

Ciencia, Tecnología y Ambiente 5



Texto escolar



Ciencia, Tecnología y Ambiente 5

SECUNDARIA

El texto escolar **Ciencia, Tecnología y Ambiente 5** para el quinto grado de secundaria es una obra colectiva concebida, diseñada y desarrollada en el Departamento de Ediciones de Santillana S.A., por el siguiente equipo de especialistas:

Cecilia Mejía
Directora Editorial

Mirtha Yrivarren
Editora Responsable del Área

Caterina Cosmópolis
Cuidado de edición

Marco Antonio Pastor
Corrección técnica

Rafael Moy
Jefe de Arte

Carlos Urteaga, Juan Carlos Contreras
Diagramación

Jessica Vivanco
Corrección de estilo

Daniel Jiménez
Documentación gráfica

Daphne Avilés
Retoque fotográfico

Archivo editorial
Fotografías de carátula

Fotografías e ilustraciones
Todas las imágenes e ilustraciones pertenecen a Santillana S.A., salvo las indicadas con el nombre del autor.

© 2016, Santillana S.A.
Santillana S.A.
Av. Primavera 2160, Santiago de Surco, Lima 33 - Perú
Teléfono: 313-4000

Primera edición: abril del 2016
Tiraje: 380 852 ejemplares

Impreso en el Perú / *Printed in Peru*
Quad Graphics Perú S.A.
Av. Los Frutales 344, Ate, Lima 3 - Perú

ISBN 978-612-01-0339-5
Registro de Proyecto Editorial n.º 31501401600223
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú
n.º 2016-02724

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma y por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, sin el permiso previo de la Editorial.

Fotografías de carátula: Estudiante utilizando un plano inclinado, cóndor andino y juego mecánico de las sillas voladoras.

Presentación

El texto escolar **Ciencia, Tecnología y Ambiente 5** está dirigido a los estudiantes del quinto grado de Educación Secundaria.

Finalidad del área

El área de Ciencia, Tecnología y Ambiente tiene como finalidad la construcción del pensamiento científico, crítico y tecnológico de los estudiantes, así como el desarrollo de competencias que conducen a cuestionar e indagar situaciones del entorno que pueden mejorar la calidad de vida.

Estas competencias se desarrollan a partir de capacidades a lo largo de toda la Educación Básica Regular.

Competencias	Capacidades
Indaga, mediante métodos científicos, situaciones que pueden ser investigadas por la ciencia.	<ul style="list-style-type: none">• Problematisa situaciones.• Diseña estrategias para hacer una indagación.• Genera y registra datos e información.• Analiza datos o información.• Evalúa y comunica.
Explica el mundo físico, basado en conocimientos científicos.	<ul style="list-style-type: none">• Comprende y aplica conocimientos científicos y argumenta científicamente.
Diseña y produce prototipos tecnológicos para resolver problemas de su entorno.	<ul style="list-style-type: none">• Plantea problemas que requieren soluciones tecnológicas y selecciona alternativas de solución.• Diseña alternativas de solución al problema.• Implementa y valida alternativas de solución.• Evalúa y comunica la eficiencia, la confiabilidad y los posibles impactos de su prototipo.
Construye una posición crítica sobre la ciencia y la tecnología en sociedad.	<ul style="list-style-type: none">• Evalúa las implicancias del saber y del quehacer científico y del tecnológico.• Toma posición crítica frente a situaciones sociocientíficas.

Propósito del texto escolar

El texto escolar tiene como propósitos brindarte información científica y tecnológica, plantearte situaciones significativas que te permitirán relacionar conceptos científicos para facilitar tu comprensión de los procesos físicos, químicos y biológicos, y la reflexión sobre temas científicos y tecnológicos de impacto social y ambiental. Consta de nueve unidades, en las que se desarrollan los **campos temáticos** del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente propuestos en las *Rutas del aprendizaje*.

Los contenidos del texto escolar constituyen el soporte para trabajar las competencias y capacidades del área a través de las actividades planteadas en la guía de actividades.

Te invitamos a indagar en tu entorno, a explicar lo que ocurre en él, a tomar una posición crítica y a proponer soluciones tecnológicas para actuar con responsabilidad y respeto hacia el medioambiente.

¿Por qué aprender ciencia y tecnología?

La ciencia y la tecnología cumplen una función importante en el mundo actual, el cual cambia de manera constante y se innova permanentemente. La sociedad requiere ciudadanos alfabetizados en ciencia y tecnología que puedan comprender los conceptos, principios, leyes y teorías de la ciencia, y que puedan desarrollar habilidades y actitudes científicas.



"Para que un país esté en condiciones de atender las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico [...]. Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, [...] a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos".

(UNESCO, Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico, 1999).

Todos podemos usar la ciencia para indagar y plantear soluciones a problemas de la vida cotidiana.



...Y actuar de forma responsable con el ambiente.

¿Para qué aprender ciencia y tecnología?

Aprender ciencia y tecnología en nuestro país es de suma importancia por razones que se anotan a continuación:



Para amar a la naturaleza al comprenderla mejor.



Para aprender a "hacer ciencia" utilizando la indagación para construir nuestros conocimientos.



Para romper con el paradigma de que los conocimientos científicos y tecnológicos solo son producidos por países desarrollados.



Para disminuir las brechas de género, lengua, cultura, posición económica, situación geográfica, entre otras.



Para entender conceptos, principios o leyes científicas.



Para entender que la ciencia y la tecnología ejercen un gran efecto sobre el sistema productivo y la generación de conocimiento.



Para comprender que estar alfabetizados en ciencia y tecnología nos aproxima a la complejidad y globalidad del mundo actual.



Para ser conscientes de que comprender conceptos científicos y tecnológicos, nos ayuda a tomar decisiones informadas sobre salud, recursos naturales y energéticos, medioambiente, etc.



Para adquirir una metodología basada en el cuestionamiento científico, en el reconocimiento de las propias limitaciones y en el juicio crítico y razonado.

Estructura del texto escolar

Tu **texto escolar** contribuye al desarrollo de las competencias del área y está organizado de la siguiente forma:

Sección inicial

Imagen motivadora y atractiva que se relaciona con la lectura que se encuentra en "Leemos".

Ideas clave que se desarrollarán a lo largo de la unidad.

Nombre y número de la unidad.

Leemos presenta una lectura motivadora que constituye el hilo conductor de la unidad y facilita la generación del conflicto cognitivo.

Preguntas que propician la recuperación de saberes previos.

Intencionalidad pedagógica (Lo que debemos aprender) que sintetiza la relación entre las competencias y capacidades trabajadas, y el campo temático abordado en la sección central.

Sección central

Introducción, que describe el campo temático y explica su relación con la situación significativa.

Texto principal, que presenta conocimientos en correspondencia con los campos temáticos.

Glosario de términos, que amplía tu vocabulario científico.

En la web presenta direcciones electrónicas con información, videos, animaciones o simuladores confiables para complementar y profundizar el conocimiento científico.

Imágenes pertinentes que te ayudarán a comprender la información, siempre acompañadas de leyendas.

Información complementaria que ejemplifica o profundiza el tema. Así tenemos las secciones "Biografía", "Para saber más", "¿Sabías qué...?".

Texto principal acompañado de textos secundarios, gráficos, imágenes, cuadros y tablas.

Información complementaria que ejemplifica o profundiza el tema. Así, tenemos la sección "Presta atención".



Información que apoya y desarrolla la competencia "Diseña y produce prototipos". Asimismo, presenta aplicaciones de la tecnología.

La energía mecánica: energía cinética y energía potencial



La energía mecánica es la que tienen los cuerpos en movimiento. Se compone de la energía cinética y la energía potencial.

La energía cinética
Los cuerpos pueden realizar un trabajo por el hecho de estar en movimiento. Este tipo de energía se denomina energía cinética.

$$W = F \cdot d$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Si el cuerpo parte del reposo, el desplazamiento será $d = \frac{1}{2} a t^2$ y su velocidad final será $v = a t$.

$$E_c = \frac{1}{2} m a^2 t^2$$

La energía potencial es la que tienen los cuerpos por su posición o estado.

$$E_p = m g h$$

Consideremos un cuerpo de masa m que elevamos elevándolo una altura h . El trabajo realizado será $W = F \cdot h$.

El desplazamiento h es el desplazamiento como altura h , y la fuerza es el peso $F = m g$.

$$W = m g h$$

Por lo tanto, la energía almacenada por un cuerpo E_p que se eleva a una altura h es $E_p = m g h$.

La energía potencial depende del trabajo que ha costado elevar el objeto de masa m a la altura h .

Hay que tener en cuenta que la E_p se divide en dos tipos: la energía potencial gravitatoria y la energía potencial elástica.

$$E_p = E_{pg} + E_{pe}$$



Información de carácter regional que refleja la diversidad natural y cultural del país.

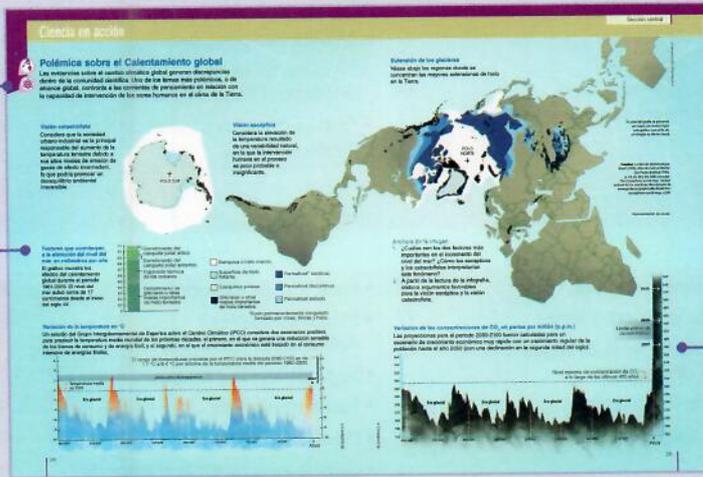


En la biblioteca promueve el empleo de los títulos que conforman los módulos de la biblioteca del Minedu.



Información relacionada con los eventos paradigmáticos.

Infografías que presentan aplicaciones o sistematizaciones de los campos temáticos que favorecen tu comprensión lectora.



Para reflexionar presenta testimonios y situaciones que generan reflexión, análisis, inferencias, argumentación e investigación.

Sección final

Ideas principales que sintetizan los conocimientos más importantes de la unidad.

Resumen

Ideas principales

- La energía eléctrica es la que se produce al moverse los electrones a través de un conductor.
- La corriente eléctrica es el movimiento ordenado de los electrones a través de un conductor.
- La intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto de un conductor en un tiempo determinado.
- La resistencia eléctrica es la oposición que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica.
- La potencia eléctrica es la cantidad de energía que se consume o se transforma en un tiempo determinado.
- La energía eléctrica es la capacidad de realizar un trabajo.

Organizador visual: mapa de ideas

Organizador visual: mapa de ideas

El diagrama muestra un mapa de ideas con 'ELECTRICIDAD' en el centro. Se conectan con 'ENERGÍA' y 'POTENCIA'. 'ENERGÍA' se conecta con 'TRABAJO' y 'TRABAJO' con 'ENERGÍA'. 'POTENCIA' se conecta con 'TRABAJO' y 'TRABAJO' con 'POTENCIA'. También se conectan con 'CORRIENTE ELÉCTRICA' y 'CORRIENTE ELÉCTRICA' con 'POTENCIA'. 'CORRIENTE ELÉCTRICA' se conecta con 'TRABAJO' y 'TRABAJO' con 'CORRIENTE ELÉCTRICA'. 'CORRIENTE ELÉCTRICA' se conecta con 'POTENCIA' y 'POTENCIA' con 'CORRIENTE ELÉCTRICA'.

Organizador visual que te ayuda a relacionar los conocimientos de la unidad.

Opciones de consulta presenta fuentes de información, como textos, documentales, videos o páginas web con la finalidad de que profundices o amplíes los campos temáticos.

Tabla de contenidos

Sección inicial	Sección central		Sección final
1 Mediciones de las magnitudes físicas 10	<ul style="list-style-type: none"> • La física, una ciencia 12 • Los métodos de la ciencia 14 • La medición 20 • El error en la medición 24 • Medidas directas e indirectas 26 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis dimensional 28 • Magnitudes escalares y vectoriales 30 • Ciencia en acción: La medición del tiempo a través de la historia 36 	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen – Ideas principales 38 – Organizador visual: cuadro sinóptico / Opciones de consulta 39
2 Movimiento de los cuerpos 40	<ul style="list-style-type: none"> • La cinemática 42 • La velocidad 46 • El movimiento rectilíneo uniforme (MRU) 48 • La aceleración 52 • El movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV) 54 	<ul style="list-style-type: none"> • El movimiento vertical 56 • Movimientos compuestos 58 • Lanzamiento horizontal 60 • Movimiento parabólico 62 • Movimiento circular uniforme (MCU) 64 • Ciencia en acción: La tierra vista desde el espacio 66 	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen – Ideas principales 68 – Organizador visual: mapa conceptual / Opciones de consulta 69
3 Leyes de Newton 70	<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones y fuerzas 72 • Diagrama de cuerpo libre 77 • Los principios de la dinámica: las leyes de Newton 78 • Fuerza de rozamiento 80 • Estática. Cuerpos en equilibrio 82 	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio de rotación 86 • Máquinas simples. Aplicaciones del torque 88 • Segunda ley de Newton 90 • Fuerza centrípeta 94 • Mecánica celeste 96 • Ciencia en acción: Un puente de película 98 	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen – Ideas principales 100 – Organizador visual: mapa de ideas / Opciones de consulta 101
4 Los fluidos 102	<ul style="list-style-type: none"> • Los fluidos 104 • La presión 106 • Presión en los gases 108 • Presión hidrostática y vasos comunicantes 110 	<ul style="list-style-type: none"> • El principio de Pascal 112 • El principio de Arquímedes 114 • Propiedades de los fluidos 118 • Ciencia en acción: La extracción de petróleo 120 	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen – Ideas principales 122 – Organizador visual: red semántica / Opciones de consulta 123



Recuerda que no debes escribir en este libro.

Sección inicial	Sección central		Sección final		
5 La energía 124	• La energía. Formas de energía	126	• Ciencia en acción: Una vivienda temperada	146	• Resumen – Ideas principales 162 – Organizador visual: mapa conceptual / Opciones de consulta 163
	• Fuentes de energía	128	• La temperatura. Equilibrio térmico	148	
	• La energía se transforma	132	• Escalas termométricas	150	
	• Trabajo mecánico	133	• Energía térmica. El calor	151	
	• La potencia mecánica	136	• Intercambio de calor: calor específico, calor latente	152	
	• La energía mecánica: energía cinética y energía potencial	138	• Cambios de estado	154	
	• El principio de conservación de la energía	140	• Efectos del calor: la dilatación	156	
	• Aplicación a herramientas y máquinas	142	• Transmisión de calor	158	
	• Fuerzas disipativas y variación de la energía mecánica	144	• Trabajo y calor: Máquinas térmicas	160	
	• Movimiento oscilatorio	166	• Espejos	184	
• Movimiento ondulatorio	168	• Refracción	188		
• Magnitudes características de las ondas	170	• El espectro electromagnético	192		
• El sonido	172	• Ciencia en acción: El sismómetro	194		
• La luz	178				
• Propagación de la luz	180				
6 Las ondas 164					
7 La electricidad 198	• Los orígenes de la electricidad	200	• Cálculos en circuitos eléctricos	223	• Resumen – Ideas principales 242 – Organizador visual: mapa de ideas / Opciones de consulta 243
	• Las cargas eléctricas	202	• La energía y la potencia eléctrica	226	
	• Interacción entre cargas	204	• Efecto luminoso de la corriente	228	
	• Campo eléctrico	206	• La electricidad en casa	231	
	• Energía potencial eléctrica y potencial eléctrico	209	• Circuitos de corriente continua	232	
	• Capacidad eléctrica y condensadores	212	• La energía eléctrica	234	
	• Infografía: Desfibrilador cardioversor implantable (DCI)	214	• La energía hidroeléctrica	235	
	• La corriente eléctrica	216	• Las centrales térmicas de combustibles fósiles	236	
	• Magnitudes eléctricas	218	• La energía eólica	237	
	• La ley de Ohm	222	• La energía solar	238	
			• Otras energías alternativas	239	
			• Ciencia en acción: Polémica sobre el calentamiento global	240	
8 El magnetismo 244	• Magnetismo	246	• Efecto magnético de la corriente eléctrica	252	• Resumen – Ideas principales 262 – Organizador visual: mapa conceptual / Opciones de consulta 263
	• Fuerza magnética sobre una partícula cargada	248	• Efecto eléctrico del campo magnético	256	
	• Fuerza magnética en un conductor con corriente	250	• Ciencia en acción: Maglev, el tren flotante	260	
9 Física moderna 264	• La física cuántica	266	• Masa y energía	282	• Resumen – Ideas principales 292 – Organizador visual: mapa de ideas / Opciones de consulta 293
	• Espectros y teoría cuántica	268	• La radiactividad	284	
	• Efecto fotoeléctrico	270	• Reacciones nucleares	286	
	• El principio de incertidumbre y el modelo atómico actual	274	• Centrales térmicas nucleares	288	
	• Teoría de la relatividad	276	• Ciencia en acción: Dimensión desconocida	290	
	• Teoría de la relatividad	276			
	• Tiempo y longitud en la teoría de la relatividad	278			
Anexos	294	Bibliografía y sitios web	303		



IDEAS CLAVE

- La física y la materia
- Métodos de la ciencia
- La medida
- Sistema internacional de unidades (SI)
- Error en la medición
- Análisis dimensional
- Magnitudes escalares y vectoriales

1

Mediciones de las magnitudes físicas

LEEMOS

Medición de magnitudes

El arte de diseñar y construir estructuras ha ido perfeccionando sus técnicas y destrezas a través del tiempo. Hasta hoy sorprenden algunas construcciones antiguas que destacan por su precisión, como los acueductos de Cantalloc, construidos hace 1600 años para irrigar las partes secas del valle y poder combatir las prolongadas sequías que azotaban Nasca.

Este sistema de irrigación es único en el Perú y tal vez en el mundo. Estas construcciones requieren gran precisión y medidas exactas para que todo encaje y pueda funcionar perfectamente a pesar del paso del tiempo. No obstante el transcurso de los años y los frecuentes movimientos telúricos en la zona, aún existen unos 32 canales subterráneos, que son utilizados por los campesinos del valle.

¿Qué variables se toman en cuenta para la construcción de una estructura? ¿Por qué es importante la precisión en la toma de medidas para construir una estructura? ¿Qué magnitudes físicas se consideran en una construcción? ¿Qué unidades utilizan estas magnitudes? ¿En todos los países del mundo se usan las mismas unidades? ¿Qué principios físicos se aplican en la construcción de una estructura? ¿Qué factores influyen en la presencia de errores en una construcción? ¿Es importante cuantificar los errores?

Acueductos de Cantalloc, región Ica

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al concluir la unidad, habrás realizado indagaciones acerca de las magnitudes físicas en los diferentes cuerpos. Asimismo, podrás realizar explicaciones sobre la importancia de considerar los errores durante las mediciones.



Introducción a la unidad

El conocimiento y la aplicación de la física, junto con otras disciplinas que utilizan el método científico experimental, resulta imprescindible para el desarrollo social, económico y tecnológico de un país, para realizar propuestas con criterio propio para la solución de los diversos problemas de la vida cotidiana, así como problemas ambientales del mundo actual.

En esta unidad aprenderás a obtener datos válidos y confiables de las magnitudes físicas en un experimento que es base esencial para tener resultados más cercanos a la realidad. Además, argumentarás conclusiones usando notaciones científicas y unidades de medida, y sustentarás cómo la dirección y sentido son características distintivas de las magnitudes físicas vectoriales.

La física, una ciencia

¿SABÍAS QUE...?

La materia es todo lo que nos rodea. Si miras a tu alrededor, comprobarás que una mesa, el aire que respiras o el agua con la que te bañas, son ejemplos de materia.

La curiosidad del ser humano por todo lo que le rodea lo ha llevado a tratar de dar una explicación de los fenómenos naturales.

El diccionario define **ciencia** como aquel conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente.

Esta definición se puede aplicar a cualquier tipo de problema.

- Un problema de la **naturaleza**: ¿Por qué las plantas crecen en unos terrenos y no en otros?
- Un problema de la **sociedad**: ¿Por qué la media de edad de las personas que viven en Amazonas es mayor que la de las que viven en Lima?
- Un problema relacionado con las **personas**: ¿Por qué las personas no fumadoras tienen menos enfermedades?

Para facilitar el estudio de los distintos tipos de problemas, la ciencia se organiza en ramas especializadas: ciencias físicas y químicas, ciencias de la sociología, ciencia de la medicina, ciencia de la psicología, ciencia de la economía, etc.

La física es una ciencia dedicada a la comprensión de los fenómenos naturales que ocurren en el universo. El objetivo principal del estudio científico es desarrollar teorías físicas basadas en leyes fundamentales que permitan predecir los resultados de algunos experimentos. Las leyes de la física tratan de describir los resultados de observaciones experimentales y de mediciones cuantitativas de los procesos naturales.

PARA SABER MÁS

La química nos permite diseñar combustibles capaces de mover motores cada vez más eficaces que contaminan menos.

Con la física, por ejemplo, podemos calcular y medir la fuerza que necesitamos aplicar en los frenos para que el vehículo se detenga en un espacio lo más pequeño posible.



La física y la química son fundamentales para diseñar un motor.

Shutterstock

© Santillana S.A.

Etapas de la física

Para su estudio, la física se puede dividir en dos grandes etapas:

- **Física clásica.** Se encarga del estudio de fenómenos que ocurren a una velocidad relativamente pequeña comparada con la velocidad de la luz ($v = 2,99 \times 10^8$ m/s) en el espacio libre. Se le conoce también como física macroscópica, ya que estudia los cuerpos de tamaño y masa grandes; por ejemplo, el Sol, una piedra, un grano de arena, etc.

Las leyes de la física clásica se basan en las leyes de Newton y el electromagnetismo. Sus ramas son la mecánica, la termodinámica, la acústica, el electromagnetismo y la óptica.



Mecánica. Estudia los fenómenos relacionados con el movimiento de los cuerpos. Por ejemplo, el choque de dos automóviles, el movimiento de los planetas, el lanzamiento de una pelota, etc.



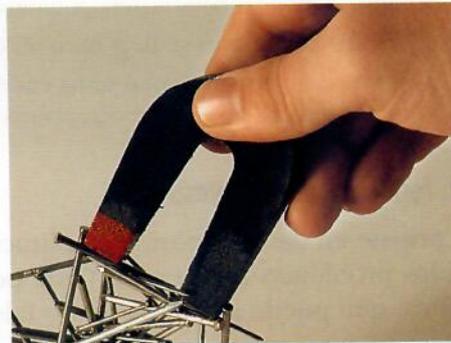
Termodinámica. Estudia los fenómenos térmicos. Por ejemplo, la variación de la temperatura, la dilatación de un cuerpo, los cambios de estado de la materia, etc.



Óptica. Estudia los fenómenos relacionados con la luz. Por ejemplo, la formación de la imagen en un espejo, la descomposición de la luz, etcétera.



Acústica. Estudia las propiedades de las ondas que se propagan en un medio material. Por ejemplo, el sonido y las ondas formadas en una cuerda.



Electromagnetismo. Estudia los fenómenos eléctricos y magnéticos. Por ejemplo, las propiedades del imán y la generación de la electricidad.

- **Física moderna y contemporánea.** Se encarga de los fenómenos que ocurren a valores cercanos de la velocidad de la luz. Estudia los cuerpos del orden del tamaño del átomo o inferiores a él.

Las leyes de la física moderna y contemporánea se basan en la teoría de la relatividad y en la teoría mecánica cuántica.



Los métodos de la ciencia

La ciencia utiliza diversos métodos para elaborar sus teorías.

Los métodos de la ciencia, según las técnicas utilizadas, pueden ser clasificados en:

- **Analítico**, cuando descompone un fenómeno en partes para analizar la relación de estas entre sí.
- **Sintético**, cuando reúne elementos de un fenómeno con el fin de generar nuevo conocimiento.
- **Deductivo**, cuando a partir de una premisa general se buscan conocimientos particulares.
- **Inductivo**, cuando se generan conclusiones a partir de enunciados particulares. En este método está basado el método científico.

El método científico

Las ciencias experimentales, como la física, la química, la biología, etc., utilizan, entre otros, el denominado método científico, el cual sigue una serie de pasos:

1. Observación del fenómeno

Consiste en examinar y analizar un fenómeno concreto utilizando nuestros sentidos. Como resultado de la observación, se identifica el problema y nos hacemos preguntas sobre él.

Observar cómo caen los objetos

Deja caer un borrador, unas llaves y una hoja de papel desde la altura de tu hombro. Observa cómo caen. ¿Cuánto tiempo tardan en caer?

- Problema: cuando se deja libre un cuerpo, se cae.
- Preguntas: ¿Por qué caen unos cuerpos más rápido que otros? ¿Por qué caen unos cuerpos en línea recta y otros parecen flotar?

2. Formulación de hipótesis

Consiste en dar una posible explicación del fenómeno y responder *a priori* a los problemas planteados. Cada posible respuesta es una hipótesis científica, que puede ser verdadera o falsa.

Una vez identificado el problema y planteadas las preguntas, el científico trata de dar una respuesta. Son respuestas hipotéticas, y habrá que comprobarlas: "Parece que los objetos más pesados caen más rápido y en línea recta. Los objetos menos pesados tardan más en caer y lo hacen flotando".

Una hipótesis es una suposición sobre un hecho real. Debe formularse de forma concreta y se debe poder comprobar. Las hipótesis de nuestro estudio son las siguientes:

- La rapidez con que cae un cuerpo que se deja libre es mayor cuanto mayor sea su masa.
- La trayectoria con que cae un cuerpo que se deja libre es más recta cuanto mayor sea su masa.

BIOGRAFÍAS

Aristóteles y Galileo

Aristóteles fue uno de los grandes sabios griegos. Vivió entre 384 y 322 a.C. y fue maestro de Alejandro Magno.

La mayoría de sus estudios son filosóficos, aunque también dedicó parte de su tiempo al estudio de la física.

Por intuición determinó que mientras mayor era el peso de los cuerpos, más rápido caían.

Años más tarde, el físico italiano **Galileo Galilei** (1564-1642) demostró que, si se eliminaba la resistencia del aire, todos los cuerpos caían con la misma rapidez. Para demostrarlo hizo caer una serie de cuerpos por un plano inclinado y midió el tiempo que tardaban en llegar a unas marcas colocadas en el propio plano. Sus resultados demostraron que Aristóteles estaba equivocado.

Galileo utilizó un método científico, mientras que Aristóteles se fió de su intuición.

3. Experimentación

Para comprobar si la hipótesis es cierta o no, diseñamos un experimento.

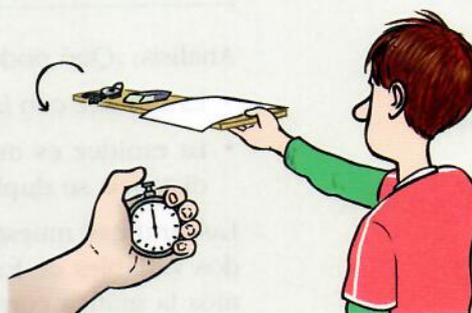
Experimentar es repetir el fenómeno observado en condiciones controladas para saber qué variables influyen en él y cómo lo hacen.

- Las **variables independientes** son aquellas cuyos valores podemos elegir libremente. En nuestro ejemplo, elegimos la masa de los objetos.
- Las **variables dependientes** son aquellas cuyos valores quedan establecidos por las anteriores. En nuestro caso, el tiempo que tarda en caer cada objeto.
- Las **variables controladas** son aquellas cuyos valores permanecen fijos. En nuestro caso, la altura desde la que caen los objetos.

Observar cómo caen objetos de masa conocida

1. Determina la masa de los objetos con una balanza.
2. Coloca los objetos sobre una barra horizontal elevada.
3. Gira la barra para que los objetos caigan a la vez.
4. Mide el tiempo que tardan en caer.

Para asegurarte de que no hay nada más que influya, cierra las puertas y ventanas para evitar corrientes de aire, pues podrían desviar los objetos menos pesados.



Un posible resultado de la experiencia se muestra en la tabla del margen. Conclusión: parece ser cierto que los objetos caen más rápido cuanto mayor es su masa.

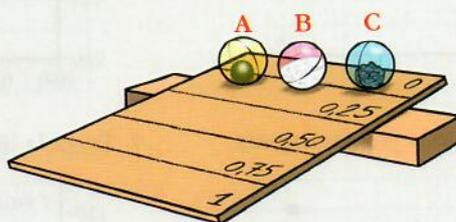
	Llaves	Borrador	Papel
Masa	32,0 g	7,0 g	1,5 g
Tiempo	0,8 s	1,3 s	5,4 s

La hipótesis debe ser cierta en diversas condiciones

Si arrugamos la hoja, cae más rápido. Establecemos una nueva hipótesis: "La forma de un objeto influye en la rapidez con la que cae". Para comprobar su validez, ideamos un nuevo experimento.

Observar cómo caen objetos con distinta masa, pero con la misma forma externa

1. Utiliza un plano inclinado para que los cuerpos tarden más en llegar al final. Anota una marca cerca del comienzo y marcas sucesivas al cabo de 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m y 1,0 m.
2. En el interior de unos aros anchos iguales como los mostrados (marcados como A, B, C), coloca objetos de distinta masa: una bola de metal, arena o un trozo de papel de aluminio arrugado.
3. Pon un listón de madera al inicio del plano inclinado. Al levantarlo, los tres cuerpos rodarán a la vez.



4. Mide el tiempo que tardan en llegar a la marca de 0,25 m.
5. Repite los pasos 3 y 4 midiendo el tiempo que tardan en llegar los aros a las otras marcas.

GLOSARIO

Peso. Fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo.

Masa. Magnitud física que expresa la cantidad de materia de un cuerpo, y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo (kg).

Rapidez. Velocidad impetuosa o movimiento acelerado.

4. Análisis de resultados: tablas y gráficas

Una **tabla** permite organizar los datos en filas y en columnas.

- En cada **columna** se representan los datos de una característica del problema, es decir, de una **variable**.
- En cada **fila** se colocan los valores de las variables para una medición.

En nuestro ejemplo, completamos una tabla para cada aro.

En el encabezado de cada columna, se coloca el nombre de la **variable** y, entre paréntesis, la **unidad** en que se mide.

En cada fila se colocan los valores de una medición.

Aro A → 50 g	
Longitud (m)	Tiempo (s)
0,25	0,34
0,50	0,48
0,75	0,59
1,00	0,68

Aro B → 37 g	
Longitud (m)	Tiempo (s)
0,25	0,33
0,50	0,48
0,75	0,59
1,00	0,68

Aro C → 22 g	
Longitud (m)	Tiempo (s)
0,25	0,34
0,50	0,48
0,75	0,59
1,00	0,68

Análisis: ¿Qué podemos deducir de las tablas?

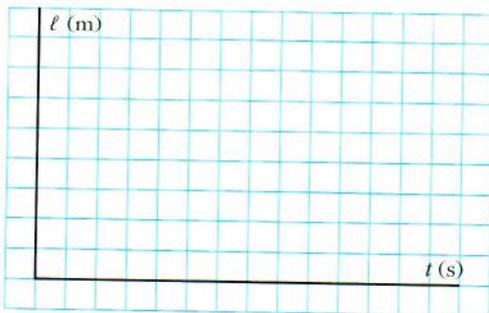
- La rapidez con la que bajan los aros no depende de su masa.
- La rapidez es mayor cuanto mayor es la distancia recorrida. Cuando la distancia se duplica, el tiempo aumenta menos del doble.

Las **gráficas** muestran la relación entre dos variables de forma visual. Dibujaremos la gráfica correspondiente a la caída del aro A por el plano.

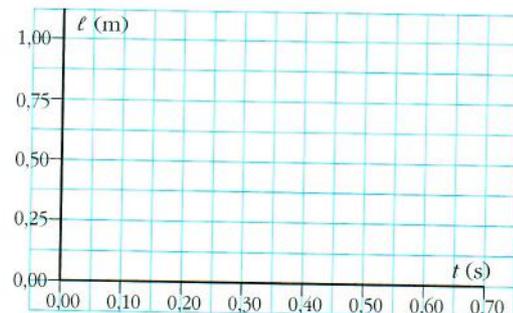
Longitud (m)	0,25	0,50	0,75	1,00
Tiempo (s)	0,34	0,48	0,59	0,68

Elaborar una gráfica

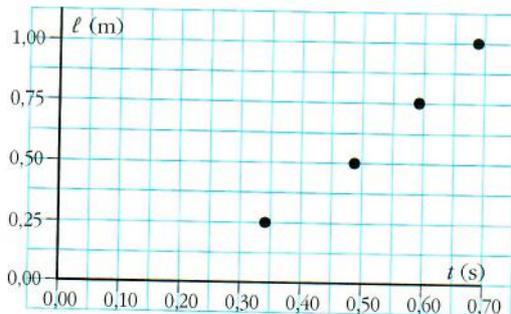
1. Dibuja dos ejes. Luego, en cada uno representa una magnitud de la tabla. Finalmente, en cada eje especifica el nombre o símbolo de la magnitud.



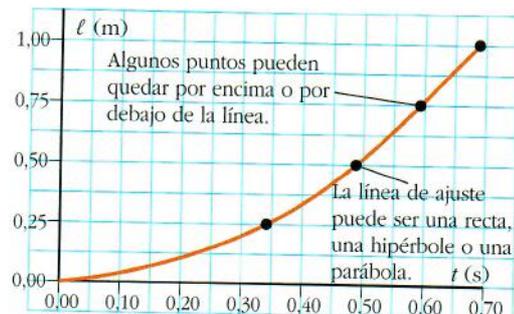
2. Teniendo en cuenta los valores máximo y mínimo de la tabla, anota la escala de cada eje. La escala de un eje es independiente de la escala del otro.



3. Representa con un punto cada par de valores.



4. Traza la línea que mejor marca la tendencia.



Análisis: ¿Qué podemos deducir de la gráfica? Cuanto mayor es la distancia recorrida, mayor es el tiempo que tarda el aro, pero no es directamente proporcional. El aro tarda más en recorrer 1,00 m que 0,50 m, pero no tarda el doble de tiempo.

La gráfica permite conocer valores que no hemos medido.

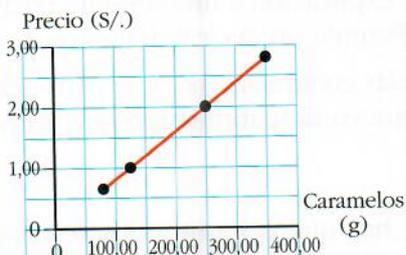
- **Interpolar datos** es obtener valores intermedios a otros medidos. ¿Cuánto tiempo tardará el aro en recorrer 0,35 m?
- **Extrapolar datos** es obtener valores más altos que los medidos. ¿Cuánto tardará el aro en recorrer 1,20 m?

Interpretar gráficas

Línea recta ascendente

Precio de distintas cantidades de caramelos:

Caramelos (g)	Precio (S./.)
80,00	0,65
125,00	1,00
250,00	2,00
350,00	2,80



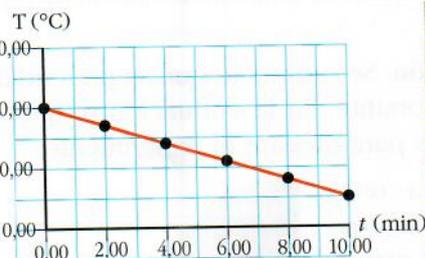
El precio de los caramelos es directamente proporcional a la cantidad: el doble de caramelos cuesta el doble. Si no hay caramelos, el costo es cero.

- Línea recta ascendente que pasa por el punto (0, 0). Magnitudes directamente proporcionales. Cuando una variable vale cero, la otra también vale cero.
- Matemáticamente: $y = k \cdot x$ o bien $\frac{y}{x} = k$

Línea recta descendente

La tabla muestra cómo varía la temperatura de un líquido al introducirlo en el refrigerador:

t (min)	T (°C)
0,00	20,00
2,00	17,00
4,00	14,00
6,00	11,00
8,00	8,00
10,00	5,00

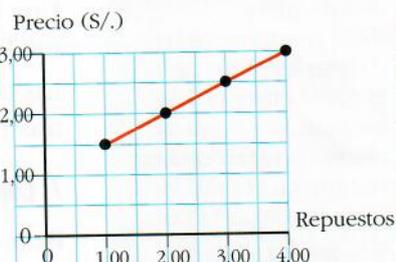


El descenso en la temperatura es directamente proporcional al tiempo. Cada dos minutos desciende 3 °C.

- Línea recta descendente. Magnitudes directamente proporcionales con constante negativa.
- Matemáticamente: $y = -k \cdot x + n$
n es el valor de y cuando x vale 0.

Precio de un lapicero con distintos repuestos:

Lapicero + repuestos	Precio (S./.)
1	1,50
2	2,00
3	2,50
4	3,00



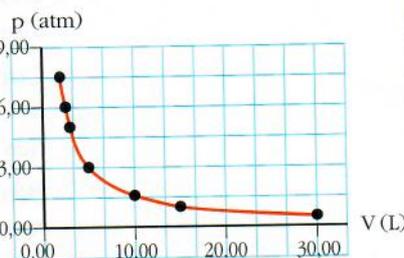
El precio es directamente proporcional al número de repuestos, pero el lapicero solo tiene un precio.

- Línea recta ascendente que no pasa por el punto (0, 0). Magnitudes directamente proporcionales. Cuando una variable vale cero, la otra no vale cero.
- Matemáticamente: $y = k \cdot x + n$.
n es el valor de y cuando x vale 0.

Curva hipérbola equilátera

La tabla muestra la presión (p) que ejerce un gas al variar el volumen del recipiente en que se encuentra a una temperatura (T) constante.

V (L)	p (atm)
30,00	0,50
15,00	1,00
10,00	1,50
5,00	3,00
3,00	5,00
2,50	6,00
2,00	7,50



La presión del gas es inversamente proporcional al volumen que ocupa: a mayor volumen, menor presión, y viceversa.

- Curva hipérbola equilátera. Magnitudes inversamente proporcionales.
- Matemáticamente: $y \cdot x = k$

PARA SABER MÁS

Tras descubrir experimentalmente las distintas leyes que rigen el comportamiento de los gases, los científicos idearon la **teoría cinética** que explica por qué los gases se comportan así.

Esta teoría, basada en los estudios de Bernoulli, Boltzman y Maxwell, permite predecir que la temperatura no puede bajar de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Definición de leyes

Después de analizar los resultados, podemos confirmar o rechazar las hipótesis y con ello establecer una ley científica.

Una **ley científica** es el enunciado de una hipótesis confirmada. Una ley se puede enunciar mediante una expresión. Por ejemplo:

"La presión que ejerce un gas es inversamente proporcional al volumen que ocupa, siempre que no varíe su temperatura".

Todas las teorías científicas tienen carácter provisional y pueden modificarse cuando se encuentran evidencias que las contradicen.

6. Establecimiento de teorías

Quando se estudian distintos aspectos de un problema, los científicos pueden llegar a imaginar el porqué de todo ello y enuncian una **teoría**.

Una teoría científica es una explicación a una serie de hechos demostrados mediante leyes científicas. Permite predecir fenómenos desconocidos.

Las teorías deben ser revisadas continuamente y se consideran ciertas mientras no se produzca algún nuevo descubrimiento que las contradiga.

7. Comunicación de resultados

Para que la ciencia avance, hay que comunicar los resultados de los estudios científicos. Esto se hace publicando un artículo o un libro que tendrá los siguientes apartados:

1. **Título.** Incluye el título del trabajo, el nombre del autor, el lugar donde se hizo la investigación y la fecha.
2. **Introducción.** Explica brevemente por qué se realiza esa investigación y qué se pretende demostrar.
3. **Metodología.** Indica cómo se ha realizado el trabajo, qué experiencias se han llevado a cabo o cuál ha sido el material utilizado. Se puede acompañar de fotografías o esquemas.
4. **Resultados.** Se indican claramente los resultados obtenidos. Si son datos numéricos, se expresan organizados en tablas o representados en gráficas.
5. **Discusión de los resultados.** Se analizan los resultados para llegar a conclusiones claras.
6. **Conclusión y evaluación.** Se resume lo que se pretendía con el trabajo y la conclusión más importante. En la evaluación se detallan las limitaciones y recomendaciones para mejorar el experimento.
7. **Bibliografía.** Se indica una reseña de cada uno de los artículos, libros y otros materiales que se hayan consultado durante el desarrollo de la investigación.

La comunicación de los resultados obtenidos en las investigaciones es esencial para el avance de la ciencia.



Shutterstock

© Santillana S.A.

Técnicas básicas de laboratorio

A continuación, repasamos algunas acciones que son muy frecuentes en el trabajo experimental.

Manipular sólidos

- Utiliza **guantes** de látex. No toques los productos con las manos.
- Agrega los **productos** sólidos con la espátula. No uses las manos.
- Deposita los productos sólidos en un **recipiente** de vidrio o de cerámica.



Shutterstock



- Para remover utiliza una **varilla de vidrio**.
- Sujeta los recipientes con firmeza para evitar que se caigan.

Medir la masa de sustancias

No coloques las sustancias directamente sobre la balanza. Ponlas en un recipiente de vidrio o de cerámica.

- Enciende la balanza y espera a que marque cero.
- Coloca sobre el platillo el recipiente en el que vas a pesar.



Shutterstock



- Pulsa el botón "Tara" para que la balanza se ponga nuevamente a cero. Al accionar este botón, la balanza descontará la masa del recipiente.
- Pon dentro del recipiente la sustancia que vas a pesar y lee su masa en la balanza.

Manipular líquidos

- Utiliza **guantes** de látex. No derrames líquidos, especialmente sobre tu cuerpo o tu ropa. Ten en cuenta, también, dónde están situados tus compañeros.
- Para coger una pequeña cantidad de líquido, puedes utilizar una **pipeta Pasteur** o **cuentagotas**. Para coger cantidades mayores, puedes utilizar **pipetas, probetas o buretas**.

Si no necesitas medir exactamente la cantidad de líquido, puedes utilizar vasos u otros matraces.

- Utiliza un **embudo** para echar líquido en un recipiente estrecho.
- Las pipetas permiten coger y soltar líquido. Para asegurarte de que sabes utilizar una pipeta, haz pruebas cogiendo y soltando distintas cantidades de agua.



Shutterstock



Shutterstock

Medir volúmenes

- Para medir el volumen de un líquido con exactitud, se emplean **pipetas, probetas o buretas graduadas**.
- Cuando el líquido asciende por un tubo estrecho, su superficie se curva formando un **menisco**.
- La medida es la que indica la parte inferior del menisco.

Para evitar error en la medida, el recipiente debe estar apoyado sobre una superficie horizontal, y nuestros ojos deben estar a la altura del menisco.



Shutterstock

La medición

La física es una ciencia experimental. Su trabajo requiere medir diversas características de la materia o de los cambios que experimenta. Se dice que la física es la ciencia de la medida.

PRESTA ATENCIÓN



Tanto el nombre de las magnitudes como el de las unidades y sus símbolos se deben escribir como se indica en la tabla inferior.

Las unidades se escriben siempre en minúscula salvo que se refieran al nombre de un científico, que puede ir en mayúscula. Así, el símbolo del amperio es A, en honor del científico francés André-Marie Ampère (1775-1836).

Magnitud y unidad

Llamamos **magnitud** a cualquier característica de la materia, o de los cambios que experimenta, que se puede medir, es decir, que se puede expresar con un número y una unidad.

La masa o la temperatura, por ejemplo, son magnitudes. Podemos decir que la masa de un cuerpo es de 60 kg y su temperatura es de 30 °C.

Medir una magnitud es compararla con una cantidad de su misma naturaleza, que llamamos **unidad**, para ver cuántas veces la contiene.

Podríamos utilizar cualquier cantidad como unidad. Por ejemplo, si utilizamos un borrador como unidad, podemos medir la longitud del libro y decir que es de ocho borradores. Pero ¿obtendrías el mismo resultado con otro borrador?

El sistema internacional de unidades (SI)

Para facilitar la comprensión de los estudios experimentales, los científicos han elegido siete magnitudes fundamentales y la unidad base de cada una. Las **magnitudes fundamentales** son las más básicas. Todas las demás se llaman **magnitudes derivadas** y se pueden expresar en función de las magnitudes fundamentales.

El **sistema internacional de unidades (SI)** ha determinado siete magnitudes fundamentales y sus unidades básicas.

Magnitud	Unidad	Símbolo	Definición
Longitud	metro	m	Distancia recorrida por la luz en el espacio libre en un tiempo de $1/299\,792\,458$ segundos.
Masa	kilogramo	kg	Masa de un cilindro de platino-iridio que se conserva en el Museo de Pesas y Medidas de Sèvres (Francia).
Tiempo	segundo	s	Duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio-133.
Temperatura	kelvin	K	Fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
Cantidad de sustancia	mol	mol	Cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en $0,012$ kg de carbono 12.
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A	Intensidad de una corriente constante que circula por dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, situados a una distancia de un metro, uno de otro, en el espacio libre y que produce una fuerza entre ellos de $2 \cdot 10^{-7}$ N.
Intensidad luminosa	candela	cd	Intensidad correspondiente a una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ hertz y cuya intensidad energética en dicha dirección es $1/683$ vatios por estereorradián.

Las magnitudes derivadas y el SI

El SI establece cuáles son las magnitudes derivadas y sus unidades.

A veces, la unidad de la magnitud derivada tiene un nombre propio, como el *newton* (N), que es la unidad de fuerza. Otras veces nombramos la unidad a partir de su relación con las unidades de las magnitudes fundamentales; por ejemplo, la velocidad se mide en m/s.

Algunas magnitudes también se expresan generalmente en unidades que no son del SI. Así, es frecuente expresar la velocidad en km/h.

Magnitudes derivadas del sistema internacional			
Magnitud	Unidad	Símbolo	Otras unidades empleadas
Superficie	m ²	S	ha (hectárea) → 10 000 m ²
Volumen	m ³	V	L (dm ³) → 10 ⁻³ m ³ ; 1 m ³ = 1000 L
Densidad	kg/m ³	d	g/L → 1 kg/m ³ ; kg/L → 1000 kg/m ³
Velocidad	m/s	v	km/h → 0,277 m/s
Aceleración	m/s ²	a	
Fuerza	N (<i>newton</i>)	F	1 kp → 9,8 N
Presión	Pa (pascal)	P	mm Hg (milímetro de mercurio) → 133,32 Pa; atm (atmósfera) → 101 325 Pa
Energía	J (<i>joule</i>)	E	kWh (kilowatt-hora) → 3,6 · 10 ⁶ J

Múltiplos y submúltiplos

Con frecuencia los científicos manejan cantidades muy grandes o muy pequeñas con respecto a la unidad básica. Por ejemplo, el tamaño de algunas células es 0,000 003 m, y la distancia de la Tierra al Sol es 149 597 870 700 m.

El sistema internacional también indica el nombre y el símbolo de los múltiplos y submúltiplos que van a facilitar su escritura.

Las cantidades anteriores se pueden expresar así de forma más sencilla:

- El tamaño de algunas células es 3 nm.
- La distancia de la Tierra al Sol es 149,6 Gm.

Múltiplos y submúltiplos del sistema internacional					
Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10 ²⁴	yotta	Y	10 ⁻¹	deci	d
10 ²¹	zetta	Z	10 ⁻²	centi	c
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻³	mili	m
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ¹²	tera	T	10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁹	giga	G	10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁶	mega	M	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ³	kilo	k	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ²	hecto	h	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ¹	deca	da	10 ⁻²⁴	yocto	y

PARA SABER MÁS

El sistema internacional de unidades se estableció en 1960 por acuerdo de 36 naciones.

Incluye normas de escritura y definiciones muy precisas de las unidades.

Después del símbolo de una unidad, no se escribe punto ni se añade la letra **s** para indicar el plural. Ejemplo: ocho metros se escribe así:

8 m

¿SABÍAS QUE...?

La capacidad del disco duro de una computadora se expresa en gigabytes (GB); sin embargo, hoy se consiguen discos de 1 terabyte (TB) o más.



Para saber sobre magnitudes físicas, consulta las páginas 5 a la 13 en el libro *La Biblia de la Física y Química* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Cambio de unidades y factores de conversión

Para cambiar de una unidad a otra, se utilizan los factores de conversión.

Un **factor de conversión** es una fracción que tiene en su numerador y en su denominador la misma cantidad, pero expresada en distintas unidades.

Multiplicar una cantidad por un factor de conversión es lo mismo que multiplicarla por 1; no cambia la cantidad, solo sus unidades, por eso cambia el número con que se expresa esa cantidad.

Para encontrar el factor de conversión adecuado, sigue estos pasos:

1. Escribe la cantidad que vas a cambiar de unidad.	0,27 nm
2. Escribe al lado una fracción con esta unidad (nm) y la unidad en la que la quieres convertir (m). Hazlo de manera que se simplifique la unidad de partida (nm).	$0,27 \text{ nm} \cdot \frac{\text{m}}{\text{nm}}$
3. Al lado de cada unidad, coloca su equivalencia con la otra.	$0,27 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}}$
4. Simplifica y expresa el resultado final.	$0,27 \cancel{\text{ nm}} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \cancel{\text{ nm}}} = 0,27 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

EJEMPLO RESUELTO 1

El radio de un átomo mide 0,85 nm. Expresa la medida en metros (m).

$$1 \text{ nm equivale a } 10^{-9} \text{ m} \rightarrow 0,85 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 0,85 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 8,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Factor de conversión

EJEMPLO RESUELTO 2

La película duró 2 h. Expresa el tiempo en segundos (s).

$$1 \text{ h tiene } 3600 \text{ s} \rightarrow 2 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 7200 \text{ s}$$

Factor de conversión

EJEMPLO RESUELTO 3

El valor de la velocidad de un auto es 90 km/h. Exprésala en metros por segundo (m/s).

Usa los factores de conversión correspondientes.

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

EJEMPLO RESUELTO 4

La densidad del agua del mar es 1,13 g/mL. Exprésala en unidades del sistema internacional (SI).

En el SI la masa se expresa en kg, y el volumen, en m³.

Recuerda que 1 mL = 1 cm³ = 10⁻⁶ m³.

$$1,13 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ mL}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 1,13 \frac{\text{kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 1,13 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Notación científica

Como resultado de los cálculos científicos, a veces aparecen magnitudes físicas que toman valores muy grandes o, por el contrario, surgen valores de medida que, al ser comparados con una unidad patrón, toman un valor pequeño. Para expresar el valor numérico de dichas magnitudes, se utiliza la notación científica, que consiste en escribir las cantidades con una cifra entera, los decimales y una potencia de 10.

Para escribir una cantidad utilizando la notación científica, se ubican las cifras significativas con una parte entera (comprendida entre 1 y 9) y otra parte decimal multiplicada por la correspondiente potencia de 10.

$$0,0007820 \rightarrow 7,82 \cdot 10^{-4}$$

Notación científica
Parte decimal
Parte entera
Potencia de 10

EJEMPLO RESUELTO 5

Escribe en notación científica el número 0,000064.

1. Observa el número original 0,000 064.
2. Escribe la primera cifra distinta de cero, luego coloca una coma y, después, las cifras restantes. No pongas los ceros a la derecha.
3. Escribe la potencia de diez (10^x). Cuenta los lugares que tienes que desplazar la coma hasta que quede solo una cifra entera. Ese valor será el exponente que usarás.

$$0,000064 \rightarrow 6,4 \cdot 10^{-5}$$

Como el número es menor que uno, la potencia será negativa.

Las cifras significativas

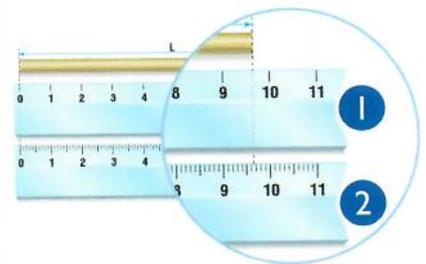
En la realización de una medida hay dos aspectos importantes:

- Siempre se debe expresar el resultado con el número de cifras que permita el instrumento de medida. Es decir, hay que tener en cuenta la precisión.
- La cifra dudosa es la última cifra de la medida y depende de la persona que realiza la medición. En una medición no puede haber más de una cifra dudosa.

Por ejemplo, en la primera imagen se observa que, al determinar la longitud de una barra con una regla graduada en centímetros, se puede afirmar que dicha longitud es de 9,6 cm. Al hacer esta medición, estamos seguros de la cifra 9, pero la cifra 6 es dudosa.

Ahora, al observar la segunda imagen, si la medida se realiza con una regla graduada en milímetros, se puede afirmar que la medición es, por ejemplo, 9,65 cm, donde las cifras seguras son el 9 y el 6, pero la cifra 5 es dudosa.

A las cifras seguras y a la primera cifra dudosa obtenida en una medición se les denomina cifras significativas. En el primer caso, decimos que la medición tiene dos cifras significativas; mientras que en el segundo caso, decimos que tiene tres cifras significativas.



1. Si la medida que expresamos en este caso es 9,6 cm, el 6 es dudoso.
2. Si la medida que expresamos en este caso es 9,65 mm, el 5 es dudoso.

El error en la medición

PARA REFLEXIONAR

Las características de los instrumentos de medición son las siguientes:

- **Precisión.** Se determina por la división más pequeña de la escala del instrumento.
- **Rango de medida.** Está determinado por el intervalo comprendido entre el valor mínimo y el valor máximo que es posible medir con el instrumento.

Por ejemplo:



Vaso de precipitados:
Precisión: 25 mL
Rango: 0 mL - 250 mL

Infiere. ¿Cuál es la precisión de un termómetro cuyo valor mínimo es 0,00 grados centígrados?

