energía potencial gravitatoria al llegar a la cima.

Donde:

- Masa del ciclista (m) = 50 kg
- Altura (h) = 20 m
- Aceleración de la gravedad (g) = 9.81 m/s^2 (aproximadamente)

Tenemos:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

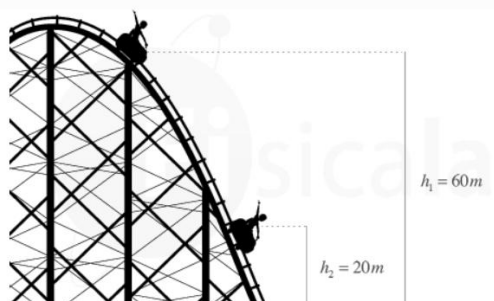
$$E_p = 50 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}$$

$$E_p = 9\,800 \text{ J}$$

Esto significa que gana energía potencial subiendo, claro que la perdería bajando, para convertirse en cinética.

Claro que podemos verlo mejor en el siguiente problema:

En una montaña rusa como la de la figura, determina, a partir de los datos que te proporcionamos, la velocidad que llevará el vagón en el punto 2.



Masa vagón más ocupante	$m = 900 \text{ kg}$
Altura punto 1	$h_1 = 60 \text{ m}$
Velocidad punto 1	$v_1 = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Altura punto 2	$h_2 \text{ m}$
Velocidad punto 2	$v_2 ?$

Dado que no nos proporcionan ninguna información al respecto, consideraremos que la fuerza de rozamiento es despreciable. El principio de conservación de la energía mecánica determina que la energía mecánica del sistema permanece constante. La energía potencial debida a la altura que tiene el cuerpo en el punto 1 se va transformando, a medida que se baja la cuesta, en energía cinética. Cuando se sube la cuesta, el proceso es el inverso, la energía cinética se transforma en energía potencial gravitatoria.

Revisemos el punto 1:

$$Em = Ec + Ep$$

$$Em1 = \frac{1}{2}m \cdot V1^2 + m \cdot g \cdot h1$$

$$Em1 = \frac{1}{2} \cdot 900 \text{ kg} \cdot (2 \text{ m/s})^2 + 900 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 60 \text{ m}$$

$$Em1 = 531\,000 \text{ J}$$

La energía mecánica será la misma, es decir, $Em1 = Em2$

Ahora revisemos la energía potencial en el punto 2:

$$Ep2 = m \cdot g \cdot h2$$

$$Ep2 = 900 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}$$

$$Ep2 = 176\,400 \text{ J}$$

De acuerdo con: $Em = Ec + Ep$

Tenemos:

$$Ec2 = Em2 - Ep2$$

$$Ec2 = 531\,000 \text{ J} - 176\,400 \text{ J}$$

$$Ec2 = 354\,600 \text{ J}$$

De la expresión: $Ec2 = \frac{1}{2}m \cdot V2^2$

Tenemos que: $354\,600 \text{ J} = \frac{1}{2}m \cdot V2^2$

Despejando la velocidad:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 354\,600 \text{ J}}{900 \text{ kg}}}$$

$$V_2 = 28,071 \text{ m/s}$$

Así podemos observar los cambios de energía y como se transforman al bajar la montaña.

—Es un problema muy hermoso —dijo Academo—. Es que nos muestra un panorama más complejo.

—Pero también nombraste la química —dijo Pitias—.

—Efectivamente —dijo su esposo—.



La *energía química* es la energía almacenada en las sustancias, como en los alimentos o en el combustible. Cuando comemos o quemamos gasolina, esa energía se libera y se transforma en otras formas de energía que podemos usar.



Fuente: Generado por IA (2025).

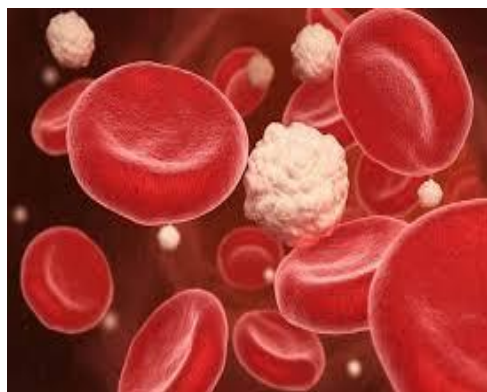
Por cierto, ahora que estamos comiendo cereal con leche y azúcar. La energía de los cereales proviene de los *carbohidratos* que contienen. Los cereales, como el trigo, el arroz, la avena y el maíz, están llenos de carbohidratos, que son una de las principales fuentes de energía para nuestro cuerpo.



Cuando comemos cereales, nuestro sistema digestivo comienza a descomponer los carbohidratos en moléculas más pequeñas, principalmente *glucosa*. La glucosa es un tipo de azúcar que el cuerpo usa como combustible. La glucosa es absorbida en el intestino delgado y pasa al torrente sanguíneo, lo que permite que se distribuya a las células de todo el cuerpo. Una vez que la glucosa llega a las células, entra en las *mitocondrias*, es como las *plantas de energía* de las células, y, a través de un proceso llamado *respiración celular*, se convierte en energía en forma de *ATP* (adenosín trifosfato). El ATP es la *moneda de energía* que las células usan para realizar todas sus funciones. Si el cuerpo no necesita toda la energía inmediatamente, almacena el exceso de glucosa en forma de *glucógeno* en el hígado y los músculos. Cuando el cuerpo necesita energía adicional, este glucógeno puede convertirse de nuevo en glucosa y usarse como combustible.

—¿Por qué mamá dice que los cereales dan energía rápida? —preguntó Peleo—.

—Bueno, déjame ver —dijo su padre—. Los carbohidratos en los cereales son, en su mayoría, de digestión rápida, lo que significa que la glucosa se libera en la sangre rápidamente después de comerlos, proporcionando una fuente de energía rápida y eficaz. Por eso los cereales son comunes en el desayuno: dan una dosis de energía rápida que ayuda a comenzar el día.



—Esto es muy útil e interesante papá —dijo Academo—.

—Mi amor —dijo su esposa—. ¿A quién le debemos el estudio de esta clase de energía?

Hípaso trató de recordar mientras seguía masticando. —Está difícil. Pero puedo nombrar a algunos:

La energía química fue entendida gradualmente a través de los estudios de varios científicos que exploraron cómo las reacciones químicas liberan o absorben energía. Estos investigadores sentaron las bases para el campo de la *termoquímica* y la *termodinámica química*, disciplinas que estudian la energía en las reacciones químicas. Aquí están algunos de los científicos clave que contribuyeron al estudio de la energía química



Antoine Lavoisier quien es muy conocido como el padre de la química moderna, Lavoisier fue un químico francés del siglo XVIII. fue uno de los primeros en entender que las reacciones químicas implican cambios en la energía. Él estudió cómo la combustión (la quema de materiales) consume oxígeno y libera calor. Su trabajo ayudó a establecer que, en las reacciones químicas, se conserva la masa, una idea que luego se extendió al concepto de conservación de la energía.



Lavoisier, A.

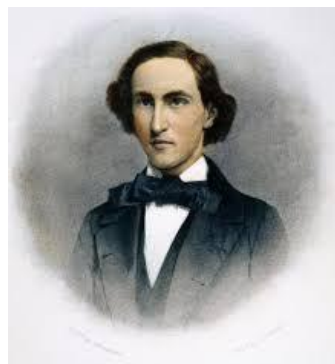
Pero también tenemos a Joule que estudió la relación entre el trabajo mecánico y el calor, y su investigación llevó a la comprensión de que el calor es una forma de energía. Aunque no era químico, su trabajo fue fundamental para la química porque estableció el principio de la conservación de la energía y la conexión entre energía térmica y energía química.

Asimismo, tenemos a *Hermann von Helmholtz* que fue un físico y médico alemán del siglo XIX que desarrolló la ley de la conservación de la energía, la cual estableció que la energía en un sistema cerrado no se pierde ni se crea, solo se transforma. Esto fue crucial para comprender que, en las reacciones químicas, la energía se transforma, ya sea en forma de calor, luz o energía química almacenada.



Helmholtz, H.

En orden, tenemos al ya nombrado *Julius Robert Mayer*, pues fue uno de los primeros en proponer que la energía química en los alimentos es la fuente de energía para el trabajo mecánico en el cuerpo humano. Estudió cómo los organismos convierten la energía química en energía útil para sus actividades, ayudando a consolidar la idea de que los compuestos químicos contienen energía que puede liberarse o almacenarse.



Gibbs, J.

Creo que es importante darle crédito a *Josiah Willard Gibbs* quien fue un físico estadounidense del siglo XIX que desarrolló el concepto de *energía libre*, que describe cuánta energía está disponible en una reacción química para realizar trabajo. Su trabajo en termodinámica química fue crucial para entender cómo las reacciones químicas espontáneas liberan o absorben energía.

Y no me quiero olvidar de *Svante Arrhenius* que fue un químico sueco del siglo XIX que estudió cómo la velocidad de las reacciones químicas depende de factores como la temperatura y la energía de activación —la energía mínima necesaria para que una reacción química ocurra—. Su trabajo ayudó a comprender mejor cómo se libera la energía en las reacciones químicas.



Arrhenius, S.

—Pues son muchos —dijo Academo—.

Peleo aún analizaba esa energía. —Nombraste laaaa... termo. Háblanos de esa, por favor.



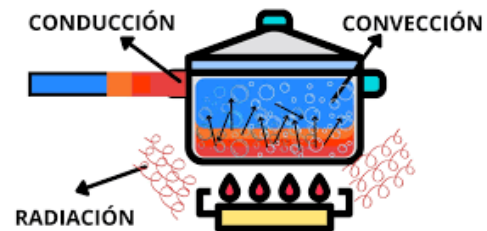
—Esa es muy interesante —dijo su padre—.

La energía térmica es la energía asociada con el calor, y proviene del movimiento de las partículas en un objeto. Cuando algo está caliente, sus partículas se mueven más rápido y tienen más energía térmica.

—Aquí no tenemos calor —dijo Peleo—.

—Qué bueno, esta ciudad tiene un clima maravilloso —dijo Pitias—.

Hípaso pensó en algunas fuentes comunes de energía térmica.



Fuente: Generado por IA (2025).

El Sol es la principal fuente de energía térmica en la Tierra. La luz solar calienta la superficie del planeta, y esta energía se distribuye a través de la atmósfera, los océanos y la tierra. Esta energía solar se convierte en calor, afectando el clima y proporcionando energía para procesos como la fotosíntesis en las plantas. La quema de combustibles —como madera, carbón, gas o petróleo— libera energía térmica. Cuando estos materiales se queman, las reacciones químicas liberan calor. Esta es la base de muchas formas de calefacción y generación de energía. Algunas reacciones químicas, como la oxidación de alimentos en nuestros cuerpos, liberan energía térmica. Cuando consumimos alimentos, nuestro cuerpo descompone los nutrientes en reacciones químicas que generan calor, lo que mantiene nuestra temperatura corporal. Cuando dos superficies se frotan entre sí, la fricción convierte la energía mecánica en energía térmica. Por ejemplo, al frotar las manos, se genera calor debido a la fricción entre las superficies de la piel. La energía geotérmica proviene del calor interno de la Tierra. Este calor se genera por



descomposición radiactiva y por la formación del planeta. Se puede aprovechar para calefacción o para generar electricidad.



Fuente: Generado por IA (2025).

También tenemos las *reacciones nucleares* en los reactores nucleares generan una gran cantidad de energía térmica. Este calor se utiliza para calentar agua y generar vapor, que luego se usa para mover turbinas y generar electricidad. Los movimientos de aire y agua también generan energía térmica. Por ejemplo, el agua de ríos y océanos puede absorber calor del sol, y las corrientes de aire pueden transferir calor de un lugar a otro. En fin, la energía térmica proviene de diversas fuentes, como el sol, la combustión, las reacciones químicas, la fricción, y procesos geotérmicos y nucleares. Esta energía es fundamental para muchos procesos en la naturaleza y en la vida diaria, afectando desde el clima hasta el funcionamiento de nuestros cuerpos.



—Parece que todo genera calor —dijo Peleo—.

—Aquí hay varios personajes que contribuyeron —dijo su padre—. Pero es interesante uno en particular.

Joseph Black fue un químico escocés del siglo XVIII que hizo importantes contribuciones a la comprensión del calor y la energía térmica. Introdujo el concepto de *calor específico*, o sea la cantidad de calor necesario para cambiar la temperatura de una sustancia y estudió el calor latente, el calor absorbido o liberado durante los cambios de estado. Hace tiempo hablamos de eso.



Black, J.

—¿Cuándo llegará la luz? —preguntó Academo—.

—La energía eléctrica —corrigió Peleo—.

—Eso me recuerda que no nos has hablado de esa energía —dijo Pitias—.



—Bueno —dijo su esposo—. Es la energía de los electrones que se mueven a través de un conductor, como un cable. Es la forma de energía que usamos para alimentar muchos dispositivos, como las luces y los electrodomésticos.

La energía eléctrica se obtiene a través de diversos métodos, que aprovechan diferentes fuentes de energía. Aquí te presento algunas de las principales formas de generación de energía eléctrica.

Termoeléctricas: En las plantas termoeléctricas, se queman combustibles fósiles como carbón, gas natural o petróleo para calentar agua y generar vapor. Este vapor mueve turbinas conectadas a generadores eléctricos, produciendo electricidad.



Plantas nucleares: En estas instalaciones, la fisión nuclear —la división de núcleos atómicos, generalmente de uranio o plutonio— genera una gran cantidad de calor. Este calor se utiliza para producir vapor que mueve turbinas, similar a las plantas termoeléctricas.



Hidroeléctricas: Las plantas hidroeléctricas aprovechan la energía cinética del agua en movimiento, generalmente a través de ríos. El agua pasa a través de turbinas, haciendo que giren y generen electricidad. La energía potencial del agua almacenada en embalses también puede ser convertida en energía eléctrica cuando se libera.

—Aquí hay esas empresas ¿cierto? —dijo peleó—.

—Sí varias de hecho —respondió su madre—.

Hípaso continuó:



Parques eólicos: Los aerogeneradores convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Cuando el viento mueve las palas de un aerogenerador, estas giran un generador que produce electricidad.



Fotovoltaica:

Los paneles solares convierten la luz del sol directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, donde los fotones de la luz solar generan una corriente eléctrica en materiales semiconductores.

Termosolar: En este método, se utiliza la energía solar para calentar un fluido que luego se convierte en vapor y mueve turbinas para generar electricidad.



Plantas geotérmicas: Estas instalaciones utilizan el calor de la Tierra —producido por descomposición radiactiva y el calor residual de la formación del planeta— para calentar agua, generando vapor que mueve turbinas y produce electricidad.

Generación a partir de biomasa: La biomasa —material orgánico, como residuos agrícolas o madera— puede ser quemada para producir calor, que se utiliza para generar vapor y mover turbinas, o puede ser convertida en biocombustibles que alimentan generadores.



La energía eléctrica se obtiene a través de la conversión de diversas formas de energía (química, cinética, solar, térmica) en electricidad. Cada método tiene sus ventajas y desventajas en términos de impacto ambiental, costo y eficiencia. A medida que avanzan las tecnologías, se están buscando y desarrollando fuentes de energía más sostenibles y limpias para la generación de electricidad.

—Siempre hemos tenido corriente eléctrica. Es una maravilla —dijo Peleo—.

—Pues no —dijo su padre—.

El estudio de la energía eléctrica ha sido un esfuerzo colectivo a lo largo de la historia, con contribuciones significativas de varios científicos y pioneros en el campo de la electricidad y el electromagnetismo.

El gran *Thales de Mileto* fue un filósofo griego del siglo VII antes de nuestra era. Considerado uno de los primeros filósofos y científicos, Thales fue uno de los primeros en observar fenómenos eléctricos al frotar ámbar —su nombre proviene del griego *ēlektron*— y notar que se atraían objetos ligeros. Aunque su comprensión era limitada, sus observaciones sentaron las bases para el estudio de la electricidad.



Thales



Gilbert, W.

Así también a *William Gilbert* fue médico y físico inglés del siglo XVI es conocido como el "padre de la electricidad" por sus estudios sobre el magnetismo y la electricidad estática. En su obra *De Magnete*, Gilbert investigó el magnetismo y las propiedades eléctricas de diversos materiales.

Benjamin Franklin fue un científico estadounidense del siglo XVII que realizó experimentos clave sobre la electricidad, incluido su famoso experimento con la cometa en una tormenta, que demostró que los rayos son una forma de electricidad. Su trabajo ayudó a sentar las bases de la comprensión de la electricidad como un fenómeno físico.



Franklin, B.

—Ese es el del papagayo o volantín ¿cierto? —dijo Academo—.

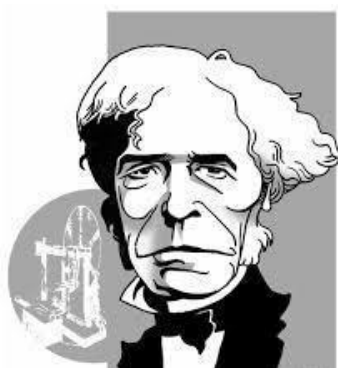
—En efecto —dijo Pitias—.

Hípasso continuó:

Hay uno importantísimo, *Alessandro Volta* fue un físico italiano del siglo XIX Inventor de la pila voltaica, Volta fue fundamental en el desarrollo de la electricidad. Su invención de la primera batería eléctrica proporcionó una fuente continua de corriente eléctrica y marcó el inicio de la electroquímica.



Volta, A.



Faraday, M.

Uno de mis personajes científicos favoritos es *Michael Faraday* que fue un físico británico del siglo XIX pionero en el estudio del electromagnetismo y la electroquímica. Sus experimentos sobre la inducción electromagnética llevaron al desarrollo de generadores eléctricos y transformadores, conceptos fundamentales en la generación y transmisión de electricidad.

—¿Por qué es favorito, papá? —preguntó sorprendido Peleo—.

—Pues, porque inventó el motor eléctrico que cambió la historia de la humanidad —dijo con entusiasmo su padre—. Además, es un ejemplo de resiliencia. El concepto de campo eléctrico fue introducido por él. Aunque la idea de las fuerzas eléctricas y las interacciones entre cargas ya se conocían, Faraday propuso que las fuerzas no eran simplemente acciones a distancia entre las cargas, sino que había algo más, algo en el espacio alrededor de las cargas que influía en otras cargas. Este algo fue denominado el campo eléctrico.

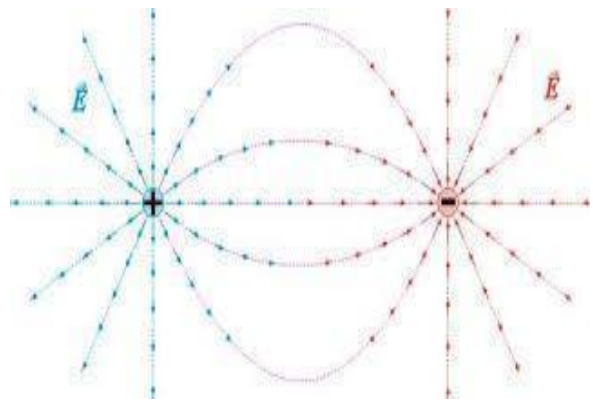
Faraday visualizó el campo eléctrico como líneas de fuerza que emergen de las cargas positivas y se dirigen hacia las cargas negativas, describiendo así la forma en que la influencia de una carga se extiende a su entorno. Aunque *Coulomb* había establecido la ley que describe la interacción entre cargas, fue Faraday quien desarrolló la idea del campo eléctrico, y más tarde *James Clerk Maxwell* formalizó el concepto en su teoría electromagnética, formulando las ecuaciones que describen cómo se comporta el campo eléctrico y su relación con otras magnitudes físicas.

Un *campo eléctrico* es una región en el espacio donde una carga eléctrica experimenta una fuerza. Para entenderlo de manera sencilla, imagina que una carga eléctrica —como una bolita con electricidad— puede influir sobre otras cargas cercanas, incluso si no están tocándose directamente. Esa influencia es el campo eléctrico.

Si tienen una carga positiva, crea un campo eléctrico que empuja hacia afuera (fuera de ella).

Si tienen una carga negativa, su campo eléctrico atrae hacia ella.

Pueden imaginarlo como si la carga estuviera creando una burbuja invisible a su alrededor, y cualquier otra carga dentro de esa burbuja sentiría una fuerza (atracción o repulsión) dependiendo de si es de signo contrario o igual.



Fuente: Generado por IA (2025).

El campo eléctrico se representa con líneas de fuerza:

Las líneas de fuerza salen de las cargas positivas y entran en las negativas.

Cuanto más cerca están las líneas, más fuerte es el campo eléctrico en esa zona.

En el caso de la carga positiva de $+2 \mu\text{C}$, el campo eléctrico a una distancia de 1 m de ella, por ejemplo, sería:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Donde:

- *E es la magnitud del campo eléctrico.*

- *k es la constante de Coulomb ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$).*

- *Q es la magnitud de la carga.*

Para tener el vector, solo multiplicamos por el vector unitario.

- r es la distancia a la carga.

$$E = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \times 10^{-6} \text{ C}}{(1\text{m})^2}$$

La unidad es Newton sobre Culombios.

$$E = 1,798 \times 10^4 \text{ N/C}$$

Este ejemplo muestra cómo las cargas crean campos eléctricos que afectan a otras cargas cercanas, y cómo la intensidad de ese campo depende de la magnitud de las cargas y la distancia entre ellas.

—Wow —dijeron todos—.

Luego Hípaso continuó:



Hay uno que considero un genio, *James Clerk Maxwell* fue un físico escocés del siglo XIX formuló las ecuaciones que describen el comportamiento del electromagnetismo, unificando los conceptos de electricidad y magnetismo. Su trabajo teórico es esencial para la comprensión moderna de la electricidad.



Maxwell, J.

—Supongo que esas ecuaciones deben ser muy importantes. —expresó de forma tímida Academo—.

—Realmente lo son —confirmó su padre—.

La importancia de las ecuaciones de Maxwell:

- *Unificación de electricidad y magnetismo:* Muestran que los campos eléctricos y magnéticos están íntimamente relacionados y pueden transformarse entre sí.
- *Explicación de las ondas electromagnéticas:* Predicen la existencia de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz, unificando así el electromagnetismo con la teoría de la luz.
- *Base del desarrollo tecnológico:* Son fundamentales en tecnologías como radio, telecomunicaciones, antenas, generación de energía y más.

- *Revolución científica:* Establecieron un modelo coherente que llevó al desarrollo de la teoría de la relatividad especial y la física moderna.

—Pero eso no me afecta, papá —dijo Peleo—.

Hípaso notó que su hijo no había comprendido la importancia de esto, entonces pensó en algo mejor como ejemplo.

—Imagina el funcionamiento de las antenas —dijo en tono misterioso—. Las leyes relevantes aquí son: Ley de Faraday y Ley de Ampère-Maxwell.

Las ondas electromagnéticas se generan cuando las cargas oscilan en una antena. Las ecuaciones de Maxwell explican cómo un campo eléctrico variable genera un campo magnético y viceversa, propagándose como una onda. Por ejemplo, las antenas de televisión y radio emiten o reciben ondas electromagnéticas que llevan señales de audio o video.



—¡Oh! —dijo Peleo—. Esto es muy importante papá.

Hípaso notó que había penetrado en la mente de su hijo. Así que usó otro buen ejemplo.

—En los microondas y hornos microondas —continuó su padre—. Las leyes relevantes son toda la teoría de ondas electromagnéticas derivada de las ecuaciones.



Las microondas son ondas electromagnéticas que interactúan con las moléculas de agua en los alimentos, haciéndolas vibrar y generar calor por fricción. Por ejemplo, el horno microondas usa un magnetrón para generar microondas, que son guiadas al interior del horno y calientan los alimentos de manera eficiente.

Asimismo, en las comunicaciones inalámbricas (Wi-Fi, Bluetooth, 5G). Las leyes más relevantes son: Ley de Faraday y teoría de ondas electromagnéticas.

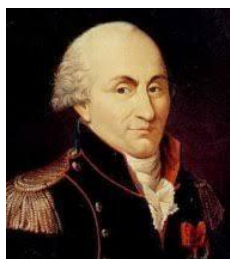


Los sistemas de comunicación inalámbrica envían información mediante ondas electromagnéticas en el espectro de radio o microondas. Por ejemplo: Los routers Wi-Fi emiten señales que contienen información (datos de internet) codificada en las ondas.

—Esta sí es importantísima, papá —dijo Academo—. No hay nada más importante que el wifi, sin internet no podemos hacer nada. No imagino como hacían en tus tiempos para estudiar y hacer las tareas.

Hípaso se carcajeó hasta llorar. —Bueno, déjenme seguir con otro personaje muy interesante para este tema.

Charles-Augustin de Coulomb fue un matemático, físico e ingeniero francés del siglo XVIII. Se le recuerda por haber descrito de manera matemática la ley de atracción entre cargas eléctricas. En su honor, la unidad de carga eléctrica lleva el nombre de culombio.



Coulomb, C.

La *ley de Coulomb* describe la fuerza de interacción entre dos cargas eléctricas puntuales. Esta ley establece que la magnitud de la fuerza electrostática (F) entre dos cargas es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.

Además, la fuerza es repulsiva si las cargas son del mismo signo y atractiva si son de signos opuestos.

La fórmula matemática de la ley de Coulomb es:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Para tener el vector, solo multiplicamos por el vector unitario.

Donde:

- F es la magnitud de la fuerza electrostática.
- k es la constante de Coulomb ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$).

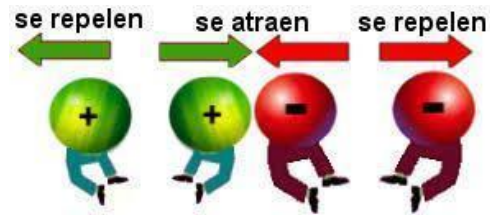
- q_1 y q_2 son las magnitudes de las dos cargas.
- r es la distancia entre las cargas.

La ley de Coulomb es fundamental en la electrostática y se aplica a cargas puntuales o distribuidas de manera simétrica.

—Se parece a la de Newton —apuntó Academo—.

—Es verdad —dijo Pitias—. Danos un ejemplo.

—Claro, que sí —dijo Hípaso—.



Fuente: Generado por IA (2025).

Claro, aquí tienes un ejemplo de la ley de Coulomb:

Supongamos que tenemos dos cargas puntuales:

$q_1 = 3 \mu C$ micro es equivalente a 10^{-6}

$q_2 = -2 \mu C$

Y la distancia entre ellas es $r = 0,5$ m.



Queremos calcular la fuerza entre las dos cargas usando la ley de Coulomb.

Sustituyendo los valores:

$$F = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{3 \times 10^{-6} C \cdot -2 \times 10^{-6} C}{(0,5 \text{ m})^2}$$

$$F = -0,216 \text{ N}$$

El signo negativo de las cargas indica que la fuerza es atractiva, ya que las cargas son de signos opuestos. La fuerza de atracción entre las dos cargas es 0,216 N.

—Entonces, conocemos cómo funciona la electricidad —dijo Peleo—.

—¡Claro! De hecho, hace mucho tiempo.

Por eso creo que es bueno explicar un concepto importante para lo cotidiano. El potencial eléctrico.

—No creo que sea cotidiano —dijo Academo—. Nunca lo he escuchado.

—Tal vez, no —dijo su padre—. Pero seguro que si has escuchado la palabra voltaje o tensión eléctrica.

—Sí. Muy seguido —dijo ahora Academo—.

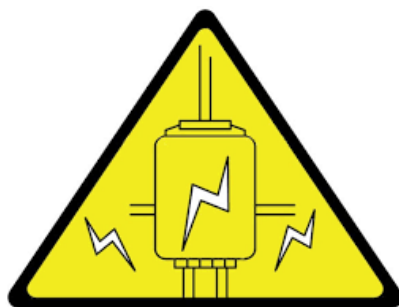
—Pues es el mismo, pero más elegante.



Priestley, J.

El *potencial eléctrico* es una medida de la energía potencial que una carga eléctrica tiene en un punto determinado debido al campo eléctrico.

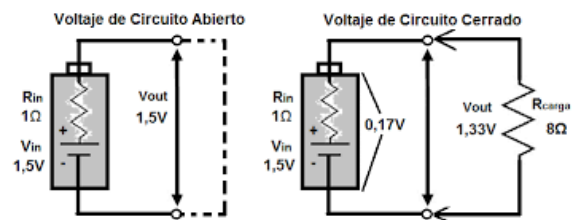
En otras palabras, es una forma de decir cuánta energía estaría disponible para una carga si se moviera a ese punto dentro del campo eléctrico. *Joseph Priestley*, fue uno de los primeros en proponer la relación entre la electricidad y el concepto de potencial. Él era un científico y teólogo británico del siglo XVIII, clérigo disidente, filósofo, educador y teórico político, que publicó más de 150 obras. Es conocido como el creador del agua carbonatada.



Imaginen que el campo eléctrico es como una colina o una montaña y las cargas son como bolas que ruedan por ella. Cuanto más alto esté un punto —más cerca de la cima de la montaña—, mayor será el potencial eléctrico en ese punto. Si colocas una carga en ese punto, la carga tiene una mayor cantidad de energía para moverse, y si la cargas en un punto más bajo —más cerca del fondo de la montaña—, tendrá menos energía.

—¿Cómo se mide el potencial eléctrico? —preguntó Peleo—.

Su padre lo miró y dijo —El potencial eléctrico se mide en voltios (V). Un voltio es la cantidad de energía (en julios) que una carga de un coulomb tiene por unidad de carga.



Fuente: Generado por IA (2025).

La fórmula para el potencial eléctrico V creado por una carga puntual q en un punto a una distancia r es:

$$V = K \cdot \frac{Q}{r}$$

Donde:

- V es el potencial eléctrico, en voltios.
- k es la constante de Coulomb ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$).
- Q es la magnitud de la carga que crea el campo eléctrico.
- r es la distancia desde la carga hasta el punto donde se calcula el potencial.

Si tienen una carga positiva de $+2 \mu\text{C}$ (micro culombios) y quieren saber el potencial eléctrico a 1 m.

$$V = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \times 10^{-6}}{1\text{m}}$$

$$V = 17\,980 \text{ voltios.}$$



El potencial eléctrico es como una medida de cuánta energía tiene una carga eléctrica en un punto debido a la presencia de otras cargas y al campo eléctrico. Es útil para entender cómo las cargas se mueven y cómo intercambian energía al moverse en un campo eléctrico.

—Sí es muy importante. Reflexionó Academo.

—Claro que sí —dijo su padre—. Pero sigamos.

—Espera, papá —dijo Academo—. Dinos otra cosa ¿Cómo puede guardarse este voltaje?

Su hermano lo interrumpió de inmediato ¡Potencial eléctrico!

—Sí, está bien. ¡Potencial eléctrico!

—Bueno, no es necesario ser tan estricto —aclaró su padre—.



El potencial eléctrico no se guarda como tal, pero puede manifestarse en forma de energía potencial eléctrica cuando una carga eléctrica se encuentra en un campo eléctrico. Esta energía se almacena en diversos sistemas físicos. Algunas maneras en las que se guarda o utiliza el potencial eléctrico son los condensadores o capacitores.

—También tiene una forma elegante —apuntó Peleo—.

—Ciertamente hijo —dijo riendo Hípaso—.

Un capacitor almacena energía potencial eléctrica en forma de un campo eléctrico entre sus placas, que están separadas por un material dieléctrico.

La cantidad de energía almacenada depende del potencial eléctrico aplicado y de la capacidad del capacitor.

Podemos expresarla en la fórmula:

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

donde:

- *E: Energía almacenada, en Joules.*
- *C: Capacidad, en faradios.*
- *V: Diferencia de potencial eléctrico, en voltios.*



—¿Y las baterías? —preguntó Pitias—.



Su padre asintió —Las baterías convierten energía química en energía potencial eléctrica. La diferencia de potencial —voltaje— entre sus terminales genera un campo eléctrico que impulsa las cargas en un circuito.

Además, las células —como las neuronas— almacenan energía potencial eléctrica mediante gradientes de iones en sus membranas. Este potencial eléctrico es esencial para la transmisión de impulsos nerviosos. La energía potencial eléctrica en forma de diferencia de potencial —voltaje— se distribuye a través de redes eléctricas, para su uso en dispositivos eléctricos. El almacenamiento eficiente de potencial eléctrico implica la transformación de la energía en formas manejables —como en capacitores o baterías—, ya que el potencial eléctrico por sí solo es una medida relativa, no un elemento físico que pueda aislarse.



—Danos un ejemplo sobre estos condensadores —pidió Pitias—.

Un capacitor de $10\ \mu\text{F}$ (microfaradios) se conecta a una fuente de $12\ \text{V}$



Calcula la carga almacenada en el capacitor.

$$Q = C \cdot V$$

$$Q = 10 \times 10^{-6} \text{ f. } 12 \text{ V}$$

$$Q = 0,00012 \text{ F.}$$

Calcula la energía almacenada en el capacitor.

$$E = \frac{1}{2} (0,00012 \text{ F}). (12\text{V})^2$$

$$E = 0,00072 \text{ J}$$

Si desconectamos el capacitor de la fuente y reducimos la separación entre las placas a la mitad sin cambiar su carga, explica qué sucede con:

- La capacidad del capacitor.

Si la distancia entre las placas (d) se reduce a la mitad, la capacidad se duplica. De acuerdo con la expresión:

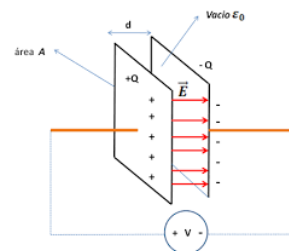
$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

Donde:

- C : Capacidad del capacitor (en faradios, F).
- ϵ : Permitividad del material dieléctrico entre las placas. Se calcula como:

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

- ϵ_0 : Permitividad del vacío ($8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$).
- ϵ_r : Constante dieléctrica del material (sin unidad).
- A : Área de superposición de las placas (en metros cuadrados, m^2).
- d : Distancia entre las placas (en metros, m).
- La energía almacenada.

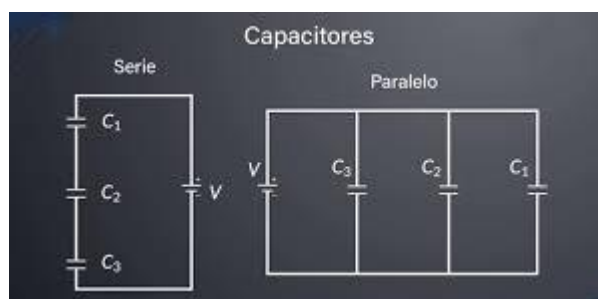


Si la capacidad se duplica — C aumenta—, la energía almacenada se reduce a la mitad.

—Yo los vi, en ese DVD viejo que hay en el patio —dijo Peleo—.

—Ah, sí —dijo Hípaso—.

Pero hay muchos allí. En el circuito se necesitan varios componentes.



Fuente: Autor (2025).

Los *capacitores en serie y en paralelo* se combinan de formas distintas, y su capacidad equivalente depende de cómo estén conectados.

En una conexión en serie, los capacitores se conectan uno después del otro.

- La carga (Q) es la misma en todos los capacitores porque la corriente que pasa por ellos es idéntica.
- La diferencia de potencial total (V) es la suma de los voltajes en cada capacitor:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V$$

La capacidad equivalente para capacitores en serie se calcula como:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Propiedades importantes:

- La capacidad equivalente — C_{eq} — es menor que la capacidad más pequeña del grupo.
- Usar capacitores en serie es útil para reducir la capacidad o aumentar el voltaje máximo soportado.

En una conexión en paralelo, las placas positivas de los capacitores están conectadas entre sí, y lo mismo ocurre con las placas negativas.

- La diferencia de potencial (V) es la misma en todos los capacitores porque comparten las mismas terminales.
- La carga total (Q_{total}) es la suma de las cargas en cada capacitor.

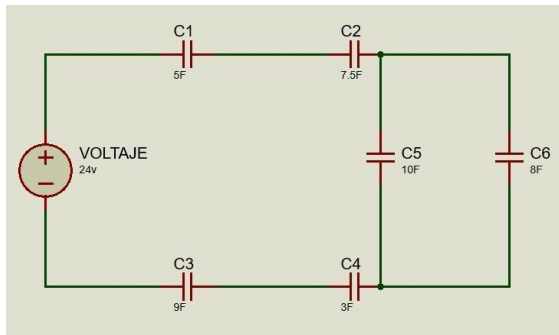
$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots Q$$

La capacidad equivalente para capacitores en paralelo se calcula como:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots C$$

Propiedades importantes:

- La capacidad equivalente (C_{eq}) es mayor que la capacidad más grande del grupo.
- Usar capacitores en paralelo es útil para almacenar más carga o aumentar la capacidad.



Fuente: Autor (2025).

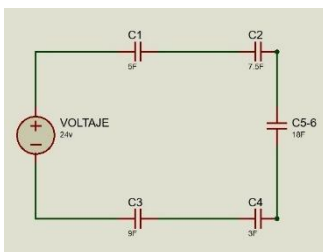
Supongamos este circuito sencillo, podemos revisar que no están en serie, pero tampoco en paralelo, lo que nos deja la opción de ser un arreglo mixto. La unidad es grande; el faradio, normalmente la unidad es en microfaradios μF .

Hallemos la capacidad total.

Vean que la C5 y C6 son paralelas.

$C_{56} = C_5 + C_6$ es una equivalente a ambas $C_{56} = 10\text{F} + 8\text{F} = 18\text{F}$

Ahora, la configuración es distinta. Pero si se fijan bien, todas están en serie.



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_{56}} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_3}$$

esta sería la total o equivalente de todo el circuito.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{5\text{F}} + \frac{1}{7.5\text{F}} + \frac{1}{18\text{F}} + \frac{1}{3\text{F}} + \frac{1}{9\text{F}} \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{5}{6}\text{F} \text{ como sugiere una inversa nos queda:}$$

$$C_{eq} = \frac{6}{5}\text{F} \text{ así la carga total la tenemos } Q = C_{eq} \cdot V$$

$$Q = \frac{6}{5}\text{F} \cdot 24\text{V} \text{ así tenemos } Q = 28,8 \text{ c}$$

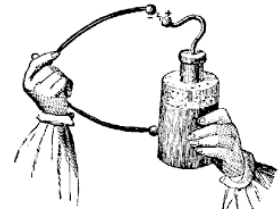
—Es muy sencillo, papá —dijo Academo—.



van Musschenbroek, P.

Pieter van Musschenbroek fue un médico y físico neerlandés del siglo XVIII que inventó el frasco de Leyden, considerado el primer capacitor práctico. Este dispositivo almacena carga eléctrica mediante un recipiente de vidrio con un revestimiento metálico en el interior y exterior. Fue un hito en el desarrollo de los capacitores.

En el siglo XX, el avance en materiales y miniaturización impulsó el desarrollo de capacitores modernos, como los electrolíticos, cerámicos y de polímeros. Empresas y científicos han optimizado su fabricación y uso en electrónica.



Hay un empresario muy controversial, *Thomas Edison* fue un inventor y empresario estadounidense del siglo XX que desempeñó un papel clave en la comercialización de la electricidad. Desarrolló la lámpara incandescente y estableció la primera planta de energía eléctrica, sentando las bases para la electrificación de las ciudades.



Edison, T.

Thomas Edison inauguró la primera planta de energía en 1882 en Nueva York. La planta, llamada Pearl Street Station, suministraba electricidad a unas 85 casas y negocios en Manhattan. Fue una gran innovación en su época y marcó el comienzo de la industria de generación eléctrica.

Él tuvo muchos conflictos con otro gran genio y además también es uno de mis favoritos.

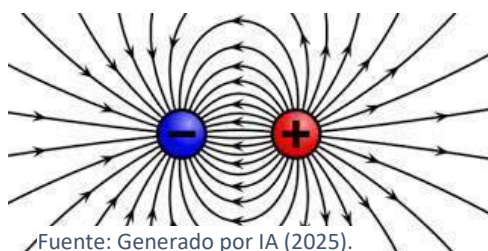
—¿Quién, papá? —preguntó Academo con emoción—.

—Pues —dijo Hípaso con brillo en los ojos—. El gran *Nikola Tesla* fue un inventor e ingeniero croata del siglo XX que contribuyó al desarrollo de sistemas de corriente alterna (CA), transformadores y motores eléctricos. Su trabajo en la transmisión de electricidad a larga distancia es fundamental para el sistema eléctrico actual. El gran Tesla imaginó un mundo donde la electricidad se transmitiera de forma inalámbrica a través del aire, y logró algunos experimentos en los que prendía bombillas a distancia. Hoy en día, esta idea ha inspirado tecnologías de carga inalámbrica, aunque aún tiene limitaciones.



Tesla, N.

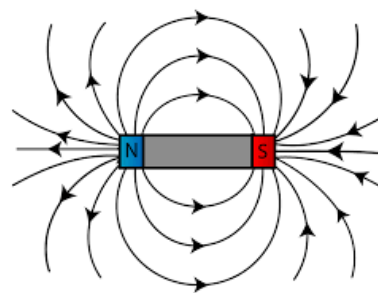
—Sería mejor que no hubiera cables en las calles, serían más bonitas las fachadas de las casas —apuntó Academo—.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Pero de los cables —aclaró Hípaso—. Hay algo muy interesante. La energía en realidad se mueve *alrededor del cable*, y no a través de él, como a menudo se cree popularmente.

La electricidad que vemos fluyendo por los cables está acompañada por un campo electromagnético, que es el verdadero vehículo de la energía. Resulta que, cuando una corriente eléctrica fluye a través de un conductor, como un cable de cobre de los que tenemos aquí en casa y en todos lados, se genera un *campo eléctrico* estudiado por Faraday y muchos otros y un *campo magnético* que se propagan en el espacio alrededor del conductor. Esta combinación de campos es lo que se llama un *campo electromagnético*. En este campo es donde realmente viaja la energía, conocida también como energía electromagnética.



—¿Magnético? ¿Cómo que los imanes? —preguntó Peleo—.

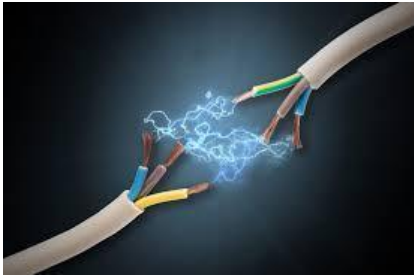
—Pues, sí —dijo su padre—.



Ørsted, H.

Creo que es justo nombrar a *Hans Christian Ørsted* quien fue un físico danés del siglo XIX. Él descubrió accidentalmente que una corriente eléctrica produce un campo magnético. Observó que una aguja de brújula se desviaba cuando pasaba corriente por un cable cercano, demostrando por primera vez la relación entre la electricidad y el magnetismo.

Este fenómeno está descrito en la teoría de campos de James Clerk Maxwell, que explica que la energía eléctrica se transmite en forma de ondas electromagnéticas. Así, en un cable, los electrones se mueven lentamente, mientras que la *energía electromagnética* se mueve por el espacio alrededor del cable casi a la velocidad de la luz, llevando la energía de un punto a otro. Por tanto, la energía eléctrica no viaja dentro del cable como la corriente de agua en una tubería, sino



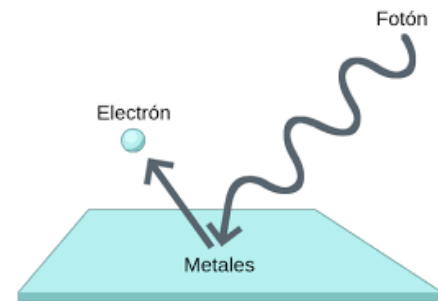
que se transporta en el campo alrededor de él, mientras los electrones dentro del cable simplemente oscilan y permiten la formación de este campo.

—Esto es realmente impresionante, papá —dijo Academo—.

—¿Este Tesla es cómo los carros de Elon Musk? —preguntó Peleo—.

—Pues sí —afirmó su padre aún emocionado—.

Por último y no menos importante a nuestro amigo alemán *Albert Einstein*, Aunque conocido principalmente por su trabajo en la relatividad, él también contribuyó a la comprensión de la electricidad a través de sus investigaciones sobre el efecto fotoeléctrico, que ayudaron a establecer la base de la teoría cuántica de la luz y la electricidad.



—Uff, son muchos ¿no? —dijo Academo—.

Hípaso lo reflexionó mientras iba a dejar las tazas a la cocina. Al regresar dijo: —Una de las ideas fundamentales de la física es que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de un tipo a otro. Esto se llama conservación de la energía. Por ejemplo, cuando encendemos la televisión, la energía eléctrica se convierte en luz, sonido y algo de calor.

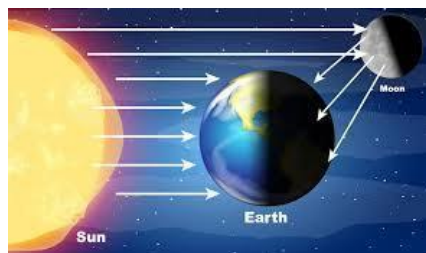
—Deberíamos tener energía siempre en casa —dijo Academo—.



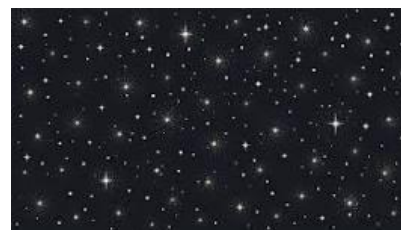
Su padre se quedó pensando un poco mientras veía por la ventana. Luego dijo:

¿Sabías que la energía que da vida a las estrellas proviene de un proceso llamado fusión nuclear? En el corazón de nuestro Sol y de otras estrellas, los núcleos de hidrógeno se fusionan para formar helio, liberando enormes cantidades de energía en forma de luz y calor. Esta energía es tan poderosa

que, cada segundo, el Sol produce más energía que toda la que la humanidad ha consumido en su historia.



Pero aquí viene lo sorprendente, hijos, la energía del Sol tarda alrededor de 8 minutos en viajar



desde su núcleo hasta la superficie y luego otros 8 minutos para llegar a la Tierra. ¡Es decir, cuando miran al Sol, están viendo luz que fue generada hace aproximadamente 16 minutos! Así que, de alguna manera, estás mirando hacia atrás en el tiempo.

Y aquí está la parte realmente asombrosa, pues la cantidad de energía que el Sol produce en una hora podría satisfacer las necesidades energéticas de toda la humanidad durante un año entero. Esto hace que la energía solar sea una fuente increíblemente poderosa y sostenible para el futuro, y es un recordatorio de lo enorme y magnífico que es nuestro universo. ¡Imaginen todo lo que podríamos hacer si aprovecháramos esa energía de manera efectiva!



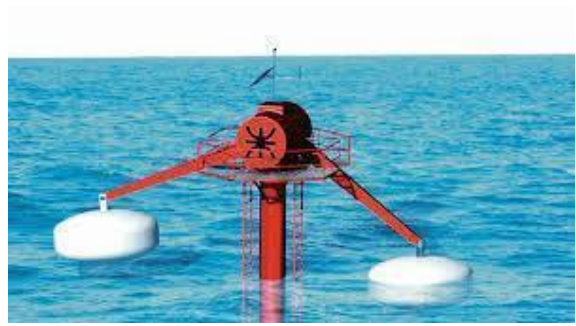
—No pagaríamos la factura —dijo Pitias—.

—Mmm. Pensaba su esposo. Es interesante porque en la costa hay algo particular.

¿Sabían que el océano contiene una cantidad increíble de energía en forma de olas? La energía de las olas es generada por el viento que sopla sobre la superficie del agua. Cuando el viento empuja el agua, crea ondas que pueden viajar miles de kilómetros. Lo más fascinante es que se estima que la energía de las olas en el océano podría satisfacer las necesidades energéticas de todo el mundo si se pudiera capturar y convertir adecuadamente. De hecho, en algunos lugares, se están desarrollando tecnologías que permiten transformar esta energía en electricidad.

Por ejemplo, las instalaciones de energía undimotriz utilizan dispositivos flotantes que se mueven con el vaivén de las olas. Este movimiento activa generadores que producen electricidad. Se estima que, si aprovechamos solo una pequeña parte de la energía de las olas del mundo, podríamos generar más de 2.000

teravatios-hora al año, suficiente para abastecer a millones de hogares. Lo interesante es que, a diferencia de otras fuentes de energía, como la solar y la eólica, la energía de las olas es muy predecible. Las olas siguen un patrón regular, lo que podría ayudar a proporcionar una fuente constante de energía renovable. ¡Imagina un futuro donde podamos aprovechar el poder de los océanos para alimentar nuestras ciudades!



Fuente: Generado por IA (2025).

—Esa sí es buena —dijo Academo—.

—Sí, claro que sí —dijo Hípaso—. Pero:

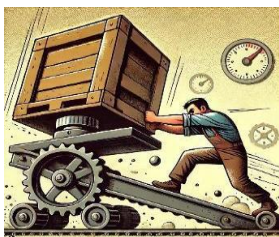
¿Sabían que nuestro cuerpo genera y utiliza electricidad?

—Sí, ¡Es cierto! —dijo Pitias—



Hípaso continuó: Cada vez que piensan, se mueven o incluso respiran, su cuerpo está utilizando electricidad. En el nivel más básico, las células del cuerpo se comunican entre sí a través de impulsos eléctricos. Cuando una neurona —una célula nerviosa— quiere enviar un mensaje a otra neurona, genera un pequeño impulso eléctrico que viaja a lo largo de su longitud. Este impulso es conocido como un potencial de acción. Es gracias a este sistema eléctrico que puedes mover sus brazos, sentir dolor o incluso recordar cosas. Lo más interesante es que el corazón también tiene su propio sistema eléctrico. Tiene un grupo de células llamado el nodo sinoauricular, que actúa como un marcapasos natural.

Este nodo envía señales eléctricas que hacen que el corazón lata y bombee sangre. De hecho, los médicos a menudo utilizan un electrocardiograma (ECG) para medir la actividad eléctrica del corazón y asegurarse de que está funcionando correctamente. Por si fuera poco, se ha descubierto que incluso los pensamientos y emociones están relacionados con cambios en la actividad eléctrica del cerebro. Cuando estás feliz, triste, concentrado o distraído, se producen diferentes patrones



de actividad eléctrica en tu cerebro. Esto significa que, en cierta medida, su estado emocional y mental está vinculado a la electricidad.



Así que, la próxima vez que sientan un escalofrío o una *corazonada*, recuerden que es la electricidad en su cuerpo trabajando. ¡Su cuerpo es como una pequeña central eléctrica en acción!

—Wow. Es impresionante papá.

—Yo sé algo muy impresionante, hijos —dijo Pitias—. Las anguilas eléctricas pueden generar descargas de hasta 600 voltios, ¡Suficiente para aturdir a un ser humano! Este mecanismo les sirve para defenderse y atrapar presas. Este tipo de descarga es un buen ejemplo de cómo los organismos vivos pueden producir electricidad.

—¡Qué peligro! —dijo Peleo—. Si alguien está buceando y se consigue con esta sorpresa. —Hay un concepto íntimamente relacionado con la energía —dijo Hípaso—. Es el trabajo mecánico.



—Yo no quiero trabajar —dijo Peleo—.

—No se trata del trabajo como lo conocemos en nuestro idioma —aclaró su padre—. Más bien es un concepto sobre la potencia de las cosas por el uso de energía.

—A ver —dijo Pitias—.

—Vamos a imaginar que el trabajo mecánico es como empujar algo para moverlo.

Supongamos que tenemos un carrito de juguete y quieren empujarlo para que avance. Al empujarlo, están haciendo un esfuerzo que lo ayuda a moverse. Ese esfuerzo, cuando realmente mueve el carrito, es lo que llamamos *trabajo mecánico* en física.

Hay tres cosas importantes que necesitamos para hacer el trabajo.

Tienen que empujar o jalar. Por ejemplo, empujar el carrito.

Si solo ponen la mano sobre el carrito y no lo mueven, no están haciendo trabajo. ¡El carrito tiene que avanzar!

Si empujan hacia adelante y el carrito se mueve hacia adelante, entonces hacen trabajo. Pero si empujan hacia abajo —como para que no se mueva—, no haces trabajo en física.

Entonces, el trabajo mecánico es el *esfuerzo que hacen para mover algo de un lugar a otro*.

Y para calcular cuánto trabajo hiciste, multiplicamos la fuerza que usaste por la distancia que moviste el objeto.

—Pero si hay que trabajar —dijo Academo—. Pero sin paga.



Hípaso se sonrió mucho y siguió.

$$W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$$

Donde:

- *W es el trabajo realizado medido en Joules (J).*
- *F es la fuerza aplicada medida en Newtons (N).*
- *d es la distancia que el objeto se mueve en la dirección de la fuerza medida en metros (m).*
- *θ es el ángulo entre la dirección de la fuerza y la dirección del movimiento.*

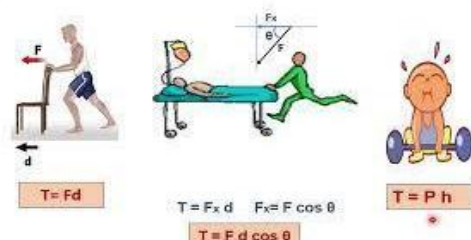
—¿Qué significa cada parte? —preguntó Pitias—.

—Bueno —señaló su esposo—.

Si empujas el objeto en la misma dirección en la que se mueve ($\theta = 0^\circ$), el trabajo es máximo, porque toda tu fuerza ayuda al movimiento.

Si empujas en una dirección diferente a la que se mueve, como hacia arriba o en ángulo, entonces solo parte de tu fuerza ayuda a moverlo en esa dirección.

Si empujas algo en un ángulo de 90° —fuerza perpendicular al movimiento—, como cuando intentas empujar una pared que no se mueve, el trabajo es nulo porque no avanzas nada.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¿Cómo se aplica esa expresión matemática? —preguntó Peleo—.

—Fácil —dijo su padre—.

Si empujas un carrito con una fuerza de 10 N a lo largo de 5 metros en la misma dirección de la fuerza, el trabajo sería:

$$W = 10 \text{ N} \times 5 \text{ m} \times \cos(0^\circ)$$

$$W = 10 \text{ N} \times 5 \text{ m} = 50 \text{ J}$$



Así que hiciste 50 Joules de trabajo. ¡Ese es el esfuerzo medido en física!

—Pero es la misma unidad de energía —apuntó Peleo—.

—¡Excelente apunte! —dijo su padre—.

—Pero ¿Qué tal si lo empujo con una fuerza diagonal?

Hípaso pensó un momento —Pero es muy sencillo. Supongamos que es 20° respecto de la horizontal.

$$W = 10 \text{ N} \times 5 \text{ m} \times \cos(20^\circ)$$

$$W = 46,984 \text{ J}$$

Podemos ver que es menor que si el empujón fuese horizontal.

Aumentemos el ángulo a 60° .

$$W = 10 \text{ N} \times 5 \text{ m} \times \cos(60^\circ)$$

$$W = 25 J$$

Es más pequeño ahora. Pero coloquemos 90° .

$$W = 10 N \times 5 m \times \cos(90^\circ)$$

$$W = 0 J$$

Podemos corroborar que cuando la fuerza es perpendicular el trabajo es nulo.

Ahora coloquemos un ángulo más grande como el 130° .

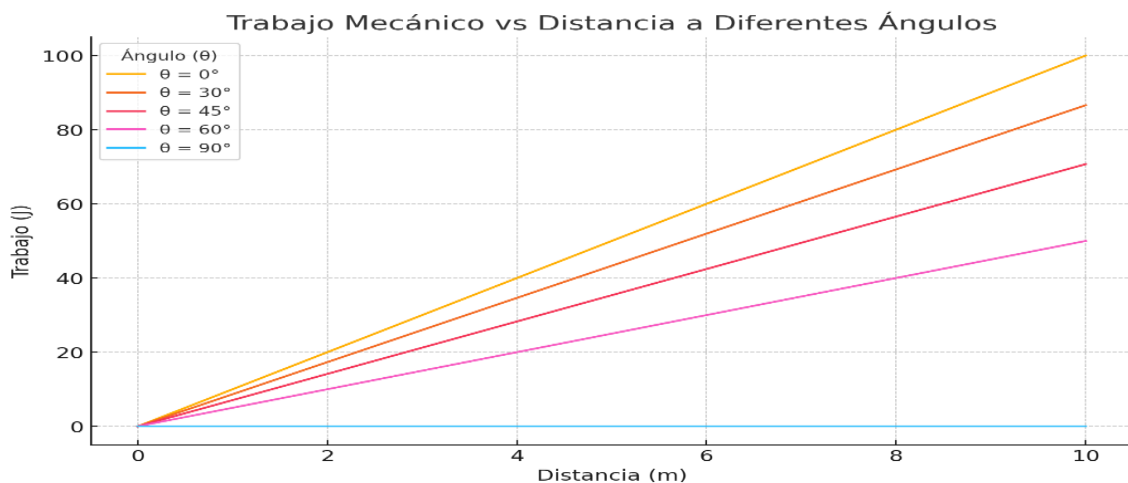
$$W = 10 N \times 5 m \times \cos(130^\circ)$$

$$W = -32,139 J$$

En este caso, el trabajo es negativo.

El trabajo y la energía tienen la misma unidad, los Joules (J), porque están muy relacionados, pues el trabajo es en realidad una forma de transferir energía. Cuando hacen trabajo sobre un objeto, por ejemplo, empujando un carrito, están aportando energía al objeto. Esa energía puede hacer que el objeto se mueva más rápido —energía cinética— o puede almacenarse en otra forma, como en un resorte comprimido —energía potencial—.

Puedo mostrarlo así:



Fuente: Serway & Jewett (2014).

Se observa que cuanto mayor es el ángulo, menor es el trabajo, y cuando el ángulo es 90° , el trabajo es cero.

En ingeniería y tecnología, el trabajo mecánico es clave para el diseño y análisis de sistemas mecánicos. Por ejemplo, al calcular el trabajo realizado por motores, poleas, y otros mecanismos, se puede optimizar su rendimiento y eficiencia. En la mecánica de máquinas, comprender el trabajo permite diseñar dispositivos que conviertan eficientemente energía en trabajo útil, como motores, bombas y generadores. El trabajo mecánico también tiene implicaciones en la sostenibilidad y el uso eficiente de la energía. Conocer cómo se realiza el trabajo ayuda a mejorar tecnologías que dependen de fuentes de energía renovables. Es importante mencionar que Leibniz desarrolló la noción de energía y el concepto de trabajo en el contexto de la mecánica. Introdujo el término trabajo, en latín, *labor* y exploró cómo se relaciona con el movimiento y la energía.



—Pero nos dijiste sobre la potencia. Explica ¿Qué tiene que ver con esto? — preguntó Acadero sin dejar de mirar la gráfica—.

—¡Claro! —dijo su padre—. Verán:

La *potencia mecánica* es una medida de qué tan rápido se realiza el trabajo. Es decir, no solo importa la cantidad de trabajo que haces, sino el tiempo que te lleva hacerlo.

La potencia mecánica se define como el trabajo dividido por el tiempo en el que se realiza.

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:

- *P es la potencia, medida en Watts (W). (Vatios)*
- *W es el trabajo, en Joules (J).*
- *t es el tiempo en segundos (s).*



Entonces, si empujan un carrito y logran moverlo 5 metros en 10 segundos, la potencia es menor que si haces el mismo trabajo en 2 segundos. En este sentido, *el*

trabajo mide la cantidad de energía transferida a un objeto. Pero, *la potencia* mide la velocidad a la que se transfiere esa energía.

—Sí, ya veo —dijo Academo—. Son cosas distintas. Danos un ejemplo, por favor.

Hípasso, pensó un momento y luego dijo:



Una grúa levanta una carga de 200 kg a una altura de 10 metros en 8 segundos. ¿Cuál es la potencia de la grúa?

Para levantar la carga, la grúa debe aplicar una fuerza suficiente para vencer el peso de la carga. La fuerza que ejerce es igual al peso del objeto, que se calcula como:

$$F = m \cdot g$$

Donde:

- $m = 200 \text{ kg}$ es la masa de la carga.
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ es la aceleración debida a la gravedad.
- El sentido de la fuerza es la misma que el desplazamiento, entonces el ángulo es cero grados.

$$F = 200 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1\,962 \text{ N}$$

Ahora el trabajo

$$W = F \cdot d$$

$$W = 1\,962 \text{ N} \cdot 10 \text{ m}$$

$$W = 19\,620 \text{ J}$$

Por último, la potencia

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{19\,620\text{ J}}{8\text{ s}}$$

$$P = 2\,452,5\text{ W}$$



Es una buena potencia de esa máquina.



—¿Sirve para cualquier motor? —preguntó Peleo—.

—Bueno —dijo su padre—. En el ámbito del transporte, la potencia es fundamental para determinar el rendimiento de un vehículo. La relación entre potencia y peso influye en la aceleración, velocidad máxima y capacidad de carga de automóviles, camiones y otros vehículos. Además, entender la potencia es esencial para gestionar el consumo de energía. Dispositivos con alta potencia pueden consumir más energía en menos tiempo, lo que tiene implicaciones en el costo operativo y la sostenibilidad. Asimismo, la potencia mecánica es relevante en el uso cotidiano de electrodomésticos y herramientas. Conocer la potencia de estos dispositivos ayuda a los consumidores a tomar decisiones informadas sobre su eficiencia e impacto en el consumo eléctrico.

—Pues sí. Pero hay más —dijo su padre—.

¿Sabían que la electricidad estática que sienten cuando tocas algo metálico en un día seco es muy similar a lo que ocurre durante una tormenta eléctrica? Cuando frotamos los pies contra una alfombra y luego tocamos una puerta



de metal, a menudo sentimos una pequeña descarga. Esto es porque hemos acumulado una carga eléctrica estática en el cuerpo, y al tocar el metal, esa carga se libera de repente.

Ahora, lo realmente sorprendente es que lo mismo ocurre a gran escala en la naturaleza durante una tormenta. Las nubes de tormenta pueden acumular cargas eléctricas, y cuando la diferencia de carga se vuelve lo suficientemente grande, se produce una descarga eléctrica masiva en forma de rayo.

—Yo lo noté esta mañana al quitarme la sábana —dijo Pitias—.

—Yo sé unos datos impactantes sobre el rayo —dijo Academo—.



- Un rayo puede alcanzar temperaturas de hasta 30 000 grados Fahrenheit —16 600 grados Celsius—, que es cinco veces más caliente que la superficie del sol. Esa increíble temperatura calienta el aire a su alrededor, creando una onda de choque que escuchamos como trueno.
- Cada segundo, se producen alrededor de 100 rayos en la Tierra. Esto equivale a aproximadamente 8,6 millones de rayos por día.
- El rayo puede viajar a una velocidad de hasta 220 000 millas por hora —354 000 kilómetros por hora—. Por eso, vemos el rayo antes de escuchar el trueno; la luz viaja mucho más rápido que el sonido.
- A pesar de que los rayos son impresionantes, el 90% de las personas que son alcanzadas por un rayo sobreviven, aunque a menudo sufren lesiones graves.



—La próxima vez que sientan electricidad estática o veas un rayo en el cielo Las nubes de tormenta pueden acumular cargas eléctricas, y cuando la diferencia de carga se vuelve lo suficientemente grande, se produce una descarga eléctrica masiva en forma de rayo.

—Yo lo noté esta mañana al quitarme la sábana —dijo Pitias—.

—Yo se unos datos impactantes sobre el rayo —dijo Academo—.

dijo Peleo Las nubes de tormenta pueden acumular cargas eléctricas, y cuando la diferencia de carga se vuelve lo suficientemente grande, se produce una descarga eléctrica masiva en forma de rayo.

—Yo lo noté esta mañana al quitarme la sábana —dijo Pitias—.

—Yo se unos datos impactantes sobre el rayo —dijo Academo—.



Recuerden que ambos fenómenos están relacionados con la misma fuerza eléctrica que se manifiesta de formas tan impresionantes. ¡Es increíble pensar en cómo la electricidad está presente en nuestra vida diaria y en la naturaleza!

—Así es dijo —Hípaso—.

Luego de muchos minutos, sin darse cuenta la electricidad se restableció con normalidad, el tiempo había pasado y no lo habían notado, porque aprender algo nuevo y fascinante distorsiona la percepción del tiempo. Pero ya no querían ver películas. Encendieron todos los electrodomésticos y salieron al frente.

—Epa, desconecta el cargador del teléfono, por favor. —Le pidió Pitias a Peleo—.

—Mamá, pero el teléfono no está conectado —dijo el joven—.

—Pero el aparatito está consumiendo energía. Le contestó su padre.

—¿Qué chirimoyas? —dijo sorprendido Academo—

Sí, el cargador del teléfono sigue consumiendo energía cuando está enchufado, aunque no tenga el teléfono conectado. Aunque el consumo es mínimo, sigue usando electricidad en lo que se llama *carga en espera* o *carga fantasma*. Esta energía es suficiente para sumarse al consumo total en la factura de electricidad, especialmente si se dejan varios cargadores y otros dispositivos enchufados de manera constante. Para evitar este consumo, se recomienda desenchufar los cargadores cuando no están en uso, ayudando a reducir ligeramente el gasto de electricidad en casa.



—No puede ser papá, yo siempre lo dejo conectado —dijo Academo—.

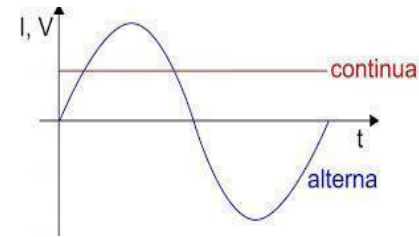
Su padre lo miró con paciencia y continuó:

En el cargador hay un transformador y otros componentes electrónicos que convierten la corriente alterna (CA) de alto voltaje de la red eléctrica en corriente continua (CC) de bajo voltaje, adecuada para el teléfono. Al estar

conectado, el circuito interno sigue activo, y aunque no hay un dispositivo que absorba toda esa energía, el transformador y otros componentes internos disipan algo de energía en forma de calor. Este fenómeno es lo que genera el consumo de electricidad, aunque el teléfono no esté conectado.



La energía que consume el cargador en espera es una forma de energía fantasma, porque está en uso sin que parezca estar haciendo nada. En física, este consumo de energía está relacionado con la *ley de conservación de la energía*, donde la electricidad que entra en el circuito del cargador no se pierde, sino que se convierte en calor. Aunque es una cantidad mínima en comparación con otros aparatos, esta energía es medible y tiene un impacto pequeño pero acumulativo en el consumo eléctrico total. Este consumo puede ser bajo —generalmente, menos de



Fuente: Generado por IA (2025).



Fuente: Autor (2025).

1 vatio—, pero si se suman varios cargadores o dispositivos en la casa que están constantemente conectados y sin uso, la cantidad total de energía desperdiciada se incrementa. Desde la física, esto muestra cómo pequeñas pérdidas pueden acumularse y tener un impacto real en el consumo energético de un hogar.

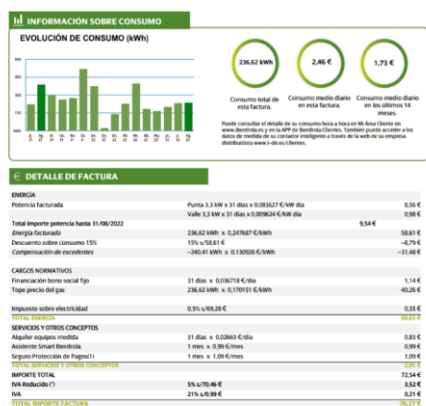
—Pero, dínos cómo sabemos lo que debemos pagar —dijo Pitias—.

Hípaso fue a buscar la factura de electricidad donde mostró que las tarifas promedio estaban alrededor de *USD 0,09 kWh* para todos los sectores.

Veamos algunas cosas:

Revisaron los electrodomésticos. La familia se da cuenta de que han usado mucho la lavadora y la refrigeradora y que suelen dejar la televisión y las luces encendidas, aunque no estén en la habitación. Cada vez que un electrodoméstico

está encendido, consume electricidad, y su uso se mide en kilovatios-hora (kWh), que es la base del cobro en la factura.



Fuente: Generado por IA (2025).

Luego en la factura vieron el costo por kilovatio-hora. Hípaso explicó que la compañía eléctrica cobra una tarifa por cada kWh usado. Es como pagar por cada litro de agua que consumes, solo que en electricidad se mide en kWh. Después de esto, hace un llamado al consumo responsable para reducir el monto, acuerdan hacer cambios. Deciden usar la televisión cuando sea necesario, apagar los electrodomésticos que no estén usando, y aprovechar más la luz natural durante el día.

Miremos la refrigeradora que consume 0,05 kW (kilovatios) cuando está encendida. Lo usamos durante 24 horas al día en un mes de 30 días. El costo de la electricidad es de \$0,09 por kWh (kilovatio-hora).

¿Cuál es el costo total de usar la refrigeradora durante el mes?

Calculemos el consumo diario en kWh

$$\text{Consumo diario} = \text{Potencia} \times \text{Horas de uso por día} = 0,05 \text{ kW} \times 24 \text{ horas} = 1,2 \text{ kWh}$$

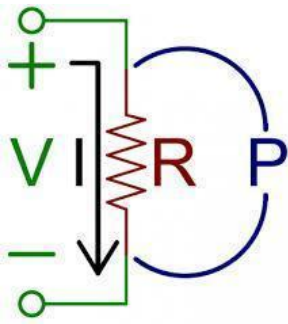
Calculemos el consumo mensual en kWh

$$\text{Consumo mensual} = \text{Consumo diario} \times \text{días de uso} = 1,2 \text{ kWh} \times 30 \text{ días} = 36 \text{ kWh}$$

Calculemos el costo mensual

$$\text{Costo mensual} = \text{Consumo} \times \text{Precio} = 36 \text{ kWh} \times 0.09 \text{ USD/kWh} = 3,24 \text{ USD}$$

El costo total de usar la refrigeradora es de \$3,24.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Parece muy fácil —dijo Peleo—.

—Lo es hijo. Pero ahora se debe calcular por cada electrodoméstico usado y el número de horas y sumamos todo. Así tendremos el costo de la factura.



—Todavía no entiendo bien eso de la potencia —dijo Peleo—. Por favor papá explica eso.

Hípasso, revisó una vez más la factura, suspiró y dijo:

La *potencia eléctrica* es una medida de qué tan rápido un dispositivo usa la energía eléctrica cuando está funcionando. Piensa en la potencia como la velocidad a la que un aparato consume electricidad para hacer su trabajo, como encender una luz, calentar una estufa o hacer funcionar un ventilador.

La potencia se mide en *vatios* (Watts) pero cuando se trata de dispositivos más grandes, en *kilovatios* (kW), donde 1 kW es igual a 1 000 W. El nombre se toma del ingeniero escocés del siglo XVIII *James Watt*. Las mejoras que realizó en la máquina de Newcomen dieron lugar a la conocida como máquina de vapor de agua, que resultaría fundamental en el desarrollo de la primera revolución industrial.

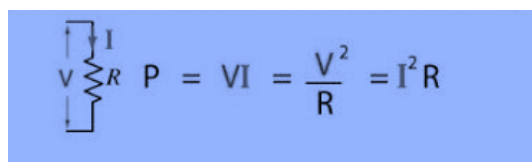


Watt, J.

Para entenderlo mejor, veamos esto:

- Si tienes esta bombilla de 60 W, significa que cada segundo que la bombilla está encendida está usando 60 vatios de energía para brillar.
- Ese microondas de 1 000 W (o 1 kW) usa mucha más energía por segundo, porque necesita calentar rápidamente la comida.

Entonces, cuanto más alta es la potencia de un dispositivo, más electricidad consume y más rápido gasta energía. Es como comparar un automóvil que va a 60




$$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R$$

km/h con uno que va a 1 000 km/h. El segundo auto usa mucha más energía para moverse tan rápido, igual que el microondas con su alta potencia.

—Pero se puede expresar en otras unidades. Agregó Hípaso.

Algunas de estas son:

- *Caballos de fuerza* (HP): Usado especialmente para motores eléctricos y de combustión. Un caballo de fuerza equivale a aproximadamente 746 W. Aunque no es tan común en aparatos eléctricos de casa, lo verás en motores de autos, herramientas y equipos grandes. En promedio un caballo tiene la potencia de un HP, aunque un caballo al inicio puede tener entre 10 y 15 HP, pero no puede mantener el ritmo y va disminuyendo su trabajo.
- 
- Fuente: Generado por IA (2025).
- *Joules por segundo* (J/s): El vatio en realidad es equivalente a 1 joule por segundo (1 W = 1 J/s). En física, esto ayuda a entender que la potencia es la cantidad de energía transferida o utilizada por segundo.
 - *BTU por hora* (BTU/h): En sistemas de calefacción y aire acondicionado, se usa mucho la BTU (Unidad Térmica Británica) para medir cuánta energía térmica se usa o se necesita por hora. 1 BTU/h equivale a aproximadamente 0,293 W.
 - *Kilovoltamperios* (kVA): En equipos industriales o comerciales, especialmente en motores y generadores, a veces se usa el kVA. Aunque es similar al kW, el kVA considera la energía aparente, que no siempre se convierte completamente en energía útil.