En física el concepto de error tiene un significado diferente del uso habitual de este término. Coloquialmente, la palabra se usa como **análoga o equivalente a equivocación**. El error en física está más asociado al concepto de incertidumbre en la determinación del resultado de una medición.

Las causas del error en la medición son las siguientes:

- **La precisión del instrumento.** Si mides con una regla que indique milímetros, tu medida será más exacta que si la haces con una que solo señale centímetros. Para reducir los errores debidos al instrumento, hay que escoger uno que sea lo más preciso y exacto posible.
- **La habilidad de la persona que utiliza el instrumento.** Para reducir los errores debidos a la habilidad de las personas, se repite la medición y se toma como resultado la media aritmética de los valores obtenidos, descartando los que se alejen mucho del conjunto.
- **Errores propios de los instrumentos de medición.** Puede ser que no estén bien calibrados o que la escala no sea la apropiada.

Imagina que quieres medir la longitud de tu libro. Lo haces varias veces y obtienes estos resultados:

1.ª medida	2.ª medida	3.ª medida	4.ª medida	5.ª medida
21,2 cm	21,0 cm	21,0 cm	21,7 cm	20,9 cm

Descartamos el cuarto resultado porque se aleja demasiado de los demás y hallamos la media aritmética de los otros. El resultado se debe expresar con tres cifras significativas:

$$\frac{21,2 + 21,0 + 21,0 + 20,9}{4} = 21,025 = 21,0 \text{ cm}$$

Resultados de una medición

Por lo afirmado anteriormente, la medida (m) de una magnitud debe expresarse de la siguiente manera:

$$m \pm \epsilon$$

Medida ← | | → Error que representa la incertidumbre de la medición

Por ejemplo, si con una regla graduada en milímetros se mide el grosor de una moneda, el valor de la medida se expresa así:

$$\text{Grosor} = 2,0 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$$

En instrumentos analógicos, la incertidumbre de la medición (sensibilidad) se considera igual a la mitad de la precisión. En instrumentos digitales, el error es igual a la precisión o sensibilidad.

Estimación del error

El valor verdadero de una magnitud no se puede medir con absoluta certeza; por lo tanto, hay que dar una estimación. Hay dos formas de expresar el error:

- **Error absoluto (ϵ_a).** Es la diferencia entre el valor medido (x_m) y el “valor verdadero” (x_v) de la magnitud. Ten en cuenta que el llamado “valor verdadero” es, en realidad, un concepto teórico, pues no se conoce con certeza este valor.

Para una sola medida:

$$\epsilon_a = \pm |x_m - x_v|$$

Para varias medidas:

$$\epsilon_a = \pm |\bar{x}_m - x_v|$$

Donde \bar{x}_m es el promedio de varias medidas.

- **Error relativo y porcentual (ϵ_r).** Es el cociente entre el error absoluto (ϵ_a) y el valor verdadero (x_v). Usualmente se expresa en porcentaje. Para esto, solo lo multiplicamos por 100%. Cuanto menor sea el error relativo, menor será la incertidumbre de la medida.

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_a}{x_v}$$

$$\epsilon_{\%} = \frac{\epsilon_a}{x_v} \cdot 100\%$$

EJEMPLO RESUELTO 6

Cinco estudiantes miden la masa de un objeto y obtienen las siguientes medidas: 8,29 g, 8,26 g, 8,28 g, 8,26 g y 8,28 g. Si la masa del objeto es 8,27 g, determina el error absoluto y el error porcentual cometido.

- Calculamos el promedio teniendo en cuenta que las medidas tienen tres cifras significativas:

$$\text{Masa media} = \frac{8,29 + 8,29 + 8,26 + 8,26 + 8,28}{5} = 8,28 \text{ g}$$

- Calculamos el error absoluto: $\epsilon_a = |8,28 \text{ g} - 8,27 \text{ g}| = 0,01 \text{ g}$

- Calculamos el error porcentual: $\epsilon_{\%} = \frac{0,01 \text{ g}}{8,27 \text{ g}} \cdot 100 = 0,12\%$

Por lo tanto, el error porcentual es de 0,12%.

EJEMPLO RESUELTO 7

Al medir la rapidez de un auto Fórmula 1, un equipo encontró un error absoluto de 0,2 km/h respecto al valor aceptado de 256,5 km/h. Luego, al medir el tiempo que se tarda en cambiar una llanta, se encontró un error absoluto de 0,2 s en relación con un tiempo de 4,7 s. ¿Qué medición fue más precisa?

- Para saberlo, calculamos el error relativo porcentual de cada medida:

$$\text{Primera medida: } \epsilon_{\%} = \frac{0,2 \text{ km/h}}{256,5 \text{ km/h}} \cdot 100 = 0,1\%$$

$$\text{Segunda medida: } \epsilon_{\%} = \frac{0,2 \text{ s}}{4,7 \text{ s}} \cdot 100 = 4,3\%$$

- Observamos que ambas medidas tienen el mismo error absoluto, pero el error relativo nos permitirá saber cuál es la medida más precisa. En nuestro ejemplo, es la primera medida.

PRESTA ATENCIÓN



Para eliminar las cifras significativas, se realiza lo siguiente:

- Si la cifra de mayor orden que se elimina es menor que 5, la última cifra significativa que se conserva permanece igual.
- Si la cifra de mayor orden que se elimina es mayor o igual que 5, la última cifra significativa que se conserva aumenta en 1.

Por ejemplo, para 3 cifras significativas, se obtiene:

Última cifra significativa que se conserva

$$2,41367 = 2,41$$

$$2,41867 = 2,42$$

GLOSARIO

Precisión de un instrumento.

Mínimo valor que mide la escala del instrumento. La escala se obtiene del cociente de la sustracción de dos números consecutivos entre el intervalo de medición.

Medidas directas e indirectas

INFORMACIÓN REGIONAL

En tiempos prehispánicos se utilizaron algunas unidades de longitud como la rikra (distancia entre los pulgares, con los brazos extendidos), el cuchuch tupu (un codo) y el yuku (una cuarta) que tomaban al cuerpo como referencia.

En ocasiones, para medir las propiedades de un objeto, utilizamos directamente un instrumento; esta es una medida directa. En otras, se miden magnitudes y se hace una operación matemática; esta es una medida indirecta. Hemos medido de forma directa la longitud de un lápiz y la masa de una bola; ahora mediremos de forma indirecta la densidad de un cuerpo.

Medida de la longitud

Para medir la longitud, se utilizan distintos aparatos: cinta métrica, regla graduada en centímetros, en milímetros, etc. Ello depende de la cantidad que se quiera medir.

Para medir la longitud de objetos difíciles de comparar con una regla, o para medir longitudes con gran precisión, se utilizan aparatos como el calibre o pie de rey y el micrómetro o pálmer.

EL CALIBRE O PIE DE REY

Se utiliza para hacer medidas de longitudes muy cortas, como el diámetro interior o exterior de un anillo; la profundidad de un hueco.



EL MICRÓMETRO O PÁLMER

Se utiliza para medir el espesor de objetos muy delgados, como monedas.



Medida de la masa

Para medir la masa, utilizamos la **balanza**.

Enciende la balanza digital y asegúrate de que marca 0. Coloca encima el objeto y lee el peso en el visor. Si pesas utilizando un envase (luna de reloj, *beaker* o probeta), debes descontar su masa. Además, debes anotar el error o precisión de la balanza.

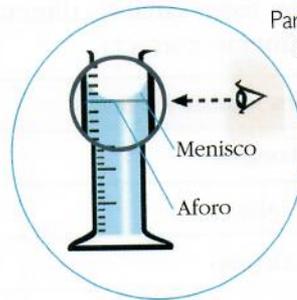


Medida del volumen

Para medir el volumen de un sólido, se pueden realizar medidas indirectas o directas según el sólido sea irregular o no.

En ocasiones resulta muy útil medir el volumen de un sólido indirectamente introduciéndolo en un líquido.

El volumen de la esfera será:
 $88 \text{ cm}^3 - 55 \text{ cm}^3 = 33 \text{ cm}^3$



Para medir el volumen de un líquido directamente, se utilizan probetas, pipetas, buretas o matraces aforados. En cualquier caso, hay que colocarse correctamente frente a la marca de la medida, de forma que se vea la marca del aforo como una línea para evitar algún error.

La medida es la que indica la parte inferior del menisco cuando toca el aforo.



Para utilizar la pipeta, debes manejar el mecanismo de dosificación. Nunca pipetees directamente con la boca.

Medida de la densidad

La densidad de un cuerpo se suele medir de forma indirecta. Para ello, se mide directamente su masa y su volumen, y se divide una entre la otra:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

La densidad se representa por la letra griega ρ (rho), y su unidad en el SI es kg/m^3 . Es una magnitud intensiva, es decir, su valor no depende de la cantidad de materia, a diferencia de lo que sucede con la masa y el volumen, que son magnitudes extensivas.

La densidad de los líquidos se mide directamente con unos aparatos llamados densímetros.

EN LA WEB

Para conocer más acerca del uso del vernier, ingresa a:

http://www.stefanelli.eng.br/es/es_calibre_05.html

Análisis dimensional

Las ecuaciones dimensionales se aplican para comprobar la veracidad de las ecuaciones físicas, deducir fórmulas físicas a partir de datos experimentales y encontrar las unidades de cualquier magnitud derivada en función de las fundamentales.

Ecuaciones dimensionales

Son representaciones algebraicas que expresan las relaciones entre las magnitudes derivadas y las fundamentales. El análisis de las dimensiones de una ecuación física (análisis dimensional) permite evaluar si la ecuación es dimensionalmente correcta.

Magnitudes fundamentales	Ecuación dimensional
Longitud	$[L] = L$
Masa	$[M] = M$
Tiempo	$[T] = T$
Temperatura	$[\theta] = \theta$
Intensidad de corriente	$[I] = I$
Intensidad luminosa	$[J] = J$
Cantidad de sustancia	$[\text{mol}] = N$

Magnitudes derivadas	Fórmula	Ecuación dimensional
Área (A)	$A = (\text{longitud})(\text{longitud})$	$[A] = (L \cdot L) \rightarrow [A] = L^2$
Volumen (V)	$V = (\text{longitud})(\text{longitud})(\text{longitud})$	$[V] = (L \cdot L \cdot L) \rightarrow [V] = L^3$
Velocidad (v)	$v = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{variación de tiempo}} \rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$[v] = \frac{[\Delta x]}{[\Delta t]} \rightarrow \frac{L}{T} \rightarrow [v] = LT^{-1}$
Aceleración (a)	$a = \frac{\text{variación de velocidad}}{\text{variación de tiempo}} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} \rightarrow \frac{LT^{-1}}{T} \rightarrow [a] = LT^{-2}$
Fuerza (F)	$F = (\text{masa})(\text{aceleración}) \rightarrow F = m a$	$[F] = [m][a] \rightarrow [F] = MLT^{-2}$
Presión (p)	$p = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} \rightarrow p = \frac{F}{A}$	$[p] = \frac{[F]}{[A]} = \frac{MLT^{-2}}{L^2} \rightarrow [p] = ML^{-1}T^{-2}$
Trabajo (W)	$W = (\text{fuerza})(\text{desplazamiento}) \rightarrow W = F \Delta x$	$[W] = [F][\Delta x] = MLT^{-2}L \rightarrow [W] = ML^2T^{-2}$
Potencia (P)	$P = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}} \rightarrow P = \frac{W}{t}$	$[P] = \frac{[W]}{[t]} = \frac{ML^2T^{-2}}{T} \rightarrow [P] = ML^2T^{-3}$
Densidad (ρ)	$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \rightarrow \rho = \frac{M}{V}$	$[\rho] = \frac{[M]}{[V]} = \frac{M}{L^3} \rightarrow [D] = ML^{-3}$

EJEMPLO RESUELTO 8

Si en la ecuación física $W = A \cdot V$, determina qué magnitud representa A si W es el trabajo, y V, el volumen.

- Escribimos la ecuación dimensional de la fórmula $[W] = [A] [V]$.
- Reemplazamos las dimensiones conocidas y resolvemos.

$$[W] = [A] [V] \rightarrow ML^2T^{-2} = [A] L^3 \rightarrow [A] = ML^{-1}T^{-2}$$

Por lo tanto, A representa la presión.

Principio de homogeneidad

Una expresión o fórmula física es correcta (homogénea) cuando todos sus términos son dimensionalmente iguales. Observa:

$$\begin{array}{rcccccc} 10 \text{ kg} & + & 4 \text{ kg} & + & 2 \text{ kg} & = & 16 \text{ kg} \\ \underline{M} & + & \underline{M} & + & \underline{M} & = & M \quad (\text{Correcto}) \end{array}$$

$$\begin{array}{rcccccc} 7 \text{ m} & - & 3 \text{ m} & + & 2 \text{ m} & = & 6 \text{ m} \\ \underline{L} & - & \underline{L} & + & \underline{L} & = & L \quad (\text{Correcto}) \end{array}$$

$$\begin{array}{rcccccc} 16 \text{ kg} & + & 6 \text{ m} & = & ? & & \\ \underline{M} & + & \underline{L} & = & & & \text{Imposible} \quad (\text{Incorrecto}) \end{array}$$

A este hecho se le conoce como el principio de homogeneidad, el cual se enuncia así: "Una magnitud física solo se puede sumar o restar a otra magnitud física dimensionalmente homogénea o igual".

Es decir, si $A + B = C - D$ es una ecuación física donde A, B, C y D son magnitudes físicas, entonces $[A] = [B] = [C] = [D]$.

EJEMPLO RESUELTO 9

Demuestra que $d = v_i t + 1/2 a t^2$ es dimensionalmente correcta.

Donde: d = desplazamiento, v_i = velocidad, a = aceleración y t = tiempo.

- Recordamos las dimensiones de las magnitudes conocidas:
 $[d] = [\text{desplazamiento}] = L$ $[a] = [\text{aceleración}] = LT^{-2}$
 $[v_i] = [\text{velocidad}] = LT^{-1}$ $[t] = [\text{tiempo}] = T$
- Escribimos la ecuación dimensional de la fórmula física dada:

$$[d] = [v_i] [t] + [1/2] [a] [t]^2$$

- Reemplazamos las dimensiones de las magnitudes conocidas del paso 1 y resolvemos:

$$L = (LT^{-1}) T + LT^{-2} T^2 \rightarrow L = L + L$$

La ecuación es dimensionalmente correcta, pues cumple con el principio de homogeneidad.

EJEMPLO RESUELTO 10

Sea la ecuación física de la energía $E = m c^2$. Deduce las dimensiones de la energía E, si m es la masa y c es la velocidad de la luz.

- Reemplazamos las dimensiones de las magnitudes conocidas:

$$E = m c^2 = ML^2T^{-2}$$

¿SABÍAS QUE...?

Los números, los ángulos, las funciones trigonométricas y los logaritmos son adimensionales (no tienen dimensión). Por lo tanto, cuando aparecen como coeficientes, se les reemplaza por la unidad, pero cuando aparecen como exponentes, toman su verdadero valor.

Ejemplos:

- $[5] = 1$
- $[2\pi \text{ rad}] = 1$
- $[2 \text{ m/s}] = (1) LT^{-1}$
- $[\text{sen}(A B)] = 1$
- $[2 \text{ Log}(x/y)] = 1$
- $[L^5 \tan(w)] = L^5$
- $[M^{\text{sen } 30^\circ}] = M^{1/2}$
- $[2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}] = M$
- $[2^x] = 1$

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el análisis dimensional, consulta la página 14 del libro *La Biblia de la Física y Química* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Magnitudes escalares y vectoriales

Si queremos indicar la temperatura de un cuerpo, basta con dar un valor y su unidad respectiva ($37\text{ }^{\circ}\text{C}$). Sin embargo, si queremos indicar la velocidad de un avión en el aire, además del valor de la velocidad, debemos indicar también hacia dónde se dirige el avión; por ejemplo, 600 km/h hacia el norte.

Para resolver esta diferencia, las magnitudes físicas se clasifican, según su naturaleza, en magnitudes escalares y magnitudes vectoriales.

Magnitudes escalares

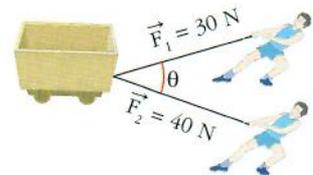
Son aquellas **magnitudes físicas** que para estar bien definidas solo necesitan de un valor o módulo y una unidad física. Por ejemplo: masa, tiempo, trabajo, densidad, área, longitud, volumen, etc.

Una de las características de las magnitudes escalares es que se pueden sumar (por ejemplo, sumamos masas: $2\text{ kg} + 4\text{ kg} = 6\text{ kg}$) o restar (por ejemplo, restamos áreas: $8\text{ m}^2 - 3\text{ m}^2 = 5\text{ m}^2$) algebraicamente.

Magnitudes vectoriales

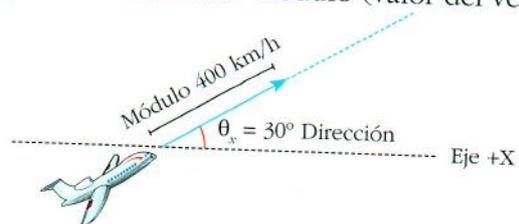
Son aquellas **magnitudes físicas** que, además de tener un **valor numérico** y una **unidad**, necesitan de una **dirección** para quedar correctamente definidas. Por ejemplo: la velocidad, la aceleración, la fuerza, etc.

La adición y la sustracción de estas magnitudes no son operaciones algebraicas. Por ejemplo, considera a dos hombres que jalan una caja con fuerzas de intensidades de 30 N y 40 N , como muestra la figura. La fuerza neta sobre la caja no es 70 N (es decir: $30\text{ N} + 40\text{ N} \neq 70\text{ N}$), porque las fuerzas no apuntan al mismo lugar.



Los vectores

Las magnitudes vectoriales se representan por un ente matemático denominado vector. Gráficamente, un vector está representado por un segmento de recta orientado y tiene los siguientes elementos: **módulo** (valor del vector, y es proporcional al valor numérico o a la intensidad de la magnitud que representa) y **dirección** (ángulo entre el vector y el eje +X).



PRESTA ATENCIÓN



\vec{a} se lee: "Vector a ".
 $|\vec{a}|$ o a se lee: "Módulo del vector a ".

PARA SABER MÁS

Por convención, no se usa el concepto de sentido de un vector porque está determinado por la dirección que es el ángulo que forma el vector con el eje +X.

En el ejemplo, el módulo del vector velocidad es 400 km/h . La dirección está dada por el ángulo $\theta_x = 30^{\circ}$.

Adición y sustracción vectorial

La suma de dos o más magnitudes vectoriales consiste en representarlas por un solo vector llamado **resultante**. Este vector produce el mismo efecto que todos los vectores que reemplaza.

La suma vectorial se representa simbólicamente con esta expresión:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

Donde \vec{A} y \vec{B} son los vectores, y \vec{R} es el vector resultante.

Asimismo, la diferencia de dos vectores $\vec{A} - \vec{B}$ se define como la suma vectorial de \vec{A} y \vec{B} . Se representa simbólicamente con esta expresión:

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

Para sumar vectores, trazamos paralelas a los vectores dados hasta formar un paralelogramo. La resultante será la diagonal que parte del origen de los dos vectores hasta el vértice opuesto.

Sean los vectores A y B, como muestra la figura. Grafica y calcula $|\vec{A} + \vec{B}|$, $|\vec{A} + (-\vec{B})|$ y la dirección en cada caso.



PARA SABER MÁS

Definimos el negativo de un vector como un vector con la misma magnitud que el vector original, pero con dirección opuesta.

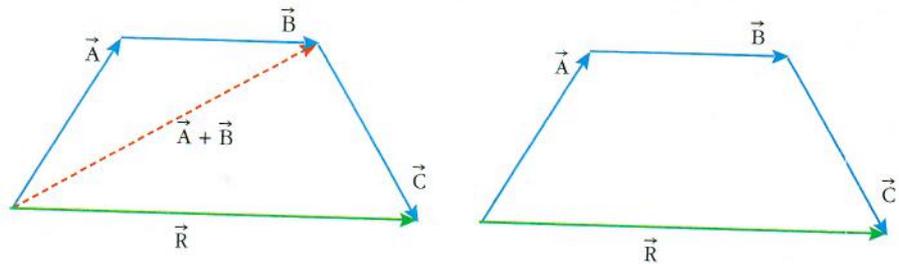


El negativo de \vec{A} se denota con $-\vec{A}$. Por ejemplo, si \vec{A} es 53 m al sur, entonces $-\vec{A}$ es 53 m al norte.

Procedimiento	Cálculo de $ \vec{A} + \vec{B} $	Cálculo de $ \vec{A} + (-\vec{B}) $
Medimos, con regla y transportador, el módulo y la dirección con respecto al eje +X de cada vector. Volvemos a dibujar los vectores desde un origen común respetando su dirección y sentido.		
Con los vectores unidos en un mismo origen, construimos un paralelogramo, recordando que los lados paralelos deben tener la misma longitud.		
Trazamos el vector resultante desde el origen común; este debe coincidir con una diagonal del paralelogramo.		
Medimos el módulo y la dirección del vector resultante. En nuestro ejemplo, estos son los valores:	$ \vec{R} = \vec{A} + \vec{B} = 2,3 \text{ cm}$ $\angle \theta = 56^\circ$	$ \vec{R} = \vec{A} - \vec{B} = 4,5 \text{ cm}$ $\angle \theta = 175^\circ$

Suma vectorial de tres o más vectores

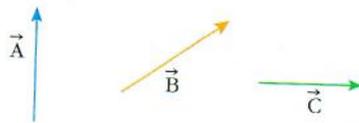
La suma de tres vectores se obtiene sumando primero los vectores \vec{A} y \vec{B} y, luego, sumando el vector \vec{C} . Se expresa así: $(\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$.



También se puede obtener colocando el origen de cada vector sobre el extremo del vector anterior. La resultante R es el vector que tiene por origen el del primer sumando, y por extremo, el último sumando.

Si necesitamos sumar varios vectores, podemos trazar los vectores uno a continuación de otro, formando un polígono. El vector que cierra el polígono desde el origen del primero hasta el extremo del último es el vector resultante.

Sean los vectores \vec{A} , \vec{B} y \vec{C} como muestra la figura. Calcula $|\vec{A} + \vec{B} + \vec{C}|$, $|\vec{A} - \vec{B} - \vec{C}|$ y la dirección en cada caso.



Procedimiento	Cálculo de $ \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} $	Cálculo de $ \vec{A} - \vec{B} - \vec{C} $
Dibujamos los vectores uno a continuación de otro, de manera tal que el origen del vector coincida con la punta de flecha del vector anterior. En este paso se debe tener cuidado con el módulo y la dirección al trazar cada vector. Intenta ser preciso.	<p>$\vec{A} = 15 \text{ mm}$ $\vec{B} = 17 \text{ mm}$ $\vec{C} = 15 \text{ mm}$ 90° 34°</p>	
Trazamos el vector resultante, desde el origen del primer vector hasta la punta de flecha del último.		
Medimos el módulo y la dirección del vector resultante. En nuestro ejemplo, estos son los valores:	$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 37 \text{ mm}$ $\theta = 41^\circ$	$\vec{R} = \vec{A} - \vec{B} - \vec{C} = 37 \text{ mm}$ $\theta = 169^\circ$

Componentes de un vector

Has aprendido a encontrar la resultante de la suma de dos o más vectores. También es posible el proceso inverso; es decir, **dado un vector, encontrar sus vectores componentes**. Estos vectores componentes pueden estar orientados en cualquier dirección; la única condición que deben cumplir es que su suma sea el vector dado.

Componentes rectangulares de un vector

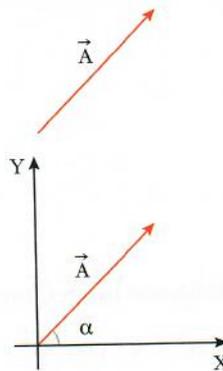
Si descomponemos un vector en sus componentes y estas están ubicadas en los ejes X e Y, se les llamará componentes rectangulares.

Para definir las componentes de un vector, partimos de un sistema rectangular de eje de coordenadas (cartesiano).

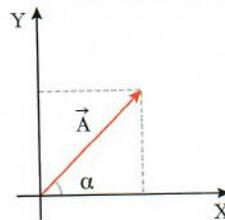
Determinemos las componentes del vector \vec{A} .

Procedimiento

1. Trasladamos el vector \vec{A} al origen de un sistema de coordenadas X e Y:

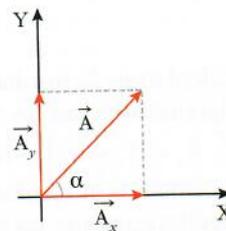


2. Por la flecha del vector \vec{A} , trazamos paralelas a los ejes coordenados formando un rectángulo con los ejes:



3. Trazamos las componentes \vec{A}_x y \vec{A}_y en los ejes coordenados, desde el origen de \vec{A} . El valor de las componentes puede determinarse usando las relaciones trigonométricas del ángulo.

$$A_x = A \cdot \cos \alpha \quad A_y = A \cdot \sin \alpha$$



4. Con los vectores componentes del vector dado, podemos obtener las siguientes expresiones:

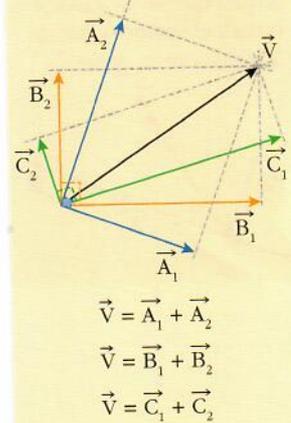
$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y \text{ y el módulo } A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

El ángulo α representa la dirección del vector \vec{A} respecto al eje +X y se calcula así: $\text{tg } \alpha = \frac{A_y}{A_x}$

PRESTA ATENCIÓN

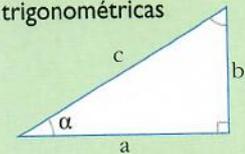


Un vector se puede descomponer de infinitas formas. Así, en el siguiente gráfico, se muestran las componentes del vector \vec{V} según las direcciones de pares de rectas (A_1 y A_2 , B_1 y B_2 , C_1 y C_2 , etc.).



PARA SABER MÁS

Razones trigonométricas

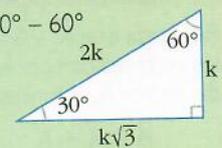


$$\text{sen } \alpha = \frac{b}{c} \quad \text{cos } \alpha = \frac{a}{c}$$

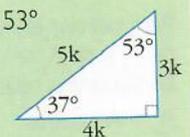
$$\text{tg } \alpha = \frac{b}{a}$$

Relaciones entre los lados de los triángulos notables

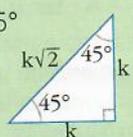
- 30° - 60°



- 37° - 53°



- 45° - 45°

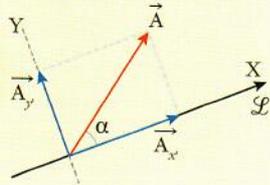


PRESTA ATENCIÓN



Para obtener las componentes de un vector sobre una recta, es necesario que exista un ángulo entre el vector y la recta de referencia.

Por ejemplo, para el siguiente diagrama, el ángulo que se va a usar es α para el vector A, donde \mathcal{L} es una recta general.



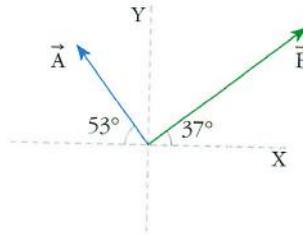
Suma vectorial utilizando componentes rectangulares

Con las componentes de un vector podemos sumar vectores. Para ello, hallamos las componentes de los vectores dados y, luego, operamos las magnitudes de estas.

Los vectores componentes tienen el signo del eje donde se encuentran. Si el valor de la componente es positivo, el vector componente se encontrará orientado hacia los ejes positivos del sistema cartesiano; en cambio, si el valor de la componente es negativo, el vector componente se encontrará orientado hacia los ejes negativos.

EJEMPLO RESUELTO 11

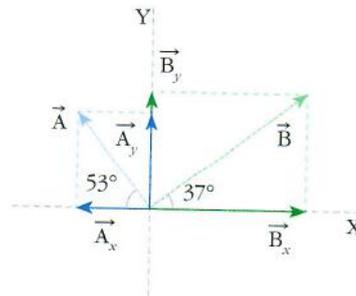
Sean los vectores \vec{A} y \vec{B} como muestra la figura. Calcula el módulo de la resultante al sumar ambos vectores si $|\vec{A}| = 20 \text{ cm}$ y $|\vec{B}| = 30 \text{ cm}$.



- Hallamos los vectores componentes de los vectores dados:

$$\vec{A}: A_x = A \cdot \cos 53^\circ = -20\left(\frac{3}{5}\right) = -12 \text{ cm} \quad A_y = A \cdot \sin 53^\circ = 20\left(\frac{4}{5}\right) = 16 \text{ cm}$$

$$\vec{B}: B_x = B \cdot \cos 37^\circ = 30\left(\frac{4}{5}\right) = 24 \text{ cm} \quad B_y = B \cdot \sin 37^\circ = 30\left(\frac{3}{5}\right) = 18 \text{ cm}$$



- Calculamos la resultante de los vectores paralelos al eje X, sumando algebraicamente las componentes X de cada vector.

$$\vec{R}_x: R_x = A_x + B_x = -12 \text{ cm} + 24 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

- Calculamos la resultante de los vectores paralelos al eje Y, sumando algebraicamente las componentes Y de cada vector.

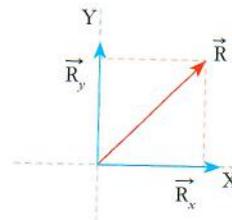
$$\vec{R}_y: R_y = A_y + B_y = 16 \text{ cm} + 18 \text{ cm} = 34 \text{ cm}$$

- Calculamos la resultante sumando vectorialmente los vectores componentes.

Trazamos y calculamos el vector resultante R, considerando los signos de R_x y R_y .

$$\vec{R} = \vec{R}_x + \vec{R}_y; R_x = 12 \text{ cm}, R_y = 34 \text{ cm}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(12)^2 + (34)^2} = 10\sqrt{13} \text{ cm}$$



PRESTA ATENCIÓN



Recuerda que \vec{A}_x y \vec{A}_y son los vectores componentes del vector A, entonces:

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$$

Para calcular el módulo de A_x y de A_y se utilizan las siguientes relaciones:

$$A_x = A \cdot \cos \alpha$$

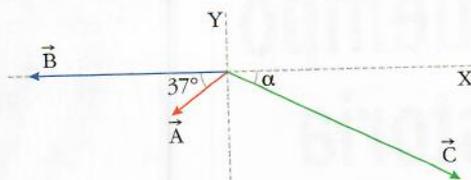
$$A_y = A \cdot \sin \alpha$$

Estas representan los valores de las componentes de las magnitudes físicas.

EJEMPLO RESUELTO 12

Calcula el módulo de la resultante al sumar los vectores mostrados en la figura si su dirección es vertical.

$|\vec{A}| = 50 \text{ N}$ $|\vec{B}| = 120 \text{ N}$ $|\vec{C}| = 200 \text{ N}$



- Hallamos las componentes rectangulares de cada uno de los vectores dados:

\vec{A} : $A_x = -A \cdot \cos 37^\circ = -50\left(\frac{4}{5}\right) = -40 \text{ N}$ $A_y = -A \cdot \sin 37^\circ = -50\left(\frac{3}{5}\right) = -30 \text{ N}$

\vec{B} : $B_x = -120 \text{ N}$ $B_y = 0$

\vec{C} : $C_x = C \cdot \cos \alpha = 200 \cos \alpha$ $C_y = -C \cdot \sin \alpha = -200 \sin \alpha$

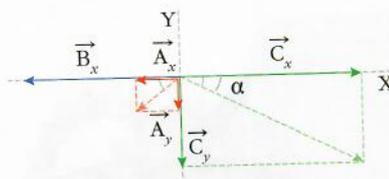
- Por condición del problema $\vec{R}_x = 0$:

$-40 - 120 + 200 \cos \alpha = 0$

$\cos \alpha = 160/200$

$\alpha = 37^\circ \text{ aprox.}$

El ángulo α es 37° .



- La resultante la obtenemos de \vec{R}_y :

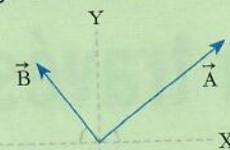
$R_y = -30 - 200 \sin \alpha = -30 - 200(3/5) = -30 - 120 = -150 \text{ N}$

$|\vec{R}| = |\vec{R}_y| = 150 \text{ N.}$

Luego, el módulo de la resultante es 150 N.

PARA SABER MÁS

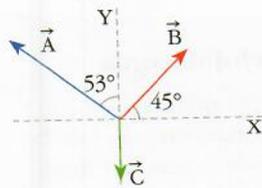
La descomposición rectangular de dos vectores se realiza de la siguiente forma:



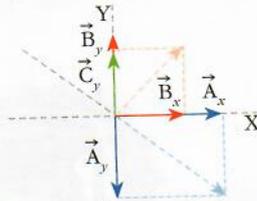
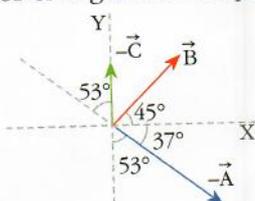
$\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x$
 $\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y$
 $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

EJEMPLO RESUELTO 13

Halla $|\vec{-A} + \vec{B} - \vec{C}|$ si $|\vec{A}| = 5 \text{ N}$, $|\vec{B}| = 2\sqrt{2} \text{ N}$ y $|\vec{C}| = 2 \text{ N}$.



- Hallamos el negativo o el opuesto de \vec{A} y de \vec{C} como se ve en la figura:



- Hallamos las componentes rectangulares de cada uno de los vectores dados:

$\vec{-A}$: $A_x = A \cdot \cos 37^\circ = 5\left(\frac{4}{5}\right) = 4 \text{ N}$ $A_y = A \cdot \sin 37^\circ = 5\left(\frac{3}{5}\right) = 3 \text{ N}$

\vec{B} : $B_x = B \cdot \cos 45^\circ = 2\sqrt{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 2 \text{ N}$ $B_y = B \cdot \sin 45^\circ = 2\sqrt{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 2 \text{ N}$

$\vec{-C}$: $C_x = 0$ $C_y = 2 \text{ N}$

- Obtenemos $R_x = 6 \text{ N}$ y $R_y = 1 \text{ N}$

La resultante es: $|\vec{-A} + \vec{B} - \vec{C}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(6)^2 + (1)^2} = \sqrt{37} \text{ N}$



La medición del tiempo a través de la historia

La necesidad de medir el tiempo llevó al ser humano a inventar el reloj, el cual ha ido mejorando a lo largo de la historia. Todos los modelos, desde los más rudimentarios hasta los de alta precisión, se basan en dos conceptos físicos: el periodo y la frecuencia.

Reloj de sol

El primer dispositivo que se conoció para medir el tiempo se basó en el periodo de rotación de la Tierra. La sombra de una vara inclinada indicaba la hora. No era un dispositivo muy preciso pero sí muy ingenioso.



La longitud de la varilla se regula con un perno con el que se corrige el periodo de oscilación.



Clepsidra o reloj de agua

Este dispositivo era utilizado en las noches. Su funcionamiento se basaba en la regularidad que tiene un fluido cuando pasa de un recipiente a otro.

Reloj de arena

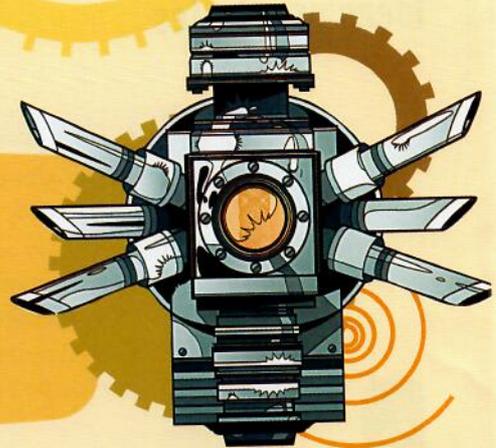
El principio de su funcionamiento es similar al de la clepsidra, pero utilizando arena en vez de agua. Este nuevo diseño permitió la portabilidad del reloj.





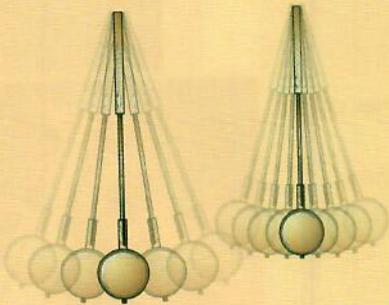
Reloj atómico

Su funcionamiento es similar al reloj de cuarzo, pero las oscilaciones son producidas por átomos de cesio. Su medida de tiempo es la más precisa actualmente.



El péndulo

El periodo del péndulo depende de su longitud. Cuanto más largo sea el péndulo, mayor tiempo tarda una oscilación completa.



Reloj de cuarzo

El cuarzo tiene la propiedad de oscilar con una frecuencia muy precisa en presencia de un campo eléctrico oscilante. Es un reloj electrónico y la energía de funcionamiento la suministra una pila.

Reloj mecánico

Su funcionamiento consiste en la caída de un peso que transmite un movimiento a los engranajes y punteros. Tiene un mecanismo que evita que se acelere y un péndulo que dicta la frecuencia del reloj.



Resumen

Ideas principales

MEDICIONES DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS

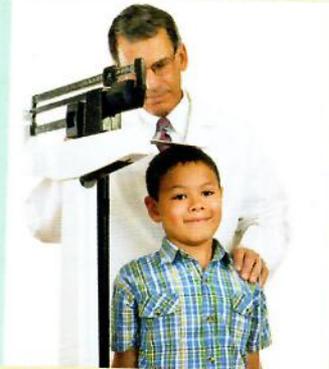
La física y las ciencias experimentales

- Física clásica, moderna y contemporánea.
- Métodos de la ciencia: analítico, sintético, deductivo e inductivo.
- Método científico: observación, hipótesis, experimentación, leyes, teorías y comunicación de los resultados.
- Técnicas básicas del laboratorio: manipular sólidos y líquidos, pesar sustancias y medir volúmenes.



La medición

- La medida: magnitud y unidad.
- El sistema internacional de unidades (SI): magnitudes fundamentales y derivadas.
- Notación científica y cifras significativas.
- El error en la medición: resultados y estimación del error.
- Medidas directas e indirectas (longitud, masa, volumen y densidad).



Shutterstock

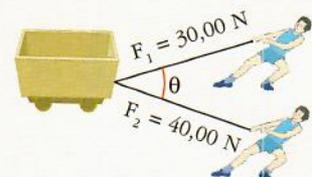
Análisis dimensional

- Ecuaciones dimensionales: expresan relaciones entre las magnitudes fundamentales y derivadas.
- Principio de homogeneidad: una magnitud física solo se puede sumar o restar a otra magnitud dimensionalmente homogénea.



Magnitudes escalares y vectoriales

- Magnitudes escalares: magnitudes físicas que tienen un valor o módulo y una unidad física.
- Magnitudes vectoriales: magnitudes físicas que tienen un valor numérico, unidad, dirección y sentido.
- Vector: segmento de recta orientado que tiene módulo, dirección y sentido.
- Componentes de un vector: componentes rectangulares de un vector y suma vectorial.
- Cálculo del módulo de la resultante (se aplica la ley de cosenos).



© Santillana S.A.

Organizador visual: cuadro sinóptico

MAGNITUDES FÍSICAS

Por su origen	Fundamental	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud - Masa - Tiempo - Temperatura - Cantidad de sustancia - Intensidad luminosa - Intensidad de corriente, etc.
	Derivada	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie - Volumen - Densidad - Velocidad - Aceleración, etc.
Por su naturaleza	Escalar	<ul style="list-style-type: none"> - Masa - Tiempo - Trabajo - Densidad - Área, etc.
	Vectorial	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerza - Velocidad - Aceleración - Empuje - Peso, etc.

Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web encontrarás información acerca de las mediciones de las magnitudes físicas que reforzarán lo que has aprendido

- http://tochtli.fisica.uson.mx/electro/vectores/definici%C3%B3n_de_vectores.htm
- <http://www.acienciasgalilei.com/fis/tablas/tab1-fis.htm>

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual* (10ª ed.). México D. F.: Pearson Educación.

Para ampliar

Veriscope Pictures (2003), *Las mentes más brillantes del mundo - Secretos escondidos*.

Galileo, Newton, Einstein, Hawking: cada uno de estos hombres fue un rebelde en tiempo. Este documental explora los logros de estos científicos en el contexto de sus tumultuosas vidas, mostrando dramáticas recreaciones, pinturas, fotos, cartas y extractos de diarios acompañado de comentarios de historiadores y científicos, incluyendo al mismo Stephen Hawking, para entender cómo estos hombres brillantes descubren los principios fundamentales del universo.

- <https://www.youtube.com/watch?v=FEEnPyLP4uGc>



IDEAS CLAVE

- Movimiento de los cuerpos
- Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)
- Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)
- Movimiento vertical
- Movimientos compuestos
- Movimiento circular uniforme (MCU)

2

Movimiento de los cuerpos

LEEMOS

La cinemática en la vida diaria

Un *rally* es una competencia de resistencia de automóviles o motocicletas celebrada en carreteras, caminos rurales y pistas difíciles, y generalmente por etapas. Uno de los más famosos del mundo es el Rally Dakar.

Parte del recorrido se desarrolla en zonas de arena, barro, rocas y vegetación, lo que aumenta el grado de complejidad de esta competencia. En este *rally* los participantes desarrollan habilidades físicas que se basan en diferentes conceptos y principios científicos, como el movimiento, los puntos de referencia, la velocidad, la aceleración, entre otros, que les permiten conseguir grandes resultados. En el año 2013, esta competencia se realizó en el sur del Perú, Chile y Argentina y, como siempre, se caracterizó por su alta dosis de velocidad, esfuerzo, sacrificio y destreza.

En la actualidad, la organización del Rally Dakar se preocupa permanentemente por atenuar su impacto sobre el ambiente y preservar el patrimonio de los países por donde pasa la competencia.

¿Qué factores influyen en el desarrollo de un rally? ¿Cómo repercute el aspecto climatológico en este tipo de competencias? ¿De qué manera se puede aprovechar mejor la velocidad? ¿Por qué una trayectoria recta beneficia el desplazamiento de los autos en una carrera? Durante una carrera de autos, ¿en qué momento la aceleración debe ser menor para evitar accidentes? ¿En qué otras actividades deportivas se utilizan los mismos conceptos o habilidades?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al terminar esta unidad, podrás describir e interpretar los factores que influyen en el movimiento a través de la indagación y experimentación científica. Asimismo, serás capaz de diferenciar los tipos de movimiento de un cuerpo en diversos fenómenos naturales.

Automóvil desplazándose por el sur del Perú.



Introducción a la unidad

El fenómeno del movimiento resulta familiar, pues todos los días observamos cuerpos que se mueven en distintas direcciones. Para describir cuantitativamente el movimiento de un cuerpo, se necesitan medir los factores que lo producen, como la distancia recorrida, el tiempo, la velocidad y la aceleración.

En esta unidad aprenderás a describir el movimiento de los cuerpos a través de conceptos como la rapidez, la velocidad y la aceleración, y serás capaz de interpretar los tipos de movimiento de un cuerpo. Asimismo, a través del conocimiento de la cinemática podrás describir las propiedades que representan dichos movimientos en la vida diaria.

La cinemática

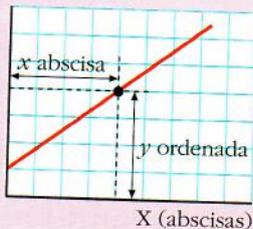
Si miras a tu alrededor, te darás cuenta de que casi todo lo que te rodea se encuentra en movimiento: autos que circulan, aves que vuelan, personas que caminan, etc. El movimiento está presente en todas nuestras actividades diarias.

La parte de la física que estudia el movimiento, sin pretender explicar las causas que lo originan, es la cinemática.

PARA SABER MÁS

En un sistema de ejes cartesianos, el eje horizontal (X) es el eje de abscisas y el eje vertical (Y) es el eje de ordenadas.

Y (ordenadas)



Móvil y partícula

Un **móvil** es cualquier cuerpo que cambia de posición respecto a otro y cuyo desplazamiento se quiere analizar. Una **partícula** es un objeto cuyas dimensiones son lo suficientemente pequeñas para ser tomadas en cuenta en el análisis del movimiento.

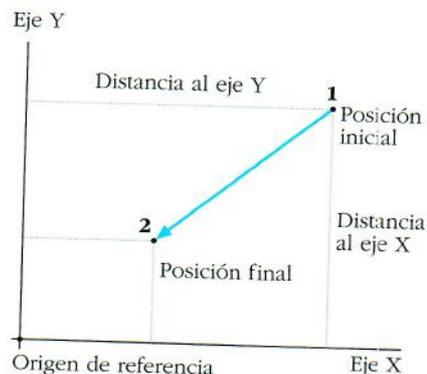
Sistemas de referencia

Para describir el movimiento de un cuerpo se requiere un sistema o marco de referencia, desde dicho sistema de referencia el observador (aquel que estudia el movimiento) puede medir la posición, velocidad, aceleración y otras magnitudes del cuerpo en movimiento.

Un ejemplo de sistema de referencia es el sistema cartesiano, el cual consta de dos ejes que se cruzan perpendicularmente.

Sistema de referencia.

Se utiliza un origen y unos ejes que permiten describir la posición del móvil en cada instante.



Supón que Juan está en su auto y observa a una persona que se mueve a 10 km/h. Entonces podemos afirmar que dicha persona se mueve a 10 km/h respecto a Juan; por lo tanto, él es un marco de referencia.



Sistema de Posicionamiento Global - GPS. Un GPS (*Global Positioning System*) es un sistema de operaciones formado por satélites de navegación y satélites de control de órbita. El receptor GPS convierte la señal codificada que envía el satélite en valores de velocidad, posición y tiempo.

Movimientos absolutos y relativos

Muchas veces no es fácil encontrar buenos puntos de referencia.

Imagina que caminas hacia delante por el pasillo de un ómnibus en marcha. ¿Cuál sería el punto de referencia adecuado para calcular tu posición o la velocidad a la que te mueves: un punto dentro del ómnibus o un punto sobre la acera? ¿Y si al subir al ómnibus caminaras en sentido contrario a la marcha?

Vamos a considerar dos casos:

- Si el punto de referencia está **en reposo**, el movimiento respecto a él se llama **absoluto**. Es el caso de una persona caminando por la acera que se aleja del paradero del ómnibus.
- Si el punto de referencia está también **en movimiento**, el movimiento respecto a él se llama **relativo**. Corresponde al caso de un pasajero que camina dentro de un ómnibus en movimiento.

¿Qué punto de referencia fijo elegimos para definir los movimientos absolutos? Realmente no hay ninguno: la Tierra se mueve alrededor del Sol, y este gira alrededor del centro de nuestra galaxia... Ni un solo punto del universo está en reposo: todos los movimientos son relativos.

Sin embargo, la física considera que, para facilitar el estudio de los movimientos y mientras no se diga lo contrario, **la Tierra constituye nuestro sistema de referencia en reposo para definir los movimientos absolutos.**

GLOSARIO

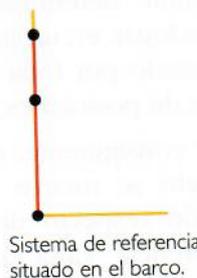
Cinemática. Parte de la física que estudia el movimiento prescindiendo de las fuerzas que lo producen.

EJEMPLO RESUELTO 1

- ¿Qué tipo de movimiento corresponde a una persona que se mueve dentro de un ómnibus?
Para una persona que viaja dentro del ómnibus, su asiento permanece en reposo.
Para un observador situado en la calle, fuera del ómnibus, el asiento se mueve a la misma velocidad que el ómnibus. Entonces, ¿se mueve o no se mueve el asiento?
- Desde lo alto del mástil de un barco, se deja caer una piedra. ¿Cómo será el movimiento de la piedra según un observador situado en un punto de la cubierta del barco? ¿Y según un observador que se encuentra en un punto de la playa?
Un observador situado en el propio barco (sistema de referencia) verá que la piedra cae verticalmente hasta llegar a la base del mástil.

Sin embargo, si cambiamos de sistema de referencia y nos situamos en la playa, debemos tener en cuenta que la piedra, respecto a ese nuevo sistema de referencia, se mueve solidariamente con el barco, es decir, lleva su misma velocidad.

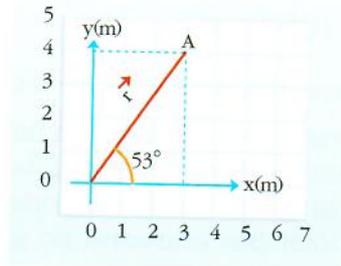
Por lo tanto, la piedra, a la vez que cae, se traslada respecto a la persona que la observa desde la playa.



Posición y sistema de referencia

Para estudiar el movimiento de los cuerpos (móviles), debemos conocer su posición, que se determina siempre con respecto a un sistema de referencia.

El vector de posición (\vec{r}) se inicia en el origen del sistema de referencia, y su extremo, en el punto donde se encuentra el cuerpo.



El punto A se ubica a 5,0 m del origen de coordenadas con una dirección de 53° .

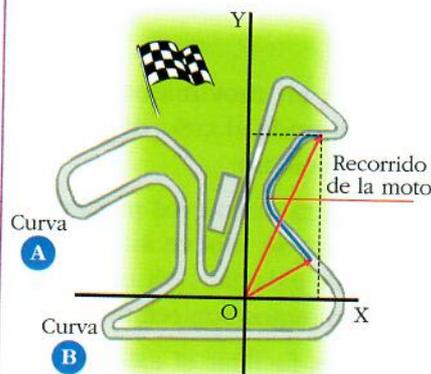
Lineal o unidimensional

En este caso el vector de posición coincide con la dirección del camino seguido por los corredores.



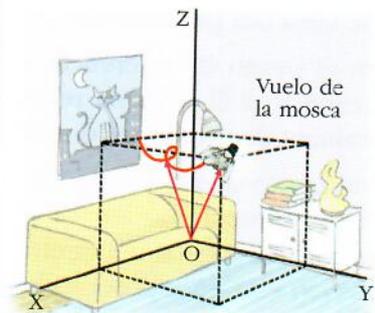
La posición se indica dando la distancia al origen del sistema de referencia.

Plano o bidimensional



La posición se indica mediante un vector que tiene como origen el punto O, y como extremo, las coordenadas del punto en el que está la moto.

Espacial o tridimensional



La posición se indica mediante un vector que tiene como origen el punto O, y como extremo, las coordenadas del punto en el que está la mosca.

Movimiento, posición y tiempo

El **movimiento** es esencialmente un cambio gradual. Un cuerpo pasa de estar en un lugar, en un instante determinado, a estar en otro lugar, en un instante posterior, pasando por toda una serie continua de posiciones intermedias.

Por consiguiente, decimos que un objeto se mueve cuando su posición respecto de un origen de referencia varía al transcurrir el tiempo.



El desplazamiento entre dos puntos de la montaña rusa no tiene por qué coincidir con el espacio recorrido.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los tipos de movimiento, consulta el capítulo 2 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

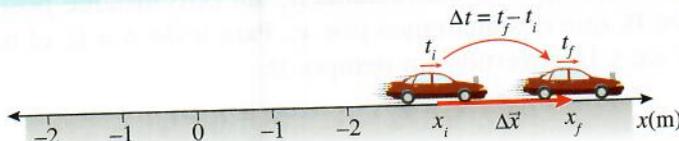
La **trayectoria** es el camino que describe el cuerpo que se mueve (el móvil) en su recorrido. La longitud de la trayectoria recibe el nombre de distancia recorrida.

El **desplazamiento** es el vector que representa la diferencia de la posición final y la posición inicial del móvil. Si en un instante t_i el móvil se encuentra en la posición x_i , y más tarde, en el instante t_f , el móvil se encuentra en la posición x_f , decimos que el móvil se ha desplazado. Entonces, podemos calcular el vector desplazamiento así:

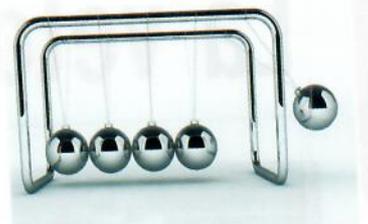
Donde:

$$\Delta \vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$$

$\Delta \vec{x}$ = desplazamiento (\vec{d})
 \vec{x}_f = posición final
 \vec{x}_i = posición inicial
 Δt = tiempo transcurrido



Si $x_i = -8\text{m}$ y $x_f = 5$, el móvil se aleja 13,0 m hacia la derecha de su punto de partida.



En el péndulo de Newton, la trayectoria de las esferas es igual a su desplazamiento.

Tipos de movimiento

La primera clasificación de los movimientos se puede realizar atendiendo al tipo de trayectoria que describen. Esta puede ser recta (rectilínea) o curva (curvilínea). Dentro de las trayectorias curvilíneas, podemos encontrar casos muy conocidos, como los movimientos elípticos, circulares y parabólicos.

Al estudiar el movimiento de cualquier objeto, es preciso indicar respecto de qué sistema de referencia estamos estudiando ese movimiento, ya que los valores de magnitudes, como la posición del objeto o la velocidad y también la forma de la trayectoria descrita, van a depender del sistema de referencia que se escoja.

En caso de que la trayectoria sea una recta y el movimiento del cuerpo no cambie de dirección, podemos afirmar que el valor del desplazamiento coincide con la distancia recorrida.



EJEMPLO RESUELTO 2

- Un móvil que se mueve en una recta inicia su movimiento en la posición $x_1 = -2\text{ m}$, y se traslada hasta una nueva posición $x_2 = 2\text{ m}$. Luego, lo hace hasta la posición $x_3 = -6\text{ m}$. ¿Cuál es el desplazamiento? Traza el vector desplazamiento X. ¿Cuál es la distancia recorrida?

Trazamos el eje X de un sistema cartesiano y situamos un origen 0. Ubicamos las diferentes posiciones que ocupa el móvil.

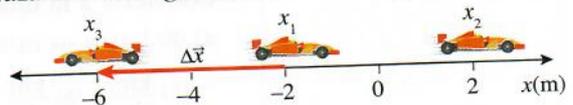


Calculamos el desplazamiento:

$$\Delta x = x_f - x_i = (-6) - (-2) = -4\text{ m}$$

El signo negativo del desplazamiento indica que su posición final es 4 m detrás de su posición inicial.

Trazamos en el gráfico el vector desplazamiento:



Calculamos la distancia recorrida recordando que esta es la longitud de la trayectoria. Desde $x_1 = -2\text{ m}$ hasta $x_2 = 2\text{ m}$ hay 4 m, y desde $x_2 = 2\text{ m}$ hasta $x_3 = -6\text{ m}$ hay 8 m. La distancia recorrida será 12 m.

La velocidad



Los caballos de carrera pueden alcanzar grandes velocidades.

Relacionamos el desplazamiento de un cuerpo u objeto en movimiento con el tiempo que tarda en recorrer una distancia, a esta magnitud física la llamamos velocidad.

¿Qué es la velocidad?

Imaginemos un móvil que, desplazándose siempre en el mismo sentido sobre su trayectoria, en el instante t_1 se encuentra en el punto A, cuya posición designaremos por su coordenada x_1 . En otro instante posterior t_2 , se encuentra en B, que designaremos por x_2 . Para ir de A a B, el móvil se ha desplazado Δx , y ha invertido un tiempo Δt :

$$\Delta \vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1 \quad ; \quad \Delta t = t_2 - t_1$$

Se llama **velocidad** (v) al desplazamiento experimentado por el móvil en cada unidad de tiempo. Traducido a expresión matemática en nuestro ejemplo:

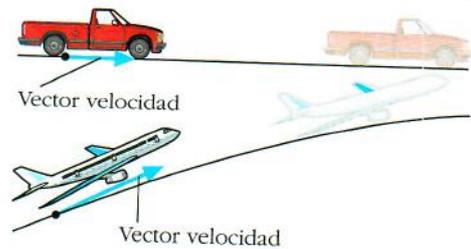
$$\vec{v} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} \quad ; \quad \vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{x}}{t} \text{ si } t_1 = 0$$

La unidad de velocidad en el sistema internacional es el m/s ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$). Es la velocidad de un móvil que recorre un metro en cada segundo. Otra unidad práctica es el km/h ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$).

La velocidad es una magnitud vectorial

La velocidad es una magnitud vectorial y, por lo tanto, se representa mediante un vector (\vec{v}). Observa a continuación los cuatro elementos de este vector.

- **Dirección.** Es la recta tangente a la trayectoria.
- **Módulo o intensidad.** Es el valor numérico de la velocidad: $v = \frac{\Delta x}{t}$



EN LA WEB

Para conocer más acerca de la cinemática, ingresa a: <http://ieselaza.educa.aragon.es/FisicaConceptualAplicada/CapituloI/Archivos/Cinematica.swf>

EJEMPLO RESUELTO 3

- Convierte a la unidad que se indica.

a) 90 km/h \rightarrow m/s

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \frac{90 \cdot 1000}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) 35 m/s \rightarrow km/h

$$35 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \frac{35 \cdot 3600}{1000} \frac{\text{km}}{\text{h}} = 126 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Velocidad media y velocidad instantánea

Se sabe que un automóvil demora 1 h 30 min en ir de Lima a Cañete. Además, el valor del desplazamiento entre ambas ciudades es de 148 km. Entonces, el valor de la **velocidad media** (\vec{v}_m) del automóvil será:

$$\frac{148 \text{ km}}{1,5 \text{ h}} = 98,60 \text{ km/h} = 98,6 \text{ km/h}$$

Decimos velocidad media porque el automóvil no ha ido siempre a esa velocidad, quizá lo haya hecho en muy pocas ocasiones. Unas veces habrá ido más deprisa, y otras, más despacio.

Se llama **velocidad instantánea** (\vec{v}) a la velocidad del móvil en un instante de tiempo. Por ejemplo, si en un punto del viaje observamos el odómetro del automóvil y vemos que marca 25 km/h, este valor indicará la velocidad instantánea del automóvil para ese preciso momento en el tiempo.

¿SABÍAS QUE...?

La velocidad instantánea es conocida, generalmente, solo como velocidad y, además, es vectorial.

Rapidez media

Es la distancia recorrida por el móvil en cada unidad de tiempo:

$$\text{rapidez media} = \frac{\text{longitud de la trayectoria}}{\text{intervalo de tiempo}}$$

En caso de que el móvil no cambie de dirección durante su movimiento, podemos afirmar que la rapidez es el módulo o valor de la velocidad.

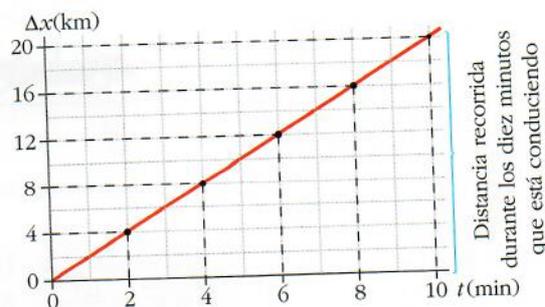
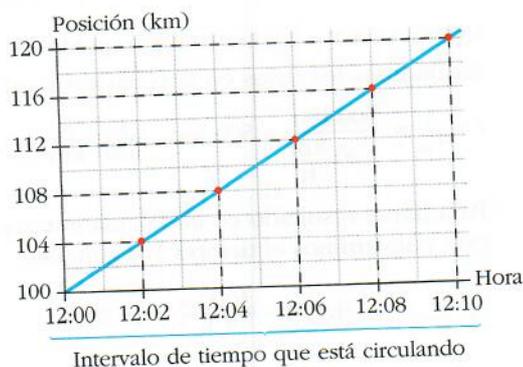
La unidad de rapidez es la misma que la velocidad (m/s). La rapidez es una magnitud escalar.

EJEMPLO RESUELTO 4

- Un automóvil circula en un sentido por una carretera recta y horizontal. En un momento determinado, un pasajero toma nota acerca de la posición del vehículo y registra los datos en este cuadro.

Hora	12 h	12 h 2 min	12 h 4 min	12 h 6 min	12 h 8 min	12 h 10 min
Kilómetro	100	104	108	112	116	120
t transcurrido (min)	0	2	4	6	8	10
Desplazamiento (km)	0	4	8	12	16	20

- A partir de los datos anteriores, el pasajero dibujó las gráficas de la derecha. Analiza ambas informaciones.



Observamos que:

- El valor de la velocidad media del automóvil es:

$$v = \frac{16 \text{ km}}{8 \text{ min}} = 2 \frac{\text{km}}{\text{min}}$$

- El automóvil recorre distancias iguales (4 km) en tiempos iguales (2 min).
- El valor de la velocidad del automóvil es la misma ($2 \frac{\text{min}}{\text{km}}$) en todo su recorrido.
- La gráfica posición-tiempo es una recta que pasa por el origen.

El movimiento rectilíneo uniforme (MRU)



Reflexiona. ¿El movimiento de una canica sobre una superficie es un movimiento rectilíneo uniforme?

Los movimientos más simples de estudiar corresponden a los que se realizan en línea recta y a una velocidad constante.

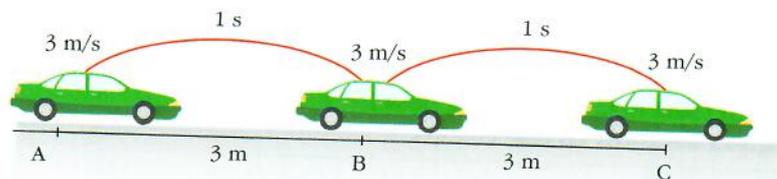
El movimiento rectilíneo uniforme es un movimiento sencillo y fácil de reconocer por sus características.

En la vida cotidiana, es difícil encontrar objetos que se muevan a una velocidad constante, pues siempre existe rozamiento que hace que la velocidad disminuya. A pesar de ello, resulta muy útil como aproximación estudiar el movimiento con velocidad constante, ya que sus ecuaciones son muy sencillas y nos aportan mucha información.

Un cuerpo posee movimiento rectilíneo uniforme cuando cumple las siguientes condiciones:

- La trayectoria que recorre es una línea recta.
- La velocidad es constante; es decir, no varía en módulo ni tampoco en dirección.

En el MRU la velocidad instantánea coincide con el valor de la velocidad media.



El automóvil realiza un movimiento rectilíneo uniforme.

$$\vec{v} = \vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

Donde:

Δx : desplazamiento

v : velocidad

Δt : intervalo de tiempo

EJEMPLO RESUELTO 5

- Un móvil va con un valor de velocidad de 120 km/h. ¿Cuánto tiempo tardará en recorrer 500 km?

Datos: $v = 120 \text{ km/h}$; $s = 500 \text{ km}$

Como se trata de un movimiento en el que se considera la velocidad fija, utilizamos la expresión matemática de la definición de velocidad media y despejamos el tiempo:

$$v_m = \frac{x - x_0}{t} \rightarrow t = \frac{x - x_0}{v_m}$$

Como $\Delta x = x - x_0$, la ecuación queda así: $t = \frac{s}{v_m}$
Sustituimos los datos en la ecuación y calculamos:

$$t = \frac{s}{v_m} = \frac{500 \text{ km}}{120 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 500 \text{ km} \cdot \frac{1}{120} \frac{\text{h}}{\text{km}} = 4,1\bar{6} \text{ h}$$

Para dar el resultado en el sistema internacional (SI), convertimos el tiempo a segundos:

$$4,17 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 15\,012 \text{ s}$$

Despejando la ecuación de velocidad, obtenemos la siguiente expresión:

$$\vec{v} = \vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t_f - t_i}$$

Si $t_i = 0$ y $t_f = t$, entonces tendremos: $\vec{v} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t - 0}$

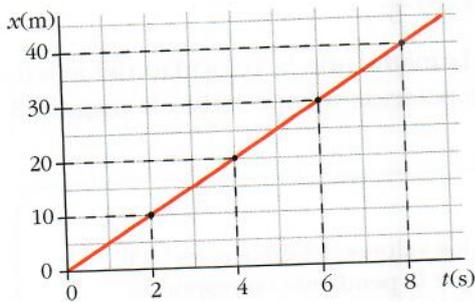
Por lo tanto: $\vec{x}_f = \vec{x}_i + \vec{v} \cdot t$

Donde x_f es la posición final, x_i es la posición inicial, v es la velocidad y t es el tiempo. Esta ecuación es conocida como la **ecuación de movimiento** y permitirá hallar la posición final de un móvil que realiza un MRU para cualquier instante de tiempo.

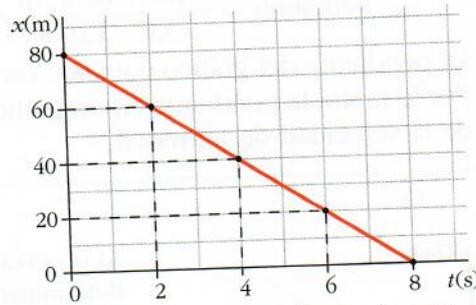
Recordemos que solo trabajaremos en el eje X con términos escalares con signo para respetar las características vectoriales de dirección y sentido. Esto es posible porque la dirección de la velocidad es constante.

El MRU en gráficas

Las siguientes gráficas posición-tiempo representan dos casos de movimientos rectilíneos uniformes.



El móvil parte del origen y se aleja de él a una velocidad constante de 5 m/s. La gráfica es una recta ascendente. Como $x_i = 0$, la posición del móvil en cada instante será: $x = 5 \cdot t$



El móvil parte de un punto situado a 80 m del origen y se aproxima a él a 10 m/s. La gráfica es una recta descendente. Como $x_i = 80$ m, la posición en cada instante será: $x = 80 - 10 t$

GLOSARIO

Movimiento rectilíneo uniforme. Movimiento cuya velocidad de traslación permanece constante y de manera lineal.

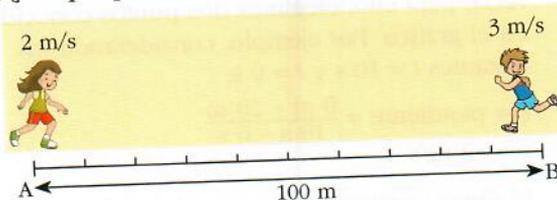
EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los MRU, consulta las páginas 17 a la 19 del libro *La Biblia de la Física y Química* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

EJEMPLO RESUELTO 6

- Dos personas corren en una pista recta de 100 m de longitud. Una parte de A hacia B a un valor de velocidad de 2 m/s, y la otra, de B hacia A con un valor de velocidad de 3 m/s. Si las dos inician el movimiento simultáneamente, responde:

- ¿Cuánto tiempo tardarán en encontrarse?
- ¿En qué punto se encontrarán?



Tomamos como referencia el punto A de la pista, es decir, ese será el origen.

- Corredor que parte de A
Punto de partida: 0
Ecuación del movimiento: $x_A = 2t$
- Corredora que parte de B
Punto de partida: a 100 m del origen
Ecuación del movimiento: $x_B = 100 - 3t$
- En el punto de encuentro, ambos corredores ocupan la misma posición:
Por lo tanto, como $x_A = x_B$:

$$\left. \begin{array}{l} x_A = 2t \\ x_B = 100 - 3t \end{array} \right\} \begin{array}{l} 2t = 100 - 3t \rightarrow 5t = 100 \\ \rightarrow t = 20 \text{ s} \end{array}$$

Se encontrarán en el punto:

$$x_A = 2 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s} = 40 \text{ m} = x_B$$



El ferrocarril Huancayo-Huancavelica entró en funcionamiento en el año 1926 y es conocido como el "Tren Macho" porque años atrás "salía cuando quería y llegaba cuando podía" debido a problemas técnicos. El ferrocarril tiene una extensión de 128,7 km y une las ciudades de Huancayo y Huancavelica en la sierra central del Perú, conectando la provincia más pobre del país con la pujante economía de Huancayo.

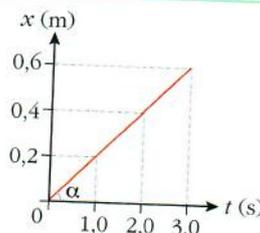
Gráficas posición-tiempo

En estas gráficas se representa la posición como una función que depende del tiempo. Para realizar una gráfica posición-tiempo, elegimos la ecuación del movimiento y sustituimos el tiempo por algunos valores escogidos.

Un automóvil se desplaza rectilínea y uniformemente ocupando las siguientes posiciones:

t (s)	0,0	1,0	2,0	3,0
x (m)	0,0	0,2	0,4	0,6

El gráfico que le corresponde es el siguiente:



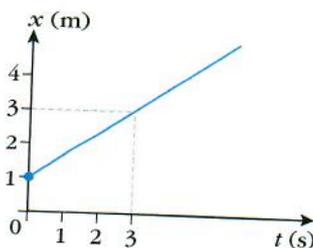
El valor de la pendiente de la recta obtenida equivale a la tangente del ángulo α . Para calcular la pendiente (m), elegimos dos puntos cualesquiera. Por ejemplo, para el instante $t = 1,0$ s y para $t = 3,0$ s:

$$\text{Pendiente} = \frac{(0,60 - 0,20) \text{ m}}{(3,0 - 1,0) \text{ s}} = 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La pendiente del gráfico coincide con la medida de la velocidad del móvil. Por lo tanto, la pendiente en un gráfico posición-tiempo indica la magnitud de la velocidad de un móvil.

EJEMPLO RESUELTO 7

- El gráfico muestra la posición de un móvil en función del tiempo. Halla su velocidad al cabo de 5 segundos.

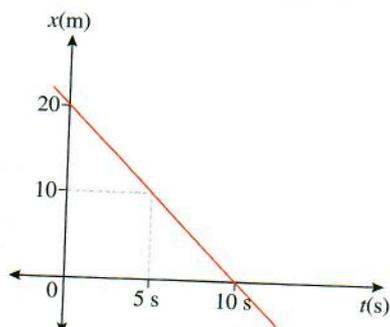


Al observar los valores del gráfico, es fácil determinar que la pendiente corresponde a la velocidad del móvil. Así, calculamos:

$$\text{Pendiente: } \frac{(3 - 1) \text{ m}}{(3 - 0) \text{ s}} = 2/3 \text{ m/s}$$

EJEMPLO RESUELTO 8

- En la figura se muestra el gráfico $x - t$ de una partícula que se mueve en el eje X. Indica la posición inicial y calcula la velocidad.



La posición inicial está dada por la intersección del gráfico con el eje de la posición; es decir, para un tiempo $t = 0$ s, la posición indicada en la figura es 20 m.

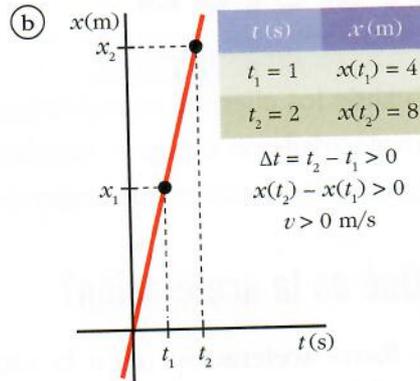
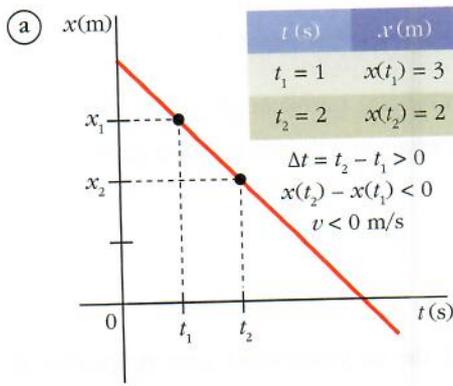
Calculamos la velocidad con la pendiente de la recta; para ello, elegimos dos puntos conocidos en el gráfico. Por ejemplo, considerando los instantes $t = 10$ s y $t = 0$ s:

$$v = \text{pendiente} = \frac{0 \text{ m} - 20 \text{ m}}{10 \text{ s} - 0 \text{ s}}$$

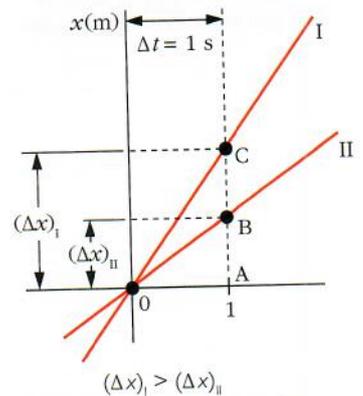
$$v = -2 \text{ m/s}$$

El signo negativo en la velocidad indica que el móvil se está acercando al punto de partida.

La velocidad es negativa si la recta desciende de izquierda a derecha (a).
 La velocidad es positiva si la recta asciende de izquierda a derecha (b).



Si escogemos un valor fijo del intervalo temporal Δt , y por simplicidad le damos el valor de 1 s, cuanto mayor sea el valor absoluto de la velocidad, mayor será la distancia que el cuerpo recorre en 1 s. Por lo tanto, aumenta la longitud del tramo vertical $x(t + \Delta t) - x(t)$ y la inclinación de la recta. Resumiendo, la velocidad con la que se mueve un objeto es mayor cuanto más se aparte la recta de la horizontal y se aproxime a la vertical. Una recta horizontal representa un cuerpo en reposo $v = 0$, y una recta vertical, un cuerpo que se mueve con velocidad infinita (si esto fuera posible).



La velocidad del movimiento I es mayor que la del movimiento II.

Gráficas velocidad-tiempo

Un automóvil tiene movimiento uniforme, y el valor de su velocidad equivalente a 0,2 m/s es constante.

t (s)	0,0	1,0	2,0	3,0
v (m)	0,0	0,2	0,2	-0,2

El gráfico que le corresponde es el siguiente:

El área bajo el gráfico nos permitirá hallar la distancia y el desplazamiento del móvil.

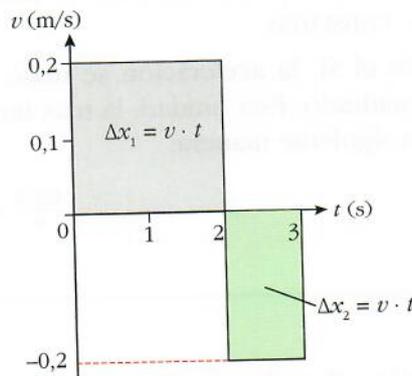
En el ejemplo, el gráfico que se ubica sobre la horizontal es un rectángulo y el valor del área es 0,4 m. Este valor será la distancia recorrida por el móvil al cabo de 2 s.

De igual manera, el gráfico que se forma debajo de la horizontal es otro rectángulo, y el valor del área es 0,2 m. La velocidad negativa indica que el móvil está regresando al punto de partida. De ambos gráficos, calculamos la distancia y el desplazamiento así:

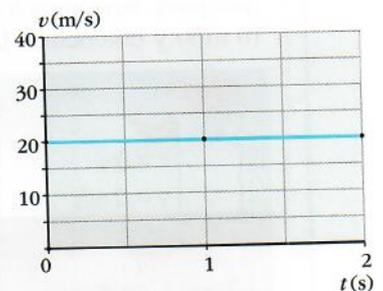
$$d = A_1 + A_2 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ m}$$

$$\Delta x = A_1 - A_2 = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ m}$$

En el caso del movimiento uniforme, la velocidad tendrá un valor fijo, por lo que no es necesario realizar ningún cálculo, ya que la gráfica será una línea paralela al eje de abscisas.



En esta gráfica se representa la velocidad como una función que depende del tiempo.



Gráfica v-t para un móvil con velocidad constante de 20 m/s.

La aceleración

Quando los cuerpos en movimiento rectilíneo cambian el valor de la velocidad con la que se desplazan, ya sea para aumentarla o para disminuirla, decimos que aceleran.

¿Qué es la aceleración?

Se llama **aceleración** (a) a la variación de la velocidad con respecto al tiempo:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} \text{ si } t_i = 0$$

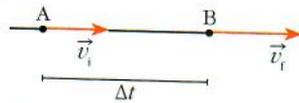
- v_f : velocidad final después de un recorrido.
- v_i : velocidad inicial al comenzar ese recorrido.
- t : tiempo transcurrido.

Observa que la diferencia $v_f - v_i$ también se puede representar como Δv . Se pueden dar tres situaciones:

- Si $v_f > v_i$, la aceleración es positiva: aumenta la velocidad (el móvil va cada vez más deprisa).
- Si $v_f < v_i$, la aceleración es negativa: disminuye la velocidad (el móvil frena).
- Si $v_f = v_i$, la aceleración es nula y, por lo tanto, la velocidad permanece constante.

En el SI, la aceleración se mide en m/s^2 y se lee metros por segundo al cuadrado. Esta unidad, la más importante, se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$\frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$



Quando la velocidad aumenta o disminuye, existe aceleración.

EN LA BIBLIOTECA

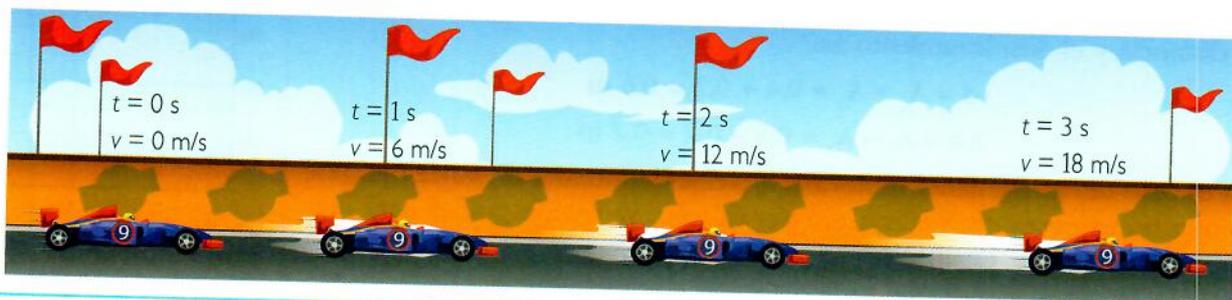
Para conocer más sobre aceleración y movimiento, consulta el capítulo 2 del libro *Física conceptual*, del Módulo de Biblioteca del Minedu.

EJEMPLO RESUELTO 9

- Un móvil parte del reposo ($v = 0 \text{ m/s}$) y posee un valor de aceleración de 6 m/s^2 . ¿Qué valor de velocidad tendrá al cabo de 3 segundos? Resuelve mediante cálculo mental.

Si su aceleración es de 6 m/s^2 , esto quiere decir que su velocidad aumenta en 6 m/s cada segundo que pasa. Sumamos 6 m/s a la velocidad inicial (0 m/s) y obtenemos la velocidad transcurrido

el primer segundo (6 m/s). Transcurrido otro segundo será de 12 m/s y, al cabo de tres segundos, la velocidad llegará a 18 m/s .



EJEMPLO RESUELTO 10

- ¿Qué significa que un móvil que se desplaza sobre el eje X posea una aceleración de +2 m/s²? ¿Y que sea de -2 m/s²?

Si la aceleración es +2 m/s², el móvil aumenta el módulo de su velocidad a razón de 2 m/s cada segundo.

Si es -2 m/s², el móvil disminuye el módulo de su velocidad a razón de 2 m/s cada segundo.

- Un móvil detenido arranca. Si a los 4 s tiene un valor de la velocidad de 8 m/s, ¿cuál ha sido su valor de aceleración?

Reemplazamos: $a = \frac{v - v_i}{t} = \frac{8 - 0}{4} = 2 \text{ m/s}^2$

- Un auto se desplaza a 108 km/h. Luego, frena y se detiene en 10 s. ¿Cuál ha sido su valor de aceleración?

Convertimos la velocidad a m/s:

$$108 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 30 \text{ m/s}$$

Por lo tanto: $\vec{a} = \frac{0 - 30}{10} = -3 \text{ m/s}^2 \rightarrow |a| = 3 \text{ m/s}^2$

- Calcula el tiempo que tardará una motocicleta en adquirir un valor de velocidad de 90 km/h si parte del reposo y posee un valor de aceleración de 5 m/s².

Convertimos los datos al SI:

$$v_i = 0; v_f = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}; a = 5 \text{ m/s}^2$$

Despejamos el tiempo de la definición de aceleración:

$$a = \frac{v - v_i}{t} \rightarrow t = \frac{v - v_i}{a}$$

Reemplazamos los datos y operamos:

$$t = \frac{v - v_i}{a} = \frac{25 \text{ m/s} - 0}{5 \text{ m/s}^2} = \frac{25 \text{ m/s}}{5 \text{ m/s}^2} = 5 \text{ s}$$

La motocicleta tardará 5 s en alcanzar la velocidad de 90 km/h.

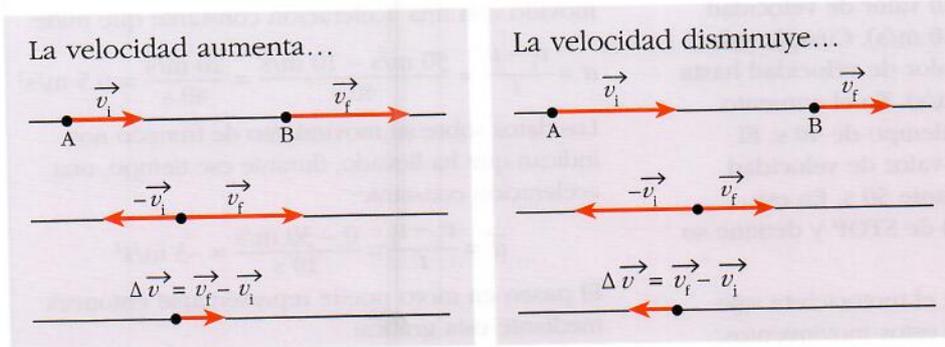


Shutterstock

La aceleración es una magnitud vectorial

Hasta ahora solo hemos considerado el valor (módulo) o intensidad de la aceleración en los movimientos rectilíneos. Pero la aceleración es una magnitud vectorial al igual que la velocidad.

El siguiente cuadro aclara este concepto para los movimientos rectilíneos.



El vector aceleración tiene:

- **Dirección.** Es la misma que el vector cambio de velocidad.

$$\Delta \vec{v}: \Delta \vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$$

- **Módulo o intensidad:**

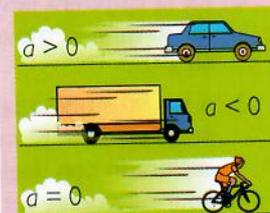
$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

En lenguaje cotidiano, aceleración equivale a aumento de velocidad. En lenguaje científico, aceleración equivale a cualquier variación de velocidad, ya sea un aumento o una disminución.

PARA SABER MÁS

Para que haya aceleración, tiene que producirse una variación en la velocidad, como en los dos primeros dibujos.

En el tercer caso, no hay aceleración ($a = 0$), pues el ciclista marcha manteniendo constante su velocidad.



El movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)



El despegue de un cohete es un ejemplo de movimiento uniformemente acelerado.

Ahora vamos a estudiar el caso en que la aceleración se mantiene constante y la trayectoria del movimiento es una línea recta.

Cuando la aceleración del móvil es la misma durante todo el movimiento y este se realiza en línea recta, recibe el nombre de **movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)**.

La ecuación de la velocidad en un MRUV

De la definición de aceleración, se puede conocer la ecuación de la velocidad de un móvil que circula con un movimiento uniformemente variado:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t} \rightarrow \vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{a} \cdot t$$

Cuando la velocidad disminuye, también se dice que el movimiento es uniformemente acelerado, aunque en este caso tiene aceleración negativa. También se le denomina movimiento uniformemente retardado.

EJEMPLO RESUELTO 11

- Un motociclista que se desplaza sobre el eje X atraviesa un pueblo a un valor de velocidad constante de +36 km/h (10 m/s). Cuando sale a la carretera, aumenta el valor de velocidad hasta alcanzar +108 km/h (30 m/s). En el aumento de velocidad, invierte un tiempo de 40 s. El motociclista sigue con un valor de velocidad constante de +30 m/s durante 50 s. En ese momento divisa una señal de STOP y detiene su vehículo en 10 s.

Desde el momento en que el motociclista sale a la carretera, se producen estos movimientos:

1. Al salir del pueblo acelera de 10 a 30 m/s en 40 s. El movimiento es uniformemente acelerado ($a > 0$).
2. En la carretera lleva una velocidad constante de 30 m/s. El movimiento es uniforme durante 50 s ($a = 0$).
3. A los 90 s divisa la señal de STOP y detiene la moto en 10 s. El movimiento es uniformemente acelerado con aceleración negativa o uniformemente retardado ($a < 0$).

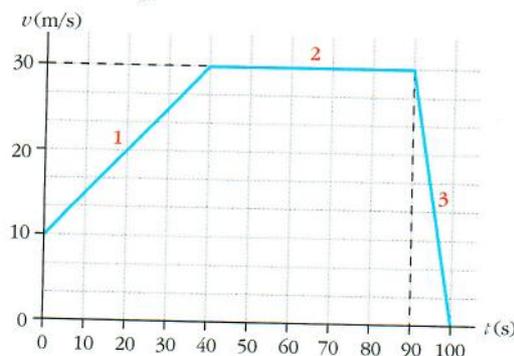
Desde que salió del pueblo, el motociclista se ha movido con una aceleración constante que mide:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{30 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{40 \text{ s}} = \frac{20 \text{ m/s}}{40 \text{ s}} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Los datos sobre su movimiento de frenado nos indican que ha llevado, durante ese tiempo, una aceleración constante:

$$\vec{a} = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{0 - 30 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -3 \text{ m/s}^2$$

El paseo en moto puede representarse entonces mediante esta gráfica:



La ley del movimiento en el MRUV

Sea un cuerpo que recorre un camino (trayectoria) s en un tiempo t . Si su velocidad ha ido cambiando a lo largo del trayecto, podemos calcular el desplazamiento (Δx) utilizando la velocidad media (v_m): $\Delta x = v_m \cdot t$

Ahora bien, si la aceleración es constante, v_m es la media entre la velocidad inicial (v_0) y la final (v_f). Tomando en cuenta que $v_f = v_i + a \cdot t$, tenemos:

$$\Delta x = \frac{v_i + v_i + a \cdot t}{2} \cdot t \rightarrow \Delta x = \frac{2v_i + a \cdot t}{2} \cdot t$$

$$\rightarrow \Delta x = v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

La expresión para el desplazamiento de un movimiento uniformemente acelerado es:

$$x - x_0 = v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

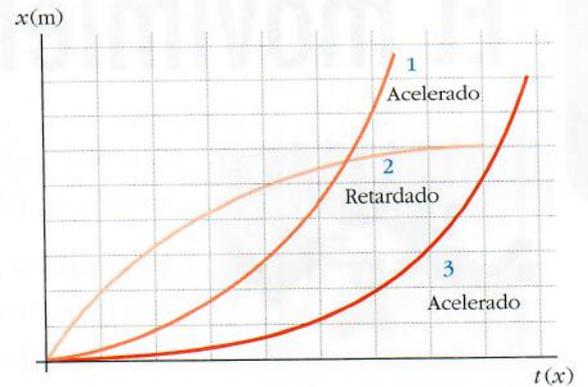
$$x - x_0 \rightarrow \vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{v}_i \cdot t + \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2$$

El MRUV en gráficas

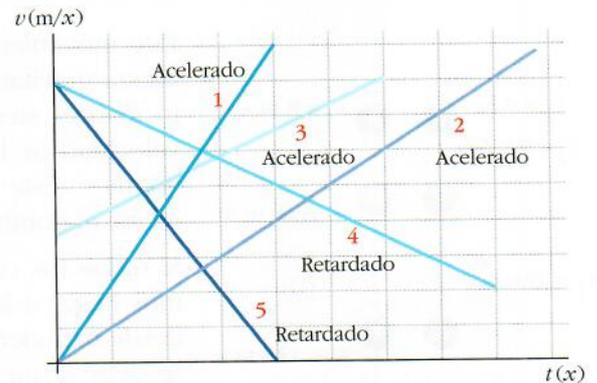
La gráfica $x-t$ en un movimiento uniformemente acelerado es un arco de parábola que puede adoptar diferentes formas según las características de cada caso concreto (si el móvil parte del reposo o no, si la aceleración es positiva o negativa, etc.).

Cuanto mayor sea la aceleración, más brusco será el ascenso o el descenso (si es una aceleración negativa o de frenada) de la parábola (una vez fijada la escala de los ejes).

Las gráficas $v-t$ son rectas inclinadas (con pendiente), ascendentes o descendentes, según la aceleración sea positiva o negativa.



- Para la gráfica 1, a es positiva.
- Para la gráfica 2, a es negativa.
- Para la gráfica 3, a es positiva.



- Para las gráficas 1 y 2, $v_i = 0$ y a es positiva.
- Para la gráfica 3, $v_i \neq 0$ y a es positiva.
- Para las gráficas 4 y 5, $v_i \neq 0$ y a es negativa.

EJEMPLO RESUELTO 12

- Un camión que se desplaza por el eje X con una velocidad de +30 m/s, frenó hasta detenerse con una aceleración de -3 m/s^2 . ¿Cuál es el valor de su desplazamiento?

Datos: $v_0 = 30 \text{ m/s}$; $v_f = 0$ porque se detiene;
 $a = -3 \text{ m/s}^2$

Calculamos el tiempo utilizando la definición de la aceleración, de la que ya lo hemos despejado:

$$t = \frac{v - v_i}{a} = \frac{0 \text{ m/s} - 30 \text{ m/s}}{-3 \text{ m/s}^2} = \frac{-30 \text{ m/s}}{-3 \text{ m/s}^2} = \frac{-30}{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{m}} = 10 \text{ s}$$

Una vez calculado el tiempo que tarda en frenar, sustituimos los datos en la ecuación del desplazamiento:

$$\Delta x = v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot \left(-3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (10 \text{ s})^2 =$$

$$300 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot \left(-3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot 100 \text{ s}^2 = 300 \text{ m} - \frac{300}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 150 \text{ m}$$

- En la gráfica inferior, interpreta el movimiento realizado por el móvil en cada tramo y calcula la aceleración en cada uno de ellos.

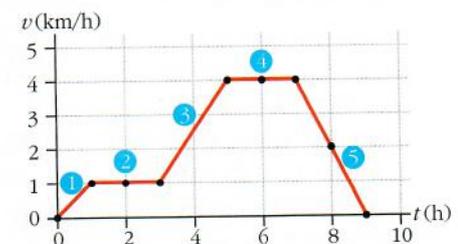
Tramo 1: MRUA; $a = 1 \text{ km/h}^2$

Tramo 2: MRU; $a = 0$

Tramo 3: MRUA; $a = 1,5 \text{ km/h}^2$

Tramo 4: MRU; $a = 0$

Tramo 5: MRUA; $a = -2 \text{ km/h}^2$



El movimiento **vertical**

Shutterstock



El paracaidismo deportivo no es considerado una caída libre, ya que existe la resistencia del aire.

A través de la historia, el ser humano ha estudiado e interpretado la caída de los cuerpos a partir de sus propias concepciones.

En el siglo IV a. C., Aristóteles pensaba que los objetos pesados caían con mayor rapidez que los ligeros. Muchos años después, Galileo demostró que Aristóteles estaba equivocado, pues comprobó que los cuerpos caen con una aceleración constante e independiente de su peso.

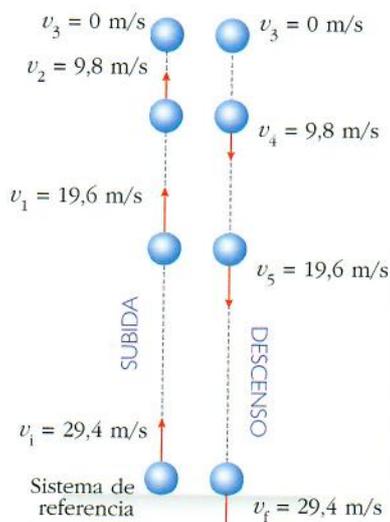
Caída libre

Este movimiento es el que describen los cuerpos que caen atraídos por la fuerza gravitatoria de la Tierra. Se caracteriza porque el aumento de la velocidad es siempre el mismo en las cercanías de la superficie terrestre: la velocidad de los cuerpos aumenta en $9,8 \text{ m/s}$ cada segundo y se presenta $9,8 \text{ m/s}^2$. Este valor es una de las constantes más importantes de la física y recibe el nombre de **aceleración de la gravedad**. Se representa con la letra g .

Si todos los cuerpos que caen lo hacen con la misma aceleración, podemos llegar a la conclusión de que todos tardan el mismo tiempo en caer desde una cierta altura y, por lo tanto, sus movimientos son idénticos. Esto se debe a que el MRUV solo depende de la aceleración y de la velocidad inicial, cuyo valor es 0 en la caída libre.

Entonces, podemos decir que un cuerpo sometido a la acción de la gravedad realiza un movimiento de caída libre cuando no hay resistencia del aire y se mueve bajo la acción únicamente de su peso. Los objetos en caída libre se mueven con aceleración constante siempre y cuando la distancia recorrida no sea demasiado grande.

Se habla de caída libre no solo cuando el cuerpo desciende, sino también cuando el cuerpo asciende.



Movimiento de lanzamiento vertical. La aceleración de la gravedad afecta la velocidad de los cuerpos cuando ascienden (negativamente) y cuando descienden (positivamente)

Ecuaciones de la caída libre

Las ecuaciones que rigen el movimiento de caída libre son las mismas que las de cualquier movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, pero se deben incluir las dos características de este movimiento: $a = g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (valor); $v_i = 0$, pues comienzan desde el reposo al empezar a caer.

Convención de signos para el movimiento de caída libre

$$1) v_f = v_i - g \cdot t$$

$v > 0$ cuando el cuerpo sube.

$v < 0$ cuando el cuerpo baja.

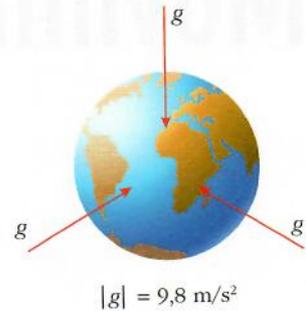
$$2) y_f = y_i + v_i t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$3) v_f^2 = v_i^2 - 2 g (y_f - y_i)$$

Aceleración de la gravedad

La aceleración de un cuerpo que cae libremente se llama aceleración de la gravedad, y se denota por el símbolo g . En las proximidades de la superficie terrestre, su magnitud es de, aproximadamente, $9,8 \text{ m/s}^2$ y está dirigida hacia el centro de la Tierra.

Estrictamente, en realidad, el valor de la gravedad depende de la distancia que hay al centro del planeta. Como nuestro planeta es achatado en los polos, la gravedad es mayor en los polos que en los lugares cercanos a la línea ecuatorial.

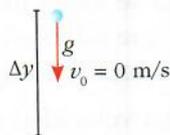


EJEMPLO RESUELTO 13

- Juan observa caer una moneda desde una altura de 19,6 metros. Determina el tiempo que tarda en caer, considerando como punto de referencia el suelo.

Del enunciado, obtenemos los siguientes datos:

$$v_0 = 0 \text{ m/s}; a = g = -9,8 \text{ m/s}^2; \Delta y = \text{altura} = -19,6 \text{ m}$$



Elegimos la siguiente ecuación y despejamos el tiempo:

$$\Delta y = y_f - y_i = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Si invertimos la ecuación y extraemos la raíz cuadrada, tenemos:

$$t^2 = \frac{2 \cdot \Delta y}{g} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta y}{g}}$$

Introducimos los datos y operamos:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot -19,6 \text{ m}}{-9,8 \text{ m/s}^2}} = \sqrt{\frac{39,2}{9,8}} = \sqrt{4} = 2 \text{ s}$$

EJEMPLO RESUELTO 14

- Desde el noveno piso de un edificio ubicado a 29,4 m de altura con respecto a la vereda, se lanza verticalmente hacia arriba una pelota con una rapidez de 4,9 m/s. Calcula la velocidad con la que impacta y el tiempo que demora en llegar a la vereda.

- Recopilamos los datos y elegimos el noveno piso como sistema de referencia, siendo el eje Y positivo hacia arriba.

$$v_i = 4,9 \text{ m/s}$$

$$v_f = ? \text{ (velocidad con la que impacta)}$$

$$t = ?$$

$$y = y_f - y_i = -29,4 \text{ m} - 0 = -29,4 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

- Calculamos la velocidad final reemplazando los datos anteriores en la ecuación:

$$v_f^2 = v_i^2 - 2 g \cdot y$$

$$v_f^2 = (4,9 \text{ m/s})^2 - 2 (9,8 \text{ m/s}^2) (-29,4 \text{ m})$$

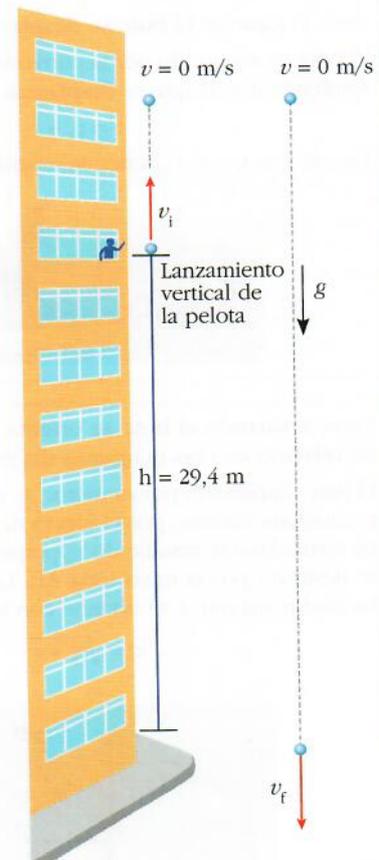
$$v_f = \pm 24,5 \text{ m/s} = -24,5 \text{ m/s} \text{ porque } v_f < 0$$

Elegimos la velocidad negativa porque el objeto se dirige hacia abajo.

- Calculamos el tiempo necesario para alcanzar esta velocidad, que es igual al tiempo que demora en llegar a la vereda:

$$v_f = v_i - g t \rightarrow -24,5 \text{ m/s} = 4,9 \text{ m/s} - (9,8 \text{ m/s}^2) t \rightarrow t = 3,0 \text{ s}$$

La velocidad de impacto de la pelota es de 24,5 m/s con dirección hacia abajo. El tiempo necesario para alcanzar esta velocidad es de 3,0 s.



Movimientos compuestos

Un proyectil disparado desde un buque de guerra se mueve hacia adelante mientras sube y baja. Este movimiento, evidentemente, no es rectilíneo; es más complejo. Empezaremos a estudiar los movimientos que ocurren en más de una dimensión: los movimientos compuestos.

¿SABÍAS QUE...?

El principio de independencia de los movimientos fue enunciado por Galileo en los siguientes términos:

Si un móvil está sometido a dos movimientos, cada movimiento es independiente uno del otro, aun cuando los movimientos ocurran simultáneamente.

Al patear una pelota, el movimiento que esta realiza puede ser descrito como dos movimientos independientes y simultáneos:

- Un movimiento vertical (la pelota se eleva y luego cae).
- Un movimiento horizontal (cambia de posición sobre la cancha).

Casos como este, en el que un cuerpo posee simultáneamente dos o más velocidades con respecto a un observador, ocurren cotidianamente. El movimiento resultante que efectúa la pelota se llama movimiento compuesto. La velocidad resultante del movimiento que adquiere el cuerpo es la suma vectorial de las velocidades de los movimientos componentes.

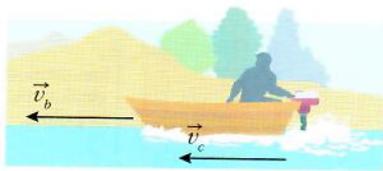
Considera el movimiento de un bote cuya velocidad respecto al agua (proporcionada por sus motores) es \vec{v}_b . El bote se desplaza en un río cuya corriente tiene una velocidad \vec{v}_c . Observa los siguientes casos:

Caso 1: Cuando el bote se desplaza río abajo

El bote es arrastrado por la corriente del río. La velocidad resultante con la que se desplazará será:

$$v = v_b + v_c$$

En este caso, v_b y v_c tienen la misma dirección y sentido.

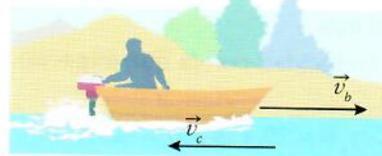


Caso 2: Cuando el bote se desplaza río arriba

Para este caso, v_b y v_c poseen la misma dirección, pero sentidos opuestos.

La velocidad resultante con la que se desplazará será:

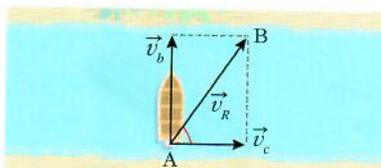
$$v = v_b - v_c$$



Caso 3: Cuando el bote se orienta perpendicularmente en relación con las márgenes del río

El bote, impulsado por su motor, se mueve hacia adelante y, simultáneamente, por el efecto de la corriente, lo hace en forma lateral, resultando v_b perpendicular a v_c . El bote se deslizará por la trayectoria AB. La magnitud de la velocidad resultante v se obtiene con la siguiente ecuación:

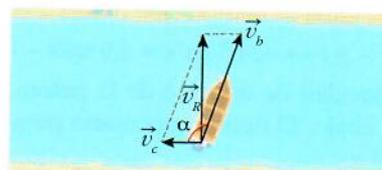
$$v = \sqrt{v_b^2 + v_c^2}$$



Caso 4: Cuando el bote se orienta en una determinada dirección en relación con las márgenes del río

Cuando el bote no es orientado perpendicularmente a las márgenes del río, sino en cualquier otra dirección, la magnitud de la velocidad resultante v puede ser obtenida aplicando la siguiente ecuación:

$$v = \sqrt{v_b^2 + v_c^2 + 2v_b \cdot v_c \cdot \cos \alpha}$$



EJEMPLO RESUELTO 15

Un bote alcanza su velocidad crucero de 60 km/h en aguas calmadas. Calcula el menor tiempo que demora en realizar un viaje de ida y vuelta entre dos puertos que distan 140 km entre sí en un río que fluye con 10 km/h.

El bote emplea menos tiempo cuando usa su velocidad crucero. Supongamos que en su viaje de ida, el bote viaja a favor de la corriente y, en su viaje de regreso, lo hace contra la corriente.

- Calculamos la rapidez resultante para el viaje de ida (a favor de la corriente) y el tiempo de viaje:

$$v_R = 60 \text{ km/h} + 10 \text{ km/h} = 70 \text{ km/h}$$

$$t = \frac{d}{v_R} = \frac{140 \text{ km}}{70 \text{ km/h}} = 2 \text{ h}$$

- Calculamos la rapidez resultante para el viaje de regreso (contra la corriente) y el tiempo de viaje:

$$v_R = 60 \text{ km/h} - 10 \text{ km/h} = 50 \text{ km/h}$$

$$t = \frac{d}{v_R} = \frac{140 \text{ km}}{50 \text{ km/h}} = 2,8 \text{ h}$$

El menor tiempo es de $2 \text{ h} + 2,8 \text{ h} = 4,8 \text{ h}$.

EJEMPLO RESUELTO 16

Un barco se mueve perpendicularmente a la corriente de un río. La rapidez que desarrolla su motor es 36 km/h y la del río es de 2 m/s. Determina la velocidad (módulo y dirección) con que el barco se mueve con relación a la orilla.

- Expresamos la rapidez del barco de 36 km/h en m/s:

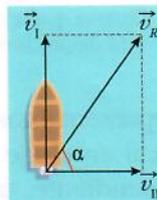
$$36 \text{ km/h} = \frac{36 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

- El barco intenta cruzar el río en sentido perpendicular a la corriente; por lo tanto, su rapidez resultante es:

$$v = \sqrt{(10 \text{ m/s})^2 + (2 \text{ m/s})^2} = 10,2 \text{ m/s}$$

- En la figura, tenemos que $\tan \alpha = \frac{v_1}{v_2} = \frac{10}{2} = 5$; luego, $\alpha = 87,4^\circ$

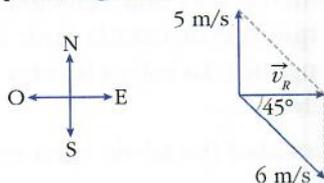
Con relación a la orilla, el barco se desplaza a una velocidad de 10,2 m/s con el ángulo $\alpha = 87,4^\circ$ con respecto al eje +X.



EJEMPLO RESUELTO 17

Una abeja se dirige en dirección norte con una rapidez de 5 m/s. En determinado instante de su trayectoria rectilínea, sopla el viento con una rapidez de 6 m/s en dirección sureste. Calcula la rapidez resultante de la abeja.

- Dibuja la situación planteada y traza la resultante con el método del paralelogramo.



- Calcula el módulo de la rapidez resultante usando el método analítico.

$$v_R = \sqrt{5^2 + 6^2 + 2(5)(6) \cos 135^\circ}$$

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

Carlos Sala



Río Vilcanota, Cusco. La velocidad resultante de un bote que se desplaza río abajo es mayor que la de un bote que se desplaza en contra de la corriente.

PRESTA ATENCIÓN



Como recordarás, las velocidades son magnitudes vectoriales. Por esa razón, para sumar velocidades, se utilizan las fórmulas de los vectores.

Shutterstock



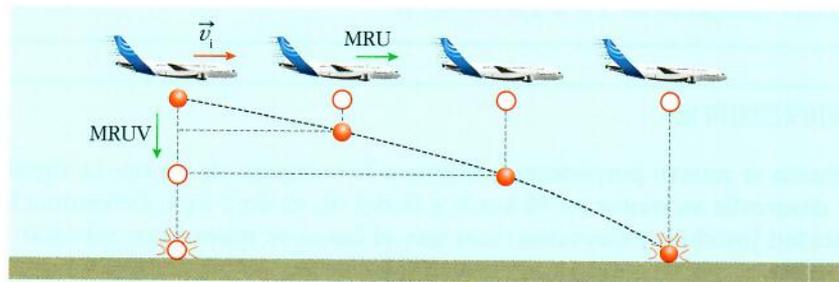
La velocidad de vuelo de las abejas se ve influenciada por la velocidad y sentido del viento.

Lanzamiento horizontal

Cuando se suelta un objeto desde un vehículo que va a cierta velocidad, empieza a descender debido a la acción de la gravedad y, simultáneamente, avanza debido a la inercia. Analicemos este movimiento empleando los vectores.

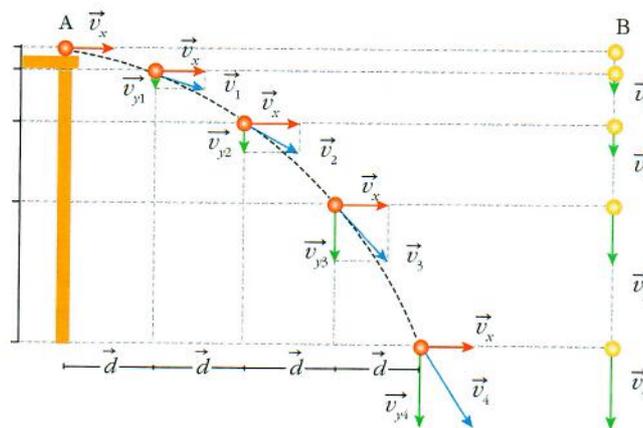
Lanzamiento horizontal de un proyectil

Se llama **movimiento parabólico** al movimiento que describe un proyectil cuando es disparado horizontalmente desde cierta altura con una velocidad inicial \vec{v}_i . Por ejemplo, si desde un avión se suelta una esfera en forma horizontal, esta realizará el siguiente recorrido:



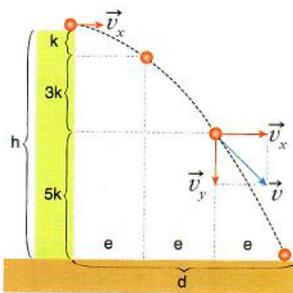
Observa que la esfera, además de caer, se mueve horizontalmente a una velocidad constante (si despreciamos la fricción del viento). La esfera aparece siempre debajo del avión, ya que ambos tienen la misma velocidad.