En casa, lo más común sigue siendo el vatio y el kilovatio, ya que son más fáciles de relacionar con el consumo de electricidad y el costo en la factura.

—Esas unidades en caballos, son raras ¿habrá en burros?

Todos soltaron las carcajadas muy fuertes por un rato. Luego Hípaso explicó:

Las unidades de *caballo de fuerza (HP)* y *caballo de vapor (CV)* vienen de la época en que los inventores querían comparar la potencia de las primeras máquinas con la fuerza que podía generar un caballo real.

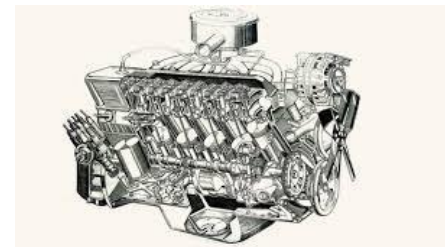


Caballo de fuerza (Horsepower, HP)

El concepto de caballo de fuerza fue creado por el ingeniero escocés James Watt. Él estaba trabajando en motores de vapor y necesitaba una forma de explicar cuán potentes eran sus máquinas para que la gente entendiera cuántos caballos reemplazaría un motor. Watt observó que, en promedio, un caballo podía dar vueltas a una rueda y levantar un peso determinado durante una jornada de trabajo. Después de varias pruebas, calculó que un caballo podía mover aproximadamente 550 libras —aproximadamente 250 kg— a una velocidad de un pie por segundo (0,3 m/s). Así definió 1 HP (caballo de fuerza) como 550 libras-pie por segundo, o en unidades del Sistema Internacional, 746 vatios (W).

Caballo de vapor (CV)

El caballo de vapor es una medida parecida, pero se desarrolló en Europa. A diferencia del HP, el caballo de vapor (CV) está basado en el sistema métrico y fue pensado para ser similar al HP, pero no es exactamente igual. Un caballo de vapor equivale aproximadamente a 735,5 W. El caballo de vapor se usa todavía en algunos países europeos para expresar la potencia de motores, aunque el caballo de fuerza sigue siendo más popular en el Reino Unido y Estados Unidos.





Ambas unidades fueron pensadas para comparar la potencia de las máquinas con la fuerza de un caballo real, pero se basan en sistemas de medida ligeramente distintos.

—Estos vatios, ¿son los mismos voltios? —preguntó Peleo—.

—Suenan igual —dijo su padre—. Pero no, no, no.

En nuestra casa usamos 120 voltios. Pero en empresas puede usarse 220 voltios.



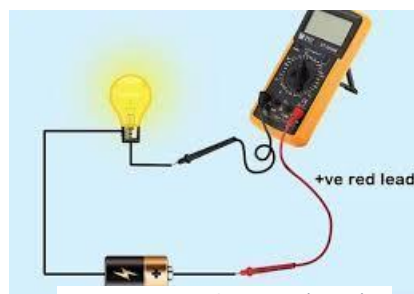
El *voltaje* es la medida de cuánta fuerza tiene la electricidad para moverse a través de un circuito. A veces, se le llama también *diferencia de potencial* y se mide en *voltios (V)*, en honor a *Volta*.

—¿El de la pila? —preguntó Pitias—.

—Así es. —

Para entenderlo mejor, pensemos en el voltaje como la presión en una tubería de agua:

Si tenemos una tubería con mucha presión, el agua fluye con fuerza. Si la presión es baja, el agua apenas se mueve. De manera similar, en un circuito eléctrico, el voltaje es lo que empuja a los electrones para que circulen por el circuito. Cuanto mayor sea el voltaje, más energía tienen los electrones para moverse de un punto a otro.



Fuente: Generado por IA (2025).



Imaginemos una pila de 1,5 voltios, como la de nuestro control remoto. Esa batería genera un voltaje de 1,5 V, que es la fuerza que empuja los electrones por el circuito del control remoto para que funcione. Si usamos una batería de 9V, como la que va en algunos juguetes, esta tiene más voltaje, lo que significa que proporciona un mayor empuje para mover la electricidad y hacer funcionar dispositivos más potentes.

Pero afecta el voltaje en un circuito.

- Alto voltaje: Significa que la electricidad tiene más energía y puede hacer funcionar aparatos grandes o más complejos —como un refrigerador o una lavadora—.
- Bajo voltaje: Significa que la electricidad tiene menos energía, suficiente para dispositivos pequeños, como el control remoto o un reloj de pared.



En resumen, el voltaje es la medida de cuánta energía está disponible para mover los electrones a través de un circuito eléctrico, y es esencial para que cualquier dispositivo eléctrico funcione. Pero también se le llama tensión eléctrica.



—Pues ya veo que tiene varios nombres, papá. Reflexionó Peleo.

—Lo de la corriente si es lo mismo. ¿cierto?

—Mmm. Pues —dijo Hípasso haciendo muecas en la cara—.



La *corriente eléctrica* es el flujo de electrones que se mueven a través de un conductor, como un cable, cuando hay un voltaje que los empuja.

En términos simples, la corriente es la cantidad de electricidad que pasa por un punto en el circuito en un tiempo determinado. Se mide en *amperios* (A), y su símbolo en fórmulas es I .



Ampere, A.

Aquí se usa el apellido del matemático y físico francés del siglo XIX *André-Marie Ampère*. Pues formuló la teoría de la electrodinámica, esencial al desarrollo del electromagnetismo, inventó el solenoide, e imaginó la primera teoría microscópica del magnetismo de materiales y una teoría del magnetismo terrestre. Él inspirado por el descubrimiento de Ørsted, estudió cómo interactúan los campos magnéticos creados por corrientes eléctricas y formuló la ley que lleva su nombre, que describe cómo se genera un campo

magnético a partir de una corriente eléctrica. Este trabajo consolidó el concepto de magnetismo generado por electricidad.

Pensemos en la corriente como el *caudal de agua en una manguera*:

Si tenemos una manguera gruesa con mucha agua fluyendo, tenemos una corriente grande, o un flujo alto. Así entonces, en un circuito, una corriente alta significa que muchos electrones están pasando por el circuito en cada segundo.



El *amperaje* es simplemente la medida de la cantidad de corriente en un circuito. Así que, cuando decimos que algo tiene un amperaje alto, significa que hay mucha corriente fluyendo por el circuito.

Usando el ejemplo de la manguera tenemos lo siguiente:

Voltaje es como la presión del agua que empuja el flujo por la manguera. Pero la corriente —o amperaje— es la cantidad de agua que realmente fluye.

En un circuito eléctrico, el voltaje empuja a los electrones para que se muevan, y el resultado de ese movimiento es la corriente, que nos dice cuántos electrones pasan por un punto en el circuito por segundo.



—A ver, a ver. Más despacio, papá —dijo Academo—.

—Bueno —dijo su padre—.

Miremos este foco de 100 W. Cuando lo conectamos a la corriente, este foco necesita un cierto flujo de electrones para funcionar correctamente. Si la corriente de nuestra casa es de 120 V, podemos calcular cuánta corriente usa el foco.

Usando la fórmula:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

Corriente (I) en Amperios.

Potencia (P) en vatios.

Voltaje (V) en voltios.

Para un foco de 100 W y 120 V:

$$I = \frac{100 \text{ W}}{120 \text{ V}}$$

$$I \approx 0,83 \text{ A}$$



Así, el foco usa 0,83 amperios de corriente para funcionar.

—A ver, mi amor —dijo Pitias—. Eso calentito en el cargador, tiene que ver con esa transformación de energía. Pero ¿cómo se transforma?



—Pues, es lo que faltaba —le dijo su esposo—. La energía eléctrica se transforma en energía térmica, porque choca contra obstáculos en el camino.

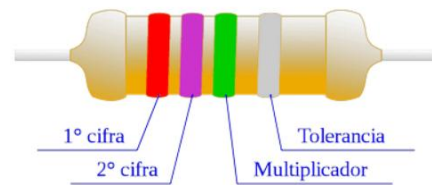
La *resistencia eléctrica* es una medida de cuánta dificultad encuentra la corriente eléctrica para moverse a través de un material o un circuito. Se mide en *ohmios* (Ω) y su símbolo en fórmulas es R.

Esta unidad de medida se debe a *Georg Simon*

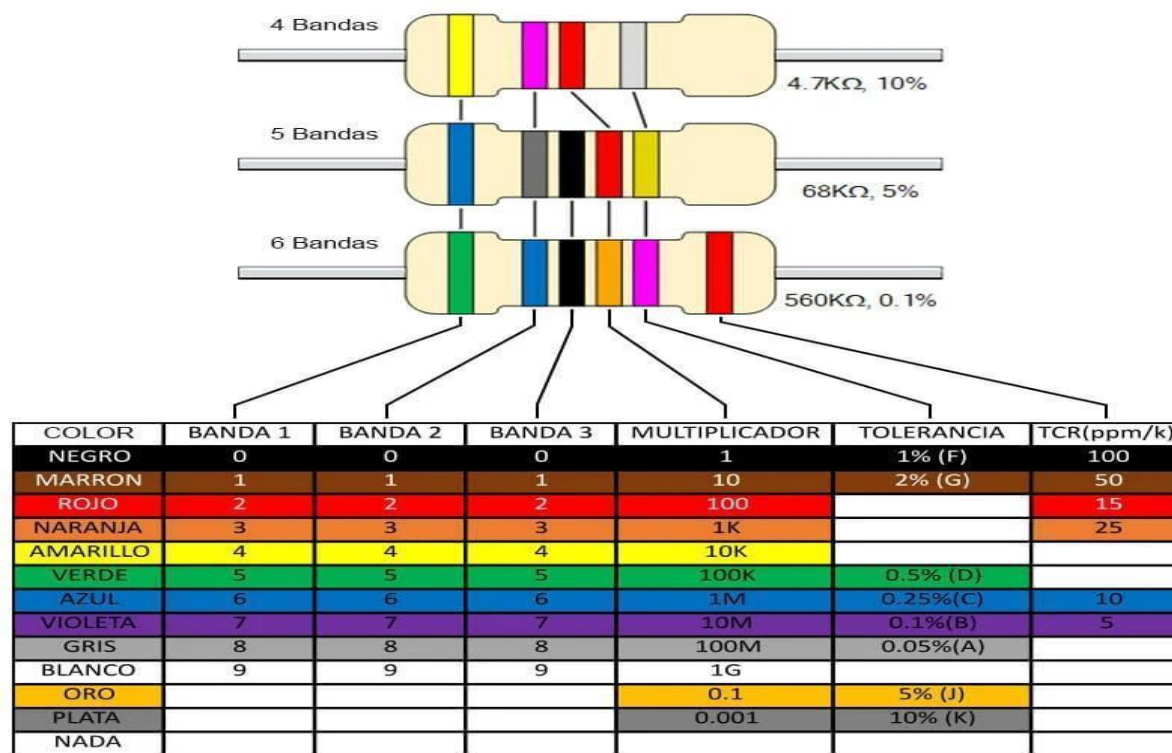


Ohm, G.

Ohm quien fue un físico y matemático alemán del siglo XIX que aportó a la teoría de la electricidad la ley de Ohm. Él fue capaz de definir la relación fundamental entre tensión eléctrica, corriente y resistencia.



Veamos un ejemplo práctico con una resistencia eléctrica.



Fuente: Brett & Suárez (2009).

El primer color nos dice que tiene un valor de **2**, el segundo de **7**, es decir **27**, y el tercer valor es por **100 000** —o añadimos 5 ceros—.

La resistencia valdrá 2 700 000 ohmios.

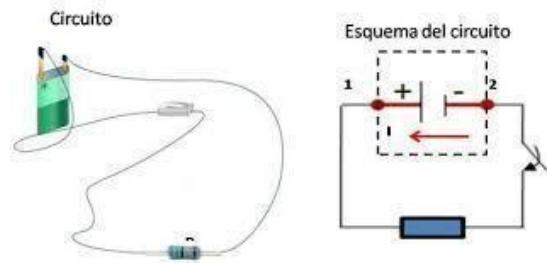
—¿Fácil no? —dijo emocionado Hípaso—. Luego continuó. ¿Cuál será su tolerancia?

Pues como es color plata es del 10%. Esa resistencia en la realidad podrá tener valores entre 2 700 000 Ω \pm el 10% de ese valor. Es decir, **270 000 Ω** si su valor oscila entre 2 970 000 Ω y 2 430 000 Ω .

Piensen en la resistencia como un obstáculo o una fricción que ralentiza el flujo de electricidad. Cuando un material tiene alta resistencia, es más difícil para los electrones moverse a través de él, por lo que la corriente que puede pasar es

menor. Si la resistencia es baja, los electrones pueden moverse más fácilmente y la corriente es mayor.

Imaginemos que tenemos la misma manguera de agua:

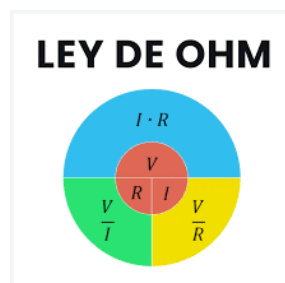


Si la manguera es estrecha o tiene piedras dentro, el agua pasa con más dificultad, lo que es similar a tener una alta resistencia en un circuito. Pero si la manguera es ancha y no tiene obstáculos, el agua fluye fácilmente, como en un circuito con baja resistencia.

La resistencia de un material depende de varios factores.

- Algunos materiales, como el cobre, tienen baja resistencia y permiten que la electricidad fluya fácilmente; estos materiales se llaman *conductores*. Otros materiales, como la goma o el vidrio, tienen alta resistencia y se llaman *aislantes*.
- Cuanto más largo es el material, mayor será la resistencia, porque los electrones tienen que atravesar una mayor distancia.
- Un conductor grueso tiene menos resistencia que uno delgado, porque hay más espacio para que los electrones se muevan.
- En muchos materiales, a mayor temperatura, mayor resistencia, porque los átomos vibran más y "estorban" el paso de los electrones.

Ley de Ohm es la relación entre voltaje (V), corriente (I) y resistencia (R)



$$V = I \cdot R$$

Esta fórmula nos permite calcular cualquiera de las tres variables si conocemos las otras dos. Por ejemplo, si tienen una resistencia alta, necesitarán un voltaje mayor para que pase la misma cantidad de corriente.

Fuente: Generado por IA (2025).

—Revisa por favor. Le pidió su esposa.

Imagina que tienes un foco con una resistencia de $240\ \Omega$ y lo conectas a una fuente de 120 V . La corriente que pasará por el foco se calcula con la fórmula de Ohm:

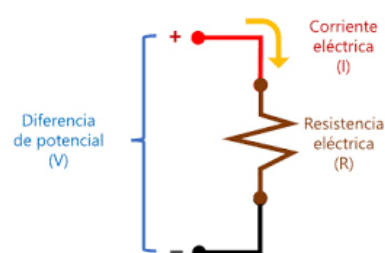
$$I = VR$$

$$I = 120\text{ V} . 240\ \Omega$$

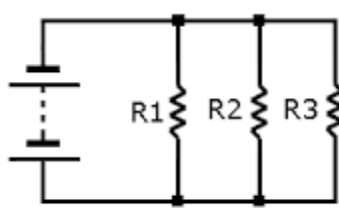
$$I = 0,5\text{ A}$$

Esto significa que el foco permitiría pasar $0,5$ amperios de corriente a través de su resistencia.

—Entonces —dijo Pitias—. La resistencia es la dificultad que los electrones encuentran al moverse por un material. Los materiales con baja resistencia dejan pasar la electricidad fácilmente, mientras que los materiales con alta resistencia restringen el flujo de electricidad.



CIRCUITO SERIE



CIRCUITO PARALELO

—Sí, pero en un circuito, hay varias.

Cuando las resistencias se conectan una tras otra, están en serie.

Fuente: Autor (2025).

- La corriente que pasa por todas las resistencias es la misma, ya que solo hay un camino para el flujo de electrones.
- Voltaje Total (V_{total}) es la suma de los voltajes en cada resistencia:

$$V_{\text{total}} = V1 + V2 + V3 + \dots V$$

- Resistencia Equivalente (R_{eq}) o la resistencia total es la suma directa de las resistencias individuales.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R$$

La resistencia equivalente es mayor que cualquiera de las resistencias individuales.

b) Cuando las resistencias están conectadas entre los mismos dos puntos, están en paralelo.

- Voltaje (V): El voltaje a través de todas las resistencias en paralelo es el mismo porque comparten los mismos terminales.
- Corriente Total (I_{total}).

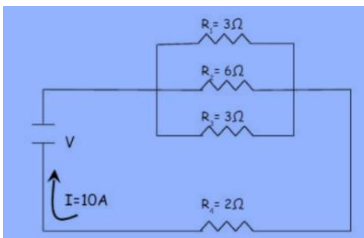
Es la suma de las corrientes en cada resistencia:

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I$$

- Resistencia Equivalente (R_{eq}).

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$$

La resistencia equivalente es siempre menor que la resistencia más pequeña en el circuito.



Veamos este circuito de resistores en Ohmios. Hallemos la resistencia equivalente o total.

Si observan es mixto, pero R_1 , R_2 y R_3 son paralelas.

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{3\Omega} \quad \frac{1}{R_{123}} = \frac{5}{6}\Omega \quad \text{esto sugiere}$$
 una inversa por lo que nos queda $R_{123} = 6/5\Omega$ o lo que es mismo $R_{123} = 1,2\Omega$

Ahora tenemos una nueva configuración donde nos quedan dos resistencias en serie.

$$R_t = R_{123} + R_4 \quad \text{así tenemos } R_t = 1,2\Omega + 2\Omega \quad \text{lo que nos da } R_t = 3,2\Omega$$

Por último, el voltaje del circuito responde a la ley de Ohm.

$$V = I \cdot R_t \quad V = 10A \cdot 3,2\Omega \quad V = 32 \text{ voltios}$$

—Está genial —dijo Academo—.

En el siglo XIX, los avances en la metalurgia y el descubrimiento de materiales como el níquel, el manganeso y las aleaciones de cromo llevaron a la creación de resistencias físicas estables. Durante el siglo XX, las resistencias comenzaron a fabricarse con materiales como el carbón y las películas metálicas, lo que las hizo más compactas y confiables. Las primeras resistencias comerciales fueron introducidas como componentes individuales en los primeros circuitos electrónicos. Empresas como *Allen-Bradley* y *Vishay* desarrollaron resistencias de película de carbono y metal, que son ampliamente utilizadas hoy.

Pero no es tan sencillo porque la ley de Ohm no basta para explicar la corriente circulando. Para eso ayudan las *leyes de Kirchhoff*, estos son principios fundamentales en el análisis de circuitos eléctricos. Establecidas por Gustav Kirchhoff, quien fue un físico prusiano, cuyas principales contribuciones científicas se centraron en los campos de los circuitos eléctricos, la teoría de placas, la óptica, la espectroscopia y la emisión de radiación del cuerpo negro. en el siglo XIX. Se utilizan para resolver circuitos complejos, especialmente aquellos con múltiples ramas y mallas.



Kirchhoff, G.

Estas leyes son:

Ley de las corrientes de Kirchhoff (LCK) o Primera Ley

Esta ley se basa en el principio de conservación de la carga eléctrica. En un nodo —un punto de conexión en un circuito—, no puede acumularse carga; por lo tanto, toda la corriente que entra debe salir. La suma de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen del nodo.

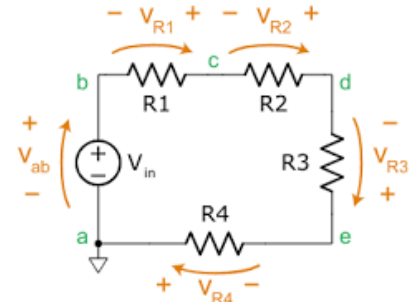
Ley de las tensiones de Kirchhoff (LTK) o Segunda Ley

Esta ley se basa en el principio de conservación de la energía. La energía proporcionada por las fuentes —como baterías— en un circuito cerrado se utiliza completamente en los elementos del circuito, como resistencias, condensadores, etc. En cualquier malla cerrada de un circuito, la suma algebraica de las diferencias de potencial —tensiones— es igual a cero.

—Pero esto sí es importante —dijo incrédulo Peleo—.

—Hípaso se sonrió y dijo —Todas las leyes son importantes. Algunas cosas que puedo decir son:

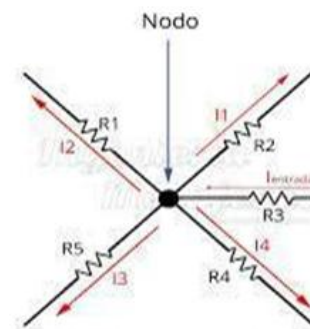
- Resolución de circuitos complejos: Permiten analizar circuitos con varias fuentes y ramas, donde no es práctico usar métodos simples como la Ley de Ohm.
- Diseño de sistemas eléctricos: Son esenciales para diseñar y optimizar sistemas eléctricos en electrónica, telecomunicaciones y redes de energía.
- Modelado de sistemas reales: Ayudan a modelar circuitos en aplicaciones prácticas, como sistemas de distribución eléctrica y dispositivos electrónicos.
- Base para análisis avanzado: Son la base para métodos más complejos como el análisis nodal y de mallas.



—¿Y se usan? —cuestionó Academo—.

—Hípaso se rascó la cabeza y dijo —algunas aplicaciones prácticas son:

- Electrónica: En dispositivos como computadoras, teléfonos y electrodomésticos.
- Ingeniería eléctrica: Diseño de redes de distribución de energía.
- Automoción: Análisis de sistemas eléctricos en vehículos.
- Telecomunicaciones: Diseño de circuitos en sistemas de transmisión de señales.

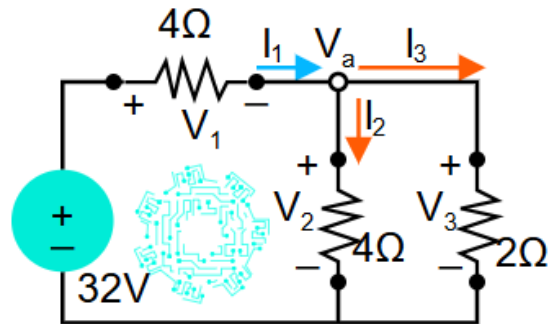


Fuente: Autor (2025).

Academio reflexionó un poco, notó que era más complejo que la ley de Ohm intentaba comprender esto, pero no lo lograba. —Danos un buen ejemplo, por favor.

—Por supuesto que sí —dijo su padre—. Déjenme ver.

En referencia al circuito de la figura, hallemos las corrientes I_1 , I_2 e I_3 así como las tensiones V_1 , V_2 y V_3 .



Fuente: Autor (2025).

Para hallar las corrientes, primero se aplica la ley de Ohm.

$$V_1 = 4I_1$$

$$V_2 = 4I_2$$

$$V_3 = 2I_3$$

Por consiguiente, se aplica la ley de corriente de Kirchhoff en el nodo V_a :

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Luego obtenemos las ecuaciones de I_1 , I_2 e I_3 con la ley de ohm, considerando un diferencial de potencial. Para este caso se emplea el uso de la dirección de las flechas para indicar $V_x - V_y$, correspondiente a "inicio de la flecha" - "fin de la flecha".

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{32 - V_a}{4} \\ I_2 &= \frac{V_a - V_{GND}}{4} \\ I_3 &= \frac{V_a - V_{GND}}{2} \end{aligned}$$

Las ecuaciones se pueden simplificar más ya que $V_{GND} = 0$.

$$I_1 = \frac{32 - V_a}{4}$$

$$I_2 = \frac{V_a}{4}$$

$$I_3 = \frac{V_a}{2}$$

Ahora debemos sustituir las anteriores ecuaciones en:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$\frac{32 - V_a}{4} - \frac{V_a}{4} - \frac{V_a}{2} = 0$$

Resolviendo la anterior ecuación para obtener V_a :

Una vez que se obtiene la tensión en el nodo V_a , se prosigue a sustituir este valor en las ecuaciones obtenidas por ley de Ohm para conocer los valores de las corrientes que entran y salen del nodo, así:

$$I_1 = \frac{32 - V_a}{4} = \frac{32 - 8}{4} = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_a}{4} = \frac{8}{4} = 2 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_a}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ A}$$

$$\frac{32 - V_a}{4} = \frac{V_a}{4} + \frac{V_a}{2}$$

$$\frac{32 - V_a}{4} = \frac{3V_a}{4}$$

$$32 - V_a = \frac{3V_a}{4} \quad (4)$$

$$32 - V_a = 3V_a$$

$$32 = 3V_a + V_a$$

$$32 = 4V_a$$

$$V_a = \frac{32}{4} = 8 \text{ V}$$

De acuerdo con las corrientes obtenidas, se corrobora que la suma de las corrientes que entran $I_1 - I_2 - I_3 = 0$ o salen del nodo es cero.

$$6 - 2 - 4 = 0$$

Aplicando la ley de Ohm se obtienen los voltajes en las diferentes resistencias.

$$V_1 = 4I_1 = 4(6) = 24 \text{ V}$$

$$V_2 = 4I_2 = 4(2) = 8 \text{ V}$$

$$V_3 = 2I_3 = 2(4) = 8 \text{ V}$$

—Aquí sí hay matemáticas —dijo Academo—.

—¡Qué resistentes! —dijo bromeando Peleo—.

—Pero, eso de los campos magnéticos. ¿Tiene aplicaciones? —preguntó intrigado Academo—.

Pitias y su marido se miraron, como dándose permiso de responder. Pero estaba claro quién debía hacerlo.

Entonces Hípaso pensó un momento, pensó en algo alucinante, algo realmente importante para ellos. Y dijo:

Los trenes de levitación magnética flotan sobre la vía sin tocarla.



—¿Como los de Japón? —preguntó Academo—.

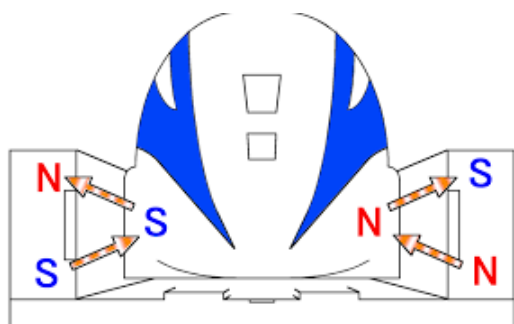
—Sí, pero este es chino —aclaró Pitias—.

Hípaso continuó:



Bueno, este tren puede moverse a altas velocidades gracias a la interacción entre la electricidad y el magnetismo.

—¿Cómo funciona? —preguntó Peleo—.



Fuente: Generado por IA (2025).

—¡Excelente pregunta! —dijo su padre—.

Es un poco complicado todo el proceso, pero cuando una corriente eléctrica pasa a través de las bobinas de la vía, genera un campo magnético. Este campo magnético interactúa con el tren, creando una fuerza de repulsión o atracción que lo mantiene suspendido. Al

variar la corriente, se ajusta el campo magnético y se puede mover el tren a lo largo de la vía. Las propiedades magnéticas son más acusadas en los extremos del imán, que se denominan polos magnéticos, polo Norte (N) y polo Sur (S). Del mismo modo que cargas eléctricas del mismo signo se repelen y de distinto se atraen, imanes que se acercan por polos iguales se repelen y si se acercan por polos opuestos se atraen.

Es imposible aislar un único polo magnético, de modo que, si un imán se parte en dos, en cada trozo vuelve a haber un polo Norte y uno Sur.

—¿Pero usa imanes? —preguntó Peleo—.

Su padre, lo miró con entusiasmo y le dijo:

El *magnetismo* es la fuerza que hace que ciertos objetos se atraigan o se repelan, como pasa con los imanes.

Se conoce como imán a un cuerpo de cualquier material capaz de producir un campo magnético y atraer hacia sí o ser atraído hacia otro imán o hacia cualquier otro cuerpo de hierro, cobalto u otros metales ferromagnéticos. Es un material con propiedades ferromagnéticas naturales o artificiales, que generan un campo magnético continuo.

Los imanes son algunas de las primeras manifestaciones que el ser humano descubrió el magnetismo, conocido desde la antigüedad clásica pero comprendido recién en el siglo XIX, cuando se supo que la mayoría de los elementos y compuestos conocidos demostraban un cierto nivel de magnetismo.

Existen tres tipos de imanes, clasificados de acuerdo con su naturaleza en:

- *Imanes naturales*. Compuestos generalmente por mezclas de magnetita (ferrofelita o morpholita, compuesta por óxidos férricos) y otros minerales terrestres, poseen naturalmente propiedades magnéticas. Los principales yacimientos de magnetita se hallan en Suecia (Falun, provincia de Dalarna), Noruega (Arendal), Francia (Plestin-les-Grèves, Bretaña) y Portugal (Sao Bartolomé, Nazaré).
- *Imanes artificiales permanentes*. Materiales sensibles al magnetismo que, tras ser frotados con magnetita, replican sus propiedades ferromagnéticas durante un largo período de tiempo hasta eventualmente perderlas.
- *Imanes artificiales temporales*. Materiales sensibles al magnetismo que, tras ser frotados con magnetita, replican sus propiedades ferromagnéticas, solo que por un período muy breve de tiempo.

- *Electroimanes*. Son bobinas de alambre que se enrollan alrededor de un núcleo magnético hecho de un material ferromagnético como el hierro. Por las bobinas circula electricidad, generando un campo eléctrico y magnético a su alrededor. El núcleo magnético de hierro concentra el flujo magnético y hace un imán más potente. Este fenómeno dura únicamente mientras circule la electricidad.

Piensen en cuando acercan dos imanes: si los ponen en la posición correcta se pegan; si no, se repelen y es difícil juntarlos. Esta fuerza es el magnetismo. Ahora, el magnetismo no solo se da en los imanes. También se genera con la electricidad. Cuando la electricidad pasa por un cable, crea un campo magnético a su alrededor. Por eso, los motores, los parlantes y otros aparatos funcionan, aprovechando el magnetismo que surge de la electricidad. Así que el magnetismo es clave para hacer que muchas cosas electrónicas se muevan o suenen.



Otro ejemplo genial es el *encefalograma magnético* o resonancia magnética, que se usa en medicina para ver el interior del cuerpo sin cirugía. Este aparato usa campos magnéticos muy potentes para ver, sin los ojitos, a los tejidos y órganos en gran detalle. Así cuando una persona entra en el escáner de resonancia magnética, los átomos de hidrógeno en su cuerpo, que son magnéticos en cierto modo, reaccionan al campo magnético del aparato. Luego, la máquina usa ondas de radio para hacer que esos átomos respondan, y a partir de esa respuesta, puede crear imágenes detalladas de cosas como el cerebro o el corazón. Es como ver dentro del cuerpo solo con magnetismo y ondas, sin cortar nada.

El *campo magnético* es una región del espacio donde una fuerza magnética actúa sobre partículas cargadas en movimiento o materiales magnéticos. Se mide en teslas (T) y se representa con la letra B.

—Danos un sencillito ejemplo para entender esto —dijo Academo—.

—Claro que sí hijo —dijo su padre—.

Un conductor recto largo transporta una corriente de $I=5\text{ A}$. Calcula el campo magnético a una distancia de $r=0,02\text{ m}$ del conductor.



Fuente: Generado por IA (2025).

La intensidad del campo magnético producido por un conductor recto que lleva una corriente se calcula con la Ley de Biot-Savart o de forma simplificada mediante:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

Donde:

- $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{ T.m/A}$: Permeabilidad del vacío.
- I : Corriente en el conductor (en amperios, A).
- r : Distancia perpendicular desde el conductor al punto donde se mide el campo (en metros, m).

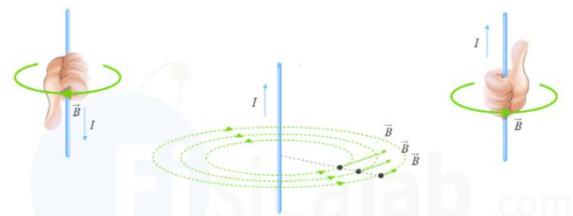


$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m/A} \cdot 5\text{ A}}{2\pi \cdot 0,02\text{ m}}$$

$$B = 5 \times 10^{-5}\text{ T}$$

El campo magnético disminuye al aumentar la distancia (r) del conductor, ya que son inversamente proporcionales.

La dirección del campo magnético se determina mediante la regla de la mano derecha: Si el pulgar apunta en la dirección de la corriente (I), los dedos rodean el conductor en la dirección del campo magnético (B).



Las líneas de campo creadas por este tipo de corriente son circunferencias concéntricas al conductor y perpendiculares a él. Esto implica que la dirección del campo magnético sea tangente a ellas en cada punto y su sentido viene dado por la regla de la mano derecha. La regla de la mano derecha determina que, si usamos el pulgar de dicha mano para indicar el sentido de la intensidad de corriente, el resto de los dedos nos indicará el sentido del campo magnético.



Pero, al contrario que en los campos eléctricos, una partícula cargada que se encuentre en reposo en el interior de un campo magnético no sufre la acción de ninguna fuerza. Otro caso bien distinto se produce cuando la partícula se encuentre en movimiento, ya que, por el contrario, en este caso, la partícula sí que experimentará la acción de una fuerza magnética que recibe el nombre de *fuerza de Lorentz*.

—Supongo que como el físico que nos dijiste —dijo Academo—.

—Pues, sí —dijo su padre—.

Hendrik Lorentz derivó la forma moderna de la fórmula de la fuerza electromagnética que incluye las contribuciones a la fuerza total de los campos eléctrico y magnético. Lorentz comenzó abandonando las descripciones Maxwellianas del éter y la conducción. En su lugar, Lorentz hizo una distinción entre la materia y el éter e intentó aplicar las ecuaciones de Maxwell a escala microscópica. Utilizando la versión de Heaviside de las ecuaciones de Maxwell para un éter estacionario y aplicando la *mecánica Lagrangiana*, Lorentz llegó a la forma correcta y completa de la ley de fuerza que ahora lleva su nombre.

$$F = q \cdot v \cdot B$$

Donde:

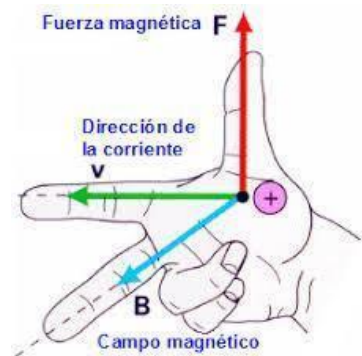
F : es la fuerza magnética en Newton.

q : es la carga en culombios.

V : es la velocidad en m/s.

B : es el campo magnético en Teslas.

Es posible determinar la dirección y sentido de la fuerza de Lorentz aplicando *la regla de la mano derecha*. Para ello sitúa tu mano derecha de tal forma que tu dedo índice coincida con la dirección y sentido del vector velocidad, el medio —o corazón— coincida con la dirección y sentido del campo magnético. Si la carga es positiva, tu dedo pulgar estará indicando la dirección y sentido de dicha fuerza. Si es negativa estará indicando su dirección, aunque el sentido será el contrario del que marca tu pulgar.



Fuente: Generado por IA (2025).

Según la expresión de la ley de Lorentz la fuerza de Lorentz será:

- Nula
 - Si la partícula no posee carga. $q = 0$ entonces $F = 0$.
 - Si la partícula está en reposo. $v = 0$ entonces $F = 0$.
 - Si la velocidad de la partícula es paralela al campo. $F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin 0$ entonces $F = 0$
- Máxima. Si v y B son perpendiculares ($\alpha = 90^\circ$) entonces:

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin 90 = |q| \cdot v \cdot B.$$



ciclotrón.

La aplicación de la ley de Lorentz ha servido para construir distintos tipos de dispositivos que han sido esenciales para comprender la naturaleza de la materia, e incluso para nuestros momentos de ocio. Entre ellos, podemos destacar el selector de velocidades, el espectrómetro de masas o el

—Ciclo, ¿qué? —preguntó confundido Peleo—.

—¡Ciclotrón! —dijo Pitias—.

—Gracias, mi amor.

Un acelerador de partículas basado en el uso de campos magnéticos que fue inventado en 1932 por el físico norteamericano Ernest O. Lawrence. La idea de este dispositivo es la de acelerar protones hasta obtener velocidades muy elevadas con la finalidad de bombardear otros núcleos atómicos y provocar reacciones nucleares que nos proporcionen información sobre la estructura de dichos núcleos.



Lawrence, E.



Sin embargo, ahora hay aceleradores de partículas de varios kilómetros construidos bajo tierra. En concreto en Europa se encuentran el LEP (Large Electron positron collider) actualmente sustituido por el LHC (Large Hadron Collider) o el SPS (Super Sincrotrón de Protones) del CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) en Suiza, mientras que en Estados Unidos se encuentran otros como el FermiLab (en honor al físico Enrico Fermi) y SLAC (Stanford Linear Accelerator Center).

—Eso de los polos —dijo Peleo—. Todavía no lo entiendo.

—Es normal, pero déjame explicarlo de forma sencilla —dijo su padre—.

Los polos magnéticos son las áreas en la superficie de la Tierra donde las líneas del campo magnético terrestre se concentran y entran o salen verticalmente.

- *No coinciden con los polos geográficos.*
- *Cambian con el tiempo debido al movimiento del núcleo terrestre, un fenómeno conocido como deriva polar.*
- *Actualmente, el polo magnético norte está cerca de Canadá, mientras que el polo magnético sur está frente a la costa de la Antártida.*



Son relevantes para la navegación con brújulas, ya que estas apuntan hacia el polo magnético norte y no exactamente hacia el polo geográfico norte.

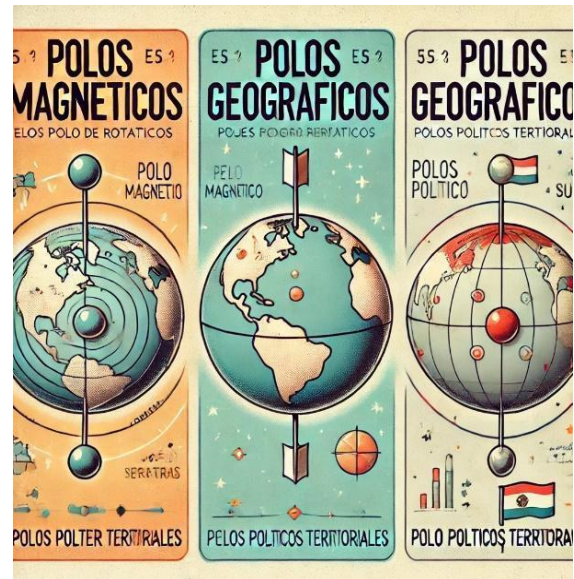
Los polos geográficos son los puntos extremos del eje de rotación de la Tierra, el polo norte geográfico y el polo sur geográfico.

- *Están fijos en la superficie terrestre.*
- *El polo norte geográfico está en el Océano Ártico (cubierto de hielo), y el polo sur geográfico está en el continente antártico.*

Son los puntos de referencia para los sistemas de coordenadas geográficas (latitud y longitud). Y representan la orientación física del planeta en el espacio.

Polos políticos territoriales son puntos o regiones clave dentro de un territorio que tienen relevancia política, económica, social o cultural.

- *Una capital de un país —como Washington D.C. o Ciudad de México— puede ser considerada un polo político por su concentración de instituciones de gobierno y toma de decisiones.*
- *Un lugar estratégico militar o económico también puede ser llamado un "polo político".*



Estos polos marcan el poder y la organización territorial, y su ubicación suele influir en la administración de un país o región.

—Ah, ¡Qué fácil! —dijeron los jóvenes—.

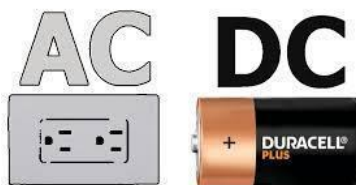
—¡La idea de usar el magnetismo para ver a través de alguien sin tocarlo es alucinante! —dijo Academo—. —Mmm —dijo Hípaso—.

En el contexto de la energía sostenible, el conocimiento sobre la corriente es esencial para entender cómo funcionan los sistemas de energía renovable, como paneles solares y turbinas eólicas, que generan electricidad a partir de fuentes naturales. La comprensión de la corriente es fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías, como la electrónica, la computación y las telecomunicaciones. Estas tecnologías dependen de circuitos eléctricos y componentes que utilizan corriente para funcionar.

—Pero, la corriente es peligrosa ¿Puede matar a una persona?



—Es una pregunta muy, pero que muy interesante. Reflexiona su padre. Veamos esto con cuidado. En realidad, lo que nos mata es el amperaje, es decir, la corriente, no el voltaje.



Sin embargo, ambos están relacionados. Voltaje es la fuerza que empuja a los electrones para moverse, mientras que amperaje o corriente es la cantidad de electrones que realmente pasan por el cuerpo en un tiempo determinado. Aunque el voltaje es necesario para que haya una corriente, si el amperaje es bajo, generalmente no es peligroso. Pero, si una corriente suficiente pasa a través del cuerpo, puede causar daños graves o incluso ser mortal. Para que el amperaje sea mortal, el voltaje debe ser lo suficientemente alto como para superar la resistencia del cuerpo. Se dice que tan solo *0,1 amperios* (100 miliamperios) que pasen a través del corazón pueden ser mortales. Por eso, aunque el voltaje es importante, la cantidad de corriente que realmente pasa es lo que determina el riesgo.



Además, hubo una guerra muy especial en la década de 1880, llamada *La Guerra de las Corrientes* fue una intensa rivalidad entre *Nikola Tesla* y *Thomas Edison* para determinar cuál sistema de electricidad sería el dominante en el mundo. Edison apoyaba la *corriente continua* (CC), mientras que Tesla defendía la *corriente alterna* (CA). La disputa no solo era técnica, sino también

económica y política, ya que ambos querían ganar contratos y controlar la infraestructura eléctrica de Estados Unidos y otros países.



Así las cosas, Edison, quien ya era famoso por inventos como la bombilla eléctrica, promovía la corriente continua. La CC implica que la electricidad fluye en una sola dirección, como el flujo constante de agua en una tubería.

Este sistema tiene el problema de que pierde mucha energía a largas distancias, lo que significa que se necesitan generadores cada pocos kilómetros para mantener el flujo eléctrico. Edison tenía intereses económicos importantes en la CC, ya que había invertido en infraestructura para este sistema.

Por otro lado, Tesla, el brillante ingeniero serbio, desarrolló un sistema basado en corriente alterna, que cambia de dirección varias veces por segundo. La ventaja de la CA es que puede aumentar o disminuir su voltaje mediante transformadores, lo que permite que la electricidad viaje a largas distancias con menos pérdida de energía. Tesla había trabajado brevemente para Edison, pero se separaron por conflictos laborales y diferencias técnicas. Más tarde, *George Westinghouse*, un empresario visionario, apoyó a Tesla y compró sus patentes para CA.

A medida que el sistema de CA comenzó a ganar popularidad, Edison lanzó una campaña de desprestigio para desacreditarlo. Alegaba que la CA era extremadamente peligrosa y que su uso pondría en riesgo la vida de la gente. Para demostrarlo, Edison organizó demostraciones públicas en las que usaba corriente alterna para electrocutar animales, buscando que el público asociara CA con un poder mortal. Edison también impulsó la idea de usar corriente alterna para alimentar la silla eléctrica, el nuevo método de ejecución en Nueva York, con la intención de que la gente relacionara la CA con la muerte y el peligro. La primera ejecución en silla eléctrica, de hecho, fue desastrosa, porque el condenado *William Kemmler* sufrió una muerte lenta y dolorosa, lo cual generó aún más controversia y atención pública.



A pesar de los intentos de Edison, la corriente alterna de Tesla y Westinghouse resultó ser la opción

Fuente: Generado por IA (2025).

más eficiente para el transporte de electricidad a larga distancia. La victoria de Tesla y Westinghouse fue sellada cuando lograron el contrato para iluminar la *Feria Mundial de Chicago* en 1893. Poco después, el sistema de CA fue elegido para la monumental central hidroeléctrica en las Cataratas del Niágara, consolidando la corriente alterna como el estándar mundial.



Hoy, gracias a Tesla, el mundo usa corriente alterna para la mayoría de la distribución eléctrica. Aunque Edison contribuyó enormemente a la tecnología, su resistencia a la CA demostró cómo intereses económicos pueden afectar las decisiones tecnológicas. La Guerra de las Corrientes fue una de las primeras batallas por el control de una tecnología crucial, y dejó una gran lección sobre innovación y resistencia al cambio.

—Parece que tesla ganó —dijo Academo—.

—Al menos se salió con la suya —dijo su padre—. Y sus frutos ahora los disfrutamos, porque la electricidad tiene muchas aplicaciones y los circuitos son la una forma.

Academo agitó las manos y dijo —Eso me interesa.

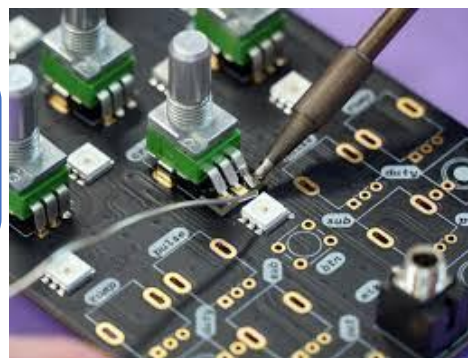
—Explícanos eso papá —dijo Peleo—.

Hípaso trató de calmarlos un poco.

Un *circuito* es un conjunto de elementos conectados de manera que permiten el flujo de corriente eléctrica.

Está formado por componentes eléctricos o electrónicos como resistencias, condensadores, interruptores, fuentes de alimentación, y cables conductores que establecen un camino cerrado para la electricidad.

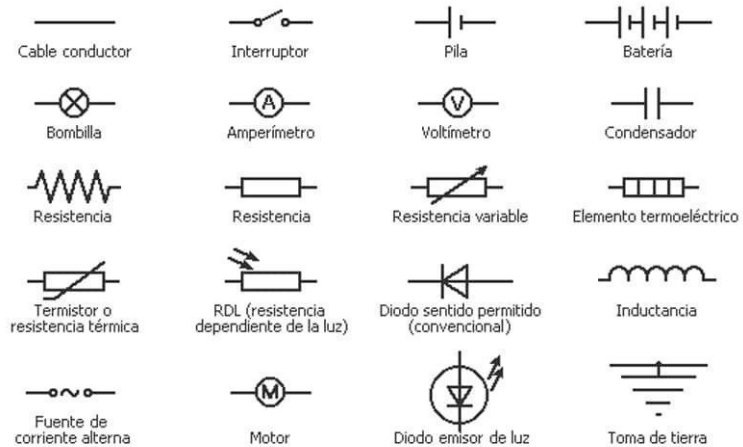
Según el tipo de corriente tenemos el circuito de corriente continua (CC), en este caso,



la corriente fluye en una sola dirección, como en sistemas alimentados por baterías. Por ejemplo una linterna portátil. Por otro lado, está el circuito de corriente alterna (CA), donde la corriente cambia de dirección periódicamente, como en la red eléctrica de los hogares. Por ejemplo, los electrodomésticos conectados a la toma de corriente.

Pero hay algunos tipos de circuitos.

- Circuitos eléctricos: Utilizan componentes pasivos como resistencias y fuentes de alimentación para controlar el flujo de corriente. Ejemplo: Sistemas de distribución de energía eléctrica.



Fuente: Brett & Suárez (2009).

- Circuitos electrónicos: Incluyen componentes activos como transistores, diodos o microprocesadores. Se usan para procesar señales y realizar tareas complejas. Ejemplo: Placas base de computadoras.
- Circuitos digitales: Funcionan con señales discretas (binarias: 0 y 1). Ejemplo: Chips en dispositivos electrónicos.
- Circuitos analógicos: Procesan señales continuas. Ejemplo: Amplificadores de audio.

Un circuito es un sistema esencial que soporta la infraestructura energética y tecnológica moderna. Desde tareas simples como encender una lámpara hasta procesar grandes cantidades de datos en supercomputadoras, los circuitos son el núcleo de la electrónica y la electricidad.

—Son muchos elementos, papá —dijo Peleo—.

—La verdad es que sí. Reflexiona sorprendido Hípaso. Son demasiados elementos que debemos nombrar para disfrutar de la energía eléctrica y magnética. Sin embargo, me gustaría nombrar otros más.

Un generador eléctrico es una máquina que convierte energía mecánica en energía eléctrica a través del principio de inducción electromagnética. Esto se logra moviendo un conductor dentro de un campo magnético.

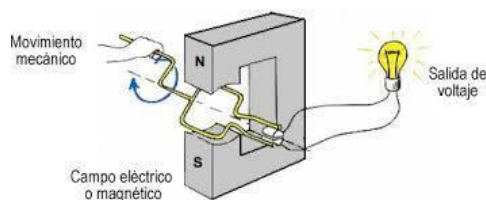
Su funcionamiento se basa en.

- Inducción Electromagnética: Según la Ley de Faraday, cuando un conductor se mueve en un campo magnético variable, se induce una corriente eléctrica en él.
- Componentes Principales:
 - Rotor: Parte móvil que genera el campo magnético o es inducida por él.
 - Estator: Parte fija donde se inducen las corrientes eléctricas.
 - Sistema de excitación: Proporciona el campo magnético inicial.
- Proceso:
 - Una fuente externa —como un motor o turbina— gira el rotor.
 - El movimiento relativo entre el rotor y el estator genera una corriente eléctrica en el estator.



Hay básicamente dos tipos de Generadores:

- Generadores de Corriente Alterna (CA):
 - Generadores síncronos: Utilizados en centrales eléctricas.



- Generadores asincrónicos o de inducción: Frecuentes en turbinas eólicas.
- Generadores de Corriente Continua (CC):
 - Usados en aplicaciones específicas como locomotoras o sistemas de carga.

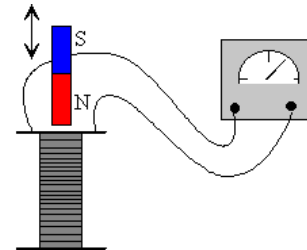


Un *dinamo* es un generador eléctrico que convierte energía mecánica en energía eléctrica, específicamente en corriente continua (CC). Fue uno de los primeros dispositivos que permitió la generación práctica de electricidad para uso comercial.

Un transformador es un dispositivo que transfiere energía eléctrica entre dos o más circuitos a través de un campo magnético, modificando los niveles de voltaje y corriente según sea necesario.

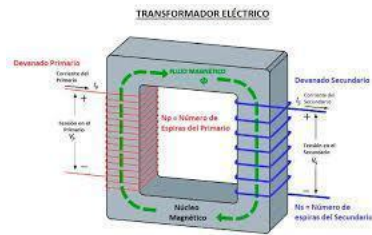
Su funcionamiento se basa en:

- Ley de Inducción Electromagnética: Cuando una corriente alterna fluye por la bobina primaria, genera un campo magnético variable.
- Componentes:
 - Bobina Primaria: Conectada a la fuente de energía.
 - Bobina Secundaria: Conectada a la carga.
 - Núcleo Magnético: Concentra el flujo magnético y mejora la eficiencia.
- Relación de Transformación:



La relación entre las vueltas de las bobinas determina si el voltaje aumenta (elevador) o disminuye (reductor).

Los transformadores permiten el transporte eficiente de energía eléctrica, minimizando pérdidas y adaptando el voltaje a diferentes necesidades, desde



grandes sistemas eléctricos hasta dispositivos electrónicos. Los generadores eléctricos son esenciales para el suministro de energía eléctrica, desde grandes centrales eléctricas hasta generadores portátiles para emergencias o áreas remotas.

La *inducción electromagnética* es un fenómeno físico en el que una corriente eléctrica es generada en un conductor debido a un cambio en el campo magnético que lo rodea.

Este principio es fundamental para el funcionamiento de generadores eléctricos, transformadores, dinamos, y otros dispositivos electromagnéticos.



Una aclaración importante:

kVA (kilovoltios-amperios)

- Es una unidad de potencia aparente.
- Se usa para medir la capacidad de carga de un sistema eléctrico, como transformadores o generadores.
- Incluye tanto la potencia útil (activa) como la potencia que no se convierte en trabajo útil (reactiva).
- No indica consumo de energía, sino cuánta potencia puede manejar un sistema en un momento dado.

Un buen ejemplo es un generador de 100 kVA puede entregar hasta 100 kilovoltios-amperios de potencia.

kWh (kilovatios-hora)

- Es una unidad de energía.
- Mide cuánta energía eléctrica se consume o se genera durante un período de tiempo.
- 1 kWh = usar 1 kW durante 1 hora.

Un buen ejemplo de esto es que, si usan un aire acondicionado de 2 kW durante 3 horas, consumen 6 kWh.

El concepto de inducción fue descubierto por *Faraday* y se describe mediante la *Ley de Faraday de la Inducción Electromagnética*, que establece:

El voltaje inducido en un conductor es proporcional a la rapidez con que cambia el flujo magnético a través de él.

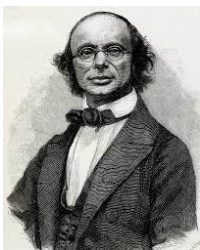
$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

Flujo Magnético (Φ \Phi):

- *Representa la cantidad de campo magnético que atraviesa una superficie.*
- *Se mide en Webers (Wb)*

Donde:

- *B: Densidad del campo magnético (en Teslas, T).*
- *A: Área del conductor (metros cuadrados).*
- *θ : Ángulo entre el campo magnético y la superficie (en grados).*

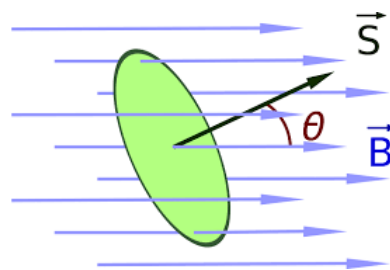


Weber, W.

Wilhelm Eduard Weber fue un físico alemán del siglo XIX. Las contribuciones de Weber fueron fundamentales para dar forma a los campos del electromagnetismo, la metrología y la aplicación de los principios científicos a la tecnología. Sus colaboraciones con Gauss influyeron especialmente en la comprensión y aplicación de la electricidad y el magnetismo en el siglo XIX. Junto con Gauss fue inventor del primer *telégrafo electromagnético*.

Un flujo magnético variable —por movimiento o cambios en el campo magnético— es lo que induce la corriente eléctrica. Por otro lado, la fuerza electromotriz inducida (FEM) es la tensión o voltaje generado, calculado como:

$$\text{FEM} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

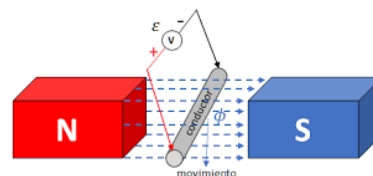


La Ley de Lenz explica la dirección de la corriente inducida:

La corriente inducida se genera de tal manera que el campo magnético resultante se opone al cambio que la produjo.

Esto significa que el sistema resiste los cambios en el flujo magnético.

—Danos un ejemplo sobre el flujo, papá. Pidió Academo.



—¡Claro que sí! Déjame pensar.

Un circuito rectangular de $5\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ se encuentra dentro de un campo magnético uniforme de $0,2\text{ T}$. El plano del circuito es perpendicular al campo magnético.

Calculemos el flujo magnético a través del circuito. El flujo magnético se calcula con la fórmula:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

Donde:

- Φ es el flujo magnético (en Weber, Wb),
- B es la magnitud del campo magnético (en Teslas, T),
- A es el área del circuito (en m^2),
- θ es el ángulo entre el campo magnético y el área normal (en este caso, $\theta=0^\circ$, por lo que $\cos\theta = 1$).

El área del circuito:

$$A = \text{base} \cdot \text{altura} = (0,05 \text{ m}) \cdot (0,1 \text{ m}) = 0,005 \text{ m}^2$$

Sustituimos en la fórmula:

$$\Phi = (0,2 \text{ T}) \cdot (0,005 \text{ m}^2) \cdot 1 = 0,001 \text{ Wb}$$

El flujo magnético a través del circuito es 0,001 Wb.

Heinrich Friedrich Emil Lenz fue un físico alemán del siglo XIX. Uno de los primeros investigadores de los circuitos eléctricos. Enunció una ley que permite conocer la dirección y el sentido de la corriente inducida en un circuito eléctrico. La ley de Lenz permite una descripción general de los fenómenos de autoinducción: el campo creado por la fuerza electromotriz derivada de un circuito tiende a oponerse a la causa que lo produce.



Lenz, H.

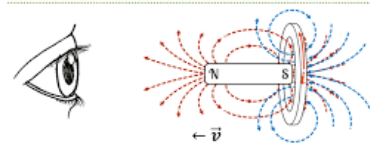
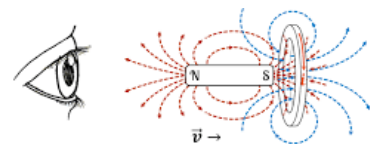
Ahora podemos decir algunas formas de Inducir Corriente.

- Movimiento del conductor:
 - Si un conductor se mueve dentro de un campo magnético, se induce un voltaje en él.
 - Ejemplo: Funcionamiento de los generadores eléctricos.
- Cambio en el campo magnético:
 - Un campo magnético variable (creado, por ejemplo, al encender o apagar una corriente en un electroimán) induce corriente en conductores cercanos.
 - Ejemplo: Transformadores eléctricos.
- Movimiento del campo magnético:

- Si el campo magnético cambia de posición respecto al conductor, se genera una corriente.

—Danos un buen ejemplo —dijo Academo—.

Hípasso hizo silencio corto —Imaginemos un imán que se mueve hacia una bobina de alambre:



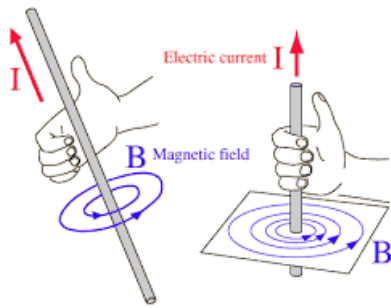
- Cuando el imán se acerca, el flujo magnético aumenta, y se induce una corriente en la bobina.
- Si el imán se aleja, el flujo disminuye, y la corriente inducida cambia de dirección.

Importancia Conjunta:

- Generadores y transformadores son pilares del sistema eléctrico:
 - Los generadores producen la energía eléctrica.
 - Los transformadores ajustan los niveles de voltaje para su transporte y uso eficiente.
- Fiabilidad del suministro eléctrico: La combinación de generadores y transformadores asegura que la electricidad esté disponible de manera continua y segura.
- Desarrollo tecnológico e industrial: Estas tecnologías son fundamentales para la operación de industrias, ciudades y hogares modernos.

—¿Y sobre la ley de Lenz? —preguntó Peleo—.

Hípaso pensó un poco —Tienes razón.



Fuente: Generado por IA (2025).

Supongamos que tenemos un imán de barra se acerca a una espira circular de alambre conductor. El polo norte del imán se mueve hacia la espira, incrementando el flujo magnético a través de ella.

Indiquemos la dirección de la corriente inducida en la espira —sentido horario o antihorario— de acuerdo con la Ley de Lenz.

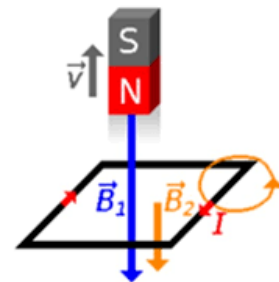
La Ley de Lenz establece que la corriente inducida en la espira genera un campo magnético que se opone al cambio en el flujo magnético que la produce.

Entendamos el problema:

- El flujo magnético a través de la espira está aumentando porque el imán se está acercando.
- El polo norte del imán genera un campo magnético que apunta hacia la espira.

Apliquemos la Ley de Lenz:

- La espira generará una corriente inducida que intente reducir el aumento del flujo magnético.
- Para ello, el campo magnético creado por la corriente inducida debe oponerse al campo del imán. Es decir, debe apuntar en la dirección opuesta —hacia fuera de la espira—.



Dirección de la corriente:

- Para generar un campo magnético hacia fuera de la espira, la corriente inducida debe fluir en sentido antihorario —según la regla de la mano derecha para el electromagnetismo—.

Entonces, la corriente inducida fluye en sentido antihorario.

—Me gustaría decirles algo importante que he aprendido hoy —dijo misteriosa y seria Pitias—.

Hizo una pausa larga y los miraba como profesor en un examen de matemáticas. Luego dijo:



Imaginen esto, la energía está en todo lo que nos rodea, o sea, desde la luz del sol que vemos cada mañana, hasta el impulso eléctrico que hace latir nuestro corazón. Aunque no la vean, la energía es la razón por la que funcionan los dispositivos que usan, como su celular, o el motor de un coche. Y aunque la tecnología nos permita controlarla, la energía sigue siendo un misterio con el poder de transformarse y de conectar todo el universo. Así que la próxima vez que ustedes prendan un bombillo o carguen un dispositivo electrónico como el teléfono, recuerden que están interactuando con algo fundamental para la vida y el cosmos, ¡Algo que aún nos guarda secretos!

—¡Cuánta razón! Y qué sabia eres mi amor —dijo emocionado su esposo—. La familia, después de una buena dosis de aprendizajes, se separó y tomaron cada uno su camino.

Era la siestita de Hípasso, su esposa fue a su cita con la peluquería, Academo fue al parque con sus amigos del colegio y su hermano se reunió en línea con sus amigos para terminar de programar ese juego con pelotas en el que había estado trabajando durante varios días.

Un miércoles cualquiera, en una tranquila y despejada tarde, Academo les dijo a sus padres que deseaba salir a caminar a la reserva boscosa que estaba cerca de su casa. Su padre le dijo que, si quería que fueran todos juntos, pero este se negó, le dijo que esperaba ir con su hermano. Pitias estuvo de acuerdo con el plan.

—Solo te pido que se cuiden mucho —dijo ella—. —Cualquier cosa me llaman ¡Niños lindos! —dijo su padre—.

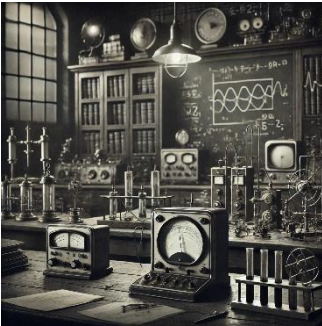


Mientras observaban la ciudad desde la cima de la colina, Academo sentía cómo el aire caliente de la tarde acariciaba su rostro. El sol comenzaba a ponerse, pintando de forma espectacular el cielo. Los últimos rastros de luz iluminaban los altos edificios, pero también lleno de una energía inesperada. Había llegado al final de año escolar, pero en su mente seguía

resonando lo que había aprendido este período escolar en el laboratorio y en la casa.

—Todo está conectado —había dicho su padre con entusiasmo mientras explicaba los conceptos de la física.

Academio había escuchado atentamente las lecciones, pero no fue hasta ese momento en la colina cuando comenzó a entender realmente la magnitud de lo que le habían explicado. La física no era solo una materia, sino un conjunto de ecuaciones y leyes abstractas. La física era la vida misma, era el latido de cada segundo, la danza del universo.



En el laboratorio, su profesor había hablado sobre la termodinámica. Pero su padre les explicó que el calor no es solo algo que sentimos cuando tocamos algo caliente, sino una forma de energía que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura. Él, por supuesto, había escuchado esto antes, pero nunca se había detenido a pensar en cómo se manifestaba en su vida diaria. Pensó en la taza de té que siempre dejaba sobre la mesa, en las manos de su madre cuando le acariciaba la frente cuando tenía fiebre. Esa sensación de calor, ese intercambio de energía era física pura.

Su mente se deslizó luego hacia la idea de la hidrodinámica. En clase, el profesor había mostrado cómo un aumento de la temperatura en un gas puede generar más presión. Academio se había imaginado cómo, si un recipiente cerrado con aire se calienta, las partículas de gas dentro de él se mueven más rápido, chocando con más fuerza contra las paredes del recipiente. Recordó la presión en su bicicleta cuando iba cuesta arriba, la fuerza constante que sentía al pedalear, luchando contra la resistencia del terreno. De alguna manera, la presión que sentía en sus músculos al esforzarse era como la presión en las partículas de gas, todas buscando un camino para liberar su energía acumulada.

Pero también había algo más en lo que pensó mientras subía la colina, la mecánica. Al principio, cuando comenzó su caminata, los pasos eran lentos y pesados. Pero poco a poco, su cuerpo se fue adaptando, y el esfuerzo inicial comenzó a disminuir. En ese proceso, pensó en cómo los objetos en el universo

siempre están en movimiento, como las estrellas que parecían tan distantes y quietas, pero que en realidad viajaban a velocidades impresionantes. Como el viento que, aunque parecía tranquilo, en realidad movía millones de moléculas de aire a través de la atmósfera.



La idea de la dinámica también apareció en su mente. La fuerza que él sentía en sus piernas al subir, la presión sobre sus músculos, las decisiones que tomaba constantemente para avanzar o detenerse. En ese instante, él comprendió que la fuerza no era solo un concepto físico. La fuerza estaba presente en cada acción, en cada elección. La física era el motor invisible que movía todo lo que existía, desde los planetas hasta los seres humanos, desde una pequeña bicicleta hasta la misma tierra bajo sus pies.

Y, por último, pensó en la energía de forma general. Cómo, al igual que su bicicleta, cada sistema necesitaba una fuente de energía para funcionar. El sol proporciona energía para la vida en la Tierra, y las plantas aprovechan esa energía para crecer. Los animales, incluidos los humanos, tomaban esa energía de los alimentos que consumían. Y en el ciclo final de esa energía, él mismo se encontraba utilizando la energía almacenada en su cuerpo para dar el siguiente paso.

Academo miró la puesta de sol y se dio cuenta de que todo lo que había aprendido sobre física no solo tenía sentido en el laboratorio. Era un lenguaje universal que podía comprender al observar la naturaleza, al sentir el viento en su rostro, al caminar por la colina. Todo estaba conectado, todo seguía las mismas reglas fundamentales. El sol brillaba gracias a la fusión de núcleos, una reacción que liberaba energía y mantenía el sistema solar en movimiento. La tierra giraba alrededor de su eje y el universo seguía una danza eterna, impulsada por fuerzas que se manifestaban de manera tan sutil y hermosa que, si no prestas la atención, podrías pasar por alto su existencia.



Mientras caminaban de regreso a casa, comentó a su hermano cómo sus vidas habían sido una lección práctica de física. Cada paso, cada respiración, cada pensamiento, era parte de un vasto tejido de energía en constante cambio. Se dieron cuenta de que el calor que sentían en su piel no era solo una sensación; era el mismo

calor que impulsaba las estrellas en el cielo. La presión en sus piernas no era solo una sensación de incomodidad; era una manifestación de la física de su propio cuerpo, de cómo las fuerzas internas interactúan con el mundo exterior.



En su mente, comenzó a formular una hipótesis, una teoría personal. Quizá la vida misma no fuera solo un juego de ecuaciones y fórmulas, sino una experiencia palpable de movimiento, energía, y fuerza. Tal vez todo lo que necesitaba para entender el universo era observar con más atención, sentir más profundamente y conectar los puntos. Porque la física no solo era algo que sucedía en un salón de clase, sino algo que sucedía en ellos, en su respiración, en cada parte de su ser. Acabado, al llegar a casa subió a su cuarto y se acostó en su cama. Sacó un cuaderno y escribió: *El universo es un vasto campo de energía, movimiento y transformación.*

Cada día, cada segundo, estamos rodeados por fuerzas invisibles que nos impulsan a avanzar, a cambiar, a crecer. La física no es solo un conjunto de leyes, sino la esencia misma de la vida. Y tal vez, el verdadero conocimiento radica en entender cómo nos conectamos con todo lo que nos rodea.

Con una sonrisa en los labios, cerró el cuaderno, sintiéndose por primera vez verdaderamente en armonía con el mundo que lo rodeaba. El sol había desaparecido en el occidente, pero la luz de su comprensión interna seguía brillando intensamente en su mente.

Curiosidades

Los cables más delgados permiten pasar más corriente eléctrica.

Se cree que la cantidad de corriente eléctrica depende de la delgadez del cable, pues entre más delgados hay menor resistencia eléctrica y más energía pasa. Sin embargo, esto no es del todo cierto, si lo comparamos con un río en la zona más ancha, el agua está más calmada. En la más estrecha, fluye más veloz. Pero en ambas zonas existe la misma cantidad en un punto concreto.

La electricidad tiene cero masa y peso.

Aunque no podamos ver la electricidad a simple vista, no significa que no tenga masa o peso, las partículas cargadas llamadas electrones tienen masa y peso, aunque estos sean muy minúsculos para observarlos.

Los choques de bajo voltaje no son peligrosos.

Muchos creen que un choque eléctrico de bajo voltaje está exento de peligro. Incluso algunos niños juegan con ellos. Pero nada más lejos de la realidad. Pueden ser peligrosos y causar incluso la muerte en ciertos casos.

Me puedo quedar pegado si toco un cable.

Tocar un cable te puede producir un calambre debido a la electricidad pasando por tus nervios. Esto provoca una contracción involuntaria de los músculos, que puede hacer que te quedes “pegado” o “agarrado” al cable sin poder soltarlo. Por eso nunca hay que tocar un cable con la palma de la mano. En caso de hacerlo es mejor con el dorso de la mano, ya que el espasmo recibido te aleja del peligro.

La intensidad al electrocutarte es lo que te puede matar.

Lo que realmente mata es la potencia liberada en el momento del calambre, que es lo que va a producirte las quemaduras. Por otro lado, si la corriente eléctrica tiene

suficientes niveles de tensión e intensidad y atraviesa el corazón, puede provocar que este entre en fibrilación, deteniendo el flujo sanguíneo.

Los objetos de madera y goma son buenos aislantes.

Es cierto que los objetos de goma o madera son buenos aislantes, sin embargo, no se debe creer que estos son suficientes para prevenir un accidente, dado que rara vez son hechos únicamente de esos materiales. Generalmente los zapatos o guantes de goma que tienen otros aditivos para ser más duraderos y resistentes, al igual que con la madera, no son tan buenos aislantes como por sí solos.

Los generadores crean electricidad.

Un generador en realidad no crea energía, sino que la transforma. Es decir, transforma energía mecánica en eléctrica, haciendo que fluyan los electrones ya presentes en los cables y circuitos.

La electricidad viaja a la velocidad de la luz.

La electricidad no viaja a la velocidad de la luz. Aunque las ondas electromagnéticas viajan con el conductor adecuado a velocidades entre el 50% y el 99% de la velocidad de la luz, los electrones son más lentos unos pocos centímetros por segundo.

La electricidad se puede almacenar.

No se puede. La electricidad es un movimiento de electrones, y como no podemos “guardar” el movimiento, no es posible almacenar la electricidad. Es igual a decir que se puede almacenar el aire, pero no el viento.

Las pilas guardan carga eléctrica o electrones.

No es así. Una batería contiene una materia llamada electrolito que se conserva entre dos electrodos, el positivo y el negativo. Solo al conectarla a un aparato, es decir,

unir sus polos mediante un conductor, el electrolito se transforma en iones y los electrones se descargan desde el electrodo positivo.

Los paneles solares solo funcionan en zonas donde la luz del sol es directa y abundante.

Los paneles reciben energía de la radiación solar, por lo que no deben tener la luz directa del sol para su función. Un cielo nublado no detiene la radiación solar.

La energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma.

Este es el principio de conservación de la energía de la primera ley de la termodinámica, sin embargo, aunque es cierto que en un proceso energético la energía no se destruye, sino que se transforma en otro tipo de energía, lo que pasa es que ese nuevo tipo de energía siempre se degrada y pasa a ser menos “aprovechable” que el anterior.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación teórica

Sección 1: Instrucciones: Lee cada afirmación y selecciona si es Verdadero (V) o Falso (F).

1. La energía mecánica es la suma de la energía cinética y potencial de un sistema.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
2. La energía cinética depende de la masa y la velocidad de un objeto.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
3. La energía gravitatoria es mayor cuando un objeto está más cerca del suelo.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
4. La energía elástica se almacena en materiales deformados, como resortes o bandas elásticas.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
5. La energía eólica se genera a partir del movimiento del agua en ríos y océanos.

- ☐ () Verdadero
- ☐ () Falso
- 6. La energía nuclear se libera en reacciones químicas entre átomos.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 7. Una carga eléctrica positiva siempre atrae a otra carga positiva.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 8. El voltaje se mide en amperios.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 9. La corriente eléctrica fluye de regiones de mayor potencial eléctrico a regiones de menor potencial.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 10. El magnetismo está relacionado con el movimiento de electrones en un material.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 11. La energía cinética de un objeto es cero si este está en reposo.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 12. La energía gravitatoria depende de la altura de un objeto respecto a un punto de referencia.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 13. La energía eléctrica es generada por el flujo de electrones a través de un conductor.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 14. La energía eólica depende de la velocidad del viento.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 15. La energía nuclear puede ser liberada en procesos de fisión o fusión.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 16. Los imanes tienen siempre dos polos: uno norte y otro sur.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 17. Una corriente eléctrica genera un campo magnético alrededor del conductor.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 18. La energía cinética de un objeto depende únicamente de su velocidad, no de su masa.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 19. El campo magnético de un imán es más fuerte en sus extremos, conocidos como polos.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso
- 20. La energía mecánica total de un sistema aislado no se conserva si hay fuerzas de fricción.
 - ☐ () Verdadero
 - ☐ () Falso

Sección 2: Escoge.