Si representamos el movimiento horizontal en el eje X y el movimiento vertical en el eje Y, se observará que ambos pueden estudiarse de manera independiente, tal como había enunciado Galileo en el principio de independencia de los movimientos (ver página 58).



- La esfera A disparada avanza horizontalmente con una velocidad constante igual a la velocidad inicial con la que fue disparada (por eso, las flechas horizontales \vec{v}_x tienen la misma longitud). La esfera recorre distancias horizontales iguales en tiempos iguales.
- Las dos esferas (A y B) tuvieron una velocidad inicial de cero en el eje vertical.

Galileo comprobó experimentalmente que cuando se deja caer un cuerpo, las distancias recorridas en intervalos de tiempos consecutivos son proporcionales a los números impares 1; 3; 5; 7; ...



EN LA WEB

Para conocer más acerca del movimiento parabólico, ingresa a: http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/animaciones_files/proyectil.swf

- La esfera disparada y la que se deja caer incrementarán uniformemente su velocidad vertical debido a la aceleración de la gravedad (por eso, las longitudes de las flechas verticales son diferentes conforme cambia el tiempo $\vec{v}_{y1}, \vec{v}_{y2}, \vec{v}_{y3}, \vec{v}_{y4}$). Verticalmente, ambas esferas recorren desplazamientos cada vez mayores en intervalos de tiempo iguales.
- La esfera disparada y la que se deja caer llegarán al final del movimiento en el mismo instante y con la misma velocidad vertical; es decir, \vec{v}_{y4} será igual a \vec{v}_4 .
- Como hemos visto en el gráfico anterior, en cualquier punto de la trayectoria, la velocidad (v) del objeto tiene dos componentes: \vec{v}_x y \vec{v}_y . Además, su dirección es tangente a la trayectoria.

Ecuaciones para el lanzamiento horizontal

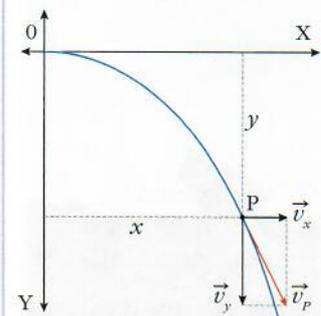
Recordemos que el sistema de referencia es el eje de coordenadas cartesianas XY, y que su punto de origen son las coordenadas (0; 0), en el cual se sitúa el punto de disparo.

Magnitud	Componente X (MRU)	Componente Y (caída libre)
Aceleración	$a = 0$	$a = -g$
Velocidad	$v_x = v_i$	$v_{fy} = v_{iy} - g t$, donde $v_{iy} = 0$; por lo tanto: $v_{fy} = g t$
Posición	$x = v_i t$	$y = v_{iy} t - \frac{1}{2} g t^2$, pero como $v_{iy} = 0$, tenemos que: $y = -\frac{1}{2} g t^2$

Si queremos determinar la rapidez de un proyectil en un punto cualquiera P de su trayectoria, lo haremos así:

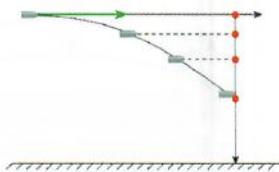
$$\vec{v}_p = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

$$v_p = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$



EJEMPLO RESUELTO 18

Desde lo alto de un acantilado de 80 m sobre el nivel del mar, se dispara horizontalmente un proyectil con valor de velocidad inicial de 50 m/s. Determina la velocidad y la posición del proyectil al incidir en el agua.



- Al incidir en el agua, el proyectil, ha empleado un tiempo equivalente al de descenso en caída libre desde una altura de 80 m.

Así, pues:

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow -80 \text{ m} = \frac{1}{2} (-9,8 \text{ m/s}^2) t^2 \rightarrow t = 4 \text{ s}$$

La velocidad en el eje X en todos los puntos es $v_x = +50 \text{ m/s}$, y la velocidad en el eje Y está dada por $v_y = g \cdot t$. Por lo tanto, en el instante $t = 4 \text{ s}$, tenemos:

$$v_y = -9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ s} \rightarrow v_y = -39,2 \text{ m/s}$$

El vector velocidad al llegar al agua es:

$$v = (50; -39,2) \text{ m/s}$$

- El módulo de la velocidad es:

$$v = \sqrt{(50 \text{ m/s})^2 + (39,2 \text{ m/s})^2} = 63 \text{ m/s}$$

La posición A al caer al agua es:

$$\bar{x} = v_i t \rightarrow x = 50 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s}$$

$$\rightarrow x = 200 \text{ m e } y = -80 \text{ m}$$

Es decir, el impacto en el agua ocurre en el punto de coordenadas (200 m; -80 m).

Movimiento parabólico



Jugadora de golf

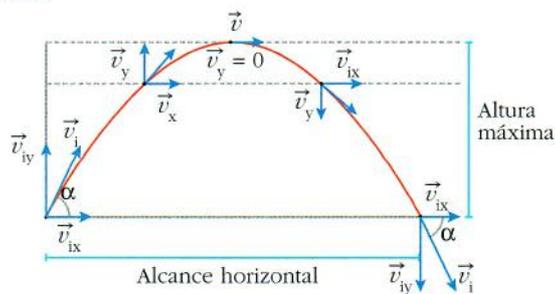
En un partido de golf, el jugador debe imprimir a la pelota la velocidad y el ángulo adecuados para que pase todos los obstáculos y llegue a su destino. Un poderoso aliado es la gravedad, que hace que la trayectoria se curve, tomando la forma de una parábola.

Lanzamiento oblicuo de un proyectil

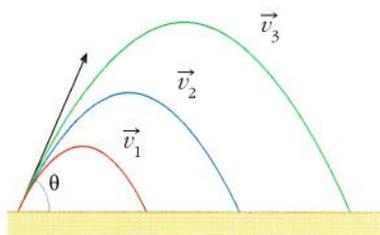
Cuando lanzamos un cuerpo con una velocidad inicial \vec{v}_i y con un ángulo α con la horizontal, dicho cuerpo describe una trayectoria parabólica. Como en el caso anterior, separamos este movimiento en dos: uno horizontal uniforme y otro uniformemente variado.

Como se observa en la figura, la velocidad inicial es \vec{v}_i y el ángulo es α respecto a la horizontal. La velocidad inicial podrá ser descompuesta en sus componentes rectangulares:

$$\begin{aligned}\vec{v}_{ix} &= \vec{v}_i \cdot \cos \alpha \\ \vec{v}_{iy} &= \vec{v}_i \cdot \sen \alpha\end{aligned}$$



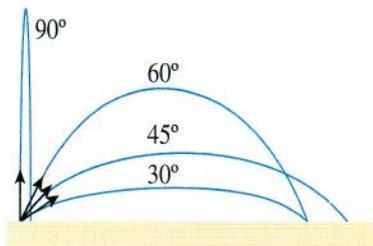
La velocidad en el eje X será siempre constante e igual a la velocidad inicial (\vec{v}_{ix}), y será la que haga avanzar horizontalmente al proyectil. La velocidad en Y será variable debido a la aceleración de la gravedad y permitirá que el proyectil suba y luego baje. La velocidad en el eje Y variará desde el valor inicial (\vec{v}_{iy}) hasta hacerse cero en su altura máxima, para luego aumentar cuando el cuerpo descienda hasta llegar otra vez a alcanzar la velocidad en Y con la que partió.



Para un mismo ángulo de tiro, cuanto mayor sea la velocidad de lanzamiento, mayor será el alcance.

En la figura se observa el alcance horizontal de varios lanzamientos, todos efectuados con un mismo ángulo θ , pero con velocidades crecientes.

$$\vec{v}_1 < \vec{v}_2 < \vec{v}_3$$



- El lanzamiento más largo se obtiene con un ángulo de 45° .
- El lanzamiento más alto se obtiene con un ángulo de 90° .
- Los lanzamientos con ángulos complementarios tienen el mismo alcance.

PARA REFLEXIONAR

Al momento de resolver los problemas, es muy útil recordar que el dato en común entre ambos movimientos es el tiempo.

- Argumenta. ¿Por qué es importante conocer el valor de la variable tiempo?

Las ecuaciones cinemáticas del cuerpo en cualquier instante (t) de su movimiento son:

Magnitud	Componente X (MRU)	Componente Y (caída libre)
Aceleración	$a_x = 0$	$a_y = -g$
Velocidad	$v_x = v_{ix}$	$v_y = v_{iy} - g t$
Posición	$x = v_{ix} t$	$y = v_{iy} t - \frac{1}{2} g t^2$

EJEMPLO RESUELTO 19

Un objeto se lanza con una rapidez de 20 m/s, formando un ángulo de 53° con la horizontal. Calcula su posición y velocidad luego de 3 s.

- Calculamos las componentes de la velocidad inicial:

$$v_{ix} = 20 \cos 53^\circ = 12 \text{ m/s}$$

$$v_{iy} = 20 \sin 53^\circ = 16 \text{ m/s}$$

- Calculamos las componentes de la velocidad en $t = 3$ s:

$$v_x = v_{ix} = 12 \text{ m/s}; v_y = v_{iy} - g t$$

$$v_{fy} = (16 \text{ m/s}) + (-9,8 \text{ m/s}^2) (3 \text{ s}) = -13,4 \text{ m/s}$$

- Calculamos la posición del objeto en $t = 3$ s:

$$x = v_{ix} t = (12 \text{ m/s}) (3 \text{ s}) = 36 \text{ m}$$

$$y = v_{iy} t - 1/2 g t^2$$

$$y = (16 \text{ m/s}) (3 \text{ s}) - (4,9 \text{ m/s}^2) (3 \text{ s})^2 = 3,9 \text{ m}$$

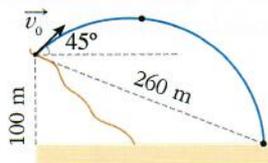
- Calculamos la velocidad resultante en $t = 3$ s:

$$v_R = \sqrt{(12)^2 + (-13,4)^2} = 18 \text{ m/s}$$

EJEMPLO RESUELTO 20

Desde una colina a 100 m de altura, se lanza un proyectil hacia un blanco situado a 260 m del cañón. El cañón forma un ángulo de 45° con la horizontal. Calcula la rapidez del disparo si el proyectil impacta en el blanco.

- Dibujamos la situación planteada y calculamos las componentes de la velocidad inicial.



$$v_{ix} = v_i \cos 45^\circ = 0,71 v_i$$

$$v_{iy} = v_i \sin 45^\circ = 0,71 v_i$$

- Expresamos la ecuación de la posición para cada eje, con los datos del problema:

$$x = v_{ix} t \Rightarrow 240 \text{ m} = (0,71 v_i) t$$

... ①

$$y = v_{iy} t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow -100 = (0,71 v_i) t + (-4,9 \text{ m/s}^2) t^2$$

... ②

- Resolvemos las ecuaciones ① y ② y determinamos el tiempo de impacto y la rapidez inicial.

$$t = 8,3 \text{ s y } v_i = 41 \text{ m/s}$$

EJEMPLO RESUELTO 21

Un futbolista, situado a 152 m del arco, patea la pelota con una velocidad de 40 m/s, formando 40° con la horizontal. Calcula el tiempo de vuelo de la pelota si el arquero la atrapa a 2 m de altura en su arco.

- Calculamos las componentes de la velocidad inicial:

$$v_{ix} = 40 \cos 40^\circ = 30,6 \text{ m/s}$$

$$v_{iy} = 40 \sin 40^\circ = 25,7 \text{ m/s}$$

- Calculamos el tiempo de vuelo sabiendo que, al llegar, la pelota tendrá una altura de $y = 2$ m:

$$y = v_{iy} t - 1/2 g t^2$$

$$2 = (25,7 \text{ m/s}) (t) - (4,9 \text{ m/s}^2) (t)^2$$

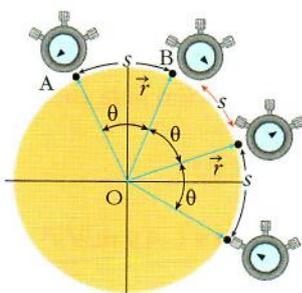
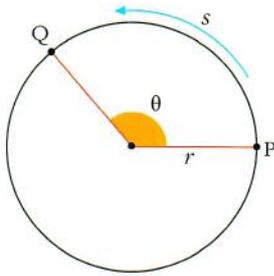
$$t = 5,2 \text{ s}$$

Movimiento circular uniforme (MCU)

El plato de un microondas que se mueve sobre sí mismo y un borrador amarrado a una cuerda tienen algo en común: describen una trayectoria circular.

Características del movimiento circular

Una partícula que se desplaza en una trayectoria circular con rapidez constante v experimenta un movimiento circular uniforme cuando la magnitud de la velocidad también permanece constante, pero la dirección de esta cambia continuamente conforme el objeto se mueve alrededor de la circunferencia. Este movimiento se debe a una velocidad angular constante.



El vector posición \vec{r} de la partícula se desplaza un ángulo θ en un tiempo t , recorriendo arcos iguales.

Arco recorrido y ángulo girado

Observemos el dibujo de la izquierda. Un objeto que se traslada desde el punto P hasta el punto Q recorre un arco s y gira un ángulo θ (se lee: "theta") medido en radianes. Se puede deducir la expresión de la longitud recorrida en metros de una forma muy sencilla:

Si gira 2π radianes, es decir, una vuelta completa, recorre $2\pi r$ metros, que es la longitud de una circunferencia. Por lo tanto, si gira θ radianes, recorrerá s metros. Luego, establecemos la proporción:

$$\frac{2\pi}{2\pi r} = \frac{\theta}{s} \rightarrow s = \theta \cdot r$$

El arco recorrido en un movimiento circular uniforme es igual al radio de la circunferencia multiplicado por el ángulo girado medido en radianes.

Velocidad angular

La velocidad angular (ω) representa el ángulo girado en cada unidad de tiempo:

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

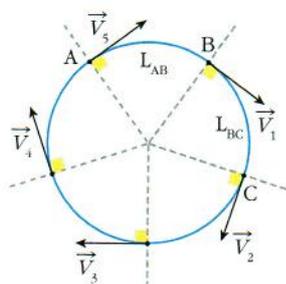
La unidad en el SI es el radián/segundo (rad/s), pero también se emplea r.p.m. (revoluciones o vueltas por minuto).

Existe una relación entre la velocidad angular ω y la velocidad lineal v del cuerpo que gira. En el dibujo anterior, si medimos θ en radianes, entonces:

$$s = \theta \cdot r$$

Dividiendo ambos miembros por el tiempo t , obtenemos la relación entre la velocidad lineal y la angular:

$$\frac{s}{t} = \frac{\theta \cdot r}{t} \rightarrow \frac{s}{t} = \frac{\theta}{t} \cdot r \rightarrow v = \omega \cdot r$$



La velocidad tangencial varía, ya que en cada punto tiene diferente dirección. Esto produce una aceleración denominada centrípeta.

Aceleración en un movimiento circular uniforme

Aunque el módulo de la velocidad lineal (la rapidez) de un móvil con movimiento circular uniforme permanece constante, la dirección del vector velocidad cambia en cada punto de la trayectoria. Por eso, decimos que el MCU tiene rapidez constante y no velocidad constante. El vector velocidad es tangente a la trayectoria en cada punto.

Un móvil con movimiento circular uniforme no tiene aceleración tangencial, pero sí centrípeta (que mide lo que varía la dirección del vector velocidad hacia el centro).

La ecuación de la aceleración centrípeta es:

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{(\omega \cdot r)^2}{r} \rightarrow a_n = \omega^2 \cdot r$$

El movimiento circular uniforme como movimiento periódico

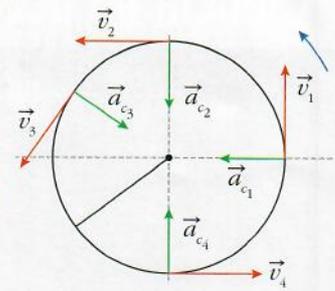
Cuando el valor de la velocidad de un móvil que tiene movimiento circular permanece constante, el movimiento se repite cada cierto tiempo. Se dice que es un **movimiento periódico**. Los movimientos periódicos se caracterizan por dos magnitudes: el **periodo** y la **frecuencia**.

Periodo (T) es el tiempo que tarda el móvil en dar una vuelta. En el SI se mide en segundos.

Frecuencia (f) es el número de vueltas que da el móvil en un segundo. Se mide en s^{-1} en el SI, aunque también se le llama ciclos (s) o *hertz* (Hz).

De estas definiciones se deduce que el **periodo** es la **inversa** de la **frecuencia**.

$$T = \frac{1}{f}$$



La velocidad lineal cambia constantemente de dirección debido a la acción de la aceleración centrípeta. Esto hace que el movimiento circular no sea uniforme.

EJEMPLO RESUELTO 22

- Calcula la aceleración normal o centrípeta de un punto que gira a razón de 30 r.p.m. en una trayectoria circular de 2 m de radio.

a) Expresamos ω en unidades del SI:

$$\omega = \frac{30 \text{ vueltas}}{1 \text{ min}} = \frac{30 \cdot 2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 3,14 \text{ rad/s}$$

b) Calculamos a_N :

$$a_N = \omega^2 \cdot r = 3,14^2 (\text{rad/s})^2 \cdot 2 \text{ m} = 19,70 \text{ m/s}^2$$

- El movimiento de la Tierra alrededor del Sol se realiza, aproximadamente, describiendo una circunferencia de un radio medio de unos 150 millones de km. Si hacemos la aproximación de considerarlo como circular uniforme, ¿cuál es el valor de la aceleración normal con que se mueve la Tierra en su órbita?

a) El periodo o tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa en torno al Sol es:

$$T = 1 \text{ año} = 1 \text{ año} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cdot 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 31\,536\,000 \text{ s}$$

b) Su velocidad angular será:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{31\,536\,000} \text{ rad/s}$$

c) Y su aceleración normal o centrípeta será:

$$a_N = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{31\,536\,000} \right)^2 \cdot 150\,000\,000\,000 \text{ m} = 6 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

Componente
NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

3.687.901

Los primeros intentos por observar la superficie terrestre desde el aire se hicieron tomando fotografías desde globos de aire caliente. Luego, con la invención de los aviones y la evolución de las cámaras fotográficas, se consiguieron mejores imágenes del planeta. No fue sino hasta la invención de los satélites artificiales que nuestra percepción de la Tierra cambió radicalmente.

La Tierra vista desde el espacio

Un satélite artificial es un artilugio enviado en un cohete, el cual mantiene una órbita alrededor de cuerpos del espacio como estrellas o planetas.

Colocar un satélite en órbita no es tarea fácil por lo que se utiliza un sistema llamado Sistema de Guiado Inercial (IGS, por sus siglas en inglés), el cual permite determinar la posición y orientación del cohete, mediante acelerómetros y giroscopios. Estos instrumentos miden la aceleración y rotación, respectivamente.

Los cohetes deben acelerar hasta una velocidad máxima de 40 320 km/h, que es la llamada velocidad de escape, es decir, la velocidad necesaria para vencer la gravedad de la Tierra.

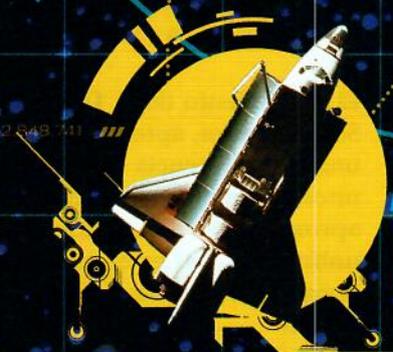


125.633



INFORMACIÓN

2.548.511



4727.251

Shutterstock



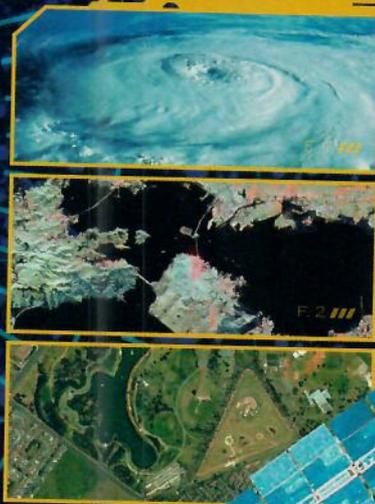
Shutterstock



Componente APROPIACIÓN Y USO DE LA TECNOLOGÍA



Todos los satélites están hechos con metales muy ligeros y resistentes que protegen los delicados instrumentos que transportan. La mayoría de los satélites comerciales tardan, aproximadamente, 24 horas en dar una vuelta al planeta. Este es el mismo tiempo que la Tierra toma en dar una vuelta sobre su eje, por lo que el satélite permanece siempre sobre el mismo punto.



Resistiendo lo irresistible, viendo lo invisible

Los satélites artificiales son aparatos contruidos por el ser humano y lanzados en cohetes al espacio, donde entran en órbita alrededor de la Tierra, la Luna u otros astros como los planetas y los asteroides. A pesar de que el diseño y los equipos de cada satélite dependen de su función, sus componentes son similares debido a las restricciones que impone resistir la enorme fuerza del lanzamiento y funcionar en el espacio, donde las temperaturas fluctúan entre los 2200 °C y los 200 °C.

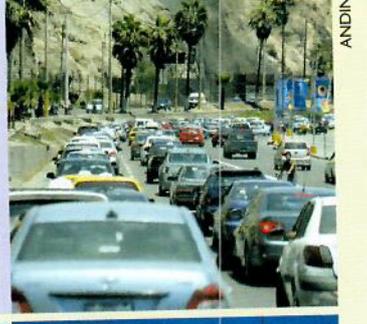
Los satélites artificiales cuentan con tres componentes básicos: la carga útil, la plataforma y una fuente de energía. La carga útil recibe y procesa la información; por ello, dispone de instrumentos como cámaras, sensores, telescopios y amplificadores, entre otros. Además, cuenta con modernas computadoras que nos permiten saber constantemente su posición y hacia dónde debe orientarse. La plataforma está equipada con un sistema de propulsión que controla la orientación y la órbita del satélite y realiza pequeños cambios de velocidad. El funcionamiento de estos equipos depende de la energía del Sol, la cual es captada por grandes celdas solares.

Una vez en el espacio, los satélites actúan como poderosas antenas que capturan la información proveniente de diferentes longitudes de onda y, luego, la amplifican y la devuelven a la Tierra a una estación receptora donde es procesada. Su funcionamiento se basa en que cada objeto u organismo emite una energía particular. Sus sensores pueden diferenciar la energía del agua salada de la energía del agua dulce, o el aire contaminado del limpio.

Resumen

Ideas principales

MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS

<p>MRU</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad: es una magnitud vectorial, cuya unidad en el SI es m/s. • El movimiento rectilíneo uniforme (MRU): su velocidad es constante y su recorrido es una línea recta. • Gráficas de MRU: posición-tiempo, se representa el espacio recorrido como una función que depende del tiempo; velocidad-tiempo, permite hallar la distancia y el desplazamiento del móvil. 	 <p>ANDINA</p>
<p>MRUV</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleración: es la variación de la velocidad respecto al tiempo. Su unidad en el SI es el m/s^2. • Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV): la aceleración del móvil es la misma durante todo el recorrido. • Gráficas de MRUV: posición- tiempo, describen un arco de parábola; velocidad-tiempo, describen una recta inclinada. 	
<p>Movimiento vertical</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caída libre: es la caída de los cuerpos atraída por la fuerza de gravedad. • Rigen las mismas ecuaciones que para el MRU; se deben considerar la aceleración de la gravedad y la velocidad inicial cero. • Aceleración de la gravedad (g): $9,8m/s^2$ 	 <p>Shutterstock</p>
<p>Movimiento compuesto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento compuesto: resultante de la combinación de dos movimientos simples. • Lanzamiento horizontal: trayectoria de la forma de la mitad de una parábola. • Movimiento parabólico: lanzamiento de un cuerpo con velocidad inicial y un ángulo de elevación. 	 <p>Carlos Sala</p>
<p>Movimiento circular uniforme</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento circular uniforme: la trayectoria es circular con rapidez constante. • Arco recorrido y desplazamiento angular: el arco recorrido en un movimiento circular uniforme es igual al radio de la circunferencia multiplicado por el ángulo girado medido en radianes. • Velocidad angular: la unidad en el SI es el rad/s. 	 <p>Shutterstock</p>

Organizador visual: mapa conceptual



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web, encontrarás información acerca de los diferentes tipos de movimientos de los cuerpos que reforzarán lo que has aprendido:

- <http://www.educaplus.org/movi/>
- http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/teoria/A_Franco/cinematica/cinematica.htm

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar el tema desarrollado en esta unidad.

Ministerio de Educación del Perú. (2008) *Física. Una visión analítica del movimiento* (Vols. 1 y 2). Lima: Lumbreras Editores.

Para ampliar

Documanía (2009). *Galileo: y sin embargo, se mueve*.

Este documental trata sobre la vida de Galileo Galilei, los descubrimientos científicos que realizó y la batalla que sostuvo con la Iglesia por defender su nueva concepción de las leyes del universo.

Se utilizan reconstrucciones, imágenes de archivo y testimonios de otros científicos contemporáneos. Con una documentación rigurosa, se explican las leyes de la ciencia que él defendió.

- <https://www.youtube.com/watch?v=npMaWBgYw88>



IDEAS CLAVE

- Fuerza
- Las leyes de Newton
- Fuerza de rozamiento
- Primera condición de equilibrio
- Diagrama del cuerpo libre
- Máquinas simples
- Fuerza centrípeta
- Ley de la gravitación de Newton

3

Leyes de Newton

LEEMOS

Newton en la vida diaria

El karate es un arte milenario que se caracteriza por emplear técnicas en las que se coordina la fuerza, el equilibrio y la posición. Las técnicas del karate buscan el correcto giro de cadera y la conexión conjunta de músculos y extremidades, trasladando el peso corporal y el centro de gravedad en cada movimiento. La base de estas técnicas y su precisa ejecución se fundamenta en leyes físicas de la mecánica, como las leyes de Newton, el momento de una fuerza, la ley de conservación del momento angular, el impulso y la cantidad de movimiento; así como la conservación de la energía mecánica. El conocimiento de estas leyes y su correcta aplicación favorece la ejecución de las técnicas y su perfeccionamiento.

Todos los seres vivos y no vivos interactúan entre sí. Estas interacciones pueden ser a distancia, es decir, sin contacto, como en el caso de la gravedad o el electromagnetismo; o de contacto, como la que se produce entre un resorte y un peso en un dinamómetro. Las fuerzas producidas en las interacciones ocurren y se aplican a nuestro alrededor constantemente y se rigen según leyes físicas.

¿Qué es una fuerza? ¿Cómo se produce? ¿Qué hace que las leyes físicas de la mecánica sean tan importantes en la práctica del karate? ¿Cómo se explica desde el punto de vista de la física el movimiento en el cuerpo humano?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar la unidad, podrás brindar explicaciones con respecto a las fuerzas que actúan sobre los cuerpos y acerca de las leyes de Newton. También serás capaz de realizar indagaciones a partir de situaciones en las que se apliquen las leyes de Newton. Asimismo, podrás construir prototipos aplicando dichas leyes.

El karateca emplea técnicas donde el equilibrio y la posición del cuerpo son muy importantes.



Introducción a la unidad

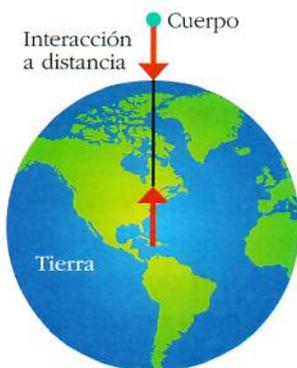
El movimiento de un corredor en una maratón puede describirse en términos de trayectoria, velocidad y aceleración; pero en términos generales, ¿por qué se mueve un cuerpo? ¿Qué relación hay entre las fuerzas y el movimiento? ¿Cómo se mide una fuerza?

Esta unidad te brinda conocimientos sobre la dinámica newtoniana y sus leyes para que puedas comprender adecuadamente el concepto

de fuerza y su influencia en el movimiento de los cuerpos. Asimismo, te presenta un conjunto de saberes relacionados con las leyes de la mecánica clásica: ley de inercia, relación entre fuerza y aceleración, y ley de acción y reacción, que te permitirán explicar el mundo físico y comprender que todos los movimientos están sujetos a dichas leyes, incluyendo los movimientos de los astros.

Interacciones y fuerzas

¿Por qué la Tierra gira alrededor del Sol sin escapar? ¿Cómo es que un clip es atraído por un imán? Aunque no la podamos ver, entre ambas parejas de cuerpos hay una interacción que es mutua: una fuerza.



La atracción gravitatoria entre la Tierra y un cuerpo (interacción a distancia)

Tipos de interacciones

Se llaman interacciones a las acciones mutuas que los cuerpos ejercen unos sobre otros.

Los cuerpos interactúan por parejas, de tal forma que los dos participantes representan papeles semejantes. Para la física, todos los seres vivos y no vivos interactúan.

- **Interacción a distancia.** Cuando dos cuerpos actúan el uno sobre el otro sin necesidad de que haya ningún contacto directo ni ningún cuerpo o medio interpuesto entre ellos. Por ejemplo, la Tierra atrae a todos los cuerpos en su proximidad sin que sea necesario que estén en contacto con su superficie.
- **Interacción de contacto.** Dos objetos al chocar o, simplemente, cuando parte de sus superficies están juntas, interactúan. Estas interacciones de contacto reflejan la resistencia de los cuerpos a ser atravesados o a fragmentarse.



Un pie y el suelo (interacción de contacto)

Fuerzas

La interacción entre dos cuerpos A y B se traduce en dos fuerzas (acción-reacción): la que el cuerpo A ejerce sobre el cuerpo B (fuerza de acción), y la que el cuerpo B ejerce sobre el A (fuerza de reacción).

A nuestro alrededor se están aplicando fuerzas constantemente. Unas veces actúan durante un brevísimo lapso de tiempo. En este caso, se denominan **instantáneas**. Otras, en cambio, son **permanentes**.

En el SI, las fuerzas se miden en *newtons* (N).

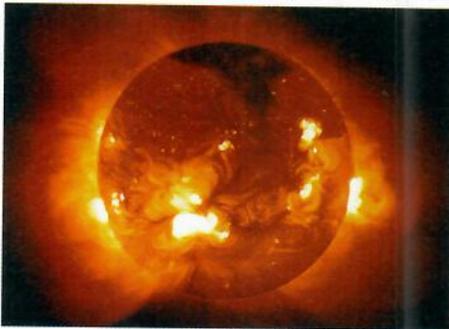
Interacciones fundamentales

Las cuatro interacciones fundamentales que existen en la naturaleza (al menos las conocidas hasta el presente) son las siguientes:

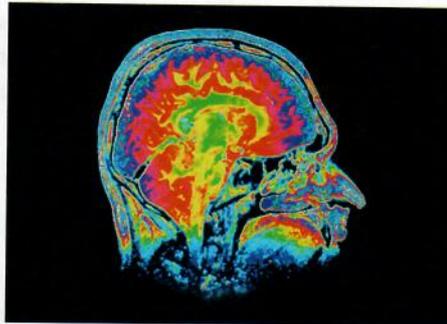
- **Interacción gravitatoria.** Es la responsable, por ejemplo, de que permanezcamos sobre el suelo o de que nuestro planeta gire continuamente alrededor del Sol.

Las fuerzas gravitatorias se producen entre todos los cuerpos del universo que tienen masa y alcance infinito, y cuya intensidad disminuye rápidamente con la distancia.

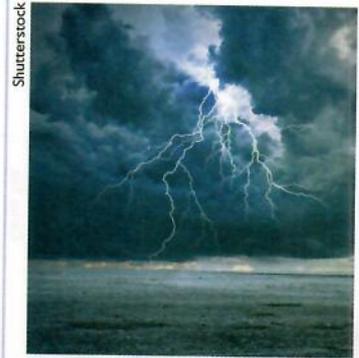
- **Interacción electromagnética.** Se debe a la existencia de cargas eléctricas, y puede ser de atracción (entre objetos cargados con carga neta de distinto signo) o de repulsión (cargas del mismo signo). Es mucho más intensa que la gravitatoria, y también tiene alcance infinito, disminuyendo su intensidad con la distancia.
- **Interacción nuclear fuerte.** Mantiene unidos a los protones y neutrones en el núcleo de los átomos. Es la más intensa de todas, pero tiene muy corto alcance (solo actúa a distancias inferiores al diámetro de los núcleos atómicos).
- **Interacción nuclear débil.** Es la responsable de la desintegración radiactiva de algunos átomos. Es unos 1000 millones de veces menos intensa que la nuclear fuerte, teniendo un alcance algo mayor. Todas las demás interacciones pueden reducirse en último término a alguna de estas.



Interacción nuclear: reacción nuclear, fusión en el Sol. De esta manera se genera la enorme cantidad de energía que emite el Sol.



Interacción nuclear: desintegración radiactiva. Se aprovecha, por ejemplo, en medicina, para obtener imágenes del interior del cuerpo humano.



En las tormentas, a veces se producen grandes descargas eléctricas dando lugar a rayos y relámpagos.

EN LA WEB

Para conocer más acerca de las características de las interacciones que existen en la naturaleza, ingresa a:

http://particleadventure.org/spanish/cpep_componentss.html#properties

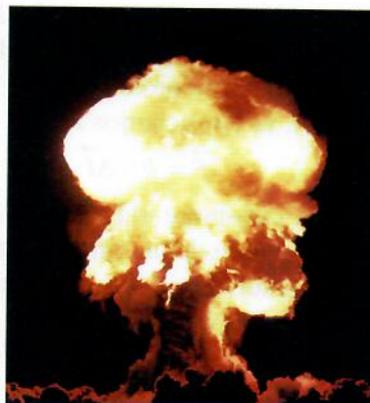
Los efectos de las fuerzas

Las fuerzas pueden producir dos clases de efectos sobre los cuerpos que actúan:

Efecto estático. Las fuerzas pueden producir deformaciones, perceptibles a veces y otras no porque pueden ser muy pequeñas.

Efecto dinámico. Las fuerzas pueden:

- Hacer pasar a un cuerpo del reposo al movimiento.
- Cambiar el valor de la velocidad aumentándola o disminuyéndola.
- Modificar la dirección de la velocidad.



Debido a su corto alcance, los efectos de las fuerzas nucleares solo se notan a escala atómica. ¿Por qué pueden producir efectos tan devastadores?

Intensidad relativa de las fuerzas fundamentales	
Interacción	Intensidad relativa
Gravitatoria	1
Nuclear débil	10^{35}
Electromagnética	10^{37}
Nuclear fuerte	10^{39}

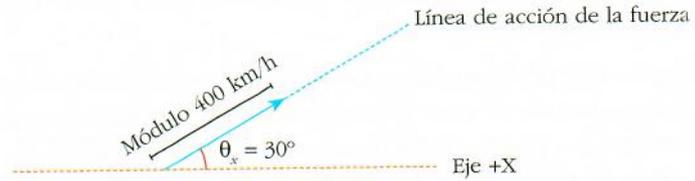
¿Cómo se representan las fuerzas?

La fuerza es una **magnitud vectorial** al igual que la velocidad o la aceleración. Se representa por un vector \vec{F} , que se caracteriza por:

- El **módulo** o **intensidad** es una medida cuantitativa de la fuerza. Si la intensidad es un número grande, la fuerza es grande; si, por el contrario, es un número pequeño, la fuerza es pequeña. La unidad en la que se mide la intensidad de una fuerza en el SI es el *newton* (N).



Una fuerza se caracteriza por su intensidad y dirección.



- La **dirección** es la recta sobre la que se aplica la fuerza; está determinada por el ángulo entre el vector y el eje +X.

Las fuerzas pueden deformar los cuerpos

No todos los cuerpos se deforman ni se recuperan por igual cuando actúa una fuerza sobre ellos. Los materiales elásticos sí recuperan su forma cuando deja de actuar la fuerza que los ha deformado.

En general, la magnitud de la deformación depende de la intensidad de la fuerza: las fuerzas más intensas causan deformaciones mayores. Pero existe un límite; si la fuerza sobrepasa cierto valor, se puede producir una rotura en el material; en ese caso, el objeto no vuelve a adoptar su forma inicial cuando deja de actuar la fuerza.

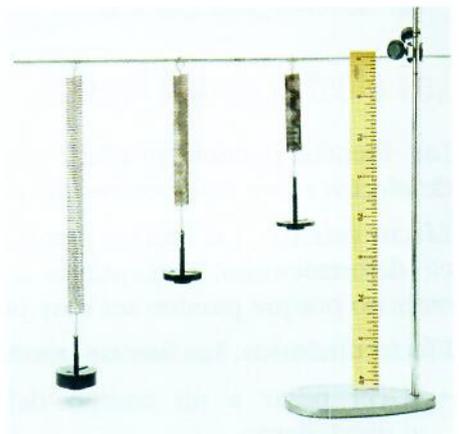
La ley de Hooke

Para comprobar la relación existente entre la fuerza ejercida y la deformación producida en un resorte, se cuelga de este distintas pesas y se mide el alargamiento o deformación producido en cada caso.

El alargamiento (Δl) de un resorte producido por una fuerza (\vec{F}) es directamente proporcional al valor de esa fuerza. La ley de las fuerzas y los alargamientos, llamada **ley de Hooke**, la enunciamos así:

$$\vec{F} = k \cdot \Delta \vec{l}$$

k es la constante elástica del resorte que depende de las características de este (material, grosor, elasticidad...). Se mide en N/m en el SI.

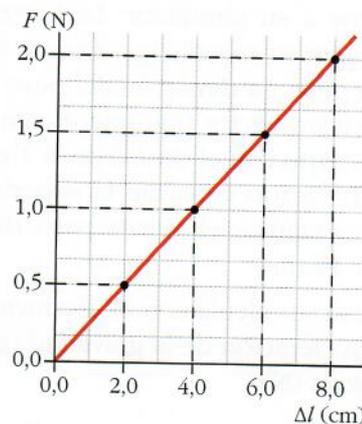


El peso ejerce una fuerza hacia abajo que deforma el resorte. La relación entre la fuerza y el alargamiento es conocida como la ley de Hooke.

EJEMPLO RESUELTO 1

Al realizar una serie de medidas con un muelle y diferentes masas, se obtienen los datos de la tabla. Representa gráficamente y calcula la constante elástica del resorte.

Fuerza F (N)	Longitud del resorte (cm)	Alargamiento Δl (cm)
0,0	20,0	0,0
0,5	22,0	2,0
1,0	24,0	4,0
1,5	26,0	6,0
2,0	28,0	8,0

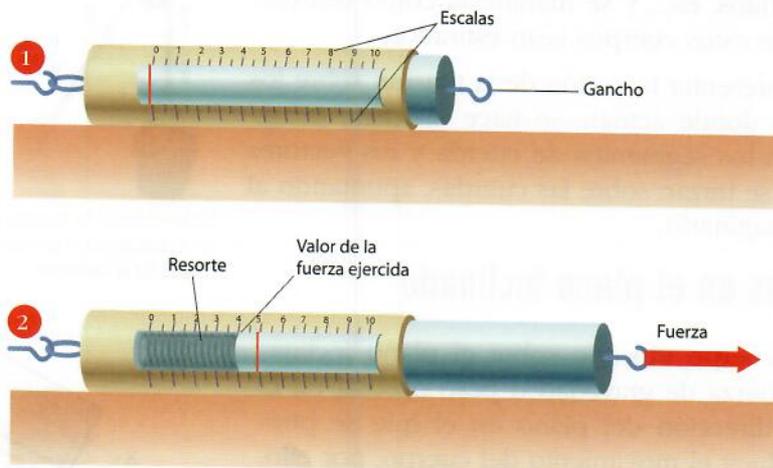


Para una pareja de valores de la gráfica:

$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{2,0 \text{ N}}{8,0 \text{ cm}} = 0,25 \text{ N/cm}$$

La ley de Hooke describe el comportamiento de los resortes. Cuando se conoce la constante del resorte, es fácil saber el alargamiento producido por una fuerza. De la misma manera, si conocemos el alargamiento producido por una fuerza, podemos deducir el valor de la misma.

Este es el principio de funcionamiento de los **dinamómetros**, que son aparatos empleados para medir fuerzas en el laboratorio. Un dinamómetro consta de un resorte que se alarga al ejercer una fuerza sobre él. El aparato lleva incorporada una escala en la que se muestra directamente el valor de la fuerza.



Funcionamiento de un dinamómetro.

EJEMPLO RESUELTO 2

Un resorte de constante elástica $k = 2000 \text{ N/m}$ se estira aplicando una fuerza de valor 4000 N . ¿Cuánto se estira?

- Calculamos el valor de la deformación:

$$F = k \Delta l \rightarrow \Delta l = \frac{F}{k} = \frac{4000 \text{ N}}{2000 \text{ N/m}} = 2 \text{ m}$$

El resorte se estira 2 m .

EN LA WEB

Para conocer más acerca de la ley de Hooke, ingresa a:

http://www.proyectosalohogar.com/Enciclopedia_Illustrada/Ciencias/Ley_de_Hooke.htm

PARA SABER MÁS**Otros tipos de dinamómetros**

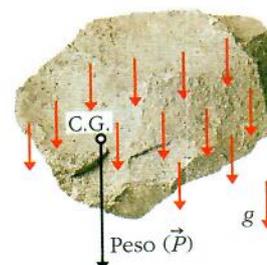
Hay otros instrumentos de medida de fuerzas (especialmente de pesos) que reciben nombres diversos, pero que en realidad son dinamómetros porque su funcionamiento se basa en el alargamiento o compresión de resortes. La balanza de cocina es un ejemplo.



Algunas fuerzas comunes en la vida real

Peso (\vec{P})

La Tierra ejerce atracción gravitacional sobre los objetos a su alrededor. La fuerza que aplica la Tierra en su superficie sobre un cuerpo se denomina peso. La dirección del peso está representada por un vector que une el centro de gravedad del cuerpo con el centro de la Tierra. Para un objeto colocado cerca de la superficie del planeta, representamos el vector peso dirigido al centro de la Tierra.

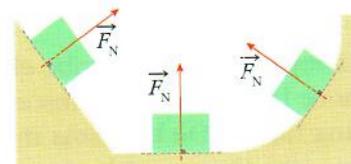


El centro de gravedad es el punto de aplicación del peso.

El peso se calcula con el producto de la masa (m) y la aceleración de la gravedad (g). Se expresa en *newtons* (N).

Fuerza normal o reacción normal (\vec{F}_N)

Es aquella fuerza que aparece cada vez que hay contacto físico entre dos cuerpos sólidos. Se representa por un vector cuya dirección siempre es perpendicular a la superficie de contacto dirigida hacia el cuerpo materia de análisis.



Fuerza normal en diferentes superficies de apoyo.

Tensión (\vec{T})

Es aquella fuerza interna que aparece en cuerdas, cables, hilos, etc., y se manifiesta como resistencia a que estos cuerpos sean estirados.

Para representar la acción de la tensión sobre los cuerpos donde actúan, se hace un corte imaginario en los segmentos de cuerda y los vectores tensión se trazan sobre las cuerdas, apuntando al corte imaginario.



La tensión de la cuerda actúa en el balde, en la polea y en la mano de la persona.

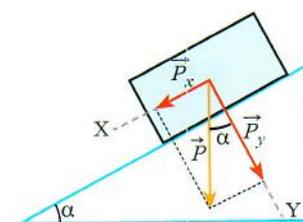
Fuerzas en el plano inclinado

En un cuerpo ubicado sobre el plano inclinado, la fuerza de gravedad o peso no está en la misma dirección del plano en el que se puede producir el movimiento del cuerpo; por ello, debemos descomponerla en una componente perpendicular al plano (\vec{P}_y) y en otra paralela al plano (\vec{P}_x) para encontrar la fuerza que hace que el cuerpo se mueva hacia abajo (\vec{P}_x).

Para calcular P_x tenemos en cuenta que el ángulo que forma el plano con la horizontal (α) es el mismo que forman P y P_y ,

$$\text{sen } \alpha = \frac{P_x}{P} \rightarrow P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$$

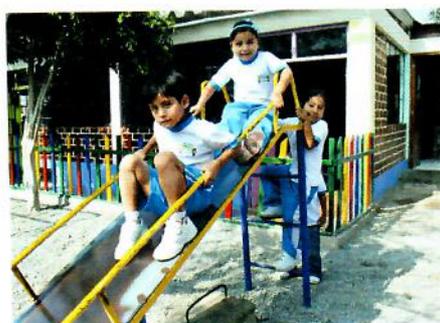
$$\text{cos } \alpha = \frac{P_y}{P} \rightarrow P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$



Descomposición de la fuerza peso.



Al realizar un mate en vóley, la pelota cambia su velocidad y dirección de movimiento originales.



Un tobogán es un plano inclinado.

Diagrama de cuerpo libre

Para dibujar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y que no falte ninguna, los físicos tienen una herramienta muy poderosa: el diagrama de cuerpo libre.

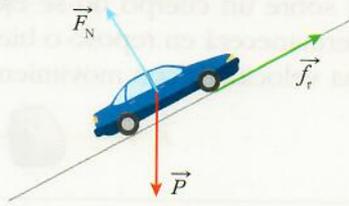
El diagrama de cuerpo libre (DCL) es la **representación gráfica** de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

Para graficar un DCL, se aísla imaginariamente el cuerpo de todo el sistema y se grafican todas las fuerzas que actúan sobre él. Es necesario elegir un sistema de referencia; nosotros utilizamos los ejes X e Y.

Consideremos un auto en una pendiente.



Realizamos el DCL del auto. Ubicamos las fuerzas que actúan sobre el auto (se desprecia la fuerza del viento).

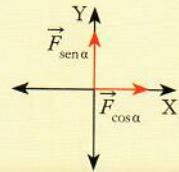
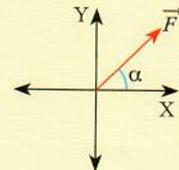


PRESTA ATENCIÓN



Descomposición de una fuerza

Una fuerza F se descompone en sus componentes rectangulares $F_{\text{sen } \alpha}$ y $F_{\text{cos } \alpha}$.



Observamos que sobre los cuerpos actúan tres fuerzas:

\vec{P} = Peso; es la fuerza que ejerce el planeta Tierra sobre el cuerpo.

\vec{F}_N = Fuerza normal; es la fuerza de reacción del piso por efecto del contacto.

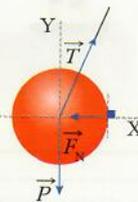
\vec{f}_r = Fuerza de fricción; es la fuerza que se opone al posible movimiento.

Para una esfera:

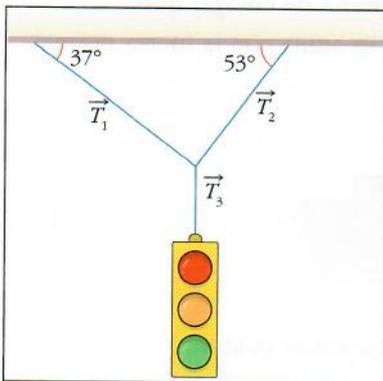
Se tiene una esfera lisa y homogénea.



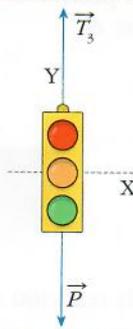
Hallamos el DCL realizando un corte imaginario a la cuerda y una separación imaginaria de la esfera con la pared.



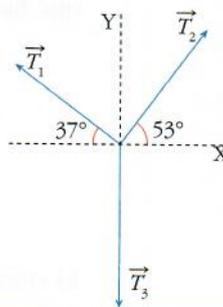
Para un semáforo colgante:



DCL del semáforo:



DCL de la unión de las cuerdas:





Los principios de la dinámica: Las leyes de Newton

Las leyes de Newton son la explicación para todos los movimientos en nuestro planeta. Ellas relacionan las fuerzas con los movimientos y con el equilibrio.

El principio de inercia o primera ley de Newton

Newton se basó en las observaciones y trabajos de Galileo para enunciar la llamada **ley de la inercia** o primera ley de Newton:

Si sobre un cuerpo no se ejerce ninguna fuerza neta, entonces el cuerpo permanecerá en reposo o bien se seguirá moviendo en línea recta a la misma velocidad (con movimiento rectilíneo uniforme).

$$\vec{F}_2 \leftarrow \text{Rock} \rightarrow \vec{F}_1 \quad \Sigma \vec{F} = 0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

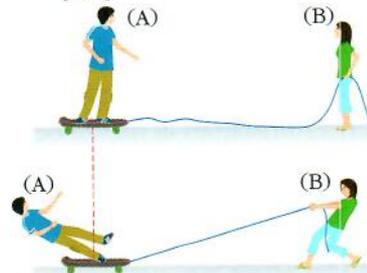
GLOSARIO

Inercia. Tendencia de un cuerpo en mantener su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta.

Imagina a un joven sobre su skate. Si al avanzar un obstáculo interrumpe el movimiento del skate, el joven, por inercia, tiende a seguir avanzando.



$$\vec{v} = 0$$

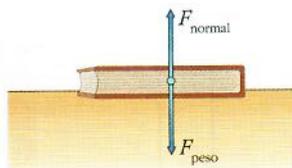


Al jalar el cable, la joven pone en movimiento el skate. Entonces, el joven cae por inercia, ya que se resiste a cambiar su movimiento y tiende a mantenerse en el mismo lugar.

EJEMPLO RESUELTO 3

Si un libro se encuentra sobre una superficie horizontal, ¿qué cuerpo ejerce la reacción a la fuerza normal? Realiza un diagrama de cuerpo libre.

- El libro está en reposo porque la fuerza peso se anula con la fuerza normal que hace la mesa sobre él.

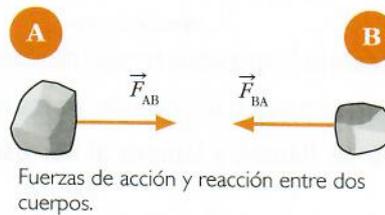


El cuerpo que ejerce la reacción a la fuerza normal es el libro.

El principio de acción y reacción o tercera ley de Newton

La **tercera ley de Newton** nos indica que las fuerzas siempre aparecen en pareja.

Cuando un cuerpo A ejerce sobre otro cuerpo B una cierta fuerza (**acción**), el B ejerce también sobre el A una fuerza igual y de sentido contrario (**reacción**). Las fuerzas aparecen por parejas (**interacción**).



Llamando \vec{F}_{AB} a la fuerza que ejerce un cuerpo A sobre un cuerpo B, y \vec{F}_{BA} a la fuerza que B ejerce sobre A, se tiene que:

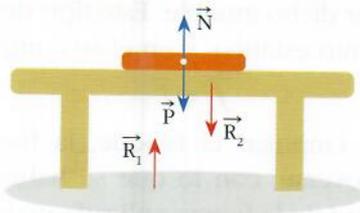
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

El signo menos indica que las fuerzas tienen sentidos opuestos.

Además, estas fuerzas están aplicadas sobre cuerpos diferentes, por lo que no se anulan entre sí.

EJEMPLO RESUELTO 4

Si un libro se encuentra apoyado sobre una mesa, ¿cuáles son los pares de fuerzas acción-reacción que existen en el sistema libro-mesa?



- Los pares de fuerzas acción-reacción son:

$\mathbf{P} = -\mathbf{R}_1$: peso que actúa sobre el libro (la ejerce la Tierra) y reacción al peso que actúa sobre la Tierra (la ejerce el libro).

$\mathbf{N} = -\mathbf{R}_2$: normal que actúa sobre el libro (la ejerce la mesa) y reacción a la normal que actúa sobre la mesa (la ejerce el libro).

BIOGRAFÍA

Isaac Newton (Lincolnshire, 1642 - Londres, 1727)

Uno de los mayores logros de Newton fue el descubrimiento de la fuerza de gravedad. Al parecer, se le ocurrió mientras se encontraba descansando bajo un manzano y vio cómo una de las manzanas se desprendía del árbol y caía al suelo. También se interesó por el estudio de la luz, sobre el cual realizó importantes experimentos.

En su tiempo, Newton fue reconocido como un gran científico y recibió muchos honores. Como todas las grandes personalidades, también tuvo enemigos, sobre todo, otros científicos que tenían celos por su prestigio.

Aunque fue un gran científico, parece que su vida no fue muy feliz. Era tan distraído que a veces resultaba hasta ridículo y era incapaz de defender sus ideas, por lo que sus amigos se tenían que encargar de ello.

En sus últimos años, se hizo popular en toda Europa. Cuando murió, fue enterrado en la abadía de Westminster, el lugar que se reserva en Inglaterra para los grandes héroes.

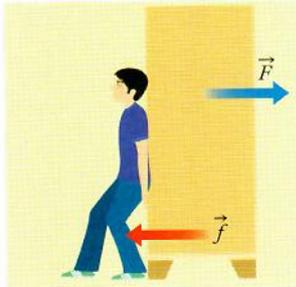


EN LA BIBLIOTECA

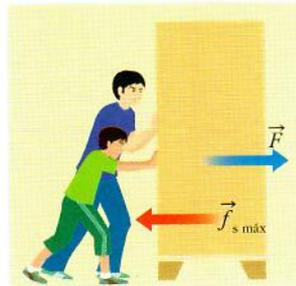
Para conocer más sobre las leyes de Newton, consulta el capítulo 2 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Fuerza de rozamiento

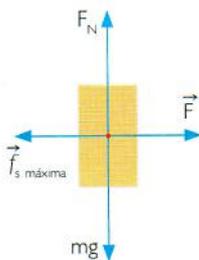
Resulta imposible tratar de caminar sobre hielo porque nos resbalamos por la poca fricción. Sin embargo, la misma fuerza produce el desgaste de las llantas y lápices al ser usados. ¿Qué es la fricción o rozamiento?



Cuando un objeto se encuentra en reposo, actúa la fuerza de rozamiento estático.