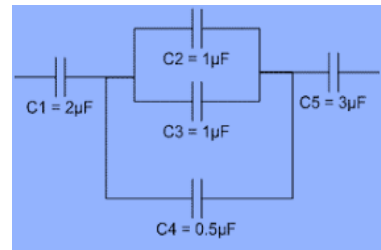
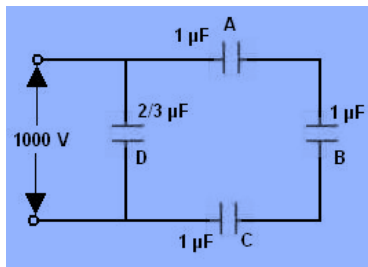
1. ¿Qué es la energía mecánica?
 - a) La suma de la energía cinética y la energía potencial de un sistema.
 - b) La energía almacenada en un resorte deformado.
 - c) La energía generada por el movimiento de cargas eléctricas.
2. ¿Qué sucede con la energía mecánica total en un sistema sin fuerzas externas, como la fricción?
 - a) Se conserva.
 - b) Se incrementa.
 - c) Disminuye con el tiempo.
3. ¿De qué factores depende la energía cinética?
 - a) De la altura y la velocidad.
 - b) De la masa y la velocidad.
 - c) De la fuerza y el peso.

4. ¿En qué punto la energía potencial gravitatoria es mayor en un sistema?
 - a) Cuando el objeto está en el suelo.
 - b) Cuando el objeto está en movimiento.
 - c) Cuando el objeto está en su altura máxima.
5. ¿Cómo se transforma la energía mecánica de un objeto en caída libre (sin resistencia del aire)?
 - a) La energía cinética disminuye y la potencial aumenta.
 - b) La energía potencial disminuye y la cinética aumenta.
 - c) Ambas energías permanecen constantes.
6. ¿Qué es la corriente eléctrica?
 - a) El movimiento de electrones a través de un conductor.
 - b) La acumulación de cargas en un material aislante.
 - c) La energía almacenada en un campo magnético.
7. ¿Qué unidad se utiliza para medir la corriente eléctrica?
 - a) Voltios.
 - b) Amperios.
 - c) Ohmios.
8. ¿Cómo se llama el dispositivo que mide la diferencia de potencial eléctrico?
 - a) Amperímetro.
 - b) Voltímetro.
 - c) Galvanómetro.
9. ¿Qué sucede cuando una corriente pasa a través de un conductor?
 - a) Se genera un campo magnético alrededor del conductor.
 - b) Se detienen los electrones en el conductor.
 - c) La resistencia del conductor se vuelve nula.
10. ¿Cómo se comportan las cargas iguales entre sí?
 - a) Se repelen.
 - b) Se atraen.
 - c) Permanecen estáticas.
11. ¿Qué es un imán?
 - a) Un objeto que genera un campo magnético y tiene polos norte y sur.
 - b) Un material que almacena energía eléctrica en su interior.
 - c) Un dispositivo que mide corrientes eléctricas en un circuito.
12. ¿Qué ocurre cuando cortas un imán en dos partes?
 - a) Cada parte tendrá un solo polo.
 - b) Se pierden las propiedades magnéticas.
 - c) Se generan dos nuevos imanes con polos norte y sur.
13. ¿Qué es el voltaje?
 - a) La fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a través de un circuito.
 - b) La cantidad de energía almacenada en una batería.
 - c) La resistencia al paso de la corriente eléctrica.
14. ¿Qué pasa con el flujo magnético si se incrementa la corriente en un conductor?
 - a) Aumenta.
 - b) Disminuye.
 - c) Permanece constante.
15. ¿Cómo interactúa una corriente eléctrica con un campo magnético?
 - a) Genera un movimiento de electrones más rápido.
 - b) Produce una fuerza que puede mover objetos conductores.
 - c) Neutraliza las cargas eléctricas en el conductor.

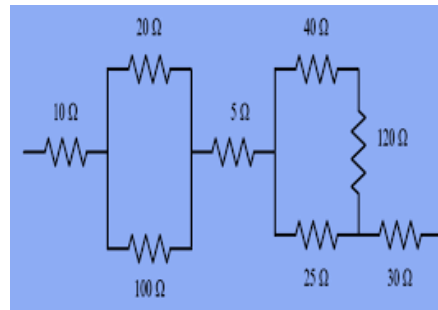
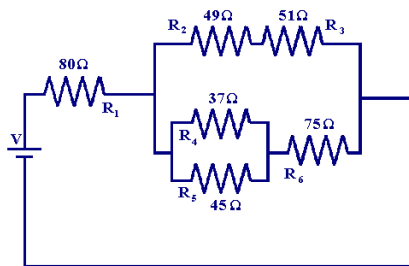
Sección 3: Resuelve.

1. Un coche de 800 kg se mueve a una velocidad de 20 m/s.

- a) ¿Cuál es su energía cinética?
 - b) Si el coche acelera hasta 30 m/s, ¿cómo cambia su energía cinética?
2. Un objeto de 5 kg está a una altura de 10 m sobre el suelo.
- a) ¿Cuál es su energía potencial gravitatoria si la aceleración de la gravedad es $9,8 \text{ m/s}^2$?
 - b) ¿Qué altura tendría que alcanzar para duplicar su energía potencial?
3. Un niño de 40 kg desliza por un tobogán desde una altura de 5 m. Supongamos que no hay fricción.
- a) ¿Cuál es la energía mecánica total del niño al inicio?
 - b) ¿Qué velocidad tiene al llegar al final del tobogán?
4. Una pelota de 2 kg es lanzada hacia arriba con una velocidad inicial de 10 m/s.
- a) ¿Cuál es su energía cinética inicial?
 - b) ¿A qué altura se detiene completamente (energía cinética cero)?
5. Un resorte comprimido almacena una energía potencial elástica de 50 J. Luego, esta energía se utiliza para lanzar un bloque de 4 kg hacia adelante.
- a) ¿Cuál será la velocidad del bloque al liberarse del resorte?
 - b) Si el bloque alcanza una altura de 1 m, ¿cuánta energía potencial gravitatoria tiene en ese punto?
6. Un circuito tiene una resistencia de 10Ω y está conectado a una fuente de 20 V.
- ¿Cuál es la corriente que fluye por el circuito?
7. Un dispositivo eléctrico consume una corriente de 5 A al atravesar una resistencia de 15Ω .
- ¿Cuál es el voltaje aplicado al circuito?
8. En un circuito eléctrico fluye una corriente de 2 A cuando se aplica un voltaje de 24 V.
- ¿Qué valor tiene la resistencia en el circuito?
9. Un calentador eléctrico tiene una resistencia de 50Ω y está conectado a una toma de corriente de 120 V.
- a) ¿Qué corriente fluye a través del calentador?
 - b) ¿Cuánta potencia eléctrica consume? (*Utiliza $P=V \cdot I$*).
10. Un alambre conductor tiene una resistencia inicial de 10Ω . Si la corriente aumenta de 1 A a 3 A, manteniendo el voltaje constante:
- a) ¿Qué sucede con el voltaje?
 - b) ¿Sigue cumpliéndose la Ley de Ohm en este caso?
- 11. Potencia Mecánica en un Motor**
- Un motor levanta una carga de 200 kg a una altura de 10 m en 5 segundos. La aceleración de la gravedad es $9,8 \text{ m/s}^2$.
- ¿Cuál es la potencia mecánica desarrollada por el motor?
12. Un electrodoméstico tiene una potencia de 800 W y se utiliza durante 3 horas al día. El costo de la electricidad es de 0,12 \$/kWh.
- a) ¿Cuánta energía consume el electrodoméstico en un día?
 - b) ¿Cuál es el costo del uso del electrodoméstico durante un mes (30 días)?
13. Un automóvil de 1 200 kg se mueve a una velocidad constante de 25 m/s. La fuerza de resistencia del aire y el rozamiento suman 400 N.
- ¿Qué potencia mecánica desarrolla el motor para mantener esta velocidad constante?
14. Un hogar utiliza los siguientes aparatos eléctricos:
- Una lámpara de 60 W durante 5 horas al día.
 - Un televisor de 150 W durante 4 horas al día.
 - Un refrigerador de 300 W que opera durante 12 horas al día.
- El costo de la electricidad es de 0,10 \$/kWh.
- a) Calcula el consumo de energía diario de todos los aparatos.
 - b) Determina el costo total de la energía utilizada en un mes (30 días).
15. Una corriente eléctrica rectilínea crea un campo magnético de $4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ en un punto situado a 3 cm de dicha corriente. ¿Cuál es la intensidad de la corriente eléctrica? ¿Hacia dónde está dirigido el campo magnético en los puntos situados a la derecha y a la izquierda del conductor rectilíneo, si el conductor se encuentra orientado verticalmente y la intensidad asciende hacia arriba?
16. Halla la capacidad total y la carga total del circuito.

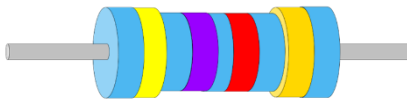


17. Halla la resistencia total.



18. Calcula el calor de las resistencias con los siguientes colores:

- Rojo, Verde, Azul y Amarillo.
- Negro, Marrón, Violeta y Rojo.



Evaluación práctica

Práctica de Laboratorio: Explorando la Electroestática

Objetivo:

Comprender los principios de la electrostática mediante experimentos prácticos que demuestren la interacción entre cargas eléctricas, inducción, polarización y el comportamiento de materiales ante la electricidad estática.

Materiales Necesarios:

- Peines o reglas de plástico.
- Globos inflados.
- Trozos de papel pequeños.
- Latas de aluminio vacías.
- Tela de lana o seda.
- Una balanza sensible.
- Un electroscopio sencillo (puede ser casero).

Actividades:

1. Atracción de Cargas: "Papel y peine cargado"

1. Frota un peine o una regla de plástico con un paño de lana.
2. Acerca el peine cargado a pequeños trozos de papel.
3. Observa cómo los papeles son atraídos por el peine.

Pregunta: ¿Qué sucede si el peine pierde su carga?

2. Interacción entre globos cargados

1. Infla dos globos y frótalos con un paño de lana para cargarlos eléctricamente.
2. Suspende uno de los globos con un hilo y acércalo al otro globo cargado.
3. Observa cómo interactúan.

Pregunta: ¿Qué tipo de carga tienen los globos? ¿Por qué se repelen o atraen?

3. Inducción en una lata de aluminio

1. Coloca una lata de aluminio vacía sobre una mesa plana.
2. Carga un peine o una regla de plástico frotándola con un paño de lana.
3. Acerca la regla cargada a la lata sin tocarla y observa cómo la lata comienza a moverse.

Pregunta: ¿Por qué la lata se mueve si no hay contacto directo?

4. Polarización en materiales dieléctricos

1. Carga un globo frotándolo con un paño de lana.
2. Acerca el globo cargado a una pared lisa y observa cómo se queda pegado.
3. Retira el globo y verifica si la pared conserva alguna carga.

Pregunta: ¿Cómo explica la polarización este fenómeno?

5. Detectando cargas con un electroscopio

1. Carga un peine o una regla frotándolos con un paño de lana.
2. Lleva el peine cargado cerca de un electroscopio casero y observa cómo se mueven las láminas o agujas del dispositivo.
3. Descarga el peine tocándolo y verifica si el electroscopio detecta algún cambio.

Pregunta: ¿Qué ocurre con las láminas del electroscopio cuando el peine se descarga?

Análisis de Resultados:

- Discute: ¿Qué diferencias observas entre los materiales conductores y aislantes en los experimentos?
- Explica: ¿Cómo se relacionan los fenómenos observados con la Ley de Coulomb?
- Concluye: ¿Qué aplicaciones prácticas tiene la electrostática en la vida cotidiana?

Práctica de Laboratorio: Explorando la Ley de Ohm

Objetivo:

Confirmar experimentalmente la relación entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito eléctrico simple, de acuerdo con la Ley de Ohm.

Materiales Necesarios:

- Fuente de alimentación ajustable o baterías con soporte.
- Resistencias de diferentes valores (por ejemplo, 10 Ω , 20 Ω , 50 Ω).
- Multímetro digital o analógico (para medir voltaje y corriente).
- Cables conductores con caimanes.
- Protoboard (opcional).

Procedimiento y Actividades:

1. Montaje del circuito básico

1. Conecta un circuito en serie que incluya:
 - Una fuente de alimentación,
 - Una resistencia conocida,
 - Un multímetro configurado para medir corriente.
2. Ajusta la fuente para suministrar un voltaje inicial (por ejemplo, 5 V).
3. Registra la corriente que pasa por el circuito utilizando el multímetro.

Pregunta: ¿Cuál es la relación entre el voltaje, la resistencia y la corriente?

2. Variación del voltaje

1. Mantén la misma resistencia conectada y ajusta el voltaje de la fuente a tres valores diferentes (por ejemplo, 3 V, 6 V y 9 V).
2. Mide y registra la corriente para cada voltaje.
3. Llena la siguiente tabla:

Resistencia (Ω) Voltaje (V) Corriente (A)

Pregunta: ¿Qué observas en la relación entre voltaje y corriente?

3. Variación de la resistencia

1. Mantén un voltaje constante (por ejemplo, 6 V).
2. Sustituye la resistencia por otras de valores diferentes (10 Ω , 20 Ω , 50 Ω).
3. Mide y registra la corriente para cada resistencia.
4. Llena esta tabla:

Voltaje (V) Resistencia (Ω) Corriente (A)

Pregunta: ¿Cómo afecta la resistencia al flujo de corriente?

4. Gráfica de la Ley de Ohm

1. Utiliza los datos obtenidos en las actividades anteriores.
2. Traza una gráfica de V (eje Y) frente a I (eje X).
3. Observa la pendiente de la línea.

Pregunta: ¿Qué representa la pendiente en la gráfica?

Análisis y Conclusiones:

- Cálculo: Utiliza $R=V/I$ para verificar los valores de las resistencias medidas.
- Discusión: ¿Se cumple la Ley de Ohm para cada resistencia? ¿Qué factores podrían haber afectado las mediciones?
- Extensión: ¿Qué sucede si usas componentes no óhmicos, como bombillas?

Evaluación virtual

Práctica de Laboratorio Virtual: Energía Mecánica (PhET)

Objetivo:

Explorar los conceptos de energía cinética, potencial y mecánica, y cómo se conservan en un sistema cerrado sin la intervención de fuerzas externas como la fricción.

Recurso:

- Simulación PhET: "*Energía Cinética y Potencial*" (*Energy Skate Park*)

Puedes acceder a la simulación en:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=es

Procedimiento y Actividades:

1. Exploración de la energía en un patinador sobre una pista

1. Abre la simulación *Energy Skate Park* en PhET.
2. Coloca un patinador en una pista y observa cómo la energía potencial y cinética cambian mientras el patinador se mueve.
3. Ajusta la altura de la pista y observa cómo la energía total se conserva.

Pregunta: ¿Cómo se distribuye la energía potencial y cinética cuando el patinador baja y sube en la pista? ¿Cómo cambia la energía total?

2. Energía potencial y cinética en diferentes alturas

1. Coloca al patinador en la parte más alta de la pista.
2. Mide y registra la energía potencial y cinética del patinador en varios puntos de la pista (por ejemplo, en la cima, en el medio y al final de la bajada).
3. Llena la siguiente tabla con tus datos:

Altura (m)	Energía Potencial (J)	Energía Cinética (J)	Energía Total (J)

Altura (m)	Energía Potencial (J)	Energía Cinética (J)	Energía Total (J)

Pregunta: ¿Cómo cambia la energía potencial y cinética al moverse el patinador en la pista? ¿Se conserva la energía total del sistema?

3. Variación de la velocidad y energía cinética

1. Ajusta la pendiente de la pista para hacerla más empinada.
2. Observa cómo la velocidad del patinador cambia y mide la energía cinética en diferentes puntos.
3. Llena esta tabla:

Velocidad (m/s) Energía Cinética (J)

Pregunta: ¿Cómo afecta la velocidad del patinador a la energía cinética? ¿Qué relación existe entre la velocidad y la energía cinética?

4. Conservación de la energía mecánica

1. Coloca un patinador en la parte más alta de la pista y observa el cambio entre la energía potencial y cinética mientras se mueve.
2. Registra la energía potencial, cinética y total en varios puntos de la pista.
3. Llena la siguiente tabla:

Posición	Energía Potencial (J)	Energía Cinética (J)	Energía Total (J)
Inicio			
Medio			
Final			

Pregunta: ¿Se conserva la energía total a lo largo del movimiento del patinador? ¿Qué pasa cuando no hay fricción u otras fuerzas externas?

5. Efecto de la fricción sobre la energía

1. Activa la fricción en la simulación y repite los experimentos anteriores.
2. Observa cómo cambia la energía total con la fricción presente.
3. Registra los valores de energía potencial, cinética y total con fricción y sin fricción.
4. Llena la siguiente tabla:

Condición	Energía Potencial (J)	Energía Cinética (J)	Energía Total (J)
Sin fricción			
Con fricción			

Pregunta: ¿Cómo afecta la fricción a la conservación de la energía en el sistema? ¿Por qué disminuye la energía total con la fricción?

Análisis y Conclusiones:

- Conservación de la energía: ¿Se cumple la ley de conservación de la energía en todos los casos que exploraste?
- Fricción: ¿Qué papel juega la fricción en la conversión de energía mecánica en otras formas de energía, como el calor?
- Relación entre energía cinética y velocidad: ¿Cómo está relacionada la velocidad del patinador con la energía cinética que tiene?

Práctica de Laboratorio Virtual: Ley de Coulomb (PhET)

Objetivo:

Explorar cómo interactúan las cargas eléctricas y comprobar experimentalmente la relación entre fuerza, magnitud de las cargas y la distancia entre ellas según la Ley de Coulomb.

Recurso:

- Simulación PhET: "*Fuerzas entre cargas*" (*Electric Field Hockey o Charges and Fields*)
Puedes acceder en:

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html

Procedimiento y Actividades:

1. Exploración inicial de las fuerzas entre cargas

1. Abre la simulación *Charges and Fields* en PhET.
2. Coloca dos cargas positivas (q_1 y q_2) en la pantalla, separadas por una distancia de 2 metros.
3. Observa las flechas que representan la fuerza eléctrica.
4. Cambia una de las cargas a negativa y describe cómo cambia la interacción.

Pregunta: ¿Qué tipo de fuerza se genera entre dos cargas iguales y entre dos cargas opuestas?

2. Relación entre la magnitud de las cargas y la fuerza

1. Coloca dos cargas positivas ($q_1 = 2 \mu\text{C}$ y $q_2 = 1 \mu\text{C}$) separadas por 3 metros.
2. Mide la fuerza utilizando la herramienta proporcionada por la simulación.
3. Duplica la magnitud de una de las cargas y observa cómo cambia la fuerza.
4. Llena la siguiente tabla:

q_1 (μC)	q_2 (μC)	Distancia (m)	Fuerza (N)
2	1	3	
4	1	3	

Pregunta: ¿Cómo afecta la magnitud de las cargas a la fuerza eléctrica?

3. Relación entre la distancia y la fuerza

1. Mantén las cargas fijas ($q_1 = 3 \mu\text{C}$, $q_2 = 2 \mu\text{C}$).
2. Varía la distancia entre las cargas (1 m, 2 m, 3 m) y mide la fuerza en cada caso.
3. Llena esta tabla:

Distancia (m)	Fuerza (N)
1	
2	
3	

Pregunta: ¿Cómo cambia la fuerza eléctrica al aumentar la distancia? ¿Qué relación matemática puedes observar?

4. Combinación de varias cargas

1. Coloca tres cargas:
 - $q_1 = 2 \mu\text{C}$ en (0, 0).
 - $q_2 = -3 \mu\text{C}$ en (2, 0).
 - $q_3 = 1 \mu\text{C}$ en (1, 1).
2. Observa la fuerza neta sobre cada carga.
3. Cambia una de las cargas ($q_3 = -1 \mu\text{C}$) y describe cómo afecta a la fuerza neta.

Pregunta: ¿Cómo interactúan varias cargas en conjunto?

Análisis y Conclusiones:

1. Fuerza y Carga: ¿Cómo se relacionan la magnitud de las cargas y la fuerza eléctrica?
2. Fuerza y Distancia: ¿Qué ocurre cuando la distancia entre las cargas aumenta al doble?
3. Interacciones Complejas: ¿Cómo influyen múltiples cargas en el sistema?

Práctica de Laboratorio Virtual: Campo Eléctrico (PhET)

Objetivo:

Investigar cómo se genera un campo eléctrico alrededor de una carga y cómo interactúan las líneas de campo eléctrico con diferentes distribuciones de carga.

Recurso:

- Simulación PhET: "*Campo Eléctrico*" (*Electric Field*)
Puedes acceder a la simulación en:
https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html?locale=es

Procedimiento y Actividades:

1. Exploración inicial del campo eléctrico

1. Abre la simulación *Campo Eléctrico* en PhET.
2. Coloca una carga positiva en el centro de la pantalla y observa cómo las líneas de campo eléctrico se extienden radialmente hacia fuera.
3. Coloca una carga negativa y observa cómo las líneas de campo se acercan hacia ella.
4. Cambia las cargas a diferentes valores y observa cómo afecta la forma del campo eléctrico.

Pregunta: ¿Qué diferencia observas entre el campo de una carga positiva y una carga negativa?

2. Interacción entre dos cargas

1. Coloca una carga positiva y una carga negativa en el espacio de la simulación.
2. Observa cómo las líneas de campo eléctrico interactúan entre sí.
3. Ajusta la magnitud de las cargas y la distancia entre ellas, y observa cómo cambia la interacción del campo.

Pregunta: ¿Cómo afecta la distancia entre las cargas en la forma del campo eléctrico? ¿Qué pasa cuando las cargas se acercan o se alejan?

3. Distribución de líneas de campo eléctrico en varias cargas

1. Coloca tres cargas en el espacio: una positiva, una negativa y otra positiva.
2. Observa cómo las líneas de campo eléctrico interactúan entre las cargas y cómo se combinan las direcciones de los campos de las cargas individuales.
3. Cambia las magnitudes y posiciones de las cargas y describe cómo varían las líneas de campo.

Pregunta: ¿Cómo se combinan los campos eléctricos de cargas distintas? ¿Se refuerzan o se cancelan entre sí?

4. Medición de la intensidad del campo eléctrico

1. Utiliza la herramienta de medición de campo eléctrico dentro de la simulación.
2. Coloca el medidor de campo eléctrico a diferentes distancias de una carga y registra el valor del campo en cada punto.
3. Llena la siguiente tabla con tus datos:

Distancia (m)	Intensidad del Campo (N/C)

Pregunta: ¿Cómo cambia la intensidad del campo eléctrico a medida que te alejas de la carga? ¿Cumple con la ley de campo?

5. Superposición de campos eléctricos

1. Coloca dos cargas positivas y observa cómo se combinan sus campos eléctricos.
2. Luego, coloca una carga positiva y una carga negativa, y observa cómo interactúan sus campos.
3. Cambia las posiciones y las magnitudes de las cargas y observa cómo se modifican las líneas de campo eléctrico.

Pregunta: ¿Cómo se combinan los campos de cargas de igual signo? ¿Y los de signo opuesto?

Análisis y Conclusiones:

- Fuerza de Campo Eléctrico: Relaciona los resultados obtenidos con la fórmula de la intensidad del campo eléctrico $E=F/q$.
- Líneas de Campo: ¿Qué representan las líneas de campo eléctrico? ¿Por qué las líneas nunca se cruzan?
- Superposición de Campos: Analiza cómo los campos de varias cargas se combinan en diferentes configuraciones.

Práctica de Laboratorio Virtual: Circuitos Eléctricos (PhET)

Objetivo:

Explorar cómo se comportan los circuitos eléctricos simples y cómo se relacionan el voltaje, la corriente y la resistencia según la Ley de Ohm.

Recurso:

- Simulación PhET: "*Circuitos Eléctricos*" (*Circuit Construction Kit*)
Puedes acceder a la simulación en:
https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_all.html

Procedimiento y Actividades:

1. Exploración de un circuito básico

1. Abre la simulación *Circuitos Eléctricos* en PhET.
2. Coloca una batería, un resistor y conecta ambos componentes con cables para formar un circuito simple.
3. Ajusta el valor de la resistencia y observa cómo cambia la corriente en el circuito.
4. Registra el voltaje de la batería, la corriente y la resistencia en la siguiente tabla:

Resistencia (Ω) Voltaje (V) Corriente (A)

Pregunta: ¿Cómo cambia la corriente al variar la resistencia? ¿Qué relación observa con la Ley de Ohm $V=I \cdot R$?

2. Medición de la corriente y voltaje en un circuito con dos resistores

1. Coloca dos resistores en serie en el circuito.
2. Mide el voltaje en cada resistor y la corriente total que circula por el circuito.
3. Llena la siguiente tabla:

Resistor 1 (Ω) Resistor 2 (Ω) Voltaje Total (V) Corriente Total (A)

Pregunta: ¿Cómo se distribuye el voltaje en resistores en serie? ¿Cómo afecta la corriente en un circuito en serie?

3. Circuito con resistores en paralelo

1. Coloca dos resistores en paralelo y conéctalos a la batería.
2. Mide el voltaje en cada resistor y la corriente total.
3. Registra los datos en la siguiente tabla:

Resistor 1 (Ω) Resistor 2 (Ω) Voltaje Total (V) Corriente Total (A)

Pregunta: ¿Cómo se distribuye la corriente entre los resistores en paralelo? ¿Cuál es la relación de la corriente en paralelo?

4. Medición de potencia en un circuito

1. Coloca un resistor y mide el voltaje a través de él y la corriente que lo atraviesa.
2. Calcula la potencia utilizando la fórmula $P=V \cdot I$ y compárala con el valor mostrado por la simulación.
3. Registra los datos en la tabla:
- 4.

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia Calculada (W)	Potencia Simulada (W)

Pregunta: ¿Cómo se relacionan la potencia, el voltaje y la corriente en un circuito? ¿Coinciden los valores calculados con los simulados?

5. Exploración de la Ley de Ohm en diferentes resistencias

1. En un circuito con una batería, coloca varios resistores con diferentes valores de resistencia.
2. Mide la corriente para cada resistor utilizando la simulación.
3. Registra los valores en la tabla y calcula el voltaje según la Ley de Ohm.

Resistencia (Ω)	Corriente (A)	Voltaje Calculado (V)	Voltaje Medido (V)

Pregunta: ¿Cómo varía la corriente al cambiar la resistencia en el circuito? ¿Se cumple la Ley de Ohm en todos los casos?

Análisis y Conclusiones:

- Ley de Ohm: Analiza si la Ley de Ohm se cumple en todos los experimentos. ¿Cómo se relacionan la corriente, el voltaje y la resistencia?

- Resistores en Serie vs. Paralelo: Compara cómo se distribuye la corriente y el voltaje en los circuitos en serie y paralelo.
- Potencia: Analiza cómo se calcula y mide la potencia en un circuito eléctrico.

Práctica de Laboratorio Virtual: Capacitores (PhET)

Objetivo:

Explorar el funcionamiento de los capacitores, cómo se cargan y descargan en un circuito, y comprender su relación con la capacitancia, el voltaje y la carga.

Recurso:

- Simulación PhET: "*Capacitores*" (*Capacitor Lab*)

Puedes acceder a la simulación en:

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/capacitor-lab/latest/capacitor-lab.html?simulation=capacitor-lab>

Procedimiento y Actividades:

1. Exploración básica de un capacitor

1. Abre la simulación *Capacitor Lab* en PhET.
2. Coloca un capacitor en el circuito, conéctalo a una batería y observa cómo se carga.
3. Mide el voltaje a través del capacitor y observa cómo cambia mientras se carga.
4. Llena la siguiente tabla con los datos de voltaje y tiempo de carga:

Tiempo (s) Voltaje (V)

Pregunta: ¿Cómo varía el voltaje en el capacitor conforme se va cargando? ¿Cuánto tiempo tarda en llegar a la carga máxima?

2. Efecto de la capacitancia en la carga

1. En el circuito, cambia el valor de la capacitancia del capacitor.
2. Observa cómo se comporta la carga del capacitor y registra el voltaje y la corriente en cada caso.
3. Llena la siguiente tabla con los datos:

Capacitancia (F) Voltaje (V) Corriente (A)

Pregunta: ¿Cómo afecta la capacitancia al tiempo que tarda en cargarse el capacitor? ¿Qué pasa con la corriente cuando cambias la capacitancia?

3. Carga y descarga de un capacitor

1. Conecta un interruptor en el circuito para poder desconectar la batería y permitir que el capacitor se descargue.
2. Mide el voltaje mientras el capacitor se carga y luego se descarga.
3. Registra los valores de voltaje en el tiempo de carga y descarga en la siguiente tabla:

Tiempo (s)	Voltaje al Cargar (V)	Voltaje al Descargar (V)

Pregunta: ¿Cómo varía el voltaje durante la carga y la descarga del capacitor? ¿Qué diferencia observas entre estos dos procesos?

4. Influencia de la resistencia en la carga y descarga

1. Coloca una resistencia en serie con el capacitor y observa cómo afecta la carga y descarga del mismo.
2. Ajusta el valor de la resistencia y observa los efectos en el tiempo de carga y descarga.
3. Registra los valores en la tabla siguiente:

Resistencia (Ω)	Tiempo de Carga (s)	Tiempo de Descarga (s)

Pregunta: ¿Cómo afecta la resistencia al tiempo que tarda el capacitor en cargarse y descargarse?

5. Relación entre carga, capacitancia y voltaje

1. Ajusta la capacitancia y el voltaje de la batería en el circuito.
2. Observa cómo cambia la carga almacenada en el capacitor y registra los valores en la siguiente tabla:

Capacitancia (F)	Voltaje (V)	Carga (C)

Pregunta: ¿Cómo varía la carga almacenada en el capacitor cuando cambian la capacitancia y el voltaje? ¿Qué relación observas?

Análisis y Conclusiones:

- Carga y Descarga: Analiza los procesos de carga y descarga del capacitor y cómo se comportan en términos de voltaje y tiempo.
- Capacitancia y Resistencia: ¿Cómo influye la capacitancia y la resistencia en el tiempo de carga y descarga del capacitor?
- Ley de la Capacitancia: ¿Cómo se relacionan la capacitancia, el voltaje y la carga según la fórmula $Q=C \cdot V$?

Práctica de Laboratorio Virtual: Ley de Ohm (PhET)

Objetivo:

Explorar la Ley de Ohm en un circuito eléctrico simple, observando cómo la corriente varía en función del voltaje y la resistencia, y cómo se puede aplicar la fórmula $V=I \cdot R$.

Recurso:

- Simulación PhET: "*Circuitos Eléctricos*" (*Circuit Construction Kit*)
Puedes acceder a la simulación en:
https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_all.html?locale=es

Procedimiento y Actividades:

1. Exploración básica del circuito con un resistor

1. Abre la simulación *Circuitos Eléctricos* en PhET.
2. Conecta una batería, un resistor y un medidor de corriente en serie para crear un circuito simple.
3. Ajusta el valor de la resistencia y observa cómo cambia la corriente en el circuito.
4. Llena la siguiente tabla con los datos de resistencia, voltaje y corriente:

Resistencia (Ω)	Voltaje (V)	Corriente (A)

Pregunta: ¿Cómo varía la corriente cuando cambias la resistencia en el circuito? ¿Cómo se relaciona esto con la Ley de Ohm $V=I \cdot R$?

2. Variación del voltaje con la resistencia

1. Mantén la resistencia constante y ajusta el voltaje de la batería.
2. Observa cómo cambia la corriente en el circuito y registra los datos en la siguiente tabla:

Voltaje (V)	Resistencia (Ω)	Corriente (A)

Pregunta: ¿Cómo cambia la corriente al variar el voltaje de la batería, manteniendo constante la resistencia?

3. Medición de la potencia en el circuito

1. Mide el voltaje a través del resistor y la corriente que circula por él.
2. Calcula la potencia utilizando la fórmula $P=V \cdot I$ y compárala con el valor mostrado por la simulación.
3. Registra los valores en la siguiente tabla:

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia Calculada (W)	Potencia Simulada (W)

Pregunta: ¿Cómo se relacionan la potencia, el voltaje y la corriente en el circuito? ¿Coinciden los valores calculados con los simulados?

4. Variación de la corriente con diferentes resistores en serie

1. Coloca dos resistores en serie en el circuito y mide la corriente que fluye por ellos.
2. Ajusta el valor de cada resistor y observa cómo cambia la corriente en el circuito.
3. Llena la tabla con los datos:

Resistor 1 (Ω)	Resistor 2 (Ω)	Voltaje Total (V)	Corriente Total (A)

Pregunta: ¿Cómo afecta la resistencia total del circuito al valor de la corriente? ¿Cómo se distribuye la corriente en resistores en serie?

5. Efecto de la resistencia en un circuito con dos resistores en paralelo

1. Coloca dos resistores en paralelo en el circuito y observa cómo cambia la corriente.
2. Mide la corriente y la caída de voltaje en cada resistor y llena la siguiente tabla:

Resistor 1 (Ω)	Resistor 2 (Ω)	Voltaje Total (V)	Corriente Total (A)

Pregunta: ¿Cómo se distribuye la corriente entre los resistores en paralelo? ¿Cómo afecta la resistencia total del circuito?

Análisis y Conclusiones:

- Ley de Ohm: Analiza cómo se cumple la Ley de Ohm en los diferentes ejercicios. ¿Se cumple $V=I \cdot R$ en cada caso?
- Resistores en Serie vs. Paralelo: Compara cómo cambia la corriente en resistores en serie y paralelo. ¿Cómo se distribuye la corriente en ambos casos?
- Potencia: Examina cómo la potencia en el circuito se relaciona con el voltaje y la corriente.

Práctica de Laboratorio: Estudio del Campo Magnético de un Imán

Objetivo: Explorar cómo los campos magnéticos afectan a los materiales ferromagnéticos y cómo se representan las líneas del campo magnético alrededor de un imán.

Materiales:

- Computadora o dispositivo con acceso a internet.
- Acceso a la simulación de PhET: "Magnet and Compass" (PhET Magnet and Compass).

Procedimiento:

1. Exploración del Campo Magnético de un Imán:
 - Abre la simulación "Magnet and Compass" en PhET.
https://phet.colorado.edu/sims/html/magnet-and-compass/latest/magnet-and-compass_all.html
 - Coloca un imán en la pantalla. Puedes moverlo y observar cómo cambia el campo magnético.
 - Observa las líneas de campo magnético representadas por las agujas de la brújula. Las líneas de campo salen del polo norte del imán y se curvan hacia el polo sur.
 - Coloca varios imanes de diferentes tamaños y observa cómo interactúan entre sí (atracción y repulsión).
2. Uso de la Brújula:
 - Coloca una brújula cerca del imán para ver cómo se orienta. La aguja de la brújula se alinea con las líneas del campo magnético del imán.
 - Mueve la brújula alrededor del imán para mapear las líneas de campo.
 - Toma nota de cómo las líneas de campo cambian dependiendo de la posición de la brújula.
3. Configuración de los Polos del Imán:
 - Cambia la orientación del imán (gira el imán 180°) y observa cómo las líneas de campo se invierten. Esto te ayudará a comprender cómo los campos magnéticos se reconfiguran dependiendo de la dirección del imán.
 - Intenta colocar dos imanes con polos opuestos cerca uno del otro y observa cómo las líneas de campo interactúan (se atraen). Luego, coloca los imanes con polos similares y observa cómo las líneas de campo se repelen.
4. Investigación de la Fuerza Magnética:
 - Coloca partículas de material ferromagnético (como limaduras de hierro) cerca de un imán y observa cómo se alinean con las líneas del campo magnético. Esto simula cómo los materiales magnéticos responden al campo.

Preguntas para Reflexión:

1. ¿Cómo se comportan las líneas de campo magnético alrededor de un solo imán?
2. ¿Qué sucede cuando colocas dos imanes con polos opuestos cerca uno del otro?
3. ¿Qué ocurre cuando los polos similares se acercan?
4. ¿Cómo se orienta la brújula cerca de un imán?
5. ¿Cómo afectan los materiales ferromagnéticos (como limaduras de hierro) al campo magnético?

Conclusiones:

- Las líneas de campo magnético siempre forman bucles cerrados, saliendo del polo norte y entrando al polo sur.
- Los imanes ejercen fuerzas sobre otros imanes o materiales ferromagnéticos, atrayéndolos o repeliéndolos, dependiendo de la polaridad.
- La brújula se alinea con las líneas del campo magnético, lo que nos permite visualizar la dirección del campo.

Rutina de pensamiento

Veo
Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso
Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto
Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo VI: ¡Qué onda bro!

El viernes por la tarde, la familia se sentó en el sofá a ver una película, era un filme corto sobre un fantasma en pena que quería estar vivo. Pitias, casi dormida, como siempre, tenía los pies encima de su esposo, Academo siempre en su mueble largo, cada cierto tiempo veía el teléfono, Alejandra le escribía a cada momento, él veía la pantalla, pero no descuidaba los mensajes. Por su parte, Peleo comentaba lo chistoso del fantasma cada cierto tiempo.



Casi terminando la película, Peleo dijo que el papá de Yuliet llevaría a su familia a la piscina del club social de Hampos.



—Si mi papá me llevara a la piscina —dijo en tono irónico Peleo—

—¡Ah! Yo me estrenaré el traje de baño rojo que compré la semana pasada —dijo echándole leña al fuego su esposa—.

Hípasso lo escuchaba tratando de hacerse el loco, miraba la pantalla con atención, con los ojos en la pantalla, pero los oídos en sus palabras. Academo se levantó para ir la cocina y volvió con un vaso grande de jugo de limón con panela y mucho hielo para su padre.

—Toma, mi querido padre —dijo sonriendo—. En la piscina venden un rico pescado como te gusta y lo acompañan de un sabroso jugo como este.



—Gracias mi querido hijo —dijo con más ironía—. ¡Ese fantasma es un pillo!

Cuando los créditos empezaban a aparecer en la pantalla negra del televisor. Academo puso más leña al fuego.

—Mañana no hay tareas pendientes y Alejandra irá con su familia al club —dijo mientras recogía el vaso con hielo de su padre—.

—¡Ya, ya! Mañana vamos al club —dijo Hípaso bostezando un poco—.

—¡Yupi! Gracias, mi amor —dijo su esposa mientras le daba un beso tierno en la mejilla—.

Muy temprano, Hípaso tocaba la corneta desde el frente de la casa. Los jóvenes aún dormían y se despertaron asustados por el ruido. Los vecinos se asomaron por las ventanas a ver qué sucedía.



—Me voy —gritó como poseído—.

Pitias reía mientras salía con su bolso playero. Llevaba puesto un sombrero grande y rojo y sus lentes oscuros. Los jóvenes al asomarse por la ventana vieron a su padre listo para salir y creyeron quedarse sin remedio en cada. Corrieron como en los doscientos metros con obstáculos para llegar a la meta. Su padre solo deseaba cobrarse la treta que le habían hecho la noche anterior. Todos a bordo zarparon a la aventura, era un viaje de unos treinta minutos hacia el norte de Hampos. Al llegar, los jóvenes saltaron del carro como locos, se quitaron las camisetas, iban descalzos, no les dio tiempo de ponerse zapatos o chancletas. En la piscina, no había mucha gente, era temprano, pero Yuliet ya estaba nadando.

—¡Epa! Vengan todos para echarles bloqueador solar —les gritó la jefa—.

El proceso de untado fue muy rápido, los tres hombres se metieron con un clavado distinto cada uno. Pitias se fue a buscar una sombrilla y una buena silla. Dejó su bolso sobre la mesa y pidió una piña colada, pero observando a su familia.



En la piscina, Peleo se puso a conversar con su amigo. Academo buscaba disimuladamente a Alejandra, no sabía si ya estaba allí. Hípasso entonces se acercó a la orilla y pidió una bebida fría, sí esa misma, limón con panela y hielo abundante. Pitias se acercó a chocarle el vaso.



—¡Salud! —le dijo con una gran sonrisa, esta vez muy sincera—. Me voy a cambiar, ya regreso.

Entretanto, Academo salió del agua para saludar a su amiga. Entonces, Hípasso se relajó un poco, nadando de un lado al otro, pero sin perder de vista a sus pequeños buques.

—¡Miren qué pasa si damos un golpecito en el agua! —le dijo Peleo a su hermano—.

Cuando lo hacían, veían que se formaban pequeñas olas u onditas en el agua.



Se preguntaban cómo era eso posible, cómo podía explicarse eso. En esos momentos se acercaba Pitias, su esposo la miraba con amor y alegría, el traje de baño era hermoso, ella lo sabía, él lo apreciaba.

—Papá —dijo Academo—. ¿Puedes explicarnos esto de las olitas en el agua?

—¡Niños lindos! —le gritó su padre—.

Esas ondas son una forma en que la energía viaja a través del agua. Algo similar ocurre con el sonido y la luz, que también viajan como ondas, aunque no siempre podemos verlas como en la piscina.



¿Qué creen que pasa si mueven las manos más rápido o más lento?

Los jóvenes se movieron lento y luego rápido.



¿O si golpean el agua con más fuerza?

Entonces golpeaban con las manos, con las pelotas y se lanzaban del borde.

Hípaso continuó, tomando en cuenta lo visto, podemos decir que:

Una onda es una forma de transmitir energía de un lugar a otro, sin que las partículas del medio se desplacen permanentemente⁹.

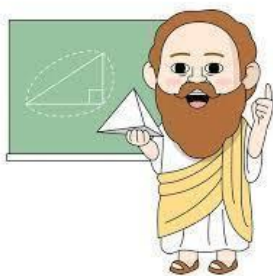
Pueden imaginar una onda como un movimiento viajero que lleva energía, pero sin mover realmente la materia en sí. Algo más o menos nos dice nuestro amigo Tippens.

Por ejemplo, si piensan en lanzar una moneda al agua, verán cómo se forman ondas que se desplazan desde el punto donde cayó la moneda. Estas ondas llevan la energía del impacto hacia afuera, pero el agua no se mueve de un lugar a otro; en realidad, las partículas de agua se mueven un poco hacia arriba y hacia abajo, pero regresan a su lugar original.



Fuente: Generado por IA (2025).

Otro buen ejemplo es el sonido. Cuando hablamos o tocamos un tambor, las partículas de aire vibran y crean ondas de sonido que viajan hasta nuestros oídos, pero el aire no se desplaza de un lugar a otro; solo las vibraciones viajan.



Pitágora

Las ondas han sido estudiadas por varios científicos a lo largo de la historia, pero uno de los primeros en estudiarlas de manera formal fue el filósofo griego *Pitágoras* en el siglo VI a.C. Él estudió las ondas en forma de vibraciones en cuerdas y cómo producían distintos sonidos, lo que le ayudó a descubrir las relaciones matemáticas en la música.

⁹ Born & Wolf (1999).

Las disciplinas que estudian las ondas son principalmente la física, en sus ramas de acústica y óptica, además de la química y, en algunos casos, la astronomía. La física se enfoca en la naturaleza, propagación y comportamiento de las ondas, mientras que la química estudia cómo interactúan con la materia. La astronomía las utiliza para entender fenómenos como la luz de las estrellas.

Óptica

Estudia la luz y otras formas de radiación electromagnética, incluyendo sus propiedades y comportamiento.

Acústica

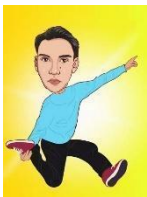
Estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, ondas mecánicas que se propagan a través de la materia.

Ondas mecánicas necesitan un medio, como el agua o el aire, para propagarse

Ondas electromagnéticas como la luz puede viajar en el vacío.

—Los griegos están en todo, señor —dijo Alejandra—.

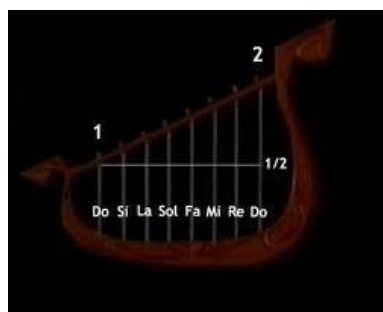
—Ciertamente —afirmó Hípaso—. Fueron una cultura muy rica en sabiduría. De hecho, este señor inventó la palabra *Matemática*, además fue el primero en darle forma a lo que conocemos como *Música*.



Él realizó importantes aportes a la música al descubrir la relación entre las matemáticas y los sonidos. Observó que las proporciones numéricas simples gobernaban las consonancias musicales. Usando un monocordio, demostró que dividir una cuerda en fracciones específicas ($1/2$, $2/3$, $3/4$) producía intervalos armónicos como la octava, la quinta y la cuarta. Este hallazgo sentó las bases de la teoría musical occidental y estableció un vínculo entre los conceptos matemáticos y la percepción auditiva.



Además, Pitágoras desarrolló la idea de la *música de las esferas*, sugiriendo que los planetas emiten una armonía basada en sus movimientos, aunque imperceptible para el oído humano. Este concepto, aunque más filosófico que científico, influyó en la visión cosmológica y artística de su época, conectando la música con el orden universal. Sus ideas no solo



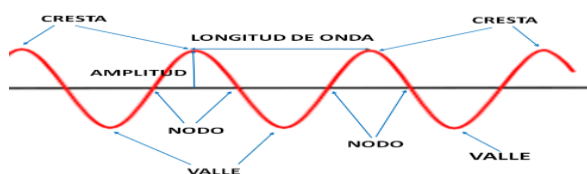
revolucionaron la música, sino que también inspiraron siglos de estudio sobre la relación entre sonido, matemáticas y naturaleza.

—Tu papá sabe mucho —dijo Yuliet notablemente perpleja a Peleo—.

Luego Hípaso continuó:

Las ondas tienen ciertas características que ayudan a describirlas:

- *Amplitud: Es la altura de la onda, que indica cuánta energía lleva. En el caso de una ola grande en la piscina, la amplitud sería su altura. La medimos en metros.*
- *Crestas y valles: Cada onda tiene una cresta (la parte más alta) y un valle (la parte más baja). Las crestas son los puntos donde el agua está más elevada, y los valles son donde el agua está más baja.*
- *Longitud de onda: Es la distancia entre dos puntos equivalentes de una onda, como de la cresta de una ola a la siguiente cresta. La medimos en metros.*



Fuente: Generado por IA (2025).

- *Frecuencia: Es la cantidad de ondas que pasan por un punto en un cierto tiempo, normalmente en un segundo. Se mide en hercios (Hz).*

En el agua podemos ver

- *Ondas superficiales: Estas son las que vemos, y son las más comunes. Son impulsadas por el viento o un objeto en la superficie y tienden a perder energía rápidamente.*
- *Ondas sísmicas en el agua (tsunamis): Estas son causadas por terremotos o deslizamientos bajo el agua. Tienen longitudes de onda muy largas y transportan una gran cantidad de energía a través del océano. Son casi imperceptibles en aguas profundas, pero al acercarse a la costa, su altura aumenta, produciendo olas gigantes.*



—¡Qué peligro! —dijo Peleo—.

Más adelante, en el siglo XIX, científicos como el físico francés del siglo XIX *Augustin-Jean Fresnel* y el físico inglés del mismo siglo *Thomas Young* hicieron grandes avances en el estudio de las ondas de luz. Sus experimentos demostraron que la luz tiene propiedades ondulatorias, especialmente en fenómenos como la interferencia y la difracción. James Clerk Maxwell completó esta teoría al demostrar que la luz es una onda electromagnética.



Fresnel, A.



Young, T.

Así, las ondas son un fenómeno esencial que encontramos en muchas situaciones de la vida diaria, desde las olas del mar hasta la música que escuchamos y la luz que vemos.



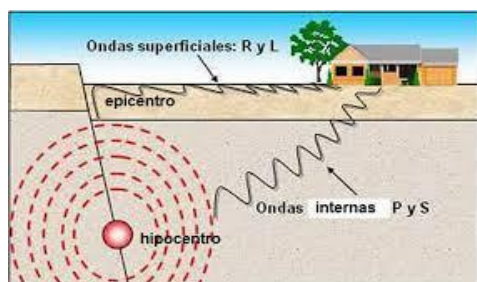
—¿Se han dado cuenta de cómo viajan las ondas de sonido cuando alguien toca un tambor o habla alto? —preguntó Academo—.

—Sí, ¡Es un buen ejemplo para revisar cómo viajan las ondas de sonido! —apuntó Hípaso—.

Cuando alguien toca un tambor, la superficie del tambor vibra y empuja las partículas de aire cercanas, creando ondas que se propagan en todas las direcciones. Esas vibraciones de las partículas de aire forman ondas sonoras, que viajan hasta nuestros oídos, donde las detectamos como sonido. Es similar cuando alguien habla en voz alta, las cuerdas vocales vibran y empujan el aire, formando ondas que viajan a través del aire. Cuando esas ondas llegan a nuestros oídos, nuestro cerebro interpreta esas vibraciones como palabras y sonidos. Podríamos imaginarlo como si el sonido estuviera saltando de partícula en partícula de aire hasta llegar a nosotros, aunque el aire en sí no se mueve de un lugar a otro, ¡Solo las vibraciones!



—Epa —dijo Pitias—. Yo sé algo muy loco.



Fuente: Generado por IA (2025).

Una curiosidad interesante sobre las ondas en el agua es que, aunque parecen moverse en la superficie, las moléculas de agua en realidad no viajan junto con las ondas. En lugar de trasladarse a lo largo de la superficie, las moléculas de agua se mueven en pequeños círculos o elipses a medida que la onda pasa. Este movimiento circular es lo que genera la ilusión de que el agua se desplaza hacia adelante. Este tipo de ondas se llaman *ondas superficiales* y son una combinación de ondas longitudinales y transversales.

Esta curiosa propiedad también es la razón por la cual los objetos que flotan en el agua, como una hoja o una boya, tienden a moverse en un patrón de subida y bajada, o de ida y vuelta, pero no se alejan demasiado del lugar en el que estaban.

—Wow, mamá. Te lo tenías guardadito —dijo Peleo—.

—¿Tu mamá también es profesora? —preguntó Alejandra a Academo muy bajito—.



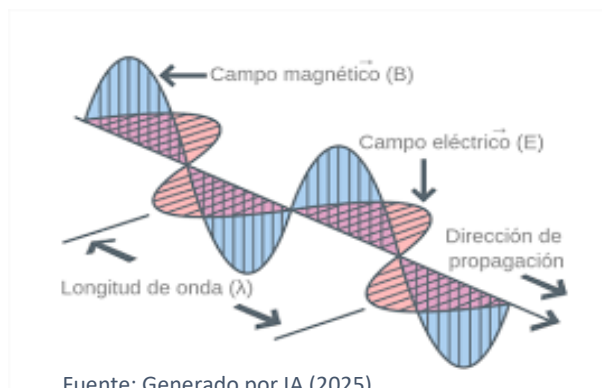
No, pero pronto lo será —le dijo en el oído—.

Alejandra escuchaba todo muy atenta, imaginó cómo sería la comunicación si estuvieran en la luna, allá no hay aire.

—¡Oiga! Señor papá de Academo. ¿Podrían hablar en la luna?



Hípaso comprobó que su público era más grande. Se limpió el agua de la cara con la mano izquierda y con la derecha tomó su vaso. Luego dijo:



Fuente: Generado por IA (2025).

Una de las cosas más importantes de las ondas de sonido es que necesitan un *medio material* para propagarse, ya sea aire, agua o algún sólido. Esto significa que no pueden viajar en el vacío a diferencia de las ondas electromagnéticas. El sonido se produce cuando un objeto vibra y causa que las

partículas del medio que lo rodea se muevan en un patrón de compresión y rarefacción, generando lo que se llama una *onda longitudinal*. Estas ondas viajan mediante la transmisión de energía de una partícula a la siguiente en el medio, lo que hace que el sonido llegue a nuestros oídos o a cualquier otro receptor. Entonces, solo pueden comunicarse por radio.

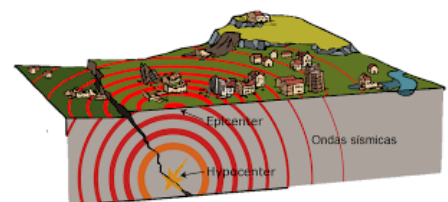
—Pero, no solo en el agua van las ondas mecánicas.

En un terremoto o sismo, se generan ondas sísmicas debido al movimiento repentino de las placas tectónicas en la Tierra, que libera una gran cantidad de energía. Esta energía se propaga en forma de ondas que viajan por el interior de la Tierra y su superficie, causando las sacudidas que percibimos.

—A esto le decimos movimientos telúricos —añadió Pitias—.

Existen tres tipos principales de ondas sísmicas:

- *Ondas P (Primarias)*: Son ondas longitudinales y las primeras en llegar a la superficie porque se desplazan más rápido. Estas ondas comprimen y expanden las partículas en la dirección en la que viajan, similar a cómo se transmite el sonido. Las ondas P pueden moverse tanto por sólidos como por líquidos, lo que les permite atravesar el núcleo de la Tierra.
- *Ondas S (Secundarias)*: Son ondas transversales y llegan después de las ondas P porque son más lentas. En estas ondas, las partículas se mueven perpendicularmente a la dirección de la onda, lo que produce un movimiento de sacudida. Las ondas S solo pueden moverse a través de sólidos, lo que significa que no pueden atravesar el núcleo líquido externo de la Tierra.
- *Ondas superficiales*: Estas ondas son las más lentas, pero suelen ser las más destructivas porque causan un movimiento complejo en la superficie de la Tierra.



Existen dos tipos principales de ondas superficiales:

Ondas de Love, que producen un movimiento horizontal de lado a lado.

En honor al matemático *Augustus Edward Hough Love* del Reino Unido, quien desarrolló un modelo matemático de estas ondas a principios del siglo XX. La velocidad de las ondas Love es un 90 % de la velocidad de las ondas S y es ligeramente superior a la velocidad de las ondas Rayleigh.



Love, A.



Rayleigh

Ondas de Rayleigh, que crean un movimiento elíptico, similar al de las olas en el agua.

Este nombre está dado en honor a lord Rayleigh, físico británico que fue el primero en explicarla en el siglo XIX. Curiosamente su verdadero nombre era *John William Strutt*.

La combinación de estas ondas genera los temblores y movimientos en la superficie terrestre que experimentamos durante un terremoto, siendo las ondas superficiales las que provocan la mayor destrucción debido a su amplitud y al tipo de movimiento que inducen en las estructuras y el suelo.

Los sismos se miden utilizando instrumentos llamados *sismógrafos*, que detectan y registran las vibraciones en la Tierra. Un sismógrafo típico consta de una masa suspendida que permanece en reposo mientras el suelo se mueve debajo de ella durante un terremoto. Este movimiento relativo entre la masa y el suelo se registra, creando un gráfico llamado *sismograma*, que muestra la intensidad y duración de las ondas sísmicas.

Existen dos formas principales de medir los sismos:

- *Escala de Magnitud*



Richter, C.

La *magnitud* de un sismo mide la cantidad de energía liberada en el foco del terremoto —el punto dentro de la Tierra donde se originó—. La más común es la *Escala de Magnitud de Momento (M_w)*, utilizada actualmente por los sismólogos porque es precisa para terremotos de todas las magnitudes. Anteriormente, se usaba la *Escala de Richter*, que mide la magnitud de los sismos según las ondas detectadas, pero no es tan precisa para sismos muy grandes o profundos.

La antigua escala de magnitud conocida como Richter, mide el terremoto por su tamaño, basado en la energía liberada. Esta escala fue ideada por el japonés *Wodatti* en el siglo XX, pero la escala mantiene su nombre en honor al estadounidense *Charles F. Richter*, quien desarrolló el concepto en el siglo XX en California.

- *Escala de Intensidad*

La *intensidad* de un sismo describe el efecto del terremoto en la superficie, como el daño a estructuras y la percepción de las personas. La escala más utilizada es la *Escala de Mercalli Modificada (MM)*, que clasifica la intensidad de I a XII. Un valor de I indica que el sismo fue apenas perceptible, mientras que un valor de XII representa destrucción total en la zona afectada. Mientras que la magnitud es una medida objetiva de la energía del sismo, la intensidad depende de factores locales como la distancia al epicentro, la profundidad del sismo y las características del suelo. Ambos métodos son esenciales para comprender y analizar el impacto de un terremoto.

Giuseppe Mercalli, fue un sismólogo, vulcanólogo y sacerdote italiano del siglo XIX.

—En redes sociales y en las noticias siempre dicen sobre un sismo —dijo Academo—. Y también dan la profundidad y la intensidad.



Mercalli, G.

La escala de Richter mide la magnitud de los sismos, o la cantidad de energía liberada durante un terremoto. Es una escala logarítmica, lo que significa que cada incremento de un punto en la escala representa un aumento de diez veces en la amplitud de las ondas sísmicas y aproximadamente 31,6 veces más energía liberada.

—A ver, papá, a ver —dijo Academo—.

—Por ejemplo:

- *Un sismo de magnitud 4 es diez veces mayor en amplitud que uno de magnitud 3, pero libera 31,6 veces más energía.*
- *Un sismo de magnitud 5 es 100 veces mayor en amplitud que uno de magnitud 3, pero libera unas 1 000 veces más energías.*

—¿Cómo se mide? —cuestionó Yuliet—.

—Para medir la magnitud de un sismo —dijo Hípaso—. Los sismógrafos capturan las ondas sísmicas y registran su amplitud. La escala originalmente se usaba para sismos en California con un tipo particular de sismógrafo, pero se ha ajustado y ampliado con el tiempo.



Fuente: Generado por IA (2025).

—Dinos del Rango de la escala —dijo Pitias—.



—Bueno. La escala de Richter es teóricamente infinita, pero en la práctica, rara vez se registran sismos mayores a 9, debido a las limitaciones de las placas tectónicas y los materiales terrestres.

—Denos ejemplos, señor, por favor —dijo Alejandra—.

—Ejemplos de magnitudes son —continuó Hípaso—. Pues:

- *Menor a 2: Micro, generalmente no se perciben.*
- *2 – 3,9: Menor, rara vez se sienten y no suelen causar daños.*
- *4 – 4,9: Ligero, perceptible, pero con daños mínimos.*
- *5 – 5,9: Moderado, causa daños leves a edificios.*
- *6 – 6,9: Fuerte, puede provocar daños graves en áreas pobladas.*
- *7 - 7,9: Mayor, daños graves en una gran área.*
- *8 o más: Gran sismo, provoca destrucción severa en*

Para medir y evaluar sismos hoy en día, los científicos suelen combinar la escala de Richter con la magnitud de momento (M_w), que considera también el área de ruptura y el desplazamiento en la falla, proporcionando una medida aún más precisa.

—El papá de Yuliet es guitarrista. Él debe saber mucho de eso —dijo Peleo—.

—¡Ciertamente! Verán:



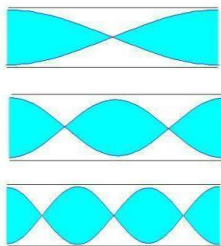
Una aplicación clave de las ondas sonoras en la música es el uso de la resonancia para mejorar el volumen y la calidad del sonido en los instrumentos musicales. La resonancia ocurre cuando un objeto o estructura vibra naturalmente a la misma frecuencia que una onda sonora cercana, amplificando el sonido.

Por ejemplo, en una guitarra, las cuerdas generan ondas sonoras cuando vibran, pero estas ondas por sí solas serían muy suaves. La *caja de resonancia* de la guitarra capta esas vibraciones y vibra a la misma frecuencia, lo que amplifica el sonido y le da su calidad característica. Este principio de resonancia es fundamental en casi todos los instrumentos acústicos, como los violines, pianos y tambores, y permite que el sonido sea mucho más fuerte y lleno sin la necesidad de amplificación electrónica.

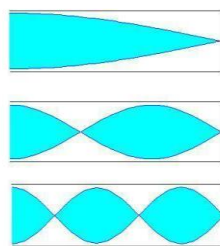


—Supongo que es lo mismo que los instrumentos de viento. ¿no? —dijo Academo—.

Tubos abiertos



Tubos cerrados

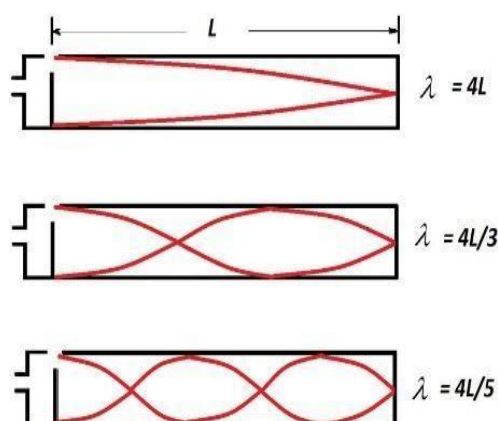


—Las ondas en tubos son un excelente ejemplo de cómo las ondas sonoras pueden comportarse en espacios cerrados. Algunos tipos y ejemplos de ondas en tubos, es decir instrumentos de viento son:

Ondas en tubos abiertos por ambos extremos. Una flauta o un tubo de órgano abierto en ambos extremos.

En este caso, se generan nodos de presión —zonas de mínima presión— en ambos extremos y antinodos de presión —zonas de máxima presión— dentro del tubo. Los armónicos producidos en tubos abiertos tienen frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental.

Ondas en tubos cerrados por un extremo. Una botella, un tubo de órgano cerrado en un extremo o la voz humana en la laringe. En un tubo cerrado por un extremo, se forma un nodo de presión en el extremo abierto y un antinodo de presión en el extremo cerrado. Los tubos cerrados producen solo armónicos impares — por ejemplo, el primer, tercer, quinto armónico, etc.—, lo cual influye en el tono y timbre del sonido.

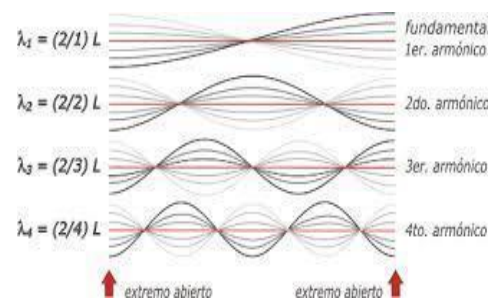


Ondas estacionarias en tubos resonantes. Un tubo de Kundt, utilizado en experimentos para visualizar ondas estacionarias. Cuando una frecuencia específica se introduce en el tubo, se forman ondas estacionarias,



Kundt, A.

con nodos y antinodos fijos. En un tubo de Kundt, se puede ver la distribución de estos nodos y antinodos mediante materiales como polvo o arena que se acumulan en los nodos.

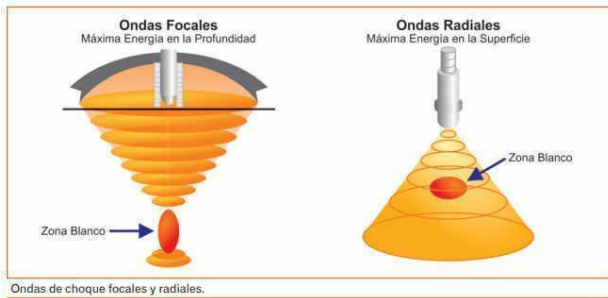


Fuente: Generado por IA (2025).

August Adolf Eduard Eberhard Kundt fue un físico alemán del siglo XIX que se destacó en el diseño de equipos experimentales para la visualización del efecto de ondas sonoras y luminosas, y de campos magnéticos.

Ondas en tubos con cambios de sección o forma. El didgeridoo, un instrumento de viento que tiene una forma alargada y cónica. Cuando el tubo tiene una variación en su diámetro, las frecuencias de resonancia cambian, generando una mezcla compleja de armónicos. Esta variación en el diseño del tubo modifica el sonido, creando una gran variedad de tonos y texturas.





Ondas de choque focales y radiales.

Fuente: Generado por IA (2025).

Ondas de choque en tubos de alta velocidad. En motores de cohetes o en experimentos con tubos de choque. Aquí, las ondas de presión pueden moverse a velocidades supersónicas y generar ondas de choque. Estos tubos ayudan a estudiar la dinámica de gases a alta velocidad y el comportamiento de ondas de presión

intensas.

Hípaso pensó un momento —Estos ejemplos ilustran cómo la forma y las condiciones de los tubos afectan las ondas generadas, desde instrumentos musicales hasta aplicaciones experimentales y de ingeniería.



Las *placas de Chladni* son una herramienta utilizada en acústica para visualizar patrones de vibración en una superficie. Fueron popularizadas por el físico alemán *Ernst Chladni* a finales del siglo XVIII, quien es considerado uno de los padres de la acústica.

Chladni, E.

Academo nunca había escuchado sobre esto —¿Cómo funcionan las placas de Chladni?

—Bueno, es poco común su enseñanza en la escuela. —aclaró su padre—.



- Una placa metálica o de otro material rígido —puede ser cuadrada, circular u otra forma— se sostiene por un punto central o en sus bordes.
- Se excita con un arco de violín, un generador de frecuencias o un altavoz, lo que hace que vibre a ciertas frecuencias.
- Se esparce arena fina o polvo ligero —como lycopodio— sobre la superficie de la placa.
- Cuando la placa vibra, la arena se acumula en las regiones donde no hay movimiento (los nodos) y se desplaza de las áreas donde las vibraciones son

máximas (los antinodos), formando patrones geométricos conocidos como *figuras de Chladni*.

Las figuras que se forman están relacionadas con los modos normales de vibración de la placa. Estos modos dependen de:

- La forma y el material de la placa.
- Cómo se sostiene o restringe (punto central, bordes fijos, etc.).
- La frecuencia de la vibración aplicada.

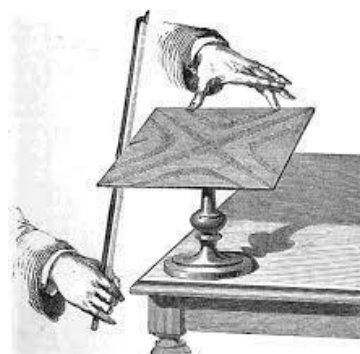


Los nodos son las regiones donde las ondas estacionarias en la placa se cancelan mutuamente.

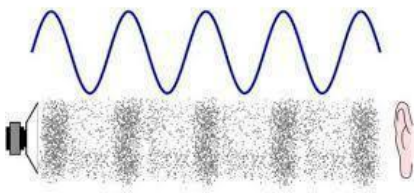
Pitias sintió curiosidad. —¿Hay aplicaciones de las placas de Chladni?

—Sí, mi amor.

- Acústica e ingeniería de sonido:
 - En el diseño de instrumentos musicales, como guitarras o violines, para entender cómo vibran sus componentes (cuerpos, tapas).
 - Optimización de resonancia y calidad sonora en instrumentos.
- Análisis estructural:
 - Para estudiar la distribución de tensiones y vibraciones en superficies rígidas.
 - En diseño y pruebas de componentes aeroespaciales, automotrices y arquitectónicos.
- Investigación científica:
- En estudios de física y matemáticas para analizar fenómenos relacionados con las ondas y sus interacciones.



- Arte y visualización:
 - Creación de obras basadas en patrones simétricos generados por vibraciones.
 - Uso en exhibiciones científicas y demostraciones educativas.



Las figuras de Chladni no son únicamente estéticas; revelan información clave sobre las propiedades materiales y estructurales del objeto que vibra. Además, este método inspiró investigaciones posteriores en acústica, incluyendo el trabajo de científicos como Joseph Fourier y Hermann von Helmholtz.

Jean-Baptiste Joseph Fourier fue un matemático y físico francés reconocido por sus aportes a la descomposición de funciones periódicas en series trigonométricas convergentes llamadas Series de Fourier, método con el cual consiguió resolver la ecuación del calor.



Fourier, J.

—¿Los músicos saben esto? —preguntó Peleo—.



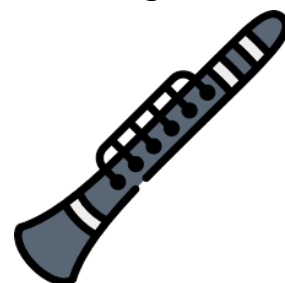
—Sí y no —dijo su padre—. Muchos músicos tienen cierto conocimiento sobre cómo las ondas y la acústica afectan sus instrumentos, especialmente si tienen una formación en teoría musical o han recibido instrucción sobre la física del sonido. Sin embargo, el grado de comprensión de estos principios varía ampliamente. Los músicos pueden saber, por ejemplo, cómo la longitud del tubo, la presión del aire, y la forma del instrumento afectan el tono y timbre, pero no siempre conocen los detalles físicos de las ondas estacionarias, frecuencias de resonancia, y armónicos.

Los músicos son innovadores natos que continuamente empujan los límites del sonido, explorando nuevos estilos, tecnologías e instrumentos. Este proceso

mantiene viva y en constante evolución la diversidad musical. Una cosa muy curiosa sobre ellos es que su cerebro trabaja de manera única, tocar un instrumento activa casi todas las áreas del cerebro simultáneamente, mejorando habilidades cognitivas, memoria y coordinación.

Entonces, instrumentos como las trompetas, clarinetes y saxofones son instrumentos de viento que producen sonido a través de ondas en tubos, pero la forma en que lo hacen depende de sus diseños y mecanismos internos, generando distintos tipos de ondas y armónicos.

La trompeta tiene un tubo cilíndrico en gran parte de su longitud, aunque se ensancha al final en una campana. La trompeta está abierta en ambos extremos.



Al ser abierta en ambos extremos, produce una serie completa de armónicos (frecuencias múltiplos de la fundamental), lo cual contribuye a su sonido brillante y penetrante. Las variaciones de presión en la boca del instrumentista generan ondas de presión en el tubo, que se amplifican en la campana. La trompeta usa válvulas para cambiar la longitud efectiva del tubo, alterando la frecuencia de las ondas y permitiendo tocar diferentes notas.

El clarinete tiene un tubo cilíndrico, similar a la trompeta en algunas partes, pero cerrado en el extremo por donde se introduce la boquilla y la caña. Está cerrado en un extremo (boquilla) y abierto en el otro. Debido a su diseño de tubo cerrado en un extremo, el clarinete solo produce armónicos impares —primero, tercero, quinto, etc.—, lo que da al clarinete su sonido cálido y suave, bastante diferente de la trompeta. Cuando el aire vibra en el tubo, genera ondas de presión que se amplifican a través de las llaves y orificios que permiten modular el sonido. El clarinete utiliza agujeros y llaves para cambiar la longitud efectiva del tubo y generar diferentes frecuencias de resonancia, logrando una amplia gama de notas.

El saxofón tiene un tubo cónico, a diferencia de la trompeta y el clarinete. Está cerrado en un extremo (boquilla) y abierto en el otro, pero su forma cónica permite una vibración de ondas un tanto distinta a la del clarinete. Debido a su tubo cónico, el saxofón puede producir una serie de armónicos tanto pares como impares, lo que



le da un sonido más completo y versátil. Las ondas generadas en su interior permiten un timbre que se percibe más completo y rico en armónicos que el del clarinete, aunque menos brillante que el de la trompeta. Al igual que el clarinete, el saxofón tiene agujeros y llaves que cambian la longitud del tubo, permitiendo modular el sonido para generar diferentes notas y producir una amplia gama tonal.

—Pero, suenan distinto —dijo Academo—.

—Esa es la belleza de esto —aclaró su padre—.

Existe mucha variedad, la naturaleza es mejor que una película. La realidad supera la ficción.

—Pero la música ahora es con aparatos electrónicos, papá —dijo Academo—.

—Es cierto. Pero el que toca un instrumento desarrolla partes de su cerebro sin darse cuenta. —apuntó su padre—.

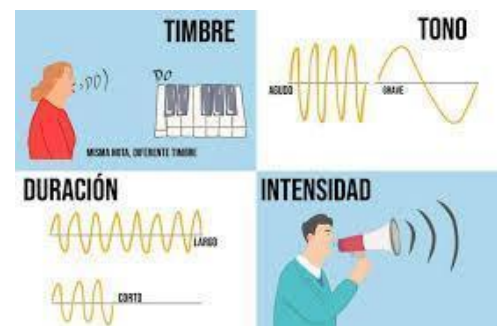
El sonido tiene cuatro características principales que determinan cómo lo percibimos, *frecuencia (o altura)*, *intensidad (o volumen)*, *timbre* y *duración*.

Cada una de estas características tiene propiedades específicas que afectan nuestra percepción y se pueden modificar para producir diferentes efectos sonoros.

—Explique eso señor —dijo Alejandra—.

Hípasso puso cara de duda y comenzó.