La fuerza de rozamiento estático alcanza su máximo valor inmediatamente antes de que el cuerpo comience a moverse (movimiento inminente).



La fuerza de rozamiento estático máxima es proporcional a la fuerza normal.

A la resistencia que se produce durante el deslizamiento o posible deslizamiento de un cuerpo sobre una superficie se le conoce como rozamiento. La fuerza de rozamiento impide o retarda el deslizamiento de un cuerpo sobre otro o en la superficie que esté en contacto. La fuerza de rozamiento se clasifica en:

Fuerza de rozamiento estático (\vec{f}_s)

Si una persona empuja un mueble pesado para tratar de moverlo y este permanece quieto, entonces la suma de las fuerzas que actúan sobre él es cero. La fuerza responsable de que el objeto permanezca quieto es la de rozamiento (\vec{f}_s), cuya magnitud es igual a la fuerza (\vec{F}) externa al tratar de mover dicho mueble. Este tipo de rozamiento se conoce como fuerza de rozamiento estático, y en él se cumple la igualdad:

$$\vec{f}_s = \vec{F}$$

Ahora, si dos personas empujan el bloque, la fuerza aplicada aumenta hasta que empieza a moverse, con lo que se habrá vencido la fuerza de rozamiento. Si la magnitud de la fuerza aplicada no supera el máximo valor de rozamiento, los cuerpos en contacto no cambiarán su estado de reposo.

$$0 < \vec{f}_s < \vec{f}_s \text{ máxima}$$

La fuerza de rozamiento estático máxima es proporcional a la fuerza perpendicular con que el objeto presiona a la superficie (\vec{F}_N).

$$f_s \text{ máxima} = \mu_s F_N$$

La constante de proporcionalidad μ_s se denomina **coeficiente de rozamiento estático**, y su valor depende de los materiales que estén en contacto. Por ejemplo, para el contacto de las superficies asfalto-caucho, μ_s tiene mayor valor que para el contacto entre hielo-metal.

$$0 < \mu_s < 1$$

Fuerza de rozamiento cinético (\vec{f}_c)

Una vez superada la fuerza de rozamiento estático máximo, el valor de la fuerza de rozamiento disminuye haciendo más fácil mantener el cuerpo deslizándose. Esta fuerza de rozamiento, mientras el objeto se desliza, recibe el nombre de fuerza de rozamiento cinético (f_c). Su valor es constante; depende de la fuerza normal y de las superficies de contacto:

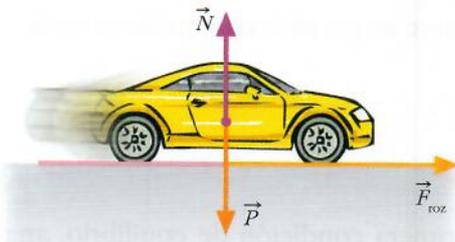
$$f_c = \mu_c F_N$$

Donde μ_c es el coeficiente de rozamiento cinético, y su valor en general es menor que el coeficiente de rozamiento estático μ_s .

El coeficiente de rozamiento

Es un número adimensional cuyo valor depende de la materia que forma las dos superficies que están en contacto: la del cuerpo que se mueve y la de la superficie de apoyo.

El rozamiento es mucho menor si el móvil se apoya sobre una superficie pulimentada como el hielo, que si lo hace sobre una superficie rugosa.



Esquema de las fuerzas que actúan sobre un automóvil moviéndose sobre una carretera.

Algunos coeficientes de rozamiento	
Sustancia	μ
Acero-acero	0,15
Acero-hielo	0,03
Metal-madera	0,30
Madera-madera	0,50
Piedra-madera	0,40
Madera-tierra seca	0,70
Rueda-asfalto seco	0,70
Rueda-asfalto húmedo	0,40

Habrás observado que para lograr que un cuerpo inicialmente en reposo comience a moverse, hay que ejercer una fuerza mayor que la que tenemos que hacer para que un cuerpo en movimiento siga adelante. Esto ocurre porque existen dos coeficientes de rozamiento:

- $\mu_{\text{estático}}$: permite conocer el valor de la fuerza de rozamiento que hay que vencer para que un cuerpo que está en reposo comience a moverse.
- $\mu_{\text{dinámico}}$: permite conocer el valor de la fuerza de rozamiento que hay que vencer para que un cuerpo que está en movimiento continúe haciéndolo.

$$\mu_{\text{estático}} > \mu_{\text{dinámico}}$$

PRESTA ATENCIÓN

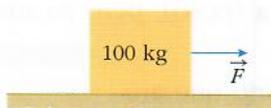


La fuerza de rozamiento entre dos cuerpos depende de la naturaleza de las superficies de contacto, es decir, de qué materiales están formadas y si son más o menos rugosas.

EJEMPLO RESUELTO 5

Calcula el valor de la mínima fuerza horizontal que puede mover una caja de 100 kg que descansa sobre una superficie plana horizontal. El coeficiente de rozamiento estático es de 0,6.

- La mínima fuerza requerida es cuando la fuerza externa iguala a la fuerza de rozamiento estático máxima.



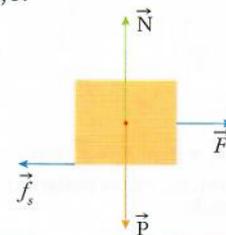
- Entonces:

$$F = f_{s \text{ máx}}$$

$$F = \mu_s F_N = \mu_s P = \mu_s mg$$

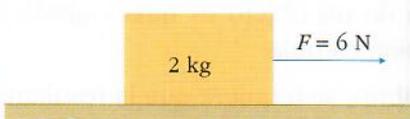
$$F = (0,6) (100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 588 \text{ N}$$



EJEMPLO RESUELTO 6

Calcula el valor de la fuerza de rozamiento si al bloque en reposo se le aplica una fuerza de 6 N. Considera $\mu_s = 0,5$, $\mu_c = 0,1$ y $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



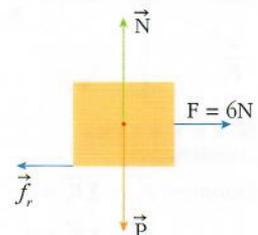
- Calculamos el valor de la fuerza normal:

$$F_N = m g$$

$$F_N = (2 \text{ Kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) \rightarrow F_N = 19,6 \text{ N}$$

- Entonces la fuerza de rozamiento es:

$$f_{\text{roz}} = \mu_c F_N \rightarrow f_{\text{roz}} = 0,1 \cdot 19,6 \text{ N} = 1,96 \text{ N}$$





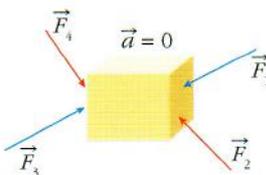
Estática. Cuerpos en equilibrio

INFORMACIÓN REGIONAL

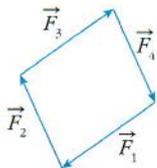
Machu Picchu



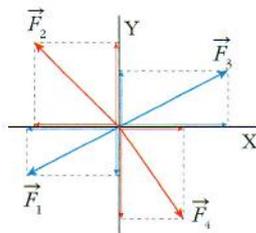
Machu Picchu (Cusco) es una imponente ciudadela inca. Sus estructuras reflejan que nuestros antepasados tuvieron grandes conocimientos empíricos sobre el equilibrio y la estabilidad de los cuerpos.



$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$$
$$\vec{F}_R = \sum \vec{F} = 0$$



Si: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$
Entonces, es un polígono cerrado.



Si: X e Y son ejes coordenados
Entonces: $\vec{F}_{RX} = \sum \vec{F}_X = 0$
 $\vec{F}_{RY} = \sum \vec{F}_Y = 0$

Si observamos a nuestro alrededor, veremos que algunos cuerpos están en movimiento acelerado, movimiento uniforme y otros están detenidos. Estos últimos son casos de equilibrio. La rama de la mecánica que estudia las condiciones para que un cuerpo esté en equilibrio es la estática.

Primera condición de equilibrio

Para comprender en qué consiste la primera condición de equilibrio, analicemos la siguiente situación: un joven parado junto a un quiosco de periódicos observa que un automóvil pasa delante de este con una velocidad constante y siguiendo una trayectoria recta.

El automóvil realiza un movimiento rectilíneo uniforme, por lo tanto, su aceleración es cero ($a = 0$). El joven que está en el quiosco está en reposo, es decir, $v = 0$ y $a = 0$. Se observa que el joven y el automóvil tienen una aceleración igual a cero, por lo que podemos decir que ambos objetos están en equilibrio de traslación.

Equilibrio de traslación

Para que un cuerpo esté en equilibrio de traslación, es necesario que el cuerpo esté en reposo (equilibrio estático) o realice un movimiento rectilíneo uniforme (equilibrio cinético). En ambos casos, la aceleración es nula: ($a = 0$)

En la imagen, la lámpara está en estado de reposo, pues su velocidad y aceleración son nulas.

Para comprobar esto, grafiquemos todas las fuerzas que actúan sobre la lámpara realizando un diagrama de cuerpo libre (DCL).

Observa que la Tierra atrae a la lámpara (peso), pero es sostenida por la cuerda (tensión).

Para que la lámpara repose, será necesario que ambas fuerzas tengan igual módulo.

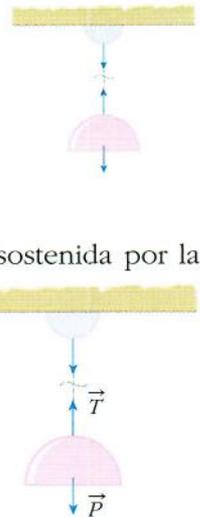
$$T = P$$

Si hallamos la fuerza resultante de ambos vectores, está será nula.

$$F_R = 0$$

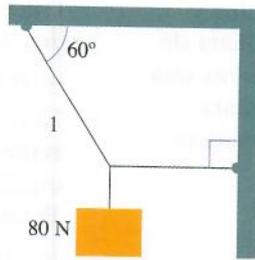
Entonces, concluimos que la aceleración de un objeto es nula cuando la fuerza resultante que actúa sobre él también es nula.

Para que un cuerpo se mantenga en equilibrio, se requiere que la resultante de fuerzas que actúa sobre él sea cero, lo que implica que la suma algebraica en cada eje de coordenadas de fuerzas sea cero.



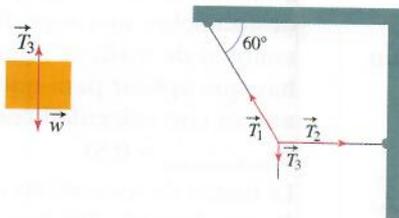
EJEMPLO RESUELTO 7

- Para la situación de la figura, determinar el valor de la tensión de las cuerdas si la cuerda 1 tiene un valor de tensión igual a 80 N.



Dibujemos las fuerzas que actúan sobre el punto de unión de las tres cuerdas: T_1 , T_2 y T_3 . Además, dibujemos las fuerzas que actúan sobre el objeto que cuelga, es decir, el peso w dirigido hacia abajo y la tensión T_3 . La tensión T_3 actúa sobre el objeto hacia arriba y sobre el punto de unión de las tres cuerdas hacia abajo.

DCL del objeto: DCL de la unión de las tres cuerdas:



Puesto que el objeto se encuentra en reposo, la suma de las fuerzas es cero; por lo tanto, el peso w y la tensión T_3 tienen la misma norma.

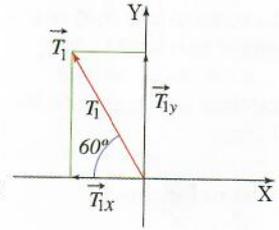
Primer método de solución

Consideremos el punto de unión de las tres cuerdas y escribamos sus componentes. Las componentes de la tensión T_1 son:

$$T_{1x} = -T \cos 60^\circ = -80 \cos 60^\circ = -40 \text{ N}$$

$$T_{1y} = -T \sin 60^\circ = 80 \sin 60^\circ = 69,3 \text{ N}$$

La componente en X de T_2 llamada T_{2x} mide igual a la norma de T_2 que denominamos T_2 , pues la tensión T_2 no tiene componente en Y, es decir que $T_{2y} = 0$.



A la componente en Y de la tensión T_3 , le anteponeamos un signo menos, pues está dirigida hacia abajo y mide igual que la norma de T_3 . La componente en X de la tensión T_3 es igual a cero. Como el sistema está en reposo, la fuerza neta debe ser cero; es decir, $T_{\text{neta}} = (0, 0)$. Así tenemos:

$$T_1 = (-40, 69,3)$$

$$T_2 = (T_2, 0)$$

$$T_3 = (0, -T_3)$$

$$T_{\text{neta}} = (0, 0)$$

A partir de las componentes en el eje X, se tiene que: $-40 \text{ N} + T_2 = 0$; luego: $T_2 = 40 \text{ N}$

A partir de las componentes en el eje Y, se tiene que: $69,3 \text{ N} - T_3 = 0$; luego: $T_3 = 69,3 \text{ N}$

Por lo tanto, las tensiones miden:

$$T_1 = 80 \text{ N}, T_2 = 40 \text{ N} \text{ y } T_3 = 69,3 \text{ N}$$

Segundo método de solución

Se puede resolver la misma situación mediante ecuaciones. Planteamos ecuaciones para las componentes en el eje X y en el eje Y.

En el eje X: $-80 \cos 60^\circ + T_2 = 0$

De donde: $-40 \text{ N} + T_2 = 0$; luego: $T_2 = 40 \text{ N}$

En el eje Y: $80 \sin 60^\circ - T_3 = 0$

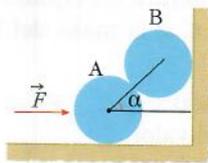
De donde: $69,3 \text{ N} - T_3 = 0$; luego: $T_3 = 69,3 \text{ N}$

Obtenemos los mismos resultados, es decir:

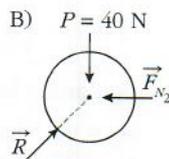
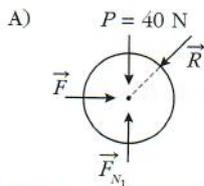
$$T_1 = 80 \text{ N}, T_2 = 40 \text{ N} \text{ y } T_3 = 69,3 \text{ N}$$

EJEMPLO RESUELTO 8

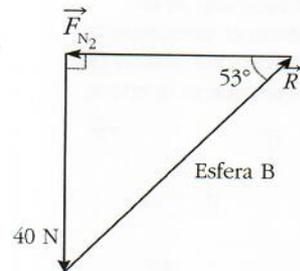
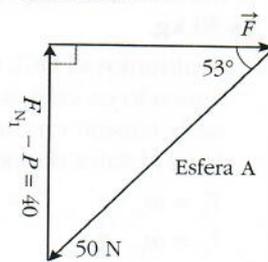
Las esferas idénticas mostradas en la figura pesan 40 N. ¿Cuál es el valor de la fuerza F para mantenerlas en equilibrio? No existe rozamiento y $\alpha = 53^\circ$.



- Realizamos el DCL de las esferas:



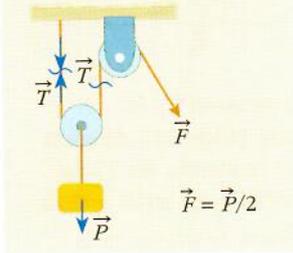
- Entonces:



- $R = 50 \text{ N}$; $F_{N2} = 30 \text{ N}$
 $F = 30 \text{ N}$

¿SABÍAS QUE...?

La polea es una máquina simple que facilita una tarea. A veces, permite cambiar la dirección de la fuerza.



EJEMPLO RESUELTO 9

Se colocan 3 kg de caramelos y 2 kg de juguetes en una piñata de 1 kg. ¿Con qué valor de fuerza una cuerda debe sostener la piñata para que no se caiga? (Considera $g = 10 \text{ m/s}^2$).

- Calculamos la masa total:
 $3 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$
- Hacemos el DCL de la piñata:

- Calculamos el peso total:
 $P = m \times g = 6 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 60 \text{ N}$

- La piñata debe estar en reposo, por lo tanto, en equilibrio.

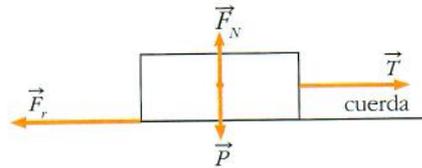
$$\text{Entonces: } \Sigma F_y = 0$$

$$T - P = 0 \rightarrow T = P \rightarrow T = 60 \text{ N}$$



EJEMPLO RESUELTO 10

- Se arrastra por el suelo una caja jalándola de una cuerda atada a la misma y manteniéndola paralela al suelo. Identifica y describe las fuerzas que actúan. Luego, represéntalas mediante un esquema.



\vec{T} : tensión de la cuerda. Fuerza que ejerce la cuerda sobre la caja.

\vec{F}_f : fuerza de rozamiento. Fuerza que se opone al movimiento, debido al contacto con el suelo.

\vec{P} : peso de la caja. Fuerza que ejerce la Tierra sobre la caja.

\vec{F}_N : fuerza normal. Fuerza que ejerce el suelo sobre la caja.

- Calcula la fuerza de rozamiento de un bloque de madera de 196 N de peso (que corresponde a una masa de 20 kg) que se desliza sobre una superficie también de madera. ¿Qué fuerza hay que aplicar para que se mueva con velocidad constante?

$$(\mu_{\text{madera-madera}} = 0,5)$$

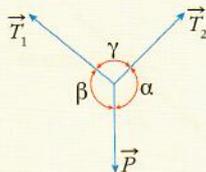
La fuerza de rozamiento es:
 $F_r = \mu \cdot P = 0,5 \cdot 196 \text{ N} = 98 \text{ N}$

Si la velocidad es constante, la fuerza resultante es nula: $F - F_R = 0$
Por lo tanto: $F = F_R$

Es decir, hay que aplicar una fuerza de 98 N para que se mueva con velocidad constante.

PARA SABER MÁS

Según el teorema de Lamy, si sobre un cuerpo actúan tres fuerzas coplanares y concurrentes, el valor de cada una de las fuerzas es directamente proporcional al seno del ángulo que se le opone.



$$\frac{T_1}{\sin \alpha} = \frac{T_2}{\sin \beta} = \frac{P}{\sin \gamma}$$

EJEMPLO RESUELTO 11

El sistema mostrado se encuentra en equilibrio. Calcula la masa de los bloques B y C si la masa del bloque A es 30 kg.

- Realizamos el DCL del nudo teniendo en cuenta que el valor de la tensión en cada cuerda es igual al valor del peso que sostiene:

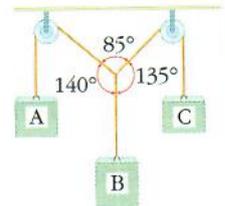
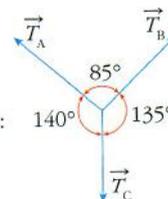
$$T_A = m_A \cdot g \quad T_B = m_B \cdot g$$

$$T_C = m_C \cdot g$$

- Aplicamos el teorema de Lamy y calculamos las masas de B y C:

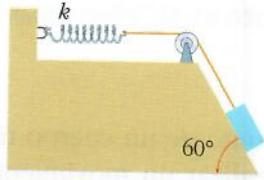
$$\frac{T_A}{\sin 135^\circ} = \frac{T_B}{\sin 85^\circ} = \frac{T_C}{\sin 140^\circ} \Rightarrow m_B = 42,3 \text{ kg}$$

$$m_C = 27,3 \text{ kg}$$



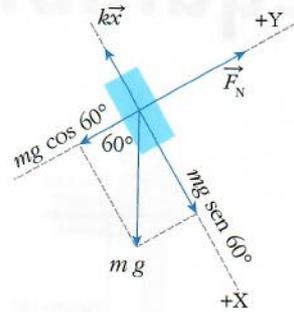
EJEMPLO RESUELTO 12

En la figura, el resorte de constante elástica $k = 100 \text{ N/cm}$ está estirado 2 cm de su longitud natural. Calcula el valor del peso del objeto si se desprecia todo tipo de fricción y la polea es ligera.



Aplicamos la primera condición de equilibrio:

$$\begin{aligned} F_{RX} = \Sigma F_X &= 0 \\ mg \operatorname{sen} 60^\circ - kx &= 0 \\ m (8,5 \text{ m/s}^2) & \\ - (100 \text{ N/cm}) \cdot 2 \text{ cm} &= 0 \\ m &= 23,5 \text{ kg} \\ F_{RY} = \Sigma F_Y &= 0 \\ F_N - mg \cos 60^\circ &= 0 \\ F_N &= 115,2 \text{ N} \\ P = mg &= 230,9 \text{ N} \end{aligned}$$

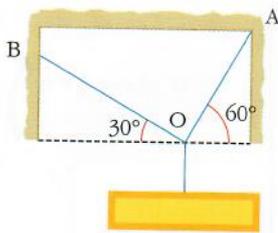


EJEMPLO RESUELTO 13

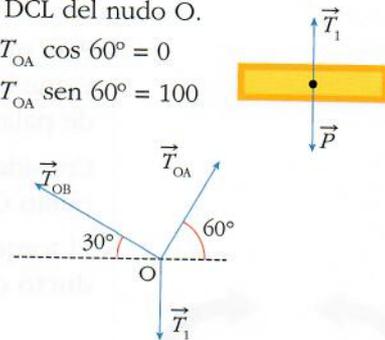
El sistema mostrado se encuentra en equilibrio. Calcula el valor de las tensiones en las cuerdas OA y OB, respectivamente, si el cartel pesa 100 N .

- Realizamos el DCL del cartel:
- Como el sistema se encuentra en equilibrio:

$$\begin{aligned} F_y &= 0 \\ T_1 - P &= 0 \\ T_1 &= P = 100 \text{ N} \end{aligned}$$



- Realizamos el DCL del nudo O.
- $$\begin{aligned} T_{OB} \cos 30^\circ + T_{OA} \cos 60^\circ &= 0 \\ T_{OB} \operatorname{sen} 30^\circ + T_{OA} \operatorname{sen} 60^\circ &= 100 \\ T_{OA} &= 86,5 \text{ N} \\ \text{y } T_{OB} &= 50 \text{ N} \end{aligned}$$

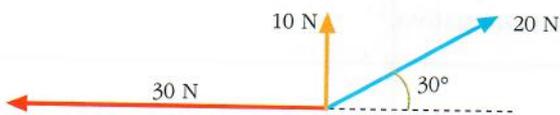


- Método alternativo: aplicamos el teorema de Lamy:

$$\begin{aligned} T_{OB} &= \frac{\operatorname{sen} 150^\circ \times T_1}{\operatorname{sen} 90^\circ} = 50 \text{ N} \\ T_{OA} &= \frac{\operatorname{sen} 120^\circ \times T_1}{\operatorname{sen} 90^\circ} = 86,5 \text{ N} \end{aligned}$$

EJEMPLO RESUELTO 14

Determina si un cuerpo que se encuentra sometido a la acción de estas fuerzas está en equilibrio.



Si no está en equilibrio, encuentra qué valor de fuerza hay que aplicarle para que lo esté.

- Verificamos si el cuerpo está en equilibrio.
- Descomponemos la fuerza de 20 N en sus componentes cartesianas perpendiculares:

$$\begin{aligned} F_x &= 20 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 17,3 \text{ N} \\ F_y &= 20 \text{ N} \cdot \operatorname{sen} 30^\circ = 10 \text{ N} \end{aligned}$$

- Hallamos la resultante total en cada eje:

$$F_{T \text{ eje } X} = 17,3 \text{ N} - 30 \text{ N} = -12,7 \text{ N}$$

$$F_{T \text{ eje } Y} = 10 \text{ N} + 10 \text{ N} = 20 \text{ N}$$

- Calculamos la fuerza resultante final:

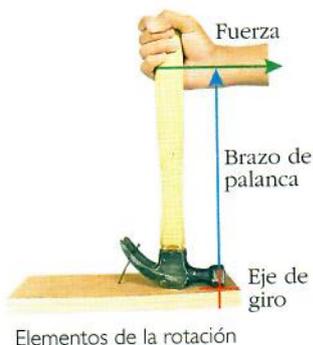
$$F_R^2 = (20 \text{ N})^2 + (-12,7 \text{ N})^2$$

$$F_R^2 = 561,29 \text{ N}^2$$

$$F_R = 23,7 \text{ N}$$

- Como la resultante no es nula, el cuerpo no está en equilibrio. Para que se encuentre en equilibrio, es necesario aplicar una fuerza de igual módulo y dirección que la resultante, pero de sentido opuesto para que la fuerza total sea nula.

Equilibrio de rotación



Dependiendo del lugar del cuerpo donde se aplique la fuerza, esta puede producir un efecto de rotación en él. Este es el "efecto palanca", de gran utilidad para el ser humano.

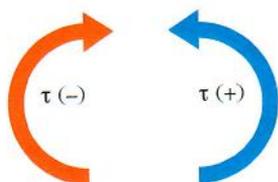
Cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, un cuerpo que no se deforma, este tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos "torque" o "momento de fuerza".

Torque o momento de una fuerza ($\vec{\tau}$)

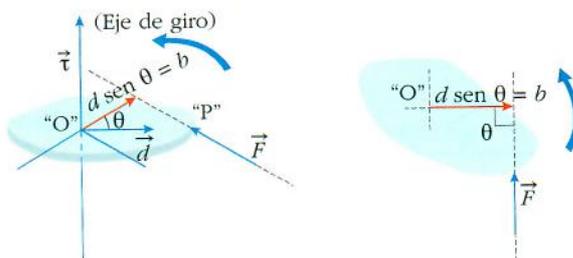
Para que una fuerza origine rotación, es necesario que exista un eje de giro y que la fuerza tenga un brazo de palanca con respecto a este eje. El brazo de palanca es la perpendicular a la línea de acción de la fuerza.

Consideremos un cuerpo rígido que tiene un eje de rotación que pasa por el punto O, y una fuerza aplicada en el punto P, como se muestra en la figura.

El torque es una magnitud vectorial cuyo módulo se calcula con el producto de la fuerza y su brazo de palanca.



Los torques que producen giros horarios son negativos, y los que producen giros antihorarios son positivos.



$$\vec{\tau} = \vec{d} \times \vec{F}$$

$$|\vec{\tau}| = |\vec{d}| |\vec{F}| \text{sen } \theta$$

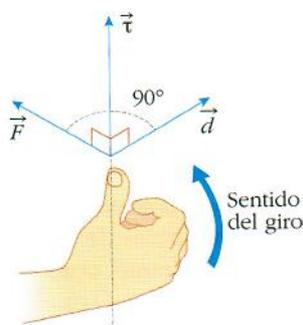
Donde:

τ = torque en (N · m)

F = fuerza en (N)

b = brazo de palanca en (m)

Para determinar la dirección del torque, podemos usar la regla de la mano derecha. Si el torque produce un giro en sentido horario, es positivo, y si lo produce en sentido antihorario, es negativo.



La regla de la mano derecha se usa para establecer la dirección del torque.

EJEMPLO RESUELTO 15

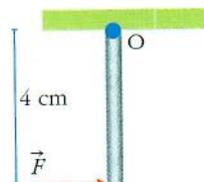
Determina la dirección del torque y el módulo que genera la fuerza $|\vec{F}| = 10 \text{ N}$ si tiene un brazo de palanca de $b = 4 \text{ m}$.

• Sabemos que: $\tau = F \cdot d$

$$\tau = 10 \text{ N} (4 \text{ m})$$

$$\tau = 40 \text{ Nm}$$

• La fuerza produce un torque en sentido antihorario; por lo tanto, la dirección será positiva.



Segunda condición de equilibrio

Para que un cuerpo rígido (es decir, que no se deforma) se encuentre en equilibrio de rotación, la suma de momentos de las fuerzas o torques que actúan sobre él debe ser nula.

$$\vec{\tau}_R = \sum \vec{\tau} = 0$$

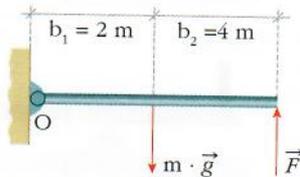
Esto significa que un cuerpo que se encuentra en equilibrio de rotación puede encontrarse en reposo; o si está en movimiento, lo hace con un movimiento circular uniforme.

Equilibrio total

Para que un cuerpo se encuentre en equilibrio total o, simplemente, en equilibrio, se deberán cumplir simultáneamente en él la primera y la segunda condición de equilibrio.

EJEMPLO RESUELTO 16

Una barra homogénea de 4 kg se encuentra en posición horizontal. Determina el módulo de la fuerza F que la sostiene en dicha posición.



En una barra homogénea, el peso está en el punto medio de la barra.

- Aplicamos la segunda condición de equilibrio:

$$M_R = \sum M = 0$$

- Los momentos que se van a generar respecto al punto O se deben al peso de la barra y a la fuerza F . El peso de la barra genera un giro horario (negativo), y la fuerza F , un giro antihorario (positivo).

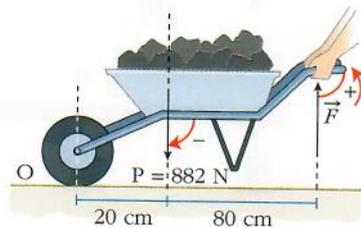
$$M_R = -(m g) b_1 + F b_2 = 0$$

$$M_R = -(4 \cdot 10 \text{ N}) (2 \text{ m}) + F (4 \text{ m}) = 0$$

$$F = 20 \text{ N}$$

EJEMPLO RESUELTO 17

Calcula el valor de la fuerza F vertical aplicada en la carretilla para sostenerla en equilibrio, y el valor de la fuerza normal que ejerce el piso sobre la llanta.



- Aplicamos la condición de equilibrio de rotación:

$$M_R = 0 \rightarrow M_F + M_P = 0$$

$$F (1 \text{ m}) - 882 \text{ N} (0,2 \text{ m}) = 0$$

$$F = 176,4 \text{ N}$$

- Aplicamos la condición de equilibrio de traslación:

$$F_{RY} = \sum F_Y = 0$$

$$F_N - 882 \text{ N} + 176,4 \text{ N} = 0$$

$$F_N = 705,6 \text{ N}$$

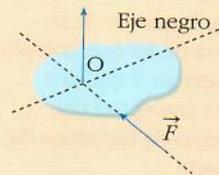
¿SABÍAS QUE...?

En caso de que la línea de acción de una fuerza F pase por el eje de rotación (punto O), entonces dicha fuerza no generará momento porque su brazo de palanca es nulo.

$$M = F b$$

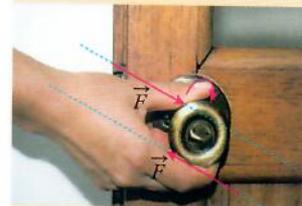
$$M = F (0 \text{ m})$$

$$M = 0 \text{ Nm}$$



PARA SABER MÁS

Una cupla es un sistema formado por un par de fuerzas de igual módulo, pero de sentidos contrarios, que genera un efecto de rotación pura. Algunos ejemplos de cupla se observan cuando giramos la perilla de una puerta o cuando utilizamos una llave de tuercas.



$$\tau_{\text{par}} = F b$$

Donde:

τ_{par} = torque del par de fuerzas ($\text{N} \cdot \text{m}$)

F = fuerza (N)

b = brazo de la cupla (m) o brazo de palanca del par.



Máquinas simples.

Aplicaciones del torque

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre las aplicaciones de la fuerza de torque, consulta el capítulo 8 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Las máquinas simples son dispositivos inventados por el ser humano para realizar un trabajo con menor esfuerzo. Por ejemplo, la polea, la palanca, el plano inclinado y el torno.

Palanca

Consiste en una barra rígida que puede oscilar sobre un eje o punto de apoyo.

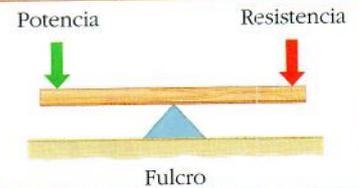
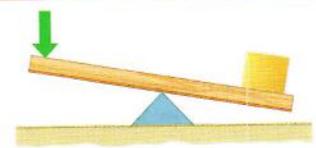
Para utilizar esta máquina, debemos aplicar una fuerza en uno de los extremos de la palanca para que baje; en consecuencia, el otro extremo subirá. Por lo tanto, la palanca nos sirve para transmitir movimiento.

Una palanca tiene tres elementos:

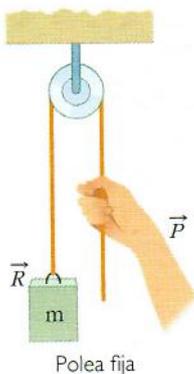
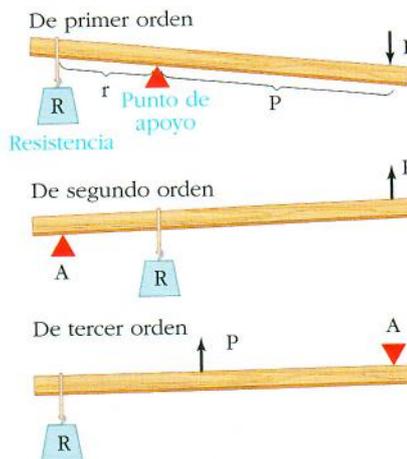
Potencia. Es la fuerza que realizamos.

Resistencia. Es la fuerza o carga que se va a vencer.

Punto de apoyo o fulcro. Es donde se sostiene la barra.



Las palancas se clasifican según su punto de apoyo en relación con la resistencia y potencia.

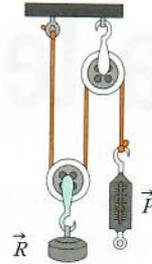


Polea

Está formada por una rueda móvil alrededor de un eje y acanalada en su circunferencia. Hay dos tipos:

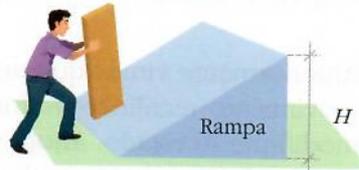
- **Polea fija.** No cambia de sitio y solo gira alrededor de su propio eje. El eje le permitirá girar cuando jalemos la cuerda con una fuerza F . En el otro extremo estará la resistencia R (o peso). Se usa, por ejemplo, para subir objetos a los edificios o sacar agua de los pozos.

- **Polea móvil.** Gira alrededor de su eje y también se desplaza, es decir, presenta movimientos de rotación y traslación. Es un dispositivo que consta de dos poleas: una fija, sujeta a un soporte, y una polea móvil, conectada a la primera mediante una cuerda.



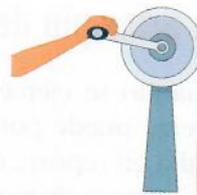
Plano inclinado

Permite subir o bajar objetos realizando menos fuerza. Consta de una superficie plana que forma un ángulo con la horizontal, sin llegar a ser vertical; es decir, un ángulo entre $0^\circ < \alpha < 90^\circ$. Además, tiene un extremo elevado a cierta altura.



Torno

Es una máquina simple formada por un tambor, muy parecido a una polea, con una cuerda y una manivela que se usa para levantar cargas hasta la altura del tambor.

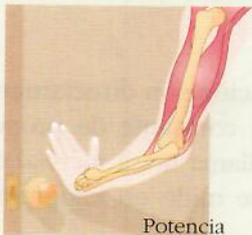


Nuestro cuerpo es una máquina

Los conceptos físicos de máquina y de palanca pueden utilizarse para describir cómo funcionan conjuntamente los huesos y los músculos.

Los movimientos de las piernas, brazos, dedos o cabeza proporcionan interesantes ejemplos de la acción de las palancas.

Máquina de primer orden

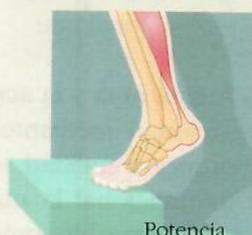


Potencia
Resistencia
Apoyo

Cuando empujamos una puerta con la mano, la fuerza necesaria para abrirla la ejerce un músculo del brazo llamado tríceps. El sistema está formado por este músculo, el codo y el cuerpo que se empuja.

El tríceps realiza la fuerza motora, el punto de apoyo se encuentra en el codo y la puerta que empujamos ejerce la fuerza resistente.

Máquina de segundo orden

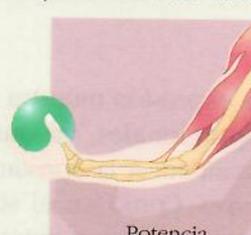


Potencia
Apoyo
Resistencia

Cuando nos levantamos sobre la punta de nuestros pies, la fuerza necesaria para contrarrestar el peso de nuestro cuerpo la ejerce una pareja de músculos de la pantorrilla llamados gemelos. El sistema está formado por estos músculos, el tarso del pie y la punta del pie.

Los gemelos realizan la fuerza motora, sobre el tarso se localiza la fuerza resistente y en las puntas de los pies se encuentra el punto de apoyo.

Máquina de tercer orden



Potencia
Resistencia
Apoyo

Cuando levantamos una pesa con la mano, la fuerza necesaria para ello la ejerce un músculo del brazo llamado bíceps. El sistema está formado por este músculo, el codo y el peso que se levanta.

La pesa es la fuerza resistente, el bíceps realiza la fuerza motora y el codo es el punto de apoyo.

PARA SABER MÁS

Muchas personas tienden a usar pequeños motores de combustión para tareas simples, como levantar pesos pequeños. Estos motores pequeños contaminan el ambiente. Una opción adecuada sería utilizar palancas mecánicas o poleas.

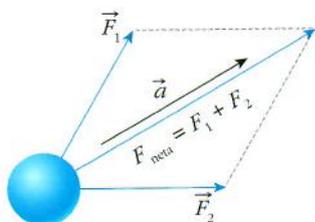
EN LA WEB

Para conocer más acerca del torque en el movimiento de los músculos, ingresa a:

http://www.uam.es/personal_pdi/medicina/algvilla/musculo/isometrico.html

Segunda ley de Newton

En un cuerpo en equilibrio, todas las fuerzas suman cero. Si esto no ocurre, decimos que las fuerzas están desequilibradas. Cuando esto ocurre, el cuerpo adquiere aceleración.



La fuerza neta aplicada sobre un cuerpo y la aceleración tienen el mismo sentido y la misma dirección.

Anteriormente vimos que un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme mientras no haya una fuerza externa que modifique su estado. Ahora veremos qué ocurre cuando el estado de movimiento de un cuerpo es alterado por la acción de una fuerza neta.

El principio de acción de fuerzas o segunda ley de Newton

Cuando se ejerce una fuerza sobre un objeto, este sufre los efectos. Una fuerza puede poner en movimiento un cuerpo que inicialmente se encontraba en reposo, detener un cuerpo inicialmente en movimiento, hacer que aumente o disminuya la velocidad con la que se desplaza, o simplemente deformarlo.

La segunda ley de Newton establece una relación entre la fuerza neta que se aplica a un cuerpo y la aceleración que este adquiere. Así, podemos afirmar que la aceleración de cualquier partícula tiene en todo momento la misma dirección y el mismo sentido de la fuerza neta (suma de fuerzas) que actúa sobre ella. Además, el cociente entre los módulos de ambos vectores es igual a una constante. Es decir:

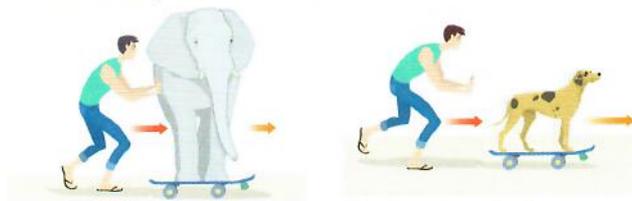
$$\frac{F_{\text{net}}}{a} = \text{constante}$$

Esta expresión muestra que **la fuerza neta y la aceleración son directamente proporcionales**, ya que se relacionan mediante una constante de proporcionalidad. A la constante de proporcionalidad se le llama masa inercial del cuerpo. Como en el sistema internacional la masa se mide en kilogramos (kg), la expresión anterior se puede escribir como:

$$\vec{F}_{\text{net}} = m \cdot \vec{a}$$

La fuerza neta que se ejerce sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración que produce dicha fuerza, siendo la masa del cuerpo la constante de proporcionalidad.

De lo expuesto se deduce que si se aplican fuerzas iguales sobre cuerpos de diferentes masas, el de mayor masa adquirirá una menor aceleración y el de menor masa tendrá mayor aceleración.



Si se aplica igual intensidad de fuerza sobre cada animal, el de mayor masa adquiere una menor aceleración.

PARA REFLEXIONAR

Muchas personas piensan que masa y peso es lo mismo, pero no es así. La masa que tienes siempre va a ser la misma, no importa dónde te encuentres, pero tu peso depende de la gravedad que esté actuando sobre ti en ese momento. De esta manera, pesarías menos en la Luna que en la Tierra, y en el espacio interestelar; no pesarías prácticamente nada.

- Argumenta. ¿Por qué tu peso es diferente en la Luna y en la Tierra?
- Investiga. ¿Cuál sería tu peso si vivieras en Marte?

Peso en la Tierra



Peso en la Luna



Shutterstock



Shutterstock

La segunda ley de Newton se aplica también a hechos cotidianos. Cuanto más fuerte golpee el niño la pelota, esta tendrá una mayor aceleración.

EJEMPLO RESUELTO 18

Calcula el peso de una masa de 60 kg y completa la tabla.

Planeta	Gravedad (m/s ²)
Mercurio	3,78
Venus	8,94
Tierra	9,8
Marte	3,79
Júpiter	25,4
Saturno	10,7
Urano	8,0
Neptuno	12,0

Realizamos los cálculos con la siguiente expresión: $P = m \cdot g$

- Mercurio: $(60,0 \text{ kg})(3,78 \text{ m/s}^2) = 227 \text{ N}$
- Venus: $(60,0 \text{ kg})(8,94 \text{ m/s}^2) = 536 \text{ N}$
- Tierra: $(60,0 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 5,9 \times 10^2 \text{ N}$
- Marte: $(60,0 \text{ kg})(3,79 \text{ m/s}^2) = 227 \text{ N}$
- Júpiter: $(60,0 \text{ kg})(25,4 \text{ m/s}^2) = 1,52 \times 10^3 \text{ N}$
- Saturno: $(60,0 \text{ kg})(10,7 \text{ m/s}^2) = 642 \text{ N}$
- Urano: $(60,0 \text{ kg})(8,0 \text{ m/s}^2) = 4,8 \times 10^2 \text{ N}$
- Neptuno: $(60,0 \text{ kg})(12,0 \text{ m/s}^2) = 720 \text{ N}$

EJEMPLO RESUELTO 19

Un ascensor tiene una masa de 250 Kg. ¿Cuál es el valor de la fuerza que debe ejercer el cable para que este suba con una aceleración de 0,5 m/s²? Supón que la fricción es nula.

- Como puede verse en la figura, actúan dos fuerzas sobre el ascensor: la fuerza F de tracción del cable y la fuerza P del peso, dirigida hacia abajo.
- La fuerza resultante o fuerza neta que actúa sobre el ascensor es $F - P$.
- Aplicando la ecuación de la segunda ley de Newton tenemos:

$$F_{\text{neta}} = F - P = m \cdot a$$

- Entonces, encontramos el valor de P :

$$P = m \cdot g = 250 \text{ kg} (9,8 \text{ m/s}^2) = 2450 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 2450 \text{ N}$$

- Sustituyendo los valores de P , m y a se tiene:

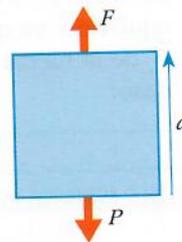
$$F - 2450 \text{ N} = 250 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$F - 2450 \text{ N} = 125 \text{ N}$$

- Si despejamos F tenemos:

$$F = 125 \text{ N} + 2450 \text{ N}$$

$$F = 2575 \text{ N}$$

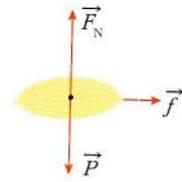


EJEMPLO RESUELTO 20

Una bolsa de cemento de 50 kg descansa sobre una camioneta inicialmente en reposo. Si la bolsa permanece quieta con respecto a la camioneta, calcula el valor de la fuerza de rozamiento aplicada sobre la bolsa de cemento cuando la camioneta acelera a 4 m/s^2 .



- Hacemos el DCL de la bolsa. Debes notar que, en este caso, la superficie del camión empuja la bolsa hacia delante debido a la fricción; por lo tanto, la fuerza de rozamiento está también hacia delante.
- Aplicamos la segunda ley de Newton para calcular el módulo de la fuerza de rozamiento, que es el módulo de la fuerza neta.

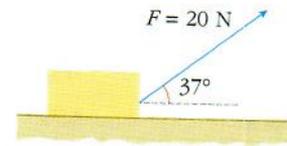


$$F_N = ma$$

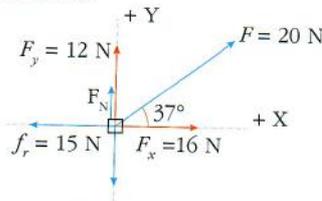
$$f_r = (50 \text{ kg})(4 \text{ m/s}^2) = 200 \text{ N}$$

EJEMPLO RESUELTO 21

En el bloque de 10 kg mostrado, se aplica una fuerza externa de 20 N que forma ángulo de 37° con respecto a la horizontal. Además, el piso ejerce una fuerza de rozamiento de 15 N. Calcula el valor de la aceleración del bloque y la fuerza normal del piso.



- Hallamos el DCL del bloque y descomponemos las fuerzas inclinadas:



- En el eje Y, el bloque está en equilibrio, ya que la componente F_y de la fuerza externa no vence el peso:

$$F_{Ry} = \sum F_y = 0$$

$$12 \text{ N} + F_N - 98 \text{ N} = 0$$

$$F_N = 86 \text{ N}$$

- En el eje X, la componente F_x de la fuerza externa vence a la fuerza de rozamiento; por lo tanto, existe una fuerza resultante y el bloque se acelera:

$$a = F_{Rx}/m = (16 \text{ N} - 15 \text{ N})/10 \text{ kg}$$

$$a = 0,1 \text{ N/kg}$$

$$a = 0,1 \text{ m/s}^2$$

EJEMPLO RESUELTO 22

Un auto de 1000 kg inicialmente en reposo es capaz de alcanzar una velocidad de 30 m/s en 60 s. Calcula el valor de la fuerza neta o resultante que actúa sobre el auto.

Observa que tenemos tres datos cinemáticos, lo que nos permite calcular la aceleración y, por lo tanto, la fuerza neta.

- Calculamos la aceleración:

$$v_f = v_i + a t$$

$$30 \text{ m/s} = 0 + a (60) \text{ s}$$

$$a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

- Calculamos la fuerza resultante usando la segunda ley de Newton:

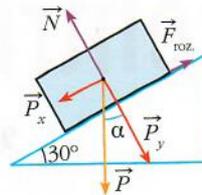
$$F_{\text{neta}} = ma$$

$$F_{\text{neta}} = (1000 \text{ kg}) (0,5 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{\text{neta}} = 500 \text{ N}$$

EJEMPLO RESUELTO 23

Por un plano inclinado que forma un ángulo de 30° con la horizontal, se desliza un cuerpo de 5 kg. Si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es 0,2, calcula con qué valor de aceleración desciende.



Como se aprecia en el dibujo, hay dos fuerzas en la dirección del movimiento del cuerpo sobre el plano: la componente horizontal del peso (\vec{P}_x), en sentido descendente, y la fuerza de rozamiento (\vec{F}_{roz}), que se opone al movimiento. Tienen sentidos opuestos.

- Si $P_x < F_{roz}$, el cuerpo está detenido.
 - Si $P_x > F_{roz}$, el cuerpo desciende.
- $F_{roz} = \mu \cdot N$; la fuerza N es la fuerza de reacción del plano sobre el cuerpo. En este caso, su módulo coincide con $P_y = N = P_y$.

Teniendo en cuenta las relaciones trigonométricas:

$$\begin{aligned} \text{sen } \alpha &= \frac{\vec{P}_x}{\vec{P}} \rightarrow \vec{P}_x = \vec{P} \cdot \text{sen } \alpha \\ \text{cos } \alpha &= \frac{\vec{P}_y}{\vec{P}} \rightarrow \vec{P}_y = \vec{P} \cdot \text{cos } \alpha \end{aligned}$$

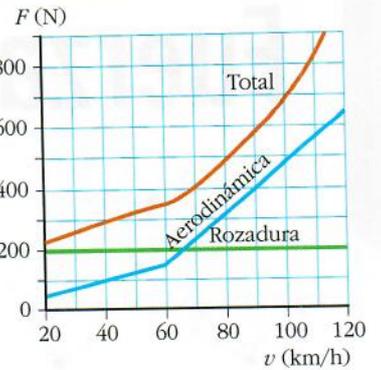
Obtenemos:

- $P_x = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 5 \cdot 9,8 \cdot \text{sen } 30^\circ = 24,5 \text{ N}$
- $F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \text{cos } \alpha = 0,2 \cdot 5 \cdot 9,8 \cdot \text{cos } 30^\circ = 8,5 \text{ N}$

Como $P_x > F_{roz}$, el cuerpo desciende.

Teniendo en cuenta el segundo principio de la dinámica:

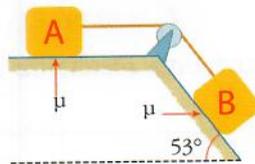
$$\begin{aligned} \Sigma F &= m \cdot a \rightarrow P_x - F_{roz} = m \cdot a \\ a &= \frac{P_x - F_{roz}}{m} = \frac{24,5 - 8,5}{5} = 3,2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$



Resistencias que debe vencer el motor para desplazar un vehículo en terreno llano. Cuanto mayor es la velocidad, mayor es la resistencia aerodinámica que debe vencer el vehículo.

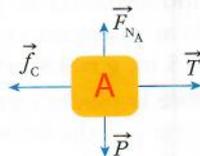
EJEMPLO RESUELTO 24

Determina el valor de la aceleración del sistema si $\mu = 0,5$; $m_A = 10 \text{ kg}$ y $m_B = 20 \text{ kg}$. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



Para el bloque A:

- Hallamos el DCL del bloque A. Asumimos que el sistema se mueve hacia la derecha.



- Calculamos la \vec{F}_N en el eje Y. El bloque está en equilibrio.

$$\Sigma F_y = F_{Ry} = 0 \rightarrow F_{NA} - P_A = 0$$

$$F_{NA} - 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 0 \rightarrow F_{NA} = 100 \text{ N}$$
- En el eje X, la fuerza de tensión es mayor a la de rozamiento; por lo tanto, hay aceleración.

$$f_c = \mu \cdot F_{NA} = 0,5 \times 100 \text{ N} = 50 \text{ N}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \Sigma F_x = F_{Rx} &= m \cdot a \rightarrow T - f_c = m \cdot a \\ T - 50 \text{ N} &= 10 \text{ kg} \cdot a \quad \textcircled{1} \end{aligned}$$

Para el bloque B:

- Hallamos DCL del bloque B y analizamos.

$$F_{Ry} = \Sigma F_y = 0$$

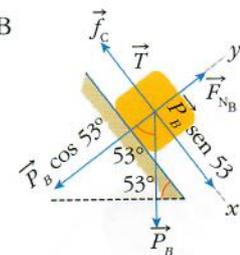
$$F_{NB} - P_B \text{ cos } 53^\circ = 0$$

$$F_{NB} - 20 \text{ kg} \times 10 \times \frac{3}{5} = 0$$

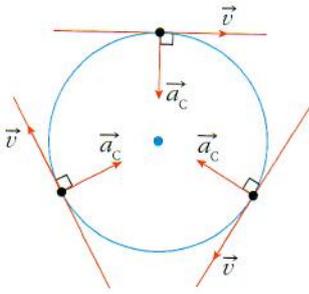
$$F_{NB} = 120 \text{ N}$$

$$f_r = \mu \times F_{NB} = 0,5 \cdot 120 = 60 \text{ N}$$
 - En el eje X, aplicamos $F_{Rx} = m \cdot a$

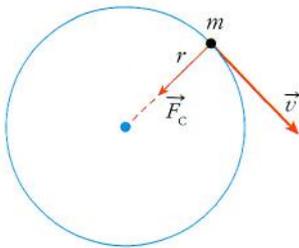
$$P_B \text{ sen } 53^\circ - f_r - T = 20 \cdot a \quad \textcircled{2}$$
 - De las ecuaciones $\textcircled{1}$ y $\textcircled{2}$: $a = 1,6 \text{ m/s}^2$
- La aceleración del sistema es $1,6 \text{ m/s}^2$.



Fuerza centrípeta



En los movimientos circulares, el módulo de la velocidad puede ser constante aunque la dirección esté cambiando. Debido a esto se produce la aceleración centrípeta.



La fuerza centrípeta sobre un cuerpo que gira es perpendicular a la velocidad.

Cuando un cuerpo se mueve con trayectoria circular, su velocidad lo lleva tangencialmente fuera de la circunferencia.

En el caso de un cuerpo que se mueve en trayectoria circular, a la fuerza neta se le llama fuerza centrípeta porque apunta al centro de la trayectoria.

La fuerza o aceleración centrípeta a_c ocurre sobre un cuerpo que describe un movimiento circular. El módulo de la a_c es:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

donde:

v = velocidad tangencial

r = radio de la trayectoria circular

Para hallar la expresión que nos permita calcular el valor de esta fuerza denominada centrípeta (F_c), consideremos un cuerpo de masa m que gira con una velocidad lineal v describiendo una circunferencia de radio r . Aplicando la segunda ley de Newton:

$$F = m a \rightarrow F_c = m a_c = m \cdot v^2/r$$

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Como la relación existente entre la velocidad lineal v y la angular ω es $v = \omega r$, podemos obtener otra ecuación análoga a la anterior que nos permitirá calcular la fuerza centrípeta en función de la velocidad angular. Esa ecuación se obtiene así:

$$F_c = \frac{m v^2}{r} = \frac{m (\omega r)^2}{r} = \frac{m \omega^2 r^2}{r} = m \omega^2 r$$

Es decir:

$$F_c = m \omega^2 r$$

La fuerza centrípeta es una fuerza resultante dirigida hacia el centro de la trayectoria.