Frecuencia o altura, es la cantidad de vibraciones por segundo de una onda sonora, medida en hercios (Hz). La frecuencia determina la altura del sonido, es decir, si es grave o agudo. Cuanto mayor es la frecuencia, más agudo es el sonido; cuanto menor, más grave. Un violín toca notas más agudas (frecuencias altas) en comparación con un contrabajo (frecuencias bajas).



Intensidad o volumen, es la cantidad de energía que transporta una onda sonora, y se mide en decibelios (dB). La intensidad afecta el volumen del sonido; sonidos de alta intensidad son percibidos como fuertes, mientras que los de baja intensidad son suaves. Un tambor golpeado con fuerza produce un sonido fuerte, mientras que el mismo tambor golpeado suavemente suena débil.



Un decibelio es la décima parte de un belio (B), unidad que recibe su nombre por el británico, nacionalizado estadounidense del siglo XX *Alexander Graham Bell*, el inventor del teléfono. Su escala logarítmica es adecuada para representar el espectro auditivo del ser humano.

Timbre es la cualidad sonora que permite distinguir un sonido de otro, incluso si tienen la misma frecuencia e intensidad. Está relacionado con la forma de la onda y la presencia de armónicos. El timbre es lo que nos permite diferenciar el sonido de una guitarra del de un piano, aunque toquen la misma nota al mismo volumen. Se debe a los armónicos y sobretonos presentes en cada instrumento, que varían según su diseño y material. La diferencia entre el timbre de una flauta y el de un saxofón se debe a su estructura y los armónicos que cada uno produce.

Duración es el tiempo que un sonido permanece audible desde que inicia hasta que termina. La duración determina la extensión temporal de un sonido; los sonidos cortos tienen una duración breve, mientras que los sonidos largos se extienden más en el tiempo. El sonido de una campana tiene una duración más prolongada que el de un golpe rápido en un tambor.



—Pero no solo sirve saber de ondas en la música. —añadió Pitias—.

—Mi amor, es importante esta aclaración.

El sonido tiene muchas aplicaciones en diversas áreas, desde la comunicación y la medicina hasta la industria y la tecnología.

Por ejemplo, en la Medicina y el Diagnóstico.

- *Ultrasonido:* Se usa en la ecografía para observar órganos internos y el desarrollo fetal sin procedimientos invasivos. Los ultrasonidos emiten ondas de alta frecuencia que, al rebotar en los tejidos, crean una imagen en pantalla.
- *Litotricia:* Usa ondas sonoras de alta frecuencia para desintegrar piedras en los riñones o en la vesícula, permitiendo eliminarlas sin cirugía.
- *Terapia auditiva:* Los dispositivos auditivos y los implantes cocleares amplifican o transforman sonidos para personas con problemas de audición.



- **Industria y Control de Calidad**
- *Inspección por ultrasonido:* En fábricas y construcciones, se utilizan ondas de ultrasonido para detectar defectos internos en materiales, como grietas en metales o burbujas en piezas de plástico, sin dañarlas.
- *Limpieza ultrasónica:* Usa ondas sonoras para limpiar joyas, instrumentos médicos y otras piezas delicadas. Las ondas crean burbujas en el líquido de limpieza que eliminan la suciedad de manera eficiente.
- *Soldadura ultrasónica:* Las ondas ultrasónicas generan calor al aplicar presión y fusión de materiales como plásticos o metales ligeros, formando una unión sin necesidad de soldaduras tradicionales.



Comunicaciones

- *Telefonía y Radio:* Los sonidos se codifican en ondas electromagnéticas que se transmiten por señales de radio o redes de telefonía, permitiendo la comunicación a larga distancia.
- *Sistemas de sonar:* Los submarinos y barcos usan sonido para detectar objetos bajo el agua, a través de ondas que se reflejan al encontrar un objeto, permitiendo medir su distancia y tamaño.



Entretenimiento y Tecnología de Grabación

- *Grabación y reproducción de audio:* Los micrófonos y altavoces transforman el sonido en señales eléctricas y viceversa, lo cual permite grabar, almacenar y reproducir música, voces y otros sonidos.
- *Efectos de sonido:* En la creación de videojuegos, películas y teatro, el sonido se usa para crear efectos ambientales y mejorar la experiencia inmersiva.
- *Acústica de salas:* Los teatros, auditorios y estudios de grabación se diseñan para optimizar la acústica y mejorar la calidad del sonido que llega al público.



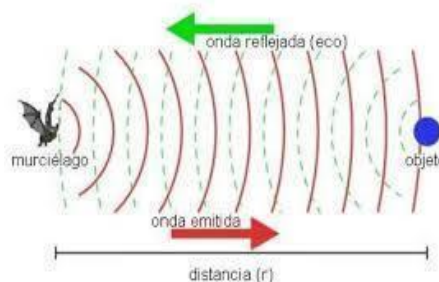
—Y mucho más, pero no los quiero aburrir.

—No, por favor díganos algo más —dijo Alejandra—.

—Está bien —dijo Hípasso con una gran sonrisa—.

Navegación y Localización

- *Sonar:* Utilizado en navegación marítima para detectar la profundidad del agua, identificar obstáculos y localizar bancos de peces mediante el rebote de ondas sonoras en objetos submarinos.
- *Ecolocalización:* Inspirada en murciélagos y delfines, se utiliza en tecnologías de ayuda para personas con discapacidad



visual. Emite sonidos que, al rebotar en objetos, permiten conocer su distancia y ubicación.

Seguridad

- *Alarmas sonoras:* Sistemas de alarma en casas y coches emiten sonidos fuertes para alertar sobre robos, incendios u otras emergencias.
- *Infrasonido y ultrasonido en vigilancia:* Algunas aplicaciones de vigilancia y seguridad usan ondas de sonido de frecuencias bajas o altas para detectar movimiento o la presencia de intrusos sin ser detectados.



Investigación Científica y Ambiental

- *Estudio de terremotos (sismología):* Los sismógrafos registran ondas sísmicas para analizar terremotos, su magnitud y ubicación, ayudando en la investigación geológica y en medidas preventivas.
- *Monitoreo de ecosistemas:* El sonido es utilizado para monitorear especies animales en áreas naturales mediante grabaciones de sus llamadas, ayudando a la conservación y estudio de biodiversidad.
- *Exploración planetaria:* Se usan ondas sonoras en ambientes simulados para estudiar cómo podrían propagarse en atmósferas diferentes a la terrestre, como en la Luna o Marte.



Educación y Terapia

- *Didáctica musical y fonética:* El sonido es esencial en la enseñanza de idiomas, música y habilidades auditivas. Ayuda en el desarrollo del lenguaje, la percepción musical y la sensibilidad auditiva.



- *Terapias de sonido:* Se usa el sonido en terapias para reducir el estrés, mejorar el sueño y tratar problemas de ansiedad. La musicoterapia, por ejemplo, utiliza el sonido para promover el bienestar emocional.



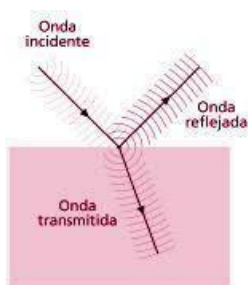
—Pero, hay algo muy importante que debo decir, porque tú no lo has dicho mi amor, me parece que se te olvidó.

—¿Qué será? —preguntó él sorprendido—.

—Los fenómenos ondulatorios —dijo altiva—.

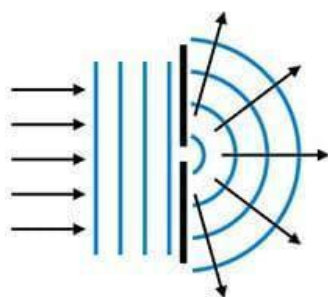
—¡Mamá! —dijo Peleo—.

—No se me olvidó. Ya lo digo.



Reflexión, es el rebote de las ondas de sonido cuando encuentran una superficie. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. En el eco, donde el sonido rebota en superficies y regresa al oyente. También se usa en arquitectura para diseñar auditorios con buena acústica, de forma que el sonido se refleje adecuadamente y se distribuya en el espacio.

Refracción es el cambio en la dirección y velocidad de la onda cuando pasa de un medio a otro, o cuando la temperatura del medio cambia. En el aire, el sonido se refracta hacia zonas más frías, donde su velocidad es menor. Esto se observa cerca de cuerpos de agua al amanecer o al atardecer, cuando el sonido se curva y se escucha a mayor distancia.



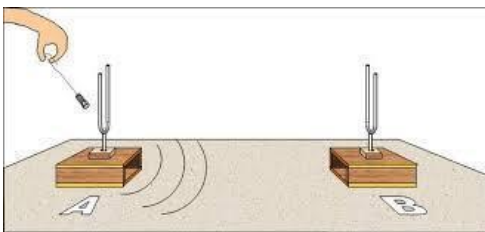
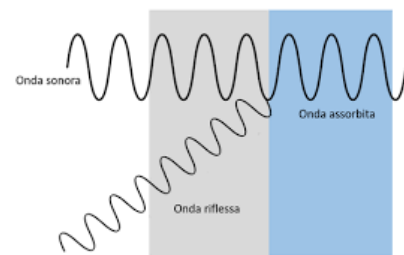
Difracción es la capacidad del sonido de rodear obstáculos o pasar a través de aberturas. La difracción ocurre más fácilmente con ondas de longitud grande (frecuencias bajas). Permite escuchar sonidos en una habitación desde otra, incluso si hay una puerta o pared entre ellas. En conciertos al aire libre, la difracción ayuda a que el sonido alcance zonas detrás de barreras.



Interferencia es la combinación de dos o más ondas en un punto, produciendo un patrón de interferencia. Puede ser constructiva —aumenta la intensidad del sonido— o destructiva —disminuye o cancela el sonido—. La interferencia constructiva se aprovecha en los coros y orquestas para que el sonido sea más rico. La interferencia destructiva se usa en auriculares de cancelación de ruido, que emiten ondas de fase opuesta para reducir el ruido

ambiental.

Absorción es la pérdida de energía de las ondas sonoras cuando pasan a través de un material, reduciendo su intensidad. Materiales como la espuma acústica o las alfombras absorben el sonido, mejorando la calidad acústica en estudios de grabación. La absorción evita ecos indeseados y reduce la contaminación sonora.



La *Resonancia* ocurre cuando un cuerpo vibra a la misma frecuencia que la frecuencia natural de otro cuerpo cercano, generando un aumento en la amplitud de las ondas. En los instrumentos musicales, como en las cuerdas de una guitarra, la caja de resonancia amplifica el sonido. También puede ocurrir en edificios o puentes debido a vibraciones de baja frecuencia, lo que puede ser peligroso en terremotos.

Doppler o el *efecto Doppler* es el cambio en la frecuencia del sonido percibido cuando la fuente de sonido o el receptor están en movimiento. El cambio en el tono de una sirena de ambulancia que se acerca —aumento de frecuencia— y luego se aleja —disminución de frecuencia—. Este efecto también se utiliza en radares para medir la velocidad de objetos. Como además el efecto es tanto más intenso cuanto mayor sea la velocidad entre el emisor y el receptor, podemos usar el efecto Doppler para calcular la velocidad de las estrellas y galaxias respecto de

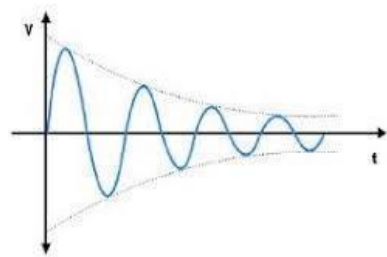
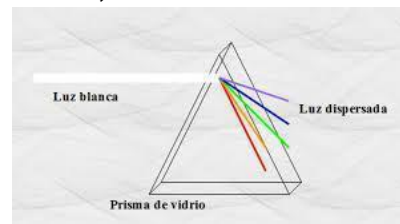
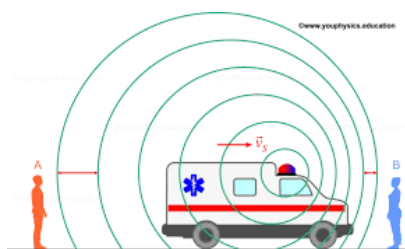
nosotros. El efecto recibe su nombre del físico austríaco del siglo XIX *Christian Doppler*.

Dispersión ocurre cuando una onda sonora se divide en múltiples direcciones al chocar con superficies irregulares o partículas en el medio. En



Doppler, C.

ambientes con muchas partículas en el aire, como una sala llena de personas, el sonido se dispersa más, disminuyendo su intensidad y claridad al alejarse de la fuente. Esto lo descubrió nuestro amigo Newton.



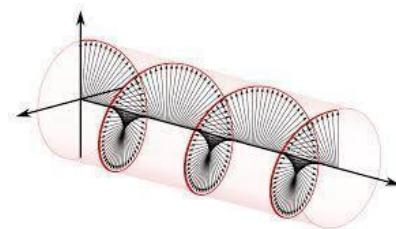
Atención o Atenuación la pérdida

gradual de la intensidad del sonido conforme se aleja de la fuente. Ocurre debido a la expansión de la onda y la absorción por el medio. Al escuchar una conversación a lo lejos, la intensidad del sonido disminuye, haciendo difícil entender las palabras. La atenuación también es crítica en diseño acústico para garantizar que el sonido alcance toda una sala de

manera uniforme.

—Como en las salas de cine o teatros —añadió Pitias—.

Polarización (No aplicable a sonido) El sonido no puede polarizarse porque es una onda longitudinal, es decir, sus partículas vibran en la misma dirección en la que la onda se propaga. Este fenómeno es propio de las ondas transversales, como la luz.



—Son como muchitos —dijo asombrado Peleo—.

—Pero muy importantes, eso da lugar a las aplicaciones —dijo su madre—.

La piscina estaba muy buena, temperada y poca gente. Los niños jóvenes disfrutaban mientras escuchaban atentamente. Escuchando la voz de Hípaso a Academo se le ocurrió que esa voz tendría relación con las ondas.

—La voz humana también tiene que ver con esto. ¿Cierto?



—Pues, sí —dijo su padre—.

La voz humana es el resultado de la producción y modulación de ondas sonoras creadas dentro del cuerpo. Al hablar o cantar, se generan ondas de sonido longitudinales que se propagan por el aire hasta llegar a los oídos de los oyentes. Esta producción y modulación de ondas es posible gracias a varios elementos fisiológicos y físicos.

Generación de Ondas Sonoras.

Las cuerdas vocales son pliegues musculares en la laringe que vibran cuando el aire pasa a través de ellas desde los pulmones. Esta vibración genera ondas sonoras. La frecuencia de estas ondas depende de la tensión, longitud y grosor de las cuerdas vocales.

Frecuencia y tono, la frecuencia de las vibraciones determina la altura o tono de la voz. Cuerdas vocales más tensas y delgadas producen tonos más agudos (frecuencias más altas), mientras que las cuerdas más relajadas y gruesas generan tonos graves (frecuencias más bajas).



Modulación y Control de las Ondas Sonoras.



Caja de resonancia. La voz humana se amplifica gracias a estructuras anatómicas que funcionan como cámaras de resonancia, como la boca, la cavidad nasal, y la faringe. Estas cavidades modifican las ondas sonoras, afectando el timbre de la voz.

Timbre. Cada persona tiene una estructura única en estas cavidades, lo que produce un timbre vocal distintivo. La forma y tamaño de las cavidades crean distintos armónicos y sobretonos que nos permiten diferenciar voces.

Articulación y Frecuencia

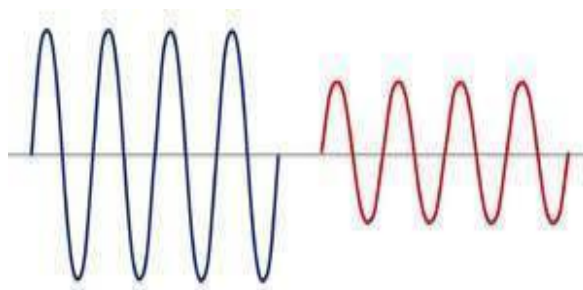
Órganos articuladores. Los labios, la lengua, los dientes y el paladar ayudan a modular las ondas de la voz, permitiendo la creación de sonidos específicos como vocales y consonantes. Cambiando la forma de la boca o la posición de la lengua, se alteran las frecuencias y los armónicos.

Frecuencias formantes. Las frecuencias particulares (llamadas formantes) definen las vocales y consonantes. Estas frecuencias se producen al filtrar las ondas sonoras en el tracto vocal, y cada vocal tiene una combinación específica de frecuencias formantes.

Amplitud e Intensidad.

Control de la presión del aire. La fuerza del aire que pasa por las cuerdas vocales afecta la amplitud de las ondas sonoras, determinando la intensidad o volumen de la voz. Al hablar en voz alta, el diafragma y los pulmones expulsan más aire, generando ondas de mayor amplitud.

Volumen. La amplitud de las ondas producidas al hablar fuerte es mayor que la de un susurro. Este control es fundamental en la proyección de la voz en espacios abiertos o en la modulación emocional de la voz.



Fenómenos de Ondas en la Voz Humana.

Resonancia. La resonancia ocurre cuando el tracto vocal favorece ciertas frecuencias, aumentando la amplitud de las ondas en esas frecuencias. Esto le da a la voz profundidad y claridad.



Interferencia. En el canto coral o los duetos, las voces se combinan, produciendo interferencias constructivas o destructivas. La interferencia constructiva intensifica ciertas frecuencias, mientras que la destructiva atenúa otras, creando efectos armónicos.



Efecto Doppler. Si una persona habla o canta mientras se mueve hacia el oyente, la frecuencia percibida aumenta ligeramente; si se aleja,

disminuye. Esto afecta cómo se percibe el tono de la voz en movimiento, aunque es menos notable en la voz que en otros sonidos.

—Pero los varones no cantan o hablan como las mujeres —dijo Yuliet—.

—Ciertamente —dijo Hípaso—. Diferencias.

La voz humana es un fenómeno acústico complejo, generado por la interacción de ondas de sonido con las cuerdas vocales y modulado por las cavidades resonantes y los órganos articuladores. Esto permite que la voz sea expresiva y diversa, permitiendo comunicación y expresión artística a través del lenguaje y el canto.

Los tipos de voz femeninas se clasifican principalmente por su *rango vocal*, es decir, la extensión de notas que pueden alcanzar, y sus cualidades de timbre. Los tres tipos principales son *soprano*, *mezzosoprano* y *contralto*.



Soprano.

Es la voz femenina más aguda, con un rango típico que va desde el Do₄ hasta el Do₆ —aunque algunas sopranos pueden alcanzar notas aún más altas—. Tiene un timbre brillante y claro, ideal para papeles de heroínas y personajes jóvenes en la ópera. Dentro de las sopranos, hay subtipos como la soprano lírica (suave y melodiosa), la soprano ligera (flexible y ágil) y la soprano dramática (más potente y con mayor resonancia).



—¿Conocen a Ariana Grande?

—Sí, claro yo la escucho —dijo Alejandra—.

—Ella es soprano ligera en el pop, es conocida por su capacidad de alcanzar notas altas con agilidad.

Mezzosoprano.

Es un rango intermedio, generalmente va desde el La3 hasta el La5. Tiene un timbre más oscuro y rico en comparación con la soprano, lo que le da una gran versatilidad. En ópera, las mezzosopranos suelen interpretar papeles de mujeres fuertes, personajes secundarios, y a veces roles masculinos —papeles de trouser o travesti—.

—¿Conocen a Beyoncé?

—Sí, hasta en películas —dijo Academo—.

—Ella es mezzosoprano en pop, su rango y fuerza vocal le permiten cantar tanto tonos medios como altos con gran expresión.

Contralto.

Es el rango más grave de las voces femeninas, abarcando desde el Fa3 hasta el Fa5. Las contraltos tienen una voz rara, con un timbre profundo, cálido y resonante. En la ópera, a menudo interpretan papeles de mujeres de carácter fuerte y a veces incluso personajes masculinos o sobrenaturales.

Aquí tenemos a Amy Winehouse, ella es contralto en jazz y pop, conocida por su tono bajo, emocional y profundo en canciones como *Back to Black*.

—¿Y en los hombres? —preguntó Peleo—.

—Interesante —dijo su padre—.

Las voces masculinas se clasifican en función de su rango vocal y timbre, al igual que las femeninas. Las principales categorías de voces masculinas son tenor, barítono y bajo. Cada una tiene características únicas y diferentes subtipos.



Tenor.

agilidad—.

Es la voz masculina más aguda, con un rango que generalmente va desde el Do3 hasta el Si4 o incluso el Do5 en tenores muy agudos. La voz del tenor es brillante y clara, ideal para papeles protagonistas en ópera y roles románticos. Hay subtipos, como el tenor lírico —suave y melodioso—, el tenor dramático —potente y resonante— y el tenor ligero —con gran

Aquí tenemos a mi cantante favorito, aunque ya murió, es Luciano Pavarotti un tenor lírico italiano conocido por su voz cálida y poderosa en óperas italianas como *Turandot* y *La Donna e Mobile*.



—¿Conocen a Freddie Mercury?

—Sí, de hecho, vimos la película —dijo Academo—.

—Él era tenor en rock, su rango agudo y potente le permitía interpretar canciones con notas altas y gran expresividad.

Barítono.

Es un rango intermedio, generalmente desde el La2 hasta el Sol4. La voz de barítono tiene un tono cálido y robusto, con una mezcla de gravedad y brillo. Suele interpretar roles de personajes de carácter fuerte o noble. Los subtipos incluyen el barítono lírico (suave) y el barítono dramático (fuerte y oscuro).



Fuente: Serie Zorro de Disney.

Aquí recuerdo al sargento García de la serie de televisión el Zorro. Él cantaba en varias ocasiones en ciertos capítulos con voz de barítono. Por ejemplo, los tamales y el comandante cruel.

Aquí tenemos al que llaman el rey, Elvis Presley, barítono en rock/pop, su voz profunda y versátil era ideal para el rock, baladas y gospel.



Bajo.

Es la voz masculina más grave, y suele cubrir desde el Mi2 hasta el Mi4. La voz de bajo es profunda y resonante, a menudo usada para personajes de autoridad, villanos o figuras sabias en la ópera. Hay subtipos como el bajo profundo (muy grave y oscuro) y el bajo-bufón (ligero, para papeles cómicos).

Aquí está Leonard Cohen, bajo-barítono en folk/pop, su voz grave y profunda le daba un estilo único en canciones como *Hallelujah*.

—Danos un ejemplo sobre los sonidos, que podamos entender mejor —dijo Academo—.

Imaginemos que un grupo de amigos están escuchando música en una sala como esa de allá. Uno de ellos percibe que un sonido es grave, otro lo siente como fuerte, y un tercero comenta que parece venir desde el lado derecho de la sala.

—¿Qué característica del sonido se relaciona con el comentario de que el sonido es grave?

Alejandra levantó la mano con intención de responder —El comentario de que el sonido es grave está relacionado con la frecuencia del sonido. Los sonidos graves tienen frecuencias bajas, mientras que los sonidos agudos tienen frecuencias altas.

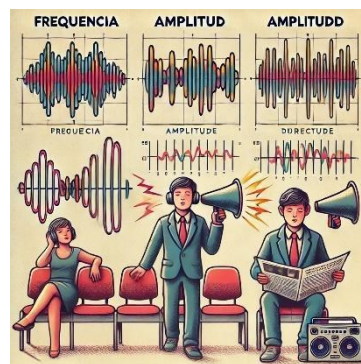


—¡Muy bien! Celebró Academo.

—Excelente —dijo Hípaso—. Vamos con otra pregunta ¿Qué característica del sonido explica que el sonido se perciba como fuerte?

Hubo un silencio momentáneo, pero Peleo rompió la tranquilidad.

—A ver, la percepción de que un sonido es fuerte está relacionada con la intensidad del sonido, que



depende de la amplitud de la onda sonora. Una mayor amplitud genera un sonido más fuerte.

—¡Recórcholis! —dijo Alejandra—.

—Muy buena respuesta. Veamos otra pregunta: ¿Qué propiedad del sonido está asociada a percibir que proviene desde el lado derecho de la sala?

Academio no esperó mucho.



—Esto está relacionado con la direccionalidad del sonido, que se percibe gracias al efecto estéreo y la capacidad del cerebro para detectar diferencias en el tiempo y la intensidad del sonido que llega a cada oído.

—¿Cómo sabes eso? —cuestionó Alejandra—.

—Una más, si el sonido grave tiene una frecuencia de 50 Hz y el sonido agudo tiene una frecuencia de 5000 Hz, ¿cuál es la relación entre las frecuencias?

—¡Yo! Es refácil —dijo Peleo—.

La relación entre las frecuencias se encuentra dividiendo la frecuencia del sonido agudo entre la del grave: $5000 \text{ Hz} / 50 \text{ Hz} = 100$



Esto significa que el sonido agudo tiene una frecuencia *100 veces mayor* que el sonido grave.

Luego de elogiarse y celebrar, todos salieron de la piscina, tenían hambre. Después de pasar toda la tarde disfrutando en la piscina, la familia decidió que era hora de salir y buscar algo de comer. Entre preguntas y bromas, se secaban con la toalla y recogieron sus cosas, mientras los amigos bromeaban sobre quién había hecho el mejor salto al agua. Se pusieron sus sandalias y caminaron juntos hasta un pequeño restaurante cercano a la piscina, donde encontraron una mesa grande para acomodarse todos. Aún con el cabello mojado y la piel bronceada por el sol, pidieron hamburguesas, pizzas y refrescos, y continuaron la charla animada mientras esperaban la comida, recordando los mejores momentos del día. Pero Hípaso pidió pescadito frito.

Luego de comer, los adultos les dijeron a los jóvenes que no debían meterse al agua todavía y que tenían que reposar un poco.

—Papá, es raro que no nos hayas mostrado cálculos —dijo Academo—.

—Aquí sí podemos —dijo Peleo—. Estamos secos.

—Bueno. Es verdad —dijo su padre—.



Supongamos que una onda de sonido se propaga en el aire a una velocidad de 340 m/s y tiene una frecuencia de 170 Hz. Calcula la longitud de onda de esta onda sonora.

Para calcular la longitud de onda (λ), podemos usar la fórmula:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Donde:

- v es la velocidad de la onda (340 m/s),
- f es la frecuencia de la onda (170 Hz).

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{170 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 2 \text{ m}$$

Entonces la longitud de onda es de 2 metros.

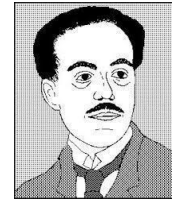
De hecho, la ecuación de la función de onda fue desarrollada en gran medida por el físico austríaco *Erwin Schrödinger* en el primer cuarto del siglo XX. Esta ecuación, conocida como la *ecuación de Schrödinger*, es fundamental en la mecánica cuántica y describe cómo evoluciona la función de onda de una partícula en el tiempo. La función de onda, representada por la letra griega ψ (psi), contiene toda la información probabilística sobre la posición y el estado de una partícula cuántica.

Schrödinger fue inspirado por ideas previas de otros científicos, en particular físico francés del siglo XX *Louis De Broglie*, quien sugirió que las partículas, como los electrones, también podían exhibir comportamiento ondulatorio.

La ecuación de Schrödinger fue revolucionaria porque proporcionó una manera matemática de describir este comportamiento ondulatorio en partículas subatómicas, dando nacimiento a la interpretación probabilística de la mecánica cuántica.



Schrödinger, E.



De Broglie, L.

$$Y = A \cdot \text{sen } \omega \cdot t$$

Donde:

Y: es la posición en metros

A: es amplitud en metros

ω : Frecuencia angular en rad/s

t: es tiempo en segundos

Esta ecuación describe ondas clásicas, pero no es la *ecuación de Schrödinger*, que es la función de onda en mecánica cuántica. La ecuación de Schrödinger es más compleja y se usa para describir la probabilidad de encontrar partículas subatómicas en posiciones específicas.

—Pero sirve igual. —preguntó Academo—.



—Su padre reflexiona un poco —Pues...

Describe cómo se propagan ondas en un medio, y tiene muchas aplicaciones prácticas en la física, especialmente en el estudio de ondas mecánicas, acústicas y electromagnéticas.

En el estudio de ondas sonoras, esta ecuación ayuda a entender cómo se propaga el sonido en el aire o en otros materiales. Por ejemplo, permite analizar la forma en que las ondas de sonido se mueven en una sala, lo cual es clave en la

acústica arquitectónica para diseñar auditorios y teatros que maximicen la claridad del sonido.

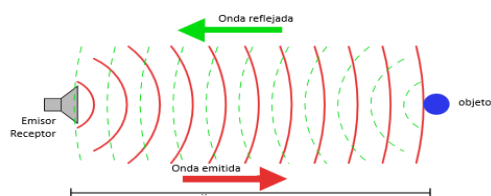
Cuando se aplica a una cuerda fija en ambos extremos, como la de una guitarra o un violín, esta ecuación describe los modos de vibración de la cuerda, lo cual permite entender cómo se generan diferentes notas musicales. Los puntos donde la cuerda vibra libremente o queda en reposo —nodos y antinodos— se determinan gracias a esta ecuación. La ecuación de onda es fundamental para analizar las ondas en superficies de agua, como las olas del mar. Permite predecir cómo se mueven las olas y cómo pueden interactuar entre sí o con objetos en el agua. Esto es útil en aplicaciones de ingeniería marítima y en la predicción de fenómenos como tsunamis.



La ecuación de onda describe cómo se propagan las ondas sísmicas en la Tierra durante un terremoto. Con ella, los sismólogos pueden analizar las trayectorias de las ondas, lo que ayuda a determinar el epicentro y la magnitud de un sismo, así como a estudiar la estructura interna de la Tierra. En el caso de ondas electromagnéticas, como la luz, la ecuación de onda es la base para entender la propagación de ondas de radio, microondas, y otros tipos de radiación electromagnética. Esto es fundamental para las telecomunicaciones, el diseño de antenas, y la transmisión de señales.

—Danos un ejercicio con esta fórmula, por favor. —sugirió Academo—.

—¡Claro! A ver, a ver.



Un cuerpo experimenta un M.A.S con un período de 4 segundos. Si inicia su movimiento cuando el resorte está alargado 20 cm. Determinar:



Al cabo de qué tiempo está a 10 cm y se dirige hacia el origen.

La velocidad del cuerpo cuando ha transcurrido un segundo después de haberlo soltado.

Los datos que tenemos son:

$$t = 4 \text{ segundos}$$

$$\omega = \pi / 2$$

—Pero ¿Qué significa M.A.S?

—Es un tipo de movimiento —dijo Hípaso—.



El *movimiento armónico simple (MAS)* es un tipo de movimiento oscilatorio que sigue una trayectoria repetitiva alrededor de una posición de equilibrio.

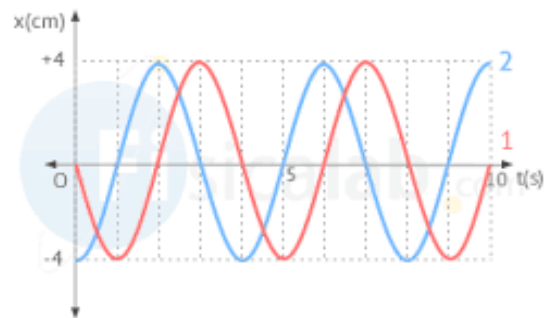
Este tipo de movimiento se caracteriza por ser periódico y en él, un objeto experimenta una fuerza que siempre está dirigida hacia una posición de equilibrio y cuya magnitud es proporcional al desplazamiento respecto a esa posición. Este tipo de movimiento es fundamental en física y se observa en sistemas como los péndulos, los resortes y las cuerdas vibratorias.

Usaremos la fórmula:

$$X = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi)$$

Φ es el desfase.

La ecuación del MAS encapsula cómo varía la posición de un objeto oscilante, reflejando un equilibrio entre la inercia y una fuerza restauradora. Su periodicidad y simetría son fundamentales para entender sistemas oscilatorios en la naturaleza y la tecnología. Cada componente de esta ecuación tiene un significado físico relacionado con el comportamiento oscilatorio:



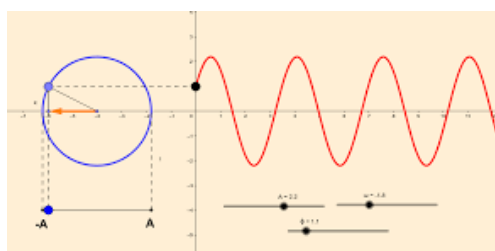
- $x(t)$:

Es la posición del objeto en función del tiempo t . Describe dónde se encuentra el objeto a lo largo de su trayectoria oscilatoria.

- *A (Amplitud):*
 - *Representa el máximo desplazamiento del objeto desde su posición de equilibrio.*
 - *Indica la intensidad o alcance del movimiento.*
 - *Siempre es un valor positivo.*
- *ω (Frecuencia angular):*
 - *Relaciona la rapidez con que el objeto oscila.*
 - *Está vinculada al período (T) y la frecuencia (f): $\omega = 2\pi f$*
 - *Se mide en radianes por segundo (rad/s).*
- *t:*
 - *Es el tiempo transcurrido desde que se comienza a observar el movimiento.*
 - *Es la variable independiente.*

Reemplacemos:

$$10 = 20 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right) \quad \text{recordemos que } \pi \text{ es equivalente a } 180^\circ$$



Fuente: Phet (2025).

$$\frac{10}{20} = \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$$

$$0,5 = \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$$

$$\cos^{-1}(0,5) = \frac{\pi}{2} \cdot t$$

$$60^\circ = \frac{\pi}{2} \cdot t$$

$$t = \frac{2 \cdot 60^\circ}{180^\circ}$$

$$t = \frac{2}{3} \text{ segundos}$$

Ahora veamos la velocidad:

$$V = -A \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$V = -20 \text{ cm} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{2}{3} \text{ s}\right)$$

$$V = -27,206 \text{ cm/s}$$

En fin, esta ecuación es clave para predecir y analizar cómo se mueven las ondas en distintos medios, y se usa en ingeniería, física, acústica, sismología y muchas otras áreas que dependen del comportamiento de las ondas.

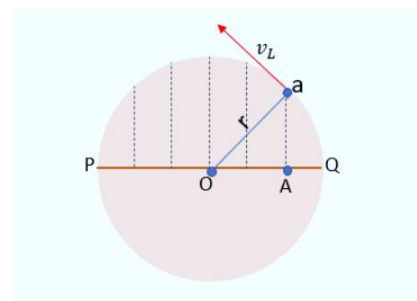


El movimiento armónico simple (MAS) es fundamental en la física porque describe muchos fenómenos naturales y tecnológicos. Su importancia radica en varios aspectos.

El M.A.S aparece en sistemas comunes como, oscilaciones de péndulos simples y resortes, ondas sísmicas, vibraciones de moléculas en química.

Es lógico que cuando la magnitud de la velocidad va cambiando, exista también una aceleración.

Dicha aceleración siempre se dirige a la posición central de equilibrio y su magnitud varía de la siguiente forma: cuando tenemos al movimiento en cualquiera de los extremos P o Q hacia el centro o punto O, en los extremos se obtiene la mayor magnitud de la aceleración, la cual disminuye a medida que se acerca al centro donde se hace nula.



Fuente: Autor (2025).

Cuando el punto “a” está en el centro, la velocidad es máxima y la aceleración es nula, y en los extremos la aceleración es máxima y la velocidad será nula.

Veamos un problema.

Un oscilador armónico describe un movimiento según la siguiente función.

$$X_t = 0,5 \cdot \cos \cos \left[8\pi t - \frac{\pi}{2} \right] \text{ m}$$

Indiquen la velocidad angular, la frecuencia de oscilación, la velocidad máxima y la aceleración máxima.

Partiendo de:

$$X = A \cdot \cos (\omega \cdot t + \varphi)$$

Podemos ubicar cada valor dado en la expresión general.

La velocidad angular está al lado izquierdo del tiempo (t).

$$\omega = 8\pi \text{ rad/s}$$

La frecuencia de oscilación es f.

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$f = \frac{8\pi \text{ rad/s}}{2\pi}$$

$$f = 4 \text{ Hz}$$

La velocidad máxima es V.

$$V = \omega \cdot A$$

$$V = 8\pi \text{ rad/s} \cdot 0,5 \text{ m}$$

$$V = 12,566 \text{ m/s}$$

La aceleración máxima es a.

$$a = -\omega^2 \cdot A$$

$$a = - (8\pi \text{ rad/s})^2 \cdot 0,5 \text{ m}$$

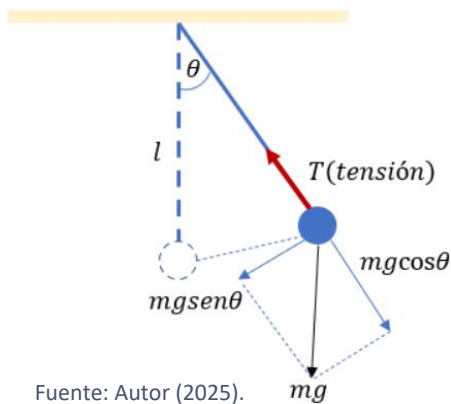
$$a = -315,827 \text{ m/s}^2$$

—Es refácil —dijo Academo—.

—Lo es —dijo Peleo—. Pero, mencionaste péndulos. ¿Cómo es eso?

Hípaso los miró —¡Qué buena pregunta!

Un péndulo simple está constituido por un cuerpo pesado que está suspendido en algún punto sobre un eje horizontal por medio de un hilo que posee masa despreciable. Cuando se separa un péndulo de su posición de equilibrio y después se suelta, oscila de un lado a otro por efecto de su peso.



La letra de tensión es parecida a la de período.

La expresión mg es el peso.

Si está fuera de los ejes se toma en cuenta las componentes de las fuerzas.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Donde:

T : período en segundos

l : longitud en metros

g : aceleración de la gravedad en m/s^2

El período de las oscilaciones, por muy pequeñas que sean, no depende de la masa del péndulo ni de la amplitud del movimiento, sino únicamente de su longitud. Además, el período es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la longitud del péndulo, e inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la magnitud de la aceleración debida a la acción de gravedad.

Veamos un ejemplo.

Determinemos el período de un péndulo y su frecuencia, si su longitud es de 45 cm.

Datos

$l = 45 \text{ cm}$. Si lo expresamos en metros tenemos, $45/100 = 0,45 \text{ m}$

El período de un péndulo lo tenemos con:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0,45 \text{ m}}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$T = 1,346 \text{ s}$$

Significa que desde que se soltó hasta volver al punto inicial transcurrió 1,346 segundos.

Su frecuencia la tenemos como inversa del período.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{1,346 \text{ s}}$$

$$f = 0,742 \text{ Hz}$$

Lo que nos dice es que da menos de una oscilación por segundo recorrido.

Veamos otro ejercicio más completo.

Un objeto de 9,8 N, unido a un resorte animado con M.A.S tiene una amplitud de 18 cm y un período de 6 s, en el instante en el que la elongación es de 12 cm. Calcular: A) La constante k B) La frecuencia. C) La aceleración D) La fuerza restauradora. E) La energía cinética F) La energía potencial. G) La energía total. H) La E_c y E_p máxima.

Pasemos directamente a resolver.

La constante k. Usaremos:

$$K = m \cdot \omega^2$$

Desde la fórmula del peso.

$$P = m \cdot g$$

Hallemos su masa.

$$m = \frac{P}{g}$$

$$m = \frac{9,8 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

Ahora buscaremos la frecuencia angular:

$$\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{6 \text{ s}}$$

$$\omega = 1,047 \text{ rad/s}$$

Estamos listos para hallar k:

$$K = 1 \text{ kg} \cdot (1,047 \text{ rad/s})^2$$

$$K = 1,096 \text{ kg/s}^2$$

La frecuencia. Usaremos:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{6 \text{ s}}$$

$$f = 0,166 \text{ Hz}$$

La aceleración. Usaremos:

$$a = -\omega^2 \cdot X$$

La elongación $X = 182 \text{ cm}$. Para expresar en metros, tenemos: $12/100 = 0,12 \text{ m}$

$$a = -(1,047 \text{ rad/s})^2 \cdot 0,12 \text{ m}$$

$$a = -0,131 \text{ m/s}^2$$

La fuerza restauradora. Usaremos:

$$F = m \cdot a$$

$$F = 1 \text{ kg} \cdot -0,131 \text{ m/s}^2$$

$$F = -0,131 \text{ N}$$

La energía cinética. Usaremos:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

Hallaremos la velocidad con:

$$V = -2\pi f \sqrt{A^2 - X^2}$$

La amplitud A es 18 cm , para expresar en metros, tenemos: $18/100 = 0,18 \text{ m}$.

$$V = -2\pi(0,166 \text{ Hz})\sqrt{(0,18\text{m})^2 - (0,12\text{m})^2}$$

$$V = -0,139 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ kg} \cdot (-0,139 \text{ m/s})^2$$

$$E_c = 0,0096 \text{ J}$$

La energía potencial. Usaremos:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot X^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \left(1,096 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}\right) \cdot (0,12 \text{ m})^2$$

$$E_p = 0,0078 \text{ J}$$

La energía total. Usaremos:

$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_m = 0,0096 \text{ J} + 0,0078 \text{ J}$$

$$E_m = 0,0174 \text{ J}$$

La E_c y E_p máxima.

Usaremos para la cinética:

$$E_{c\max} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_{\max}^2$$

Esa velocidad máxima la tenemos con:

$$V_{\max} = -2\pi fA$$

$$V_{\max} = -2\pi(0,166 \text{ Hz})(0,18\text{m})$$

$$V_{\max} = -0,187 \text{ m/s}$$

$$E_{c\max} = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ kg} \cdot (-0,187 \text{ m/s})^2$$

$$E_{c\max} = 0,0174 \text{ J}$$

Usaremos para la potencial:

$$E_{p\max} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2$$

$$E_{p\max} = \frac{1}{2} \cdot (1,096 \text{ kg/s}^2) \cdot (0,18\text{m})^2$$

$$E_{p\max} = 0,0177 \text{ J}$$

—Este sí que es completo, papá. —exclamó Peleo—.

—Sí, hermanito.

—Tienen razón, pero el MAS es complejo e intrigante.

Es la base para el Estudio de Ondas, como las ondas, como las de sonido o las electromagnéticas, se basan en la repetición cíclica que modela el M.A.S. Ayuda a entender el M.A.S es esencial para comprender fenómenos ondulatorios como la interferencia y la resonancia. En *Aplicaciones Tecnológicas*, como en la mecánica de relojes, los péndulos funcionan por principios del MAS y en dispositivos modernos como sensores, micrófonos y altavoces.

Asimismo, en *Modelación de Sistemas Complejos*, es una aproximación para sistemas oscilatorios no lineales, como vibraciones estructurales en edificios y puentes. Los ingenieros utilizan el MAS para prever y diseñar sistemas que resistan vibraciones. Para *Predicción y Control de Oscilaciones* porque permite diseñar mecanismos que eviten resonancias perjudiciales, por ejemplo, en turbinas o aviones.



Fuente: Generado por IA (2025).

El MAS es un punto de partida para estudiar fenómenos más avanzados, como el movimiento armónico amortiguado o el forzado. Entonces, ayuda a desarrollar el concepto de energía potencial y cinética de un sistema oscilante.

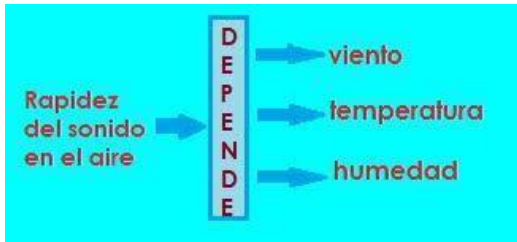
—Entonces se sabe lo rápido que va el sonido —dijo Peleo—.

—Sí, sabemos.

La velocidad del sonido varía en función del medio en el que se propaga, y esto está relacionado principalmente con las propiedades físicas de los materiales, como la densidad y la elasticidad. En los sólidos, las partículas están muy juntas y son muy elásticas, lo que permite que las vibraciones se transmitan rápidamente. Esto hace que la velocidad del sonido en sólidos sea generalmente mucho mayor que en líquidos y gases. Por ejemplo, en el acero, la velocidad del sonido es de aproximadamente 5 100 m/s, mucho mayor que en el aire.



Por su parte, en los líquidos, las partículas están más separadas que en los sólidos, pero aún lo suficientemente cercanas para transmitir vibraciones rápidamente. En el agua, por ejemplo, la velocidad del sonido es de aproximadamente 1 480 m/s a temperatura ambiente, que es más baja que en los sólidos, pero mucho más alta que en los gases.



Fuente: Autor (2025).

Pero, en los gases, las partículas están mucho más separadas y se mueven más libremente. Esto hace que el sonido viaje más lentamente en los gases. En el aire, la velocidad del sonido es de aproximadamente 343 m/s a temperatura ambiente (20°C). Además, la velocidad del sonido en los gases



Fuente: Generado por IA (2025).



también depende de la temperatura, a mayor temperatura, las partículas se mueven más rápido, lo que aumenta la velocidad del sonido.

—¿Es más rápido en los sólidos? —dijo impresionado Academo—.

—Es curioso. ¿no? —dijo en forma retórica su padre—.

Una curiosidad interesante sobre el sonido es que, en el espacio vacío, no se puede escuchar nada. Esto se debe a que el sonido necesita un medio, como el aire, el agua o el metal, para propagarse a través de vibraciones. En el vacío, donde no hay moléculas para transmitir estas vibraciones, el sonido no puede viajar. Así que, aunque el espacio exterior esté lleno de fenómenos fascinantes, el sonido no puede viajar a través de él.



—Muéstranos un ejemplo sobre la intensidad del sonido —sugirió Academo muy curioso—.

—¡Claro! Veamos:

La alarma de una casa se activa y emite un sonido con una potencia media de 20 vatios. Pedro se encuentra a 10 metros de la fuente de sonido, ¿Cuál es la intensidad del sonido que percibe Pedro?

Identifiquemos los valores que tenemos:

$$P = 20 \text{ W}$$

$$r = 10 \text{ m}$$

La fórmula de intensidad que usaremos es:

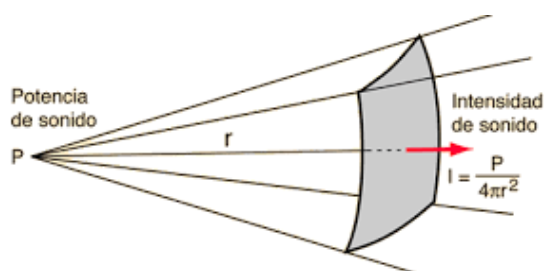
$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$I = \frac{20 \text{ W}}{4\pi(10\text{m})^2}$$

El sonido transporta energía en forma de ondas mecánicas. Si estás a cierta distancia de una fuente sonora, como un altavoz, esta intensidad indica cuánta energía (en vatios) se recibe por metro cuadrado en esa posición.

$$I = 0,016 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Pedro percibe el sonido de la alarma con una intensidad de 0,016 W/m²



Fuente: Generado por IA (2025).

Significa que cada metro cuadrado de la superficie perpendicular a la propagación del sonido recibe una potencia de 0,016 vatios debido a la onda sonora.

—Pero, era en decibeles. ¿no? —dijo Peleo—.

—Encontremos el nivel de intensidad de un sonido de 10^{-8} W/m^2 —dijo su padre—.

Aquí los valores conocidos son:



$I = 10^{-8} \text{ W/m}^2$ pero la intensidad base del umbral es $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

la fórmula de nivel de intensidad que usaremos:

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$\beta = 10 \log \log \left(\frac{10^{-8} \text{ W/m}^2}{10^{-12} \text{ W/m}^2} \right)$$

Los *decibelios (dB)* son una unidad logarítmica que usamos para medir la intensidad de los sonidos. En pocas palabras, los decibelios indican qué tan fuerte o intenso es un sonido en comparación con un nivel de referencia.

$$\beta = 40 \text{ dB}$$

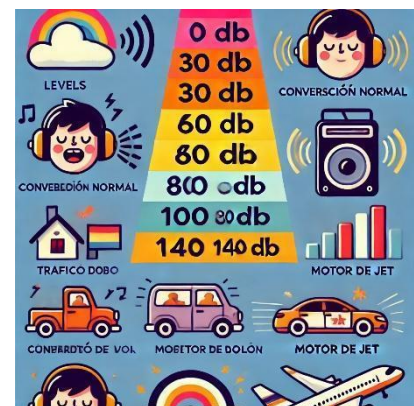
El nivel de intensidad es de 40 decibeles.

El oído humano percibe cambios en los decibelios de manera aproximada. Un aumento de 10 dB suena aproximadamente dos veces más fuerte. Un aumento de 20 dB se percibe como cuatro veces más fuerte.

—No entiendo bien eso todavía, ¿Puedes comparar con algo? —preguntó Peleo—.

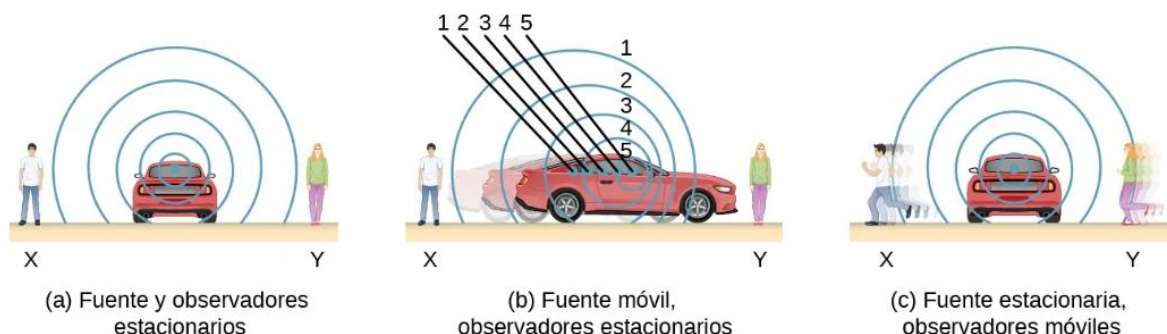
—Bueno —dijo Hípaso—. Pongámoslo así:

- *0 dB Umbral de audición, silencio absoluto*
- *30 dB Susurro o una biblioteca*
- *60 dB Conversación normal*
- *80 dB Tráfico en una calle concurrida*
- *100 dB Concierto o una motosierra cercana*
- *120 dB Umbral de dolor (riesgo de daño auditivo)*

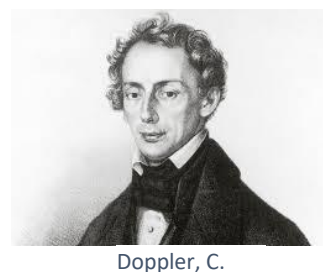


Fuente: Born, M., & Wolf, E. (1999)

No se debe confundir la intensidad del sonido con su frecuencia.



El sonido característico de una motocicleta que pasa zumbando es un ejemplo del *Efecto Doppler*. En concreto, si ustedes están parados en una esquina de una calle y observan una ambulancia con la sirena encendida que pasa a una velocidad constante, notarán dos cambios característicos en el sonido de la sirena. Primero, el sonido aumenta su volumen a medida que la ambulancia se acerca y disminuye el volumen a medida que se aleja, lo que es de esperar. Pero, además, la sirena aguda cambia drásticamente a un sonido más grave. A medida que pasa la ambulancia, la frecuencia del sonido que escucha un observador estacionario cambia de una frecuencia alta constante a una frecuencia baja constante, aunque la sirena esté produciendo una fuente de frecuencia constante. Cuanto más cerca pase la ambulancia, más brusco será el cambio. Además, cuanto más rápido se mueva la ambulancia, mayor será el cambio. También oímos este cambio de frecuencia característico cuando pasan automóviles, aviones y trenes.



El Efecto Doppler es una alteración de la frecuencia observada de un sonido debido al movimiento de la fuente o del observador. Aunque es menos conocido, este efecto es fácilmente perceptible para una fuente estacionaria y un observador en movimiento. Por ejemplo, si pasa por delante de un tren con una bocina de advertencia estacionaria, oirá que la frecuencia de la bocina cambia de alta a baja cuando usted pasa. El cambio real en la frecuencia debido al movimiento relativo de la fuente y el observador se denomina corrimiento Doppler. El Efecto Doppler y el corrimiento Doppler deben su nombre al físico y matemático austriaco Christian Johann Doppler (1803-1853), quien

hizo experimentos con fuentes y observadores en movimiento. Doppler, por ejemplo, hizo que los músicos tocaran en un vagón de tren abierto en movimiento y que también lo hicieran parados junto a las vías del tren mientras este pasaba. Se observó su música tanto dentro como fuera del tren, y se midieron los cambios de frecuencia.

Corrimiento Doppler $f_o = f_s \left(\frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} \right)$	Observador estacionario	El observador se mueve hacia la fuente	El observador se aleja de la fuente
Fuente estacionaria	$f_o = f_s$	$f_o = f_s \left(\frac{v + v_o}{v} \right)$	$f_o = f_s \left(\frac{v - v_o}{v} \right)$
Fuente en movimiento hacia el observador	$f_o = f_s \left(\frac{v}{v - v_s} \right)$	$f_o = f_s \left(\frac{v + v_o}{v - v_s} \right)$	$f_o = f_s \left(\frac{v - v_o}{v - v_s} \right)$
Fuente que se aleja del observador	$f_o = f_s \left(\frac{v}{v + v_s} \right)$	$f_o = f_s \left(\frac{v + v_o}{v + v_s} \right)$	$f_o = f_s \left(\frac{v - v_o}{v + v_s} \right)$

Supongan que un tren con una bocina de 150 Hz se desplaza a 35 m/s en aire quieto un día en que la velocidad del sonido es de 340 m/s.

¿Qué frecuencias observan una persona en estado estacionario al lado de las vías cuando el tren se acerca y después de que pasa?

¿Qué frecuencia observan el maquinista que va en el tren?

Para calcular la frecuencia observada en (a), debemos usar $f_{\text{obs}} = f_s \frac{v}{v \pm v_s}$

porque la fuente está en movimiento. El signo menos se utiliza para el tren que se acerca y el signo más para el que se aleja. En la segunda interrogante, hay dos corrimientos Doppler: uno para una fuente en movimiento y otro para un observador en movimiento.

Introduzcamos los valores conocidos en:

$$f_o = f_s \frac{v}{v - v_s}$$

$$f_o = 150 \text{ Hz} \frac{340 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s} - 35 \text{ m/s}}$$

$$f_o = 167,21 \text{ Hz}$$

Es la frecuencia observada por una persona en estado estacionario cuando el tren se acerca.

Usemos la misma ecuación con el signo más para calcular la frecuencia que oye una persona parada cuando el tren se aleja:

$$f_o = f_s \frac{v}{v + v_s}$$

$$f_o = 150 \text{ Hz} \frac{340 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s} + 35 \text{ m/s}}$$

$$f_o = 136 \text{ Hz}$$

El Efecto Doppler y el corrimiento Doppler tienen muchas aplicaciones importantes en la ciencia y la ingeniería. Por ejemplo, el corrimiento Doppler de los ultrasonidos se puede usar para medir la velocidad de la sangre, y la policía utiliza el corrimiento Doppler de un radar (una microonda) para medir la velocidad de los automóviles. En meteorología, el corrimiento Doppler se utiliza para seguir el movimiento de nubes de tormenta; este “radar Doppler” puede dar la velocidad y la dirección de la lluvia o la nieve en los frentes meteorológicos. En astronomía, podemos examinar la luz emitida por galaxias lejanas y determinar su velocidad en relación con la nuestra. Cuando las galaxias se alejan de nosotros, su luz se desplaza a una frecuencia más baja y, por tanto, a una longitud de onda más larga, lo que se conoce como corrimiento al rojo. Esta información procedente de galaxias muy muy lejanas ha permitido estimar la edad del universo —desde el Big Bang— en unos 14 000 millones de años.

—¿Y ahora? —preguntó mirándolo a los ojos—.

—Ah, qué fácil es así —dijo Peleo—.



—Les diré algo más curioso —dijo Pitias—.

¿Sabían que el sonido puede ser tan poderoso que incluso puede romper vidrio? Esto ocurre porque ciertos sonidos, cuando alcanzan una frecuencia específica y la energía es lo suficientemente intensa, pueden hacer que el vidrio vibre hasta romperse. Este fenómeno se llama *resonancia*.



Además, como el sonido no solo viaja en el aire, sino que también puede moverse bajo el agua, en el metal, ¡Y hasta en nuestros propios huesos! Los humanos oímos a través del aire, pero hay animales, como las ballenas y los elefantes, que usan sonidos de baja frecuencia para comunicarse a través de grandes distancias en el agua o la tierra. Incluso hay sonidos tan bajos (infrasonidos) que nosotros no podemos escuchar, pero otros animales sí. ¡Es como un lenguaje secreto que está ahí, pero no podemos percibir!

—Wow, mi amor, te volaste la barda —dijo su esposo muy emocionado—.

—Mamá es impresionante —dijo Academo—.

—Sí, es cierto, pero papá aun no dice nada de las ondas electromagnéticas —apuntó Peleo—.

—Es verdad, no nos has dicho nada sobre ese otro tipo de ondas —dijo su hermano—.



La tarde estaba en su apogeo y debían irse a casa. El encargado del club los miraba con pena y apuro, debía cerrar el lugar para limpiar. Así las cosas, se dirigieron al carro, no tenían que cargar cosas, no llevaron casi nada. Cuando comenzó el recorrido de vuelta, Hípaso dijo:



¿Alguna vez han visto un relámpago en una tormenta y luego, después de unos segundos, escucharon el trueno? Luego hizo una pausa y continuó ¿Se han preguntado por qué no llegan al mismo tiempo?

—Sí, papá, he notado —dijo Academo—.

—Yo también —dijo su hermano—.

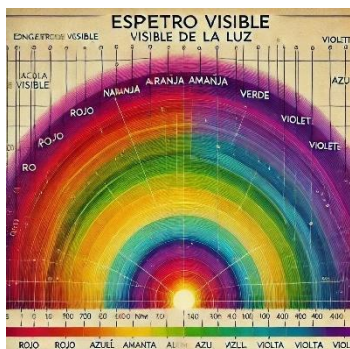
—Debe saber —dijo su padre—. Que el rayo y el trueno suceden simultáneamente en el mismo lugar, pero nos llegan en momentos diferentes porque viajan de forma distinta. El trueno es una onda de sonido, que necesita el aire, o como ya vimos, otro medio material para moverse y es más lenta. El rayo, en cambio, es una onda de luz, que viaja a una velocidad muchísimo mayor y puede desplazarse incluso en el vacío, como en el espacio.



—¿Cuánto más rápido? —preguntó Peleo—.

—Es muy importante esa pregunta —dijo Hípaso—. Verán:

La velocidad de la luz y de las ondas electromagnéticas es sorprendentemente rápida, en el vacío, se mueve a aproximadamente 299 792 458 metros por segundo, es decir, casi 300 000 kilómetros por segundo. Esto significa que la luz puede darle casi 7,5 vueltas a la Tierra en un solo segundo.



Las ondas electromagnéticas, como la *luz visible*, los *rayos X*, las *microondas* y las *ondas de radio*, comparten esta capacidad de viajar a través del vacío sin depender de un medio. Todas estas ondas se desplazan a la misma velocidad en el vacío, pero sus *longitudes de onda* y *frecuencias* varían, lo que hace que tengan distintas propiedades y aplicaciones.

—Entonces podemos decir que, son varias —apuntó Academo—.

—Sí, de hecho —prosiguió su padre—.

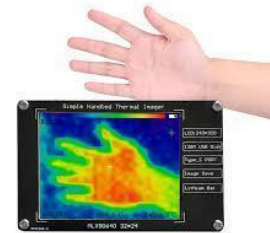
El espectro electromagnético organiza estas ondas según su frecuencia y longitud de onda.

Ondas de radio: Tienen la frecuencia más baja y la longitud de onda más larga. Las usamos para la transmisión de radio, televisión y Wi-Fi.



Microondas: Tienen una frecuencia más alta que las ondas de radio y son útiles para la comunicación de datos — como en los celulares— y en los hornos de microondas.

Infrarrojo: Tiene una frecuencia más alta que las microondas. Es el tipo de radiación que detectamos como calor y se utiliza en controles remotos, visión nocturna y en algunas terapias médicas.



Luz visible: Esta es la parte del espectro que nuestros ojos pueden ver. Cada color representa una longitud de onda diferente.

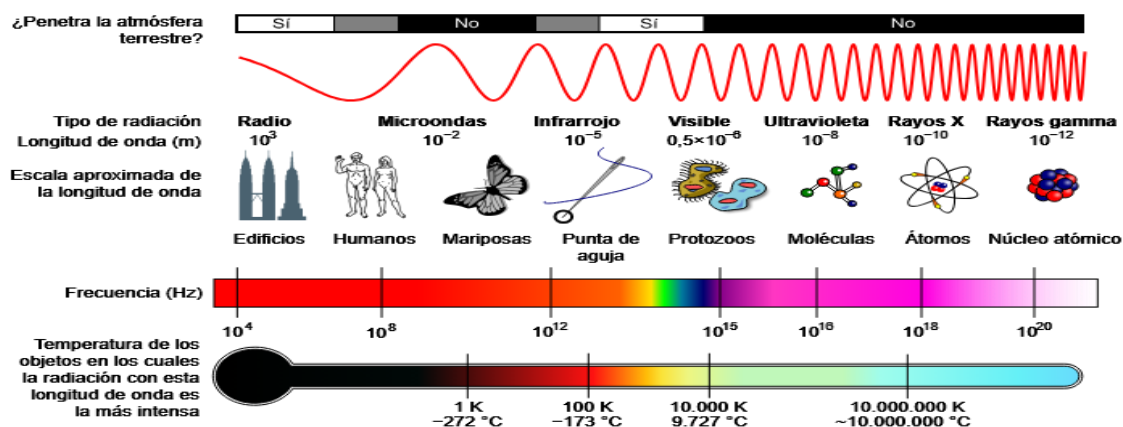


Ultravioleta: Con una frecuencia más alta que la luz visible, el ultravioleta puede causar quemaduras en la piel, pero también es útil en la esterilización.

Rayos X y rayos gamma: Son las ondas electromagnéticas con frecuencias más altas y se utilizan en medicina para imágenes de diagnóstico y en el tratamiento de cáncer.



La luz visible es solo una pequeña parte de este espectro, y el hecho de que todas las ondas electromagnéticas viajen a la misma velocidad en el vacío es lo que las une. Pero, al pasar a través de medios como el agua o el vidrio, su velocidad puede disminuir, afectando su trayectoria y creando fenómenos como la refracción.



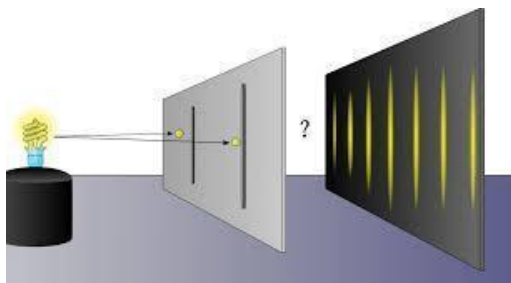
Fuente: Born, M., & Wolf, E. (1999).

Aquí podemos ver que las ondas son muchas, algunas entran a la atmósfera del planeta y otras son bloqueadas. Asimismo, algunas ondas son grandes y otras muy pequeñas, las que tienen menor longitud de onda, tienen mayor frecuencia y allí hay una característica muy importante, pues las de mayor frecuencia tienen mayor energía.

A lo largo de la historia, diversas teorías han intentado explicar la naturaleza de la luz. La teoría corpuscular, propuesta por Newton en el siglo XVII, sostiene que la luz está compuesta por partículas diminutas llamadas corpusculares, que se comportan como pequeñas bolitas que viajan en línea recta. Sin embargo, a fines del siglo XIX, Fresnel y otros científicos desarrollaron la teoría ondulatoria, que afirmaba que la luz es una onda, similar a las ondas en el agua, y que se propaga a través del espacio como una vibración del medio.



Esta teoría fue confirmada por fenómenos como la interferencia y la difracción de la luz. En el siglo XX, Einstein introdujo el concepto de la dualidad



Fuente: Generado por IA (2025).

propiedades ondulatorias y corpusculares, desafiando las concepciones tradicionales.

El espectro electromagnético abarca todas las ondas electromagnéticas, clasificadas según su longitud de onda o frecuencia, desde las ondas de radio, con mayor longitud de onda, hasta los rayos gamma, con la menor. Incluye las microondas—comunicaciones y hornos—, el infrarrojo —calor y visión nocturna—, la luz visible percepción de colores—, —el ultravioleta —desinfección y efectos en la piel—, los rayos X diagnóstico médico— y los rayos gamma —radioterapia y estudios nucleares—. Todas estas ondas viajan a la velocidad de la luz en el vacío y tienen aplicaciones fundamentales en áreas como la comunicación, la medicina, la tecnología y la investigación científica.

Un láser —Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation— está estrechamente relacionado con el espectro electromagnético porque emite luz que forma parte de este espectro. El espectro electromagnético abarca una amplia gama de longitudes de onda, desde las ondas de radio hasta los rayos gamma, incluyendo la luz visible, las microondas, los rayos X y más. Los láseres emiten luz coherente, es decir, luz de una longitud de onda específica y en fase, que se encuentra en una porción particular del espectro, generalmente en el rango de la luz visible, infrarroja o ultravioleta.

Es importante mencionar una persona muy importante en este campo.

Donna Strickland es ganadora del Premio Nobel de Física en 2018 por su trabajo en la óptica láser, que revolucionó la producción de pulsos láser ultracortos y de alta intensidad.



Strickland, D.

Es una canadiense, una ingeniera física, pionera en la investigación en el campo del láser. Es profesora asociada del departamento de física y astronomía de la Universidad de Waterloo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Dependiendo del material utilizado en el láser, la longitud de onda de la luz emitida puede variar, lo que lo hace útil en diversas aplicaciones. Por ejemplo, los láseres rojos emiten en el rango del rojo dentro del espectro visible, mientras que los láseres infrarrojos emiten luz con longitudes de onda más largas,

fuera del rango visible. Los láseres están diseñados para emitir luz en una sola longitud de onda o un pequeño rango de longitudes de onda, lo que los hace muy precisos y útiles en aplicaciones como comunicaciones, cirugía, espectroscopía, lectura de códigos de barras y muchos otros campos tecnológicos.

—Es como el de la película de guerra de las galaxias —dijo Academo—.

—Mmm. Pues no.

El láser de *Star Wars*, conocido como el bláster o pistola láser, es una representación ficticia de lo que se podría considerar un láser en un entorno de ciencia ficción. En realidad, los láseres actuales funcionan de manera diferente a lo que se muestra en las películas.

Un láser real emite un rayo de luz muy concentrada, pero este rayo no tiene la capacidad de ser visible en el aire como en *Star Wars*. En el mundo real, los láseres no dejan rastros brillantes ni crean disparos visibles sin efectos adicionales como el humo o polvo que dispersa la luz, y, además, la luz de un láser no se detiene en el aire como ocurre en las películas.



Por otro lado, aunque los láseres militares existen y se usan para aplicaciones como la defensa —por ejemplo, en sistemas de defensa de misiles o en proyectos de energía dirigida—, estos funcionan de manera muy diferente al láser de *Star Wars*. Los láseres de alta energía reales están diseñados para calentar y destruir objetivos a distancia, pero el rayo láser es invisible a simple vista a menos que se disperse en partículas.

—Solo sirven para jugar —dijo Academo—.

—No, no, no —dijo moviendo la cabeza Hípaso—.

Los láseres tienen una amplia variedad de aplicaciones importantes en diversos campos. En medicina, se utilizan para cirugías precisas, como la corrección de la vista (lasik), el tratamiento de tumores y la eliminación de cálculos renales.

En la industria, son fundamentales en el corte, soldadura y marcado de materiales, gracias a su capacidad de enfocarse en áreas extremadamente pequeñas. En comunicaciones, los láseres se emplean en fibra óptica para transmitir datos a alta velocidad a largas distancias. También tienen aplicaciones en la investigación científica, como en espectroscopía y microscopía, permitiendo el estudio de estructuras moleculares y biológicas. Además, los láseres son cruciales en tecnologías como los lectores de códigos de barras, los sistemas de posicionamiento láser y en el desarrollo de armas de energía dirigida.

—¿Y ese termómetro en el espectro, papá? —preguntó Peleo—.



—Esto nos muestra que con más energía también tienen mayor temperatura —dijo su padre—.

—Esto nos dice que hay ondas más calientes —dijo Academo—.

—Pues, veamos algo. ¿Cuál color creen que es más caliente? ¿Rojo o azul? —preguntó su padre—.

—Es refácil papá —dijo Peleo—. En los baños vemos la respuesta. El rojo es para agua caliente y el azul para el agua fría.



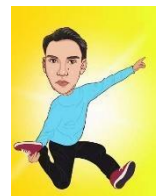
—Pero vean el espectro —dijo su padre—.

—No puede ser —dijo Peleo—. El azul tiene mayor temperatura. —Lo que significa que el azul es más caliente que el rojo —dijo su madre—. En la flama de la cocina podemos verlo. Si el color es amarillo, no va bien, pero si el color es azul el calor suministrado es perfecto.

—Es increíble cuanta variedad —dijo muy sorprendido Peleo—. — Entonces, los colores en los baños son mentira —dijo Academo—.



—Es y no es. Pues esto responde a sensaciones humanas —aclaró su padre—. El uso de los colores *rojo* para el agua caliente y *azul* para el agua fría tiene su origen en una asociación universal de colores con temperaturas, basada en percepciones naturales y culturales. El rojo se asocia con el calor porque recuerda elementos calientes como el fuego, el sol y objetos incandescentes,



mientras que el azul evoca frío, relacionado con el hielo, el agua fría y el cielo despejado.



Además, esta codificación de colores se ha estandarizado a nivel mundial para facilitar la identificación rápida y evitar accidentes, especialmente en lugares públicos o con sistemas de fontanería desconocidos. Esta convención es útil, ya que transmite de manera intuitiva las funciones de los grifos o manillas a personas de diferentes idiomas o culturas.



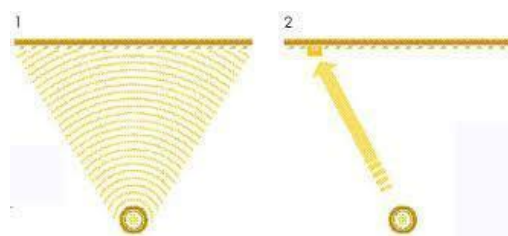
—Les diré algo más —dijo su madre—.

Algo fascinante sobre la luz es que, aunque parece moverse en línea recta, puede doblarse y cambiar de dirección al pasar por diferentes medios, como el agua o el vidrio. Este fenómeno, conocido como *refracción*, es la razón por la cual los objetos parcialmente sumergidos en agua, como una cuchara en un vaso, parecen doblarse en el punto donde entran en contacto con el agua.

—Eso dijo papá hace rato en la piscina —aclaró Peleo—.

Pitias pensó un poco y dijo:

Además, la luz es tanto una onda como una partícula, un concepto conocido como *dualidad onda-partícula*. Cuando pensamos en la luz como una onda, podemos entender fenómenos como la interferencia y la difracción, mientras que cuando la tratamos como partículas, es decir, fotones, podemos explicar efectos como el *efecto fotoeléctrico*, donde la luz libera electrones de un material. Esta dualidad desafía las ideas tradicionales sobre la materia y es uno de los principios fundamentales de la física cuántica.

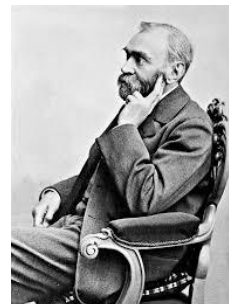


—Por cierto, Einstein ganó el premio nobel por el efecto fotoeléctrico en 1921 —añadió Hípaso sin dejar de mirar el camino—.

—También eso lo dijo papá —apuntó Academo—.

—¿Qué significa ese premio? Papá. —preguntó Peleo—.

El Premio Nobel es un premio que se otorga a personas que han hecho grandes contribuciones en física, química, medicina, literatura, paz y economía. Fue creado en 1895 por Alfred Nobel, un inventor sueco, quien dejó establecido en su testamento que su fortuna se destinara a premiar a quienes realizaran contribuciones significativas en estos campos. Los premios se entregan en una ceremonia en Estocolmo —excepto el Premio de la Paz, que se otorga en Oslo— cada 10 de diciembre, aniversario de la muerte de Nobel. Los ganadores reciben una medalla, un diploma y dinero. El Premio Nobel es considerado como uno de los más altos reconocimientos en sus respectivas disciplinas.



Nobel, A.

La dotación económica varía cada año según los fondos disponibles. La cantidad suele ser considerable, aunque puede cambiar dependiendo de las condiciones económicas de la Fundación Nobel. Puede alcanzar el millón de dólares.



El Premio Nobel de Física es uno de los premios más prestigiosos en el ámbito científico a nivel mundial. Se entrega anualmente, desde 1901, a investigadores que han hecho descubrimientos o inventos importantes en el campo de la física. Este reconocimiento ha desempeñado un papel crucial en el avance de la ciencia y la promoción de la investigación en el campo de la física. También ha permitido reconocer y recompensar los esfuerzos excepcionales de los científicos, así como difundir sus logros a nivel mundial y facilitar que sus hallazgos encuentren aplicaciones en infinidad de áreas.

El primer premio Nobel de Física fue entregado a Wilhelm Conrad Röntgen en 1901. El físico alemán fue reconocido por su importante descubrimiento de los rayos X, una forma de radiación electromagnética que se utiliza en la medicina y otras aplicaciones.



Röntgen, A.

Sin embargo, existen otros premios como:

- *La Medalla de la Real Sociedad Española de Física* que reconoce la excelencia en la investigación y desarrollo en física.
- *Medalla Max Planck* otorgada por la Sociedad Alemana de Física, reconoce contribuciones destacadas en el campo de la física.
- *Medalla Elliott Cresson* concedida por el Instituto Franklin, reconoce la excelencia en ciencia y tecnología.



Además de estos premios, existen otros muchos reconocimientos y distinciones en el ámbito de la física, como la *Medalla Matteucci*, la *Medalla Franklin* y el *Premio Heineman de Física Matemática*.

—No sabía que dieran tantos premios, papá. dijo Academo.

—Y tú, mamá. ¿Qué nos dices?

—Puedo decir otras cositas para continuar la idea anterior —dijo Pitias—.



Otra curiosidad es que, cuando vemos colores, realmente estamos percibiendo diferentes longitudes de onda de luz. Los colores del arcoíris, por ejemplo, corresponden a longitudes de onda específicas dentro del espectro visible, lo que significa que nuestros ojos y cerebro convierten ondas de diferentes tamaños en una rica gama de colores.

Academo pensó un poco al respecto —Entonces, los colores que vemos son realmente las formas de la luz.



—Es una forma de decirlo —dijo su padre—.

Una cosa importantísima es que la luz que vemos de las estrellas es, en realidad, como una *cápsula del tiempo*. Las estrellas están tan lejos de nosotros que la luz que emiten tarda años, décadas, o incluso millones de años en llegar a la Tierra. Esto significa que cuando miramos el cielo nocturno, estamos viendo cómo eran las estrellas hace mucho tiempo. Algunas estrellas que vemos en el cielo podrían haber dejado de existir, ¡Pero su luz aún está viajando hasta nosotros!

Otra cosa sorprendente es que la luz no solo viaja en línea recta. Por ejemplo, los espejos de los baños de tiendas o parques de diversiones suelen estar diseñados para distorsionar las imágenes, hacen que una persona se vea más alta, más corta, o deformada de maneras divertidas, todo gracias a cómo la luz se refleja en superficies curvas. Además, este mismo principio de reflexión y distorsión se utiliza en cámaras y lentes para conseguir efectos en fotografía y cine, ¡Así que la luz juega un papel en el entretenimiento también!



Esto me lleva a mencionar los eclipses, porque son un fenómeno relacionado con la luz.

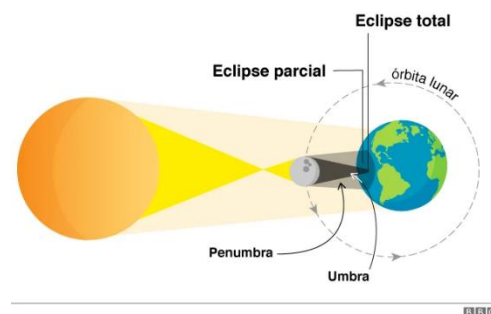
—¿Qué eso? —cuestionó Peleo—.

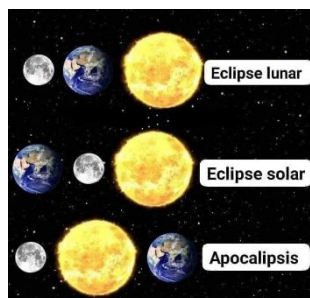
Un eclipse es un fenómeno astronómico que ocurre cuando un objeto celeste, como la Luna o un planeta, se interpone entre la Tierra y el Sol, bloqueando parcial o completamente la luz del Sol.



Los eclipses se dividen en dos tipos principales:

- *Eclipse solar*: Ocurre cuando la Luna se encuentra entre la Tierra y el Sol, bloqueando parcial o totalmente la luz solar. Dependiendo de la alineación, puede ser total, parcial o anular. En un eclipse total, la Luna cubre por completo al Sol, mientras que, en un eclipse anular, la Luna está más alejada y no cubre completamente el Sol, dejando un anillo de luz visible.
- *Eclipse lunar*: Sucede cuando la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna, proyectando su sombra sobre la Luna. Un eclipse lunar puede ser total o





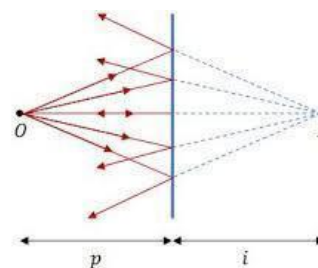
parcial, dependiendo de si la Luna pasa completamente o solo parcialmente por la sombra de la Tierra. En un eclipse lunar total, la Luna adquiere un tono rojizo debido a la refracción de la luz solar a través de la atmósfera terrestre.

—La luna se comporta como un raro espejo. Agregó Pitias.

—Cierto, en los espejos las cosas son raras —dijo Peleo—.

—Bueno, aquí el carro tiene algunos espejos —dijo su padre—.

Los espejos son superficies que reflejan la luz de manera tal que los objetos que se encuentran frente a ellos son reproducidos de forma invertida. Los espejos han sido usados por siglos, y su funcionamiento está relacionado con las leyes de la reflexión de la luz.



—Pero, papá. ¿Quién los inventó?

Híbase se quedó pensando un poco.

Los espejos no fueron inventados por una sola persona, sino que su desarrollo fue un proceso gradual a lo largo de la historia. Los primeros espejos fueron objetos naturales, como charcos de agua que reflejaban imágenes. Con el tiempo, los seres humanos comenzaron a fabricar espejos artificiales. Los antiguos egipcios, alrededor de 4 000 a.C., fabricaban espejos de metal pulido, especialmente de cobre y bronce. Más tarde, los romanos también utilizaban espejos de metal pulido, pero no fue hasta la Edad Media que se empezaron a producir espejos de vidrio con una capa reflectante de metal, como el estaño o el mercurio. El espejo tal como lo conocemos hoy, con una superficie de vidrio recubierta de metal reflectante, comenzó a desarrollarse en Venecia durante el siglo XVI, en la famosa isla de Murano. A partir del siglo XIX, con el descubrimiento de nuevas técnicas de



producción de vidrio, los espejos se hicieron más accesibles y comenzaron a fabricarse en masa.

Un científico que estudió los espejos fue nuestro amigo *Isaac Newton*. Él también realizó importantes investigaciones sobre la reflexión y la refracción de la luz. En su obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, abordó la naturaleza de la luz y los espejos, y más tarde, en su *Opticks*, profundizó en los fenómenos ópticos, incluyendo cómo la luz se refleja en superficies como los espejos. Además, Newton experimentó con la fabricación de espejos cóncavos para mejorar los telescopios, lo que llevó al desarrollo del *telescopio newtoniano*.

—¿Tele...? —preguntó Peleo—.



—Copio —dijo Academo—. Como televisión.

—Pues, sí —dijo su padre—. De hecho, tele significa lejos.



Un telescopio es un instrumento óptico diseñado para observar objetos distantes, ampliando su tamaño aparente y aumentando su brillo.

Se utiliza principalmente en astronomía para estudiar cuerpos celestes como estrellas, planetas y galaxias, aunque también tiene aplicaciones terrestres y científicas. Los telescopios se clasifican principalmente en tres tipos:

- *Telescopios Refractores*: Utilizan lentes para enfocar la luz y formar imágenes. Son simples de usar y ofrecen imágenes claras, pero pueden ser pesados y costosos en tamaños grandes.
- *Telescopios Reflectores*: Usan espejos curvados en lugar de lentes para reflejar y enfocar la luz. Son más ligeros y económicos en tamaños grandes, ideales para la observación astronómica.
- *Telescopios Catadióptricos*: Combinan lentes y espejos en su diseño. Son compactos, versátiles y ofrecen buena calidad de imagen, siendo populares para observación y astrofotografía.



Fuente: Generado por IA (2025).

Cada tipo tiene ventajas según su aplicación, ya sea para aficionados o profesionales en la astronomía.

—Este señor estaba en todo, ¿no? —dijo Peleo—.

—Ciertamente —dijo su padre que ya estacionaba frente a la casa—.

—Pero para ver lo pequeño es otro —dijo Peleo.

—Es el microscopio —le dijo su hermano—.

—Así es —afirmó su padre—.

Un microscopio es un instrumento óptico que permite observar objetos y detalles demasiado pequeños para ser vistos a simple vista, ampliando su imagen a través de lentes o tecnología avanzada.



Fuente: Generado por IA (2025).

Es crucial en campos como la biología, la medicina, la ciencia de materiales y la investigación, ya que permite estudiar células, bacterias, tejidos y estructuras microscópicas.

Los principales tipos de microscopios son:

- *Microscopio Óptico*: Utiliza luz visible y lentes para ampliar la imagen. Es el tipo más común y se emplea para estudiar células, tejidos y organismos pequeños. Puede ser simple (con una sola lente) o compuesto (con múltiples lentes para mayor magnificación).



- *Microscopio Electrónico*: Utiliza electrones en lugar de luz para crear imágenes, lo que permite una mayor resolución. Existen dos tipos:
 - *Microscopio Electrónico de Transmisión (MET)*: Permite observar la estructura interna de los objetos a nivel subcelular.
 - *Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)*: Proporciona imágenes tridimensionales de la superficie de las muestras.

- *Microscopio de Fuerza Atómica (AFM)*: Usa una sonda para medir las interacciones a nivel atómico y crear imágenes de la superficie con una resolución extremadamente alta.

Cada tipo de microscopio se adapta a diferentes necesidades de magnificación y resolución, permitiendo profundizar en el estudio de la materia a escalas diminutas.

—Así las cosas, en este campo —dijo Hípaso—. Debemos nombrar a unos personajes muy importantes.

Un físico destacado relacionado con el estudio de los espejos es James Clerk Maxwell, conocido principalmente por su trabajo en electromagnetismo. Aunque no se le atribuye específicamente la invención o desarrollo de espejos, Maxwell estableció las bases teóricas para entender cómo la luz, una onda electromagnética, interactúa con superficies reflectantes, como los espejos.

—Maxwell está como Newton —apuntó Academo—. En todos lados.



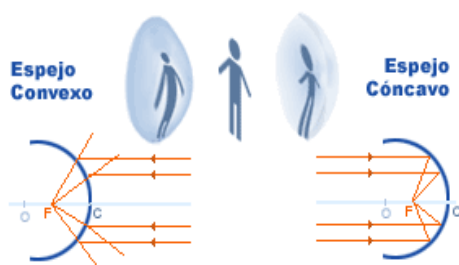
Alhazen

Hípaso continuó:

Sin embargo, si hablamos específicamente de espejos y su física asociada, un personaje clave es *Alhazen (Ibn al-Haytham)* quien fue un físico árabe del siglo XI de nuestra era. Este físico árabe es conocido como el *padre de la óptica*. En su obra *Libro de Óptica (Kitab al-Manazir)*, describió el comportamiento de la luz al reflejarse en superficies planas y curvas. También estudió los espejos cóncavos y convexos, analizando cómo producen imágenes distorsionadas o enfocadas. Fue el primero en plantear que la visión ocurre cuando la luz entra en el ojo, en lugar de ser emitida por este, como se creía antes.

—Veamos esto:

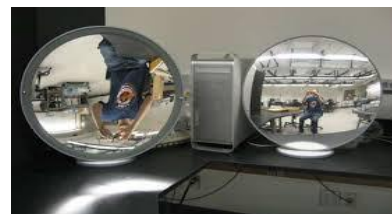
Los espejos planos son los más comunes. Son superficies planas que reflejan la luz de forma tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Los espejos planos crean una imagen virtual, es decir, una imagen que parece estar detrás del espejo, pero no es real. La imagen es del mismo tamaño que el objeto y se presenta de manera invertida lateralmente.



Fuente: Generado por IA (2025).

Los espejos cóncavos son curvados hacia adentro, como una cuchara. La luz que incide sobre un espejo cóncavo se refleja hacia un punto específico llamado foco. Dependiendo de la distancia entre el objeto y el espejo, pueden formar imágenes reales o virtuales, y también pueden aumentar el tamaño de la imagen.

Además, espejos convexos son curvados hacia afuera, como la parte exterior de una esfera. La luz que incide sobre un espejo convexo se dispersa, creando imágenes más pequeñas y virtuales. Estos espejos se utilizan en lugares como los retrovisores de los vehículos, ya que permiten ver un área más amplia.



—Hay lugares donde hay muchos espejos y nos vemos delgados, gorditos, altos o chaparros, dependiendo del espejo —dijo Academo—.

—Ah sí. En el museo de Hampos hay un lugar así —recordó Peleo—.

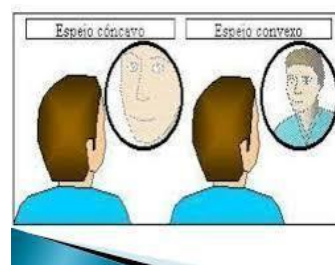
—Pero ¿Cómo sabemos cuál? —preguntó Academo—.

Hípasso los miró —Veamos.



Los espejos planos tienen la imagen es virtual, de tamaño igual al objeto, y se encuentra a la misma distancia del espejo que el objeto. Además, la imagen está invertida lateralmente.

Pero los espejos cóncavos pueden producir imágenes tanto reales como virtuales. Si el objeto está más cerca que el foco, la imagen es virtual; si está más lejos, la imagen es real, invertida y reducida.



Por otro lado, los espejos convexos tienen las imágenes siempre virtuales, pequeñas y derechas. Los espejos se utilizan en telescopios, microscopios y lupas para enfocar la luz. En procedimientos quirúrgicos y dentales, se utilizan espejos para ver áreas difíciles de alcanzar. En los retrovisores de vehículos y en los espejos de seguridad de los edificios. Los



espejos decoran espacios y se usan en cosméticos para reflejar la imagen de las personas.

—Dinos ¿Cuáles tiene el carro? —dijeron los jóvenes—.
—Depende —dijo convencido Hípaso—.

Los espejos en los carros pueden ser tanto planos como esféricos, dependiendo de su ubicación y función.

Como los espejos planos son espejos con una superficie plana que reflejan las imágenes de forma fiel, sin distorsión. Los espejos retrovisores interiores y muchos espejos laterales en vehículos generalmente son planos, ya que proporcionan una vista clara y directa de lo que sucede detrás del vehículo.



—En las cucharas vemos dos tipos a la vez —dijo Pitias—. Solo volteamos la cuchara y vemos imágenes distintas. Pero los espejos esféricos, como los espejos convexos, que tienen superficie esférica hacia afuera, son comunes en los espejos laterales exteriores, especialmente en los carros más modernos.



Los espejos convexos tienen la propiedad de ampliar el campo de visión y reducir los puntos ciegos, pero a costa de una ligera distorsión de las imágenes, los objetos pueden verse más pequeños de lo que realmente son. Este tipo de espejo ayuda al chofer a tener una visión más amplia de los alrededores y es útil para cambiar de carril o estacionarse.

Los espejos son herramientas esenciales que permiten manipular y redirigir la luz, siendo fundamentales en la vida diaria y en diversas tecnologías. Desde su uso práctico en la higiene personal hasta aplicaciones avanzadas en telescopios, microscopios y láseres, los espejos amplían nuestra capacidad de observar y comprender el mundo. Además, son clave en sectores como la óptica, la arquitectura y la medicina, donde facilitan diagnósticos, precisión y exploración.

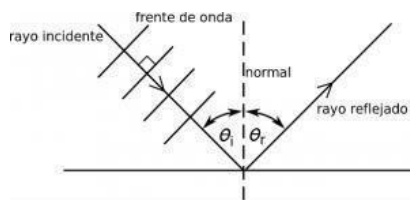
—Entonces, los espejos nos ayudan a ver el fenómeno de la reflexión —apuntó Pitias—.

—Claro que sí —dijo su esposo—. Los espejos reflejan la luz según la Ley de Reflexión, donde el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Dependiendo del tipo de espejo, las imágenes



Snellius, W.

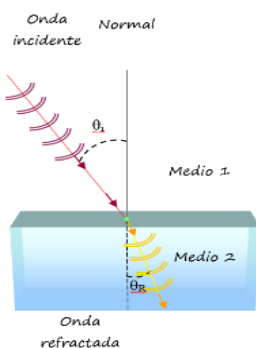
pueden ser reales, es decir, pueden proyectarse en una pantalla o virtuales, o sea que no pueden proyectarse. La ley de reflexión se ha conocido y utilizado desde tiempos antiguos, pero no se asocia con un solo científico en particular. Sin embargo, *René Descartes*, fue uno de los primeros en describir de manera clara y precisa la ley de reflexión en su obra *La Dioptrique*, donde explicó cómo las ondas de luz se reflejan sobre superficies planas.



—Pero para lentes es otra cosa —dijo Pitias—.

—En este caso es refracción —apuntó Hípaso—.

Aquí sería importante destacar a *Willebrord Snellius* (Snell) quien fue un astrónomo y matemático neerlandés del siglo XVII. Él descubrió la ley de la refracción, fundamental para comprender cómo la luz se curva al atravesar lentes. Este



fenómeno es el cambio de dirección que experimenta una onda, como la luz, cuando pasa de un medio a otro con diferente densidad o índice de refracción. Esto ocurre debido a que la velocidad de la onda varía al entrar en el nuevo medio.

Los fenómenos ondulatorios son fundamentales para comprender cómo se transmite la energía en forma de ondas, ya sean mecánicas, como el sonido, o electromagnéticas, como la luz. Estos conceptos son esenciales para desarrollar tecnologías como las comunicaciones inalámbricas, los sistemas de radar y la óptica avanzada. Además, su estudio nos ayuda a entender fenómenos naturales como el eco, el color del cielo y las propiedades de los materiales, conectando la ciencia con nuestra vida cotidiana.

—Pero también tenemos esos vidrios plásticos que dejan pasar la luz —dijo Academo—.



—Sí, pero entremos —dijo su padre—.

—En este caso sería el fenómeno de la refracción ¿supongo?

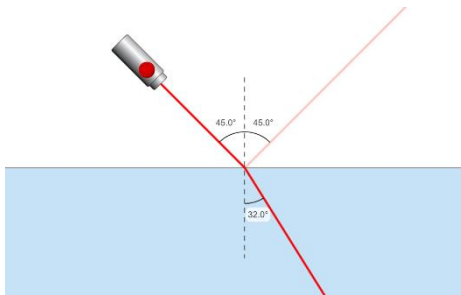
—Ciertamente, la luz pasa —dijo Hípaso—. Pero sufre cambios, se desvía un poco.

—Como la lupa —apuntó Peleo—.

—Sí —contestó su padre—. Son los lentes.

—Danos un buen ejemplo, por favor —pidió Academo—.

—Bueno, aprovechemos el agua —dijo Hípaso—.



Fuente: Phet (2025).

Un rayo de luz que se propaga en el aire entra en el agua con un ángulo de incidencia de 45° . Si el índice de refracción del agua es de 1,333, ¿Cuál es el ángulo de refracción? Aplicando la ley de Snell tenemos:



$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

Como queremos el segundo ángulo, despejamos a θ_2

$$\theta_2 = \frac{n_1 \cdot \sin \theta_1}{n_2}$$

aquí no queremos al seno, vamos a tener el ángulo, la forma matemática puede ser arcoseno o seno a la menos uno.

$$\theta_2 = \frac{1 \cdot \sin 45^\circ}{1,333}$$

$$\theta_2 = 32,03^\circ$$

Como se puede ver, el ángulo es mucho menor, es distinta la forma de entrada a la salida del material. Claro, los materiales tienen su propio índice de refracción. Así los lentes, son distintos por este índice.



—Pero hay algo que no me cuadra —dijo Academo—. ¿De dónde sale ese índice de refracción?

—Es una buena duda —dijo su padre—. Hagamos un ejercicio donde podamos calcularlo.

Un haz de luz pasa del aire a un medio, donde se propaga a $1,5 \times 10^8$ m/s. Calculemos el índice de refracción del medio donde se mueve.

Debemos calcular el valor del índice de refracción del medio, puesto que ya conocemos el valor de la velocidad de la luz, es 3×10^8 m/s.

Para ello, aplicamos:

$$n = \frac{c}{v}$$

Aquí podemos ver que es una relación de proporción entre la velocidad de la luz y la velocidad en el medio material.

$$n = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,5 \times 10^8 \text{ m/s}}$$
$$n = 2.$$

El índice no tiene unidades de medida. El optómetra anota a sus pacientes unos números pequeños sin unidades, estos se refieren al índice de refracción del lente que necesita, según la necesidad del paciente.



Los lentes son objetos ópticos transparentes que refractan la luz para modificar su dirección, formando imágenes que pueden ser más grandes, más pequeñas o invertidas dependiendo de su diseño y posición relativa al objeto.

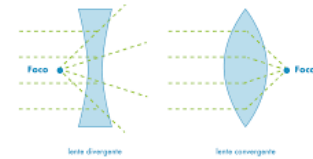
Según su forma también tenemos convexos y cóncavos.

Los Convergentes, también llamados convexos:

- *Son más gruesos en el centro que en los bordes.*
- *Hacen que los rayos de luz converjan en un punto llamado foco.*
- *Se utilizan para corregir la hipermetropía y en lupas, cámaras y telescopios.*

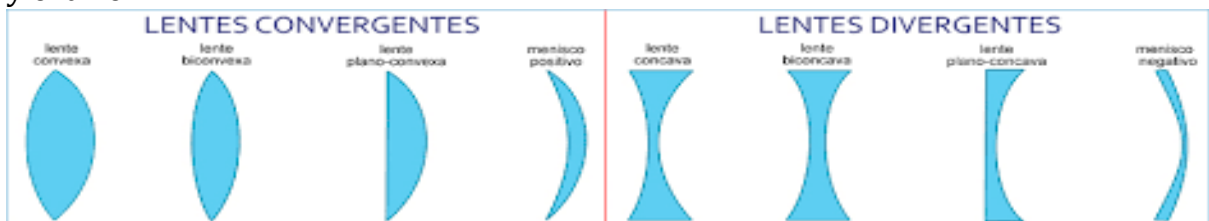
- *Forman imágenes reales o virtuales dependiendo de la posición del objeto.*

*Los Divergentes, también conocidos como cóncavos:
Son más delgados en el centro que en los bordes.*



- *Hacen que los rayos de luz se dispersen como si vinieran de un punto llamado foco virtual.*
- *Se utilizan para corregir la miopía y en algunos tipos de lentes ópticos.*
- *Siempre forman imágenes virtuales, derechas y más pequeñas.*

Y como decíamos presenta *Refracción*, donde la luz cambia de dirección al pasar a través del lente debido a la diferencia de índice de refracción entre el lente y el aire.



Fuente: Taylor, J. R. (2005).

Asimismo, se debe precisar el *Foco*, o sea el punto donde convergen (lente convergente) o parecen divergir (lente divergente) los rayos de luz.

Es de suma importancia tener en cuenta la *distancia focal*, porque es la distancia entre el centro óptico del lente y su foco. Es una característica clave para determinar su poder óptico.



—Entonces, los médicos saben de física —apuntó Peleo—.

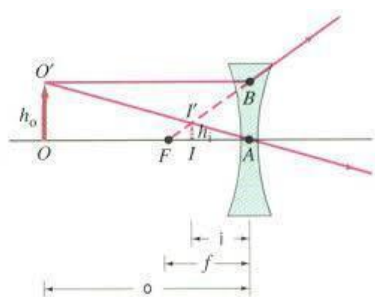
—Bueno, realmente los médicos cursan una materia llamada biofísica al inicio de su carrera. Aunque no son expertos teóricos en física, aprenden sobre sus aplicaciones y además la tecnología hace el resto.

—¿Cuáles son las diferencias entre espejos y lentes? —preguntó Academo—.

—Bueno —dijo su padre—. Déjame ver. Los lentes refractan la luz, mientras que los espejos la reflejan. Además, los lentes forman imágenes por transmisión, es decir, pasan a través de ellos, mientras que los espejos forman imágenes por reflexión.

—Pero ¿De qué nos sirven? —cuestionó Peleo—.

—Son muy, pero que muy útiles. Por ejemplo, los lentes para corregir la miopía, hipermetropía, astigmatismo o presbicia. También, en cámaras, microscopios, telescopios, lupas y proyectores. Además, lentes en equipos láser y quirúrgicos.

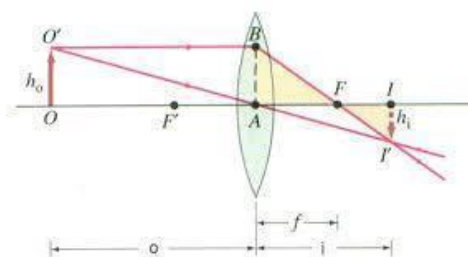


Fuente: Phet (2025).

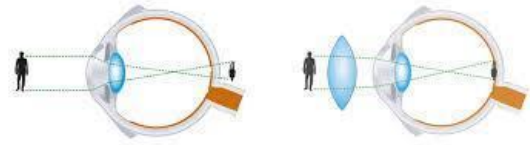
Los lentes cóncavos, también llamados lentes divergentes, se utilizan en varias aplicaciones gracias a su capacidad de dispersar los rayos de luz, haciéndolos parecer que provienen de un punto focal virtual. Se usan en personas con miopía, los ojos enfocan la luz antes de llegar a la retina, lo que causa dificultad para ver objetos lejanos. Los lentes cóncavos corrigen este problema al divergir la luz entrante, haciendo que el punto de enfoque se traslade hacia atrás, coincidiendo con la retina.

Los lentes cóncavos siempre producen imágenes virtuales, más pequeñas y derechas, lo que resulta útil en ciertas aplicaciones donde se necesita reducir el tamaño aparente de un objeto.

Por el contrario, los lentes convexas, también llamados lentes convergentes, tienen múltiples aplicaciones debido a su capacidad de concentrar los rayos de luz en un punto focal. Estos se usan en personas con hipermetropía, los ojos no logran enfocar la luz adecuadamente sobre la retina, lo que dificulta ver objetos cercanos. Los lentes convexas convergen con los rayos de luz, permitiendo que el punto de enfoque coincida con la retina, corrigiendo este defecto visual.



Los lentes convexos pueden formar imágenes *reales* cuando el objeto está más allá del foco, estas imágenes pueden proyectarse en una pantalla. Pero también *Virtuales* cuando el objeto está entre el lente y su foco, se ve una imagen ampliada, lo que es útil en lupas o gafas. Por supuesto, también se usan en personas con presbicia, o sea, la dificultad para enfocar objetos cercanos debido al envejecimiento, los lentes convexos ayudan a enfocar la luz correctamente en la retina.



Mientras conversaban sobre los lentes, se preparaban un pancito con jamón y mayonesa. Estaban cansados, el agua agota mucho. Pero el tema era interesante para todos, sobre todo por la utilidad.

—Bueno, ahora que estamos sentaditos —dijo Academo—. Explícanos un ejemplo con esos lentes de barriguita.

—¡Claro! Pues, déjenme pensar.



Un objeto cualquiera, digamos... Una personita de 10 cm de altura se coloca 0,5 m, es decir medio metro, por delante de un espejo convexo de 2 m de radio. Realicemos el trazado de rayos y calculemos razonadamente la posición de la imagen, su tamaño y características.

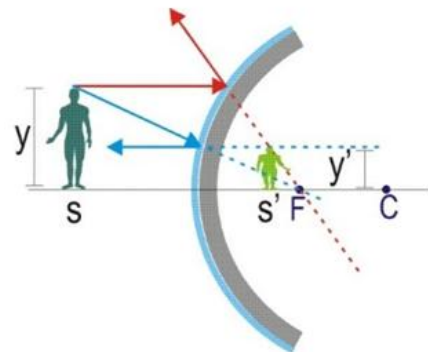
En un espejo convexo el foco F se encuentra a la derecha del espejo, en el punto medio entre el vértice y el centro ($R/2 = 1\text{ m}$).

La distancia focal es positiva (F a la derecha). Así el foco o distancia focal es $f' = 1\text{ m}$.

El trazado de rayos nos queda así:

Rayo que incide paralelo al eje óptico diverge, pasando su prolongación por el foco F .

Rayo cuya línea pasa por el foco objeto F se refleja paralelo al eje óptico.



$$y = 0,1 \text{ m} \quad f' = 1 \text{ m} \quad s = -0,5 \text{ m}.$$



Gauss, J.

álgebra, la geodesia, el magnetismo y la óptica.

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

Esta ecuación proviene de los principios descritos por *Kepler* y *Descartes*.



Descartes, R.

René Descartes fue un filósofo, matemático y físico francés del siglo XVII considerado el padre de la geometría analítica y la filosofía moderna, así como uno de los protagonistas con luz propia en el umbral de la revolución científica.

También tenemos para el aumento lateral

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

De la primera ecuación sustituimos:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{-0,5} = \frac{1}{1}$$

Operando nos queda: $\frac{1}{s'} - 2 = 1$ despejando tenemos: $\frac{1}{s'} = 1 + 2$ $\frac{1}{s'} = 3$

$s' = \frac{1}{3} = 0,333\text{m}$ esta sería la distancia a la que se forma la imagen.

Luego en la otra ecuación:

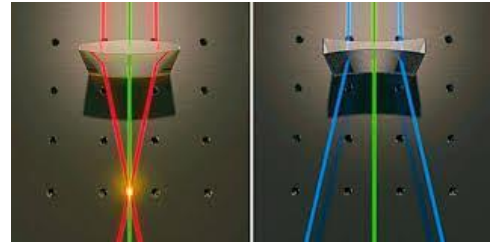
$$\frac{y'}{0,1} = \frac{0,333}{-0,5}$$

despejando tenemos:

$$y' = \frac{0,333 \cdot 0,1}{-0,5} = 0,067 \text{ m}$$

Esta sería la altura del objeto. Entonces, las características, como vimos en la teoría la imagen es virtual, derecha y de menor tamaño. En otras palabras, la imagen se forma en la parte derecha del lente, se ve derecha y es más pequeña que el objeto.

Una cosa importantísima aquí es la *dioptría* (D) es la unidad de medida que describe el poder refractivo de una lente. Es decir, indica qué tan fuerte es una lente para desviar (converger o divergir) los rayos de luz que pasan a través de ella.



Una lente tiene 1 dioptría cuando su distancia focal (f) es de 1 metro.

Matemáticamente, se define como:

$$D = \frac{1}{f}$$

Donde:



- D es la dioptría (en m^{-1}).
- f es la distancia focal en metros.

Características principales:

Si el signo positivo (+):

- Para lentes convergentes (convexas).
- Estas lentes corrigen la hipermetropía.

Pero si el signo negativo (-):

- Para lentes divergentes (cóncavas).
- Estas lentes corrigen la miopía.

Si una lente con una distancia focal de 0,5 metros tiene un poder de:

$$D = \frac{1}{0,5}$$

entonces $D = 2$ dioptrías

Entonces una lente que corrige la miopía severa puede tener un valor de -6 dioptrías, lo que significa que es muy divergente.

—Pero cuando vamos al doctor. Reflexionó Peleo. ¿Él realiza estos ejercicios para poner los lentes?



—¡No! Claro que no. Verán, el médico y el optómetra usan aparatos y computadoras para hacer estos cálculos automáticos. Pero puedo mostrarles aquí en la Tablet, algunas cosas utilizando GeoGebra.

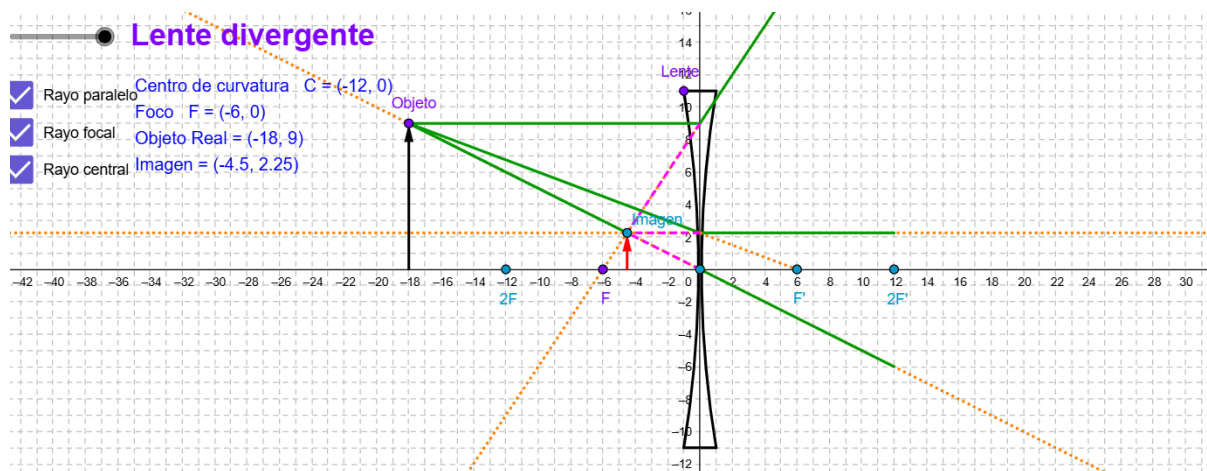


Empecemos por los divergentes.

—Pero ¿Por qué, papá? —cuestionó Academo—.

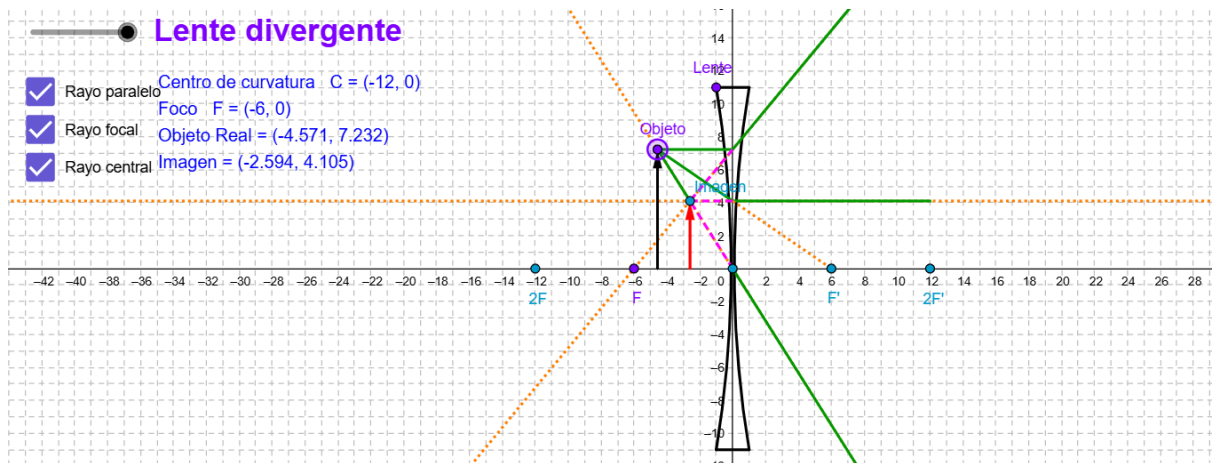
—Son más sencillos de analizar —contestó su padre—.

Estos lentes son muy importantes desde el punto de vista médico. Veamos:



Fuente: GeoGebra (2025).

Si el objeto se coloca a una distancia mayor a el doble de la distancia focal, entonces la imagen será virtual, derecha y de menor tamaño.



Fuente: GeoGebra (2025).

Lo interesante en estos lentes es que no importa donde se coloque el objeto, las características siempre serán las mismas. La imagen será virtual, derecha y más pequeña.



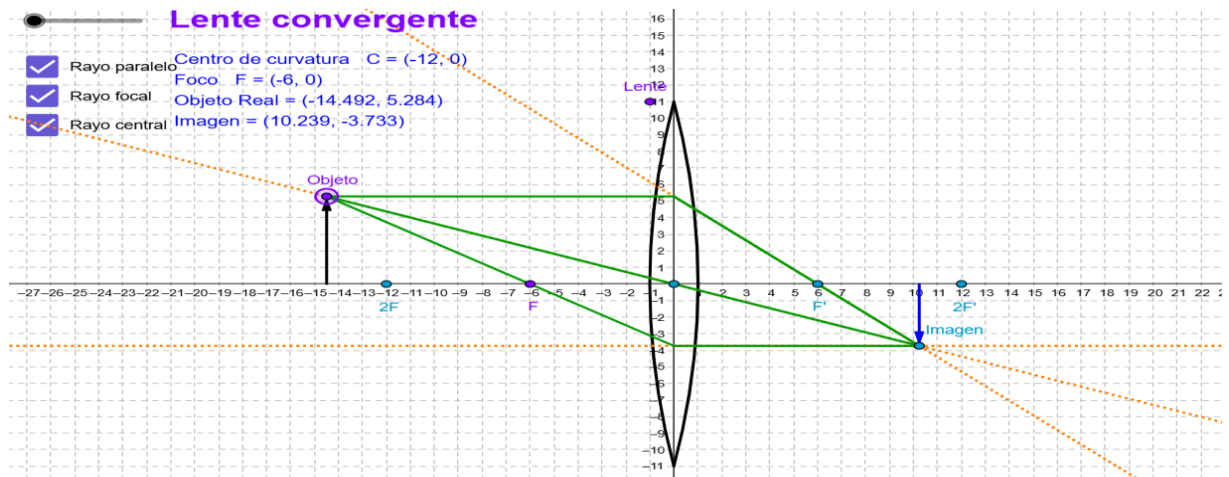
—Esos son sencillos, papá. Tienes razón —dijo Peleo—.

—Por supuesto, ahora veamos los convergentes —prosiguió Hípaso—.

Estos lentes son más complejos de estudiar.

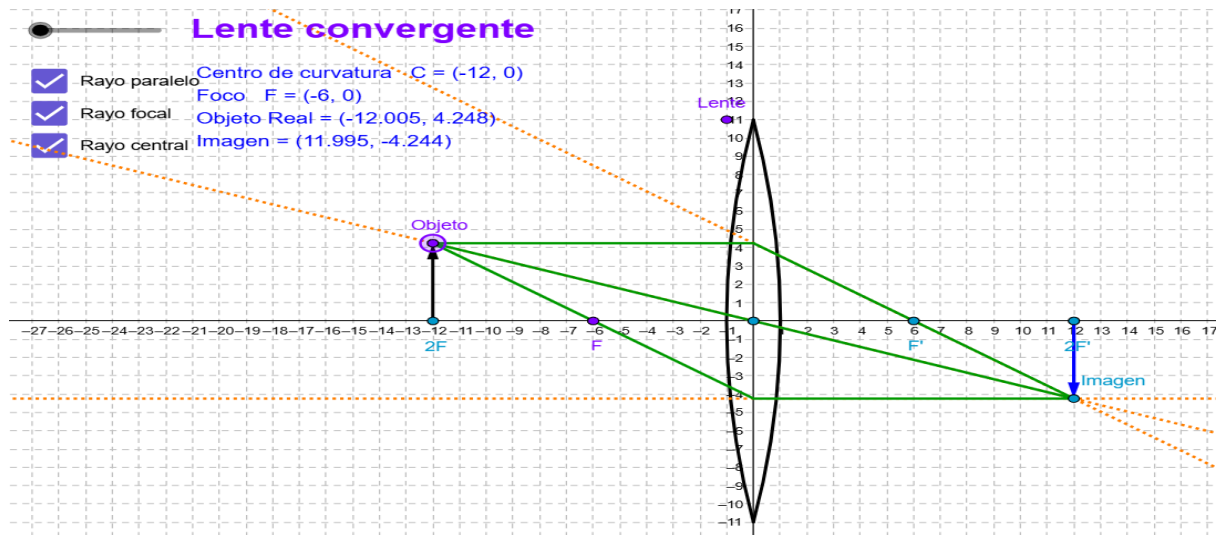
—Pero ¿Por qué? —cuestionó Academo—.

—Porque la imagen del objeto depende de donde se coloque dicho objeto —explicó Hípaso mientras veía la pantalla buscando la simulación de los lentes—. Verán:



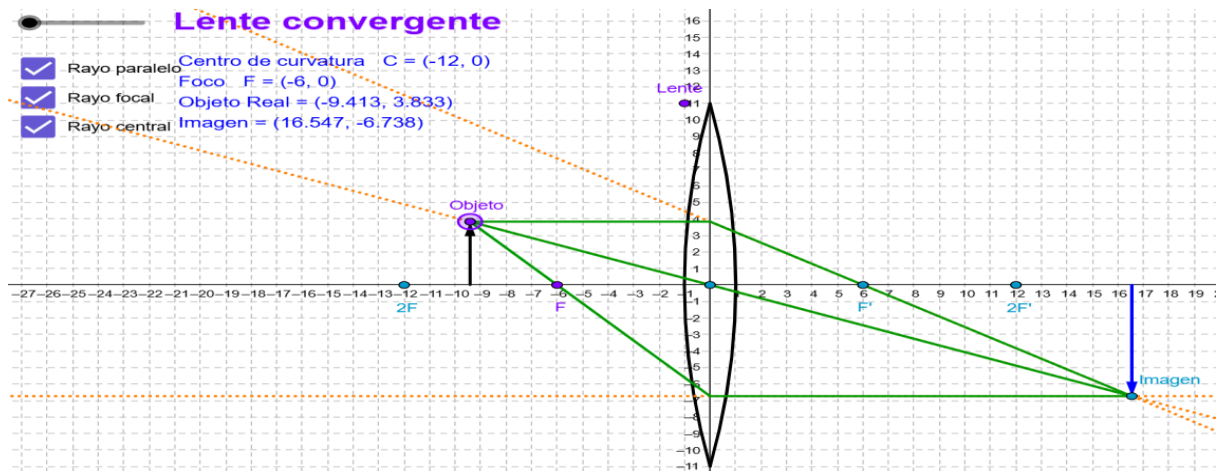
Fuente: GeoGebra (2025).

Ahora, si el objeto lo ponemos a una distancia mayor a el doble de la distancia focal, entonces la imagen será real, inversa y de menor tamaño.



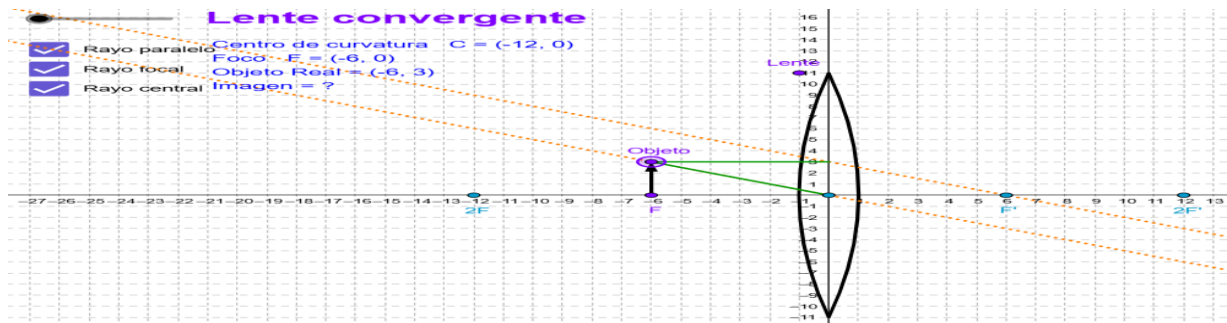
Fuente: GeoGebra (2025).

Si el objeto lo ponemos a una distancia igual al doble de la distancia focal, entonces la imagen será real, inversa y de igual tamaño.



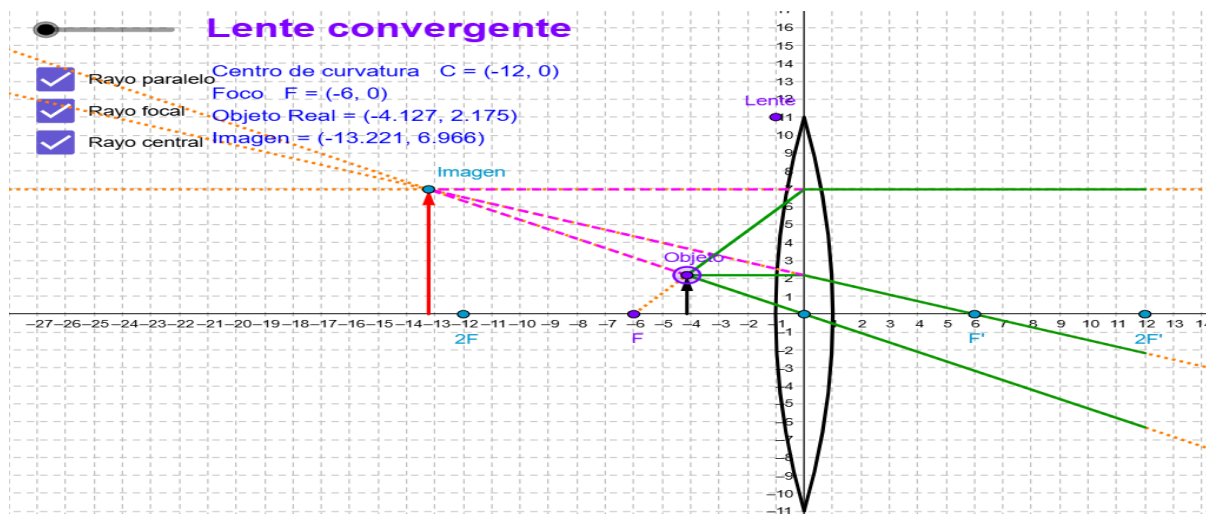
Fuente: GeoGebra (2025).

Si el objeto lo ponemos a una distancia entre el doble de la distancia focal y la distancia focal, entonces la imagen será real, inversa y de mayor tamaño.



Fuente: GeoGebra (2025).

Si el objeto lo ponemos a una distancia igual a la distancia focal, entonces la imagen será nula, es decir no habrá imagen.



Por último, si el objeto lo ponemos a una distancia entre el doble de la distancia focal y el lente, entonces la imagen será virtual, derecha y de mayor tamaño.

Los lentes son herramientas fundamentales que han transformado nuestra manera de interactuar con el mundo y entenderlo. Desde corregir problemas de visión y mejorar la calidad de vida de millones de personas hasta ser esenciales en microscopios, telescopios y cámaras, los lentes amplían nuestras capacidades visuales. Además, han sido clave para avances científicos y tecnológicos, permitiéndonos explorar desde lo más pequeño en biología hasta las profundidades del universo.



—Así es fácil —dijo Academo—. Con mucho sueño.

—Vamos a dormir —ordenó Pitias—.

Así que todos se fueron a descansar a sus habitaciones.

Curiosidades

El sonido se define como la propagación de ondas que hacen vibrar un medio.

El sonido se transmite a través de elementos líquidos, gaseosos y sólidos, sin embargo, se ha descubierto que se desplaza mejor en los elementos con mayor densidad.

Robert Boyle fue el primer científico en descubrir que el sonido necesita de un medio para su propagación.

El primer científico en dar un tratamiento matemático al estudio del sonido fue Isaac Newton. En 1687, intentó calcular su velocidad a través del eco que recorría un túnel.

El sonido viaja desde una fuente definida, justo como la luz, pero al contrario de ella, que puede viajar en el vacío del espacio, el sonido necesita un medio por el cual transmitirse.

La velocidad del sonido suele ser distinta debido a factores como la temperatura, la humedad o la presión atmosférica.

Las oscilaciones de la ola Rossby, que viaja de este a oeste del Mar Caribe, puede generar un sonido muy parecido al de una vibración eléctrica.

En 1826, el físico suizo Daniel Colladon realizó las primeras mediciones de la velocidad del sonido en agua con una temperatura de 8 °C, que dieron como resultado 1435 metros por segundo.

El sonido de un trueno se debe a que el rayo calienta el aire por el que circula a más de 28000 °C.

La levitación acústica se realiza desde 1987, cuando en un laboratorio de la NASA consiguieron inmovilizar, con sonido, un objeto dentro de un recinto.

Los fotorreceptores son las células que transforman la radiación electromagnética (la luz) en señales para que el cerebro las procese. Los fotorreceptores son parte del mecanismo que nos permite la visión.

En el humano existen 2 fotorreceptores, los conos y los bastones. Los conos permiten que veas en espacios con poca luz, como la noche o el crepúsculo. Los bastones se dividen en tres bastones: rojos, azules y verdes, y son las células que permiten ver colores. Con esas 4 células podemos ver alrededor de 1 millón de colores.

Existe el mito de que los perros ven en blanco y negro, pero no es verdad. Los perros tienen dos conos: el azul y el amarillo. El cono amarillo ni siquiera lo tenemos los humanos, pero gracias al cono verde y rojo podemos ver amarillos.

¿Quién ve más colores? ¿Un humano o una planta? Si respondiste humano, estás mal. Las plantas tienen 13 fotorreceptores contra 4 que tenemos nosotros los humanos. Las plantas reciben mucha información con la luz. La luz azul le dice a la planta dónde está la fuente de luz, la luz roja las hace crecer y la luz ultravioleta causa que produzcan nutrientes.

El animal con más fotorreceptores es el camarón mantis, un animal marino que ni es camarón ni es mantis. Este animalito marino tiene de 12 a 16 fotorreceptores y por un tiempo se creyó que veía muchos más colores que los humanos, después de todo 16 fotorreceptores es mucho más. No obstante, nuevos estudios muestran que el camarón mantis no es tan sensible al color.

La refracción es el cambio de dirección de una onda al pasar por un medio. La córnea es el órgano encargado de la refracción del ojo. Su trabajo es dirigir la luz a la retina, que es la parte donde están los fotorreceptores.

La palabra ametropía se usa para referirse a los errores de refracción del ojo. Existen tres tipos: la miopía, que es no poder ver bien de lejos; la hipermetropía, que es no poder ver bien de cerca, y el astigmatismo, que causa que no se pueda enfocar.

En la miopía la luz cae delante de la retina. En la hipermetropía la luz cae más atrás de la retina y en el astigmatismo la luz en vez de entrar como una onda, ésta se parte en muchas ondas por lo que la luz cae en muchos puntos evitando así que el ojo pueda enfocar.

Los anteojos no son planos, tienen cierta curvatura para hacer que la luz entre correctamente y de en su blanco, la retina. Se calcula que alrededor de 64% de la población necesita usar anteojos, al menos en Estados Unidos.

LASIK es una cirugía que arregla los problemas de luz del ojo usando luz amplificada también conocida como luz láser. En esta cirugía se le da una nueva forma a la córnea para que la luz entre y llegue a la retina. En la miopía la córnea se curva más y en la hipermetropía la córnea se aplana.

La luz UV es bastante nociva para las células. Seguro alguna vez te quemaste con la luz del sol y quedaste toda roja. Cuando una persona se quema con el sol, sus células mueren por la luz UV, bueno más bien las células se suicidan. Esto ocurre porque la luz UV daña al ADN. La luz UV causa que dos nucleótidos vecinos del ADN se unan entre ellos y esto rompe la secuencia del ADN.

Hablemos un rato de las estrellas. ¿Sabes cuál es la estrella más brillante? Es el Sol, pero en la noche la estrella más brillante que puedes ver se llama Sirius. Sirius es una estrella azul que se encuentra en la constelación canis mayor.

La bioluminiscencia es la capacidad de algunos organismos de crear su propia luz. Por ejemplo, si has visto luciérnagas has visto bioluminiscencia. Para conseguir emitir su propia luz los organismos usan una forma de quimioluminiscencia, que es el uso de una reacción química para conseguir emitir luz.

Hablemos de la luz y la mente. La depresión estacional ocurre en los meses de invierno cuando hay menos luz solar. Se cree que pasa porque el cuerpo genera menos vitamina D y cae la serotonina. Incluso se ha usado estimulación con luz para apoyar en el tratamiento de la depresión.

La saturación es la intensidad del color. Los colores saturados exaltan las emociones y los colores poco saturados apagan las emociones. Los colores brillantes resaltan más emociones fuertes mientras que los colores fríos calman más.

La electricidad viaja a la velocidad de la luz. Esta es una creencia basada en la asociación de la electricidad a los relámpagos. Lo cierto es que las ondas electromagnéticas viajan a velocidades entre el 30% y el 90% de la velocidad de la luz, unos centímetros por segundo menos que la luz.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación teórica

Sección 1: Escoge Verdadero o Falso.

1. Las ondas longitudinales necesitan un medio para propagarse.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
2. La frecuencia de una onda es inversamente proporcional a su longitud de onda.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
3. El sonido se propaga más rápido en el aire que en los sólidos.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
4. La luz visible es una forma de radiación electromagnética.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
5. Las ondas estacionarias se forman por la superposición de dos ondas de igual frecuencia y amplitud viajando en sentido contrario.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
6. Los colores secundarios de la luz se forman mezclando los colores primarios en proporciones iguales.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
7. Un espejo cóncavo siempre produce imágenes reales.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
8. La miopía se corrige con lentes convergentes.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
9. El fenómeno de interferencia ocurre únicamente con ondas mecánicas.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
10. El eco es un ejemplo de reflexión del sonido.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
11. La difracción es más notoria cuando la longitud de onda de la onda es pequeña comparada con el tamaño del obstáculo.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
12. El prisma separa la luz blanca en diferentes colores debido a la dispersión.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
13. Una lente divergente puede formar imágenes reales.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
14. Los rayos ultravioletas tienen mayor longitud de onda que los rayos infrarrojos.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
15. La amplitud de una onda determina su energía.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso

Sección 2: selecciona una opción.

1. ¿Cuál de las siguientes NO es un tipo de onda?
 - ☐ A) Ondas mecánicas
 - ☐ B) Ondas electromagnéticas
 - ☐ C) Ondas fuertes
2. ¿Qué característica diferencia a las ondas longitudinales de las transversales?
 - ☐ A) La dirección de oscilación de las partículas respecto a la propagación
 - ☐ B) La velocidad de propagación
 - ☐ C) La frecuencia de la onda
3. ¿Qué fenómeno ondulatorio explica la formación de un arcoíris?

- ☐ A) Difracción
 - ☐ B) Dispersión
 - ☐ C) Reflexión
- 4. ¿En qué medio se propaga más rápido el sonido?
 - ☐ A) Aire
 - ☐ B) Agua
 - ☐ C) Sólidos
- 5. ¿Qué ocurre cuando un rayo de luz pasa de un medio menos denso a uno más denso?
 - ☐ A) Se refracta y se aleja de la normal
 - ☐ B) Se refracta y se acerca a la normal
 - ☐ C) Se refleja completamente
- 6. ¿Qué colores se mezclan para formar el color cian en la luz?
 - ☐ A) Azul y rojo
 - ☐ B) Verde y azul
 - ☐ C) Rojo y verde
- 7. ¿Qué tipo de espejo puede formar imágenes ampliadas y reales?
 - ☐ A) Espejo plano
 - ☐ B) Espejo convexo
 - ☐ C) Espejo cóncavo
- 8. ¿Cuál es el defecto visual que se corrige con lentes divergentes?
 - ☐ A) Miopía
 - ☐ B) Hipermetropía
 - ☐ C) Astigmatismo
- 9. ¿Qué ocurre en el fenómeno de interferencia constructiva?
 - ☐ A) Las ondas se anulan completamente
 - ☐ B) Las amplitudes de las ondas se suman
 - ☐ C) Las ondas cambian de dirección
- 10. ¿Qué tipo de onda es la luz?
 - ☐ A) Longitudinal
 - ☐ B) Electromagnética
 - ☐ C) Mecánica
- 11. ¿Qué propiedad de la luz explica la formación de sombras nítidas?
 - ☐ A) Reflexión
 - ☐ B) Refracción
 - ☐ C) Propagación rectilínea
- 12. ¿Qué característica de la onda determina su tono en el caso del sonido?
 - ☐ A) Amplitud
 - ☐ B) Frecuencia
 - ☐ C) Velocidad
- 13. ¿Qué ocurre con una onda cuando atraviesa un obstáculo y cambia su dirección?
 - ☐ A) Refracción
 - ☐ B) Difracción
 - ☐ C) Reflexión
- 14. ¿Qué pasa con la longitud de onda cuando aumenta la frecuencia de una onda electromagnética?
 - ☐ A) Aumenta
 - ☐ B) Disminuye
 - ☐ C) Permanece constante
- 15. ¿Qué colores primarios forman la luz blanca?
 - ☐ A) Azul, verde y rojo
 - ☐ B) Azul, amarillo y rojo
 - ☐ C) Rojo, cian y magenta

Sección 3: Reflexiona.

1. ¿Por qué es importante comprender la naturaleza de las ondas y sus propiedades en nuestra vida cotidiana? Piensa en aplicaciones como el sonido o la luz.
2. Si las ondas mecánicas no pueden propagarse en el vacío, ¿cómo afecta esto al diseño de tecnologías como los micrófonos y los altavoces?
3. La velocidad del sonido varía en diferentes medios. ¿Cómo podrías usar este principio para determinar el material de un objeto desconocido?
4. ¿Qué diferencias y similitudes encuentras entre los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, y cómo se manifiestan en el mundo real (como en espejos y lentes)?

5. La dispersión de la luz produce los colores del arcoíris. ¿Cómo podrías usar este fenómeno para explicar por qué el cielo se ve azul y el atardecer rojizo?
6. En un mundo sin lentes (ópticos), ¿cómo sería la vida para personas con problemas de visión como la miopía o la hipermetropía?
7. Si pudieras diseñar un material con propiedades ópticas perfectas, ¿qué características le darías y cómo mejoraría nuestra interacción con la luz?
8. El sonido se propaga más rápido en los sólidos que en los gases. ¿Cómo podríamos usar este principio en la detección de terremotos o en la comunicación submarina?
9. Los espejos y lentes transforman la forma en que percibimos imágenes. ¿Qué crees que ocurriría si nuestra tecnología dependiera únicamente de lentes cóncavas?
10. Los fenómenos ondulatorios como la interferencia y la difracción se usan en tecnologías como los microscopios y las cámaras. ¿Cómo crees que podríamos mejorar estas herramientas usando principios avanzados de ondas?

Sección 4: Resuelve.

1. Una onda tiene una frecuencia de 50 Hz y una longitud de onda de 2 m. Calcula:
 - a) La velocidad de propagación de la onda.
 - b) Si la frecuencia aumenta a 100 Hz, ¿cómo cambia la longitud de onda?
2. La velocidad del sonido en el aire es 343 m/s, en el agua es 1 480 m/s y en el acero es 5 960 m/s.
 - a) ¿Cuánto tiempo tarda el sonido en recorrer 500 m en cada medio?
 - b) Explica por qué el sonido viaja más rápido en el acero que en el aire.
3. Un rayo de luz incide sobre un espejo plano con un ángulo de incidencia de 30° .
 - a) Dibuja el esquema del fenómeno.
 - b) Calcula el ángulo de reflexión y describe la trayectoria del rayo reflejado.
4. Un rayo de luz pasa del aire ($n = 1,00$) al vidrio ($n = 1,50$) con un ángulo de incidencia de 45° .
 - a) Usa la ley de Snell para calcular el ángulo de refracción.
 - b) Explica cómo cambia la dirección y la velocidad de la luz al pasar al vidrio.
5. Colores de la luz:
 - a) Si mezclas luz roja y verde, ¿qué color se obtiene?
 - b) Describe qué sucede cuando un objeto blanco se ilumina con luz azul.
6. Dos ondas de igual amplitud y frecuencia se superponen, una con un desfase de 180° .
 - a) Dibuja el resultado de la interferencia.
 - b) ¿Qué ocurre con la energía de las ondas?
7. Un objeto se encuentra a 10 cm de un espejo cóncavo con una distancia focal de 5 cm.
 - a) Usa la ecuación de los espejos para determinar la posición de la imagen.
 - b) ¿La imagen es real o virtual, derecha o invertida?
8. Una lente convergente tiene una distancia focal de 15 cm.
 - a) Si un objeto se coloca a 30 cm de la lente, calcula la posición de la imagen.
 - b) Dibuja un esquema con los rayos principales para formar la imagen.
9. Una onda de luz con una longitud de onda de 600 nm pasa por una rendija de 0,1 mm.
 - a) Calcula el ángulo del primer máximo usando la fórmula de difracción ($d \cdot \sin \theta = m\lambda$ con $m=1$).
 - b) Describe cómo cambia el patrón si la longitud de onda se reduce a 400 nm.
10. La velocidad de la luz en el agua es aproximadamente $2,25 \times 10^8$ m/s. Si un rayo tarda 1.5 ns en atravesar una capa de agua, ¿cuál es el espesor de la capa?
11. Una onda tiene una frecuencia de 50 Hz y una longitud de onda de 2 m.
 - a) Calcula la velocidad de propagación de la onda.
 - b) Si la frecuencia aumenta a 100 Hz, ¿cómo cambia la longitud de onda?
12. Una fuente sonora emite una potencia de 20 W que se distribuye uniformemente en todas las direcciones.
 - a) Calcula la intensidad del sonido a una distancia de 5 m.
 - b) ¿Cómo cambia la intensidad si duplicamos la distancia a 10 m?

13. Un rayo de luz incide sobre un espejo plano con un ángulo de incidencia de 30° .
 - a) Dibuja el esquema del fenómeno.
 - b) Calcula el ángulo de reflexión.
14. Un coche que emite un sonido a 500 Hz se mueve hacia un observador con una velocidad de 30 m/s. La velocidad del sonido en el aire es 343 m/s.
 - a) Calcula la frecuencia percibida por el observador cuando el coche se acerca.
 - b) ¿Qué frecuencia percibirá el observador cuando el coche se aleje?
15. Una masa de 2 kg está conectada a un resorte con una constante elástica de 50 N/m.
 - a) Calcula el período de oscilación.
 - b) Si la amplitud de oscilación es 0,1 m, ¿cuál es la energía total del sistema?
16. Una onda de luz con una longitud de onda de 600 nm pasa por una rendija de 0,1 mm.
 - a) Calcula el ángulo del primer máximo usando la fórmula de difracción.
 - b) Describe cómo cambia el patrón si la longitud de onda se reduce a 400 nm.
17. Un péndulo de 1 m de longitud oscila con una amplitud pequeña.
 - a) Calcula su período.
 - b) Si aumenta la longitud del péndulo al doble, ¿cómo cambia su período?
18. Un altavoz genera un sonido con una intensidad de $1 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$.
 - a) Calcula el nivel de intensidad sonora en decibeles (dB).
19. Un objeto oscila con un movimiento armónico simple con una amplitud de 0,5 m y un período de 2 s.
 - a) Calcula la velocidad máxima del objeto.
 - b) ¿Qué velocidad tiene cuando está a 0,3 m de la posición de equilibrio?
20. Una estrella se aleja de la Tierra con una velocidad de $2,5 \times 10^6 \text{ m/s}$. La longitud de onda de la luz emitida por la estrella en reposo es 500 nm.
 - a) Calcula la longitud de onda observada en la Tierra.

Evaluación práctica

Práctica de Laboratorio: Movimiento Armónico Simple (MAS)

Título:

Estudio del Movimiento Armónico Simple usando un Sistema de Masa y Resorte

Objetivos:

1. Analizar las características del M.A.S mediante la observación de un sistema masa-resorte.
2. Determinar el período de oscilación para diferentes masas.
3. Verificar la relación entre el período y la masa suspendida según la fórmula: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

Materiales:

- Un resorte de constante elástica conocida (k).
- Varias masas (por ejemplo, 100 g, 200 g, 300 g, etc.).
- Soporte vertical con gancho para el resorte.
- Cronómetro.

- Regla o cinta métrica.

Procedimiento:

1. Montaje del sistema:
 - Fija el resorte en el soporte vertical.
 - Mide la longitud natural del resorte (sin carga).
2. Adición de masa:
 - Coloca una masa conocida (m) en el extremo del resorte.
 - Deja que el sistema alcance el equilibrio y mide la nueva longitud del resorte.
 - Anota la deformación del resorte (x).
3. Oscilación del sistema:
 - Desplaza la masa ligeramente hacia abajo (sin exceder la elasticidad del resorte) y suéltala para que oscile.
 - Usa el cronómetro para medir el tiempo que tarda en completar 10 oscilaciones completas.
 - Divide el tiempo total entre 10 para obtener el período (T).
4. Repetición:
 - Repite los pasos 2 y 3 para diferentes valores de masa.
5. Registro de datos:
 - Anota en una tabla los valores de masa (m), deformación (x), tiempo total y período (T).

Análisis de Datos:

1. Cálculo de la constante elástica:
Usa la ley de Hooke para calcular k:

$$F=kx \text{ donde } F=mg$$

2. Relación entre período y masa:

- Calcula el valor teórico del período para cada masa usando: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
- Compara los períodos medidos con los teóricos.

3. Gráfica:

- Gráfica T^2 vs. m. La pendiente de la gráfica debe ser proporcional a $\frac{4\pi^2}{k}$.

Cuestionario Post-Laboratorio:

1. ¿Cómo afecta el aumento de la masa al período de oscilación?
2. ¿Qué relación observaste entre T^2 y m?
3. ¿Qué fuentes de error podrían haber afectado la precisión de los resultados?
4. ¿Se cumple la proporcionalidad entre el período y la raíz cuadrada de la masa?

Conclusión:

Resume los resultados obtenidos, confirma si se cumple la relación teórica del MAS y discute posibles fuentes de error o mejoras en el experimento.

Práctica de Laboratorio: Estudio de Ondas Mecánicas y Electromagnéticas

Título:

Propiedades y Comparación de Ondas Mecánicas y Electromagnéticas

Objetivos:

1. Analizar las propiedades de las ondas mecánicas y electromagnéticas.
2. Medir la velocidad de propagación de una onda mecánica en un medio.
3. Observar la reflexión y refracción de ondas electromagnéticas.
4. Comparar las características de ambos tipos de ondas.

Materiales:

Ondas Mecánicas:

- Una cuerda tensa o resorte largo.
- Generador de ondas (o tu mano para manual).
- Cronómetro.
- Regla o cinta métrica.

Ondas Electromagnéticas:

- Un láser de baja potencia.
- Espejo plano.
- Prisma de vidrio o tanque con agua.
- Pantalla o hoja blanca para observar patrones.
- Transportador.

Procedimiento:

Parte 1: Ondas Mecánicas

1. Generación de ondas:
 - Fija un extremo de la cuerda y genera ondas longitudinales o transversales en el otro extremo (manual o con un generador).
 - Observa y describe el movimiento de las partículas del medio.
2. Medición de velocidad:
 - Crea ondas estacionarias ajustando la frecuencia del generador o el movimiento de tu mano.
 - Mide la longitud de onda (λ) desde nodo a nodo en la cuerda.
 - Usa un cronómetro para medir el período (T) o la frecuencia (f).
 - Calcula la velocidad de la onda usando: $v = \lambda f$
3. Cambios en el medio:
 - Cambia la tensión de la cuerda o resorte y observa cómo afecta la longitud de onda y la velocidad.

Parte 2: Ondas Electromagnéticas

4. Reflexión:
 - Apunta el láser hacia el espejo plano con un ángulo de incidencia conocido (θ_i).
 - Observa el ángulo de reflexión (θ_r) y verifica que se cumple la ley de reflexión: $\theta_i = \theta_r$
5. Refracción:
 - Dirige el láser hacia el prisma de vidrio o un tanque con agua.

- Observa cómo se desvía el rayo al ingresar al nuevo medio y mide los ángulos de incidencia (θ_i) y refracción (θ_r).
- Usa la ley de Snell para calcular el índice de refracción (n):
$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$$
- 6. Dispersión (opcional):
 - Si usas un prisma, proyecta el rayo láser y observa cómo se separa en colores (si la luz no es monocromática).

Análisis de Datos:

1. Ondas Mecánicas:
 - Calcula la velocidad de la onda para diferentes tensiones de la cuerda.
 - Compara cómo el medio afecta la velocidad de propagación.
2. Ondas Electromagnéticas:
 - Verifica experimentalmente la ley de reflexión.
 - Calcula el índice de refracción del medio transparente y compáralo con su valor teórico.
3. Comparación:
 - Completa una tabla que contraste las características de ondas mecánicas y electromagnéticas:
 - Requieren medio de propagación.
 - Velocidad.
 - Comportamiento en reflexión y refracción.

Cuestionario Post-Laboratorio:

1. ¿Cómo afecta el cambio en la tensión de la cuerda a la velocidad de las ondas mecánicas?
2. ¿Qué diferencia clave observaste entre las ondas mecánicas y electromagnéticas en cuanto a su propagación?
3. ¿Qué papel juega el medio en la refracción de ondas electromagnéticas?
4. ¿Cómo puedes usar la reflexión y refracción en aplicaciones prácticas como lentes o espejos?

Conclusión:

Resume los resultados obtenidos y cómo se cumplen las leyes fundamentales de las ondas mecánicas y electromagnéticas.
 Discute las diferencias entre estos dos tipos de ondas.

Práctica de Laboratorio: Lentes y Espejos

Título:

Estudio de la Formación de Imágenes con Lentes y Espejos

Objetivos:

1. Analizar las características de las imágenes formadas por lentes y espejos.
2. Determinar experimentalmente la distancia focal de una lente convergente y un espejo cóncavo.
3. Identificar las propiedades de las imágenes (reales/virtuales, derechas/invertidas, tamaño relativo).

Materiales:

- Lente convergente (distancia focal conocida).
- Espejo cóncavo (distancia focal conocida).

- Soporte óptico o riel óptico.
- Pantalla (hoja blanca o cartulina).
- Fuente de luz puntual (por ejemplo, una vela o lámpara LED pequeña).
- Regla o cinta métrica.
- Objeto (puede ser una flecha de cartón o una varilla).

Procedimiento:

Parte 1: Lente Convergente

1. Formación de imágenes reales:
 - Coloca la lente en el soporte óptico y sitúa la fuente de luz a una distancia mayor a la distancia focal ($d_o > f$).
 - Ajusta la posición de la pantalla hasta obtener una imagen nítida y mide:
 - La distancia objeto (d_o).
 - La distancia imagen (d_i).
2. Formación de imágenes virtuales:
 - Coloca el objeto a una distancia menor a la distancia focal ($d_o < f$).
 - Observa la imagen virtual que aparece al mirar a través de la lente.
 - Describe las características de la imagen (ubicación, orientación, tamaño).
3. Cálculo de la distancia focal:
 - Usa la ecuación del lente delgado para calcular la distancia focal (f): $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$

Parte 2: Espejo Cóncavo

4. Formación de imágenes reales:
 - Coloca el espejo en el soporte y ubica el objeto a una distancia mayor que el radio de curvatura del espejo ($d_o > 2f$).
 - Ajusta la pantalla hasta obtener una imagen nítida y mide d_o , d_i .
 - Anota las características de la imagen (tamaño, orientación).
5. Formación de imágenes virtuales:
 - Coloca el objeto entre el foco y el espejo ($d_o < f$).
 - Observa la imagen virtual al mirar directamente en el espejo y describe sus propiedades (ubicación, tamaño, orientación).
6. Cálculo de la distancia focal:
 - Usa la ecuación del espejo para calcular f : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$

Análisis de Datos:

1. Llena una tabla con los valores medidos (d_o , d_i) y calcula la distancia focal para cada caso.
2. Describe las diferencias entre las imágenes formadas por lentes y espejos.
3. Realiza diagramas de rayos para representar la formación de las imágenes en cada caso.

Cuestionario Post-Laboratorio:

1. ¿Qué características definen una imagen real y una virtual?
2. ¿Cómo afecta la posición del objeto a las propiedades de la imagen formada por una lente convergente?
3. ¿Qué similitudes y diferencias existen entre las imágenes formadas por lentes y espejos?

4. ¿Cómo puedes usar espejos cóncavos y lentes convergentes en aplicaciones prácticas como telescopios o microscopios?

Conclusión:

Resume los resultados obtenidos, verifica si se cumple la ecuación de lentes y espejos, y reflexiona sobre las aplicaciones prácticas de estos sistemas ópticos.

Evaluación virtual

Práctica de Laboratorio: Movimiento Armónico Simple en PhET

Título: Estudio del Movimiento Armónico Simple (MAS) utilizando la simulación PhET

Objetivos:

1. Explorar las características del Movimiento Armónico Simple (MAS) mediante la simulación en PhET.
2. Determinar el período de oscilación de un sistema masa-resorte y su relación con la masa y la constante del resorte.
3. Observar la energía cinética, potencial y total durante el movimiento armónico.
4. Comprender la relación entre la amplitud y el período del MAS.