EJEMPLO RESUELTO 25

Un joven hace girar una piedra de 1 kg unida a una cuerda de 0,5 m de longitud, en un plano vertical, a una velocidad constante de 2π rad/s. ¿Cuál será el valor de la tensión en la cuerda cuando la piedra se encuentra en la parte superior de la trayectoria? ¿Y cuando se encuentra en la parte inferior? Datos: $m = 1$ kg; $\omega = 2\pi$ rad/s; $r = 0,5$ m; $g = 9,8$ m/s²; $T_1 = ?$; $T_2 = ?$

- Analizamos todas las fuerzas que actúan sobre la piedra cuando esta se encuentra en la parte superior de la trayectoria y deducimos la tensión (T_1):

$$F_c = m \omega^2 r \rightarrow m g + T_1 = m \omega^2 r \rightarrow T_1 = m \omega^2 r - m g$$

- Reemplazamos valores y hallamos T_1 :

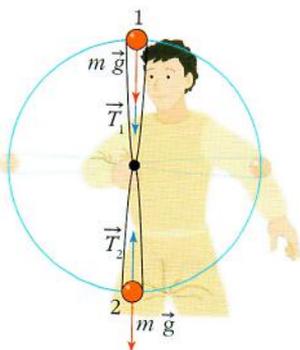
$$T_1 = 1 \text{ kg} (2\pi \text{ rad/s})^2 \cdot 0,5 \text{ m} - 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \rightarrow T_1 = 9,94 \text{ N}$$

- Hacemos lo mismo para el momento en que la piedra se encuentra en la parte inferior de la trayectoria y hallamos T_2 :

$$F_c = m \omega^2 r \rightarrow T_2 - m g = m \omega^2 r \rightarrow T_2 = m \omega^2 r + m g$$

$$\rightarrow T_2 = 1 \text{ kg} (2\pi \text{ rad/s})^2 \cdot 0,5 \text{ m} + 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \rightarrow T_2 = 29,54 \text{ N}$$

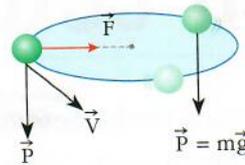
La tensión de la cuerda cuando la piedra se encuentra en la parte superior es 9,94 N, y cuando se encuentra en la parte inferior es 29,54 N.



Dirección de la fuerza centrípeta.

EJEMPLO RESUELTO 26

Una masa de 20 kg describe una trayectoria circular de 0,5 m de radio con una velocidad de 12 m/s. Calcula el valor de la fuerza que mantiene su trayectoria.

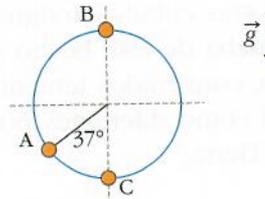


- Hallamos la fuerza centrípeta:

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = 5760 \text{ N}$$

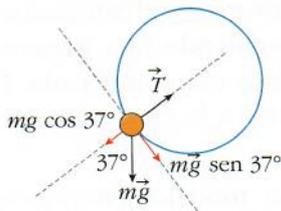
EJEMPLO RESUELTO 27

Se hace girar una piedra de 0,2 kg atada a una cuerda de 1 m en un plano vertical con una rapidez constante de 4 m/s. Calcula el valor de la tensión de la cuerda en los puntos A, B y C como muestra la figura (Considera $g = 10 \text{ m/s}^2$).



- Hallamos el DCL de la piedra en los puntos A, B y C. Luego, trazamos los ejes de coordenadas tangencial y radial, y aplicamos la segunda ley de Newton para la dinámica circular:

Punto A



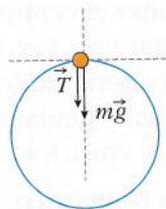
$$\Sigma F_{\text{radiales}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$T - mg \cos 37^\circ = m \frac{v^2}{r}$$

Reemplazamos datos:

$$T = 4,8 \text{ N}$$

Punto B



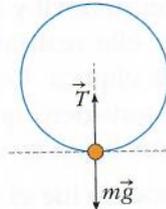
$$\Sigma F_{\text{radiales}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$T + mg = m \frac{v^2}{r}$$

Reemplazamos datos:

$$T = 1,2 \text{ N}$$

Punto C



$$\Sigma F_{\text{radiales}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$T - mg = m \frac{v^2}{r}$$

Reemplazamos datos:

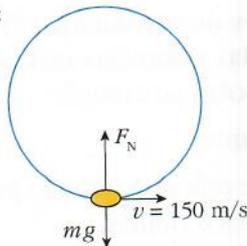
$$T = 5,2 \text{ N}$$

EJEMPLO RESUELTO 28

Un piloto de masa $m = 80 \text{ kg}$ se lanza hacia abajo en su avión para describir un rizo siguiendo un arco de circunferencia de 600 m de radio. En la parte más baja de su trayectoria, tiene una velocidad de 150 m/s. ¿Cuál es el valor de la fuerza ejercida por el asiento sobre el piloto en ese instante?

La fuerza ejercida por el asiento sobre el piloto es la fuerza normal, la cual podemos conocer si calculamos la fuerza centrípeta.

- Hallamos el DCL del piloto sentado:



- Aplicamos la segunda ley de Newton en el eje radial:

$$F_c = \Sigma F_{\text{radiales}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$F_N - mg = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

- Reemplazamos los datos y calculamos la fuerza normal:

$$F_N = 3784 \text{ N}$$

La fuerza ejercida por el asiento es de 3784 N.

PARA SABER MÁS

Newton afirmó que los planetas giran alrededor del Sol debido a una fuerza de atracción que les permite describir una trayectoria curva. La magnitud del vector fuerza de atracción está dada por:

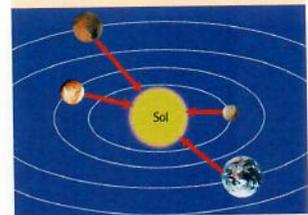
$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

Donde:

F = fuerza de atracción (N)

M, m = masas de los cuerpos (kg)

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$, constante de gravitación universal



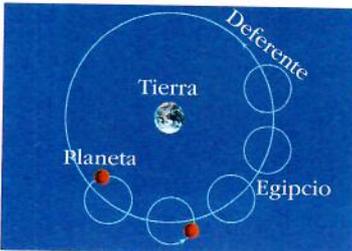


Mecánica celeste

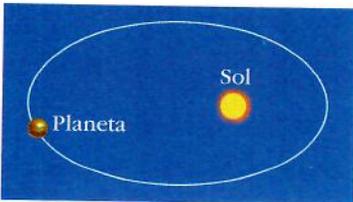
En una noche despejada, se pueden ver miles de estrellas moviéndose en el firmamento. ¿Qué leyes gobiernan esta maravillosa sincronía?



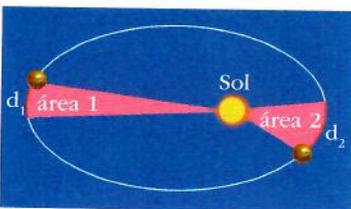
Trayectoria aparente de un planeta vista desde un sistema de referencia fijo a Tierra.



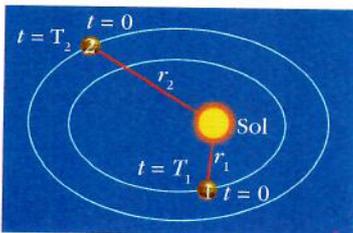
Trayectoria de cada planeta según Ptolomeo.



Primera ley. Las trayectorias de los planetas son elípticas.



Segunda ley. La velocidad de los planetas es variable.



Tercera ley. El cociente T^2/R^3 es constante para todos los planetas del sistema solar.

Modelos del universo

Claudio Ptolomeo, astrónomo de Alejandría, postuló el llamado “modelo geocéntrico del universo”, en el que argumentaba que la Tierra debía permanecer inmóvil y ubicada como el centro del universo, y el Sol giraba en torno a ella realizando un viaje una vez al día siguiendo una trayectoria llamada elíptica. Como la trayectoria de los planetas era complicada, Ptolomeo consideró que los planetas giraban en torno a la Tierra en órbitas circulares llamadas deferentes y epiciclos.

Otro modelo fue el de Nicolás Copérnico, llamado “modelo heliocéntrico”, en el cual colocaba a la Tierra entre los demás planetas, girando todos ellos alrededor del Sol. La Luna giraba alrededor de la Tierra. Para explicar el movimiento variable de los planetas, ideó un sistema de epiciclos: cada planeta se movía en un círculo superpuesto a su gran órbita circular alrededor del Sol.

Leyes de Kepler

El astrónomo alemán Johannes Kepler formuló un conjunto de leyes para el movimiento de los cuerpos celestes:

- **Primera ley.** Cada planeta se mueve alrededor del Sol en una curva llamada elipse, con el Sol en uno de sus focos.
- **Segunda ley.** Un planeta se mueve de tal forma que una línea trazada desde el Sol a su centro barre áreas iguales en tiempos iguales. Esto implica que los planetas no se mueven alrededor del Sol con velocidades uniformes, sino que lo hacen más rápido cuando están cerca y más lento cuando están más lejos.
- **Tercera ley.** Los cuadrados de los periodos de revolución (T) de los planetas son proporcionales a los cubos de las distancias medias al Sol; es decir, para cualquier planeta del sistema solar, se cumple:

$$\frac{T^2}{r^3} = k = \text{constante}$$

Esta ley es diferente de las otras dos. No se refiere a un solo planeta, sino que relaciona un planeta con cada uno de los demás.

Ley de la gravitación de Newton

Los planetas giran alrededor del Sol. Dado que describen trayectorias curvas, deben estar sometidos a una fuerza centrípeta. Pero ¿qué agente externo genera dicha fuerza centrípeta?

Isaac Newton postuló la existencia de una fuerza de atracción debida al Sol.

La fuerza de atracción (\vec{F}) que el Sol ejerce sobre cada planeta es directamente proporcional a la masa (M) del Sol y a la masa (m) del planeta que se considere, y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (r) que separa los centros de ambos astros.

La magnitud del vector fuerza de atracción está dada por:

$$F = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

Donde G es la denominada “constante de gravitación universal”, cuyo valor es:

$$G = 6,667 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{kg}^2$$

El gran aporte de Newton consistió en afirmar que el movimiento de los planetas obedece a las mismas leyes que rigen el movimiento de los cuerpos sobre la Tierra. La ley de gravitación universal se sintetiza así:

Dos partículas cualesquiera se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

EJEMPLO RESUELTO 29

Calcula el valor de la constante k para los planetas Tierra y Mercurio a partir de los datos de la tabla.

- Para Mercurio:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{(7,6 \cdot 10^6 \text{ s})^2}{(5,8 \cdot 10^{10} \text{ m})^3}$$

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{2,9 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2}{\text{m}^3}$$

- Para la Tierra:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{(3,2 \cdot 10^7 \text{ s})^2}{(1,2 \cdot 10^{11} \text{ m})^3}$$

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{2,9 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2}{\text{m}^3}$$

Este es el valor de la constante $k = 2,9 \cdot 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$ para todos los planetas del nuestro sistema solar.

EJEMPLO RESUELTO 30

La Luna es atraída por la Tierra y, por ello, sigue una trayectoria elíptica. La velocidad de su recorrido es de $v = 1,02 \text{ km/s}$. Calcula la masa de la Tierra si la distancia que separa a la Tierra de la Luna es de $384\,000 \text{ km}$.

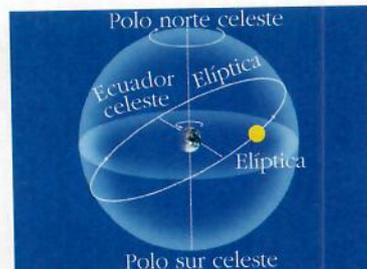
- La Luna experimenta una fuerza centrípeta causada por la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre ella. Por lo tanto:

$$F_{\text{gravitacional}} = F_c = \frac{G \cdot m_{\text{Tierra}} \cdot m_{\text{Luna}}}{r^2} = \frac{m_{\text{Luna}} \cdot v^2}{r}$$

- Reemplazamos valores y operamos:

$$6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{m_{\text{Tierra}}}{3,84 \cdot 10^8 \text{ m}^2} = (1,02 \text{ m/s})^2$$

$$m_{\text{Tierra}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$



La elíptica es la trayectoria seguida por el Sol en su movimiento aparente alrededor de la Tierra.

Distancias medias (r) al Sol y periodo de revolución (T) de los planetas

Planeta	T (s)	r (m)
Mercurio	$7,6 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^{10}$
Tierra	$3,2 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{11}$

GLOSARIO

- Teoría geocéntrica o geocentrismo.** Teoría astronómica sostenida fundamentalmente por Ptolomeo, astrónomo y matemático griego del siglo II, que consideraba la Tierra como centro del universo.
- Teoría heliocéntrica o heliocentrismo.** Teoría astronómica sostenida fundamentalmente por N. Copérnico, astrónomo polaco de fines del siglo XV, que consideraba el Sol como centro del universo.



Un puente de película

Sin puentes, todo arroyo, río, valle escarpado, cañón, vía férrea o cualquier accidente geográfico sería un obstáculo para los viajeros.

El puente Pukayacu está ubicado entre los límites de los distritos de Llana y Yauya, a 32 km de la ciudad de Piscobamba, en Áncash. Tiene una longitud de 42 m y una altura de 18 m. Este puente es reconstruido cada año por los pobladores del lugar.



Según el fundamento arquitectónico utilizado, los puentes pueden ser colgantes, atirantados, en arco, móviles, de elevación vertical, de losa maciza, con vigas simplemente apoyadas, de pórticos, de armadura metálica, o compuestos.



El puente sobre el lago Pontchartrain, en Nueva Orleans (EE. UU.) es el más largo del mundo. Mide unos 38,6 km de largo y está sostenido por 9000 pilares.



En Canadá y Estados Unidos se encuentra el puente internacional más pequeño.

Luis Yupanqui

El diseño de un puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que se va a construir. En todos los casos, se debe calcular la resistencia del peso de las personas y los vehículos que lo cruzarán, así como los materiales que se utilizarán en su construcción. También hay que considerar la situación climática como huracanes, lluvias, corrientes de agua y, algo muy importante, si se trata de una zona sísmica. Es decir, hay que tener en cuenta todas las fuerzas que intervendrán una vez que el puente esté en funcionamiento.

Puentes colgantes

Se caracterizan por estar sostenidos por un arco invertido formado por numerosos cables de acero. El tablero del puente se suspende del arco mediante tirantes verticales.

Son relativamente maleables bajo vientos severos y terremotos. Su falta de rigidez los vuelve intransitables en condiciones de fuertes vientos o turbulencias.

Los cables que constituyen el arco invertido deben estar anclados en cada extremo del puente, ya que son los encargados de transmitir una parte importante de la carga que tiene que soportar la estructura.



Puente de Brooklyn

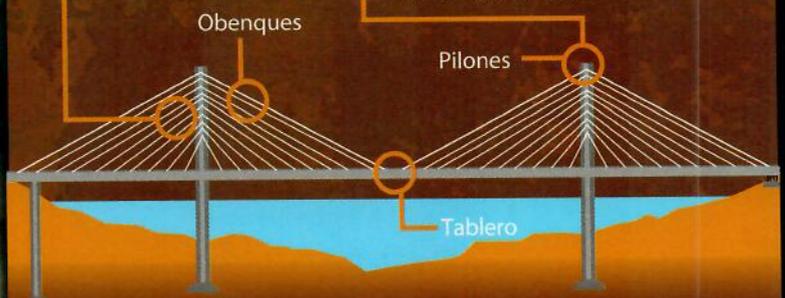
Une los barrios de Manhattan y Brooklyn, en la ciudad de Nueva York, EE. UU. Fue el primer puente colgante del mundo. El diseño estuvo a cargo del arquitecto John Augustus Roebling. Mide 1825 m de largo, 486,3 m de alto y 26 m de ancho. Fue inaugurado el 24 de mayo de 1883.

Puentes atirantados

Se caracterizan por tener un tablero suspendido de una o varias torres centrales, mediante obenques o tirantes que se sujetan en la parte superior. Por ello, los tres elementos fundamentales de la estructura son los tirantes, las torres o pilones y el tablero.

Los tirantes se distribuyen de forma paralela (en forma de arpa), semiparalela (en forma de semiarpa) y radial (en forma de abanico).

La estructura puede tener dos torres simétricas, o una sola desde donde se atiranta el vano principal. El tablero resiste los componentes horizontales que transmiten los tirantes.



El Puente de los Suspiros

Conocido en el mundo gracias a Chabuca Granda, fue construido en 1876 para unir los extremos de la quebrada del distrito de Barranco.

Puente de los Suspiros, Lima.



Puente Pukayacu, Áncash.



El puente de la Torre en Londres (Inglaterra) es el más visitado del mundo. Se encuentra sobre el río Támesis.

Resumen

Ideas principales

LEYES DE NEWTON

Fuerza

- Fuerza: interacción entre dos cuerpos.
- Interacciones fundamentales entre las fuerzas: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil.
- Efecto de las fuerzas: estático (deformaciones) y dinámico (movimiento, cambiar de velocidad, modificar dirección de velocidad).
- Fuerza como magnitud vectorial: se caracteriza por su módulo o intensidad, dirección y punto de aplicación.
- Ley de Hooke: relación existente entre la fuerza ejercida y la deformación producida.



Carlos Sala

Principios de la dinámica

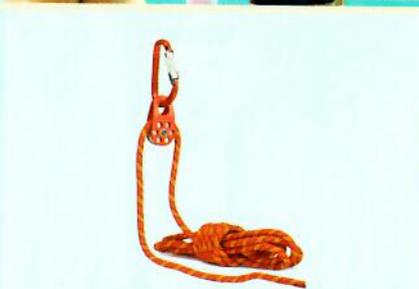
- Primera ley de Newton (principio de inercia): un cuerpo sobre el que no se ejerce ninguna fuerza neta permanecerá en reposo o bien seguirá en movimiento (MRU).
- Segunda ley de Newton (principio de fuerza): la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es directamente proporcional a su aceleración.
- Tercera ley de Newton (principio de acción y reacción): a toda acción le corresponde una reacción.



ANDINA

Estática

- Primera condición de equilibrio: el cuerpo está en reposo o en MRU.
- Diagrama de cuerpo libre: representación gráfica de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.
- Segunda condición de equilibrio: la suma de momentos de las fuerzas que actúan debe ser nula.



Shutterstock

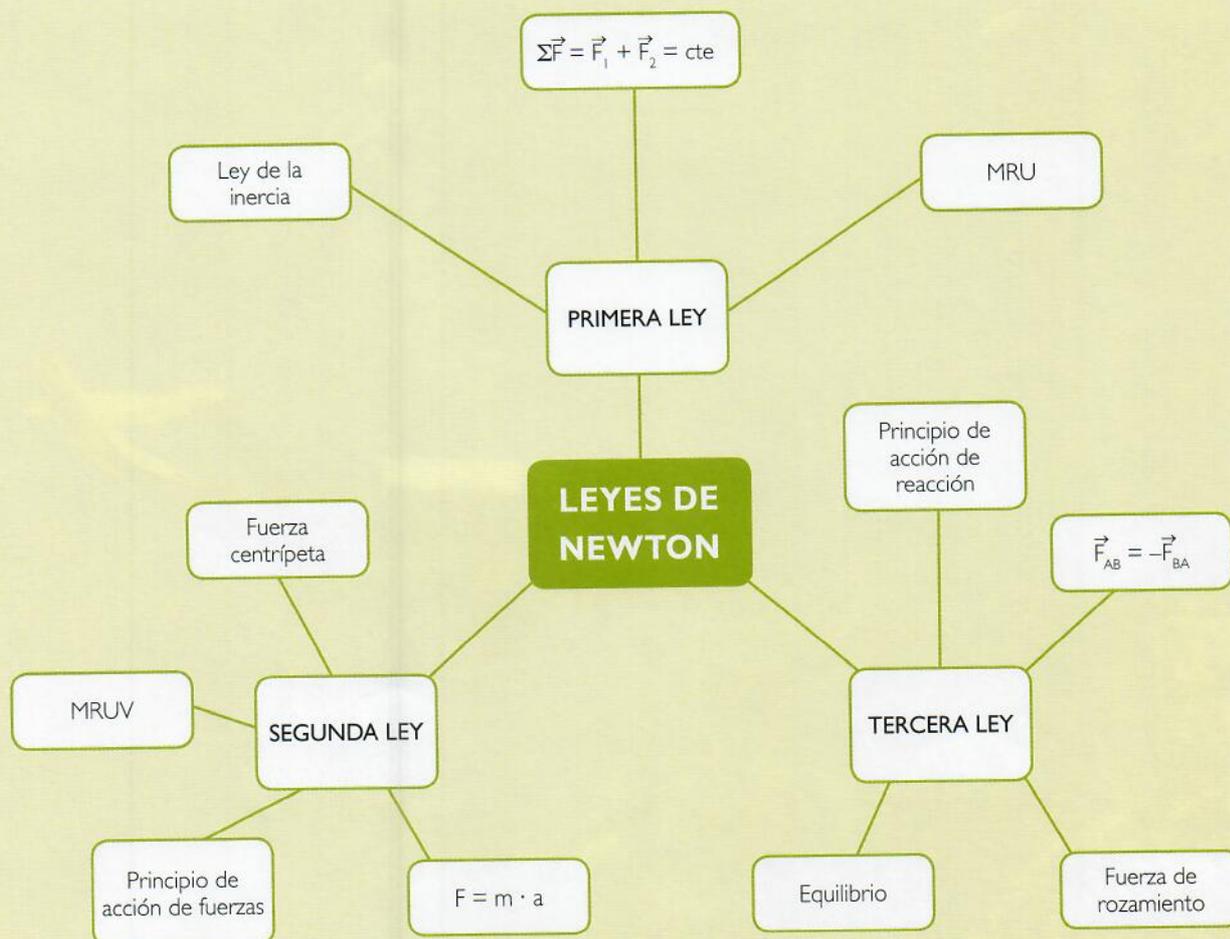
Dinámica

- Principio fundamental de la dinámica: segunda ley de Newton.
- Fuerza centrípeta: fuerza resultante dirigida hacia el centro.
- Ley de gravitación de Newton: dos partículas se atraen con una fuerza directamente proporcional al cuadrado de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.



© Santillana S.A.

Organizador visual: mapa de ideas



Opciones de consulta

Para reforzar

En estos sitios web, encontrarás información acerca de las mediciones de las magnitudes físicas que reforzarán lo que has aprendido:

- <http://crecea.uag.mx/flash/LEYES.swf>
- <http://ieselaza.educa.aragon.es/FisicaConceptualAplicada/Capitulo1/Archivos/Dinamica.swf>

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar el tema desarrollado en esta unidad.

Física. Una visión analítica del movimiento (Vols. 1 y 2). (2008). Lima: Lumbrreras Editores.

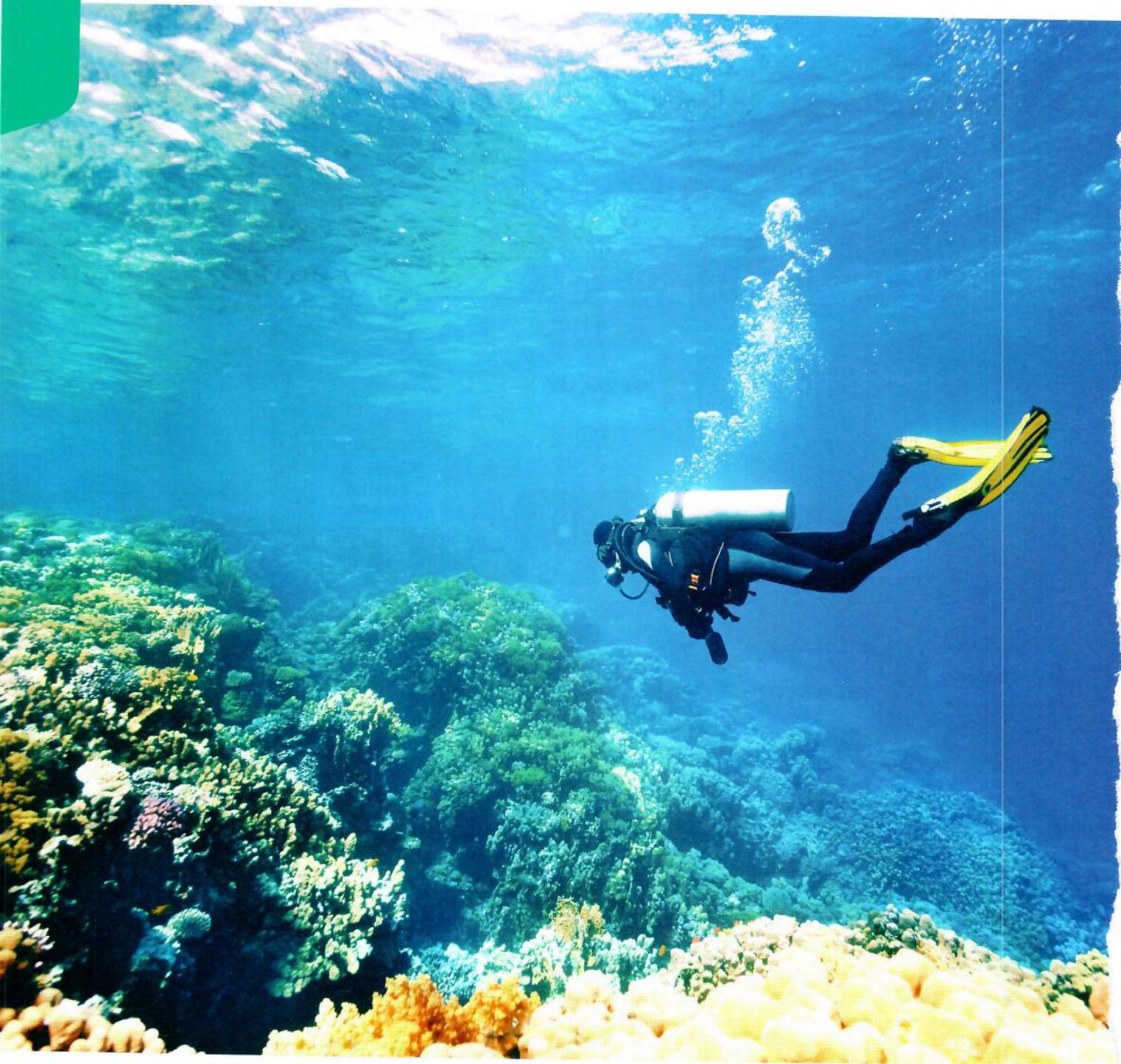
Para ampliar

ESA (2003). *Física en la ISS - Misión 1: Las leyes de Newton*.

Este documental ilustra conceptos básicos de física mediante simples experimentos sencillos realizados a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS). En esta primera misión, Pedro Duque efectúa experimentos que demuestran las tres leyes de Newton.

Es un material adecuado para estudiantes de entre 12 y 18 años.

- <http://www.youtube.com/watch?v=NpstwqCNaE>



IDEAS CLAVE

- Fluidos
- Densidad
- Presión
- Principio de Pascal
- Principio de Arquímedes
- Propiedad de los Líquidos

4

Fluidos

LEEMOS

Empuje de los fluidos

El buceo es una importante herramienta de trabajo para muchos proyectos: estudios de impacto ambiental, recuperación de material hundido, programas de seguimiento de ecosistemas marinos, descripción de ecosistemas subacuáticos, etc. Todos ellos exigen la participación de submarinistas con conocimientos de buceo científico.

El buceador científico domina distintas técnicas de trabajo subacuático y utiliza con destreza materiales de buceo para manejar con éxito las variables físicas que se presentan en el mar y llevar a buen término las tareas previstas.

En los paisajes sumergidos, como el mar o los lagos, existen variables ambientales, como la presión, densidad de los fluidos, la temperatura, el empuje, la concentración de gases en el agua, entre otras, que influyen directamente en el comportamiento de seres que viven o se desplazan en este medio.

¿Qué es un fluido? ¿Qué variables rigen el comportamiento de un fluido? ¿Qué relación existe entre la densidad de un cuerpo y su masa? ¿Cómo aprovecha la tecnología las variables que rigen un fluido? ¿Cómo influyen las variables que rigen un fluido en la salud del ser humano? ¿Qué características presenta la “enfermedad de los buzos”?

Buzo en arrecife de coral
en el océano

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al concluir la unidad, podrás explicar el comportamiento de los fluidos y su influencia en la vida de los seres vivos, así como formular preguntas e hipótesis para elaborar procedimientos acerca de procesos y aplicaciones relacionados con ellos. Además, serás capaz de usar los principios relacionados con la hidráulica para la construcción de máquinas que permitan realizar tareas con mayor eficiencia, sin dañar el ambiente.

Introducción a la unidad

La atmósfera, el agua y el aire son fluidos. Los líquidos de nuestro cuerpo, como la sangre, la orina y otras secreciones, también lo son. Todos estos fluidos se hallan en constante movimiento.

Esta unidad te proporciona un conjunto de saberes correspondientes a los fenómenos relacionados con los fluidos en reposo o en

equilibrio. Además, te ofrece información sobre los principios de Pascal y Arquímedes para que los analices y puedas comprender las propiedades de los líquidos y los factores que influyen en su viscosidad. Finalmente, en esta unidad serás capaz de observar y analizar la tensión superficial a partir de las fuerzas de cohesión.

Los fluidos



Los icebergs flotan sobre el mar debido a que el hielo es menos denso que el agua.

¿Cómo distingues a un líquido de un sólido? ¿Sabías que un gas se expande tanto como el envase se lo permita? Todo esto ocurre porque los líquidos y gases pueden fluir, cualidad que los hace particularmente interesantes.

Los **fluidos** son cuerpos cuyas partículas cambian de posición con facilidad. Según la teoría cinética, todas las sustancias están formadas por partículas.

- Las partículas que constituyen un cuerpo **sólido** están fuertemente unidas. Por eso, el cuerpo sólido mantiene su forma y su volumen independientemente del recipiente que lo contenga.
- Si el cuerpo se encuentra en estado **gaseoso**, las fuerzas que mantienen unidas sus partículas son muy débiles. Por esa razón, su forma y su volumen coinciden con la del recipiente que lo contiene.
- En los **líquidos**, las partículas están más unidas que en los gases, pero menos que en los sólidos. Por ello, tienen cierta capacidad de movimiento y su forma se adapta a la del recipiente que los contiene, aunque el volumen que ocupan no cambia.

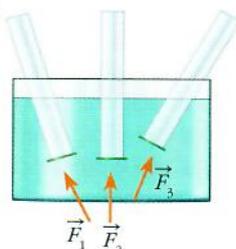
Los líquidos y los gases son fluidos porque sus partículas cambian de posición con facilidad. Pero mientras que los líquidos tienen un volumen fijo, los gases se pueden comprimir y expandir.

Experiencia: Fuerzas ejercidas por fluidos

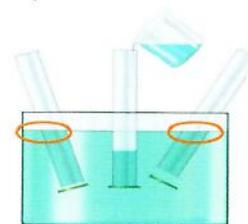
1. En un tubo abierto por los dos lados, se coloca un trozo de plástico que tape completamente una de las aberturas.



2. Al sumergirlo en diferentes direcciones en un recipiente con agua, se observará que se tendrá que ejercer una fuerza mayor cuanto más profundo se quiera hundir.



3. Si se vierte agua poco a poco dentro del tubo, la tapa se separará cuando el nivel de agua en su interior coincida con la del recipiente.



Densidad

La materia posee masa y volumen. Sustancias de igual masa pueden ocupar distintos volúmenes; por ejemplo, un gramo de plomo y un gramo de aluminio tienen igual masa, pero el aluminio ocupa más espacio. Esto indica que el plomo es más denso que el aluminio, es decir, su masa está contenida en un volumen más pequeño.

La densidad es característica de cada sustancia y se define como la **medida de la cantidad de masa contenida en una unidad de volumen**. Según el sistema internacional, la unidad de medida es kg/m^3 , pero con frecuencia se mide en g/cm^3 . De manera sencilla, si la masa es la medida de cuánto "material" tiene un objeto, la densidad es la medida de cuán compactado está ese "material".

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde: m = masa (kg)
 V = volumen (m^3)
 ρ = densidad (kg/m^3)

EJEMPLO RESUELTO 1

Si 20 cm^3 de un material tienen una masa de 600 g , ¿cuál es la densidad de dicho material? Exprésalo en el sistema internacional de unidades.

- Calculamos la densidad:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{600 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = 30 \text{ g/cm}^3 \times 1000 = 30\,000 \text{ kg/m}^3 = 3,0 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$$

EJEMPLO RESUELTO 2

El osmio es una de las sustancias más densas que existen en la naturaleza: su densidad es de $22,6 \text{ g/cm}^3$. Además, el aluminio es una de las sustancias más ligeras: su densidad es de $2,7 \text{ g/cm}^3$. ¿Cuántas veces más grande es el volumen de 100 g de aluminio comparado con el de 100 g de osmio?

- Calculamos el volumen de 100 g de cada sustancia:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{\text{osmio}} = \frac{100 \text{ g}}{22,6 \text{ g/cm}^3} = 4,4 \text{ cm}^3 \rightarrow V_{\text{aluminio}} = \frac{100 \text{ g}}{2,7 \text{ g/cm}^3} = 37,0 \text{ cm}^3$$

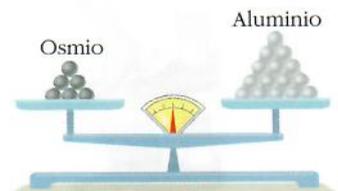
- Luego, el volumen del aluminio es $8,4$ veces mayor.

PARA SABER MÁS

Densidad de algunos materiales

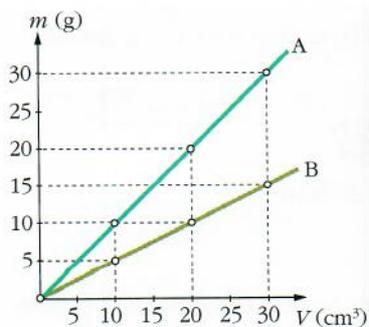
Material	Densidad (g/cm^3)
Aluminio	2,70
Acero	7,80
Hierro	7,90
Agua	1,00
Agua de mar	1,04
Hielo	0,92
Aire	$1,29 \cdot 10^{-3}$
Dióxido de carbono	$2,00 \cdot 10^{-3}$
Mercurio	13,60

En líquidos y sólidos homogéneos, la densidad prácticamente no cambia con la presión y la temperatura. En cambio, los gases son muy sensibles a las variaciones de estas magnitudes externas, por lo tanto, sus densidades son variables y es necesario indicar en qué condiciones se miden.



En este caso, el osmio y el aluminio tienen igual masa, pero distinto volumen.

Comparando densidad entre dos sustancias



Calcula la densidad de las dos sustancias (A y B) representadas y relacionalas con sus pendientes respectivas.

Calculamos la densidad dividiendo la masa entre el volumen:

$$\rho_A = \frac{m}{V} = \frac{10 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \frac{20 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = \frac{30 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_B = \frac{m}{V} = \frac{5 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \frac{10 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = \frac{15 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 0,5 \text{ g/cm}^3$$

La pendiente A es mayor que la pendiente B.

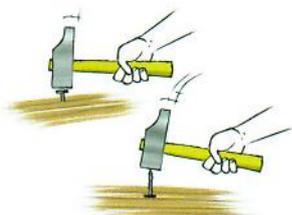
La sustancia A es agua y tiene mayor densidad que la sustancia B, que es un tipo de madera.

La presión

Observa las ilustraciones. En cada caso se ejerce la misma fuerza sobre el mismo objeto en dos situaciones diferentes. ¿Por qué el resultado es tan distinto?



Es más difícil que una persona se hunda en la nieve si usa esquís que si usa zapatos. Al estar de pie sobre los esquís, el peso de la persona se distribuye sobre toda la superficie de estos, mientras que si tiene calzado corriente, el peso se distribuye sobre una superficie mucho menor. Por lo tanto, la fuerza que se ejerce por cada unidad de área es menor en los esquís que en los zapatos.



La presión se define como la relación que existe entre el valor de la fuerza ejercida sobre un cuerpo y el área de la superficie del cuerpo donde es aplicada la fuerza.

La expresión matemática es la siguiente:

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

Donde: F = valor de la fuerza perpendicular al área (N)

A = área (m^2)

p = presión (pascal).



Unidades de presión

En el sistema internacional, la presión se mide en N/m^2 , unidad que recibe el nombre de **pascal (Pa)**. Es decir, una presión de 1 Pa cuando se ejerce una fuerza de 1 N sobre una superficie de 1 m^2 .

Como el pascal es una unidad muy pequeña, se suelen utilizar otras unidades mayores como:

- Atmósfera (atm): $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$
- Bar: $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$
- Milibar: $1 \text{ mbar} = 10^{-3} \text{ bar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ (hectopascal)

La presión es una magnitud escalar.



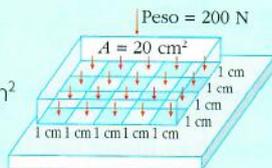
La presión es diferente en cada uno de los casos. ¿Por qué?

PARA SABER MÁS

La fuerza y la presión son directamente proporcionales. En cambio, la fuerza y el área son inversamente proporcionales:

$$p = \frac{200 \text{ N}}{20 \text{ cm}^2}$$

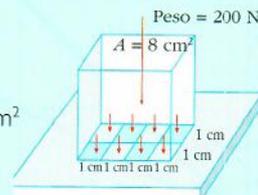
$$\Rightarrow p = 10 \text{ N}/\text{cm}^2$$



A mayor área corresponde menos presión.

$$p = \frac{200 \text{ N}}{8 \text{ cm}^2}$$

$$\Rightarrow p = 25 \text{ N}/\text{cm}^2$$



A menor área corresponde mayor presión.

EJEMPLO RESUELTO 3

Un individuo que tiene un valor de peso 600 N aplica sobre la pared una fuerza de 100 N de valor. Se sabe que la superficie de su mano es de 160 cm² (0,016 m²) y la de cada uno de sus pies es de 200 cm² (0,02 m²).

a) ¿Qué presión ejerce sobre la pared con la mano?

b) ¿Qué presión ejerce sobre el suelo con sus pies?

a) Basta con dividir la fuerza ejercida entre la superficie de la mano:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{100 \text{ N}}{0,016 \text{ m}^2} = 6250 \text{ Pa}$$

b) Ahora el valor de la fuerza ejercida es su propio peso:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{600 \text{ N}}{2(0,02 \text{ m}^2)} = 15\,000 \text{ Pa}$$

EJEMPLO RESUELTO 4

Una esquiadora de 60 kg se desliza sobre la nieve con unos esquís de 1000 cm² de superficie cada uno. Luego, se quita los esquís y se desplaza sobre sus botas de 100 cm² de superficie cada una. Responde:

a) ¿Qué presión ejerce sobre la nieve en cada caso?

b) ¿Podrá desplazarse con las botas sobre nieve muy blanda?

a) La fuerza que ejerce la esquiadora sobre la nieve es su propio peso:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A}$$

Reemplazamos los datos expresando las cantidades en unidades del SI:

- Esquís $\rightarrow p_E = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2} = 2,94 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

- Botas $\rightarrow p_B = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 2,94 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

Vemos que $p_B = 10 \cdot p_E$

b) Cuando no lleva los esquís, si la nieve está muy blanda, las botas se hundirán haciendo muy difícil que se desplace sobre la nieve. Tendrá que usar los esquís para ejercer menor presión y poder deslizarse.

EJEMPLO RESUELTO 5

Un bloque de hierro ($\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$) con forma de paralelepípedo tiene dimensiones de 8 cm, 4 cm y 3 cm. Calcula la máxima presión que puede ejercer el bloque sobre una superficie plana horizontal.

• Calculamos el volumen y luego la masa:

$$V = 8 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm} = 96 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = (7,8 \text{ g/cm}^3)(96 \text{ cm}^3) = 749 \text{ g} = 0,749 \text{ kg}$$

• Calculamos el peso:

$$P = mg = (0,749 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 7,34 \text{ N}$$

• Calculamos la máxima presión (que se ejerce cuando el bloque descansa sobre su menor área: 4 cm \times 3 cm = 12 cm²):

$$p = \frac{F}{A} = \frac{7,34 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2} = 0,612 \text{ N/cm}^2 = 6,1 \text{ kPa}$$

PARA SABER MÁS

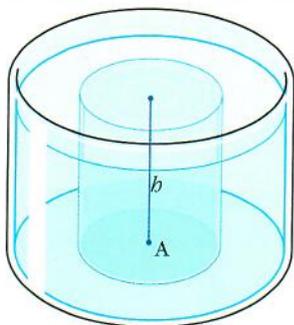
Estas son las presiones aproximadas en pascales (N/m²) de algunos materiales:

Libro colocado sobre una mesa	10 ²
Persona sobre el suelo	10 ⁴
Atmósfera sobre el suelo	10 ⁵
Rueda de auto	1,5 · 10 ⁵
Procesos industriales de "alta presión"	5 · 10 ⁷
Chinche sobre la pared	10 ¹⁰
Explosión de TNT	3 · 10 ¹⁰
Centro de la Tierra	3 · 10 ¹¹
Bomba atómica	10 ¹⁸

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la presión, consulta la página 53 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Presión hidrostática y vasos comunicantes



La superficie del área A está situada en el interior del líquido y soporta el peso del líquido que tiene por encima.

Sumergirse en un líquido permite sentir el peso del líquido que tenemos sobre nuestro cuerpo bajo la forma de presión. A grandes profundidades, la presión se vuelve muy peligrosa; esto se toma en cuenta al construir los submarinos.

Cuando un fluido está contenido en un recipiente, o cuando un sólido está sumergido en él, se ejerce una presión sobre las paredes del recipiente y sobre la superficie del sólido. Si el fluido está en equilibrio, la presión provoca fuerzas perpendiculares sobre estas. Esta presión recibe el nombre de presión hidrostática.

Considera una superficie de área A situada en el interior de un líquido de densidad ρ_L a una profundidad b , como se muestra en la figura de la izquierda. La fuerza que soporta debido al peso de la columna del líquido que hay por encima de ella es:

$$F = m_L g = (\rho_L V) g = (\rho_L A b) g$$

Por lo tanto, la presión p ejercida por esta columna es:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{\rho_L A b g}{A}$$

$$p = \rho_L g b$$

Esta igualdad recibe el nombre de **ecuación fundamental de hidrostática** y muestra que la presión en el interior de un líquido depende de la altura de profundidad (b), de la densidad del líquido (ρ_L) y de la aceleración gravitatoria (g).

La presión hidrostática actúa en un punto en todas las direcciones. Se concluye que dos puntos situados a la misma profundidad en un mismo líquido soportan la misma presión. Dichos puntos son llamados **puntos isóbaros**.

Principio fundamental de la hidrostática

Por lo tanto, la diferencia de presión entre dos puntos A y B del mismo fluido, cualquiera que este sea, viene dada por la expresión:

$$p_A - p_B = \rho g (h_A - h_B) = \rho g \Delta h$$

p_B = presión del punto B

p_A = presión del punto A

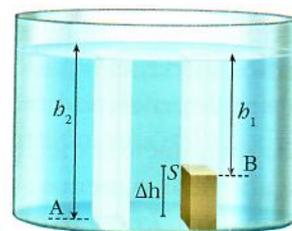
ρ = densidad del líquido

g = gravedad

Δh = distancia vertical entre los puntos A y B



Las fuerzas producidas por los líquidos en cada punto son perpendiculares a las paredes del recipiente.



Para encontrar la presión total en un punto interior de un líquido, debemos sumar la presión atmosférica (p_0) más la presión hidrostática.

$$p = p_0 + \rho g h$$

Donde $p_0 = 1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 105 \text{ Pa} = 101,3 \text{ k Pa}$

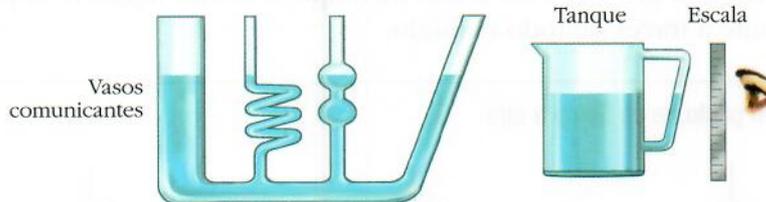
Consecuencias de la ecuación fundamental

1. Todos los puntos situados a igual distancia de la superficie libre de un líquido, es decir, los situados en el mismo plano horizontal, tienen la misma presión.
2. Todos los puntos de la superficie libre de un líquido están a la misma altura y, por lo tanto, la superficie es plana y horizontal.
3. De la ecuación $P = \rho \cdot g \cdot h$, se deduce que la presión aumenta con h ; es decir, con la profundidad.

Vasos comunicantes: puntos isóbaros

Son un conjunto de recipientes que se comunican entre sí. En el laboratorio los habrás encontrado de formas caprichosas. Si echas el líquido por uno de los vasos, este se redistribuye hasta que alcanza en todos los vasos la misma altura. En ese momento el líquido se encuentra en equilibrio, lo que quiere decir que en la superficie de todos los vasos, la presión es la misma.

De acuerdo con el principio fundamental de la hidrostática, todos los puntos que se encuentran en la misma horizontal están sometidos a la misma presión. Este principio se utiliza para conocer el nivel de líquido que hay en el interior de los tanques de gasolina, de vino, de aceite o para conocer el nivel de agua en un embalse.



Vasos comunicantes con líquidos inmiscibles

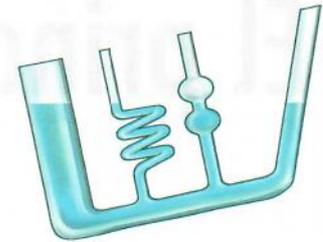
Si en alguno de los vasos introducimos un líquido inmiscible con el otro y con distinta densidad, el nivel del líquido no será el mismo en todas las ramas.

En un tubo en U como el de la figura (cuyas ramas son dos vasos comunicantes) vaciamos agua y aceite. Como son inmiscibles, habrá una zona que marca la separación entre ambos. Un punto A y otro punto B, que esté a la misma altura de A, estarán sometidos a la misma presión hidrostática.

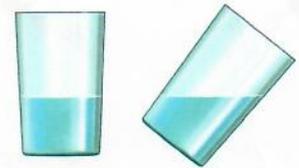
Sobre A ejerce presión la columna de aceite de altura h_A , y sobre B, la columna de agua de altura h_B .

$$p_A = p_B \rightarrow \rho_{\text{aceite}} \cdot g \cdot h_A = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot h_B \rightarrow \rho_{\text{aceite}} \cdot h_A = \rho_{\text{agua}} \cdot h_B$$

Midiendo la altura de líquido que hay sobre dos puntos que están a la misma altura, A y B, el principio fundamental de la hidrostática nos permite saber la densidad de uno de los líquidos si conocemos la densidad del otro.



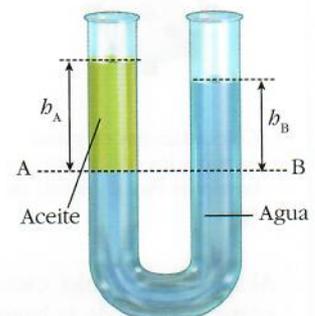
Si inclinas los vasos comunicantes, varía la cantidad de agua que hay en cada uno, pero la superficie libre vuelve a estar en la misma horizontal para todos ellos.



Si inclinas un vaso con agua, la superficie del líquido en su interior sigue siendo horizontal.

GLOSARIO

- **Hidrostática.** Parte de la mecánica que estudia el equilibrio de los fluidos.
- **Isóbaro.** Dicho de dos o más lugares de igual presión atmosférica media.
- **Inmiscible.** Que no se puede mezclar con otras sustancias.

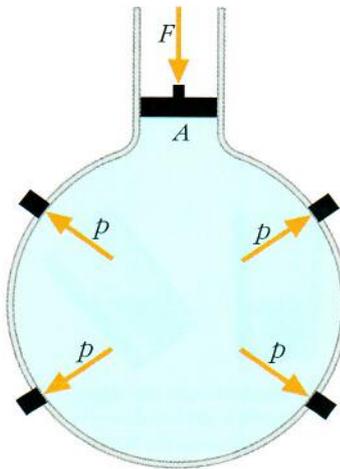


Los líquidos están en equilibrio. Las alturas del aceite y del agua son diferentes porque sus densidades son diferentes.



El principio de Pascal

Las fuerzas aplicadas en los líquidos pueden aprovecharse para realizar tareas útiles. Seguramente has visto las grandes grúas y maquinaria pesada trabajando en algún punto de la ciudad. El secreto de su poder está en el uso de la hidráulica para multiplicar la fuerza aplicada.



La presión aplicada sobre el émbolo se transmite con la misma intensidad y en todas las direcciones.

Principio de Pascal

En un fluido en equilibrio, la presión ejercida en cualquiera de sus puntos se transmite con igual intensidad en todas las direcciones. Esta ley, denominada principio de Pascal, tiene múltiples aplicaciones prácticas y constituye la base teórica de la prensa hidráulica.

Al aplicar una fuerza F_1 sobre el primer émbolo, se genera una presión en el fluido que se transmite hacia el segundo émbolo, donde se obtiene una fuerza F_2 (ver figura de la prensa hidráulica de la pág. 113). Como la presión es igual a la relación entre la fuerza y el área, tenemos que:

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

Como $A_2 > A_1$, la fuerza obtenida en el segundo émbolo es mayor que la que se ejerce en el primero. Por ello, con una prensa hidráulica es posible levantar grandes pesos aplicando fuerzas pequeñas o moderadas.

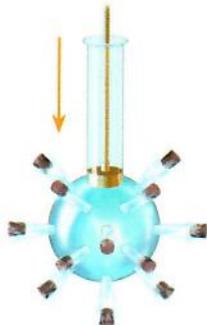
El enunciado de Blas Pascal es el siguiente:

Si se aplica una presión a un fluido incompresible (un líquido), la presión se transmite a través de todo el fluido.

Experiencia: La presión se transmite de un punto de un fluido a otro



1. Coloca tapones de goma en todos los orificios de una botella de Pascal y llénala de agua.



2. Introduce el émbolo y bájalo con fuerza hasta que llegue al agua. ¿Qué ocurre con los tapones?



1. Repite la experiencia, pero únicamente con aire en el interior de la botella de Pascal.



2. Baja el émbolo hasta que llegue a la parte esférica. ¿Qué ocurre ahora con los tapones?

Al bajar el émbolo, ejercemos presión sobre la parte esférica de la botella de Pascal. Cuando hay agua en su interior (un fluido incompresible), el aumento de presión se transmite por toda ella y

hace saltar los tapones. Si lo que hay es aire (un fluido compresible), el aumento de presión solo hace que el aire ocupe un volumen menor.

Sistemas hidráulicos

Existen muchas aplicaciones tecnológicas del principio de Pascal; dos de las más conocidas son la prensa hidráulica y el freno hidráulico. Imagina dos cilindros cerrados con pistones y conectados, uno de tamaño mucho mayor que el otro, y con un líquido incompresible en su interior, como en los de la figura. Si aplicamos una fuerza en la superficie del cilindro menor (F_1), se genera una presión que se va a transmitir íntegramente a través del líquido y que provocará una fuerza (F_2) en la superficie del cilindro mayor. En este caso:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{F_1}{A_1} \\ p_2 &= \frac{F_2}{A_2} \end{aligned} \right\} p_1 = p_2 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

En consecuencia, el pistón del cilindro de mayor tamaño recibe una fuerza mayor que la ejercida sobre el pistón del cilindro de menor tamaño. Se dice, por ello, que los sistemas hidráulicos multiplican las fuerzas.

EJEMPLO RESUELTO 6

Un niño levanta un automóvil de 800 N con ayuda de un elevador hidráulico. Este descansa sobre un pistón de 2000 cm² de área. Halla el valor de la fuerza F_1 que el niño ejerce si se sabe que el área del pistón que empuja es de 25 cm².

- Reemplazamos en la ecuación:

$$F_1 = F_2 \frac{A_1}{A_2} = (800) \frac{25}{2000} = 10 \text{ N}$$

Por lo tanto: $F_1 = 10 \text{ N}$

EJEMPLO RESUELTO 7

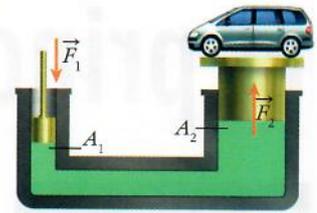
Una gata hidráulica tiene dos pistones de diámetros de 10 cm y 20 cm, respectivamente. Para que el pistón grande levante un objeto de 12 N, ¿cuál es la fuerza necesaria en el pistón pequeño?

Calculamos el empuje teniendo en cuenta que el volumen desalojado es igual al volumen sumergido:

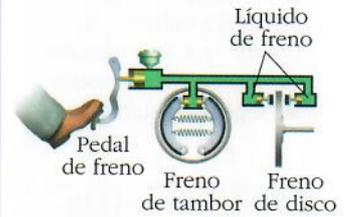
- Utilizamos la relación: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
- Despejamos $F_1 = \frac{A_1 \times F_2}{A_2}$
- Reemplazamos: $F_1 = \frac{\pi (5 \text{ cm}^2) (12 \text{ N})}{\pi (10 \text{ cm}^2)} = 3 \text{ N}$

Presión arterial

Es la fuerza con la que el corazón bombea la sangre a través de los vasos sanguíneos. La presión arterial normalmente es de 140/90 milímetros de mercurio, aunque en personas mayores de edad se presentan cifras hasta de 160/95.



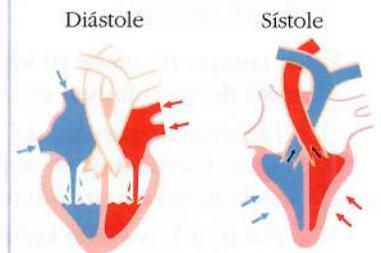
Prensa hidráulica



En los **frenos hidráulicos** de los autos, al accionar el pedal se ejerce presión sobre el pistón de un cilindro; esa presión se transmite a otros pistones que acercan los discos o las zapatas a las ruedas, impidiendo su movimiento.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el principio de Pascal, consulta el capítulo 13 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.