Materiales:

- Computadora o dispositivo con acceso a internet.
- Navegador web para acceder a la simulación PhET.
- Enlace a la simulación: PhET - Movimiento Armónico Simple

Procedimiento:

Parte 1: Exploración inicial del MAS

1. Acceso a la simulación PhET:
 - Abre la simulación del "Laboratorio de Masa-Resorte" en PhET desde el enlace proporcionado.
https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_es.html
2. Ajustes iniciales:
 - En la simulación, ajusta la masa, la constante del resorte (k), y la amplitud inicial de manera que el sistema oscile. Selecciona la opción para visualizar la energía (energía cinética, energía potencial y energía total).
3. Observación de las características del MAS:
 - Coloca una masa de $m=0,5$ kg en el resorte.
 - Observa cómo oscila el sistema y verifica el comportamiento de la energía total. La energía total debe mantenerse constante a lo largo del tiempo.
4. Medición del Período:
 - Mide el tiempo que tarda la masa en hacer una oscilación completa (es decir, en pasar de su posición máxima a la misma posición máxima en la dirección opuesta).
 - Registra el período T para un número de oscilaciones y calcula el promedio.

Parte 2: Cambios en la Masa y la Constante del Resorte

1. Efecto de la masa:

- Cambia la masa a diferentes valores ($m=0,2$ kg; $m=1$ kg, etc.) y observa cómo afecta el período de oscilación.
- Registra los valores del período para diferentes masas y analiza la relación.
- 2. Efecto de la constante del resorte (k):
 - Cambia la constante del resorte k (ajústala desde un valor pequeño hasta un valor grande) y observa cómo cambia el período de oscilación.
 - Registra los valores del período para diferentes valores de k y compara.
- 3. Amplitud de oscilación:
 - Observa cómo cambia la amplitud de la oscilación. En el M.A.S, el período no depende de la amplitud, pero en la simulación podrás confirmar este comportamiento al ver que el período se mantiene constante independientemente de la amplitud.

Parte 3: Energías del Movimiento Armónico Simple

1. Observación de las energías:
 - Durante el movimiento, observa la energía potencial elástica, la energía cinética y la energía total.
 - Analiza cómo la energía cinética y la energía potencial se transfieren entre sí durante la oscilación. La energía total debe permanecer constante a medida que la masa oscila.
2. Comportamiento de las energías:
 - Registra los puntos de máxima energía cinética (cuando la masa pasa por la posición de equilibrio) y máxima energía potencial (cuando la masa está en la máxima elongación).

Análisis de Datos:

1. Relación entre masa y período:
 - Según la fórmula $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ discute cómo el período cambia al aumentar o disminuir la masa del sistema.
 - ¿Cómo se ajusta el período al cambiar la masa?
2. Relación entre la constante del resorte y el período:
 - Analiza cómo el período cambia al aumentar o disminuir la constante del resorte k .
 - Según la fórmula, ¿qué pasa con el período si k aumenta?
3. Energía del sistema:
 - Describe cómo se comportan la energía cinética, la energía potencial y la energía total a lo largo del movimiento. ¿Qué relación existe entre ellas durante una oscilación completa?

Cuestionario Post-Laboratorio:

1. ¿Cómo afecta la masa del objeto al período del movimiento armónico simple?
2. ¿De qué manera la constante del resorte influye en el período?
3. ¿Qué tipo de energía predomina cuando el objeto está en la posición de máxima elongación?
4. ¿Por qué la energía total se mantiene constante a lo largo del tiempo, y qué implica esto sobre la conservación de la energía?
5. ¿Qué ocurre con el período si duplicamos la masa? ¿Y si duplicamos la constante del resorte?

Conclusión:

- Resume los resultados obtenidos a partir de la simulación PhET. Discuta cómo el movimiento armónico simple depende de la masa, la constante del resorte y la amplitud, y cómo se confirma la fórmula teórica del período

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{a través de la simulación.}$$

- Reflexione sobre la importancia del MAS en sistemas físicos reales y su aplicación en tecnología (por ejemplo, en osciladores, relojes y muelles).

Práctica de Laboratorio: Estudio del Sonido en PhET

Título:

Exploración de las Propiedades del Sonido utilizando la Simulación de PhET

Objetivos:

1. Comprender cómo se producen las ondas sonoras y cómo se propagan en diferentes medios.
2. Estudiar la relación entre la frecuencia, amplitud y velocidad de propagación del sonido.
3. Observar el comportamiento de las ondas sonoras al interactuar con diversos objetos y medios (reflexión, refracción y absorción).
4. Analizar cómo se perciben los sonidos dependiendo de su frecuencia y amplitud.

Materiales:

- Computadora o dispositivo con acceso a internet.
- Navegador web para acceder a la simulación PhET.
- Enlace a la simulación: PhET – Sonido
https://phet.colorado.edu/sims/html/sound-waves/latest/sound-waves_all.html?locale=es

Procedimiento:

Parte 1: Exploración de la Producción y Propagación del Sonido

1. Acceso a la Simulación PhET:
 - Abre la simulación "Sonido" de PhET desde el enlace proporcionado.
2. Generación de Sonido:
 - En la simulación, ajusta el generador de sonido (el vibrador) para crear ondas sonoras.
 - Ajusta la frecuencia y la amplitud de las ondas utilizando los controles deslizantes.
 - Observa cómo cambian las ondas en función de la frecuencia (más alta o baja) y la amplitud (más fuerte o más débil).
3. Observación de la Propagación del Sonido:
 - Coloca el generador en un medio específico (aire, agua, o metal) y observa cómo las ondas se propagan a través de esos medios.
 - Toma nota de cómo la velocidad de propagación del sonido cambia al cambiar el medio.
4. Medición de la Velocidad del Sonido:
 - En la simulación, observa las ondas y mide el tiempo que tarda una onda en viajar a una distancia determinada.
 - Calcula la velocidad del sonido utilizando la fórmula: $v=d/t$
 - Compara la velocidad del sonido en diferentes medios y discute por qué varía (por ejemplo, el sonido viaja más rápido en sólidos que en líquidos o gases).

Parte 2: Relación entre Frecuencia, Amplitud y Percepción del Sonido

1. Frecuencia y Percepción del Tono:
 - Cambia la frecuencia del generador de sonido y observa cómo se altera el tono del sonido. Las frecuencias más altas producen tonos más agudos y las frecuencias más bajas producen tonos más graves.
 - En la simulación, escucha las variaciones en el tono y describe cómo el oído humano percibe esos sonidos.
2. Amplitud y Percepción de la Intensidad:

- Ajusta la amplitud de las ondas en la simulación.
- Observa cómo cambia la intensidad del sonido a medida que aumentas o disminuyes la amplitud. ¿Cómo afecta esto la percepción de volumen?
- 3. Relación entre Frecuencia, Amplitud y Percepción del Sonido:
 - Realiza algunos experimentos en los que combines cambios en la frecuencia y amplitud. Toma nota de cómo ambos factores afectan lo que escuchas.
 - Discute cómo la frecuencia afecta el tono (grave o agudo) y cómo la amplitud afecta la intensidad (fuerte o suave) del sonido.

Parte 3: Fenómenos Acústicos: Reflexión, Refracción y Absorción del Sonido

1. Reflexión del Sonido:
 - Coloca un obstáculo (como una pared) en el camino de las ondas sonoras.
 - Observa cómo las ondas se reflejan al chocar con el obstáculo. Modifica la posición del obstáculo y analiza cómo cambia el ángulo de reflexión de las ondas.
2. Refracción del Sonido:
 - Modifica el medio por el que viajan las ondas (de aire a agua o metal).
 - Observa cómo cambia la dirección de la onda al entrar en el nuevo medio (refracción).
 - Discute cómo la velocidad de las ondas cambia cuando pasan de un medio a otro.
3. Absorción del Sonido:
 - Coloca diferentes materiales absorbentes (como una superficie suave) frente al generador de sonido.
 - Observa cómo disminuye la intensidad del sonido cuando las ondas se encuentran con materiales que absorben el sonido, como alfombras o espuma acústica.

Análisis de Datos:

1. Velocidad del Sonido:
 - Calcula la velocidad del sonido en diferentes medios. Compara los resultados y discute cómo la estructura del medio afecta la velocidad de propagación de las ondas sonoras.
2. Frecuencia y Tono:
 - Analiza cómo el cambio en la frecuencia afecta el tono percibido. ¿Qué ocurre cuando la frecuencia es muy baja o muy alta?
3. Amplitud e Intensidad:
 - Discute la relación entre la amplitud de las ondas y la intensidad del sonido. ¿Cómo afecta esto la percepción del volumen?
4. Fenómenos Acústicos:
 - Describe cómo la reflexión, refracción y absorción afectan el comportamiento del sonido en diferentes situaciones.

Cuestionario Post-Laboratorio:

1. ¿Cómo varía la velocidad del sonido en el aire cuando cambias la temperatura o el medio?
2. ¿De qué manera la frecuencia del sonido afecta la percepción de su tono?
3. ¿Cómo la amplitud del sonido influye en su percepción de volumen?
4. ¿Qué ocurre con las ondas sonoras cuando encuentran un obstáculo? Explica los fenómenos de reflexión y refracción.
5. ¿Por qué algunos materiales son mejores para absorber el sonido que otros? ¿Qué aplicaciones tienen estos materiales?

Conclusión:

- Resume los resultados obtenidos sobre cómo las ondas sonoras se propagan, cómo la frecuencia y amplitud afectan la percepción del sonido, y cómo los fenómenos acústicos influyen en el comportamiento del sonido.
- Reflexiona sobre las aplicaciones prácticas de los fenómenos acústicos, como la insonorización de espacios, el diseño de salas de conciertos, y la tecnología utilizada en la medicina (ecografías, ultrasonidos).

Práctica de Laboratorio: Estudio de la Luz en PhET

Título:

Exploración de las Propiedades de la Luz y su Comportamiento en la Simulación de PhET

Objetivos:

1. Comprender cómo se propaga la luz y cómo se comporta al interactuar con distintos medios.
2. Investigar los fenómenos de reflexión, refracción y dispersión de la luz.
3. Analizar cómo cambia la dirección de la luz al atravesar diferentes materiales.
4. Realizar gráficos y tablas para visualizar los efectos de la reflexión y refracción.

Materiales:

- Computadora o dispositivo con acceso a internet.
- Navegador web para acceder a la simulación PhET.
- Enlace a la simulación: PhET - La Luz

Procedimiento:

Parte 1: Exploración de la Propagación de la Luz

1. Acceso a la Simulación PhET:
 - Abre la simulación "La Luz" de PhET desde el enlace proporcionado.
https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html?locale=es
2. Exploración de la Luz:
 - En la simulación, observa cómo se comporta la luz cuando incide sobre diferentes superficies.
 - Ajusta la fuente de luz (haz de luz) y selecciona diferentes ángulos de incidencia.
3. Observación de la Reflexión:
 - Coloca un espejo plano en el camino de la luz y observa cómo se refleja.
 - Modifica el ángulo de incidencia de la luz y mide el ángulo de reflexión. Asegúrate de observar que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión (Ley de Reflexión).
4. Observación de la Refracción:
 - Cambia el medio a través del cual viaja la luz (aire, agua, vidrio) y observa cómo se refracta al pasar de un medio a otro.
 - Modifica el ángulo de incidencia y observa cómo cambia el ángulo de refracción. Anota las relaciones entre los ángulos de incidencia y refracción en función de los diferentes materiales.

Parte 2: Realización de Gráficos y Tablas sobre la Reflexión y Refracción

1. Reflexión:
 - Crea una tabla donde registres los valores del ángulo de incidencia (θ_i) y el ángulo de reflexión (θ_r) para diferentes ángulos de incidencia.
 - Ejemplo de tabla:

Ángulo de Incidencia (°)	Ángulo de Reflexión (°)
10°	
20°	
30°	
40°	
50°	

2. Refracción:
 - Cambia el medio de propagación (de aire a agua o vidrio) y mide los ángulos de incidencia y refracción para distintos valores de incidencia.
 - Registra los datos en una tabla como la siguiente:

Ángulo de Incidencia (°)	Ángulo de Refracción en Aire (°)	Ángulo de Refracción en Agua (°)	Ángulo de Refracción en Vidrio (°)
10°			
20°			
30°			
40°			
50°			

3. Cálculo de Índices de Refracción:

- Usa la ley de Snell para calcular el índice de refracción n en cada caso:
- Calcula el índice de refracción para los diferentes medios utilizando los ángulos de incidencia y refracción medidos.

$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$$

ángulos de

Parte 3: Dispersión de la Luz

1. Exploración de la Dispersión:

- En la simulación, observa cómo un prisma separa la luz blanca en los colores del espectro (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta).
- Ajusta el ángulo de incidencia y observa cómo cambia la dispersión de los colores.

2. Visualización de la Dispersión:

- Haz una observación de cómo se separan los colores de la luz al pasar a través de un prisma y regístralo en una tabla o dibuja lo que ves en un gráfico de dispersión de colores.

Análisis de Datos:

1. Reflexión y Ley de Reflexión:

- Analiza cómo los ángulos de incidencia y reflexión son iguales. Esto debería cumplirse en todas las observaciones. Discute la ley de reflexión basada en tus observaciones.

2. Refracción y Ley de Snell:

- Compara los resultados obtenidos para los ángulos de refracción y cómo se relacionan con la ley de Snell. Discute el comportamiento de la luz al pasar de un medio a otro, y calcula el índice de refracción para los distintos materiales.

3. Dispersión:

- Analiza cómo el prisma dispersa la luz en los colores del espectro. ¿Qué sucede cuando la luz pasa a través de medios con diferentes índices de refracción?

Cuestionario Post-Laboratorio:

1. ¿Qué relación existe entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión? Explica la ley de reflexión.
2. ¿Cómo cambia el ángulo de refracción al pasar la luz del aire a un material con mayor índice de refracción, como el vidrio?
3. ¿Qué factores influyen en el índice de refracción de un material?
4. ¿Cómo se explica la dispersión de la luz a través de un prisma? ¿Por qué se separan los colores?
5. ¿Qué aplicaciones de la refracción de la luz podemos encontrar en la vida diaria (por ejemplo, lentes, telescopios, etc.)?

Conclusión:

- Resume los resultados obtenidos sobre los fenómenos de reflexión y refracción, y la dispersión de la luz.
- Discuta las aplicaciones prácticas de estos fenómenos en la vida cotidiana, como en la formación de arco iris, lentes ópticas y la utilización de prismas en espectroscopía.

Rutina de pensamiento

Veo
Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso
Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto
Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo VII: *¡Eso es relativo!*

Una mañana de domingo, la familia de Hípaso estaba reunida en el patio trasero desayunando, cuando surgió un conflicto inesperado. Academo había decidido invitar a algunos amigos para ver un partido de fútbol en la televisión, algo que había comentado casualmente la noche anterior. Sin embargo, Peleo, tenía otros planes: había esperado toda la semana para ver un maratón de su serie animada favorita.



Pitias, siempre tratando de mantener la paz, sugirió que podían turnarse o buscar una alternativa, pero Hípaso tenía una opinión contundente. La televisión es para actividades familiares los domingos, no para tus amigos ni tus caricaturas. Hoy veremos una película juntos, declaró mientras se servía otra taza de chocolate.

Academo, sintiéndose desestimado, argumentó que él había pedido permiso primero. Peleo, indignado, protestó porque no les daban prioridad a sus intereses. Pitias intentó mediar —Podemos encontrar una película que combine un poco de acción y comedia, así todos están contentos. Pero los hijos no estaban dispuestos a ceder.



El conflicto escaló cuando Hípaso, firme en su postura, apagó la televisión y propuso una salida al parque, algo que generó una nueva discusión porque Academo quería quedarse para el partido y Peleo prefería quedarse en casa. Finalmente, Pitias sugirió que dividieran la mañana. Academo podría ver el partido con sus amigos mientras ella llevaba a Peleo al parque. Hípaso, aunque reacio,

aceptó para evitar que la mañana se convirtiera en un caos total. Sin embargo, no pudo evitar resoplar y murmurar —Ya nadie respeta los domingos en familia.



—Todo es relativo papá —dijo Academo—.

—Pues no todo. La velocidad de la luz no es relativa. —dijo su padre—.

—¿Cómo? —dijeron los hermanos—.



Fuente: Los Simpson

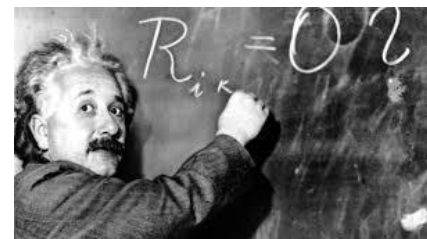


—¡Niños lindos! —expresó Hípaso poniendo los dedos como el señor Burns de los Simpson—.

El primero en hablar de relatividad fue nuestro amigo Galileo Galilei en el siglo XVII, con su principio de relatividad Galileana.

Este principio establece que las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales, es decir, aquellos que se mueven a velocidad constante unos respecto a otros. Galileo usó ejemplos simples, como observar el movimiento dentro de un barco en calma, para ilustrar que no hay experimento mecánico que permita distinguir si el barco está en reposo o en movimiento uniforme.

Más tarde, nuestro amigo Newton incorporó la idea de relatividad Galileana a su mecánica clásica, añadiendo conceptos como el espacio y el tiempo absoluto. Sin embargo, fue Albert Einstein quien, en 1905, revolucionó la comprensión de la relatividad al formular la teoría de la relatividad especial.



Fuente: Generado por IA (2025).

En aquellos tiempos, la velocidad relativa era estudiada con mucha seriedad desde el punto de vista cinemático. En el ámbito de la cinemática relativista, que se ocupa del movimiento de objetos a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, los fenómenos observados difieren significativamente de las predicciones de la mecánica clásica.

Imaginen los siguiente:

Academo y yo estamos conversando frente a la casa, luego de unos minutos, Peleo pasa en su bicicleta, se detiene e invita a ir con él a su hermano y se van. Ahora pongan mucha atención; Academo mira a su hermano un momento desde su posición, lo miro desde mi posición, donde permanezco de pie.

¿Se mueve Peleo? Le pregunta a Academo.

—Bueno, va en la bicicleta, es obvio que se mueve. Responde Academo.

—Pero, cuando lo ves, ¿notas que cambia de posición?

—No. Entonces no se mueve. Responde ahora Academo.

—Pero, cuando yo lo veo, se está alejando de mí. Insiste su padre.

—A ver, a ver, papá, no me confundas. Dice Peleo.

—Ya me enredé. Dice Academo.

Su padre pensó un poco y les dijo.

Lo relativo se refiere a “respecto a ”

Desde la posición de Academo, es decir, respecto a Academo, Peleo no se mueve, ya que la distancia es la misma. Sin embargo, desde mi posición, es decir, respecto a mí, si se mueve, ya que la distancia es mayor mientras el tiempo avanza.

De tal forma que, el movimiento es medido con respecto a otra cosa, en relación con algo que se considere fijo.

Veamos un ejemplo.

Dos automóviles se mueven en la misma dirección y sentido. El automóvil A se mueve a 80 km/h y el automóvil B se mueve a 100 km/h. ¿Cuál es la velocidad de A respecto de B?

$$V_A = 80 \text{ km/h}$$

$$V_B = 100 \text{ km/h}$$

Estas velocidades están en la misma dirección.

La velocidad de A respecto a B la llamaremos V_B

De tal forma que:

$$V_B = V_A - V_B$$

$$V_B = 80 \text{ km/h} - 100 \text{ km/h}$$

$$V_B = -20 \text{ km/h}$$

Así, la velocidad de A respecto a B es negativa, ya que después de coincidir, A se queda detrás de B.

Vamos más allá.

Supongamos:

Un tren se mueve a 20 m/s hacia adelante y una persona dentro lanza una pelota hacia adelante a 10 m/s, respecto al tren.

—¿Qué ve cada uno? —preguntó Peleo—.

Persona dentro del tren:

Ve que la pelota se mueve a 10 m/s hacia adelante (porque está en el mismo sistema de referencia que el tren).

Persona en la estación (afuera del tren):

Ve que la pelota se mueve a 20 m/s (tren) + 10 m/s (pelota) = 30 m/s hacia adelante.

Esto se llama suma de velocidades y funciona con objetos normales, como pelotas, autos, etc. Se basa en la mecánica clásica (Newtoniana).

—¿Qué pasa con la luz? —preguntó Academo—.

La luz no sigue las reglas de la mecánica clásica. Einstein demostró que:

La velocidad de la luz es constante (299 792 458 metros por segundo) para todos los observadores, sin importar su movimiento. Es de aproximadamente 300 000 000

de metros por cada segundo, dicho de otra forma, 300 000 kilómetros por cada segundo o también 1 080 000 000 kilómetros por cada hora.

Así que, si alguien en un tren lanza luz hacia adelante, un observador en la estación NO ve luz a $20 \text{ m/s} + 300\,000 \text{ km/s}$. La sigue viendo a $300\,000 \text{ km/s}$.

—¿Cómo? —gritó Academo—.

Su padre los miró —Gracias a la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein:

A diferencia de cosas normales —como trenes, balas, pelotas—, la luz no se suma con la velocidad del que la emite.

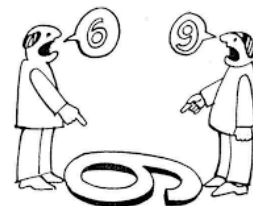
No importa si la linterna está en reposo o moviéndose: la luz siempre se mueve a la misma velocidad en el vacío para todos los observadores.

Esta teoría superó la relatividad Galileana al incorporar la constancia de la velocidad de la luz y demostrar que el espacio y el tiempo son relativos al observador, fusionándose en el concepto de espacio-tiempo.

—Pero, papá —dijo Academo—. Todo el mundo lo dice.

—Pues, tienes dos errores allí. El primero es que todos no lo dicen, por ejemplo, los físicos y profesores de física no lo dicen. Lo otro es pensar que es verdad.

La frase: *Todo es relativo*, comenzó a usarse fuera del ámbito científico como una manera simplificada, y a menudo incorrecta, de describir la relatividad de Einstein. Con el tiempo, la idea fue absorbida por el lenguaje cotidiano para referirse a la subjetividad de las opiniones, las situaciones o incluso las normas morales.



Es importante notar que Einstein nunca dijo literalmente *todo es relativo* en sus escritos científicos. De hecho, su teoría tiene reglas precisas y absolutas, como la constancia de la velocidad de la luz en el vacío. La frase, como se entiende popularmente, es más un reflejo del relativismo filosófico que de las ideas científicas de Einstein.

—Entonces, dinos ¿De qué se trata la relatividad? —sugirió Peleo—.

—Pues verán, si tomamos en cuenta lo expuesto podemos decir que:

La *relatividad* es un concepto fundamental en física que trata sobre cómo las medidas de ciertos fenómenos físicos, como el tiempo, el espacio y el movimiento, dependen del observador y del marco de referencia en el que se realizan las mediciones¹⁰.

Esta teoría fue desarrollada en dos grandes etapas, primero la *relatividad especial* (1905) y diez años más tarde la *relatividad general*.

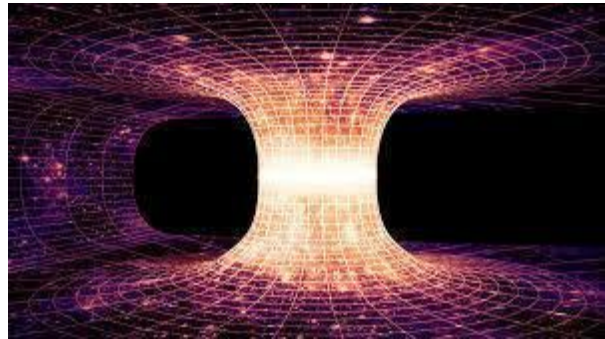
—O sea, que hay dos —dijo Pitias—.

Su esposo la miró con ternura y dejó en la mesa la taza de chocolate. Y comenzó:



La relatividad especial se aplica en situaciones donde los objetos se mueven a velocidades cercanas a la de la luz y plantea dos postulados básicos.

El primero de ellos es que las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales. Esto significa que no existe un sistema de referencia privilegiado; todos los observadores en movimiento uniforme tienen la misma capacidad para describir las leyes físicas.



Fuente: Generado por IA (2025).

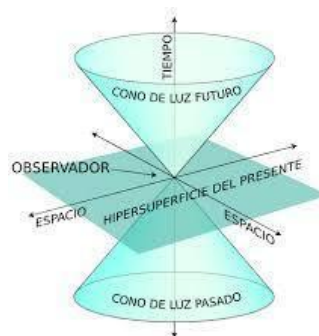


La segunda es que la velocidad de la luz en el vacío es constante e independiente del movimiento del observador o de la fuente que la emite. Esto contradice las intuiciones clásicas, ya que implica que el tiempo y el espacio no son absolutos.

¹⁰ Serway & Jewett (2018).

Pero esto tiene algunas consecuencias.

El tiempo pasa más lentamente para un objeto que se mueve a alta velocidad en comparación con un observador en reposo. Los objetos que se mueven rápidamente se acortan en la dirección de su movimiento según lo medido por un observador externo. La famosa ecuación $E=mc^2$, establece que la masa puede convertirse en energía y viceversa.



Fuente: Misner, Thorne, & Wheeler, (1973).

—Creo que hablas de ficción, papá —dijo riéndose Peleo—.

—Sí, los físicos de la época también se rieron. De hecho, nunca obtuvo el premio Nobel por esta espectacular idea. Una de las cosas más locas es sobre el tiempo.

La *dilatación del tiempo* es un fenómeno impresionante que se refiere a cómo el tiempo transcurre de manera diferente para dos observadores que están en movimiento relativo entre sí o que se encuentran en diferentes campos gravitatorios, según la relatividad general.



Hay un postulado clave. La velocidad de la luz en el vacío es constante y tiene el mismo valor para todos los observadores, sin importar su movimiento relativo. Pero esto trae como consecuencia que, si un observador está en movimiento respecto a otro, el tiempo para el observador en movimiento pasa más lentamente cuando se mide desde el marco de referencia del observador en reposo, de acuerdo con *Hawking (1988)*.

La relación entre el tiempo en reposo (t_0) y el tiempo observado (t) viene dada por:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Donde:

- T_0 : Tiempo propio (el tiempo medido por un reloj que está en reposo con respecto al observador).
- t : Tiempo dilatado (el tiempo medido por un observador en movimiento relativo al reloj).
- v : Velocidad del objeto en movimiento.
- c : Velocidad de la luz en el vacío ($c=3\times 10^8$ m/s).

—¿Por qué la velocidad de la luz es c ? —preguntó Peleo—.

—La letra c para la velocidad de la luz tiene origen en el latín *celeritas* que significa velocidad o rapidez —respondió su padre—.



—Pero aun no entiendo eso del tiempo —dijo Academo—.

Ahora su padre se sonrió un poco y les dijo:

Si están viajando en una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz, y llevan un reloj, el tiempo medido por su reloj será más lento en comparación con el tiempo medido por mí que estoy en la Tierra. Por ejemplo, si viajan durante lo que para ustedes son 5 años, en la Tierra podrían haber pasado décadas.



Fuente: Nolan, C. (Director). (2014). Interstellar [Película]. Paramount Pictures; Warner Bros.

—Pero danos un ejemplo concreto —dijo Academo—.

—Pues, déjame pensar, un momento.

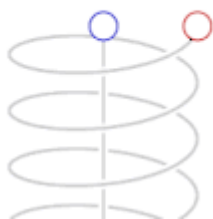
Supongamos un astronauta viaja a una velocidad de $0,8c$ (donde c es la velocidad de la luz, estaríamos hablando del 80% de la velocidad de la luz) hacia una estrella distante y regresa a la Tierra. Según el reloj en la nave del astronauta, el viaje de ida dura 5 años.

Revisemos:

- ¿Cuánto tiempo habrá transcurrido en la Tierra durante el viaje de ida?

- ¿Cuánto tiempo habrá transcurrido en total en la Tierra (ida y vuelta)?
- Velocidad del astronauta: $v = 0,8c$
- Tiempo medido por el astronauta (en el sistema de referencia de la nave): $t_0 = 5$ años (ida).

La fórmula de dilatación temporal que usaremos es:



$$t = \frac{5}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{5}{\sqrt{1 - 0,64}}$$

$$t = \frac{5}{\sqrt{0,36}}$$

$$t = 8,33 \text{ años}$$

Entonces el tiempo total en la Tierra:

El viaje de ida y vuelta es simétrico, por lo que el tiempo total en la Tierra será:

$$t_{\text{total}} = 2 \cdot t = 2 \cdot 8,33 = 16,66 \text{ años}$$

El astronauta experimenta 10 años —5 años de ida + 5 años de vuelta— en su propio marco de referencia, pero las personas en la Tierra experimentan casi 17 años debido a la dilatación temporal.

Es importante resaltar que, para nuestro sistema de referencia la velocidad de la luz es muy alta, pero tomemos en cuenta una cosa:

Para medir la distancia de la mayoría de los cuerpos del espacio usamos los años luz. Un año luz es la distancia que la luz recorre en un año terrestre. Un año luz equivale aproximadamente a 9 billones de kilómetros —cerca de 6 billones de millas—. ¡Es decir un 9 con 12 ceros a la derecha!

La distancia promedio entre el Sol y la Tierra es de aproximadamente 0,0000158 años luz. Esto equivale a unos 8,3 minutos luz.

El diámetro de la Vía Láctea, nuestra galaxia, es de 150 000 años luz aproximadamente. En cambio, el diámetro de su galaxia hermana, Andrómeda, es de 240.000 años luz. Ambas galaxias están separadas por 2 500 000 años luz.

La distancia entre el Sol y la estrella más cercana, Próxima Centauri, es de 4,22 años luz.

La distancia entre la Vía Láctea y la galaxia más cercana, la galaxia enana del Can Mayor, es de 25 000 años luz.

El diámetro aproximado del Grupo Local de galaxias, al cual pertenece la Vía Láctea, es de 10 000 000 años luz.

El diámetro aproximado del supercúmulo de Virgo, al cual pertenece el Grupo Local de galaxias, es de 200 000 000 años luz.

Pero podemos usar la unidad astronómica (UA), equivalente a 8 minutos luz, está determinada por la distancia media entre la Tierra y el Sol.

Pensando en esto, realmente la velocidad de la luz es muy pequeña, con la tecnología actual, es imposible salir con vida de nuestra galaxia y visitar a nuestros vecinos. Tomando en cuenta que ni siquiera podemos alcanzar la velocidad de la luz, recorrer esas distancia es imposible, por ahora.

—¡Qué miedo! —dijo Peleo—. Tú podrías no estar aquí si fuera más tiempo.

—Pues sí. También hay otra forma de deformar el tiempo.

—Como la película *interestelar* —dijo Pitias—.

En la relatividad general, el tiempo también se dilata debido a la presencia de campos gravitatorios fuertes. Cerca de un objeto masivo, el tiempo pasa más lentamente en comparación con un lugar donde el campo gravitatorio es más débil. Por ejemplo, un reloj en la superficie de la Tierra, donde la gravedad es más intensa, marcará el tiempo más lentamente que un reloj en un satélite en órbita, donde la



gravedad es menor. Este efecto se considera en los sistemas GPS para mantener la precisión.

—En la película decían que cerca del agujero negro las cosas se ponían raras —dijo Academo—.

—Es curioso, porque es cierto, aunque sea una película —dijo su padre—.

La primera fotografía de un agujero negro se obtuvo el 10 de abril de 2019. La imagen fue tomada por el Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT, por sus siglas en inglés). Se trata de un agujero negro supermasivo ubicado en el centro de la galaxia M87, en la constelación de Virgo. La imagen se logró gracias a la colaboración de cerca de 200 científicos y la combinación de ocho radiotelescopios ubicados en distintos puntos del planeta. El proyecto EHT convirtió a la Tierra en un gran telescopio virtual. El nombre del proyecto hace referencia al *horizonte de eventos*, una parte clave de los agujeros negros. El agujero negro de la Vía Láctea, llamado Sagitario A*, es el segundo agujero negro en ser fotografiado por el ser humano.



—El señor de la silla de ruedas habló de eso ¿no? —dijo Academo—.

—Sí, pero:



Schwarzschild, K.

En 1916 el astrónomo alemán Karl Schwarzschild desarrolló el concepto de agujero negro con base en la teoría de la relatividad de Einstein, que posteriormente describe los agujeros negros sin carga y sin rotación. Sin embargo, la idea de que existen objetos masivos que pueden atrapar la luz se remonta al siglo XVIII, cuando el inglés *John Michell* y el francés *Pierre-Simon Laplace* la manifestaron.



Michell, J.

Es la región del espacio, cuya existencia fue predicha por la teoría de la relatividad general, en la que la



Laplace, P.

fuerza gravitacional es tan intensa que, salvo por un determinado tipo de procesos cuánticos, no puede escapar ninguna materia o radiación que penetre en ella.



Wheeler, J.

Por otro lado, John Wheeler, quien fue un físico teórico estadounidense del siglo XX. Acuñó la locución *agujero negro* durante una reunión de cosmólogos en Nueva York, para designar lo que anteriormente se llamó estrella en colapso gravitatorio completo.

—Pero ninguno es el de la silla de ruedas —apuntó Academo—.

—No. Ya voy a eso.

Stephen William Hawking fue un físico teórico, astrofísico, cosmólogo y divulgador científico británico del siglo XX. En los años 70, él predijo que un agujero negro podría emitir espontáneamente pares de partículas. Según su teoría, una de ellas sería tragada por el agujero, pero la otra escaparía hacia fuera, lo que un observador externo vería como una emisión espontánea de radiación por parte del agujero.



Hawking, W.

Pero volviendo a la película, Kip Thorne y su amiga, la productora Lynda Obst, también desarrollaron el concepto de la película *Interstellar* de Christopher Nolan. También escribió un libro relacionado con la película, *The Science of Interstellar*.



Thorne, K.

Thorne es un físico teórico estadounidense, ganador del Premio Nobel de Física y del Premio Princesa de Asturias de Investigación Científica y Técnica, conocido por sus numerosas contribuciones en el campo de la física gravitacional y la astrofísica y por haber formado a toda una generación de científicos.

Thorne recibió el Premio Breakthrough en Física Fundamental 2016 y el Premio Nobel de Física 2017 por su papel en el desarrollo del Observatorio de Ondas Gravitacionales con Interferometría Láser y la detección de ondas gravitacionales por primera vez.

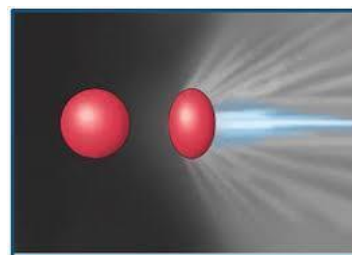
—Pero, dinos más de la relatividad. Por favor —dijo Peleo—.

—Claro que sí. Veamos ahora otra cosa loca.

La *contracción de la longitud* es otro fenómeno predicho por la teoría. Este efecto ocurre cuando un objeto se mueve a una velocidad muy cercana a la de la luz respecto a un observador.

Según la relatividad especial, las dimensiones de un objeto en movimiento se contraen en la dirección en la que se desplaza, pero solo cuando es observado desde un sistema de referencia en reposo.

Cuando un objeto se mueve a una velocidad significativa respecto a un observador, cerca de la velocidad de la luz, su longitud en la dirección del movimiento se acorta, es decir, se contrae. Este efecto solo se percibe para objetos que están en movimiento relativo con respecto al observador; para alguien que se mueve con el objeto, este no experimentará ningún cambio en su longitud.



La longitud medida en movimiento (L) está relacionada con la longitud en reposo (L_0) mediante la siguiente fórmula:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

- L_0 : Longitud del objeto en reposo —cuando no se mueve—.
- L : Longitud del objeto medida por un observador que ve al objeto en movimiento.
- v : Velocidad del objeto en movimiento respecto al observador.
- c : Velocidad de la luz en el vacío — $c=3 \times 10^8$ m/s—.



—Pero ¿Cómo interpretamos eso, mi amor?

—Es una buena pregunta —le dijo su esposo—.

Cuando un objeto se mueve a gran velocidad (v) en dirección a su movimiento, la longitud del objeto en esa dirección parece acortarse

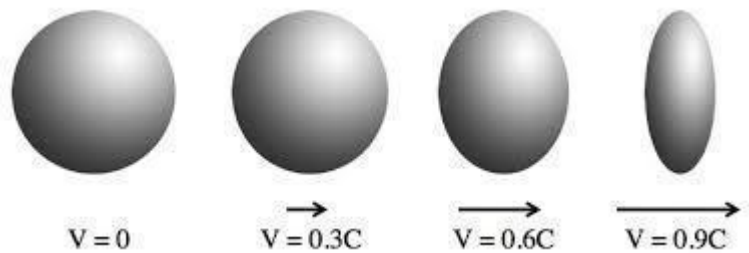
para un observador que está en reposo. Este acortamiento no es perceptible a velocidades bajas; solo se vuelve significativo a velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Es importante destacar que la contracción solo afecta la dimensión en la dirección del movimiento, no en las otras direcciones. Es decir, si un tren se mueve rápidamente, solo la longitud del tren a lo largo de las vías se contrae, no su altura ni su ancho.

—¿Por qué no percibimos la contracción de la longitud en nuestra vida cotidiana? —cuestionó Academo—.

—Eso se preguntaban sus colegas —dijo su padre—.

Este fenómeno solo se vuelve significativo cuando las velocidades alcanzan una fracción importante de la velocidad de la luz.

A velocidades mucho menores que c , la contracción es tan pequeña que es imposible detectarla con los instrumentos actuales.



Fuente: Misner, Thorne, & Wheeler, (1973).

—Danos un buen ejemplo —dijo Pitias—.

—Buena idea —dijo Hípaso—.

Un tren de 100 metros de longitud, en reposo, se mueve a una velocidad de $0.9c$ respecto a un observador en la Tierra.

—Aquí es el 90% de la velocidad de la luz ¿cierto? Agregó Academo.

—Así es hijo. Celebró su padre.

Revisemos:

¿Cuál será la longitud del tren medida por el observador en la Tierra?

Usan la fórmula:

$$L = 100 \sqrt{1 - \frac{(0,9c)^2}{c^2}}$$

$$L = 100 \sqrt{1 - 0,81}$$

$$L = 43,59 \text{ m}$$

La longitud del tren medida por el observador en la Tierra será de *43,59 metros*.

Para el observador en reposo, el tren se ve comprimido en la dirección del movimiento debido a la contracción de la longitud. Sin embargo, para un pasajero en el tren, su longitud no ha cambiado, ya que la contracción solo ocurre en el marco de referencia del observador externo.



—Con mucha razón nadie entendía eso —dijo Peleo—.

—Cuéntanos sobre la fórmula de energía —dijo Academo—.

—Por supuesto. Verán:

La *equivalencia entre masa y energía* es uno de los conceptos más importantes de la teoría de la relatividad especial.



Esto quiere decir que cualquier cantidad de masa tiene una cantidad equivalente de energía, y viceversa. En otras palabras, la masa puede transformarse en energía y la energía puede convertirse en masa.

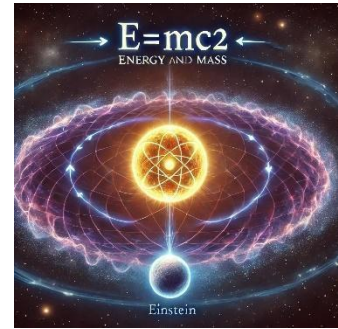
—Pero eso es difícil de imaginar —dijo Academo—.

Hípaso pensó en un pequeño ejemplo.

La masa de un objeto tiene una cantidad de energía asociada a ella, incluso si el objeto está en reposo. Esta energía se conoce como energía de reposo. Por ejemplo, si un objeto de 1 kg se convierte completamente en energía, la cantidad de energía liberada sería:

$$E = 1 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 9 \times 10^{16} \text{ J}$$

Esto significa que 1 kg de masa puede liberar una enorme cantidad de energía, aproximadamente 9×10^{16} julios, que es equivalente a la energía liberada por una gran cantidad de combustible. La ecuación también implica que la energía puede transformarse en masa. Este proceso ocurre en situaciones donde se generan partículas subatómicas, como en los aceleradores de partículas. La energía de las colisiones puede producir partículas con masa, lo que demuestra que la energía puede convertirse en masa.



—Es descabellado lo que nos cuentas, papá —dijo Peleo—.

—Sí, tienes razón —dijo su padre—. Saber que la longitud y el tiempo cambian con la velocidad del objeto en cuestión, es difícil de creer. Sin embargo, debo decirles que la masa también sufre cambios drásticos.

Cuando la velocidad de un objeto se acerca a la velocidad de la luz, su masa aparente o relativista aumenta debido a los efectos de la relatividad especial descritos por Einstein.



Fuente: Generado por IA (2025).

Esto significa que a medida que el objeto se mueve más rápido, requiere más energía



para seguir acelerándolo. Este incremento de masa no es un cambio en su masa física, o sea, en reposo, sino en su resistencia al movimiento, es decir, inercia, según lo perciben los observadores externos. Este efecto se hace notable solo a velocidades extremadamente altas, cercanas a la velocidad de la luz.

Un protón tiene una masa en reposo de $1,67 \times 10^{-27}$ kg y se mueve a una velocidad de $0,9c$, donde $c = 3 \times 10^8$ m/s. Calculemos:

- *Su masa relativista.*
- *Su energía total.*

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m = \frac{1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{(0,9 \cdot c)^2}{c^2}}}$$

$$m = 3,831 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

ahora para la energía:

$$E = m \cdot c^2$$

$$E = 3,831 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$E = 3,447 \times 10^{-10} \text{ J}$$

Esto muestra cómo la masa del protón aumenta significativamente a altas velocidades debido a los efectos relativistas. Su energía total también refleja este aumento en términos de la energía relativista.

Esto nos lleva a ver otras cositas. Primero la equivalencia de masa y energía es fundamental para entender cómo funcionan las reacciones nucleares. En las reacciones nucleares, como las de fisión o fusión, una pequeña cantidad de masa se convierte en una gran cantidad de energía. Por ejemplo, en el sol, la fusión de hidrógeno en helio convierte una pequeña fracción de la masa en energía, lo que produce la luz y el calor que llega a la Tierra. Además, en los reactores nucleares, el proceso de fisión de los átomos de uranio también convierte una pequeña parte de la masa en energía.

Sin embargo, esa fórmula de energía que comentamos es una forma reducida de lo que planteó Einstein. Así que les muestro la versión completa.

$$E^2 = (m_0 \cdot c^2)^2 + (p \cdot c)^2$$

—Es más larga —dijo Peleo—.

—¡Ciertamente! —dijo su padre—.

Donde:

- E : *Energía total del objeto.*
- M_0 : *Masa en reposo del objeto.*
- c : *Velocidad de la luz en el vacío ($c \approx 3 \times 10^8$ m/s).*
- p : *Momento lineal relativista ($p = \gamma \cdot m_0 \cdot v$ con γ (gamma) el factor de Lorentz y v la velocidad del objeto).*

Pero, si el Momentum es cero, tendremos la fórmula que ya habíamos visto antes.

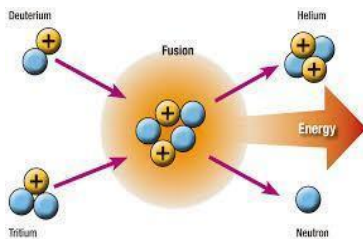
—Dinos ¿Cuándo ese Momentum es cero? —cuestionó Academo—.

—El momento es cero cuando el objeto está *en reposo*, es decir, cuando su velocidad es igual a cero. En esta situación, el objeto no tiene movimiento relativo respecto a un observador y, por lo tanto, no posee momento lineal.

—Danos un buen ejemplo —dijo Peleo—.

—Todos los días vemos sin darnos cuenta ese ejemplo —dijo su padre—.

En el núcleo del Sol, las reacciones de fusión nuclear convierten hidrógeno en helio. Durante este proceso, una pequeña fracción de la masa del hidrógeno se convierte en energía, que se libera como luz y calor. Este es el mecanismo que permite que el Sol emita energía durante miles de millones de años.



Cuando un objeto se mueve a velocidades cercanas a la de la luz, su energía total no solo depende de su masa en reposo, sino también de su velocidad. A medida que la velocidad de un objeto se acerca a la velocidad de la luz, la energía cinética aumenta y la masa aparente —en



Fuente: Generado por IA (2025).

un sistema de referencia en reposo— también aumenta. Este aumento de masa es conocido como *masa relativista*.

Tiene otras consecuencias, pues en la física de partículas, se observa que cuando una partícula y su antipartícula se encuentran, se aniquilan mutuamente, y toda su masa se convierte en energía, en forma de fotones. Este es un ejemplo práctico de cómo la masa puede convertirse en energía. También tiene implicaciones importantes en los viajes espaciales y en la comprensión de la energía requerida para mover grandes masas a velocidades cercanas a la luz, lo que se convierte en un desafío debido a la enorme cantidad de energía que se necesitaría.

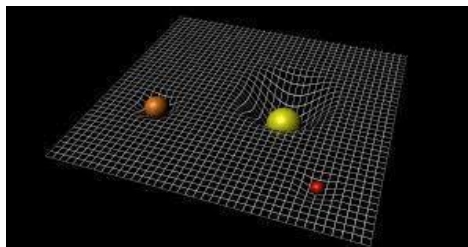


—Pero, no nos dices de la otra parte, la general —dijo Peleo—.

—Tiene razón —dijo Hípaso—. Pues:

La relatividad general amplía la relatividad especial al incluir los efectos de la gravedad y describe cómo la materia y la energía afectan la geometría del espacio y el tiempo —el espacio-tiempo—.

El postulado principal aquí es que la gravedad no es una fuerza como en la física de Newton, sino el resultado de la curvatura del espacio-tiempo causada por la masa y la energía. Los objetos se mueven siguiendo trayectorias curvas dentro de este espacio-tiempo deformado.

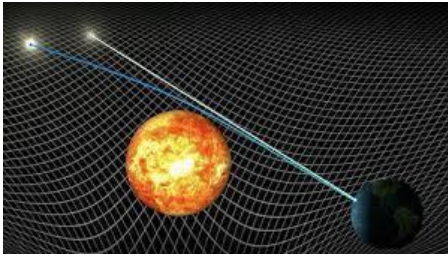


Fuente: Generado por IA (2025).

Por supuesto que tiene algunas consecuencias.

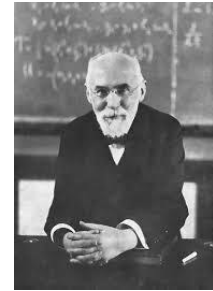
La luz puede desviarse al pasar cerca de un objeto masivo, como una estrella, debido a la curvatura del espacio-tiempo. El tiempo pasa más lentamente cerca de objetos masivos como planetas o estrellas. La relatividad general sirve como base para entender la cosmología moderna, incluyendo la expansión del universo y la existencia de agujeros negros.

—Pero ¿Todo esto lo hizo solito?



—Bueno, aunque Einstein es el principal autor de la teoría de la relatividad, varias personas contribuyeron indirectamente a su desarrollo, ya sea mediante sus trabajos previos o proporcionando apoyo intelectual y matemático.

Hendrik Antoon Lorentz fue un físico neerlandés galardonado con el Premio Nobel de Física del año 1902. Él desarrolló la *transformación de Lorentz*, que describe cómo las medidas de tiempo y espacio cambian cuando los observadores se mueven a velocidades cercanas a la de la luz. Estas transformaciones son fundamentales en la relatividad especial. Lorentz había trabajado en la teoría del éter, que fue abandonada por Einstein en favor de la relatividad especial, pero las ecuaciones de Lorentz fueron esenciales para desarrollar la idea de que el espacio y el tiempo no son absolutos.



Lorentz., H.

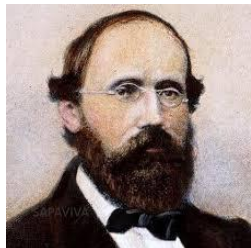


Poincaré, H.

Jules Henri Poincaré, generalmente conocido como Henri Poincaré, fue un matemático y físico francés del siglo XIX y XX, primo del presidente de Francia Raymond Poincaré. Él también había formulado algunas ideas sobre la *simetría en las leyes de la física* y la *invarianza de la velocidad de la luz*, conceptos clave que más tarde se integraron en la teoría de la relatividad. Aunque Poincaré hizo importantes contribuciones, fue Einstein quien sistematizó y explicó en detalle la teoría de la relatividad especial, formulando su famosa ecuación $E=mc^2$ y otros aspectos fundamentales.

Marcel Grossmann fue un matemático húngaro y amigo cercano de Einstein, quien le ayudó a entender y aplicar las matemáticas de la geometría diferencial que Einstein necesitaba para formular la relatividad general. Grossmann introdujo a Einstein en el trabajo de *Bernhard Riemann* sobre geometría no euclidiana, que fue crucial para la formulación de la relatividad general. Einstein utilizó estas ideas para describir la curvatura del espacio-tiempo. Georg Friedrich Bernhard Riemann fue un matemático alemán del siglo XIX que realizó contribuciones muy

importantes al análisis y la geometría diferencial, algunas de las cuales allanaron el camino para el desarrollo más avanzado de la relatividad general.



Riemann, B.

David Hilbert fue un matemático alemán, también desarrolló por su cuenta las ecuaciones fundamentales de la relatividad general, al mismo tiempo que Einstein.



Grossmann, M.

casi

Aunque Hilbert publicó sus ecuaciones antes que Einstein, fue Einstein quien refinó y completó la formulación final.

La controversia sobre quién fue el primero en obtener la solución correcta se resolvió a favor de Einstein, quien combinó la física con las matemáticas de manera más coherente.



Hilbert, D.



Marić, M.

Aunque no jugó un papel directo en la formulación de la teoría, la esposa de Einstein, *Mileva Marić*, fue una buena colega y científica en su juventud. Se sabe que discutió con Einstein algunos de sus primeros trabajos científicos.

Sin embargo, su contribución precisa a la teoría de la relatividad no está completamente documentada.

—Es una teoría muy famosa —dijo Pitias—.

—Es muy importante, mi amor.

La relatividad ha abierto nuevas ramas de la física, como la cosmología moderna, el estudio de agujeros negros, la física de altas energías y la unificación de las fuerzas fundamentales del universo. La búsqueda de una teoría cuántica de la gravedad es uno de los objetivos más importantes de la física contemporánea. La relatividad, tanto especial como general, tiene implicaciones prácticas y cotidianas que afectan nuestras vidas. Por ejemplo, el funcionamiento del GPS depende de los



principios de la relatividad para corregir diferencias en el tiempo causadas por la velocidad y la gravedad. Además, la relatividad nos ayuda a comprender fenómenos como la expansión del universo y las estrellas, fomentando una visión más amplia de nuestro lugar en el cosmos. Aunque parezca abstracta, sus aplicaciones tecnológicas y su impacto en nuestra percepción del mundo hacen que sea relevante incluso para personas fuera del ámbito científico.

—Pero, solo es una teoría —dijo Academio—.

—Sí, pero creo que te refieres a que es una opinión. Las teorías tienen pruebas, por otro lado, las hipótesis deben probarse.

—Lo del tiempo es algo muy loco —dijo Peleo—.

—Sí, puede decirse que los agujeros negros son *fábricas de tiempo*.

Cuando se acercan a un agujero negro, la gravedad es tan intensa que empieza a afectar el paso del tiempo. A medida que se acercan más y más al horizonte de eventos, es decir, *el punto sin retorno* alrededor de un agujero negro, el tiempo para ustedes comenzaría a ir más y más lento, desde la perspectiva de alguien que les observa desde lejos.

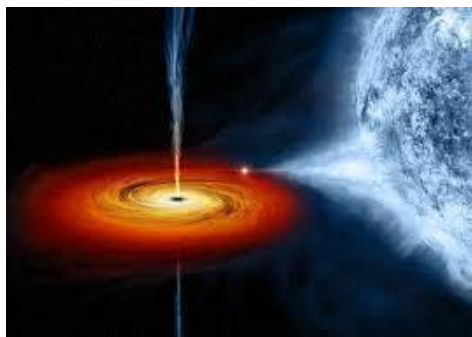


Esto significa que, si pudieran estar cerca de un agujero negro sin caer en él, claro que es algo imposible con la tecnología actual, experimentarían el tiempo de forma diferente, entonces un segundo para ustedes podría ser equivalente a miles de años para alguien que estuviera lejos del agujero negro. ¡Es como si el agujero negro fabricara tiempo más lento! Este fenómeno es un ejemplo impresionante de cómo la relatividad cambia nuestra percepción del tiempo y cómo la gravedad puede afectarlo de maneras inimaginables.

—Pero hay otros agujeros. ¿no? —dijo Academio—.

Hípaso pensó un poco. Estaba en aprietos con esta idea.

Los *agujeros blancos* son un concepto fascinante y teórico en la relatividad general, y pueden considerarse la oposición de los agujeros negros.



Fuente: Generado por IA (2025).

Mientras que los agujeros negros son regiones del espacio donde la gravedad es tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de su interior, lo que los convierte en agujeros en el espacio-tiempo, los agujeros blancos serían regiones donde la materia y la luz solo podrían salir, pero nunca entrar. En otras palabras, un agujero blanco es como una especie de *fuentes de materia y energía* que expulsa todo lo que cae en él, en lugar de absorberlo como lo hace un agujero negro.

—Pero ¿Por qué se proponen los agujeros blancos? —cuestionó Pitias—.

—Es una pregunta difícil, incluso para mí —dijo su esposo—.



Los agujeros blancos surgen de las soluciones matemáticas de la relatividad general. En teoría, si un agujero negro tiene una singularidad en su centro, un punto donde las leyes de la física dejan de ser aplicables, un



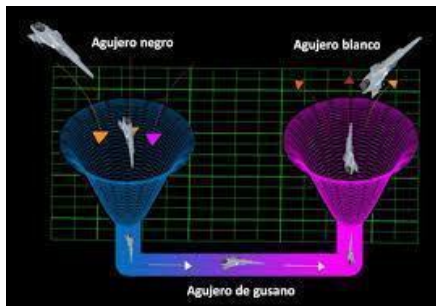
agujero blanco podría ser la *antítesis* de esa *singularidad*. El material que entra en un agujero negro podría, de alguna manera, salir a través de un agujero blanco, aunque aún no hay evidencia observacional de su existencia.

—Pero esto ¿tiene relación con los agujeros de gusano?

—Sí. Es muy curioso esto.

Una de las ideas más intrigantes sobre los agujeros blancos es su relación con los agujeros de gusano, que son como *túneles* en el espacio-tiempo que conectan dos puntos distantes. Algunos teóricos sugieren que un agujero negro podría estar conectado a un agujero blanco a través de un agujero de gusano.

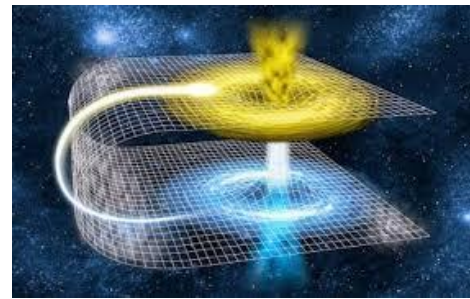
Si esto fuera cierto, la materia que entra en el agujero negro podría salir del agujero blanco en otra parte del universo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Aunque los agujeros blancos suenan intrigantes y son una posibilidad matemática dentro de la relatividad general, no hay pruebas observacionales de que existan en la realidad. Muchos científicos piensan que un agujero blanco sería extremadamente inestable y difícil de formar. Aun así, siguen siendo un tema de discusión en la física teórica, y su existencia podría tener implicaciones asombrosas para nuestra comprensión del espacio y el tiempo. Los agujeros blancos, aunque teóricos, son clave para expandir nuestra comprensión del espacio-tiempo y de los extremos de la física. Exploran conceptos relacionados con los agujeros negros, la entropía y posibles conexiones entre universos o regiones distantes. Su estudio podría revelar nuevas formas de entender el origen y destino del universo, así como fenómenos exóticos en la física cuántica y gravitacional.

¡Así que los agujeros blancos son uno de esos misterios de la física que nos hacen preguntarnos si hay algo más que aún no entendemos sobre el universo!



Fuente: Generado por IA (2025).

Los *agujeros de gusano* son hipotéticos atajos en el tejido del espacio-tiempo que podrían conectar puntos distantes en el universo. Este concepto surge de las soluciones teóricas a las ecuaciones de la relatividad general de Einstein y se basa en la idea de que el espacio y el tiempo pueden deformarse bajo ciertas condiciones extremas.

—¿Qué características tienen estas cosas? —preguntó Peleo—.

—A ver —dijo su padre—. Un agujero de gusano típicamente tendría dos extremos o bocas, conectados por un túnel o garganta. Podría conectar dos regiones del espacio-tiempo en nuestro universo o, teóricamente, dos universos diferentes.

Hay agujeros de gusano de *Schwarzschild*, los cuales son soluciones matemáticas relacionadas con los agujeros negros, pero inestables y no transitables. Están los de *Einstein-Rosen*, estos también conocidos como puentes de

Einstein-Rosen, que son conexiones teóricas formadas en soluciones específicas a las ecuaciones de la relatividad. Y los llamados *transitables* que fueron propuestos por *Kip Thorne* y otros científicos, serían estructuras estables que permitirían el paso de materia sin colapsar.



Algunas teorías sugieren que un agujero de gusano podría conectar puntos en



diferentes momentos del tiempo, no solo en el espacio. Esto ha llevado a especulaciones sobre su posible uso para viajar en el tiempo. Si existieran y fueran transitables, los agujeros de gusano revolucionarían nuestra comprensión del universo, permitiendo viajes interestelares o incluso intertemporales. También plantean paradojas temporales y preguntas sobre causalidad y la naturaleza de la realidad.

—Digamos. Reflexiona Academo. Los agujeros de gusano son una posibilidad. Pero ¿Hay otra forma de viajar en el tiempo?

—Ahora se puso buena la cosa —dijo Hípasso—.

Sí, en la física teórica existen otras formas hipotéticas de realizar viajes en el tiempo, además de los agujeros de gusano o puentes de Einstein-Rosen.

Aunque ninguna ha sido demostrada ni está al alcance de la tecnología actual, estas ideas exploran las posibilidades dentro de las leyes de la relatividad general, la cuántica y otras teorías. Veamos cómo te explico algunas alternativas.

Lo primero serían los viajes mediante dilatación temporal, de acuerdo con la Relatividad Especial.

¿Cómo funciona eso, papá? —preguntó emocionado Peleo—.



Escena tomada de la película *Volver al Futuro* (*Back to the Future*), dirigida por Robert Zemeckis, 1985. Producción: Universal Pictures.

—Bueno, la dilatación temporal, un efecto predicho por la relatividad especial, ocurre cuando un objeto viaja a velocidades cercanas a la luz. El tiempo para el viajero transcurre más lentamente que para los observadores en reposo.

¿Podría ser un viaje al futuro? —



—Si un astronauta viajara en una nave al 99% de la velocidad de la luz durante 5 años, según su reloj, al regresar podría descubrir que en la Tierra han pasado muchas décadas o incluso siglos.

Es obvio que tiene algunas limitaciones. Primero es un viaje unidireccional al futuro.

Además, se necesita tecnología capaz de alcanzar velocidades relativistas, lo cual aún no es posible.

—Pero, la película dice otra cosa.

—apuntó Pitias—.

—¡Claro! Viajes mediante dilatación gravitacional, según la Relatividad General.

—¿Cómo funciona esta forma? —preguntó Academo—.



—Pues, cerca de objetos masivos, como agujeros negros, el tiempo se desacelera debido a la fuerte gravedad, o sea, dilatación gravitacional. Un viajero que orbitara cerca de un agujero negro experimentaría el tiempo mucho más lentamente que alguien lejos de este.



Al regresar al punto de partida, el viajero habría envejecido menos que quienes permanecieron lejos del campo gravitacional.

También hay limitaciones. Por ejemplo, acercarse demasiado a un agujero negro puede

ser peligroso debido a la marea gravitacional. Como en el caso anterior, esto solo permite viajar hacia el futuro.

—Pero, hay algo tonto que quiero preguntarte. ¿Podría ir a visitar a los dinosaurios? —preguntó Peleo—.



—Yo iría a visitar a Arquímedes —dijo riendo su padre—. Viajar al pasado es uno de los temas más fascinantes y controversiales en la física teórica. Aunque no hay evidencia experimental de que sea posible, varias teorías sugieren maneras en que, hipotéticamente, podría lograrse. Sin embargo, todas estas ideas enfrentan problemas prácticos, filosóficos y físicos.



—¿No se puede? —cuestionó Academo—.

—Necesitamos otra teoría más avanzada hijo —dijo en tono melancólico Hípaso—.

Pero sigamos analizando las posibilidades que nos presentan las ideas al respecto.

Una forma es usar *Cilindros de Tipler*. Es un cilindro masivo e infinitamente largo que gire a una velocidad extremadamente alta que podría, teóricamente, crear bucles temporales.

Un viajero podría moverse alrededor del cilindro y regresar al pasado. Algunos problemas que se presentan es la necesidad de un cilindro infinito lo hace físicamente inviable. Otra cosa son que los cálculos teóricos indican que incluso un cilindro muy largo no sería suficiente.



Tipler, F.

Los cilindros de Tipler se llaman así en honor al físico estadounidense *Frank J. Tipler*, quien los teorizó en 1974. Un cilindro de Tipler es un objeto hipotético que, según la teoría de Tipler, podría permitir el viaje en el tiempo. Se trata de un cilindro de longitud infinita y muy pesado que gira a una velocidad cercana a la de la luz. La rotación del cilindro crea



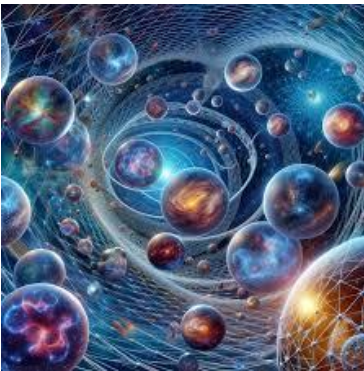
una atracción gravitatoria extrema que atrae a la luz y a la materia a una trayectoria en forma de bucle cerrado, lo que se conoce como curva cerrada de tipo tiempo

Una opción de películas es las *máquinas del tiempo cuánticas*. En la mecánica cuántica, algunas interpretaciones permiten bucles cerrados en el tiempo, pero solo para partículas subatómicas. Por ejemplo, en experimentos mentales, los *bits cuánticos* podrían influir en sus propios estados pasados.



—¿Qué problemas hay aquí? —preguntó Pitias—.

—La primera es que estas ideas no pueden escalar al nivel macroscópico. Asimismo, la información podría viajar al pasado, pero no objetos ni personas.



—En las películas de superhéroes se habla de *multiversos* —dijo Peleo—. ¿Qué dices de esto?

—Los Multiversos, son ideas más avanzadas —dijo su padre—. Algunas interpretaciones de la física cuántica sugieren que viajar al pasado no afectaría nuestra línea temporal, sino que llevaría al viajero a un universo paralelo. En este modelo, las paradojas temporales se evitarían porque cada cambio crearía una nueva línea temporal. Sin embargo, no hay evidencia experimental de multiversos. Pero debo decir que esto no sería un *viaje al pasado* en nuestra realidad, sino a una versión alternativa.

Para Academo esto era oro puro, incluso se había olvidado de sus compromisos. Pensaba en algo que su profesor había comentado alguna vez. ¡Paradojas!

—Papá, explica eso de las paradojas.

—¡Uyuyui! Es difícil ese terreno hijo.

Una *paradoja* es una afirmación, idea o situación que parece contradecirse a sí misma o desafiar la lógica, generando una dificultad para comprenderla o resolverla dentro de los marcos lógicos convencionales.

Las paradojas pueden surgir en distintos campos como la filosofía, la matemática, la física, la literatura o la vida cotidiana, y suelen ser un desafío para el pensamiento racional.



Primero veamos la *Paradoja del abuelo*. Si viajas al pasado y evitas que uno de tus abuelos tenga hijos, ¿cómo podrías existir para realizar el viaje?

—¿Cómo? Gritaron los jóvenes.

—Es una paradoja temporal que surge en escenarios de viajes al pasado y está relacionada con la causalidad, es decir, la relación entre causa y efecto.

- *Imaginen que viajan al pasado.*
- *En el pasado, deciden evitar el nacimiento de uno de sus padres (por ejemplo, impidiendo que su abuelo y su abuela se conozcan).*
- *Si lo logran, su padre (o madre) nunca nacerá, y como consecuencia, ustedes tampoco nacerían.*
- *Si no existen, no podrían haber viajado al pasado para evitar que sus abuelos se conocieran.*
- *Entonces, ¿cómo es posible que hayan cambiado el pasado si no existen para hacerlo?*

—Ya me dolió la cabeza —dijo Peleo—.

Su padre hacía esfuerzos por explicar sencillamente —La paradoja surge porque se crea un bucle inconsistente en el tiempo.

—¡Bucle! —gritó Academo—.

—¡Claro! Veamos —dijo Hípaso—. Tu viaje al pasado depende de tu existencia, pero tu existencia depende de los eventos del pasado que



tú alteraste. Entonces esto viola la causalidad, porque el efecto —tú viajando al pasado— contradice la causa el nacimiento de tus padres.

—Es algo muy fantástico —dijo Pitias—.

—Sí, mi amor. Pero veamos otras. También tenemos la *Paradoja de la autoconsistencia*: según Igor Nóvikov, cualquier cambio que realices en el pasado ya estaría integrado en la línea temporal original.

Por ejemplo, si intentas evitar un evento, podrías ser la causa de que ocurra. Él es un astrofísico teórico y cosmólogo ruso, anteriormente soviético. Nóvikov formuló el principio de autoconsistencia de Nóvikov a mediados de los 80, una importante contribución a la teoría del viaje a través del tiempo.



Nóvikov, I.

Hay algo muy importante, es la *Violación de la causalidad*: viajar al pasado podría alterar la relación causa-efecto, lo que contradice nuestras leyes físicas actuales.

—Esto es para pensar —dijo Pitias—.



Todos estuvieron de acuerdo. Pero Hípaso quiso cerrar el tema. los visitantes estaban llegando.

La teoría de la relatividad, desarrollada por Einstein, nos ha permitido comprender el universo de una manera revolucionaria, desafiando nuestras intuiciones clásicas. La relatividad especial revela cómo el espacio y el tiempo son relativos al movimiento del observador, introduciendo conceptos como la dilatación temporal y la contracción de la longitud, que se vuelven significativos a velocidades cercanas a la luz. Por otro lado, la relatividad general amplía esta visión al incluir la gravedad



como una curvatura del espacio-tiempo causada por la masa. Estas ideas no solo explican fenómenos cotidianos como el funcionamiento del GPS, sino que también abren la puerta a cuestiones más profundas, como los agujeros negros y el posible viaje en el tiempo. Así las cosas, la relatividad no es solo una herramienta científica, sino un marco conceptual que transforma nuestra comprensión del cosmos y de nuestro lugar en él.

En el siglo XIX, los científicos pensaban que la luz, al igual que las ondas en el agua o las ondas sonoras en el aire, necesitaban un medio para propagarse. Este medio hipotético se llamó *éter luminífero* o simplemente *éter*, y se creía que era una sustancia invisible, omnipresente y extremadamente ligera que llenaba todo el espacio vacío. Se pensaba que la luz viajaba a través de este éter, similar a cómo las ondas de sonido viajan a través del aire.



El *vacío*, en contraste, se entendía como un espacio sin materia, sin aire, y sin éter. Sin embargo, si la luz necesitaba un medio para propagarse, ¿qué sucedía en el vacío? Esto planteaba preguntas sobre la naturaleza del espacio vacío y cómo podía existir la propagación de la luz sin que existiera un medio físico.

A finales del siglo XIX, los físicos Albert Michelson y Edward Morley realizaron un famoso experimento para detectar el éter luminífero. Pensaron que, si la Tierra se movía a través de este éter, las ondas de luz deberían experimentar una variación en su velocidad dependiendo de la dirección del movimiento de la Tierra, por ejemplo, como las olas del mar parecen moverse más rápido en la dirección del viento. Sin embargo, después de muchas mediciones precisas, no encontraron ninguna variación en la velocidad de la luz, lo que sugirió que el éter no existía, al menos de la forma en que se pensaba.



Michelson, A.

Albert Abraham Michelson fue un físico estadounidense, conocido por sus trabajos acerca de la velocidad de la luz. Recibió el Premio Nobel de Física en 1907, siendo el primer estadounidense en obtener el premio en la disciplina de ciencias.

El problema del éter y la velocidad de la luz fue finalmente resuelto con la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein, propuesta en 1905. Einstein abandonó la idea de un medio físico, como el éter, para la propagación de la luz y propuso que la luz, como todas las ondas electromagnéticas, no necesita un medio para propagarse. En su lugar, la luz se propaga a través del espacio vacío a una velocidad constante.

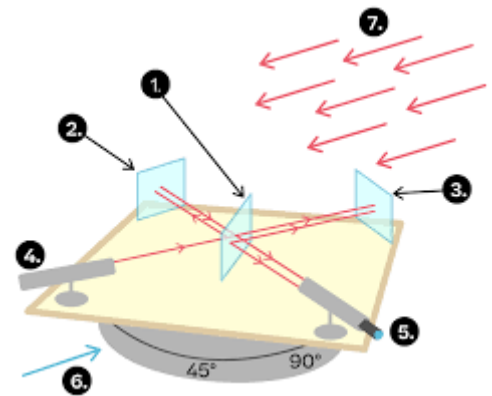


Morley, E.

Edward Williams Morley químico y físico estadounidense. Su mayor contribución a la física fue el experimento hecho en colaboración con Albert Michelson, para verificar la existencia del éter. El experimento comparó la velocidad de la luz en direcciones perpendiculares en un intento de detectar el movimiento relativo de la materia, incluida su laboratorio, a través del éter luminífero, o "viento de éter", como a veces se lo llamaba.

La teoría de la relatividad especial también revolucionó la comprensión de la velocidad de la luz. Según esta teoría:

La velocidad de la luz en el vacío es siempre constante y no depende del movimiento de la fuente de luz ni del observador. Esta constante es de aproximadamente 299 792 kilómetros por segundo. Esta velocidad es la máxima posible en el universo, es decir, ninguna señal, partícula o información puede viajar más rápido que la luz. Con la relatividad, el concepto de vacío cambió. El vacío no es simplemente nada, sino un espacio donde la luz puede viajar sin ningún medio material. Además, el vacío puede tener propiedades más complejas según la teoría cuántica de campos, pero en términos de propagación de la luz, el vacío es simplemente el espacio que permite que la luz se desplace a su velocidad constante sin interferencias de un medio físico como el éter.



Fuente: Generado por IA (2025).

Así las cosas, antes de Einstein se pensaba que la luz necesitaba un medio, el éter luminífero, para propagarse. Pero, después de Einstein la teoría de la relatividad especial eliminó la necesidad de ese medio, y demostró que la luz puede viajar a través del vacío a una velocidad constante, sin depender de un éter o de la existencia de un medio físico. Este cambio de paradigma fue fundamental para el desarrollo de la física moderna, abriendo el camino a la relatividad general, la física cuántica y nuestra comprensión actual del universo.



—Muchas gracias, papá —dijo Peleo—. Es un tema futurista. Como de ficción.

—Sí, papá —dijo Academo—. Es emocionante y prometedor.

Luego Hípaso salió de casa, debía hacer diligencias relacionadas con el colegio. Pitias se fue a su habitación para estudiar tranquila. Entonces los jóvenes decidieron ver el juego de fútbol todos juntos y otro día verían la serie también juntos.

Curiosidades

¿Quién descubrió la relatividad? Piiii! respuesta incorrecta. Galileo dio con la idea en 1639, cuando demostró que un objeto que cae se comporta de igual manera en un barco en movimiento que en un edificio inmóvil.

Y Einstein no la llamó relatividad. La palabra nunca aparece en su trabajo original de 1905: “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”, y de hecho odiaba el término, prefiriendo el de “teoría de la invariación” (porque las leyes de la física parecen las mismas para todos los observadores – no hay nada “relativo” en ello).

¿El continuo del espacio-tiempo? No, eso tampoco es de Einstein. La idea del tiempo como cuarta dimensión se le ocurrió a Hermann Minkowsky, uno de los profesores de Einstein, quien una vez le llamó “perro vago” a causa de su poco aprecio por las matemáticas.

Pero Einstein reformuló la relatividad de Galileo para que funcionase con las cosas extrañas que sucedían a velocidades próximas a la de la luz, donde el tiempo se ralentiza y el espacio se comprime. Eso también cuenta ¿verdad?

¿Nunca has oído hablar de Hasenöhl? Eso es porque fracasó en su intento de conectar la ecuación con el principio de la relatividad. ¡Perra suerte!

El trabajo que Einstein desempeñaba a jornada completa para la oficina suiza de patentes le forzaba a trabajar en la relatividad durante las horas en que nadie le observaba. Escondía los papeles en su atiborrada mesa de trabajo cuando se le acercaba algún supervisor.

Aunque Einstein era abstemio, cuando finalmente completó su teoría de la relatividad, él y su mujer, Mileva, se emborracharon bajo la mesa – lo que viene siendo el método tradicional de celebración en el continuo del espacio-tiempo.

El afecto es relativo. “Necesito a mi mujer, ella resuelve todos los problemas matemáticos por mí”, escribió Einstein mientras completaba su teoría en 1904. Para el año 1914, le ordenó “renunciar a tener toda clase de relación personal conmigo, ya que esto no es algo que se requiera de forma absoluta por razones sociales”.

El experimento del eclipse tuvo lugar finalmente en 1919. El eminente físico británico Arthur Eddington declaró que la relatividad general era un éxito, catapultando a Einstein a la fama y al mundo del merchandising.

Existen dos relatividades: una es teoría de la relatividad especial, que se aplica a los objetos que se mueven a velocidad constante; la otra es la relatividad general, que implica a las cosas que aceleran y explica el funcionamiento de la gravedad.

Solo hasta 1960 se logró ver evidencias de la teoría de Albert Einstein. Científicos descubrieron agujeros negros y estrellas de neutrones que permitieron dar validez a lo dicho por el físico.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación Teórica

Sección 1: Verdadero o falso.

1. La relatividad especial fue formulada por Albert Einstein en 1905.
A) Verdadero
B) Falso
2. Según la relatividad especial, el tiempo es el mismo para todos los observadores, independientemente de su velocidad relativa.
A) Verdadero
B) Falso
3. En la relatividad especial, las leyes de la física son iguales para todos los observadores que se mueven a una velocidad constante entre sí.
A) Verdadero
B) Falso
4. La velocidad de la luz es constante y es la misma para todos los observadores, sin importar su velocidad relativa.
A) Verdadero
B) Falso

5. El concepto de dilatación temporal en la relatividad especial se refiere a que el tiempo pasa más rápido para un observador en movimiento que para uno en reposo.
A) Verdadero
B) Falso
6. En la relatividad general, la gravedad se describe como una curvatura del espacio-tiempo causada por la presencia de masa y energía.
A) Verdadero
B) Falso
7. La relatividad general predice que los objetos con mucha masa pueden afectar la trayectoria de la luz, causando lo que se conoce como lente gravitacional.
A) Verdadero
B) Falso
8. Un objeto que se acerca a la velocidad de la luz experimentará una reducción de su masa desde la perspectiva de un observador en reposo.
A) Verdadero
B) Falso
9. Según la relatividad general, la gravedad no es una fuerza, sino una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo.
A) Verdadero
B) Falso
10. El principio de equivalencia establece que no se puede distinguir entre los efectos de la gravedad y la aceleración mediante experimentos dentro de un espacio cerrado.
A) Verdadero
B) Falso
11. En la relatividad especial, la simultaneidad es absoluta; es decir, dos eventos que ocurren al mismo tiempo para un observador también ocurren al mismo tiempo para otro observador en movimiento relativo.
A) Verdadero
B) Falso
12. La relatividad general tiene en cuenta los efectos gravitacionales tanto en objetos de gran masa como en la luz.
A) Verdadero
B) Falso
13. Un agujero negro es un objeto en el espacio donde la gravedad es tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de él.
A) Verdadero
B) Falso
14. Según la relatividad general, la presencia de masa y energía puede deformar el espacio-tiempo, lo que a su vez afecta la trayectoria de los objetos que se mueven a través de él.
A) Verdadero
B) Falso
15. En la relatividad especial, es posible que un objeto viaje más rápido que la luz, pero solo si está viajando en un medio distinto al vacío.
A) Verdadero
B) Falso

1. ¿Quién formuló la teoría de la relatividad especial?
A) Isaac Newton
B) Albert Einstein
C) Niels Bohr
2. ¿Qué postula la teoría de la relatividad especial respecto al tiempo?
A) El tiempo es relativo y depende de la velocidad del observador.
B) El tiempo es el mismo para todos los observadores, sin importar su velocidad.
C) El tiempo siempre pasa más rápido en el espacio exterior que en la Tierra.
3. ¿Cuál es el principio básico de la relatividad especial?
A) Las leyes de la física son iguales para todos los observadores, independientemente de su movimiento relativo.
B) La velocidad de la luz depende de la posición del observador.
C) El tiempo y el espacio no existen de forma independiente.
4. ¿Qué establece la relatividad especial acerca de la velocidad de la luz?
A) La velocidad de la luz depende del medio a través del cual se propaga.
B) La velocidad de la luz es constante y es la misma para todos los observadores.
C) La velocidad de la luz puede ser mayor que la velocidad de la gravedad.
5. ¿Qué fenómeno describe la dilatación temporal en la relatividad especial?
A) Los relojes en movimiento van más rápido que los relojes en reposo.
B) Los relojes en movimiento van más despacio que los relojes en reposo.
C) Los relojes en movimiento se detienen por completo.
6. ¿Qué es la curvatura del espacio-tiempo según la relatividad general?
A) Es un efecto de la gravedad que curva solo el espacio, pero no el tiempo.
B) Es la distorsión del espacio y el tiempo debido a la presencia de masa y energía.
C) Es la deformación del espacio-tiempo causada por objetos en movimiento a altas velocidades.
7. ¿Qué predice la relatividad general acerca de la luz y los objetos masivos?
A) Los objetos masivos pueden desviar la luz, un fenómeno conocido como lente gravitacional.
B) Los objetos masivos absorben completamente la luz.
C) La luz se detiene cerca de objetos masivos.
8. Según la relatividad general, ¿qué es la gravedad?
A) Una fuerza que atrae objetos con masa entre sí.
B) Una manifestación de la curvatura del espacio-tiempo debido a la presencia de masa y energía.
C) Un campo de energía que afecta solo a los objetos en movimiento.
9. ¿Qué predice la relatividad general acerca de los agujeros negros?
A) Son regiones del espacio donde la gravedad es tan intensa que nada puede escapar, ni siquiera la luz.
B) Son áreas del espacio donde no existe gravedad.
C) Son objetos con una masa tan pequeña que apenas afectan la gravedad.
10. ¿Qué establece el principio de equivalencia en la relatividad general?
A) No se puede distinguir entre los efectos de un campo gravitacional y los efectos de una aceleración mediante experimentos dentro de un espacio cerrado.
B) La gravedad y la aceleración son dos fenómenos completamente diferentes.
C) La aceleración es siempre mayor que la gravedad.
11. ¿Qué ocurre con la masa de un objeto cuando se acerca a la velocidad de la luz según la relatividad especial?
A) La masa de un objeto aumenta.
B) La masa de un objeto disminuye.
C) La masa de un objeto permanece constante.

12. ¿Qué predice la relatividad especial respecto a la simultaneidad?
 - A) Los eventos simultáneos para un observador pueden no ser simultáneos para otro observador en movimiento relativo.
 - B) Los eventos simultáneos para un observador siempre son simultáneos para cualquier otro observador.
 - C) Los eventos simultáneos para un observador son solo posibles en el espacio exterior.
13. ¿Cómo afecta la relatividad general a los satélites GPS?
 - A) Los satélites GPS no se ven afectados por la relatividad general.
 - B) Los satélites GPS tienen que corregir su reloj debido a los efectos de la relatividad general y especial.
 - C) La relatividad general hace que los satélites GPS no funcionen correctamente.
14. ¿Cuál es la consecuencia de la dilatación temporal a alta velocidad según la relatividad especial?
 - A) Los observadores que se mueven a altas velocidades perciben que los relojes en reposo avanzan más rápido.
 - B) Los observadores que se mueven a altas velocidades perciben que los relojes en reposo avanzan más despacio.
 - C) Los relojes se detienen completamente.
15. ¿Qué predice la relatividad general acerca de la trayectoria de los objetos en un campo gravitacional?
 - A) Los objetos siempre siguen trayectorias rectas sin importar la gravedad.
 - B) Los objetos siguen trayectorias curvadas debido a la curvatura del espacio-tiempo.
 - C) Los objetos dejan de moverse completamente bajo un campo gravitacional intenso.

Sección 3: Reflexiona.

1. Explica en qué consiste la teoría de la relatividad especial y cuáles son sus postulados fundamentales.
2. ¿Cómo se relacionan el espacio y el tiempo en la relatividad especial? Describe el concepto de espacio-tiempo.
3. ¿Qué es la dilatación temporal y cómo se demuestra experimentalmente que los relojes en movimiento corren más despacio?
4. Describe el principio de equivalencia de la relatividad general y cómo lleva a la formulación de la teoría de la gravedad como curvatura del espacio-tiempo.
5. ¿Qué significa que la velocidad de la luz sea constante para todos los observadores, según la relatividad especial? ¿Cómo se afecta la percepción del tiempo y el espacio por este principio?
6. Explica cómo la relatividad general predice la existencia de agujeros negros. ¿Qué características tiene un agujero negro y cómo se detectan?
7. En la relatividad general, ¿cómo afecta la presencia de masa y energía a la curvatura del espacio-tiempo? Describe cómo esto influye en la trayectoria de los objetos.
8. ¿Qué son las lentes gravitacionales y cómo proporcionan evidencia de la curvatura del espacio-tiempo según la relatividad general?
9. ¿Cómo la teoría de la relatividad especial cambia nuestra comprensión de la simultaneidad de los eventos en el universo? Explica cómo esto puede ser observado desde diferentes marcos de referencia.
10. Explica cómo los efectos de la relatividad especial y general son tomados en cuenta en el funcionamiento de los sistemas GPS. ¿Por qué es necesario corregir los relojes de los satélites?
11. Si estuvieras cerca de un agujero negro, ¿qué crees que sentirías al observar cómo el tiempo pasa más lento para ti comparado con alguien lejos de él?
12. ¿Cómo te imaginas cruzar el horizonte de eventos de un agujero negro? ¿Crees que sería como entrar a otro universo o cómo desaparecer para siempre?
13. ¿Qué harías si se descubriera un agujero de gusano estable que te permitiera viajar instantáneamente a otro lugar del universo?
14. Si viajaras al pasado y cambiaras algo pequeño, como evitar que un árbol fuera plantado, ¿qué impacto crees que tendría en el presente?

15. Si pudieras viajar al futuro por un día, ¿qué elegirías explorar o aprender?
16. ¿Cómo te imaginas un hoyo blanco? ¿Qué crees que sería lo primero en salir de él, si existieran?
17. Si el tiempo no fuera igual en todas partes del universo, ¿cómo crees que cambiaría la manera en que vivimos y nos comunicamos con otras civilizaciones?
18. Si al entrar en un agujero negro descubrimos que lleva a otro universo, ¿qué tres cosas te gustaría encontrar allí?
19. Si tuvieras que escribir una historia sobre un agujero negro que puede hablar, ¿qué crees que te diría al acercarte?
20. Si un agujero de gusano pudiera conectar dos puntos del universo para que la humanidad lo explore, ¿crees que seríamos responsables con ese poder o lo usaríamos mal? ¿Por qué?

Sección 4: Resuelve.

1. Un astronauta viaja a una velocidad de $0,8c$ (el 80% de la velocidad de la luz) en una nave espacial. Si para un observador en reposo en la Tierra el viaje dura 10 años, ¿cuántos años han pasado para el astronauta durante el mismo tiempo de viaje?
2. Un tren se mueve a una velocidad de $0,9c$ con respecto a un observador en reposo en la estación. El tren tiene una longitud propia de 200 metros cuando está en reposo. ¿Cuál es la longitud del tren medida por un observador en la estación?
3. Un electrón tiene una masa en reposo de $9,11 \times 10^{-31}$ kg. ¿cuál es la energía en reposo del electrón?
4. Una nave espacial viaja a una velocidad de $0,6c$ respecto a la Tierra. Si el tiempo en la nave es de 5 años según su reloj, ¿cuánto tiempo ha pasado en la Tierra?
5. Una nave espacial se mueve a $0,95c$ con respecto a un observador en reposo en la Tierra. La nave tiene una longitud propia de 500 metros. ¿Cuál es la longitud observada por el observador en la Tierra?

Evaluación práctica

Experimento: Demostración de la Curvatura del Espacio-Tiempo (Relatividad General)

Puedes simular la curvatura del espacio-tiempo con una hoja elástica.

Materiales:

- Una sábana o malla elástica.
- Pesas (para simular masas grandes como planetas).
- Canicas o pelotas pequeñas (para simular objetos más pequeños).

Actividad:

1. Estira la sábana y fija sus bordes.
2. Coloca una pesa grande en el centro para simular un planeta o estrella, formando una "curvatura".
3. Lanza una canica cerca de la pesa para ver cómo su trayectoria se ve influida por la curvatura.
4. Relaciona esto con cómo la gravedad curva el espacio-tiempo.

5. Experimento Mental: Simulación con el "Tren Relativista"

Usa un tren imaginario para explicar los principios básicos de la relatividad especial:

- Imagina un tren viajando a casi la velocidad de la luz con una persona dentro lanzando una pelota.
- Discute cómo el movimiento de la pelota se percibiría de manera diferente para alguien dentro del tren y alguien fuera, usando videos o simulaciones.

Evaluación virtual

Actividad: Explorando la Relación entre Masa, Gravedad y Fuerza

Objetivo:

Comprender cómo la masa de los objetos y la distancia entre ellos afectan la fuerza gravitacional, una idea clave en la comprensión de la curvatura del espacio-tiempo en relatividad general.

Materiales:

- Simulador Gravity Force Lab de PhET.
https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab/latest/gravity-force-lab_all.html?locale=es
- Cuaderno para notas.

Instrucciones:

1. Introducción al simulador
Familiarízate con el entorno del simulador:
 - Observa los controles para ajustar las masas de los objetos y la distancia entre ellos.
 - Activa las opciones para visualizar la fuerza gravitacional como vectores.
2. Experimento 1: Relación entre Masa y Fuerza Gravitacional
 - Coloca las masas iniciales en valores iguales, por ejemplo, 10 kg cada una.
 - Registra la fuerza gravitacional (F).
 - Aumenta la masa de un objeto (por ejemplo, a 20 kg) y registra el nuevo valor de F .
 - Reflexiona: ¿Cómo cambia la fuerza gravitacional al aumentar la masa?
3. Experimento 2: Relación entre Distancia y Fuerza Gravitacional
 - Configura las masas iguales, por ejemplo, 10 kg cada una.
 - Ajusta la distancia inicial (por ejemplo, 1 m) y registra F .
 - Aumenta la distancia (por ejemplo, a 2 m) y registra F .
 - Reflexiona: ¿Cómo cambia la fuerza gravitacional al aumentar la distancia?
4. Experimento 3: Gravedad y Curvatura del Espacio-Tiempo
 - Explica cómo, en relatividad general, una masa muy grande (como la de una estrella o un planeta) curva el espacio-tiempo y cómo esta curvatura se interpreta como "gravedad".
 - Relaciona los vectores de fuerza gravitacional en el simulador con esta idea: cuanto mayor es la masa, mayor es la curvatura y la atracción.

Preguntas para Reflexionar:

1. ¿Qué patrón observaste entre la masa y la fuerza gravitacional?
2. ¿Cómo afecta la distancia entre los objetos a la fuerza gravitacional?
3. ¿Por qué crees que la gravedad es una fuerza importante en el universo?
4. ¿Cómo crees que la curvatura del espacio-tiempo explicaría los fenómenos observados cerca de agujeros negros?

Rutina de pensamiento

Veo Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Capítulo VIII: *¡Partículas en todos lados!*

El cumpleaños de Peleo era un martes, la familia lo esperaba, él llegaba de la escuela a eso de las cuatro de la tarde. Era una tarde soleada y agradable. En la sala de la casa, la familia estaba reunida alrededor de una mesa decorada con globos y serpentinas. Al llegar, lo sorprendieron con gritos y abrazos de felicitaciones, él estaba muy feliz, entró mirando a todos lados la decoración, lo llevaron a la sala casi cargado. Peleo, lucía feliz con su gorro de cumpleaños y una sonrisa de oreja a oreja. Frente a él, un pastel de chocolate con chispa de chocolate, pedazos de chocolate y sirope de chocolate, encima muchas velitas encendidas esperaban ser sopladas. Pero primero la canción obligada. Fueron invitados por supuesto, Yuliet y Alejandra. Pitias grababa ese recuerdo con su teléfono y Academo se imaginaba el pastel en su paladar.



Pitias con entusiasmo —¡Vamos, Peleo! Pide el deseo antes de apagar las velitas.

Él cerrando los ojos con fuerza gritó: —¡Listo! Ya sé lo que quiero.

Su padre riendo y con lágrimas de emoción —Espero que no sea más videojuegos.
—O menos tareas. Agregó su hermano

Peleo sopló las velas con un gran aliento, mientras todos aplaudían. Su mamá comenzó a cortar el pastel, pero en cuanto los primeros pedazos aparecieron, surgió la inevitable discusión.

—¡Mamá, ese pedazo es enorme! Peleo no necesita tanto, le va a dar un dolor de barriga —dijo Academo—.

—¡No es cierto! Es mi cumpleaños, merezco el pedazo más grande.

—A ver, chicos, no discutamos —dijo su padre—. Alejandra, ¿Por qué no cortas todos los pedazos del mismo tamaño?

—Es más fácil decirlo que hacerlo. No soy una máquina para medir con precisión —dijo la chica riendo—.

—Pues deberían inventar algo para que todos tengan el tamaño justo —dijo uno de los invitados—.

Su hermano mirándolo con una sonrisa burlona —¿Y quién dijo que tú te mereces más que nosotros?

—¡Yo soy el cumpleañosero! ¡Ese es el trato!

—Tranquilos, tranquilos. Lo que importa es que todos compartamos el pastel, felices —dijo con rostro serio Pitias—.

—¿Qué tal si hacemos algo científico? —dijo su padre—. Podemos usar una regla para medir el diámetro del pastel y dividirlo exactamente en partes iguales. Así nadie se queja.

—¡Nos darás pedazos como átomos a todos! —dijo Academo—.

Peleo no pudo evitar pensar en eso —Mmm... ¡Qué exagerado eres!



La familia se carcajeó de la idea, pero al final comían. Mientras tanto, el pastel comenzó a desaparecer entre risas, bromas y un ambiente que, a pesar de las pequeñas discusiones, era pura felicidad familiar.

Por la noche, Peleo no puede evitar preguntar por los mencionados átomos. Estaban en la sala, los invitados se habían ido.

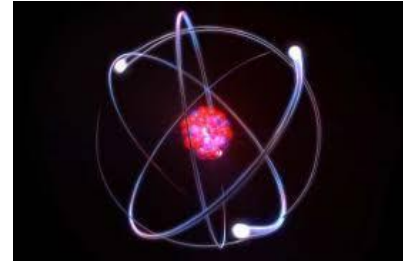
—¡Niños lindos! —dijo su padre—.



El tamaño de los átomos es increíblemente pequeño, del orden de los *angstroms* (\AA). Un angstrom equivale a 10^{-10} metros, o una diezmilésima parte de un micrómetro¹¹.

A grandes rasgos, el diámetro típico de un átomo está entre 0,1 y 0,5 nanómetros (nm), lo que equivale a 1-5 \AA .

Por ejemplo, el átomo de hidrógeno, el más pequeño, tiene un radio aproximado de 0,5 \AA . Pero, los átomos más grandes, como el de cesio, pueden llegar a un radio de 2-3 \AA .



—Es muy difícil de imaginar, danos un ejemplo — Fuente: Generado por IA (2025).
sugirió Peleo—.

—Tienes razón —dijo su padre—. Veamos algo que podamos entender.

Si aumentáramos el tamaño de un átomo hasta el de una pelota de tenis, una célula humana sería tan grande como un estadio de fútbol. Esto da una idea de cuán diminutos son los átomos en comparación con las estructuras visibles.

El tamaño atómico no es fijo porque depende del tipo de átomo, de su estado energético y de cómo interactúa con otros átomos, por ejemplo, en enlaces químicos. Esto se mide generalmente como el *radio atómico*, que considera la distancia promedio desde el núcleo hasta los electrones más externos.

—¿Quién fue el primero en ver los átomos? —preguntó Academo—.

—Bueno, verlos como tal, no se han visto con los ojitos, pues la tecnología no lo permite. Pero se han observado de otra manera.

Observar los átomos, fue el resultado de avances científicos y tecnológicos. La visualización directa de átomos se logró gracias a la invención del *microscopio de efecto túnel* (STM, por sus siglas en inglés) en 1981 por *Gerd Binnig* y *Heinrich*

¹¹ Dirac (1958).

Rohrer, quienes trabajaban en *IBM*. Por este invento, ambos recibieron el Premio Nobel de Física en 1986.

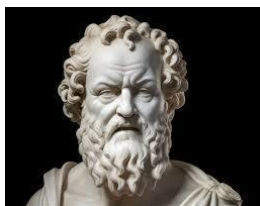
El *STM* utiliza un fenómeno cuántico conocido como efecto túnel para obtener imágenes de superficies a nivel atómico. No se ven los átomos como en una fotografía, sino como *mapas de densidad electrónica*. Así, en 1983, usaron este microscopio para generar imágenes individuales de átomos en una superficie de silicio.



Fuente: Generado por IA (2025).

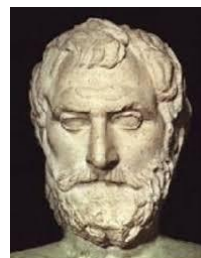
—Pero, si no se podían ver ¿Cómo dedujeron que existían? —preguntó Yuliet—.

—Es interesante —dijo Hípaso—. Verán:



Demócrito

La idea del átomo tiene sus raíces en la antigua filosofía griega, y los primeros en proponerlo fueron los filósofos *Leucipo* y su discípulo *Demócrito*, alrededor del siglo V a.C. Ellos plantearon que toda la materia está compuesta de partículas diminutas, indivisibles e indestructibles llamadas *átomos*, en griego significa *indivisible*.



Leucipo

Según su teoría, los átomos son eternos, inmutables e indivisibles. Existen en diferentes formas y tamaños. Además, se mueven en el vacío y se combinan para formar todo lo que vemos.



Dalton, J.

En el siglo XIX, el químico inglés *John Dalton* rescató el concepto del átomo, desarrollándolo con bases científicas. Propuso que cada elemento químico está formado por átomos únicos y que estos se combinan en proporciones definidas para formar compuestos.

Dalton hipotetizó que la ley de la conservación de masa y la ley de las proporciones constantes podían explicarse con el concepto de átomo. Propuso que

toda la materia está hecha de pequeñas partículas indivisibles llamadas átomos, que imaginó como partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y en movimiento. Así se convirtió en el primer modelo con base científica.

—¿Tuvo razón? —preguntó Peleo—.



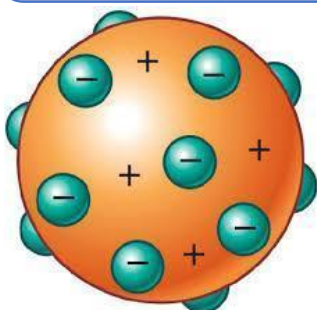
—Sí y no —dijo su padre—. Él hizo contribuciones clave al desarrollo de la *teoría atómica* moderna. Aunque algunas de sus ideas fueron refinadas posteriormente, muchos de sus conceptos básicos resultaron acertados.



Thomson, J.

Después del modelo atómico de *John Dalton*, el siguiente modelo fue propuesto por *Thomson* en siglo XIX, basado en su descubrimiento del electrón.

El electrón es una partícula fundamental y uno de los componentes básicos de la materia. Es una partícula subatómica con carga negativa ($-1e$). Tiene una masa extremadamente pequeña, aproximadamente $9,109 \times 10^{-31}$ kg.



Se encuentra en la nube electrónica que rodea al núcleo atómico. Determina las propiedades químicas de los átomos al participar en los enlaces químicos.

Joseph John "JJ" Thomson, fue un científico británico, descubridor del *electrón*, de los primeros isótopos e inventor del espectrómetro de masas.

Este modelo marcó una evolución significativa en la comprensión de la estructura atómica. También conocido como el *modelo del pudín de pasas*, este modelo introduce la idea de que el átomo no es indivisible, como pensaba Dalton, sino que tiene una estructura interna compuesta por partículas más pequeñas.

Algunas de las principales características son que Thomson demostró la existencia de partículas cargadas negativamente dentro del átomo al estudiar *rayos catódicos*. Además, propuso que el átomo está formado por una esfera de carga positiva, dentro de la cual se encuentran incrustados los electrones, como *pasas en un pudín*. Esto explicaba la neutralidad eléctrica del átomo. Aunque no describió cómo se generaba la carga positiva, asumió que era una masa continua.

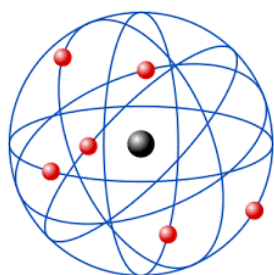
—¿Qué fallas pudo haber tenido? —preguntó Alejandra—.



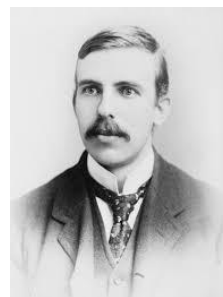
Hípaso, pensó un poco —No explicaba la distribución exacta de las partículas subatómicas ni los comportamientos observados en ciertos experimentos, como la dispersión de partículas alfa realizada posteriormente por Rutherford.

—¿Otro? —dijo Peleo—.

—Sí, de su estudiante —afirmó su padre—.



El *modelo atómico de Rutherford* fue propuesto en 1911 por *Ernest Rutherford* conocido también como Lord Rutherford, fue un físico neozelandés que descubrió el *Protón*. Se dedicó al estudio de las partículas radiactivas y logró clasificarlas en alfa, beta



Rutherford, E.

y gamma. tras su famoso experimento de la lámina de oro. Este modelo marcó un gran avance en nuestra comprensión de la estructura del átomo al introducir la idea de un *núcleo central denso* y vacío en el resto del átomo.



Rutherford y sus colaboradores bombardearon una delgada lámina de oro con partículas alfa —núcleos de helio—. Ellos observaron que la mayoría de las partículas atravesaban la lámina sin desviarse. Algunas se desviaban en ángulos pequeños. Unas pocas rebotaban hacia atrás, lo que fue sorprendente. Estas observaciones no podían explicarse con el modelo de Thomson, que asumía que las cargas estaban distribuidas uniformemente en el átomo.

El protón es una partícula subatómica con carga positiva (+1e) y una masa aproximadamente 1 836 veces mayor que la del electrón, $1,672 \times 10^{-27}$ kg. Se encuentra en el núcleo del átomo junto con los neutrones, y su número determina la identidad del elemento químico, es decir, el número atómico.

—Dinos cómo se diferencia —sugirió Academo—.

Hípaso, lo pensó un poco —Núcleo pequeño y denso.

La mayoría de la masa del átomo y toda su carga positiva están concentradas en un núcleo central muy pequeño. Este núcleo contiene partículas cargadas positivamente, llamadas *protones* — aunque el *neutrón* sería descubierto más tarde por Chadwick en 1932—. *James Chadwick Marcial* fue un físico inglés laureado en 1935 con el Premio Nobel de Física.



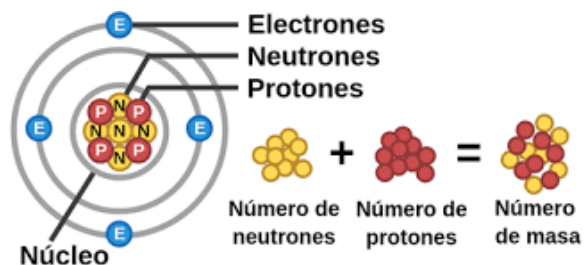
Chadwick, J.

El neutrón es una partícula subatómica sin carga eléctrica (neutra) y con una masa ligeramente mayor que la del protón ($1,675 \times 10^{-27}$ kg). Forma parte del núcleo atómico junto con los protones y contribuye significativamente a la masa del átomo.

Además, desempeñan un papel clave en las reacciones nucleares, como la fisión y la fusión, y son utilizados en aplicaciones como la generación de energía nuclear y la investigación científica mediante técnicas de difracción de neutrones.

La cuantización de la carga es el principio según el cual la carga eléctrica siempre se presenta en múltiplos discretos de una carga elemental básica, que es la carga del electrón ($-e$) o del protón ($+e$), cuyo valor es aproximadamente $1,602 \times 10^{-19}$ coulombs. Esto significa que no existen cargas fraccionarias en sistemas aislados, ya que todas las partículas cargadas conocidas tienen cargas que son múltiplos enteros de e .

Este concepto fue respaldado experimentalmente por el experimento de la gota de aceite de Millikan en 1909 y es fundamental para entender la naturaleza discreta de la materia y la electricidad.



Fuente: Generado por IA (2025).



Millikan, R.

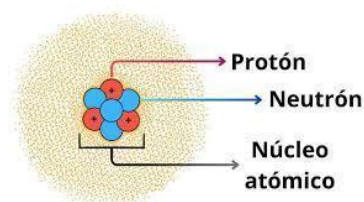
Robert Andrews Millikan fue un físico experimental estadounidense ganador del Premio Nobel de Física en 1923 primordialmente por su trabajo para determinar el valor de la carga del electrón y el efecto fotoeléctrico. También investigó los rayos cósmicos.

—Has nombrado las tres partículas, papá —apuntó Academo—.

—Así es, pero resulta que hay más —afirmó su padre—.

—¿más? —gritó Peleo—.

—Sí, pero déjenme contarles del modelo de Rutherford.



El átomo es mayormente espacio vacío, lo que explica por qué la mayoría de las partículas alfa atraviesan la lámina de oro sin desviarse. Algo importante es que los electrones, cargados negativamente, giran alrededor del núcleo en trayectorias circulares, como planetas alrededor del Sol. La carga positiva del núcleo y la negativa de los electrones se equilibran, haciendo que el átomo sea eléctricamente neutro.

—¿Tiene fallas? —cuestionó Yuliet—.

—Aunque el modelo fue revolucionario, tenía un problema significativo —dijo Hípaso—.

Según las leyes del electromagnetismo de la época, los electrones en movimiento deberían emitir energía en forma de radiación, perdiendo energía y colapsando hacia el núcleo. Esto significaba que el átomo no sería estable.



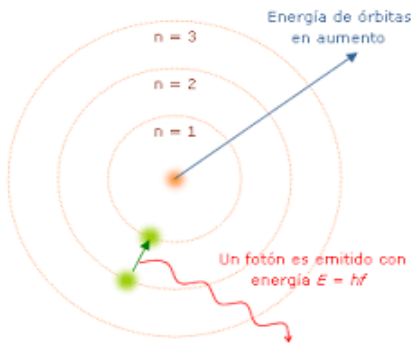
—Parece un problema. —apuntó Academo—.

—De hecho, lo es.

Para solucionar esta inestabilidad, *Niels Bohr* propuso un modelo en el que los electrones ocupan órbitas específicas y estables alrededor del núcleo, marcando otro hito en la comprensión del átomo. Él fue un físico danés que contribuyó en la comprensión del átomo y la mecánica cuántica. Fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1922.



Bohr, N.



Este modelo mejoró el modelo de Rutherford al incorporar conceptos de la teoría cuántica para explicar la estabilidad del átomo y las líneas espectrales de los elementos, especialmente del hidrógeno.

Las características principales del modelo atómico de Bohr son:

Electrones en órbitas específicas. O sea, los electrones giran alrededor del núcleo en órbitas circulares específicas llamadas niveles de energía o órbitas estacionarias. Además, cada órbita tiene una energía fija y definida.

Energía cuantizada. Entonces, los electrones no pueden existir entre estas órbitas; solo pueden ocupar niveles de energía discretos. Cuando un electrón se mueve de una órbita a otra, absorbe o emite energía en forma de un *fotón*. La energía del fotón corresponde a la diferencia entre los niveles de energía.

$$E = h \cdot \nu$$

Donde h es la constante de Planck y ν es la frecuencia de la luz emitida o absorbida.

—Epa, ¿Y este Planck? —preguntó Peleo—.



—Es un amigo de Einstein —apuntó Hípaso—. Es el *padre de la física cuántica*.



Planck, M.

Max Karl Ernst Ludwig Planck fue un físico alemán. Es considerado el fundador de la teoría cuántica y fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1918. Planck fue el primero en afirmar explícitamente que la energía no es continua, sino que está constituida por trocitos indivisibles llamados cuantos, una

idea sobre la que Einstein se basó para afirmar que la luz también estaba formada por paquetes similares, hoy conocidos como fotones.

—Pero déjeme continuar con este modelo.

Ahora hay estabilidad del átomo. Mientras un electrón permanece en una órbita estacionaria, no emite energía, lo que resuelve el problema de la inestabilidad del modelo de Rutherford.

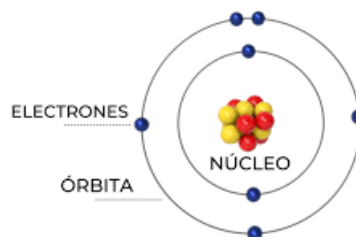
Espectro del hidrógeno. El modelo explica las líneas espectrales del hidrógeno observadas experimentalmente. Cada línea del espectro corresponde a una transición específica de un electrón entre dos niveles de energía.



—Parece mucho mejor. Mencionó Academo. Pero, hay un gran; *pero* ¿no?

—Efectivamente —dijo su padre—.

Aunque el modelo fue revolucionario, tiene algunas limitaciones importantes, para empezar, funciona bien para átomos con un solo electrón, como el hidrógeno, pero no puede describir correctamente átomos más complejos con múltiples electrones. Por otro lado, no explica los detalles de los subniveles de energía, ni los conceptos de los orbitales atómicos, que son fundamentales en la mecánica cuántica. Una cosa más, a altas velocidades, los efectos de la relatividad no están contemplados.



—Entonces, hay otro —dijo Alejandra—.

—Pues, sí —dijo Hípaso—.



El modelo que siguió al modelo atómico de Bohr es el modelo *mecánico-cuántico* del átomo, desarrollado principalmente a partir de los años 1920 por científicos como *Erwin Schrödinger*, *Werner Heisenberg* y *Max Born*. Este modelo superó las limitaciones del modelo de Bohr al describir los comportamientos electrónicos mediante principios cuánticos más avanzados.

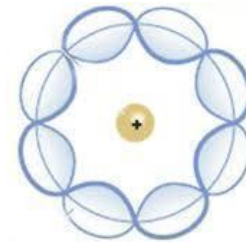
—Schrödinger, es ¿el del gato? —preguntó Yuliet—.

—Así es. Yuliet —contestó Hípaso—.



Schrödinger, E.

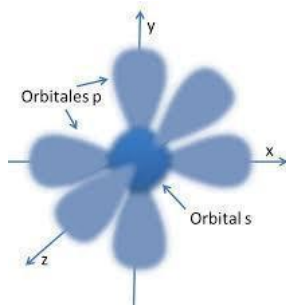
Erwin Schrödinger, fue un físico y filósofo austríaco, naturalizado irlandés, que realizó importantes



contribuciones en los

campos de la mecánica cuántica y la termodinámica. Sugirió que el movimiento de los electrones en el átomo correspondía a la dualidad onda-partícula y, en consecuencia, los electrones podían moverse alrededor del núcleo como ondas estacionarias. La teoría predominante, llamada interpretación de Copenhague, dice que un sistema cuántico permanece en superposición hasta que interactúa con el mundo externo o es observado por él. Cuando esto sucede, la superposición colapsa en uno u otro de los posibles estados definidos. Utilizó ecuaciones diferenciales para describir cómo cambia el estado cuántico de un sistema físico a lo largo del tiempo.

Esta aportación le reportó fama mundial y le hizo merecedor del Premio Nobel de Física de 1933 —conjuntamente con el físico británico *Paul Dirac*—. Con base en la idea de *De Broglie* de que las partículas podían mostrar comportamiento como de onda, el físico austriaco Erwin Schrödinger teorizó que el comportamiento de los electrones dentro de los átomos se podía explicar al tratarlos matemáticamente como ondas de materia.



Este es un modelo cuántico no relativista. En este modelo los electrones se contemplaban originalmente como una onda estacionaria de materia cuya amplitud decaía rápidamente al sobrepasar el radio atómico. Los electrones se describen mediante una función de onda, que indica la probabilidad de encontrar un electrón en una región del átomo.

Los niveles de energía de Bohr están formados por regiones discretas llamadas orbitales, que representan la zona de mayor probabilidad de presencia de los electrones. El modelo de Schrödinger predice las probabilidades de ubicación del electrón, a diferencia del modelo de Bohr, que define la ruta exacta del electrón. El modelo de Schrödinger es el modelo atómico vigente a inicios del siglo

XXI, con algunas posteriores adiciones. Él sugirió que el movimiento de los electrones en el átomo correspondía a la dualidad onda-partícula y, en consecuencia, los electrones podían moverse alrededor del núcleo como ondas estacionarias.

—Por cierto, es importante mencionar que *Werner Karl Heisenberg* fue un físico teórico alemán y uno de los pioneros clave de la mecánica cuántica. Publicó su trabajo en 1925 en un artículo revolucionario.



Heisenberg, W.

En mecánica cuántica el principio de indeterminación de Heisenberg o principio de incertidumbre de Heisenberg afirma que no se puede determinar, simultáneamente y con precisión arbitraria, ciertos pares de variables físicas, como son, por ejemplo, la posición y el momento lineal de un objeto dado.

Según el modelo de Werner Heisenberg, el momento lineal y la posición de un electrón u otra partícula subatómica no es posible predecir simultáneamente el valor de ambas variables. De esta forma, introduce el principio de incertidumbre en los orbitales de electrones que rodean el núcleo atómico.



El *principio de incertidumbre* de Heisenberg es un principio clave de la mecánica cuántica. A grandes rasgos, afirma que si lo sabemos todo sobre dónde se encuentra una partícula, la incertidumbre de posición es pequeña, no sabemos nada sobre su momento —la incertidumbre de momento es grande—, y viceversa.

Pero tiene algunas implicaciones:

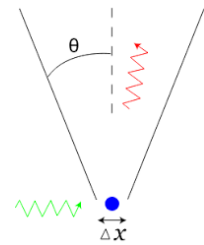
- Naturaleza probabilística: En el mundo cuántico, no se puede predecir con certeza dónde estará una partícula o con qué velocidad se moverá. Solo se pueden calcular probabilidades.
- No es un problema técnico: Esta limitación no depende de la precisión de nuestros instrumentos. Es una propiedad inherente de la naturaleza.

- Afecta a partículas pequeñas: El efecto del principio de incertidumbre es insignificante en objetos grandes, como una pelota de fútbol, pero es crucial para partículas como electrones o fotones.



—Danos un buen ejemplo —sugirió Peleo—.

Hípaso pensó un momento.



Se dice que cuando se observa una partícula, esta cambia, pero no se trata de observar de forma directa, sino de monitorear con sensores o instrumentos especializados.

—Pero, ¿Cómo la ven? —preguntó Peleo—.

Su padre notó el error —Realmente se detecta con algunos sensores e instrumentos.

El *principio de incertidumbre* revolucionó nuestra comprensión de la física, mostrando que a escalas microscópicas las leyes del universo no son deterministas como en la física clásica, sino probabilísticas. Esto fue clave para el desarrollo de la mecánica cuántica y aplicaciones como: Microscopios electrónicos, Física de partículas y Tecnología de semiconductores y láseres.

—Pero me gustaría nombrar a *Max Born*, este fue un matemático y físico alemán. Obtuvo el Premio Nobel de Física en 1954 por sus trabajos en mecánica cuántica.



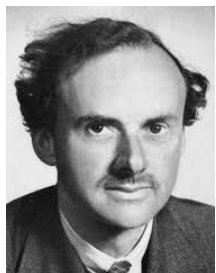
Born, M.



Junto con *Bohr* y *Heisenberg*, *Max Born* fue uno de los elegidos a los que se le atribuye la construcción de la estructura filosófica de la mecánica cuántica. Su principal contribución fue la interpretación probabilística de las ondas de Schrödinger. Max Born es más famoso por su trabajo en mecánica cuántica, especialmente por su descubrimiento de que la función de onda puede interpretarse como la

amplitud de probabilidad de encontrar una partícula en un punto específico del espacio en un momento específico del tiempo.

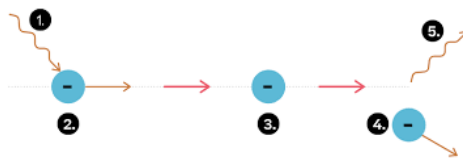
—Pero nombró otros dos —apuntó Alejandra—.



—Ah sí. —reflexionó Hípaso—.

Paul Dirac fue un físico británico, una cosa importante fue sobre la existencia de la antimateria fue teorizada en 1928 por él. Cuando se propuso formular una ecuación matemática que combinara los principios de la relatividad de Einstein y los de la física cuántica de Niels Bohr.

Él es conocido por su trabajo en la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Su principal contribución fue la *ecuación de Dirac*, que combina la mecánica cuántica con la relatividad especial y describe el comportamiento de partículas como el electrón. Este trabajo predijo la existencia de la *antimateria*, específicamente del *positrón*, descubierto años después. Dirac también desarrolló conceptos fundamentales como el *mar de Dirac* y contribuyó a la formulación del principio de superposición en la mecánica cuántica, además de ser uno de los fundadores de la electrodinámica cuántica. Su enfoque matemático elegante sentó las bases de muchas teorías modernas en física.



—El otro es *Louis De Broglie*.



Este revolucionó la física al introducir el concepto de la *dualidad onda-partícula*, postulando que todas las partículas, como los electrones, tienen propiedades tanto de partículas como de ondas. Esta idea, conocida como la *hipótesis de De Broglie*, fue confirmada experimentalmente y se convirtió en un pilar de la

mecánica cuántica. Su trabajo permitió comprender fenómenos como la difracción y la interferencia en partículas materiales, extendiendo la naturaleza ondulatoria previamente atribuida solo a la luz. Además, su propuesta sentó las bases para el



De Broglie, L.

desarrollo de la *mecánica ondulatoria* de Schrödinger y otras teorías cuánticas. Por estas contribuciones, recibió el Premio Nobel de Física en 1929.

—Ya me perdí sobre este modelo —dijo Academo—.

—Sí, es cierto, es fácil perderse —dijo su padre—. Veamos:

Explica correctamente el comportamiento de átomos más complejos que el hidrógeno. Asimismo, introduce conceptos fundamentales como los números cuánticos (n , l , m , s), que describen las características de los orbitales y los electrones. Además, es consistente con los principios de la mecánica cuántica, proporcionando una descripción más precisa de los átomos.

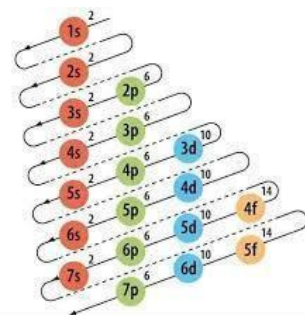


Una cosa más es que el modelo cuántico establece reglas como el *principio de exclusión de Pauli*.



Pauli, W.

—Otro principio —apuntó Pitias—. —Este es importantísimo —dijo su esposo—. Formulado por *Wolfgang Pauli* en 1925, establece que dos electrones en un mismo átomo no pueden tener los mismos valores para los cuatro números cuánticos que los describen. Este principio explica por qué los electrones en un átomo se distribuyen en diferentes niveles y subniveles de energía, dando lugar a la estructura electrónica de los átomos. Es fundamental para entender la química, el comportamiento de los elementos en la tabla periódica y fenómenos como la estabilidad de la materia y la formación de sólidos. Por esta contribución, Pauli recibió el Premio Nobel de Física en 1945.



Fuente: Generado por IA (2025).



—Es mucha información para digerir —dijo Academo—.

—Sí, tienes mucha razón —dijo Peleo—.

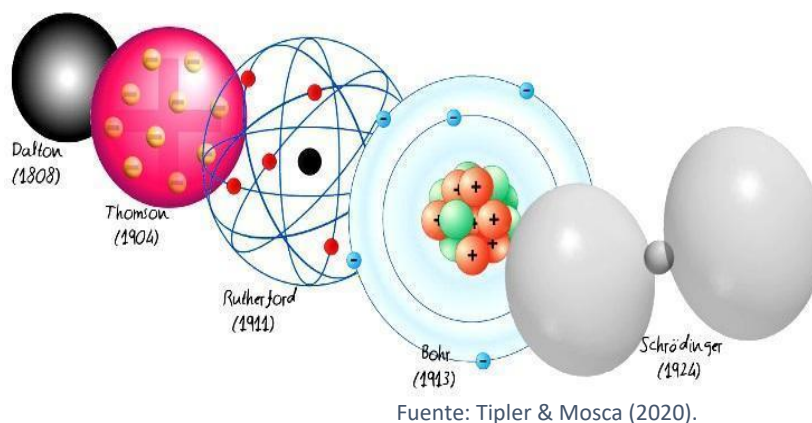
—Mi amor, danos un resumen de todo esto.

—¡Por supuesto! Pongan mucha atención —dijo Hípaso—.

Estas formas de ver el átomo marcaron hitos clave en nuestra comprensión del átomo. Dalton propuso en 1803 la primera teoría moderna, describiendo al átomo como una partícula indivisible, base de los elementos químicos. Thomson, en 1897, descubrió el electrón y sugirió el modelo del budín de pasas, donde los electrones estaban incrustados en una esfera de carga positiva. En 1911, Rutherford demostró que el átomo tiene un núcleo pequeño y denso con carga positiva, rodeado por electrones en un espacio vacío. El átomo es la unidad fundamental de la materia, y su estudio es crucial para entender cómo se forman y transforman los materiales en el universo.

Los modelos atómicos, desde el de Dalton hasta el actual modelo cuántico, han sido fundamentales para describir la estructura interna del átomo, incluyendo el núcleo y los electrones.

Estos modelos nos han permitido desarrollar tecnologías avanzadas, explicar fenómenos químicos y físicos, y comprender la naturaleza de la energía y las interacciones a nivel subatómico, marcando hitos en el progreso científico y tecnológico.



El estudio de los átomos y sus modelos es esencial para comprender los fundamentos de la química, la física y la biología. Estos conocimientos nos permiten manipular materiales, crear medicamentos y desarrollar tecnologías como los semiconductores y la energía nuclear. Además, nos ayudan a entender el universo a nivel microscópico, conectando la materia ordinaria con fenómenos cuánticos.



Posteriormente, en 1913, Bohr introdujo un modelo con electrones orbitando en niveles energéticos específicos, explicando el espectro del hidrógeno. Finalmente, Schrödinger, en 1926, desarrolló el modelo cuántico, donde los electrones se describen como ondas y sus posiciones probables se representan mediante orbitales, no trayectorias definidas. Estos avances transformaron la física, la química y la tecnología, estableciendo las bases para la mecánica cuántica y la ciencia moderna.

—¿Queda claro? —preguntó Hípaso—.



Todos asintieron alegremente. Se levantaron para salir al frente para despedirse, ya era de noche y los visitantes debían marcharse. Estando en la puerta, de pronto Alejandra pensó sobre las tres partículas que se habían nombrado.

—Hey, esas ¿Son todas las partículas?



—¡No! De hecho, son un montón —dijo Hípaso—.

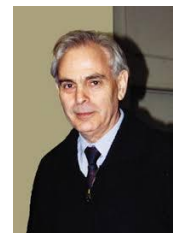
—¿Puedes contarnos? —dijo ella—.

—Pero, ya se iban. ¿no? —dijo Peleo—.

—Pero, necesitamos saber —dijo Yuliet—.

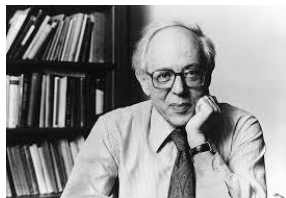
Entonces Hípaso les hizo señales para que se sentaran en las gradas del frente.

Las primeras partículas de las que se sabían son efectivamente esas tres, *electrón*, *protón* y *neutrón*. Pero científicos como *Lev Okun*, físico ruso del siglo XX. Plantearon la existencia del *Hadrón*, que significa denso. De estos hay dos tipos.



Okun, L.

- *Barión (significa pesado)*. Este está formado por tres quarks. Estos bariones fueron propuestos por *Abraham Pais*, quien fue un físico e historiador de la ciencia holandés-estadounidense. Estas partículas subatómicas son desde



Pais, A,

luego, los protones y neutrones. Es decir, estas dos partículas no son fundamentales, porque se dividen en partículas más pequeñas, entonces son partículas subatómicas.

Los quarks, que es la onomatopeya de romper, fueron propuestos por *Murray Gell-mann*. Fue un físico estadounidense que recibió el Premio Nobel de Física en 1969 por sus descubrimientos sobre partículas elementales. Fue él quien dio el nombre al *quark*, un nombre tomado de la novela *Finnegans Wake*, de *James Joyce*.



Gell-Mann, M.



Yukawa, H.

- *Mesón (que significa al medio)*. Este está formado por un *quark* y un *antiquark*. Fueron propuestos por *Hideki Yukawa*. Este fue un físico japonés, galardonado con el premio Nobel de Física en 1949 por formular la hipótesis de los mesones, basada en trabajos teóricos sobre fuerzas nucleares.

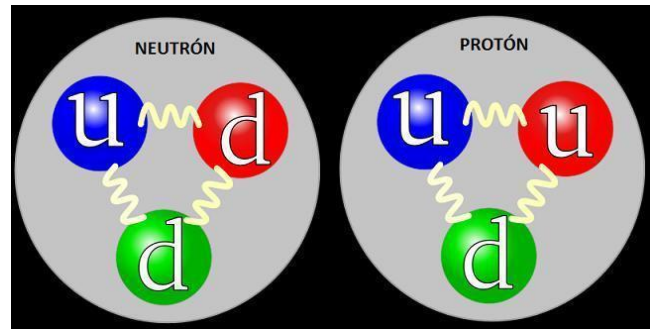
• Ahora dentro de las partículas fundamentales tenemos dos grandes familias, unas son de masa y otras son de fuerza.

- Comencemos por las de masa, los *fermiones*, en honor a *Enrico Fermi*. Fue un físico italiano naturalizado estadounidense conocido por el desarrollo del primer reactor nuclear y sus contribuciones al desarrollo de la teoría cuántica, la física nuclear y de partículas, y la mecánica estadística.



Fermi, E.

Quarks que están presentes en los *hadrones* y hay seis tipos: *up*, *down*, *charm*, *top*, *strange*, *bottom*.



Los quarks son partículas fundamentales que constituyen los bloques básicos de la materia, ya que forman a los protones, neutrones y otras partículas hadrónicas. Se conocen seis tipos o sabores.

Los quarks no existen de forma aislada debido al confinamiento de color, una propiedad de la interacción fuerte que los mantiene unidos dentro de los hadrones mediante el intercambio de gluones. Además, poseen una propiedad llamada color en el contexto de la cromodinámica cuántica (QCD), que no está relacionada con el color visual, sino con la manera en que interactúan entre sí.

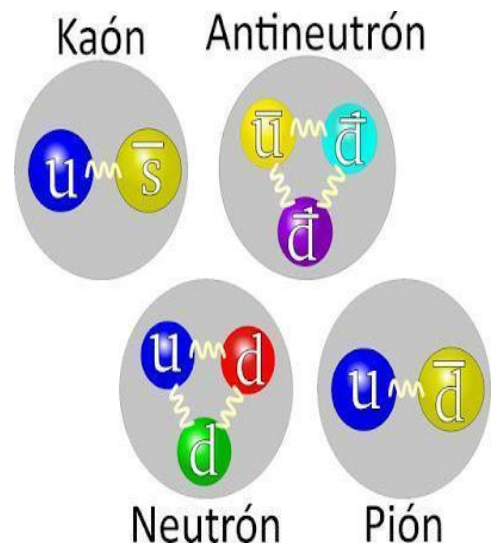


Rosenfeld, L.

- *Leptón* (que significa pequeño), fueron propuestos por *León Rosenfeld*, quien fue un físico belga. Nacido en una familia belga de origen judío.

Hay también de seis tipos: *electrón*, *muón*, *tauón*, *neutrino*, *neutrino electrón*, *neutrino muón* y *neutrino tauón*.

Sin los quarks, no existiría la materia tal como la conocemos, ya que son responsables de la formación de la materia nuclear. Además, los quarks interactúan a través de la fuerza fuerte, mediada por los gluones, lo que mantiene unidos a los protones y neutrones en el núcleo, a pesar de la repulsión electromagnética entre las cargas positivas de los protones. Esta interacción es clave para la estabilidad del universo a nivel atómico y subatómico. El estudio de los quarks también ha sido crucial para el desarrollo de la teoría de la física de partículas y para entender el *Modelo Estándar de la física de partículas*.



Fuente: Generado por IA (2025).

Veamos ahora las partículas sin masa.

- *Bosón es una* partícula de fuerza acuñadas por *Paul Dirac* en honor del físico *Satyendra Bose*.

Bose fue un físico indio especializado en física matemática. Es conocido por su trabajo en mecánica cuántica a principios de los años 1920, que establece las bases para la estadística de *Bose-Einstein* y la teoría de condensado de *Bose-Einstein*. El bosón es reconocido con ese nombre en su honor.



Bose, S.

De estos hay cuatro tipos: *fotón* para el electromagnetismo, *gluón* para la fuerza fuerte y los bosones *Z* y *W* para la fuerza débil. Los bosones son fundamentales en la física porque median las interacciones entre partículas y permiten que las fuerzas fundamentales del universo actúen. Sin los bosones, el universo no tendría la estructura y dinámica que conocemos.

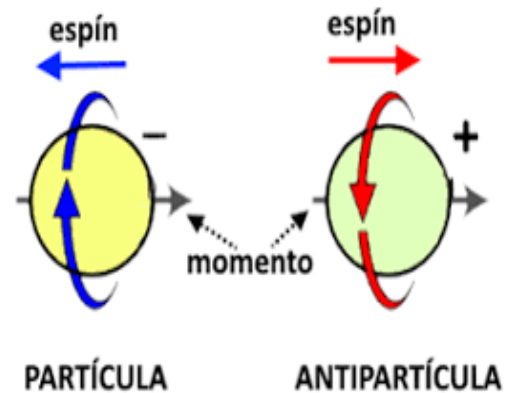


Higgs, P.

- *Bosón de Higgs*, llamado así por *Peter Higgs*, también se le llama *partícula de dios*, esta le da masa a todas las partículas. Él fue un físico británico que destacó por su proposición, en los años 1960, de la ruptura de la simetría en la teoría electrodébil, explicando el origen de la masa de las partículas elementales, en general, y de los bosones *W* y *Z*, en particular.

El campo de Higgs es un campo cuántico que, según el Modelo Estándar de física de partículas, impregna todo el espacio y es responsable de la masa de las partículas elementales. Las partículas elementales interactúan con el campo de Higgs, lo que les confiere masa. Este campo cuántico escalar básico en el espacio, no es parte del marco de la relatividad general (espacio-tiempo) porque su existencia está muy por debajo de la escala de los fenómenos observables.

- *Gravitón* es una partícula hipotética para la fuerza gravitatoria.
- *Axión* es hipotético, propuesto para resolver problemas de simetría en la cromodinámica cuántica.
- *Partículas supersimétricas (SUSY)*: aún no observadas, predicen versiones más masivas de cada partícula del Modelo Estándar.

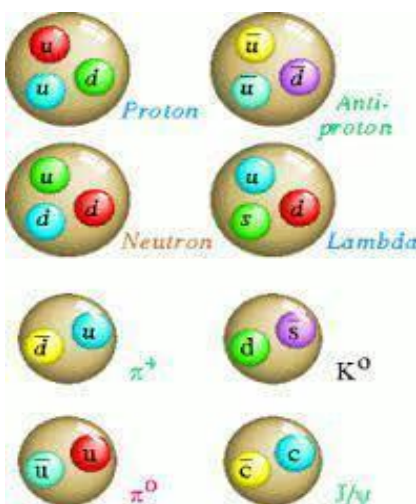


También hay otras partículas raras:

- *Piones* (π^+ , π^- , π^0): Mesones formados por quarks (no elementales).
- *Kaones* (K): Otro tipo de mesones, formados por quarks y antiquarks.
- *Tachiones*: Hipotéticas partículas que viajan más rápido que la luz. Si existen, violarían la relatividad especial; sin embargo, no hay evidencia experimental.

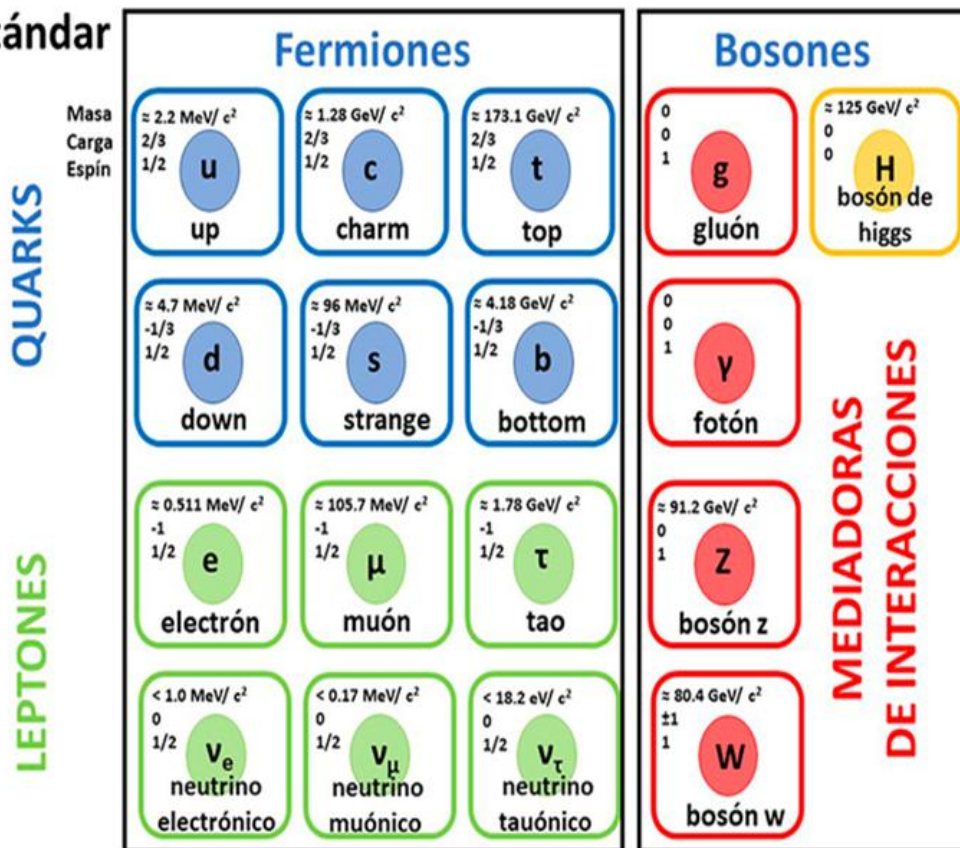


Fuente: Tipler & Mosca (2020).



- *Quarks exóticos*: Algunos experimentos han sugerido la existencia de partículas compuestas de más de tres quarks, como los tetraquarks y pentaquarks.
- *Partículas de Majorana*: Partículas que podrían ser su propia antipartícula. Esto se está investigando en el contexto de los neutrinos.
- *Inflatón*: Hipotético responsable de la inflación cósmica en el Big Bang, que habría causado la rápida expansión del universo primigenio.

Modelo estándar



Fuente: Generado por IA (2025).

No se incluye el gravitón.

Así las cosas, las partículas fundamentales se dividen en partículas de materia y fuerza.

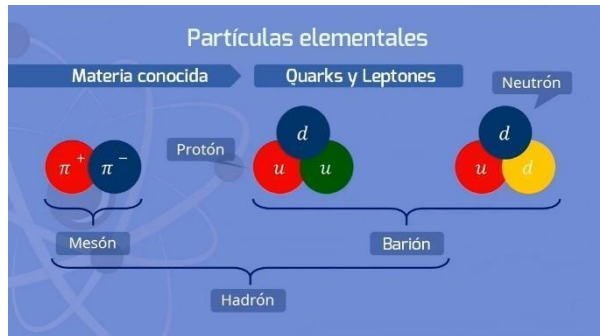
Los fermiones tienen espín semientero ($1/2$, $3/2$, etc.) y obedecen el principio de exclusión de Pauli, lo que significa que no pueden ocupar el mismo estado cuántico. Son las partículas que constituyen la materia, como los quarks y los electrones. Por otro lado, los bosones tienen espín entero (0 , 1 , 2 , etc.) y no obedecen el principio de exclusión, por lo que pueden compartir el mismo estado cuántico. Estos son responsables de transmitir las fuerzas fundamentales, como el fotón (fuerza electromagnética), los bosones W y Z (fuerza débil) y el gluón (fuerza

fuerte). Además, el bosón de Higgs confiere masa a las partículas mediante el mecanismo de Higgs.



—Pero ¿Por qué son importantes? —preguntó Yuliet—.

—Wow —dijo Hípaso—. Pues:



La importancia de las partículas fundamentales fermiónicas y bosónicas radica en que constituyen la base del universo y explican su funcionamiento. Los fermiones, como quarks y electrones, forman la materia visible, desde átomos hasta galaxias. Sin ellos, no existirían estructuras como moléculas o seres vivos. Los bosones, por su parte, son esenciales para las interacciones fundamentales: permiten que las partículas de materia se atraigan, repelan o transformen, como ocurre en las reacciones nucleares y el electromagnetismo. Además, el bosón de Higgs es crucial para entender cómo las partículas adquieren masa. Estas dos clases de partículas forman el núcleo del Modelo Estándar, la teoría que describe las leyes físicas fundamentales del universo.

—Solo nos dijiste sobre las partículas de materia ¿Y la antimateria? —preguntó Academo—.



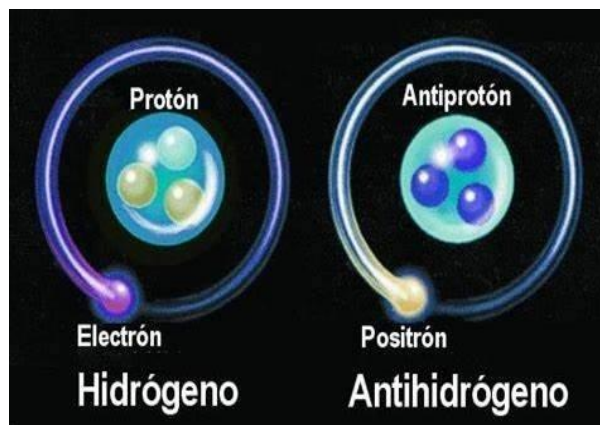
—Mmm. Tiene razón —dijo su padre—.

La antimateria es una forma de materia compuesta por partículas subatómicas con propiedades opuestas a las de la materia común.

Por ejemplo, el antielectrón o positrón tiene carga positiva, en lugar de negativa como el electrón. Cuando una partícula de materia entra en contacto con su contraparte de antimateria, se aniquilan mutuamente en un proceso que libera grandes cantidades de energía, siguiendo la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$. La antimateria es crucial en teorías físicas como la cosmología, donde podría explicar la *asimetría materia-antimateria* del universo, ya que, según las teorías actuales, debería haberse producido una cantidad igual de ambas en el Big Bang, pero el universo observable está compuesto principalmente de materia. La

antimateria también tiene aplicaciones tecnológicas, como en la *tomografía por emisión de positrones (PET)*, una técnica avanzada de imágenes médicas.

—¿Qué pasa si la materia choca contra



la antimateria? —preguntó Peleo—.

—Es muy interesante, esta pregunta —dijo su padre—. Cuando la materia entra en contacto con la antimateria, se produce un fenómeno conocido como aniquilación.

QUARKS	u up	c charm	t top	\bar{u} antiup	\bar{c} anticharm	\bar{t} antitop	g gluon	H higgs
	d down	s strange	b bottom	\bar{d} antidown	\bar{s} antistrange	\bar{b} antibottom	γ photon	
LEPTONS	e electron	μ muon	τ tau	e^+ positron	μ^- antimuon	τ^- antitau	Z Z ⁰ boson	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	$\bar{\nu}_e$ electron antineutrino	$\bar{\nu}_\mu$ muon antineutrino	$\bar{\nu}_\tau$ tau antineutrino	W ⁺ W ⁺ boson	W ⁻ W ⁻ boson

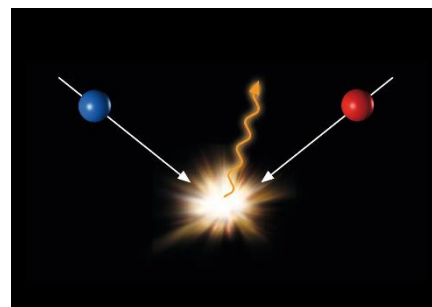
Fuente: Serway & Jewett (2014).

En este proceso, las partículas de materia y antimateria se destruyen mutuamente, liberando una cantidad significativa de energía en forma de radiación,

como fotones, es decir, luz. Por ejemplo, si un electrón, o sea, materia, se encuentra con un positrón, es decir, antimateria, ambos se aniquilan y generan rayos gamma, que son fotones de alta energía.

Este fenómeno es una de las manifestaciones más directas de la equivalencia entre masa y energía, tal como lo describe la ecuación de Einstein $E=mc^2$. La energía liberada en la aniquilación depende de la masa de las partículas involucradas. Dado que las partículas y antipartículas tienen una masa equivalente, la aniquilación es muy eficiente en la conversión de materia en energía.

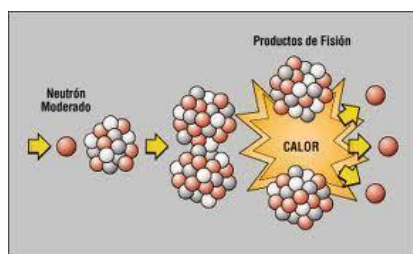
Este proceso de aniquilación de materia y antimateria podría, en teoría, liberar enormes cantidades de energía, lo que ha generado especulaciones sobre su uso en aplicaciones de energía o propulsión. Sin embargo, la antimateria es extremadamente rara en el universo y difícil de producir en grandes cantidades, lo que limita su uso práctico por el momento.



Las partículas fundamentales juegan un papel esencial en las reacciones nucleares, que son procesos en los que se produce una transformación en el núcleo de los átomos. En una reacción nuclear, las partículas subatómicas como los neutrones, protones y quarks se reconfiguran o se intercambian entre núcleos atómicos.

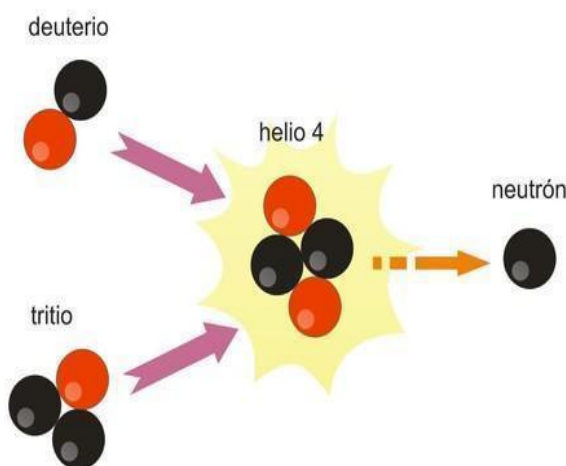
Un ejemplo clásico de reacción nuclear es la fusión nuclear, que ocurre en el Sol y en los reactores de fusión, donde los núcleos ligeros, como los de hidrógeno, se combinan para formar un núcleo más pesado, liberando grandes cantidades de energía en forma de radiación.

En este proceso, los quarks dentro de los protones y neutrones interactúan fuertemente mediante la fuerza nuclear fuerte, que mantiene unidos a los núcleos atómicos.

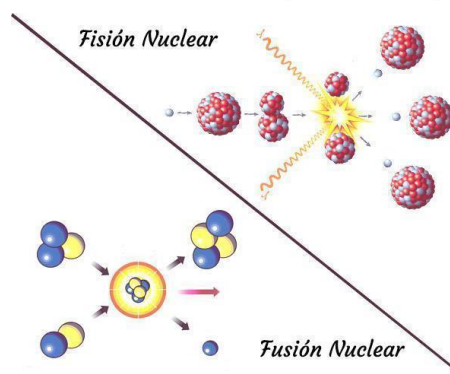


En fisión nuclear, el proceso contrario ocurre, un núcleo pesado, como el de uranio o plutonio, se divide en dos núcleos más ligeros tras la colisión con un neutrón, liberando energía.

Esta reacción también involucra la interacción de partículas subatómicas, en especial la interacción nuclear fuerte, que mantiene unidos los quarks en el núcleo. Al ser liberados nuevos neutrones, estos pueden iniciar una cadena de reacciones nucleares, lo que es la base de las bombas nucleares y de los reactores nucleares para generar electricidad. Los neutrones juegan un papel clave al ser los catalizadores que permiten que estos procesos ocurran de forma controlada o explosiva.



Las reacciones nucleares también tienen una relación directa con la antimateria en ciertos contextos. En la teoría, si partículas de antimateria, como los positrones, interactúan con materia nuclear, se produciría una aniquilación que liberaría grandes cantidades de energía, aunque este proceso es muy difícil de controlar. Sin embargo, los avances en física de partículas y en la comprensión de las interacciones nucleares podrían abrir nuevas vías para comprender mejor cómo se relacionan las partículas subatómicas con las fuentes de energía nuclear y cómo se podrían utilizar las propiedades de la antimateria para futuras tecnologías, como fuentes de energía más eficientes o sistemas de propulsión avanzada.



—Gracias, son muy amables —dijeron Alejandra y Yuliet—. Los visitantes se fueron contentos, todavía comían pastel. La familia los despidió en la acera y entraron cansados, con ganas de dormir. Pero había una cosa más que decir antes de dormir.



Pitias deseaba agregar algo importante antes de irse a la cama.

Las tecnologías actuales y la búsqueda de nuevas fuentes de energía están profundamente influenciadas por la comprensión de las partículas fundamentales y las reacciones nucleares. Los reactores nucleares que generan electricidad a partir de la fisión nuclear se basan en la división de átomos de uranio o plutonio, un proceso que libera enormes cantidades de energía. Este principio se utiliza en muchas plantas nucleares alrededor del mundo y sigue siendo una de las fuentes más poderosas de generación de electricidad. Sin embargo, la energía nuclear también plantea desafíos, como la gestión de residuos radiactivos y el riesgo de accidentes, lo que lleva a la búsqueda de fuentes de energía más limpias y sostenibles.



Una de las áreas más prometedoras para el futuro de la energía es la fusión nuclear, que es el proceso que ocurre en el Sol. En la fusión, los núcleos ligeros, como los de hidrógeno, se combinan para formar núcleos más pesados, liberando vastas cantidades de energía. Este proceso requiere condiciones extremadamente altas de temperatura y presión, lo que hace que actualmente sea difícil de replicar de manera controlada en la Tierra. Sin embargo, experimentos como los realizados en el ITER —Reactor Experimental Termonuclear Internacional— están dando avances en este campo. La fusión nuclear, al no generar residuos radiactivos peligrosos a largo plazo y ser potencialmente una fuente inagotable de energía, es vista como una posible solución para cubrir las crecientes necesidades energéticas del futuro.



Además, el estudio de la antimateria y sus propiedades abre nuevas posibilidades para el futuro energético, aunque todavía está en una etapa experimental. La aniquilación de partículas de materia y antimateria podría, en teoría, liberar enormes cantidades de energía, lo que plantea la posibilidad de nuevas tecnologías de propulsión y fuentes de energía más eficientes. Aunque la antimateria es extremadamente difícil de producir y almacenar, la investigación en física de partículas podría permitir el



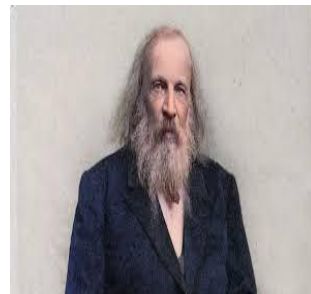
desarrollo de tecnologías que aprovechen este fenómeno para aplicaciones energéticas o de transporte, como motores de propulsión avanzados para viajes espaciales. Así, la comprensión y manipulación de partículas fundamentales podrían transformar no solo cómo generamos energía en la Tierra, sino también cómo exploramos el universo en el futuro atendiendo a los elementos.

—¿Qué es un elemento? —preguntó Peleo—.

—Hípaso pestañeó un poco—. —Uf—.

Es la parte de la materia constituida por átomos de la misma clase y que no puede ser descompuesta en otras más simples mediante una reacción química. Cualquier ser, vivo o inerte, está constituido por elementos químicos. Por ejemplo, en un teléfono móvil se pueden encontrar alrededor de 30 distintos, y en el cuerpo humano casi el doble: 59 elementos.

Hasta ahora se han descubierto y confirmado 118 elementos químicos. Los cuatros últimos son nihonio, moscovio, teneso y oganesón. Grandes laboratorios de Japón, Rusia, EE UU y Alemania compiten por ser los primeros en obtener los siguientes: el 119 y el 120.



Mendeléiev, D.