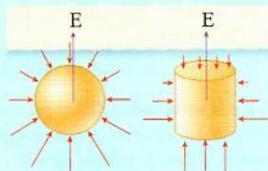
La presión arterial está dada por la presión que ejerce el corazón cuando se contrae y se relaja.



El principio de Arquímedes

PARA SABER MÁS

La fuerza de empuje se justifica debido a la presión que las moléculas del líquido ejercen sobre las superficies sumergidas.



Las fuerzas son más intensas en la profundidad. Las fuerzas horizontales se equilibran entre sí, pero las fuerzas verticales no, lo que origina una fuerza neta hacia arriba denominada empuje.

Cualquier cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje dirigido hacia arriba; es decir, una fuerza vertical con sentido opuesto al peso.

Principio de Arquímedes: empuje de los fluidos

Al sumergir un cuerpo total o parcialmente en un líquido, podemos notar que el líquido se desplaza y empuja al cuerpo con una fuerza hacia arriba, lo cual ocasiona que el cuerpo experimente una pérdida aparente de peso e, incluso, flote.

Arquímedes (287-212 a.C) fue un matemático y físico griego que notó que el volumen desplazado (V_d) por un objeto es igual al volumen del cuerpo sumergido (V_s).

$$V_d = V_s$$

Pero lo más importante que Arquímedes encontró fue que la **fuerza de empuje** (\vec{E}) que ejerce un líquido sobre un objeto sumergido es igual al peso del líquido desplazado por este. La expresión del módulo del empuje es:

$$E = (m g)_{\text{líquido desplazado}}$$

Si expresamos la masa del líquido desplazado en términos de densidad del líquido (ρ_L) y del volumen desplazado (V_d), tenemos:

$$E = \rho_L V_d g$$

Teniendo en cuenta que el volumen desplazado (V_d) es igual al volumen sumergido (V_s), obtenemos:

$$E = \rho_L g V_s$$

Esta ecuación nos muestra que el empuje que ejercen los líquidos sobre los cuerpos depende del volumen que sumerjamos dentro de él.

El empuje es una fuerza ascendente contraria al peso. Se puede medir directamente restando el peso del cuerpo en el aire (P) y el peso aparente en el líquido (P').

$$E = P - P'$$

EJEMPLO RESUELTO 8

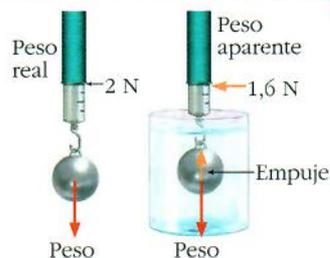
Un cuerpo de masa 10 kg y volumen $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ se introduce hasta la mitad de su volumen en el agua. ¿Cuál es la pérdida aparente de su peso?

- La pérdida aparente del peso del cuerpo es igual al empuje que ejerce el agua. Calculamos el empuje teniendo en cuenta que el volumen sumergido es la mitad de su volumen total; es decir, $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

$$E = \rho_L g V_s = (1000 \text{ kg/m}^3) (9,8 \text{ m/s}^2) (0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 4,9 \text{ N}$$

$$E = 4,9 \text{ N}$$

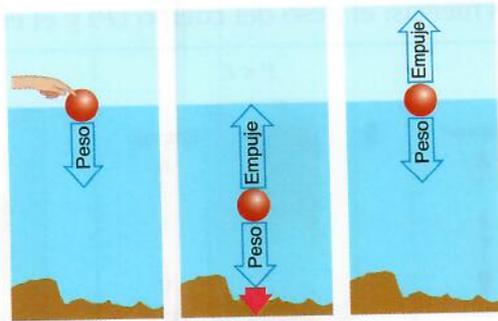
La pérdida aparente de su peso es 4,9 N.



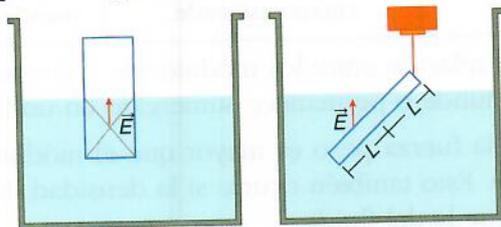
En el primer caso (izquierda) el dinamómetro marca el peso real, y en el segundo (derecha), el peso aparente.

Características del empuje

El empuje es la resultante de todas las fuerzas que un líquido ejerce a un cuerpo que está parcial o totalmente sumergido en él.



- El empuje actúa siempre en el centro de gravedad del volumen sumergido en un cuerpo homogéneo.

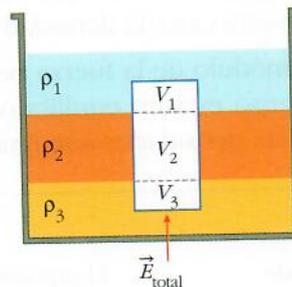


- En caso de que un cuerpo esté sumergido total o parcialmente en varios líquidos no miscibles, el empuje se obtiene sumando los empujes que ejercen cada uno de estos líquidos.

$$E_{\text{total}} = E_1 + E_2 + E_3$$

$$E_{\text{total}} = \rho_1 g V_1 + \rho_2 g V_2 + \rho_3 g V_3$$

$$\rho = \text{densidad}$$



EJEMPLO RESUELTO 9

Se sumerge en aceite ($\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$) un objeto de 100 g de masa atado a un dinamómetro. La lectura en el dinamómetro es 70,0 N, como se indica en la figura. Determina la densidad del material del que está hecho el objeto.

- Calculamos la fuerza de empuje que experimenta el sólido dentro del aceite:

$$E = 100 \text{ N} - 70 \text{ N} = 30 \text{ N}$$

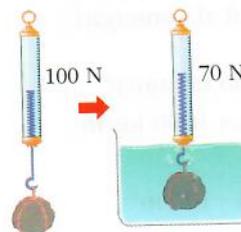
Entonces, el peso del aceite desplazado por el sólido es 30 N.

- Como $\rho = \frac{m}{V}$, el volumen del aceite desplazado está dado por:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{3000 \text{ g}}{0,8/\text{cm}^3} = 3750 \text{ cm}^3$$

En consecuencia, el volumen del sólido es 3750 cm^3 .

- Por lo tanto, la densidad del sólido es: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{10000 \text{ g}}{3750 \text{ cm}^3} = 2,70 \text{ g/cm}^3$



Los globos aerostáticos ascienden porque el aire caliente de su interior es menos denso que el aire circundante, lo que da lugar a un empuje cuyo valor es superior al peso.

GLOSARIO

Miscible. Que se puede mezclar.

Flotabilidad

Las conclusiones del principio de Arquímedes se pueden aplicar a cualquier fluido (gas o líquido). Cuando introducimos un cuerpo en un fluido, se manifiestan dos fuerzas: el peso del cuerpo (P) y el empuje (E).



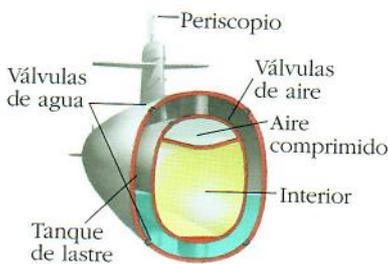
Si el peso es mayor que el empuje, el cuerpo se hunde.

Si el peso es menor que el empuje, el cuerpo asciende.

Si el peso es igual que el empuje, el cuerpo se mantiene en equilibrio.

Dependiendo de la relación entre los módulos de la fuerza peso y empuje, el cuerpo flota, se hunde o permanece sumergido en un fluido.

- Si el módulo de la fuerza peso es mayor que el módulo del empuje, el cuerpo **se hunde**. Esto también ocurre si la densidad del objeto que ingresa es mayor que la del fluido.
- Si el módulo de la fuerza peso es menor que el módulo del empuje, el cuerpo emerge. Cuando se alcance el equilibrio, una parte del cuerpo estará sumergida de modo que su peso sea igual al peso del líquido que desaloja. En este caso, la densidad del cuerpo era menor que la del fluido.
- Cuando el módulo de la fuerza peso es igual al módulo de la fuerza empuje, el cuerpo está en equilibrio y queda sumergido en el líquido. En este punto las densidades son iguales.



Funcionamiento de un submarino. Para controlar las maniobras de los submarinos, se hace variar su peso introduciendo agua o aire en unos tanques de lastre.

EJEMPLO RESUELTO 10

- Un trozo de mármol ($\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$) de 300 cm^3 se sumerge en agua.
 - a) ¿Cuánto es el valor del peso en el aire?
 - b) ¿Qué valor tiene la fuerza de empuje que recibe el trozo de mármol al sumergirlo en agua?
 - c) ¿Cuánto pesaría sumergido en agua?

Dato: la densidad del agua es 1000 kg/m^3 .

a) Pasamos los 300 cm^3 al SI:

$$300 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ m}^3/10^6 \text{ cm}^3 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Entonces:

$$P = m \cdot g = V_s \cdot d_s \cdot g = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 2700 \cdot 9,8 = 7,94 \text{ N}$$

$$b) E = V_s \cdot \rho_L \cdot g = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 9,8 = 2,94 \text{ N}$$

$$c) P_a = P - E = 7,94 \text{ N} - 2,94 \text{ N} = 5 \text{ N}$$

- ¿Qué valor de peso máximo puede soportar una balsa cuyo volumen en madera es de $0,5 \text{ m}^3$ y su densidad es $0,5 \text{ g/cm}^3$ sin sumergirse completamente en el agua?

El equilibrio de la balsa flotando en el agua se consigue cuando el empuje de la parte sumergida sea igual a la suma de su peso y el del cuerpo situado sobre la balsa.

$$\rho_{\text{madera}} = 0,5 \text{ g/cm}^3 = 500 \text{ kg/m}^3$$

Cuando queda sumergida toda la balsa, el valor del empuje es igual al peso de la balsa más el del cuerpo sobre ella:

$$\text{Empuje} = \text{Peso balsa} + \text{Peso cuerpo}$$

$$\rho_{\text{agua}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g = m_{\text{balsa}} \cdot g + P$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 =$$

$$= 0,5 \text{ m}^3 \cdot 500 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 + P \rightarrow$$

$$\rightarrow 4900 \text{ N} = 2450 \text{ N} + P \rightarrow P = 2450 \text{ N}$$

Como $P = m \cdot g \rightarrow m = 250 \text{ kg}$, la balsa puede soportar una masa de 250 kg sin sumergirse completamente.

EJEMPLO RESUELTO 11

Introducimos un cilindro de corcho blanco de 2 cm de radio y 5 cm de alto en un líquido de densidad $1,2 \text{ g/cm}^3$. Si se sabe que la densidad del corcho es $0,72 \text{ g/cm}^3$, realiza los cálculos que permitan lo siguiente:

- Demostrar que cuando el corcho quede libre, subirá hasta la superficie.
 - Conocer el valor de la aceleración con que asciende.
 - Saber qué parte del corcho sobresale del líquido.
- a) El corcho sumergido en el líquido está sometido a la acción de dos fuerzas: su peso y el empuje que ejerce el líquido. Calculamos cada una:

$$P_{\text{corcho}} = m_{\text{corcho}} \cdot g = \rho_{\text{corcho}} \cdot V_{\text{corcho}} \cdot g$$

Calculamos el volumen del corcho teniendo en cuenta su forma cilíndrica:

$$V_{\text{corcho}} = A \cdot l = \pi \cdot r^2 \cdot l = \pi \cdot (2 \text{ cm})^2 \cdot 5 \text{ cm} = 62,83 \text{ cm}^3$$

$$P_{\text{corcho}} = \rho_{\text{corcho}} \cdot V_{\text{corcho}} \cdot g = 0,72 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{g}} \cdot 62,83 \text{ cm}^3 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,44 \text{ N}$$

El empuje coincide con el peso del fluido desalojado. Cuando está sumergido todo el corcho, el volumen del fluido desalojado coincide con el volumen del corcho.

$$E = m_{\text{fluido desalojado}} \cdot g = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{fluido}} \cdot g = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{corcho}} \cdot g$$

$$E = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{corcho}} \cdot g = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{g}} \cdot 62,83 \text{ cm}^3 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,74 \text{ N}$$

$E > P_{\text{corcho}}$. En consecuencia, el corcho asciende hasta la superficie.

- b) La fuerza neta que hace ascender al corcho es la diferencia entre el empuje y el peso.

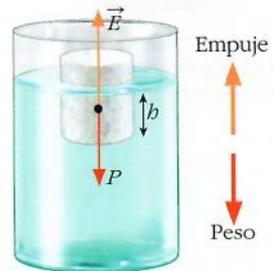
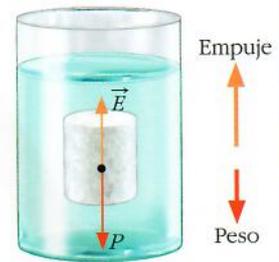
$$F_{\text{ascendente}} = E - P_{\text{corcho}} ; F_{\text{ascendente}} = m_{\text{corcho}} \cdot a ; E - P_{\text{corcho}} = \rho_{\text{corcho}} \cdot V_{\text{corcho}} \cdot a$$

$$a = \frac{E - P_{\text{corcho}}}{\rho_{\text{corcho}} \cdot V_{\text{corcho}}} = \frac{0,74 \text{ N} - 0,44 \text{ N}}{0,72 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{g}} \cdot 62,83 \text{ cm}^3} = 6,6 \text{ m/s}^2$$

- c) El corcho ascenderá hasta que el empuje que ejerce el fluido coincida con su peso. Entonces estará en equilibrio. Para que eso suceda, solo puede permanecer sumergida una parte del corcho. Calcularemos la altura b del corcho que queda sumergida:

$$E = P_{\text{corcho}} = 0,44 \text{ N} ; E = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{corcho sumergido}} \cdot g = \rho_{\text{fluido}} \cdot A \cdot b \cdot g$$

$$b = \frac{E}{\rho_{\text{fluido}} \cdot A \cdot g} = \frac{0,44 \text{ N}}{1,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{ kg}}{\text{g}} \cdot \pi \cdot (2 \text{ cm})^2 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{10^2 \text{ cm}}{\text{m}}} = 0,03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$



EJEMPLO RESUELTO 12

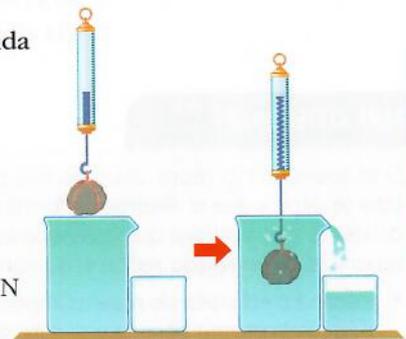
Una roca suspendida de un dinamómetro pesa 4 N. Cuando es sumergida completamente en agua, desaloja un volumen de 100 cm^3 . Determina la nueva marca del dinamómetro mientras la roca está sumergida completamente.

- Calculamos el empuje teniendo en cuenta que el volumen desalojado es igual al volumen sumergido:

$$V_d = V_s \rightarrow V_s = 100 \text{ cm}^3 = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$E = \rho_{\text{liq.}} \cdot V_s \cdot g \rightarrow E = (1000 \text{ kg/m}^3) (0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) (10 \text{ m/s}^2) \rightarrow E = 1 \text{ N}$$

La nueva marca del dinamómetro es $4 \text{ N} - 1 \text{ N} = 3 \text{ N}$.



Propiedades de los fluidos

Además de lo ya mencionado, los líquidos tienen otras características con las que convivimos día a día, y que aprovechamos para nuestro beneficio.

Viscosidad

Hasta el momento hemos considerado líquidos ideales; los líquidos reales tienen una resistencia interna al flujo, que se describe como viscosidad.

La resistencia interna causa que los líquidos se muevan en capas unas con respecto a otras. Este movimiento en capas, llamado **flujo laminar**, es característico de un flujo viscoso que viaja a velocidades bajas. A velocidades muy altas, el flujo se convierte en rotacional o turbulento.

Movimiento de un líquido viscoso por un tubo

Cuando un líquido viscoso se mueve en el interior de un tubo, hay una fricción entre el líquido y las paredes del tubo, y la velocidad se hace máxima en el centro del tubo. El valor de la velocidad media \bar{v} de un líquido viscoso que pasa por un tubo se calcula así:

$$\bar{v} = \frac{r^2 \Delta p}{8 \eta L}$$

Donde Δp es la diferencia de presiones que mantiene un flujo constante en el tubo, r es el radio del tubo, L es la longitud del tubo y η es el **coeficiente de viscosidad del líquido**, que se expresa en poiseuille (PI), equivalente a $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$.

Tensión superficial

Las moléculas de un líquido están ligadas por fuerzas de cohesión. Un objeto que se apoye sobre una superficie líquida tendrá que romper esta fuerza para ingresar al líquido y mojarse.

La tensión superficial es un fenómeno físico que se presenta en la superficie de un líquido haciendo que esta forme una especie de membrana elástica.

La tensión superficial del agua es mayor que la de cualquier líquido (excepto el mercurio). Este hecho es de gran importancia debido a la omnipresencia del agua en los sistemas biológicos.



El fluido se mueve sin que haya mezcla significativa de partículas de fluido vecinas.

PARA REFLEXIONAR

Si se apoya un clip sobre una superficie de agua con detergente, observarás que el clip no se sostiene sobre la superficie. Esto se debe a que el detergente forma una capa a lo largo de la superficie del líquido haciendo las fuerzas de cohesión muy débiles, lo que ocasiona que la tensión superficial se reduzca. Cualquier sustancia que reduce de este modo la tensión superficial de un líquido recibe el nombre de agente tensoactivo.

- Infiere. En el lavado de ropa es importante que el agua moje todas las fibras de la prenda para que logre dejarla limpia. ¿Qué importancia tiene que el detergente sea un agente tensoactivo para el lavado de la ropa?

EJEMPLO RESUELTO 13

La patita de un zapatero (insecto que camina sobre el agua) soporta un sexto de su peso, que es igual a 0,002 N. Determina la fuerza por unidad de longitud que ejerce la superficie del agua.

En la figura se observa que la tensión superficial ejerce fuerzas alrededor de todos los bordes de esta depresión. Estas fuerzas tienen componentes verticales y horizontales. Los componentes horizontales se anulan entre sí, y los componentes verticales se suman porque tienen la misma orientación.

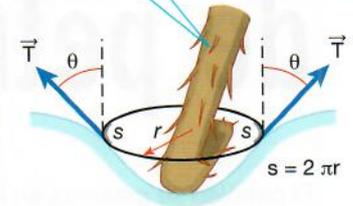
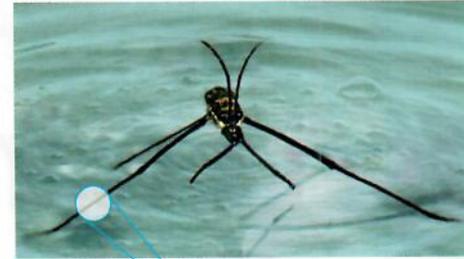
- Calculamos la fuerza total que ejerce la superficie:

$$\Sigma T \cos 60^\circ = F_{\text{pata}}$$

$$\Sigma T \cos 60^\circ = 0,002 \text{ N} \longrightarrow \Sigma T = 0,004 \text{ N}$$

- Como esta fuerza se distribuye sobre todo el borde circular, la fuerza por unidad de longitud es:

$$\frac{\Sigma T}{2 \pi r} = \frac{0,004 \text{ N}}{2 \pi (0,001 \text{ m})} = 0,6 \text{ N/m}$$



Depresión causada por la patita de un insecto zapatero que puede caminar sobre el agua.

Acción capilar

Cuando un líquido está en contacto con una superficie sólida, existe una fuerza de adhesión (fuerza de atracción entre moléculas de distintos materiales) que hace que el líquido se pegue a la superficie.

Cuando un tubito delgado de vidrio (capilar) se introduce en un líquido, una delgada capa del líquido se adhiere a la pared interior del tubo por encima de la columna de líquido. Este fenómeno recibe el nombre de **acción capilar**.

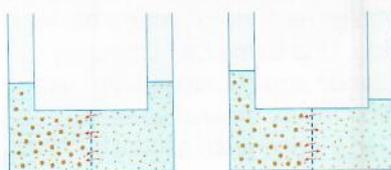
Si retiramos el tubito del líquido, una columna de líquido puede quedar sostenida en el capilar, gracias a las fuerzas adhesivas y cohesivas que actúan sobre él.

Ósmosis

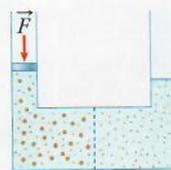
Supongamos que en un recipiente tenemos dos disoluciones de azúcar separadas por una membrana semipermeable, y que una de las disoluciones tiene mayor concentración de azúcar que la otra.

Al cabo de un instante observaremos que **el agua pasa de la disolución menos concentrada a la disolución más concentrada**. Este fenómeno se conoce como ósmosis. Este hecho hace que se origine un desnivel en el agua de los compartimentos.

Para que se produzca ósmosis, las membranas deben permitir que las moléculas de agua se difundan fácilmente a través de ellas a fin de impedir el paso de moléculas mayores, tales como las de azúcar. Estas membranas permeables a ciertas moléculas e impermeables a otras reciben el nombre de **membranas semipermeables**.



El agua fluye de una disolución menos concentrada a una de mayor concentración.



La presión externa, que impide que el agua fluya por ósmosis, se denomina presión osmótica.

EN LA WEB

Para conocer más acerca del método de Du Nouy utilizado para medir la tensión superficial de un líquido, ingresa a:

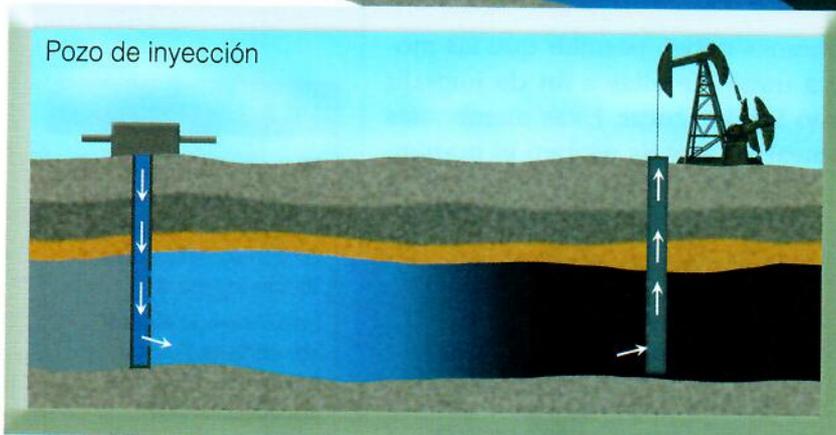
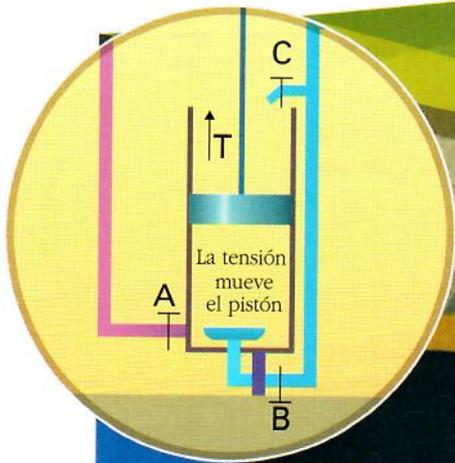
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/tension/introduccion/introduccion.htm>



La extracción de petróleo

El petróleo se presenta en forma de líquido viscoso cuyo color varía desde el amarillo hasta el negro. Tiene un fuerte olor característico y es menos denso que el agua; por eso, flota sobre ella. Su composición puede variar de acuerdo con el yacimiento del que provenga.

La bomba de balancín funciona gracias a dos bombas de pistón en sus extremos, esto permite extraer el petróleo para luego llevarlo a los estanques de almacenamiento.



El método más común para extraer el petróleo es el de la recuperación asistida. Una forma de hacerlo es inyectando agua u otro líquido para producir mayor presión sobre el petróleo y generar su ascenso en otro punto.

La torre de perforación cuenta con una barra con punta de diamante para que pueda perforar, incluso, los terrenos más duros.

Otra forma de realizar la recuperación asistida es realizando inyecciones de gases como el dióxido de carbono. Cuando este se mezcla con el petróleo, lo hace menos viscoso y se produce un aumento en el volumen del crudo generando su ascenso.

La bomba permite la inyección del líquido o el gas para extraer el petróleo.

En promedio, los pozos petroleros están a profundidades entre los 900 m y 7000 m. En ocasiones, se encuentran a mayor profundidad.

Debido al incremento en el uso de este combustible fósil, también se construyen plataformas de extracción en el mar.



Resumen

Ideas principales

FLUIDOS

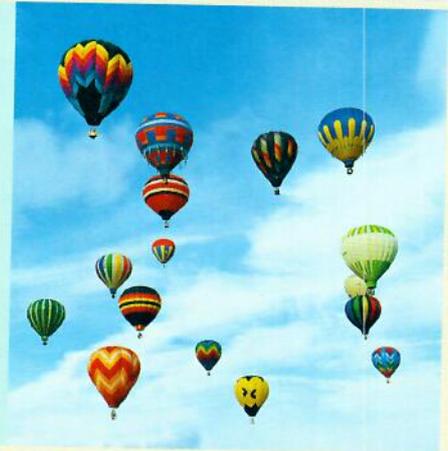
Densidad y presión

- Fluidos: cuerpos cuyas partículas cambian de posición con facilidad.
- Densidad: medida de la cantidad de masa contenida en una unidad de volumen. Según el SI se mide en kg/m^3 .
- Presión: relación que existe entre la fuerza ejercida sobre un cuerpo y el área de la superficie del cuerpo donde se aplica.
- Presión de los gases: peso de los gases que componen la atmósfera y que produce sobre los cuerpos inmersos en ella una presión.
- Presión hidrostática: cuando un fluido está contenido en un recipiente o cuando un sólido se sumerge en él, se ejerce una presión sobre las paredes del recipiente y sobre la superficie del sólido.
- Vasos comunicantes: conjunto de recipientes que se comunican entre sí.



Principios físicos

- Principio de Pascal: en un fluido en equilibrio, la presión ejercida en cualquiera de sus puntos se transmite con igual intensidad en todas las direcciones.
- Sistema hidráulico: prensa hidráulica y freno hidráulico.
- Presión arterial: fuerza con la que el corazón bombea la sangre a través de los vasos sanguíneos.
- Principio de Arquímedes: empuje de los fluidos.
- Flotabilidad: el cuerpo se hunde, asciende o se mantiene en equilibrio.

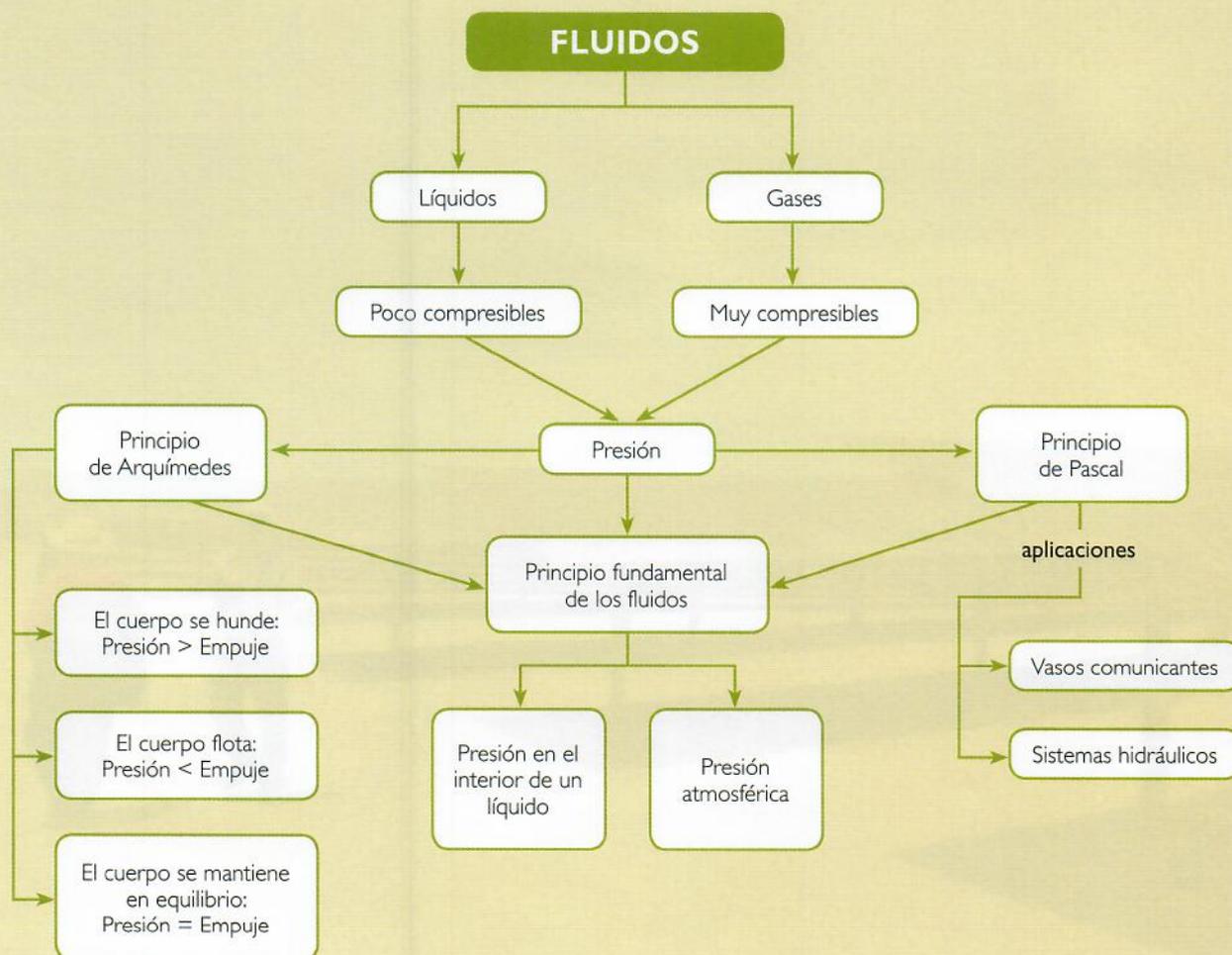


Propiedades

- Viscosidad: fricción entre el líquido y las paredes del contenedor.
- Tensión superficial: fenómeno físico que se presenta en la superficie de un líquido haciendo que esta forme una especie de membrana elástica.
- Acción capilar: cuando una delgada capa del líquido se adhiere a la pared interior del tubo por encima de la columna del líquido.
- Ósmosis: el agua pasa de la disolución menos concentrada a la disolución más concentrada.



Organizador visual: red semántica



Opciones de consulta

**Para reforzar**

En estos sitios web, encontrarás información acerca de las mediciones de las magnitudes físicas que reforzarán lo que has aprendido:

- <http://www.deciencias.net/simulaciones/quimica/materia/presion.htm>
- <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/54-propiedades-de-los-liquidos.html>

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar el tema desarrollado en esta unidad.

La Biblia de la Física y Química. (2003). Barcelona, España: Lexus Editores.

Para ampliar

BBC (s. f.). *La vida de Arquímedes.*

Este documental narrará cómo Arquímedes, uno de los matemáticos más grandes de la Antigüedad, utilizando el método exhaustivo logró calcular el área bajo el arco de una parábola, y dio una aproximación muy precisa del número pi. También definió la espiral que lleva su nombre, fórmulas de los volúmenes de las superficies de revolución y un sistema para expresar números muy largos, entre otros.

- <https://www.youtube.com/watch?v=0GjITdXZtE0>



IDEAS CLAVE

- La energía
- El trabajo mecánico
- La energía mecánica
- La temperatura
- La energía térmica
- Las máquinas térmicas

5

La energía

Archivo diario La República



Planta de producción de energía solar, región Arequipa

LEEMOS

Producción de energía

El Sol es la mayor fuente de energía para el planeta. Su luz y calor constituyen la base principal de diversas reacciones químicas necesarias para el desarrollo de la vida en la Tierra, que con el paso de los siglos han originado combustibles fósiles como el carbón o el petróleo.

En los últimos años, en la región Arequipa se han venido explorando nuevas alternativas de producción, transformación y conservación de energía. Gracias a la ayuda de la empresa española T-Solar, se han logrado instalar más de 133 000 paneles para convertir los rayos solares en energía eléctrica. La Joya y Majes son dos irrigaciones rodeadas de pampas desérticas donde cae una de las más potentes radiaciones solares del mundo, solo comparable con la que reporta el desierto del Sahara en África. En estas irrigaciones se encuentran los dos primeros parques de energía fotovoltaica de Latinoamérica.

¿Cómo crees que se produce la energía del Sol? ¿Qué beneficios o dificultades genera el aprovechamiento de las fuentes de energía? ¿Se lograrían los mismos beneficios si la potencia de los rayos solares fuera menor? Explica. ¿Qué entiendes por potencia? ¿La energía se relaciona con el trabajo y la potencia ejercida por un cuerpo? ¿Por qué?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar la unidad, habrás realizado indagaciones sobre hechos o fenómenos relacionados con la energía que te permitirán brindar explicaciones acerca de las transformaciones, los tipos de energía y la transferencia de energía de un cuerpo a otro. Asimismo, serás capaz de aplicar los conocimientos para construir estructuras térmicas eficientes y sostenibles, y, además, podrás asumir una posición crítica sobre cómo la tecnología contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas.



Introducción a la unidad

La energía es un recurso muy importante para el desarrollo de la sociedad. Su uso posibilita la automatización de la producción, aumenta la productividad y mejora las condiciones de vida del ser humano. Todos los cambios o transformaciones de la naturaleza son producidos por algún tipo de energía.

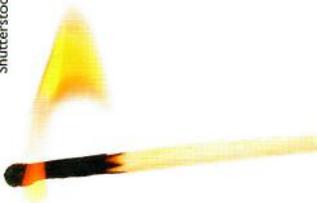
En nuestra vida diaria utilizamos la energía, por ejemplo, cuando realizamos esfuerzo para mover objetos, cuando caminamos, corremos,

hacemos deporte, etc. Todas estas acciones requieren de una transformación de la energía.

En esta unidad aprenderás todo lo relacionado con las formas y fuentes de energía, el trabajo mecánico, la energía mecánica y potencia, la aplicación de la energía en herramientas y máquinas, así como la utilidad del calor en las máquinas térmicas, su relación con los cambios de estado y sus usos en la vida cotidiana.

La energía. Formas de energía

Shutterstock



En la combustión se emplea energía química almacenada en una sustancia (gas, aceite, petróleo, fósforo...) para generar calor.

En la vida diaria se utiliza con frecuencia la palabra *energía*. Se habla de energías alternativas, de la necesidad del ahorro energético o de las fuentes de energía.

¿Qué es la energía?

Hay cuerpos que, en determinadas condiciones, poseen capacidad para interactuar con otros, es decir, para provocar cambios en otros cuerpos. A esa capacidad la podemos llamar energía.

Se entiende por energía la capacidad que tiene un cuerpo para producir cambios y, más en concreto, desde el punto de vista físico, decimos que la energía es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo mecánico (levantar un peso, por ejemplo), emitir luz o generar calor.

Toda actividad que tiene lugar en el universo se produce gracias a la energía. La energía es única, pero tiene distintas formas de presentarse, es decir, de ponerse de manifiesto. En el sistema internacional, la energía se mide en *joules* (J).

PARA SABER MÁS

La caloría (cal) es una unidad muy empleada para expresar la energía. Su equivalencia con el *joule* es la siguiente:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

La caloría se utiliza generalmente para describir procesos en los que tienen lugar intercambios de calor.

Formas de energía

Las podemos agrupar en seis tipos:

Energía química

Es aquella contenida en la materia debido a su estructura interna. Esta energía se puede aprovechar gracias a las reacciones químicas, como por ejemplo la combustión.

Un ejemplo de energía química es la energía nuclear, aprovechable a partir de reacciones nucleares con sustancias como el uranio y el plutonio.

Energía térmica

Cuando calentamos un objeto, estamos transfiriendo energía térmica. La energía térmica que tiene un cuerpo depende de dos magnitudes: de su temperatura y de su cantidad de materia. La teoría cinética lo explica:

- Cuando la temperatura aumenta, las partículas que forman el cuerpo se mueven (o vibran) con mayor velocidad: tienen más energía.
- Si existe más materia, habrá un mayor número de partículas en movimiento (o vibrando), lo que hará que la energía total sea mayor.

La energía térmica es la energía que se transfiere de un cuerpo que está a más temperatura a un cuerpo con menor temperatura.



En los altos hornos y en las fraguas, se calienta el metal para darle forma. Lo que está ocurriendo es una transferencia de energía térmica desde el horno hasta el metal. Esta energía térmica es capaz de alterar la estructura interna del metal, lo que modifica sus propiedades (su capacidad para ser moldeado, por ejemplo).

Energía mecánica

Es aquella que posee un cuerpo debido a su movimiento (energía cinética) o a su posición (energía potencial). Por ejemplo, el sonido es una forma de energía mecánica.

Energía eléctrica

La electricidad es imprescindible para llevar a cabo la gran mayoría de nuestras actividades diarias.

La energía eléctrica es aquella que obtenemos a partir del movimiento de las cargas eléctricas.



En un foco, cuando la electricidad pasa a través del alambre, se pone incandescente y nos proporciona luz.

Energía magnética

Es la debida a las acciones magnéticas. Así, una punta metálica cerca de un imán posee una energía que es función de su posición (podemos considerarla como una energía potencial).

Energía radiante

Es aquella que transmiten las ondas electromagnéticas, ya sean luz visible, ondas de radio, rayos X... Por ejemplo, la energía que transporta la luz visible procedente del Sol se aprovecha para calentar agua o para producir electricidad.



Cuando pulsamos una tecla de un control remoto, este emite radiación electromagnética (infrarroja) que llega hasta el detector de un televisor o un equipo de música, por ejemplo, y provoca en este un cambio: aumento o disminución del volumen, variación del brillo de la imagen, etc.



En las zonas elevadas del recorrido, los vagones de una montaña rusa tienen energía potencial. Cuando comienzan a descender, van adquiriendo energía cinética y disminuyendo su energía potencial.



Fuentes de energía

Desde hace muchísimos años, las personas ya usaban el fuego como forma de energía para cocinar y calentarse. Con el fin de mantener ese fuego, utilizaban como fuentes de energía, primero la madera y, más tarde, el carbón. Actualmente, los derivados del petróleo son los combustibles más empleados.



Shutterstock

El uso masivo del petróleo y del carbón propicia la desaparición de estos combustibles fósiles.

Clasificación de las fuentes de energía

Existen innumerables fuentes de energía. Pero, en última instancia, toda la energía procede del Sol (salvo la energía geotérmica y la energía nuclear de fisión).

Podemos clasificar las fuentes de energía en:

- Fuentes de energía **renovables**: se regeneran a un ritmo igual o mayor al que se consumen. Ejemplos: energía solar, eólica.
- Fuentes de energía **no renovables**: se consumen a un ritmo más elevado al que se producen, y terminarán agotándose. Ejemplos: carbón, petróleo.

Además de esta clasificación, existen otras. Por ejemplo:

- **Limpias y contaminantes**: según el impacto ambiental que generen. Por ejemplo, la energía solar es limpia, mientras que el carbón es contaminante, ya que durante su combustión se producen gases tóxicos.
- **Convencionales y no convencionales**:
 - Convencionales: el carbón, el petróleo y el gas natural, la energía nuclear y la energía hidráulica. Son las llamadas "energías tradicionales".
 - No convencionales: son fuentes de energía alternativas que aún están en desarrollo. No inciden demasiado en la economía de un país. Forman este grupo la energía eólica, la solar (térmica y fotovoltaica), la biomasa, la geotérmica y la mareomotriz.

PARA REFLEXIONAR

Las fuentes de energía producen distintas cantidades de energía por unidad.

Estas son algunas equivalencias entre las distintas unidades de energía:

- **tep**: tonelada equivalente de petróleo.
 $1 \text{ tep} = 4,19 \cdot 10^7 \text{ J}$
- **tec**: tonelada equivalente de carbón.
 $1 \text{ tec} = 2,43 \cdot 10^7 \text{ J}$

Reflexiona. ¿Qué recurso producirá mayor cantidad de energía? ¿Cuál será más rentable en términos medioambientales?

Fuentes de energía no renovables

Llamamos fuentes de energía no renovables a las que se agotarán en un plazo de tiempo más o menos largo.

Dentro de estas fuentes de energía, las más utilizadas en la actualidad son los combustibles fósiles y los combustibles nucleares.

Llamamos **combustible** a cualquier sustancia que puede reaccionar químicamente con el oxígeno y proporcionar energía.

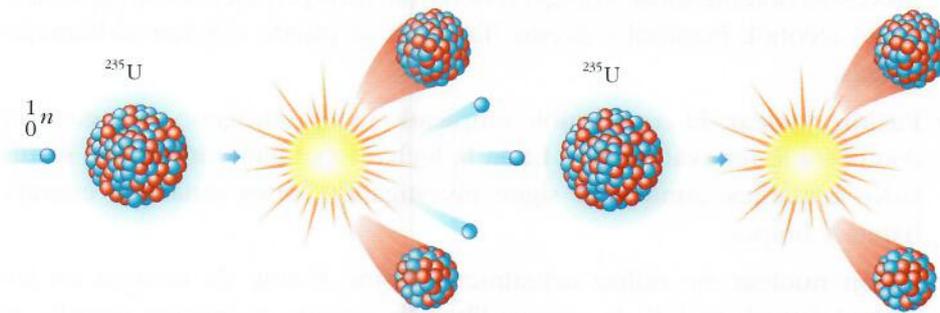
Combustibles fósiles

El carbón, el petróleo o el gas natural son ejemplos de combustibles. Se llaman combustibles fósiles porque se han formado a lo largo de millones de años.

- **Carbón.** Se formó a partir de restos vegetales fosilizados. Está constituido por carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre. Cuando se quema, produce óxidos de nitrógeno y azufre, que son muy contaminantes.
- **Petróleo.** Es un líquido viscoso y negro. Es el resultado del almacenamiento y acumulación de animales y vegetales de hace unos 500 millones de años en fondos marinos. Se encuentra en grandes bolsas a profundidades variables. Se estima que las reservas conocidas de petróleo mundiales se agotarán dentro de 100 o 200 años.
- **Gas natural.** Se encuentra en yacimientos acompañando generalmente al petróleo. Es una mezcla de gases donde predomina el metano. Se transporta en estado líquido por gasoductos y es menos contaminante que el carbón y el petróleo.

Combustibles nucleares

La energía desprendida en las reacciones nucleares, es decir, aquellas en las que los átomos de una sustancia se transforman en átomos de otra sustancia diferente, proporciona mucha energía a partir de poco combustible.



Los átomos de uranio sufren una reacción de fisión nuclear en la que son bombardeados con neutrones y se rompen en fragmentos de distinta masa.

Las sustancias utilizadas como combustible nuclear son, fundamentalmente, el plutonio y el uranio debido a las propiedades de sus núcleos atómicos.

Fuentes de energía renovables

Llamamos fuentes de energía renovables a las que son inagotables, como la solar, la eólica y la hidroeléctrica.

- **Energía solar.** El Sol es la principal fuente de energía sobre la Tierra: llega de forma gratuita y es limpia, ya que ni su uso directo ni su transformación producen residuos contaminantes.
- **Energía eólica.** Procede del Sol, que calienta de forma desigual unas zonas y otras, provocando el desplazamiento de masas de aire que originan los vientos. Al igual que la energía solar, es inagotable, limpia y gratuita.
- **Energía hidroeléctrica.** Es una forma sencilla de aprovechar la energía del agua en movimiento. Es la energía renovable más empleada gracias a las centrales eléctricas situadas junto a embalses.



La Central Hidroeléctrica de Moyopampa (Chosica) aprovecha la energía renovable del Sol para producir electricidad.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más las energías renovables, consulta las páginas 50 y 51 del libro *Guía visual definitiva* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

EN LA WEB

Para conocer más acerca de las energías renovables en el Perú, ingresa a:

<http://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru>

Otras fuentes de energía

Debido a los problemas ambientales derivados de la utilización de los combustibles "clásicos" (carbón, petróleo), en las últimas décadas se ha investigado mucho con el fin de utilizar fuentes de energía menos contaminantes.

- **Energía geotérmica.** Procede de la desintegración de átomos radiactivos del interior de la Tierra, siendo más palpable en unas regiones del planeta que en otras. Es una energía bastante limpia. Se puede utilizar directamente (géiser y fuentes termales) o bien perforando el suelo.

Puede aprovecharse, por ejemplo, para calentar el agua que circula por tuberías subterráneas en sistemas de calefacción o para generar energía eléctrica.

Estrictamente hablando, es una fuente no renovable, pero en muchos ámbitos hay que considerarla renovable, puesto que el ritmo al que se aprovecha la energía es mucho menor que el ritmo al que se genera.

- **Energía mareomotriz.** Se aprovecha la energía debida al movimiento de las mareas y olas. En los ciclos de pleamar y bajamar, la fuerza del agua empuja y acciona el sistema turbina-alternador.
- **Biomasa.** La constituyen los vegetales y los residuos orgánicos (agrícolas, forestales y algunos urbanos e industriales), que se someten a distintos procesos, obteniéndose energía o determinados productos combustibles, como alcohol, metanol o aceite. También se puede obtener el llamado biogás.
- **Fusión nuclear.** El combustible empleado es el hidrógeno del agua, un combustible renovable. Pero hasta la fecha no se han conseguido resultados rentables, aunque se sigue investigando, pues sería una energía barata y limpia.
- **Fisión nuclear.** Se utiliza actualmente como fuente de energía en las centrales nucleares. Es la energía liberada cuando un núcleo pesado, al ser bombardeado por neutrones, se convierte en inestable y se divide en dos núcleos.

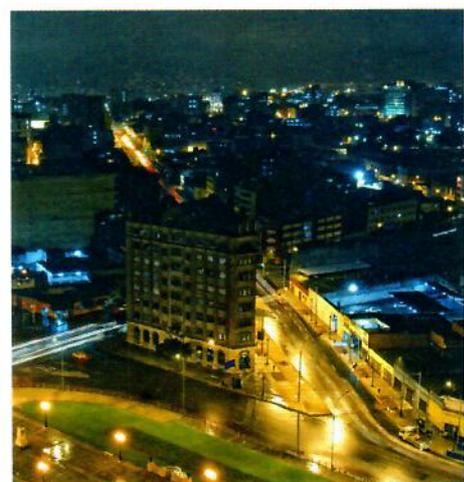


Generador de biogás del fundo Casablanca en Pachacámac

Necesidad de ahorro energético

Fue a partir de los años setenta del pasado siglo XX, con la crisis del petróleo, cuando los países industrializados tomaron conciencia de la necesidad de ahorrar energía. Las tres razones fundamentales que llevan a esta conclusión son:

- Conforme ha ido aumentando el nivel y calidad de vida de las sociedades industrializadas, se ha incrementado el consumo energético, lo que ha originado la desaparición progresiva de los recursos energéticos.
- El deseo de contrarrestar los efectos negativos del uso abusivo de combustibles fósiles, que ha supuesto la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Consecuencias: el incremento del efecto invernadero y la lluvia ácida.
- La necesidad de abaratar los costos energéticos para disminuir la competitividad entre las industrias.



Ciudad de Lima

¿Cómo reducir el consumo energético en casa?

Para reducir el consumo de energía en el hogar, se deben afrontar varios aspectos relacionados con el consumo y la eficiencia de los aparatos eléctricos o con las pérdidas energéticas.

- **Utilizar adecuadamente los electrodomésticos.** Debemos apagar las luces o los aparatos que no estamos utilizando, y usar eficientemente algunos electrodomésticos, como la lavadora (a plena carga) o la plancha (evitando encenderla para planchar una sola prenda).
- **Usar aparatos eficientes.** Las lámparas de bajo consumo son más eficientes que las lámparas de incandescencia tradicionales. Esto quiere decir que necesitan menos energía para producir la misma cantidad de luz. Otro ejemplo son los programas de lavado de media carga en lavadoras, los cuales son más cortos y necesitan menos agua. En el caso de una aspiradora, es importante que el nivel de ruido sea bajo, ya que si un aparato produce un ruido más intenso, es porque transforma más energía en sonido.
- **Evitar pérdidas energéticas.** Si tapamos una olla, se alcanza antes la temperatura de cocción. También es interesante todo aquello relacionado con la refrigeración y la calefacción. Es conveniente cerrar la puerta del frigorífico siempre que sea posible, o incluir en las viviendas medidas que eviten las pérdidas de calor: doble acristalamiento, aislantes en paredes, etc.



La luz roja del televisor indica que se está consumiendo energía eléctrica.

PRESTA ATENCIÓN



Muchos aparatos (televisores, microondas, consolas de videojuegos...) siguen consumiendo energía si permanecen enchufados a la toma de corriente.

A este consumo se le denomina consumo fantasma. Desconéctalos cuando permanezcas fuera de la vivienda durante largos periodos. Tu economía y la del país te lo agradecerán.

Aparato (potencia aproximada, W)	Transformaciones útiles	Transformaciones no útiles
Ventilador (100)	• Movimiento	• Sonido • Calor
Aspiradora (1500)	• Movimiento	• Sonido • Calor
Lavadora (1500)	• Movimiento	• Calor • Sonido
Televisor (300)	• Luz • Sonido	• Calor
Plancha (1400)	• Calor	
Microondas (1000)	• Movimiento • Calor • Sonido	• Sonido (una parte)
Foco (60)	• Luz	• Calor
Computadora (350)	• Luz • Sonido	• Calor • Sonido (una parte)
Impresora (500)	• Movimiento	• Sonido • Calor
Radiador (2 000)	• Calor	

Transformaciones energéticas producidas en algunos aparatos domésticos.

¿SABÍAS QUE...?

En el mercado existen focos de distinto tipo en los que el procedimiento para transformar la energía eléctrica en luz es diferente. Los más conocidos son los focos de incandescencia (con un filamento), los fluorescentes (como los de bajo consumo) y los halógenos.

Los fluorescentes de bajo consumo son los más eficientes (15 W de potencia típica).



Shutterstock



La energía se transforma



Shutterstock

El motor de un vehículo es un ejemplo de sistema en el que se intercambia energía mediante trabajo. En su interior se produce la combustión de la gasolina, lo que da lugar a la aparición de gases que, al estar a una temperatura y presión elevadas, desplazan un émbolo; ese movimiento se transmite a las ruedas y el vehículo se mueve.

La utilidad de la energía radica en que consigue realizar que las máquinas funcionen y se produzca así beneficio para el ser humano: esto ocurre cuando se hace trabajo mecánico.

Propiedades de la energía

- La energía se transfiere de un cuerpo a otro. Una cocina transfiere energía térmica a la sartén. El sol transfiere energía radiante a la planta.
- La energía se puede almacenar, transportar y transformar. La energía eléctrica se transporta a través del tendido eléctrico. Los combustibles almacenan energía química que se transforma en energía eléctrica o mecánica tras la combustión.
- La energía se degrada. En las transformaciones, una parte de la energía se queda en el propio cuerpo formando parte de su energía interna, o se pierde en forma de energía térmica calentando el ambiente.
- La energía se conserva. En cada transferencia o transformación, la cantidad total de energía se conserva.

Medición de la energía

En el sistema internacional (SI), la unidad de medida de la energía es el *joule* (J). Para algunos tipos de energía se utilizan otras unidades. Así, el calor se suele medir en calorías (cal).

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal} \quad 1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J} \quad 1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J} \quad 1 \text{ kcal} = 10^3 \text{ cal}$$

Más adelante definiremos estas unidades. Por ahora, diremos que:

- 1 J es la energía que tiene un cuerpo de 2 kg que se mueve a una velocidad de 1 m/s.
- Para que 1 L de agua aumente su temperatura a 1 °C, se necesitan 4,18 kJ.
- En un buen día de sol, cada metro cuadrado de suelo recibe unos 103 J cada segundo.



Si colocamos en un vaso unos cubos de hielo y los dejamos sobre la mesa de la cocina, al cabo de un tiempo los cubos se habrán fundido y el agua habrá alcanzado la temperatura de la cocina. El aire y los demás objetos que rodean el vaso le han aportado energía (calor) hasta que se han igualado las temperaturas; en ese momento decimos que se ha alcanzado un equilibrio térmico.

Transferencia de la energía

Cuando dos cuerpos o sistemas materiales intercambian energía, lo hacen de los siguientes modos:

- De forma mecánica, mediante la realización de un trabajo.
- De forma térmica, mediante el calor.
- Dos sistemas intercambian energía cuando existe una fuerza que produce un desplazamiento.
- Dos sistemas intercambian energía en forma de calor cuando se encuentran a distinta temperatura o mientras se produce un cambio de estado.

Trabajo mecánico

Muchas veces asociamos la palabra *trabajo* con alguna actividad que requiere algo de esfuerzo físico o intelectual, como mover un mueble, montar bicicleta o leer. En física, el concepto de trabajo está asociado a la acción de una fuerza sobre un objeto y al desplazamiento de este.

Trabajo realizado por una fuerza constante

El concepto de trabajo mecánico es tan intuitivo como el de fuerza. Así, por ejemplo, cuando una persona eleva un objeto pesado hasta determinada altura, se dice que ha realizado un trabajo, para el cual ha tenido que ejercer una fuerza de una magnitud dada. Por otro lado, si eleva el mismo objeto al doble de altura, se admite que ha realizado el doble de trabajo.

Podemos entender el trabajo como un proceso de **transferencia de energía** mediante el cual se produce un desplazamiento.

El concepto de trabajo, sea de una fuerza constante o variable, se define de la siguiente forma: es una magnitud escalar igual al producto de la componente de la fuerza paralela al desplazamiento por el módulo del desplazamiento.

Se realiza trabajo mecánico cuando transmitimos movimiento mecánico bajo la acción de una fuerza.