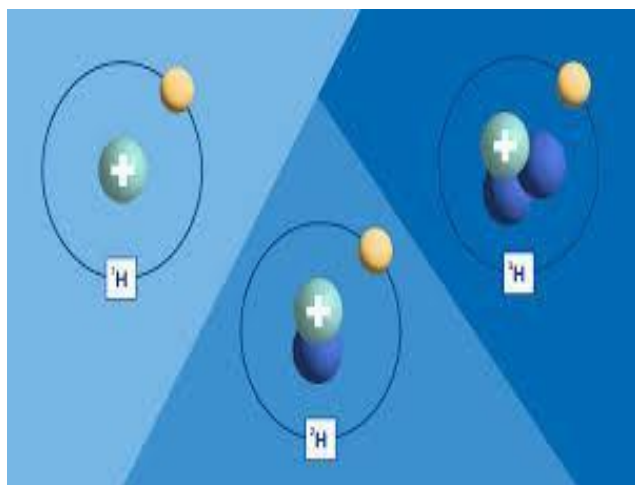
—¿Tantos? —gritó Academo—.

Los elementos de la naturaleza se han agrupado de diversas formas a lo largo de la historia, pero fue hace 150 años cuando el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev presentó una tabla periódica para reunirlos a todos, incluso a los que estaban por descubrir. Con las aportaciones de otros científicos esta tabla se ha convertido en el colorido corazón de la química que conocemos hoy.

—He visto esa tabla. Dijo Academo.

1 1.00784 H Hidrógeno	2 4.002602 He Helio	3 6.941 Li Litio	4 9.012182 Be Berilio	5 10.81 B Boro	6 12.01 C Carbono	7 14.00307 N Nitrógeno	8 16.0045 O Oxígeno	9 18.998403 F Flúor	10 20.1797 Ne Neón	11 22.989769 Na Sodio	12 24.304 Mg Magnesio	13 26.981538 Al Aluminio	14 28.0855 Si Silicio	15 30.973762 P Fósforo	16 32.06 S Azufre	17 35.453 Cl Cloro	18 39.948 Ar Argón	19 39.0983 K Potasio	20 40.078 Ca Calcio	21 44.955912 Sc Escandio	22 47.88 Ti Titanio	23 50.9415 V Vanadio	24 51.9962 Cr Cromo	25 54.938044 Mn Manganeso	26 55.845 Fe Hierro	27 58.933195 Co Cobalto	28 58.933195 Ni Níquel	29 63.546 Cu Cobre	30 65.38 Zn Zinc	31 69.723 Ga Galio	32 72.64 Ge Germanio	33 74.9216 As Arsénico	34 78.96 Se Selenio	35 79.904 Br Bromo	36 83.798 Kr Kriptón	37 85.4678 Rb Rubidio	38 87.62 Sr Estroncio	39 88.90584 Y Itrio	40 91.224 Zr Zirconio	41 92.90638 Nb Niobio	42 95.96 Mo Molibdeno	43 98.072 Tc Tecnecio	44 101.07 Ru Rutenio	45 101.07 Rh Rodio	46 101.07 Pd Paladio	47 102.9055 Ag Plata	48 106.42 Cd Cadmio	49 107.8682 In Indio	50 112.404 Sn Estano	51 114.818 Sb Antimonio	52 127.60 Te Telurio	53 126.9044 I Yodo	54 131.293 Xe Xenón	55 132.9054 Cs Cesio	56 137.327 Ba Bario	57-71 La-Lu Lantánidos	72 178.49 Hf Hafnio	73 180.9478 Ta Tántalo	74 183.84 W Wolframio	75 186.207 Re Renio	76 187.033 Os Osmio	77 190.23 Ir Iridio	78 195.084 Pt Platino	79 196.9665 Au Oro	80 200.59 Hg Mercurio	81 204.3833 Tl Talio	82 208.9804 Pb Plomo	83 208.9804 Bi Bismuto	84 209 Po Polonio	85 209 At Astatio	86 222 Rn Radón	87 223 Fr Francio	88 226 Ra Radio	89-103 Ac-Lr Actínidos	104 261 Rf Rutherfordio	105 261 Db Dubnio	106 261 Sg Seaborgio	107 261 Bh Bohrio	108 261 Hs Hasio	109 261 Mt Meitnerio	110 261 Ds Darmstadtio	111 261 Rg Roentgenio	112 261 Cn Copernicio	113 261 Nh Nihonio	114 261 Fl Flerovio	115 261 Mc Moscovio	116 261 Lv Livermorio	117 261 Ts Tenésio	118 261 Og Oganésio	119 261 Nh Nihonio	120 261 Ds Darmstadtio	121 261 Rg Roentgenio	122 261 Cn Copernicio	123 261 Nh Nihonio	124 261 Fl Flerovio	125 261 Mc Moscovio	126 261 Lv Livermorio	127 261 Ts Tenésio	128 261 Og Oganésio	129 261 Nh Nihonio	130 261 Ds Darmstadtio	131 261 Rg Roentgenio	132 261 Cn Copernicio	133 261 Nh Nihonio	134 261 Fl Flerovio	135 261 Mc Moscovio	136 261 Lv Livermorio	137 261 Ts Tenésio	138 261 Og Oganésio	139 261 Nh Nihonio	140 261 Ds Darmstadtio	141 261 Rg Roentgenio	142 261 Cn Copernicio	143 261 Nh Nihonio	144 261 Fl Flerovio	145 261 Mc Moscovio	146 261 Lv Livermorio	147 261 Ts Tenésio	148 261 Og Oganésio	149 261 Nh Nihonio	150 261 Ds Darmstadtio	151 261 Rg Roentgenio	152 261 Cn Copernicio	153 261 Nh Nihonio	154 261 Fl Flerovio	155 261 Mc Moscovio	156 261 Lv Livermorio	157 261 Ts Tenésio	158 261 Og Oganésio	159 261 Nh Nihonio	160 261 Ds Darmstadtio	161 261 Rg Roentgenio	162 261 Cn Copernicio	163 261 Nh Nihonio	164 261 Fl Flerovio	165 261 Mc Moscovio	166 261 Lv Livermorio	167 261 Ts Tenésio	168 261 Og Oganésio	169 261 Nh Nihonio	170 261 Ds Darmstadtio	171 261 Rg Roentgenio	172 261 Cn Copernicio	173 261 Nh Nihonio	174 261 Fl Flerovio	175 261 Mc Moscovio	176 261 Lv Livermorio	177 261 Ts Tenésio	178 261 Og Oganésio	179 261 Nh Nihonio	180 261 Ds Darmstadtio	181 261 Rg Roentgenio	182 261 Cn Copernicio	183 261 Nh Nihonio	184 261 Fl Flerovio	185 261 Mc Moscovio	186 261 Lv Livermorio	187 261 Ts Tenésio	188 261 Og Oganésio	189 261 Nh Nihonio	190 261 Ds Darmstadtio	191 261 Rg Roentgenio	192 261 Cn Copernicio	193 261 Nh Nihonio	194 261 Fl Flerovio	195 261 Mc Moscovio	196 261 Lv Livermorio	197 261 Ts Tenésio	198 261 Og Oganésio	199 261 Nh Nihonio	200 261 Ds Darmstadtio	201 261 Rg Roentgenio	202 261 Cn Copernicio	203 261 Nh Nihonio	204 261 Fl Flerovio	205 261 Mc Moscovio	206 261 Lv Livermorio	207 261 Ts Tenésio	208 261 Og Oganésio	209 261 Nh Nihonio	210 261 Ds Darmstadtio	211 261 Rg Roentgenio	212 261 Cn Copernicio	213 261 Nh Nihonio	214 261 Fl Flerovio	215 261 Mc Moscovio	216 261 Lv Livermorio	217 261 Ts Tenésio	218 261 Og Oganésio	219 261 Nh Nihonio	220 261 Ds Darmstadtio	221 261 Rg Roentgenio	222 261 Cn Copernicio	223 261 Nh Nihonio	224 261 Fl Flerovio	225 261 Mc Moscovio	226 261 Lv Livermorio	227 261 Ts Tenésio	228 261 Og Oganésio	229 261 Nh Nihonio	230 261 Ds Darmstadtio	231 261 Rg Roentgenio	232 261 Cn Copernicio	233 261 Nh Nihonio	234 261 Fl Flerovio	235 261 Mc Moscovio	236 261 Lv Livermorio	237 261 Ts Tenésio	238 261 Og Oganésio	239 261 Nh Nihonio	240 261 Ds Darmstadtio	241 261 Rg Roentgenio	242 261 Cn Copernicio	243 261 Nh Nihonio	244 261 Fl Flerovio	245 261 Mc Moscovio	246 261 Lv Livermorio	247 261 Ts Tenésio	248 261 Og Oganésio	249 261 Nh Nihonio	250 261 Ds Darmstadtio	251 261 Rg Roentgenio	252 261 Cn Copernicio	253 261 Nh Nihonio	254 261 Fl Flerovio	255 261 Mc Moscovio	256 261 Lv Livermorio	257 261 Ts Tenésio	258 261 Og Oganésio	259 261 Nh Nihonio	260 261 Ds Darmstadtio	261 261 Rg Roentgenio	262 261 Cn Copernicio	263 261 Nh Nihonio	264 261 Fl Flerovio	265 261 Mc Moscovio	266 261 Lv Livermorio	267 261 Ts Tenésio	268 261 Og Oganésio	269 261 Nh Nihonio	270 261 Ds Darmstadtio	271 261 Rg Roentgenio	272 261 Cn Copernicio	273 261 Nh Nihonio	274 261 Fl Flerovio	275 261 Mc Moscovio	276 261 Lv Livermorio	277 261 Ts Tenésio	278 261 Og Oganésio	279 261 Nh Nihonio	280 261 Ds Darmstadtio	281 261 Rg Roentgenio	282 261 Cn Copernicio	283 261 Nh Nihonio	284 261 Fl Flerovio	285 261 Mc Moscovio	286 261 Lv Livermorio	287 261 Ts Tenésio	288 261 Og Oganésio	289 261 Nh Nihonio	290 261 Ds Darmstadtio	291 261 Rg Roentgenio	292 261 Cn Copernicio	293 261 Nh Nihonio	294 261 Fl Flerovio	295 261 Mc Moscovio	296 261 Lv Livermorio	297 261 Ts Tenésio	298 261 Og Oganésio	299 261 Nh Nihonio	300 261 Ds Darmstadtio	301 261 Rg Roentgenio	302 261 Cn Copernicio	303 261 Nh Nihonio	304 261 Fl Flerovio	305 261 Mc Moscovio	306 261 Lv Livermorio	307 261 Ts Tenésio	308 261 Og Oganésio	309 261 Nh Nihonio	310 261 Ds Darmstadtio	311 261 Rg Roentgenio	312 261 Cn Copernicio	313 261 Nh Nihonio	314 261 Fl Flerovio	315 261 Mc Moscovio	316 261 Lv Livermorio	317 261 Ts Tenésio	318 261 Og Oganésio	319 261 Nh Nihonio	320 261 Ds Darmstadtio	321 261 Rg Roentgenio	322 261 Cn Copernicio	323 261 Nh Nihonio	324 261 Fl Flerovio	325 261 Mc Moscovio	326 261 Lv Livermorio	327 261 Ts Tenésio	328 261 Og Oganésio	329 261 Nh Nihonio	330 261 Ds Darmstadtio	331 261 Rg Roentgenio	332 261 Cn Copernicio	333 261 Nh Nihonio	334 261 Fl Flerovio	335 261 Mc Moscovio	336 261 Lv Livermorio	337 261 Ts Tenésio	338 261 Og Oganésio	339 261 Nh Nihonio	340 261 Ds Darmstadtio	341 261 Rg Roentgenio	342 261 Cn Copernicio	343 261 Nh Nihonio	344 261 Fl Flerovio	345 261 Mc Moscovio	346 261 Lv Livermorio	347 261 Ts Tenésio	348 261 Og Oganésio	349 261 Nh Nihonio	350 261 Ds Darmstadtio	351 261 Rg Roentgenio	352 261 Cn Copernicio	353 261 Nh Nihonio	354 261 Fl Flerovio	355 261 Mc Moscovio	356 261 Lv Livermorio	357 261 Ts Tenésio	358 261 Og Oganésio	359 261 Nh Nihonio	360 261 Ds Darmstadtio	361 261 Rg Roentgenio	362 261 Cn Copernicio	363 261 Nh Nihonio	364 261 Fl Flerovio	365 261 Mc Moscovio	366 261 Lv Livermorio	367 261 Ts Tenésio	368 261 Og Oganésio	369 261 Nh Nihonio	370 261 Ds Darmstadtio	371 261 Rg Roentgenio	372 261 Cn Copernicio	373 261 Nh Nihonio	374 261 Fl Flerovio	375 261 Mc Moscovio	376 261 Lv Livermorio	377 261 Ts Tenésio	378 261 Og Oganésio	379 261 Nh Nihonio	380 261 Ds Darmstadtio	381 261 Rg Roentgenio	382 261 Cn Copernicio	383 261 Nh Nihonio	384 261 Fl Flerovio	385 261 Mc Moscovio	386 261 Lv Livermorio	387 261 Ts Tenésio	388 261 Og Oganésio	389 261 Nh Nihonio	390 261 Ds Darmstadtio	391 261 Rg Roentgenio	392 261 Cn Copernicio	393 261 Nh Nihonio	394 261 Fl Flerovio	395 261 Mc Moscovio	396 261 Lv Livermorio	397 261 Ts Tenésio	398 261 Og Oganésio	399 261 Nh Nihonio	400 261 Ds Darmstadtio	401 261 Rg Roentgenio	402 261 Cn Copernicio	403 261 Nh Nihonio	404 261 Fl Flerovio	405 261 Mc Moscovio	406 261 Lv Livermorio	407 261 Ts Tenésio	408 261 Og Oganésio	409 261 Nh Nihonio	410 261 Ds Darmstadtio	411 261 Rg Roentgenio	412 261 Cn Copernicio	413 261 Nh Nihonio	414 261 Fl Flerovio	415 261 Mc Moscovio	416 261 Lv Livermorio	417 261 Ts Tenésio	418 261 Og Oganésio	419 261 Nh Nihonio	420 261 Ds Darmstadtio	421 261 Rg Roentgenio	422 261 Cn Copernicio	423 261 Nh Nihonio	424 261 Fl Flerovio	425 261 Mc Moscovio	426 261 Lv Livermorio	427 261 Ts Tenésio	428 261 Og Oganésio	429 261 Nh Nihonio	430 261 Ds Darmstadtio	431 261 Rg Roentgenio	432 261 Cn Copernicio	433 261 Nh Nihonio	434 261 Fl Flerovio	435 261 Mc Moscovio	436 261 Lv Livermorio	437 261 Ts Tenésio	438 261 Og Oganésio	439 261 Nh Nihonio	440 261 Ds Darmstadtio	441 261 Rg Roentgenio	442 261 Cn Copernicio	443 261 Nh Nihonio	444 261 Fl Flerovio	445 261 Mc Moscovio	446 261 Lv Livermorio	447 261 Ts Tenésio	448 261 Og Oganésio	449 261 Nh Nihonio	450 261 Ds Darmstadtio	451 261 Rg Roentgenio	452 261 Cn Copernicio	453 261 Nh Nihonio	454 261 Fl Flerovio	455 261 Mc Moscovio	456 261 Lv Livermorio	457 261 Ts Tenésio	458 261 Og Oganésio	459 261 Nh Nihonio	460 261 Ds Darmstadtio	461 261 Rg Roentgenio	462 261 Cn Copernicio	463 261 Nh Nihonio	464 261 Fl Flerovio	465 261 Mc Moscovio	466 261 Lv Livermorio	467 261 Ts Tenésio	468 261 Og Oganésio	469 261 Nh Nihonio	470 261 Ds Darmstadtio	471 261 Rg Roentgenio	472 261 Cn Copernicio	473 261 Nh Nihonio	474 261 Fl Flerovio	475 261 Mc Moscovio	476 261 Lv Livermorio	477 261 Ts Tenésio	478 261 Og Oganésio	479 261 Nh Nihonio	480 261 Ds Darmstadtio	481 261 Rg Roentgenio	482 261 Cn Copernicio	483 261 Nh Nihonio	484 261 Fl Flerovio	485 261 Mc Moscovio	486 261 Lv Livermorio	487 261 Ts Tenésio	488 261 Og Oganésio	489 261 Nh Nihonio	490 261 Ds Darmstadtio	491 261 Rg Roentgenio	492 261 Cn Copernicio	493 261 Nh Nihonio	494 261 Fl Flerovio	495 261 Mc Moscovio	496 261 Lv Livermorio	497 261 Ts Tenésio	498 261 Og Oganésio	499 261 Nh Nihonio	500 261 Ds Darmstadtio	501 261 Rg Roentgenio	502 261 Cn Copernicio	503 261 Nh Nihonio	504 261 Fl Flerovio	505 261 Mc Moscovio	506 261 Lv Livermorio	507 261 Ts Tenésio	508 261 Og Oganésio	509 261 Nh Nihonio	510 261 Ds Darmstadtio	511 261 Rg Roentgenio	512 261 Cn Copernicio	513 261 Nh Nihonio	514 261 Fl Flerovio	515 261 Mc Moscovio	516 261 Lv Livermorio	517 261 Ts Tenésio	518 261 Og Oganésio	519 261 Nh Nihonio	520 261 Ds Darmstadtio	521 261 Rg Roentgenio	522 261 Cn Copernicio	523 261 Nh Nihonio	524 261 Fl Flerovio	525 261 Mc Moscovio	526 261 Lv Livermorio	527 261 Ts Tenésio	528 261 Og Oganésio	529 261 Nh Nihonio	530 261 Ds Darmstadtio	531 261 Rg Roentgenio	532 261 Cn Copernicio	533 261 Nh Nihonio	534 261 Fl Flerovio	535 261 Mc Moscovio	536 261 Lv Livermorio	537 261 Ts Tenésio	538 261 Og Oganésio	539 261 Nh Nihonio	540 261 Ds Darmstadtio	541 261 Rg Roentgenio	542 261 Cn Copernicio	543 261 Nh Nihonio	544 261 Fl Flerovio	545 261 Mc Moscovio	546 261 Lv Livermorio	547 261 Ts Tenésio	548 261 Og Oganésio	549 261 Nh Nihonio	550 261 Ds Darmstadtio	551 261 Rg Roentgenio	552 261 Cn Copernicio	553 261 Nh Nihonio	554 261 Fl Flerovio	555 261 Mc Moscovio	556 261 Lv Livermorio	557 261 Ts Tenésio	558 261 Og Oganésio	559 261 Nh Nihonio	560 261 Ds Darmstadtio	561 261 Rg Roentgenio	562 261 Cn Copernicio	563 261 Nh Nihonio	564 261 Fl Flerovio	565 261 Mc Moscovio	566 261 Lv Livermorio	567 261 Ts Tenésio	568 261 Og Oganésio	569 261 Nh Nihonio	570 261 Ds Darmstadtio	571 261 Rg Roentgenio	572 261 Cn Copernicio	573 261 Nh Nihonio	574 261 Fl Flerovio	575 261 Mc Moscovio	576 261 Lv Livermorio	577 261 Ts Tenésio	578 261 Og Oganésio	579 261 Nh Nihonio	580 261 Ds Darmstadtio	581 261 Rg Roentgenio	582 261 Cn Copernicio	583 261 Nh Nihonio	584 261 Fl Flerovio	585 261 Mc Moscovio	586 261 Lv Livermorio	587 261 Ts Tenésio
--------------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------------	-------------------------	----------------------------	---------------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------------------	------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------------	------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------	------------------------------	----------------------------------	----------------------------	-------------------------------	----------------------------	---------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

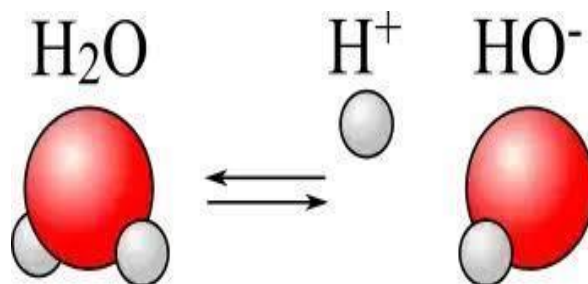
Un átomo de hidrógeno posee solamente un protón en su núcleo, uno de helio, dos protones y dos neutrones, y así sucesivamente conforme avanzamos en la tabla periódica de los elementos.



Pero es importante mencionar a los isótopos, como átomos que tienen igual número atómico (Z) y distinto número de masa (A). Los isótopos presentan las mismas propiedades químicas, pero difieren en sus propiedades físicas. Así como sucede en el caso del oxígeno, en la naturaleza, cada elemento químico se encuentra como una mezcla de isótopos en diferentes proporciones.

Además, los átomos o grupos de átomos con carga eléctrica se llaman iones. Si se suministra suficiente energía a un átomo se pueden separar 1, ó 2, ó 3, electrones retenidos más débilmente quedando una partícula con tantas cargas positivas como electrones se separaron.

Los iones positivos se llaman cationes. El Na^+ es un catión monoatómico positivo y se denomina catión Sodio. Análogamente se pueden añadir electrones a un átomo para formar especies iónicas de carga negativa — tantas cargas negativas como electrones se incorporan al átomo—. Los iones de carga negativa se llaman aniones



Pero estos elementos pueden ser peligrosos en algunos casos por la radiactividad.

—¿Qué es eso? —preguntó Peleo—.



El término radiactivo hace referencia al material que es capaz de emitir radiaciones electromagnéticas o partículas radiactivas debido a la desintegración de núcleos atómicos inestables. Estas emisiones son, fundamentalmente, de tres tipos: alfa (α), beta (β) y gamma (γ).

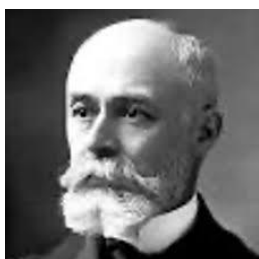
En general son radiactivas las sustancias que no presentan un balance correcto entre protones o neutrones. Cuando el número de neutrones es excesivo o demasiado pequeño respecto al número de protones, se hace más difícil que la fuerza nuclear fuerte, debido al efecto del intercambio de piones, pueda mantenerlos unidos.



Curie, M.

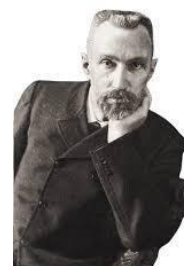
María Salomea Skłodowska-Curie, más conocida como Marie Curie o Madame Curie, fue una física y química de origen polaco. Pionera en el campo de la radiactividad, es la primera y única persona en recibir dos premios Nobel en distintas especialidades científicas: Física y Química.

Por encima de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de los órganos y los tejidos, y producir efectos agudos como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de irradiación aguda. Estos efectos son más intensos cuanto mayores son la dosis y la tasa de dosis. Además de la cantidad (o dosis) de radiación, otro parámetro importante es la velocidad con que se recibe (o tasa de dosis), que se mide en microsievert por hora ($\mu\text{Sv/hora}$) o milisievert al año (mSv/año).

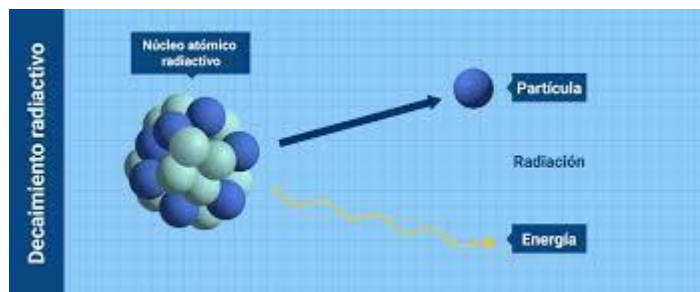


Becquerel, H.

Hay dos tipos de radiación: radiación ionizante y radiación no ionizante. La radiación ionizante tiene tanta energía que destruye los electrones de los átomos, proceso que se conoce como ionización.

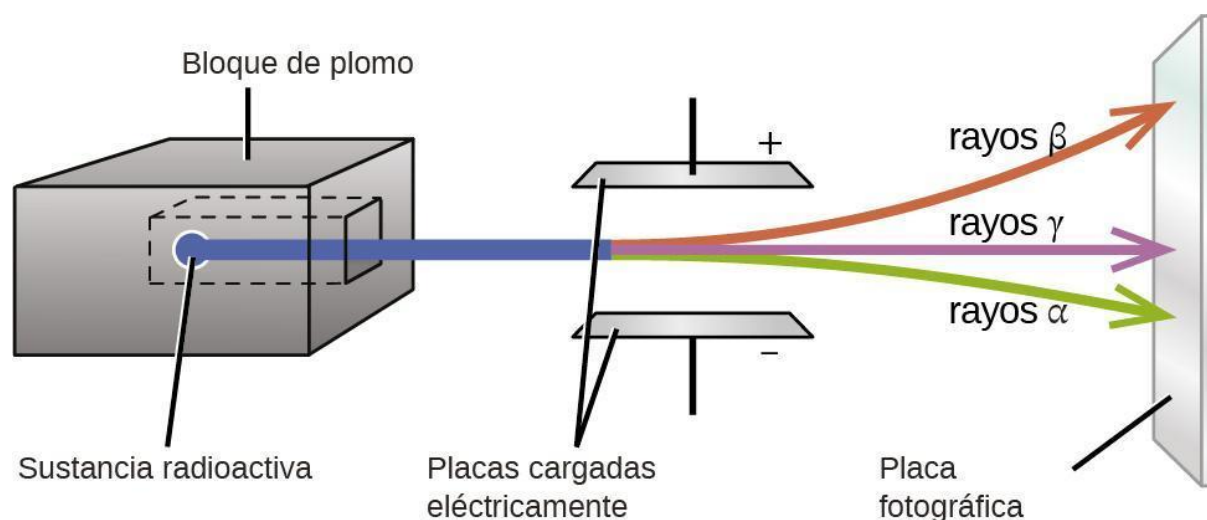


Curie, P.



Antoine Henri Becquerel fue un físico francés descubridor de la radiactividad y galardonado con el Premio Nobel de Física del año 1903, compartido con Pierre Curie y Marie Curie.

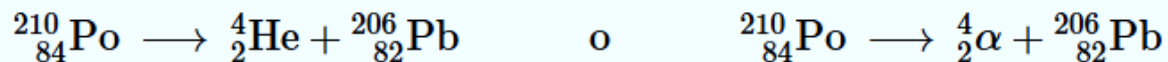
Tras el descubrimiento un tanto fortuito de la radiactividad por parte de Becquerel, muchos científicos destacados comenzaron a investigar este nuevo e intrigante fenómeno. Marie, quien fue la primera en acuñar el término "radiactividad", y Ernest Rutherford —de la fama del experimento de la lámina de oro—, quien investigó y bautizó a tres de los tipos más comunes de radiación. A principios del siglo XX se descubrieron muchas sustancias radiactivas, se investigaron y cuantificaron las propiedades de la radiación y se formó una sólida comprensión de la radiación y el decaimiento nuclear.



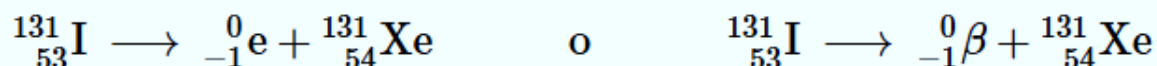
Fuente: Feynman (1985).

El cambio espontáneo de un nucleido inestable en otro es el *decaimiento radiactivo*. El nucleido inestable se denomina nucleido padre; el nucleido resultante del decaimiento se conoce como nucleido hija. El nucleido hija puede ser estable o decaer. La radiación que se emite durante el decaimiento radiactivo es tal que el nucleido hija se encuentra más cerca de la banda de estabilidad que el nucleido padre, por lo que la ubicación de un nucleido con respecto a la banda de estabilidad sirve de guía para el tipo de decaimiento que sufrirá

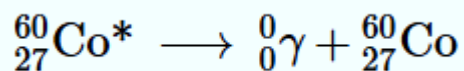
El *decaimiento alfa* (α) es la emisión de una partícula α desde el núcleo. Por ejemplo, el polonio 210 sufre un decaimiento α :



El *decaimiento beta* (β) es la emisión de un electrón desde un núcleo. El yodo-131 es un ejemplo de nucleido que sufre un decaimiento β :

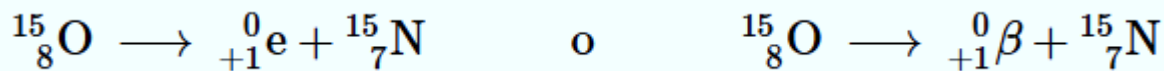


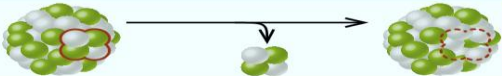
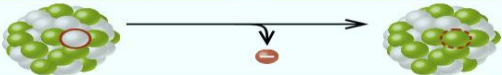
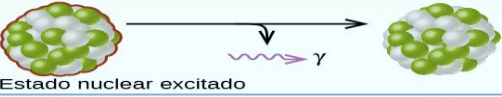
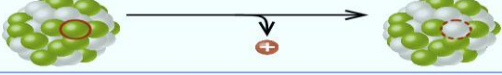

La *emisión gamma* (*emisión γ*) se observa cuando un nucleido se forma en un estado estimulado y luego decae a su estado básico con la emisión de un rayo γ , un quantum de radiación electromagnética de alta energía. La presencia de un núcleo en estado excitado se indica con un asterisco (*). El cobalto 60 emite radiación γ y se utiliza en muchas aplicaciones, incluido el tratamiento del cáncer.



No hay ningún cambio en el número de masa ni en el número atómico durante la emisión de un rayo γ , a menos que la emisión γ acompañe a uno de los otros modos de decaimiento.

La *emisión de positrones* (*decaimiento β^+*) es la de un positrón desde el núcleo. El oxígeno-15 es un ejemplo de nucleido que sufre la emisión de positrones.



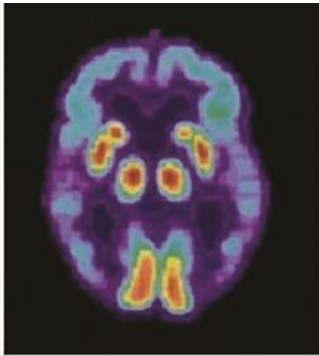
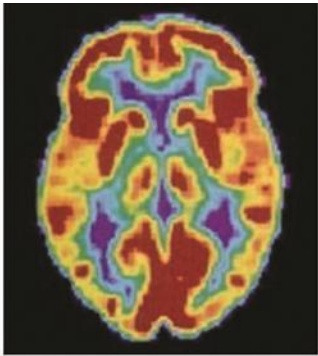
Tipo	Ecuación nuclear	Representación	Cambios en masa/ números atómicos
Decaimiento de alfa	${}^A_ZX \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2}Y$		A: decae en 4 Z: decae en 2
Decaimiento beta	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^{A}_{Z+1}Y$		R: sin cambios Z: aumenta en 1
Decaimiento de gamma	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_0\gamma + {}^A_ZY$	 Estado nuclear excitado	R: sin cambios Z: sin cambios
Decaimiento de positrón	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_{+1}e + {}^{A}_{Z-1}Y$		R: sin cambios Z: decae en 1
Captura de electrón	${}^A_ZX + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \gamma$	 Rayos X	R: sin cambios Z: decae en 1

Fuente: Feynman (1985).

—Es como raro ¿Para qué sirve esto? —preguntó Peleo—.

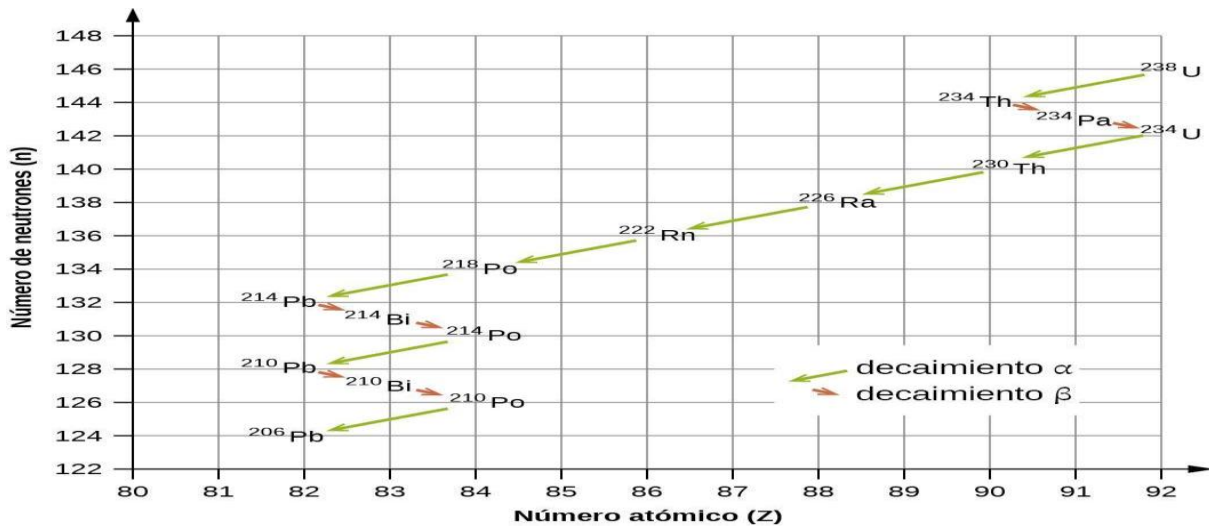
Hípaso sabía que era una pregunta difícil.

La tomografía por emisión de positrones (Positron Emission Tomography, PET) utiliza la radiación para diagnosticar y hacer seguimiento de las enfermedades, además de supervisar los tratamientos médicos, al revelar cómo funcionan las partes del organismo del paciente. Para realizar una PET, se produce un radioisótopo emisor de positrones en un ciclotrón y luego se une a una sustancia que utiliza la parte del cuerpo que se investiga. Este compuesto "marcado", o radiotrazador, se introduce en el paciente —se inyecta por vía intravenosa o se respira en forma de gas—, y la forma en que lo utiliza el tejido revela cómo funciona ese órgano u otra zona del cuerpo.



Fuente: Generado por IA (2025).

Los isótopos radiactivos naturales de los elementos más pesados se dividen en cadenas de desintegraciones sucesivas, o decaimientos, y todas las especies de una cadena constituyen una familia radiactiva o serie de decaimiento radiactivo. Tres de estas series abarcan la mayoría de los elementos naturalmente radiactivos de la tabla periódica. Son las series del uranio, de los actínidos y del torio. La del neptunio sería la cuarta serie, que ya no es significativa en la Tierra debido a la corta semivida de las especies implicadas. Cada serie se caracteriza por un nucleido padre —primer miembro—, con una semivida prolongada, y una serie de nucleidos hijas que, en última instancia, conducen a un producto final estable, es decir, un nucleido en la banda de estabilidad



Fuente: Feynman (1985).

Varios radioisótopos tienen semividas y otras propiedades que sirven para "datar" el origen de objetos como artefactos arqueológicos, antiguos organismos vivos o formaciones geológicas. Este proceso es la *datación radiométrica* y ha sido la causa de muchos descubrimientos científicos revolucionarios sobre la historia geológica de la Tierra, la evolución de la vida y la historia de la civilización humana. Exploraremos algunos de los tipos más comunes de datación radiactiva y cómo funcionan los isótopos particulares de cada tipo.

—¿Para saber el tiempo que tiene un fósil? —preguntó Academo intrigado—.

Tipo ¹	Modo de decaimiento	Semivida	Utiliza
F-18	decaimiento β^+	110. minutos	Exploración por PET
Co-60	decaimiento β , decaimiento γ	5,27 años	tratamiento del cáncer
Tc-99m	decaimiento γ	8,01 horas	exploraciones de cerebro, pulmones, corazón, huesos
I-131	decaimiento β	8,02 días	exploraciones de tiroides y tratamiento
Tl-201	captura de electrones	73 horas	exploraciones del corazón y de las arterias; pruebas de esfuerzo cardíaco

Fuente: Feynman (1985).

—Efectivamente —dijo su padre—.

La radiactividad del carbono 14 proporciona un método para datar objetos que formaron parte de un organismo vivo. Este método de datación radiométrica, que también se denomina *datación por radiocarbono* o por carbono 14, es exacto para datar sustancias que contienen carbono de hasta unos 30 000 años de antigüedad, y puede proporcionar fechas bastante precisas, hasta un máximo de unos 50 000 años.

En la datación radiactiva también se utilizan otros nucleidos radiactivos con semividas más prolongadas para datar acontecimientos más antiguos. Por ejemplo, el uranio-238 —que decae en una serie de pasos hasta convertirse en plomo-206— se utiliza para establecer la edad de las rocas —y la edad aproximada de las rocas más antiguas de la Tierra—. Dado que el U-238 tiene una semivida de 4 500 millones de años, la mitad del U-238 original tarda ese tiempo en decaer en Pb-206.

En una muestra de roca que no contiene cantidades apreciables de Pb-208, el isótopo más abundante del plomo, supondríamos que el plomo no estaba presente cuando se formó la roca. Por consiguiente, al medir y analizar el cociente de U-238:Pb-206, determinamos la edad de la roca. Esto supone que todo el plomo-206 presente proviene del decaimiento del uranio-238. Si hay presencia adicional de plomo-206, lo que se indica por la presencia de otros isótopos de plomo en la muestra, es necesario hacer un ajuste. En la datación por argón potásico se utiliza

un método parecido. El K-40 decae por emisión de positrones y capta electrones para formar Ar-40 con una semivida de 1 250 millones de años.

Si se tritura una muestra de roca y se mide la cantidad de gas Ar-40 que escapa, la determinación del cociente Ar-40:K-40 arroja la edad de la roca. Otros métodos, como la datación por rubidio-estroncio —el Rb-87 decae en Sr-87, con una semivida de 48 800 millones de años—, funcionan según el mismo principio. Para calcular el límite inferior de la edad de la Tierra, los científicos determinan la edad de diversas rocas y minerales, partiendo del supuesto de que la Tierra es más antigua que las rocas y minerales más antiguos de su corteza. Desde 2014, las rocas más antiguas que se conocen en la Tierra son los circones de Jack Hills, en Australia, que, según la datación con uranio y plomo, tienen casi 4 400 millones de años.

—Es realmente importante lo que planteas mi amor. —Sí, mamá. Nosotros podemos contar contigo y papá para enseñarnos cualquier cosa —dijo Peleo—.



—Siempre podemos contar con ustedes.

Hípasso los miró y dijo:



Cuento con la física

Curiosidades

Cuando hablamos de los quarks nos estamos refiriendo a unas partículas tan pero tan pequeñas que ni son fácilmente visibles por el ojo humano ni se pueden medir. Ellos forman todas las sustancias que existen en la realidad.

Los quarks nunca se dan aislados sino en combinación con otros quarks. Estos grupos de partículas son denominados hadrones y contienen de 2 a 3 quarks.

Los quarks surgen 10 -12 segundos después de que se formara el universo, justo cuando la fuerza débil y la fuerza electromagnética se separaran. Allí también surgieron los antiquarks.

La razón por la cual los quarks no pueden ser medidos es que la energía que se necesita para ello produciría antiquarks, esto es, la antimateria semejante, justo antes de observarlos por separado.

Si los quarks no pueden ser medidos, ¿cómo los científicos logran estudiarlos? Estos utilizan una técnica para determinar su masa mediante computadoras muy avanzadas que simulan interacciones entre quarks y gluones —las partículas que mantienen unidos a los quarks—.

El efecto fotoeléctrico se explica por la naturaleza dual de la luz como onda y como partícula. La luz incidente sobre un material puede transferir su energía a los electrones del material, liberándolos de su superficie. La energía de la luz incidente debe ser mayor que la energía de enlace del electrón para que este sea liberado. La clave es la misma que en el caso de la radiación del cuerpo negro: la energía se transfiere en forma de fotones (cuantos de luz).

La dualidad onda-partícula es un principio fundamental de la mecánica cuántica que establece que la luz y la materia pueden comportarse tanto como ondas como como partículas. El matemático y físico francés Louis de Broglie fue pionero en la teoría de la dualidad onda-partícula en 1924, proponiendo que, para cada partícula, existe una longitud de onda asociada. Se ha demostrado en diversos experimentos, como el de la doble rendija, donde la luz se difracta como una onda al pasar por dos rendijas, pero también produce un patrón de interferencia, como lo haría una partícula.

El principio de incertidumbre, formulado por Werner Heisenberg en 1927, es uno de los pilares fundamentales de la física cuántica que transformó nuestra comprensión del mundo subatómico. Este principio establece que es imposible conocer simultáneamente con precisión tanto la posición como el momento —o la velocidad— de una partícula subatómica. En otras palabras, cuanto más precisión tengamos en la determinación de la posición de una partícula, menos precisión tendremos en la determinación de su momento, y viceversa. Esta relación de incertidumbre es inherente a la naturaleza cuántica de las partículas y no se debe a limitaciones técnicas o instrumentales, sino que refleja una propiedad intrínseca de la realidad cuántica.

La teoría cuántica de campos, desarrollada en la década de 1940 por físicos como Richard Feynman, Julian Schwinger y Sin-Itiro Tomonaga, representa un avance significativo en la comprensión de las interacciones fundamentales de la naturaleza. Esta teoría proporciona un marco matemático y conceptual para describir las partículas elementales y sus interacciones a través de campos cuánticos, unificando los principios de la mecánica cuántica con la teoría de la relatividad especial de Einstein. En la teoría cuántica de campos, las partículas elementales se consideran manifestaciones de excitaciones en campos fundamentales que llenan todo el espacio-tiempo. Estos campos cuánticos están sujetos a las reglas de la mecánica cuántica, lo que implica que las partículas pueden ser creadas o destruidas mediante interacciones entre estos campos.

El entrelazamiento cuántico surge como consecuencia de la superposición de estados cuánticos, donde una partícula puede estar en múltiples estados simultáneamente hasta que se mide. Cuando dos o más partículas interactúan y luego se separan, sus estados cuánticos se convierten en una superposición entrelazada, lo que significa que no se pueden describir independientemente, sino que forman un único sistema cuántico. Esto implica que, si se realiza una medición en una de las partículas para determinar su estado, la otra partícula instantáneamente "conoce" su propio estado, independientemente de la distancia que las separe. Este fenómeno ha sido confirmado experimentalmente en numerosos estudios y tiene aplicaciones potenciales en tecnologías como la criptografía cuántica y la computación cuántica.

En los aceleradores lineales, las partículas viajan en línea recta, ganando velocidad a medida que pasan por campos eléctricos alternos. Sin embargo, los aceleradores circulares, como el famoso Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus

siglas en inglés), del CERN, hacen que las partículas se muevan en un túnel circular, permitiendo colisiones de mayor energía al dirigir haces de partículas que se chocan entre sí a velocidades casi impensables.

El LHC, ubicado en el CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear) en la frontera entre Suiza y Francia, es el acelerador de partículas más grande y potente del mundo. Su tamaño colosal, con un túnel de 27 kilómetros, y su capacidad para producir colisiones de altísima energía lo han convertido en un laboratorio único para estudiar los componentes más diminutos de la materia.

Los aceleradores de partículas no solo nos ayudan a desentrañar los misterios del cosmos, sino que también tienen aplicaciones muy prácticas que benefician a la sociedad de manera directa. En el campo de la medicina, por ejemplo, se utilizan para la terapia de protones, un tratamiento que emplea haces de partículas para destruir células cancerosas con una precisión quirúrgica. Esto permite atacar tumores sin dañar el tejido sano circundante, haciendo que los tratamientos de radioterapia sean más efectivos y menos invasivos.

Hípaso les dejó las siguientes actividades para reforzar lo que habían conversado:

Evaluación teórica

Sección 1: verdadero o falso.

1. El modelo atómico de Dalton propone que los átomos son indivisibles y tienen la misma masa.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
2. Según el modelo atómico de Thomson, los electrones están distribuidos en órbitas alrededor de un núcleo central.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
3. El modelo de Bohr describe a los electrones como partículas que giran en órbitas circulares alrededor del núcleo, con niveles de energía definidos.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
4. En el modelo de Rutherford, los electrones se encuentran distribuidos uniformemente en todo el átomo.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso

5. El electrón es una partícula subatómica con carga negativa.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
6. El neutrón es una partícula subatómica con carga positiva.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
7. Los protones y neutrones tienen aproximadamente la misma masa, mientras que los electrones son mucho más ligeros.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
8. Un quark es una partícula fundamental que forma protones y neutrones.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
9. Los bosones son partículas fundamentales que median las interacciones fundamentales, como el fotón.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
10. El fotón es un bosón que transporta la interacción gravitatoria.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
11. El bosón de Higgs es responsable de conferir masa a otras partículas.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
12. Las reacciones nucleares no implican cambios en el núcleo de los átomos.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
13. En una reacción de fisión nuclear, los núcleos pesados se dividen en núcleos más ligeros, liberando energía.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
14. La fusión nuclear es el proceso en el que núcleos ligeros se combinan para formar un núcleo más pesado, liberando gran cantidad de energía.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
15. El neutrón es una partícula estable fuera del núcleo atómico.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
16. El modelo cuántico de Schrödinger propone que la posición de un electrón es determinada con precisión.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
17. El número atómico de un elemento es el número de protones en su núcleo.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
18. Las reacciones nucleares pueden alterar la cantidad de electrones en un átomo.
 - ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso

19. Los bosones mediadores son partículas que permiten la transmisión de las fuerzas fundamentales, como el gluón.
- ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso
20. La antimateria se compone de partículas con las mismas propiedades que la materia, pero con carga opuesta.
- ☐ A) Verdadero
 - ☐ B) Falso

Sección 2: Escoge la opción correcta.

1. ¿Cuál de las siguientes partículas es un quark?
- ☐ A) Electrón
 - ☐ B) Up
 - ☐ C) Neutrón
2. ¿Cuál de los siguientes es un leptón?
- ☐ A) Quark charm
 - ☐ B) Neutrón
 - ☐ C) Muón
3. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta sobre los fermiones?
- ☐ A) Son partículas que obedecen el principio de exclusión de Pauli.
 - ☐ B) Son partículas que pueden ocupar el mismo estado cuántico sin restricciones.
 - ☐ C) Son siempre bosones.
4. ¿Qué es un barión?
- ☐ A) Una partícula compuesta de tres quarks.
 - ☐ B) Una partícula compuesta de dos quarks.
 - ☐ C) Un tipo de bosón.
5. ¿Cuál de las siguientes es una característica de los hadrones?
- ☐ A) Son partículas fundamentales indivisibles.
 - ☐ B) Están compuestos de quarks.
 - ☐ C) Son partículas con carga positiva.
6. ¿Qué es un bosón?
- ☐ A) Una partícula subatómica que media una de las interacciones fundamentales.
 - ☐ B) Un tipo de hadrón con masa negativa.
 - ☐ C) Una partícula que no tiene masa ni carga.
7. ¿Cuál de las siguientes partículas es un ejemplo de antimateria?
- ☐ A) Positrón
 - ☐ B) Neutrón
 - ☐ C) Gluón
8. ¿Cómo se define la antimateria?
- ☐ A) Partículas con la misma masa y carga que las partículas normales, pero con propiedades opuestas.
 - ☐ B) Partículas con masa negativa.
 - ☐ C) Partículas sin masa.
9. ¿Qué fuerza fundamental está mediada por el fotón?
- ☐ A) Fuerza gravitacional
 - ☐ B) Fuerza electromagnética
 - ☐ C) Fuerza nuclear débil

10. ¿Qué fuerza fundamental es responsable de la interacción entre los quarks?
 - A) Fuerza gravitacional
 - B) Fuerza electromagnética
 - C) Fuerza nuclear fuerte
11. ¿Qué tipo de reacción nuclear ocurre cuando un núcleo pesado se divide en núcleos más ligeros?
 - A) Fusión nuclear
 - B) Fisión nuclear
 - C) Reacción de desintegración beta
12. ¿Cuál es el principal producto de una reacción de fusión nuclear?
 - A) Energía y núcleos ligeros
 - B) Núcleos pesados
 - C) Radiación gamma
13. ¿Qué partícula media la interacción gravitacional?
 - A) Gluón
 - B) Gravitón
 - C) Higgs
14. ¿Qué ocurre en la desintegración beta de un neutrón?
 - A) Un neutrón se convierte en un electrón, un neutrino y un protón.
 - B) Un electrón se convierte en un protón.
 - C) Un protón se convierte en un neutrón.
15. ¿Cuál de los siguientes es un ejemplo de barión?
 - A) Protones
 - B) Neutrinos
 - C) Fotones
16. ¿Qué interacción fundamental está involucrada en el proceso de radiactividad?
 - A) Fuerza nuclear fuerte
 - B) Fuerza nuclear débil
 - C) Fuerza electromagnética
17. ¿Qué tipo de partícula es el gluón?
 - A) Un fermión
 - B) Un bosón mediador de la fuerza fuerte
 - C) Un leptón
18. ¿Cuál es la principal característica de los fermiones?
 - A) Tienen spin entero y ocupan el mismo estado cuántico.
 - B) Tienen spin semientero y obedecen el principio de exclusión de Pauli.
 - C) No interactúan con las fuerzas fundamentales.
19. ¿Qué partícula está asociada con la fuerza nuclear débil?
 - A) Gluón
 - B) W y Z
 - C) Fotón
20. ¿Cuál de las siguientes partículas es un ejemplo de hadrón?
 - A) Electrón
 - B) Neutrón
 - C) Neutrino

Sección 3: Reflexiona.

1. ¿Cómo crees que el estudio de las partículas fundamentales y sus interacciones ha cambiado nuestra comprensión del universo? ¿Qué implicaciones tiene para la física moderna?
2. La antimateria tiene propiedades opuestas a la materia, ¿cómo podría esto utilizarse en tecnologías futuras, como la medicina o la energía?
3. El modelo estándar de la física de partículas describe las interacciones entre quarks, leptones y bosones. ¿Qué desafíos crees que enfrenta este modelo, y qué áreas de la física podrían no estar explicadas por él?
4. Los bosones, como el fotón y el gluón, median fuerzas fundamentales. ¿Cómo cambia nuestra comprensión de las interacciones fundamentales si consideramos que las partículas no son solo "cosas" materiales, sino que también son responsables de las fuerzas?
5. ¿Cuál crees que es la importancia de la fusión y la fisión nuclear en el contexto de la energía? ¿Cómo podemos aprovechar estos procesos de manera más eficiente y segura?
6. El principio de exclusión de Pauli es fundamental para los fermiones. ¿Por qué crees que este principio es importante para la estructura del universo, desde los átomos hasta las estrellas?
7. Considerando que los quarks son fundamentales para la formación de protones y neutrones, ¿cómo impacta el estudio de estos quarks en el desarrollo de tecnologías nucleares o en la medicina?
8. Si se pudiera encontrar una forma de manipular la antimateria de manera controlada, ¿qué aplicaciones crees que podrían surgir, tanto en la investigación científica como en la vida diaria?
9. La gravedad es una de las cuatro fuerzas fundamentales, pero no se ha logrado describir completamente a nivel cuántico. ¿Qué importancia tiene esta falta de comprensión para el desarrollo de una teoría cuántica de la gravedad?
10. En las reacciones nucleares, como las que ocurren en las estrellas, se liberan enormes cantidades de energía. ¿Cómo crees que la humanidad podría aprovechar esta energía de manera sostenible, sin causar daños al medio ambiente?

Evaluación práctica

1. Experimento con Rayos Cósmicos (detector de partículas)

Objetivo: Detectar rayos cósmicos, que son partículas subatómicas (principalmente protones) que provienen del espacio y llegan a la Tierra.

▪ Materiales:

- Cámara de niebla (se puede crear una de manera casera utilizando una caja transparente, hielo seco, alcohol isopropílico y una lámpara).
- Un lugar oscuro para que la cámara de niebla sea más visible.

- Descripción: Aunque una cámara de niebla de laboratorio suele ser costosa, es posible construir una versión casera simple. Cuando los rayos cósmicos pasan a través del alcohol vaporizado en la cámara, dejan un rastro visible de condensación en el aire, que simula el paso de partículas subatómicas.
- Resultado: Los estudiantes podrán ver los trazos dejados por partículas de alta energía provenientes del espacio, lo que les ayuda a comprender el concepto de partículas subatómicas.

2. Experimento de Radioactividad con Materiales Comunes

Objetivo: Mostrar cómo los materiales emiten radiación (sin riesgos).

- Materiales:
 - Un contador Geiger (se puede comprar o pedir en préstamo en algunos centros educativos o museos de ciencia).
 - Una muestra de un material radiactivo bajo control (por ejemplo, una piedra con trazas de uranio o un reloj antiguo con pintura luminosa de radio, a menudo disponible en museos de ciencia).
- Descripción: Los estudiantes pueden usar el contador Geiger para medir la radiación de una muestra segura y aprender sobre cómo la radiactividad está relacionada con la desintegración nuclear de átomos.
- Resultado: A través del contador Geiger, los estudiantes pueden ver cómo los átomos de ciertos materiales emiten partículas y radiación, lo que les permite entender el concepto de reacciones nucleares de forma segura.

3. Generación de Electricidad con una Reacción Química

Objetivo: Explicar el concepto de energía liberada a través de una reacción.

- Materiales:
 - Un vaso de plástico
 - Agua
 - Un trozo de zinc
 - Un trozo de cobre
 - Cable y un multímetro
- Descripción: Aunque no es una reacción nuclear, este experimento puede ilustrar cómo una reacción química (en este caso, una reacción redox) puede generar energía, lo que está relacionado con las reacciones nucleares (ya que ambas liberan energía, aunque en diferentes magnitudes). Los estudiantes pueden crear una celda galvánica utilizando zinc y cobre para generar electricidad.
- Resultado: Los estudiantes podrán observar cómo una reacción química produce energía (en este caso, electricidad), un concepto que puede vincularse a la liberación de energía en las reacciones nucleares.

4. Experimento de Fusión de Burbujas

Objetivo: Introducir el concepto de fusión nuclear de una manera simple.

- Materiales:
 - Un recipiente con agua
 - Jabón para hacer burbujas
 - Una bomba de aire

- Descripción: Aunque no se trata de una fusión nuclear real, los estudiantes pueden crear un experimento en el que se mezclan burbujas de diferentes tamaños (simulando la fusión de núcleos ligeros). En un sentido metafórico, las burbujas más pequeñas "se fusionan" para formar una burbuja más grande.
- Resultado: Los estudiantes pueden observar cómo pequeñas burbujas se unen para formar burbujas más grandes, lo que proporciona una manera visual y accesible de introducir el concepto de fusión nuclear.

5. Modelo de Átomo con Bolas de Colores

Objetivo: Explicar la estructura del átomo y cómo las partículas subatómicas interactúan.

- Materiales:
 - Bolas de diferentes tamaños y colores (representando protones, neutrones y electrones)
 - Alambre o palillos para conectar las bolas (representando las fuerzas que mantienen las partículas juntas).
- Descripción: Los estudiantes pueden construir modelos de átomos de elementos simples utilizando las bolas para representar protones, neutrones y electrones. Esto les ayudará a visualizar cómo interactúan las partículas subatómicas dentro del núcleo y alrededor de él.
- Resultado: Este experimento ayuda a los estudiantes a comprender las estructuras atómicas y subatómicas, conceptos que son fundamentales en la física de partículas y las reacciones nucleares.

Evaluación virtual

Práctica: "Construir un átomo" en PhET

Objetivo de la práctica:

Explorar cómo los modelos atómicos se relacionan con la estructura de los átomos y cómo los cambios en el número de protones, neutrones y electrones afectan las propiedades del átomo.

Material necesario:

- Acceso a la simulación "Atom Builder" en PhET: Simulación Atom Builder – PhET
<https://phet.colorado.edu/es/simulations/build-an-atom>

Procedimiento:

1. Acceder a la simulación:
 - Entra a la página de la simulación "Atom Builder" desde el enlace proporcionado.
2. Explorar la interfaz:
 - Familiarízate con las herramientas de la simulación. A la izquierda, puedes agregar protones, neutrones y electrones al modelo atómico. A la derecha se muestra el átomo que estás construyendo.
 - Cada partícula tiene su propio color y representación, lo que facilita la identificación.
3. Construir un átomo simple:
 - Empieza con un átomo simple, como el de hidrógeno, que tiene 1 protón y 1 electrón. Asegúrate de que el número de partículas sea el correcto.
 - Una vez que agregues las partículas, observa el modelo de átomo que aparece en la parte derecha. La simulación también mostrará las características del átomo, como el nombre del elemento, el número atómico, y la configuración electrónica.
4. Modificar el número de protones, neutrones y electrones:
 - Cambia el número de protones, neutrones y electrones para crear diferentes elementos.

- Ejemplo 1: Agrega 6 protones, 6 neutrones y 6 electrones para formar un átomo de carbono.
 - Ejemplo 2: Agrega 8 protones, 8 neutrones y 8 electrones para formar un átomo de oxígeno.
 - Observa cómo cambia el número atómico y la masa atómica al agregar diferentes partículas.
5. Observar los átomos en la tabla periódica:
- La simulación te muestra cómo se ordenan los átomos en la tabla periódica según el número de protones (número atómico). Puedes ver cómo el hidrógeno, el carbono y el oxígeno se posicionan de acuerdo con sus números atómicos.
 - A medida que modificas el número de protones, el átomo cambiará de nombre y te ayudará a visualizar cómo los átomos de diferentes elementos tienen estructuras de partículas subatómicas diferentes.
6. Configuración electrónica:
- La simulación también te permite ver cómo los electrones se distribuyen en las capas electrónicas del átomo. Puedes observar cómo los electrones llenan primero las capas más cercanas al núcleo antes de ocupar las más alejadas.
 - Asegúrate de observar cómo cambia la distribución de electrones al modificar el número de electrones.
7. Reflexión sobre los modelos atómicos:
- Piensa en cómo este modelo atómico representa las ideas que se discutieron en los modelos atómicos de Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr.
 - ¿Cómo se relacionan los cambios en el número de protones, neutrones y electrones con las características del elemento y sus propiedades químicas?

Preguntas de reflexión para los estudiantes:

1. ¿Cómo cambia el número atómico de un elemento cuando aumentas o disminuyes el número de protones?
2. ¿Qué sucede con la masa del átomo cuando cambias el número de neutrones?
3. Si agregas o eliminas electrones, ¿qué ocurre con la carga del átomo?
4. ¿Qué observas sobre la distribución de los electrones en los niveles de energía al agregar más electrones?
5. ¿Cómo se relaciona la organización de los elementos en la tabla periódica con su número atómico y su configuración electrónica?
6. ¿Qué diferencia observas entre los átomos de diferentes elementos (por ejemplo, hidrógeno y oxígeno)?
7. ¿Cómo crees que los diferentes modelos atómicos a lo largo de la historia han influido en nuestra comprensión actual de la estructura atómica?

Práctica: "Interferencia de Ondas Cuánticas" (Quantum Wave Interference)

Objetivo de la práctica:

Explorar cómo las partículas cuánticas (como los electrones) se comportan como ondas y cómo la interferencia cuántica puede influir en su comportamiento. Este fenómeno es uno de los principios fundamentales de la mecánica cuántica.

Material necesario:

- Acceso a la simulación "Quantum Wave Interference" en PhET: Simulación Quantum Wave Interference - PhET

Procedimiento:

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/quantum-wave-interference/latest/quantum-wave-interference.html?simulation=quantum-wave-interference>

1. Acceder a la simulación:
 - Ingresa al enlace de la simulación "Quantum Wave Interference" de PhET.
2. Explorar la interfaz:

- Familiarízate con los controles de la simulación. Tienes la opción de seleccionar diferentes partículas (como electrones o fotones), ajustar la energía de las partículas y configurar diferentes obstáculos para observar los efectos de la interferencia.
 - La simulación tiene un espacio central donde puedes ver el paso de partículas a través de una ranura o barrera, y cómo se forman patrones de interferencia.
3. Iniciar con partículas cuánticas:
- Selecciona un tipo de partícula (por ejemplo, electrones) y ajusta la energía de la partícula. Comienza con la opción de una sola ranura.
 - Lanza partículas hacia una pared con una ranura y observa cómo la partícula pasa a través de la ranura y crea un patrón en la pantalla de detección.
4. Observar la interferencia cuántica:
- A continuación, coloca dos ranuras (similar al famoso experimento de Young), y observa cómo las partículas (como electrones) pasan a través de las dos ranuras y generan un patrón de interferencia.
 - Este patrón es típico de las ondas, lo que demuestra que las partículas cuánticas tienen comportamiento de onda.
5. Explorar la dualidad onda-partícula:
- Cambia las configuraciones de la simulación, por ejemplo, activando la opción de mostrar la probabilidad de la onda.
 - Observa cómo la función de onda (la representación matemática de las probabilidades cuánticas) cambia a medida que ajustas las configuraciones. La función de onda es una herramienta central en la mecánica cuántica que describe la probabilidad de encontrar una partícula en una región del espacio.
6. Probar con diferentes configuraciones de obstáculos:
- Agrega más obstáculos, como barreras entre las ranuras, y observa cómo cambian los patrones de interferencia. Prueba a reducir la energía de las partículas y a ver cómo afecta el patrón resultante.
 - Experimenta con diferentes combinaciones de obstáculos y ve cómo las partículas cuánticas reaccionan, lo que muestra la importancia de las características cuánticas, como la superposición y la interferencia.
7. Experimentar con partículas individuales y muchas partículas:
- En la simulación, puedes cambiar entre ver cómo se comporta una sola partícula o muchas partículas. Observa cómo, cuando muchas partículas pasan a través de las ranuras, se forma un patrón más claro de interferencia.

Preguntas de reflexión para los estudiantes:

1. ¿Cómo se comportan las partículas cuánticas (como los electrones) cuando se lanzan hacia una sola ranura?
 - Reflexiona sobre cómo el comportamiento de las partículas cambia al pasar por una ranura comparado con cuando pasan por dos ranuras.
2. ¿Por qué crees que se forma un patrón de interferencia cuando las partículas pasan por dos ranuras?
 - Relaciona este comportamiento con el concepto de dualidad onda-partícula de la mecánica cuántica.
3. ¿Cómo se relaciona el concepto de función de onda con la probabilidad de encontrar una partícula en un lugar específico?
 - Reflexiona sobre cómo la función de onda muestra la probabilidad de detectar una partícula en ciertas áreas y cómo cambia este patrón con los obstáculos.
4. ¿Qué ocurre cuando las partículas cuánticas se encuentran con obstáculos entre las ranuras?
 - Observa y explica cómo los patrones de interferencia se alteran por la presencia de obstáculos y cómo esto se relaciona con el comportamiento de las ondas.
5. ¿Qué significa la interferencia cuántica para nuestro entendimiento de las partículas subatómicas?

- Reflexiona sobre cómo este fenómeno desafía la intuición clásica y por qué es tan importante en la teoría cuántica.
- 6. ¿Cómo cambia el patrón de interferencia cuando la energía de las partículas cambia?
 - Describe cómo se modifican los resultados de la simulación al alterar la energía de las partículas cuánticas.
- 7. ¿Por qué los resultados de esta simulación son importantes para entender la naturaleza de las partículas cuánticas?
 - Discute cómo la simulación de interferencia cuántica demuestra que las partículas pueden tener características tanto de partículas como de ondas.

Práctica: Explorando las Reacciones Nucleares con PHET

Objetivo

- Comprender el proceso de fisión y fusión nuclear.
- Analizar los factores que afectan las reacciones nucleares utilizando tablas y gráficos.

Materiales

- Acceso a la simulación Reacciones Nucleares de PHET.
- Hojas de trabajo (puedes usar un cuaderno o imprimir la tabla y el gráfico sugerido).

Instrucciones

Parte 1: Fisión nuclear

1. Abre la simulación y selecciona el módulo Fisión Nuclear.
<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/nuclear-physics/latest/nuclear-physics.html?simulation=nuclear-fission&locale=es>
2. Explora el proceso:
 - Dispara un neutrón hacia un núcleo de uranio-235 o plutonio-239.
 - Observa el resultado: ¿el núcleo se divide? ¿se libera energía? ¿qué partículas se producen?
3. Actividad: Completa la tabla
 - Realiza 5 intentos cambiando el número de núcleos y neutrones en el entorno.
 - Registra los resultados en la siguiente tabla:

# de Núcleos Iniciales	# de Neutrones Iniciales	# de Reacciones Totales	# de Neutrones Liberados	Energía Liberada (aproximada)
10	1			
20	2			
30	3			
50	4			
100	5			

4. Preguntas de análisis:
 - ¿Qué relación hay entre el número de núcleos iniciales y las reacciones totales?
 - ¿Cómo cambia la energía liberada al aumentar los neutrones iniciales?

Parte 2: Fusión nuclear

1. Cambia al módulo Fusión (si está disponible).
2. Explora el proceso:
 - Ajusta las condiciones de temperatura y presión para lograr la fusión de núcleos ligeros como deuterio.
 - Observa cuándo se produce la fusión y cuánta energía se libera.
3. Actividad: Completa la tabla
 - Realiza experimentos variando la temperatura y presión, y registra los resultados.

Temperatura (millones de °C)	Presión (atm)	¿Se produce fusión? (Sí/No)	# de Eventos de Fusión	Energía Liberada (aproximada)
5	1			
10	5			
15	10			
20	15			
25	20			

4. Actividad gráfica:

- Traza un gráfico que muestre la relación entre la temperatura y el número de eventos de fusión.
- Responde: ¿A qué temperatura se logran más eventos de fusión?

Conclusión

1. Compara las reacciones de fisión y fusión:
 - ¿Cuál libera más energía por evento?
 - ¿Qué factores limitan cada tipo de reacción?
2. Reflexiona sobre aplicaciones prácticas:
 - ¿Por qué se usan reacciones de fisión en centrales nucleares?
 - ¿Qué ventajas tendría usar la fusión nuclear en el futuro?

Práctica: Explorando la interacción de moléculas con la luz

Objetivo:

- Comprender cómo las moléculas responden a diferentes tipos de luz (ultravioleta, visible, infrarroja).
- Identificar los efectos que tiene la luz en las moléculas, como vibración, rotación o ruptura de enlaces.

Materiales:

- Simulador "Moléculas y Luz" en PhET.
https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=es
- Hoja de registro (puede ser digital o en papel) para anotar observaciones.

Pasos:

1. Acceso al simulador: Abre el simulador de PhET "Moléculas y Luz" desde el navegador.
2. Familiarización: Explora las opciones del simulador. Observa las diferentes moléculas disponibles (por ejemplo: oxígeno, dióxido de carbono, agua) y los tipos de luz (UV, visible, infrarroja).
3. Experimento 1: Luz ultravioleta
 - Selecciona una molécula (por ejemplo, agua H_2O).
 - Activa la luz ultravioleta (UV).
 - Observa y registra:
 - ¿Qué sucede con la molécula?
 - ¿Se produce vibración, rotación o ruptura de enlaces?
 - Repite con otras moléculas (oxígeno O_2 , metano CH_4 , etc.).
4. Experimento 2: Luz visible
 - Cambia a luz visible.
 - Repite el procedimiento con las mismas moléculas.
 - Registra:
 - ¿Hay interacción con la luz visible?
 - Si no hay cambios, anótalo.
5. Experimento 3: Luz infrarroja
 - Cambia a luz infrarroja (IR).
 - Observa las moléculas y anota cómo interactúan.
 - Nota si algunas moléculas vibran más o menos con esta luz.
6. Comparación de resultados:
 - Compara cómo cada molécula reacciona a los distintos tipos de luz.
 - Responde:

- ¿Qué tipo de luz tiene más efecto en las moléculas?
- ¿Qué diferencias notas entre moléculas simples (como O_2) y moléculas más complejas (como CO_2)?

Preguntas de análisis:

1. ¿Por qué algunas moléculas no interactúan con ciertos tipos de luz?
2. ¿Qué aplicaciones prácticas podría tener este conocimiento en la ciencia y tecnología (por ejemplo, calentamiento global, sensores de luz)?

Rutina de pensamiento

Veo Describe de forma objetiva lo que leíste en el capítulo.
Pienso Reflexiona sobre lo leído y analiza el efecto en tus emociones e ideas.
Me pregunto Formula cuatro preguntas sobre lo estudiado y explora posibles respuestas.

Referencias bibliográficas

- Brett Calatayud, E. R., & Suárez, W. A. (2009). *Física 5to Año*. Editorial Equinoccio. ISBN: 978-980-12-3955-0.
- Born, M., & Wolf, E. (1999). *Principles of Optics* (7th ed.). Cambridge University Press.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). (2025). *Museo Virtual de la Ciencia*.
- Dirac, P. A. M. (1958). *The Principles of Quantum Mechanics* (4th ed.). Oxford University Press.
- Feynman, R. P. (1985). *QED: The strange theory of light and matter*. Princeton University Press.
- GeoGebra. (2025). Simulación interactiva de física. Lentes.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2021). *Fundamentals of Physics* (10th ed.). Wiley.
- Hawking, S. W. (1988). *A Brief History of Time*. Bantam Books.
- Misner, C. W., Thorne, K. S., & Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. W. H. Freeman.
- OpenAI. (2025). DALL·E. Generador de imágenes por inteligencia artificial.
- PhET Interactive Simulations. (2024). University of Colorado Boulder.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers* (9th ed.). Cengage Learning.
- Taylor, J. R. (2020). *Classical Mechanics*. University Science Books.
- Tipler, P. A., & Mosca, G (2020) *Física para ciencia y tecnología* (6ta edición). Editorial Reverté.

Tippens, P. (2011) Física. Conceptos y aplicaciones (7ma edición). Editorial: McGraw-Hill.

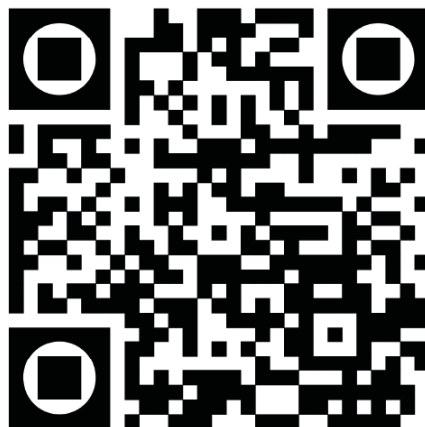
Vallejo Ayala, P., & Zambrano Orejuela, J. (2009). *Física vectorial 1* (8.^a ed.). Ediciones Rodin. ISBN: 978-9942-02-465-7.



Ediciones
Clío

Publicación digital de Ediciones Clío

Enero de 2026



Mediante este código podrás acceder a nuestro sitio web y visitar nuestro catálogo de publicaciones

La Fundación Ediciones Clío constituye una institución sin fines de lucro que procura la promoción de la Ciencia, la Cultura y la Formación Integral dirigida a grupos y colectivos de investigación. Nuestro principal objetivo es el de difundir contenido científico, humanístico, pedagógico y cultural con la intención de Fomentar el desarrollo académico, mediante la creación de espacios adecuados que faciliten la promoción y divulgación de nuestros textos en formato digital. La Fundación, muy especialmente se abocará a la vigilancia de la implementación de los beneficios sociales emanados de los entes públicos y privados, asimismo, podrá realizar cualquier tipo de consorciado, alianza, convenios y acuerdos con entes privados y públicos tanto de carácter local, municipal, regional e internacional.

¿Alguna vez has sentido que la física es un laberinto de fórmulas imposibles? *Cuento con la física* llega para derribar ese muro y demostrar que la ciencia no solo está en los libros, sino en cada rincón de nuestra vida. Acompaña al profesor Hípaso y a su carismática familia —Pitias, Academo y Peleo— en un viaje donde lo cotidiano se vuelve extraordinario.

A través de relatos ágiles, descubrirás desde por qué flotan los barcos hasta los misterios de la relatividad y las partículas elementales. Este libro no es un texto académico; es una invitación a mirar el mundo con ojos nuevos, contagiando curiosidad en cada página. ¡Aprende, ríe y descubre que, al final del día, todos contamos con la física!.



Neptaly de Jesús Fuenmayor Abreu es un apasionado profesor de matemática y física, cuenta con más de veinte años de labor docente en los niveles de educación primaria, bachillerato y universitaria en instituciones públicas y privadas de Venezuela y Ecuador. Se desarrolló como facilitador de estrategias matemáticas en formación de maestros de primaria en el programa de actualización en matemáticas de la fundación empresas Polar. Fuenmayor es licenciado en educación mención matemática y física de la Universidad del Zulia de Venezuela, con una maestría en administración de la educación básica de la Universidad Rafael María Baralt de Venezuela. Además, se certificó en formación de formadores con SMART-CONSULTANT-DISCOVERY&INNOVATON S.A.S. B.I.C, tiene un diplomado en IA por la Universidad de la Américas y es el autor de los libros Caminando con Tánatos y La Viciitud hecha hombre, ambas obras publicadas por Ediciones Clío. Actualmente se desempeña como profesor de física e investigación en un colegio privado de Quito-Ecuador.

Dr. Jorge Fyrmark Vidovic López

<https://orcid.org/0000-0001-8148-4403>

Director Editorial

<https://www.edicionesclio.com/>



Ediciones
Clío