Matemáticamente se representa por:

$$W_{AB}^{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x}$$

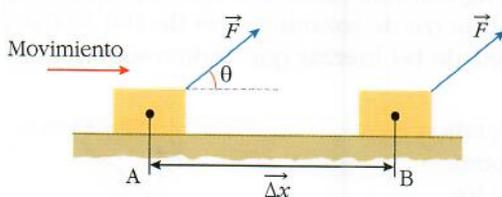
Donde:

\vec{F} = fuerza que realiza trabajo

$\vec{\Delta x}$ = desplazamiento

$$W_{AB}^{\vec{F}} = |\vec{F}| \cdot \cos \theta \cdot |\vec{\Delta x}|$$

θ = ángulo que forman la fuerza y el desplazamiento



F es una fuerza constante.

Las ecuaciones que hemos dado solo permiten calcular el trabajo de las fuerzas constantes, mas no de las fuerzas variables.

En el sistema internacional, la unidad de fuerza se mide en *newtons* (N), el desplazamiento en metros (m), y el trabajo en *joules* (J). Un *joule* equivale a un *newton-metro* (N · m).

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

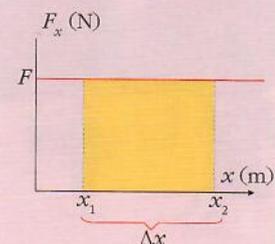
Si bien en la definición de trabajo están involucradas dos cantidades vectoriales como lo son la fuerza y el desplazamiento, el trabajo es una cantidad escalar.



Al levantar un objeto a una determinada altura, se realiza trabajo.

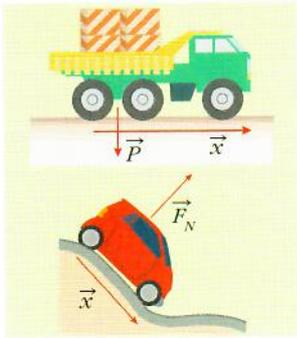
PARA SABER MÁS

El trabajo también se puede calcular en un gráfico fuerza-posición (F - x), donde \vec{F} es la fuerza paralela al desplazamiento.



El área bajo la curva nos da el trabajo realizado por la fuerza.

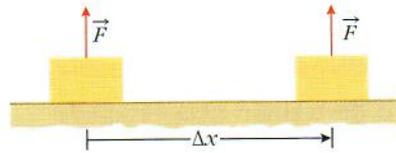
$$\text{Área} = W$$



Las fuerzas perpendiculares al desplazamiento \vec{x} no realizan trabajo.

Fuerzas que no realizan trabajo

Cuando una fuerza no realiza desplazamiento, su trabajo es nulo. Estas fuerzas son perpendiculares al desplazamiento.

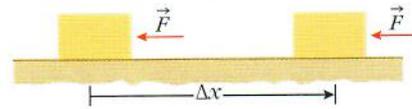


De la fórmula $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$,
si $\alpha = 90^\circ$ o $270^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0$.

Por lo tanto: $W = 0 \text{ J}$

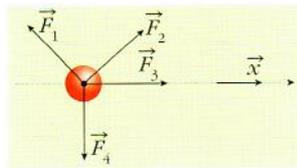
Trabajo de fuerzas opuestas al desplazamiento

Cuando una fuerza es contraria al desplazamiento, en lugar de transferir energía, la absorbe; entonces, se dice que la fuerza hace un trabajo resistor. Un ejemplo es el trabajo de la fuerza de rozamiento: cuando una fuerza se desliza sobre una superficie rugosa, la fuerza de rozamiento es opuesta al desplazamiento y hace un trabajo resistor. Numéricamente, un trabajo resistor tiene signo negativo.



De la fórmula $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$,
si $\alpha = 180^\circ \rightarrow \cos \alpha = -1$.

Por lo tanto: $W = -F \cdot \Delta x$



El trabajo neto es igual a la suma de todos los trabajos.

Trabajo neto (W_N)

Es la suma de los trabajos desarrollados por cada una de las fuerzas. También se puede verificar que el trabajo neto es realizado por la fuerza resultante (F_r). Así para cuatro fuerzas que realizan trabajo:

$$W_N = \vec{F}_1 \cdot \vec{x}_1 + \vec{F}_2 \cdot \vec{x}_2 + \vec{F}_3 \cdot \vec{x}_3 + \vec{F}_4 \cdot \vec{x}_4 = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4) \cdot \Delta \vec{x}$$

$$W_N = \vec{F}_r \cdot \Delta \vec{x}, \text{ donde } F_r = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

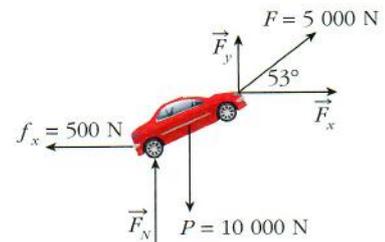


El rozamiento entre la pelota y la cancha, aunque pequeño, hace que la pelota se detenga; por lo tanto, realiza un trabajo negativo.

EJEMPLO RESUELTO 1

Una grúa jala un auto de 1000 kg con una fuerza de 5000 N, formando 53° con respecto a la horizontal. La fuerza de rozamiento es de 500 N. Calcula el trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúan sobre el auto al desplazarlo 10 m.

- Realizamos el DCL del auto (gráfico de cada una de las fuerzas como resultado de la interacción de los cuerpos).



- Calculamos el trabajo de la fuerza F :

$$W_F = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = |\vec{F}| \cos \alpha \cdot |\Delta \vec{x}| = (5000 \text{ N})(10 \text{ m}) \cos 53^\circ = 30\,000 \text{ J}$$

- Calculamos el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento:

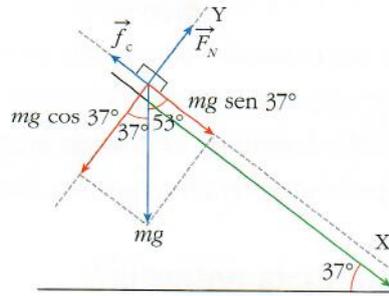
$$W_{\text{rozamiento}} = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = |\vec{F}| \cos \alpha \cdot |\Delta \vec{x}| = (500 \text{ N})(10 \text{ m}) \cos 180^\circ = -5000 \text{ J}$$

El peso y la fuerza normal (o vertical) hacen trabajo nulo.

EJEMPLO RESUELTO 2

Un bloque de 5 kg se desplaza 2 m hacia abajo sobre un plano inclinado de 37° , con coeficiente de rozamiento cinético de 0,4. Calcula el trabajo de cada fuerza que actúa en el bloque.

- Realizamos el DCL del bloque cuando está descendiendo y descomponemos el peso en los ejes X e Y.



- Calculamos el valor de la fuerza normal por equilibrio y luego el valor de la fuerza de rozamiento cinético f_c :

$$\sum F_Y = 0$$

$$F_N - m g \cos 37^\circ = 0$$

$$F_N = (5 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) \cos 37^\circ \rightarrow F_N = 39,2 \text{ N}$$

$$f_c = \mu_c F_N = (0,4)(39,2 \text{ N}) = 15,7 \text{ N}$$

- El trabajo realizado por cada fuerza:

$$W_{\text{peso}} = \vec{P}_x \cdot \vec{x} = (m g)(\Delta x) \sin 37^\circ$$

$$W_{\text{peso}} = (5 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(2 \text{ m})(0,6) = 58,8 \text{ J}$$

$$W_{\text{normal}} = \vec{F}_N \cdot \vec{x} = 0$$

$$W_{\text{rozamiento}} = \vec{f}_c \cdot \vec{x} = (15,7 \text{ N})(2 \text{ m}) \cos 180^\circ = -31,4 \text{ J}$$

Trabajo de una fuerza variable

La mayoría de las fuerzas que actúan en la naturaleza son variables, por ejemplo, la fuerza elástica al deformar un resorte (a medida que se va deformando, cuesta más esfuerzo seguir deformándolo). Por tal razón, no podemos calcular el trabajo realizando una multiplicación escalar: fuerza por desplazamiento.

Sin embargo, se puede obtener el trabajo de fuerzas variables si conocemos la dependencia de estos con el desplazamiento a través de un gráfico $F-x$. Para obtener una aproximación del trabajo realizado, podemos dividir el área total en pequeñas áreas de rectángulos y, luego, sumar todas estas áreas.

EJEMPLO RESUELTO 3

En la figura se muestra el gráfico ($F-x$) de una fuerza que varía según la posición. Determina el trabajo de la fuerza para desplazar el objeto desde la posición $x = 2 \text{ m}$ hasta $x = 10 \text{ m}$.

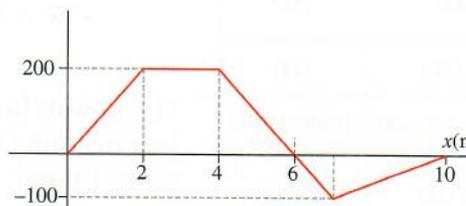
- El trabajo de la fuerza será igual al área bajo la curva desde $x = 2 \text{ m}$ hasta $x = 10 \text{ m}$.

$$A_1 = \text{área del rectángulo, } x \in [2; 4] \rightarrow A_1 = 2 \cdot 200 = 400 \text{ J}$$

$$A_2 = \text{área del triángulo, } x \in [4; 6] \rightarrow A_2 = \frac{1}{2} (2 \text{ m})(200 \text{ N}) = 200 \text{ J}$$

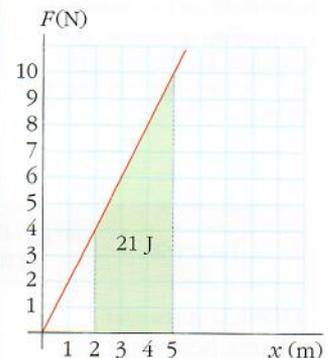
$$A_3 = \text{área del triángulo, } x \in [6; 10] \rightarrow A_3 = \frac{1}{2} (4) (-100) = -200 \text{ J}$$

$$W_T = \sum A_i = 400 + 200 - 200 = 400 \text{ J}$$



GLOSARIO

- Fuerza (F).** Causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo o de deformarlo.
- Trabajo (W).** Producto de la fuerza, el desplazamiento y el ángulo formado por la fuerza y el desplazamiento.



El trabajo realizado por una fuerza variable es igual a la suma de las áreas.



La potencia mecánica

Los intercambios de energía se realizan a lo largo del tiempo.

Para relacionar energía y tiempo se define una nueva magnitud física que no solo considere la energía intercambiada, sino el tiempo en el que se ha producido el intercambio. Esta magnitud es la potencia.

¿Qué es la potencia?

La física ha establecido una magnitud para medir la rapidez con la que se realiza un trabajo: la potencia mecánica (P).

Se llama **potencia mecánica**, o simplemente potencia (P), al resultado de dividir el trabajo realizado (W) entre el tiempo empleado para realizarlo (t).

$$P = \frac{W}{t}$$

La unidad de potencia en el sistema internacional (SI) es el *watt* (W), que se define como la potencia de un motor que es capaz de realizar un trabajo de 1 *joule* en 1 segundo. Un múltiplo es el kilowatt (kW).

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

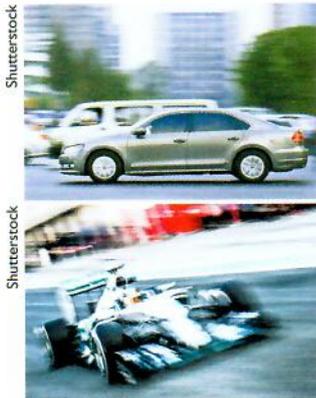
$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

Sobre todo en el mundo del motor se ha extendido el uso de otra unidad de potencia: el caballo de vapor (CV):

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

Para máquinas se utiliza el caballo de fuerza, que se abrevia como HP :

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$



Shutterstock

Shutterstock

El primer auto circula despacio, pero el segundo corre al máximo de sus posibilidades.

Los motores de ambos no funcionan de igual forma; por lo tanto, no desarrollan la misma potencia.

Ejemplo	Potencia (W, aprox.)	Potencia (CV)
Potencia muscular de una persona	200	0,27
Potencia media de un caballo	736	1
Grúa	30 000	40
Motor de un auto	73 600	100
Motor de un camión	220 000	300
Motor de Fórmula 1	1 660 000	900
Locomotora	740 000-6 000 000	1 000-8 000
Motor de avión de reacción	15 000 000	20 000
Lanzadera espacial	$1,5 \cdot 10^{10}$	20 000 000

Potencia y trabajo

El *joule* es una unidad demasiado pequeña para medidas normales de la vida ordinaria. Por eso se han definido otras dos unidades de trabajo muy útiles, aunque no pertenecen al sistema internacional.

El watt-hora (Wh) es el trabajo que realiza una máquina de 1 watt de potencia trabajando durante 1 hora (3600 s). La equivalencia entre el Wh y el *joule* es:

$$W = P \cdot t = 1 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$$

$$\rightarrow 1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

El kilowatt-hora (kWh) es el trabajo que realiza una máquina de 1 kW de potencia trabajando durante 1 hora.

$$1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ Wh} = 3 600 000 \text{ J}$$

Potencia y velocidad

En ocasiones es útil expresar la potencia del motor de un automóvil en función de la velocidad a la que se desplaza.

Los siguientes cálculos se refieren a un movimiento uniforme:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{t} = F \cdot \frac{\Delta x}{t}$$

$$P = F \cdot v$$

Es decir, podemos conocer la potencia a partir de la fuerza desarrollada y la velocidad a la que se desplaza el automóvil.

Rendimiento (η)

Hay que distinguir entre potencia teórica y potencia útil, que siempre es algo menor.

El rendimiento (η) de un motor indica la relación entre la potencia útil y la potencia teórica. Se expresa en tanto por ciento (%).

$$\eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia teórica}} \cdot 100$$

EJEMPLO RESUELTO 4

Un motor de 75 W teóricos tarda 2 min en elevar 20 L de agua a 25 m de altura. ¿Cuál es el rendimiento del motor?

- El trabajo realizado por el motor será: $W = F \cdot d \rightarrow W = m \cdot g \cdot d$
20 L de agua tienen una masa de 20 kg, de forma que su peso será:
 $20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}$ y el trabajo realizado será:
 $W = 20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 25 \text{ m} = 4900 \text{ J}$

Por lo tanto, la potencia útil es:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{4900 \text{ J}}{120 \text{ s}} = 40,8 \text{ W}$$

El rendimiento es la relación entre la potencia útil y la teórica:

$$\eta = \frac{40,8}{75} \cdot 100 = 54,4\%$$

EJEMPLO RESUELTO 5

Un ascensor de 800 kg, accionado por un motor eléctrico, puede transportar con seguridad una carga máxima de 200 kg. ¿Qué potencia suministra el motor cuando el ascensor asciende con la carga máxima a una velocidad constante de valor igual a 3 m/s?

- Expresamos la potencia en términos de la velocidad:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \Delta x}{t} \Rightarrow v = \frac{\Delta x}{t}$$

Si la velocidad es constante, $P = Fv$.

- Cuando el ascensor sube con la máxima carga en equilibrio (velocidad constante), la fuerza aplicada por el motor es igual al peso total: $(1000 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 9800 \text{ N}$; entonces, la potencia suministrada por el motor es:

$$P = Fv = (9800)(3 \text{ m/s}) = 29\,400 \text{ W} = 29,4 \text{ kW}$$



Para izar la carga, la grúa tarda menos tiempo que una persona, ya que desarrolla una potencia mayor.

GLOSARIO

- Potencia.** Cantidad de energía producida o consumida por unidad de tiempo.



La energía mecánica: energía cinética y energía potencial



La energía cinética y la energía potencial varían desde que una persona se encuentra en lo alto del tobogán hasta que llega al agua.

La energía mecánica es la que tienen los cuerpos en razón de su movimiento (energía cinética), de su situación respecto de otro cuerpo (en general, la Tierra) o de su estado de deformación (en el caso de los cuerpos elásticos).

La energía cinética

Los cuerpos pueden realizar un trabajo por el hecho de estar en movimiento, es decir, los cuerpos en movimiento tienen energía. Esta forma de energía mecánica se llama energía cinética (E_c).

Sobre un cuerpo en movimiento acelerado actúa una fuerza neta que multiplicada por el desplazamiento del cuerpo es igual al trabajo que realiza.

Calculemos ese trabajo:

$$W = \vec{F}_N \cdot \Delta \vec{x} \dots \textcircled{1}$$

Si el cuerpo parte del reposo, el desplazamiento será:

$$\Delta \vec{x} = \frac{1}{2} \vec{a} t^2 \dots \textcircled{2}$$

Y según la ecuación fundamental de la dinámica:

$$\vec{F}_N = m \cdot \vec{a} \dots \textcircled{3}$$

Entonces reemplazamos $\textcircled{2}$ y $\textcircled{3}$ en $\textcircled{1}$:

$$W = m \cdot \vec{a} \cdot \Delta \vec{x} = m \cdot \vec{a} \cdot \frac{1}{2} \vec{a} t^2 \rightarrow W = \frac{1}{2} m (at)^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

Por lo tanto, la energía almacenada por un cuerpo en movimiento (E_c) es:

$$E_c = W = \frac{1}{2} m v^2$$

En ocasiones resulta difícil conocer la fuerza que ha actuado sobre el cuerpo, pero si conocemos la variación de velocidad, podemos saber cuál es el trabajo efectuado sobre el cuerpo, que corresponde a la variación de energía cinética:

$$\left. \begin{aligned} E_{c_1} &= \frac{1}{2} m v_1^2 \\ E_{c_2} &= \frac{1}{2} m v_2^2 \end{aligned} \right\} W = E_{c_2} - E_{c_1} = \Delta E_c$$

Este postulado es llamado el teorema del trabajo total y la energía cinética.

La energía potencial

La capacidad de un cuerpo de producir trabajo por el hecho de estar a una cierta altura se llama energía potencial gravitatoria o, más sencillamente, energía potencial (E_p).



¿Quién posee más energía cinética: los peatones, el corredor o el ciclista?

Consideramos un cuerpo de masa m que elevamos ejerciendo una fuerza (F).

El trabajo realizado será:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{x}$$

El desplazamiento (x) lo consideraremos como altura (h), y la fuerza realizada para elevarlo tendrá un valor ligeramente superior al peso, pero con sentido opuesto para que pueda elevarse. Consideremos que el bloque sube con rapidez constante, entonces:

$$F = P = m \cdot g$$

Sustituyendo la fuerza por el valor del peso y el valor del desplazamiento por la altura en la definición de trabajo, obtenemos:

$$W = F \cdot \Delta x = m \cdot g \cdot h$$

Por lo tanto, la energía almacenada por un cuerpo (E_p) que se encuentra a una altura h es:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

La energía potencial equivale al trabajo que ha costado elevar el objeto de masa m a la altura h .

Hemos supuesto que la $E_p = 0$ cuando estamos en la superficie terrestre, que consideramos $h = 0$. Si el desplazamiento es horizontal, no hay variación de altura y, por lo tanto, la variación de la energía potencial es nula.

Existen otros tipos de energía potencial, como la energía que se acumula en los cuerpos elásticos al deformarlos (un arco). Cuando cesa la deformación, la energía acumulada produce el desplazamiento de la flecha y el incremento de su energía cinética. A este tipo se le llama **energía potencial elástica**.

La energía mecánica

A la suma de la energía cinética y la energía potencial (elástica o gravitatoria) la denominamos energía mecánica.

$$E_{\text{mecánica}} = E_C + E_P$$

EJEMPLO RESUELTO 6

- ¿Cuánta energía cinética posee un móvil que se mueve con una velocidad de 120 km/h si su masa es de 1000 kg?

$$v = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{m}}{\text{km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \frac{120 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 33,3 \text{ m/s}$$

Sustituimos los datos en la definición matemática de la energía cinética y operamos:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot \left(33,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 500 \text{ kg} \cdot 1111,1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 555\,555,5 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow E_C = 5,5 \cdot 10^5 \text{ J}$$

- Calcula la energía potencial que tendrían unas pesas de 80 kg si las levantara una atleta hasta una altura de 2 m.

Datos: $m = 80 \text{ kg}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $h = 2 \text{ m}$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 80 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ m} = 1568 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1568 \text{ J}$$



INFORMACIÓN REGIONAL

Las comunidades nativas de nuestra selva cazaban tradicionalmente con arcos y flechas. Ellos hacían uso de la energía potencial elástica al tensar el arco que, al soltarse, comunica esta energía a la flecha.



Archivo Renzo Uccelli

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la energía mecánica, consulta la página 72 del libro *La Biblia de la Física y Química* del Módulo de Biblioteca del Minedu.



Una pelota situada a cierta altura tiene **energía potencial gravitatoria**. A medida que cae, aumenta su velocidad y, por lo tanto, su energía cinética.



El principio de conservación de la energía

EN LA WEB

Para que comprendas las distintas formas de energía mecánica y su conservación en una transformación, ingresa a:

http://proyectos.cnice.mec.es/arquimedes2/objetos/fyq_040302_formas_energia/index

¿Se conserva la energía?

Una situación especialmente interesante sucede cuando no se realiza trabajo exterior sobre el sistema, es decir, o no se ejercen fuerzas exteriores o, si se ejercen sobre alguna parte del sistema, su punto de aplicación no se desplaza o lo hace perpendicularmente a la fuerza, de manera que su trabajo es nulo. En este caso, el sistema podrá cambiar de estado, pero de manera que no cambie su energía mecánica:

$$\text{Si } W_{\text{ext}} = \Delta E \text{ y } W_{\text{ext}} = 0 \rightarrow \Delta E = 0$$

La energía del sistema no cambiará, se "conservará".

En general, podemos decir que el trabajo realizado es igual al incremento (positivo o negativo) que han sufrido las energías:

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} &= \Delta E_p + \Delta E_c = \\ &= (E_{p \text{ final}} - E_{p \text{ inicial}}) + (E_{c \text{ final}} - E_{c \text{ inicial}}) \end{aligned}$$

Cuando el trabajo tiene valor negativo, debemos conservar su signo a la hora de sustituirlo en la ecuación.

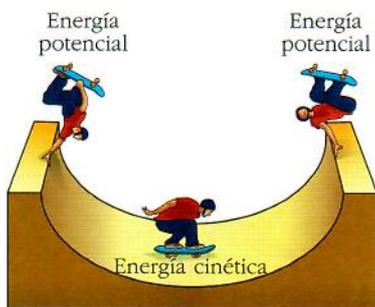
Se dice entonces que la energía no se crea ni se destruye, solo se transfiere a otros cuerpos o se transforma en otras formas de energía.

Este principio, uno de los más importantes de la física, es conocido como **principio de conservación de la energía**.

Si, por ejemplo, una niña desciende por un tobogán, la energía potencial que tenía cuando estaba arriba se convertirá en energía cinética al descender. En el caso del joven del *skate* de la ilustración del margen, la energía cinética y la potencial se van transformando una en otra según se mueve de un lado para otro.

En ocasiones podemos creer que la energía desaparece cuando no descubrimos en qué se ha convertido. Por ejemplo, cuando un automóvil frena, la energía cinética que tenía el auto se convierte fundamentalmente en calor y aumenta la temperatura del sistema de frenado, de las llantas y del asfalto; también con el rozamiento con el aire se genera calor.

Otro tipo de energía que, como el calor, se disipa en muchos procesos, es el ruido (energía sonora).



¿Cómo varía la energía durante el recorrido?

EJEMPLO RESUELTO 7

- Desde una altura de 20 m, se deja caer una bola de 500 g de masa. ¿Cuál será la energía mecánica total de la bola en los puntos A, B y C de su recorrido?

Tenemos que calcular la velocidad en los puntos B y C. Como es un movimiento de caída libre, entonces:

$$v = g \cdot t; \quad s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 = \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{v}{g}\right)^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

- En el punto A:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 20 \text{ m} = 98 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0 = 0$$

$$E_{\text{mecánica}} = E_p + E_c = 98 \text{ J}$$

- En el punto B:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 15 \text{ m} = 73,5 \text{ J}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} = 9,9 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 9,9^2 = 24,5 \text{ J}$$

$$E_{\text{mecánica}} = E_p + E_c = 98 \text{ J}$$

- En el punto C:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 0 = 0$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 20} = 19,8 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 19,8^2 = 98 \text{ J}$$

$$E_{\text{mecánica}} = E_p + E_c = 98 \text{ J}$$

- Un niño alcanza una altura máxima de 1 m cuando se balancea en un columpio que, en reposo vertical, está a 0,5 m del suelo.

a) ¿Cuál es la velocidad máxima que puede conseguir?

b) ¿Depende esta velocidad de la masa del niño que se balancea?

a) Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica al niño en los puntos más alto (A) y más bajo (B) del recorrido en la oscilación, tenemos:

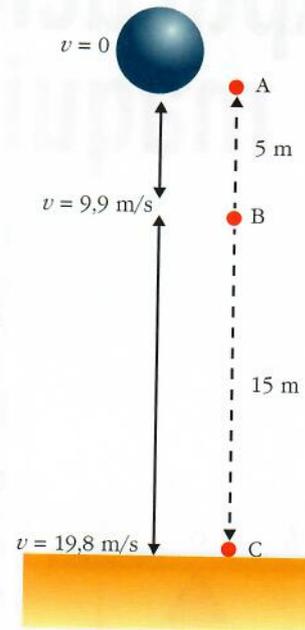
$$(E_c + E_p)_A = (E_c + E_p)_B \rightarrow E_{MA} = E_{MB}$$

Sabiendo que en el punto A la velocidad debe ser cero y, en consecuencia, su energía cinética también:

$$0 + m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + m \cdot g \cdot h_B \rightarrow m \cdot g \cdot h_A - m \cdot g \cdot h_B = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$v_B^2 = 2 g \cdot (h_A - h_B) \rightarrow v_B = \sqrt{(2 \cdot 10 \cdot 0,5)} = \sqrt{10} = 3,16 \text{ m/s}$$

b) Resulta evidente que este valor de velocidad no depende de la masa y coincide con el valor que alcanza un cuerpo en caída libre desde una altura igual a $h_A - h_B$.



EJEMPLO RESUELTO 8

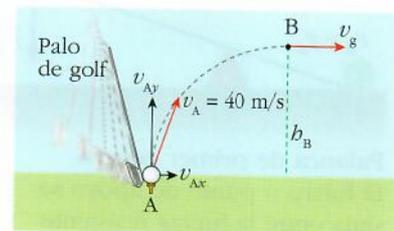
Se lanza una pelota de golf con una velocidad de 40 m/s y una inclinación de 45° tal como se muestra en la figura. Calcula la altura máxima que alcanza la pelota.

- Realizamos un balance de energía entre el punto de lanzamiento (A) y el punto más alto (B) teniendo en cuenta que la velocidad en (B) es la componente horizontal de la velocidad de lanzamiento.

$$E_{mA} = E_{mB} \quad E_{cA} = E_{cB} + E_{pgB}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot h_B \rightarrow \frac{1}{2} (40 \text{ m/s})^2 = \frac{1}{2} (40 \cdot \cos 45^\circ)^2 + (9,8 \text{ m/s}^2) b$$

La altura es 40,8 m.

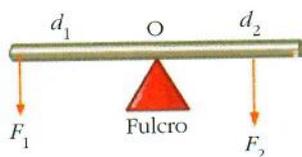




Aplicación a herramientas y máquinas

Las máquinas y herramientas permiten realizar tareas aplicando una fuerza menor. Esto lo corroboró Arquímedes con su famosa frase referida a la palanca: "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo".

Equilibrio de una barra: ley de la palanca



Un caso de equilibrio de excepcional interés es el de una barra rígida que se apoya en un punto o fulcro (O). A ambos lados del fulcro se aplican dos fuerzas, \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , a las distancias respectivas del fulcro, d_1 y d_2 .

Se cumple que: $\vec{F}_1 \cdot d_1 = \vec{F}_2 \cdot d_2$

Esta fórmula recibe el nombre de ley del equilibrio de una barra apoyada o también ley de la palanca.

El producto de una fuerza por su distancia al fulcro tiene que ser igual al producto de la otra fuerza por su distancia respectiva al fulcro para conseguir que la barra esté en equilibrio.

Generalmente la ley se escribe así:

$$F_R \cdot b_R = F_M \cdot b_M$$

- F_R : fuerza resistente
- F_M : fuerza motriz
- b_R : brazo resistente
- b_M : brazo motor

TIPOS DE PALANCAS

Palanca de primer género.
El fulcro o punto de apoyo se sitúa entre la fuerza resistente y la fuerza motriz. Un ejemplo es la balanza romana. La fuerza obtenida puede ser mayor o igual que la fuerza aplicada.

Palanca de segundo género.
La fuerza resistente se sitúa entre el fulcro y la fuerza motriz. Un ejemplo es la carretilla. La fuerza obtenida es siempre mayor que la fuerza aplicada.

Palanca de tercer género.
La fuerza motriz se sitúa entre el fulcro y la fuerza resistente. Un ejemplo es la pinza. La fuerza obtenida es siempre menor que la fuerza aplicada.

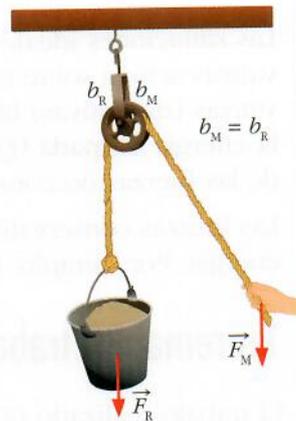
Esta ley se aplica para construir palancas. Las palancas son máquinas sencillas que se diseñan casi siempre con el objetivo de vencer una elevada fuerza resistente (\vec{F}_R), aplicando una fuerza motriz (\vec{F}_M) más pequeña. Para vencer esa fuerza, y teniendo en cuenta la ley de equilibrio, se hace que la distancia de la fuerza resistente al fulcro o brazo resistente sea menor que el brazo motor (b_M).

Pero el trabajo que realizamos para levantar un peso con una palanca es el mismo que si no utilizamos la palanca; lo que ocurre es que ejercemos una fuerza menor (realizamos menos esfuerzo) y recorremos más espacio empujando el brazo motor hacia abajo.

La polea fija

En la polea fija se cumple que $b_M = b_R$, por lo tanto, no se amplifica la fuerza. Sin embargo, se utiliza la polea porque la fuerza motriz se aplica más cómodamente.

En efecto, si intentamos sacar un balde lleno de agua de un pozo, utilizando una cuerda, ejercemos realmente la misma fuerza con polea y sin ella. Pero si utilizamos una polea y tiramos de la cuerda hacia abajo, nuestro propio peso nos ayuda a ejercer dicha fuerza y a levantar el balde.



El plano inclinado

Otra aplicación sencilla muy útil para elevar pesos es el plano inclinado.

Los dos planos inclinados de la derecha tienen diferentes pendientes. ¿En qué caso debemos realizar menos esfuerzo para elevar la bola? ¿Cuál es el trabajo realizado en cada caso?

El trabajo realizado es el mismo en ambos casos, y coincide con la variación de energía potencial de la bola:

$$W = m \cdot g \cdot h = F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

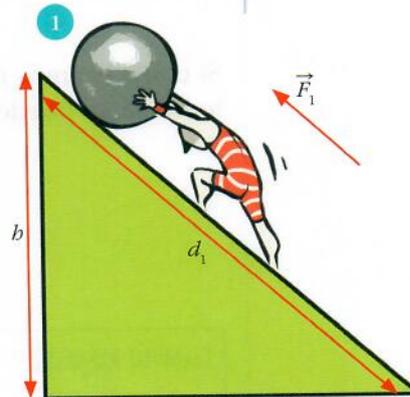
$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$F_2 = \frac{d_1}{d_2} \cdot F_1$$

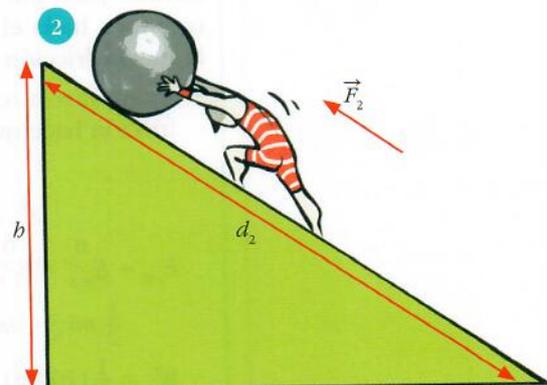
Como d_2 es mayor que d_1 (el plano 2 está menos inclinado y la rampa 2 es más larga), entonces F_2 será más pequeña que F_1 .

Es decir, en el plano menos inclinado tenemos que realizar un menor esfuerzo: F_2 , aunque lo debemos mantener hasta recorrer una mayor distancia: d_2 .

Utilizar rampas no nos ahorra trabajo, pero permite subir pesos aplicando una fuerza menor.



Más fuerza, menos distancia.



Menos fuerza, más distancia.

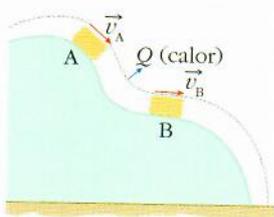


Fuerzas disipativas y variación de la energía mecánica

El calor es una forma de energía y se expresa en calorías.

$$1 \text{ caloría} = 4186 \text{ J}$$

La energía mecánica se pierde en forma de calor.



Si lanzamos un ladrillo de modo que avance rozando con el suelo, sin duda al rato lo veremos detenerse. Pero ¿qué pasó con su energía cinética inicial? ¿Ha actuado una fuerza que ha gastado esa energía!

Las situaciones ideales son aquellas donde únicamente las fuerzas conservativas actúan sobre un objeto. En situaciones reales, las fuerzas no conservativas (disipativas) liberan la energía en forma de calor (Q); por lo tanto, la energía disipada (Q) por las fuerzas no conservativas es igual al trabajo de las fuerzas no conservativas (W_{FNC}).

Las fuerzas conservativas son aquellas que hacen que el cuerpo no pierda energía. Por ejemplo: la fuerza de gravedad.

Teorema del trabajo y la energía mecánica

El trabajo realizado por todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo exceptuando su peso (fuerzas no conservativas) es igual a la variación que experimenta su energía mecánica total.

$$W_{\text{FNC}} = \Delta E_m$$

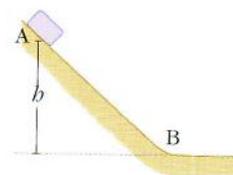
Si consideramos dos posiciones, A y B, en el movimiento de un cuerpo, el teorema se puede expresar como:

$$W_{\text{FNC}} = E_{mB} - E_{mA}$$

$$W_{\text{FNC}} = (E_{cB} + E_{pgB}) - (E_{cA} + E_{pA})$$

EJEMPLO RESUELTO 9

Un bloque de 10 kg que parte del reposo se desliza por un plano inclinado desde una altura $h = 6 \text{ m}$. Si cuando pasa por el punto B su velocidad es 6 m/s, halla el trabajo (en *joules*) que realiza la fuerza fricción ($g = 10 \text{ m/s}^2$).



- Aplicamos la relación entre el trabajo y la energía mecánica, ya que la fricción hace que disminuya dicha energía del bloque:

$$\Delta E_m = W_{\text{FNC}}$$

$$E_{mB} - E_{mA} = W_f$$

$$E_{cB} + \cancel{E_{pgB}^0} - \cancel{E_{cA}^0} + E_{pgA} = W_f$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 - m \cdot g \cdot h = W_f$$

$$W_f = \frac{1}{2} (10 \text{ kg}) (6 \text{ m/s})^2 - (10 \text{ kg}) (10 \text{ m/s}^2) (6 \text{ m}) \rightarrow W_f = -420 \text{ J}$$

EJEMPLO RESUELTO 10

Un cuerpo de 5 kg que parte del reposo se desliza por un plano inclinado de 30° respecto a la horizontal. Calcula su velocidad cuando haya recorrido 10 m si:

a) No hay rozamiento entre el cuerpo y el plano.

b) El coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es 0,30.

- En el punto 1, el cuerpo se encuentra a una altura h con respecto al punto 2.

$$\text{sen } 30^\circ = \frac{h}{10} \rightarrow h = 10 \text{ m} \cdot \text{sen } 30^\circ = 5 \text{ m}$$

- Calculamos la velocidad en el punto 2 utilizando el principio de conservación de la energía mecánica: $E_{M1} = E_{M2} + \vec{F}_{\text{roz.}} \cdot \Delta x$

a) Si no hay rozamiento: $E_{C1} + E_{P1} = E_{C2} + E_{P2}$

En el punto 1, el cuerpo está en reposo. Por lo tanto: $v_1 = 0 \rightarrow E_{C1} = 0$

Tomando como referencia la altura en el punto 2: $h_2 = 0 \rightarrow E_{P2} = 0$

$$0 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + 0 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} = 9,9 \text{ m/s}$$

b) Si hay rozamiento: $\vec{F}_{\text{roz.}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot P \cdot \cos 30^\circ = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ$

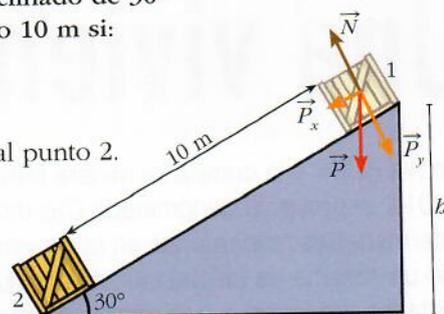
$$E_{M1} = E_{M2} + |W\vec{F}_{\text{roz.}}| \rightarrow 0 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x$$

donde $\Delta x = h / \text{sen } 30^\circ = 5 / \text{sen } 30^\circ = 10 \text{ m}$

Cancelando la masa en ambos lados de la ecuación tenemos:

$$\rightarrow g \cdot h = \frac{1}{2} v^2 + \mu \cdot g \cdot \cos 30^\circ (10) \rightarrow g \cdot h - \mu \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot 10 = \frac{1}{2} v^2$$

$$\rightarrow 2 \cdot (g \cdot h - \mu \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot 10) = v^2 \rightarrow \sqrt{2 \cdot (49 - 25,5)} = v = 6,9 \text{ m/s}$$



EJEMPLO RESUELTO 11

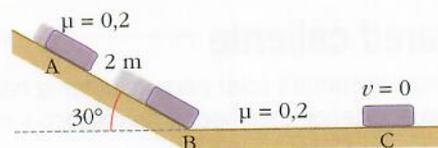
Un cuerpo de 2 kg de masa desciende por un plano de 2 m de longitud con inclinación de 30° . Calcula la energía disipada hasta el instante en que se detiene en la superficie plana.

La fuerza de rozamiento es disipativa; el trabajo realizado en su contra se transforma en calor.

- Calculamos la energía disipada con la variación de la energía mecánica entre los puntos A (inicio) y C (final):

$$E_{mC} - E_{mA} = 0 - E_{pgA}$$

$$-m g h_A = -(2 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) (1 \text{ m}) = 19,6 \text{ J}$$



EJEMPLO RESUELTO 12

En el problema anterior, calcula la velocidad con la que llega la masa a B.

Podemos calcular la velocidad en B si conocemos primero la energía disipada en el tramo AB, que es igual al trabajo realizado por la fuerza de rozamiento.

- Para calcular el trabajo de la fuerza de rozamiento, determinamos primero el valor de la fuerza normal y luego el de la fuerza de rozamiento.

En el plano inclinado, la fuerza normal es:

$$F_N = m g \cos 30^\circ \rightarrow F_N = (2 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) \cos 30^\circ = 17 \text{ N}$$

En consecuencia, la fuerza de rozamiento es:

$$f_c = \mu_c F_N = (0,2) (17 \text{ N}) = 3,4 \text{ N}$$

El trabajo de la fuerza de rozamiento es:

$$W_{fr} = -f_{cd} = -(3,4 \text{ N}) (2 \text{ m}) = -6,8 \text{ J}$$

- Aplicamos la ecuación de disipación de energía.

$$Q = E_{mB} - E_{mA} = \frac{1}{2} m v_B^2 - m g h_A$$

$$-6,8 \text{ J} = \frac{1}{2} (2 \text{ kg}) v_B^2 - (2 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) (1 \text{ m}), \text{ de donde } v_B = 3,60 \text{ m/s.}$$

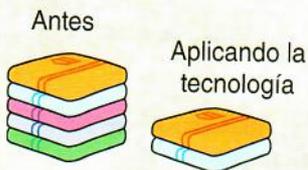
Una vivienda temperada

Innova PUCP y la compañía minera MINSUR llevaron a cabo, durante los años 2013 y 2014, el proyecto denominado Casitas Calientes para combatir las heladas y las enfermedades respiratorias en la provincia de Carabaya, Puno. Las viviendas cuentan con un sistema de calefacción solar (muro Trombe), un sistema de aislamiento de techos, ventanas y puertas, y una cocina mejorada que expulsa el humo fuera de la vivienda.

Esta innovación tecnológica permitirá que los pobladores mejoren su calidad de vida y que, gracias a la transferencia de las técnicas constructivas, estos beneficios puedan extenderse a más familias.

Menos frío

Al mantener el ambiente caliente, reduce la incidencia de enfermedades respiratorias. Además, con esta tecnología se necesitarán menos frazadas para abrigarse por las noches.



Techo sellado

Malla cubierta con una capa de cola y yeso. Se coloca en el techo para conservar el calor generado por la pared caliente.

Pared caliente

Utiliza la energía solar para calentar la habitación hasta en 10° más que el exterior. Está hecha de plástico y madera.

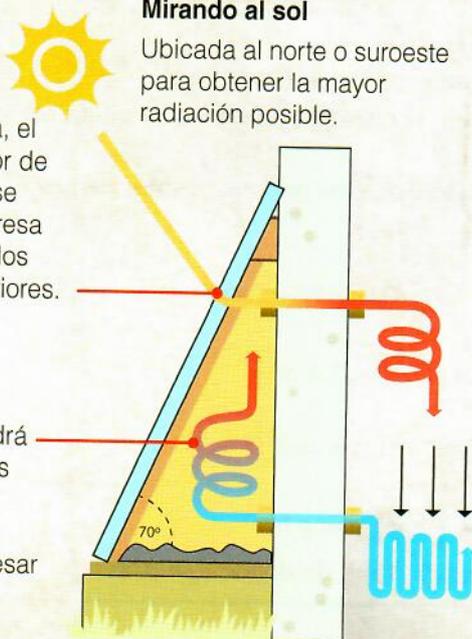
Especificaciones

Mirando al sol

Ubicada al norte o suroeste para obtener la mayor radiación posible.

Durante el día, el aire del interior de la estructura se calienta e ingresa a la casa por los orificios superiores.

El aire frío saldrá por los orificios inferiores, se calentará y volverá a ingresar a la casa.

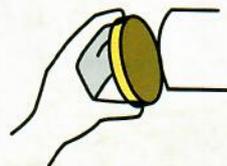


Plástico tipo Agrofil.

Cimiento de adobe, piedras y barro.

Las tapas

Los orificios son abiertos durante el día y cerrados de noche para retener el calor capturado en las horas de sol.



Cocina mejorada

Estructura de barro que cuenta con una chimenea y una plancha de metal, ahorra leña o bosta. La chimenea lleva al exterior el humo nocivo que se produce al cocinar.

Especificaciones

Chimenea metálica de 12 cm de diámetro y 3 m de alto.

La cámara de combustión tiene una puerta de 20 x 20 cm.

Plancha rectangular de hierro fundido de 15 mm de espesor con tres hornillas.

Cada hornilla puede ser regulada según los distintos tamaños de olla, gracias a los aros.

Las ollas encajan exactamente en las hornillas.

Disco que sirve como tapón.

Las puertas y ventanas son selladas para evitar que se escape el calor.

El diámetro de los orificios es de, aproximadamente, 10 cm.

Piedras de canto rodado pintadas de negro.

Pared revestida de yeso y pintada de color negro.

Leña o bosta

Estructura de adobe y barro.

La función de la base es la de nivelar el piso. Está hecha también de adobe y barro.

La temperatura.

Equilibrio térmico

Las personas percibimos la temperatura de un sistema físico a través del sentido del tacto. Cuando tocamos objetos cuya temperatura es menor de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, notamos una sensación de frío. Si están a más de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, notamos que están calientes.

La teoría cinética y la temperatura

De acuerdo con la teoría cinético-molecular de la materia, los cuerpos están formados por partículas (moléculas, átomos e iones) que están en continuo movimiento; por lo tanto, contienen cierta energía cinética.

- En un sólido los átomos guardan sus posiciones realizando solamente movimientos de vibración y rotación.
- En los fluidos (gases y líquidos) las partículas están libres y, por lo tanto, pueden desplazarse también por el recipiente.

La cantidad de **energía cinética media** que tienen las partículas de un cuerpo se refleja en su **temperatura**.

Un aumento en la temperatura de cualquier cuerpo (sólido, líquido o gas) nos informa de un aumento en la agitación de las partículas del mismo.

- Cuando las partículas se mueven deprisa, el cuerpo se encuentra a temperatura elevada.
- Cuando las partículas se mueven más despacio, el cuerpo se encuentra a baja temperatura.

La temperatura es una magnitud relacionada con la energía cinética media que tienen las partículas de un cuerpo. La unidad de temperatura en el SI es el **kelvin (K)**.

Cuando decimos que un sólido o un líquido está más caliente que otro, realmente estamos indicando que las partículas que forman uno de ellos se están moviendo más deprisa que las del otro.

Equilibrio térmico

La medida de la temperatura como magnitud física adquiere sentido a partir de la idea de equilibrio térmico.

Un sistema físico se encuentra en equilibrio térmico con el ambiente que lo rodea si no intercambia energía con él, lo cual implica que ambos se encuentran a la misma temperatura. Si no lo están, es porque llevan en contacto menos tiempo del necesario para que se alcance el equilibrio, pero si los dejamos juntos el tiempo suficiente, acabarán por alcanzar la misma temperatura, llamada **temperatura de equilibrio**.



En los **sólidos** las partículas están muy juntas y ordenadas; solo pueden realizar pequeños movimientos de vibración en torno a una posición de equilibrio.



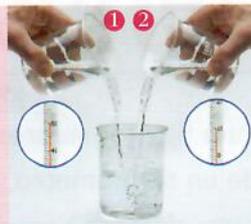
En los **líquidos** las fuerzas entre partículas son menos intensas y las partículas tienen cierta libertad para moverse.



En los **gases** las partículas pueden moverse libremente en todas las direcciones.

¿SABÍAS QUE...?

El recipiente 1 contiene 250 ml de agua a 50 °C, y el recipiente 2 contiene la misma cantidad de agua a 10 °C. Al mezclar el contenido de ambos recipientes en otro recipiente y medir la temperatura de la mezcla, observamos que al cabo de unos instantes la temperatura es $t_3 = 30$ °C, intermedia entre t_1 y t_2 .



Principio cero de la termodinámica

Si dos sistemas situados en contacto térmico con un tercero están en equilibrio con él, entonces ambos sistemas están en equilibrio térmico entre sí.



Los termómetros

Ciertas cualidades físicas de los sistemas se modifican al calentarse o enfriarse:

- Las dimensiones de un metal.
- La presión de un gas.
- La resistencia de un conductor.
- La corriente generada en una soldadura de dos metales.

La relación entre la variación del valor de alguna de estas magnitudes y el grado de calor o frío permite definir una escala termométrica y un termómetro.

Un termómetro es un **aparato utilizado para medir temperaturas**.

Algunos termómetros tienen una columna de líquido que aumenta su volumen al elevarse la temperatura. La lectura se realiza sobre una escala graduada en función de la altura alcanzada por el líquido.



Termómetro digital
Termómetro de alcohol



LA EVOLUCIÓN DEL TERMÓMETRO

Se puede considerar que el primer instrumento para medir la temperatura fue el termoscopio, creado por Galileo Galilei en 1592. Consistía en un tubo de vidrio terminado en una esfera cerrada cuyo extremo abierto se sumergía boca abajo dentro de una mezcla de alcohol y agua. El líquido, al calentarse, subía por el tubo y la altura alcanzada era la medida de la temperatura.

En el año 1714, Fahrenheit inventó el termómetro de mercurio y su uso se generalizó por ser este un metal líquido que responde con gran rapidez y fiabilidad a los cambios de temperatura. Se introducía el mercurio en un bulbo conectado a un tubo capilar de vidrio que incorporaba una escala graduada.

Algunas aplicaciones industriales requieren el uso de aparatos especiales. Así para medir temperaturas muy elevadas (entre 700 y 3200 °C), se utilizan pirómetros, que son aparatos que determinan la temperatura midiendo la radiación desprendida por el objeto caliente.

En los últimos tiempos se ha generalizado el uso de los termómetros digitales, que utilizan dispositivos electrónicos para medir la temperatura y luego mostrarla en un visualizador. Frecuentemente emplean un circuito integrado que incorpora un termistor, que es un semiconductor cuya resistencia varía con la temperatura. Su facilidad de manejo y adaptabilidad a rangos de temperatura muy diversos los ha hecho populares en los entornos más diversos, desde el doméstico hasta los científicos o tecnológicos.

Escalas termométricas

Para fijar los valores de temperatura, se utilizan los llamados puntos fijos de un termómetro, que se corresponden con fenómenos que tienen lugar siempre para un mismo valor de la temperatura.

Se toman por acuerdo como puntos fijos el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua. Una escala termométrica vendrá definida por los valores de temperatura asignados a los dos puntos, aceptando una variación lineal de la magnitud termométrica con la temperatura.

Escala Celsius o centígrada

La escala Celsius o centígrada asigna el valor cero al punto de congelación o solidificación del agua, y el valor 100, al punto de ebullición del agua a la presión de una atmósfera. Cada unidad, debido a la variación lineal con la temperatura, es 1/100 del intervalo y se llama grado Celsius o centígrado (°C).

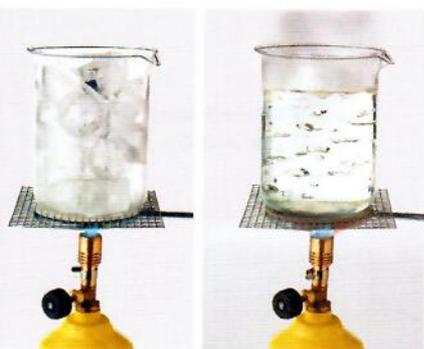
Escala Kelvin o absoluta

La escala absoluta o termodinámica utiliza como unidad de medida de temperatura el kelvin (K), cuyo valor coincide exactamente con el de 1 °C, ya que el intervalo entre los puntos fijos también se divide en 100 unidades. Sin embargo, se asigna el valor 273 al punto de fusión del hielo y, por lo tanto, el valor 373 al punto de ebullición del agua. En consecuencia, la relación entre la temperatura medida en grados kelvin y la medida en grados centígrados es la siguiente: $T(K) = t(°C) + 273$, es decir, se trata de la misma escala que la centígrada, pero desplazada hacia abajo en 273 unidades.

Escala Fahrenheit

Otra escala de temperaturas, muy utilizada en Norteamérica fuera de los ambientes científicos, es la escala Fahrenheit. En esta escala se efectúan 180 divisiones en el intervalo definido por los puntos fijos, asignando a estos puntos los valores 32 y 212, respectivamente. Para convertir entre sí las escalas presentadas, se utiliza la siguiente proporción:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$



El hielo fundente y el agua hirviendo se toman como fenómenos de referencia para señalar los puntos fijos de los termómetros.

Energía térmica. El calor

Aunque parezca lo contrario, los cuerpos no poseen calor ni trabajo. Tan solo poseen energía interna que, al transformarse o transferirse, hace que aparezcan, como un estado de tránsito, el calor y el trabajo.

¿Qué es la energía térmica?

Todas las moléculas de un sistema físico se encuentran en continuo movimiento. Este movimiento está asociado a una energía cinética que debe clasificarse en dos tipos diferentes: la correspondiente al movimiento del sistema en su conjunto y la que corresponde al movimiento de unas partículas con respecto a otras.

La suma de las energías cinéticas de todas las partículas de un cuerpo es llamada **energía interna** o **térmica**, y su aumento o disminución lo apreciaremos a través de la temperatura.

El nombre de energía térmica procede del hecho de que se puede demostrar que esta energía, tomando el valor medio por partícula, mide la temperatura ordinaria de un cuerpo, la cual no depende de que el cuerpo esté parado o en movimiento.

El calor

El calor (Q) es una forma de energía y, por lo tanto, su unidad en el SI es el *joule* (J). Otra unidad muy empleada es la caloría (cal), que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua. La equivalencia entre ambas unidades es la siguiente:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J} \rightarrow 1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

El incremento que sufre cualquier cuerpo en su temperatura (energía interna) se debe a que ha absorbido o cedido calor.

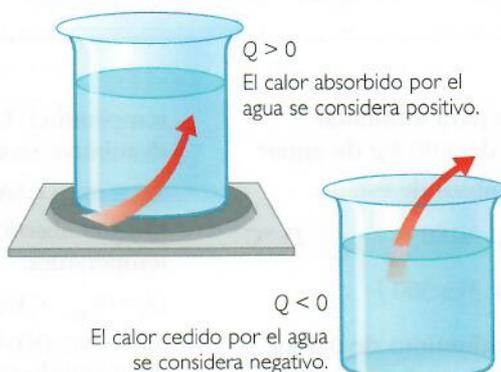
$$\Delta E_{\text{interna}} = E_{\text{interna final}} - E_{\text{interna inicial}}$$

$$\Delta E_{\text{interna}} = Q_{\text{absorbido o cedido}}$$

Si el cuerpo absorbe calor, esto provocará un aumento o incremento positivo de la energía interna (temperatura); por lo tanto, el calor tendrá signo positivo.

Si el cuerpo pierde energía, su incremento será negativo y, por consiguiente, el calor también.

$$Q_{\text{absorbido}} > 0 \quad Q_{\text{cedido}} < 0$$



Para determinar las cantidades de calor intercambiadas por un cuerpo, se establece como criterio que:

- El calor es positivo ($Q > 0$) cuando el cuerpo lo absorbe.
- El calor es negativo ($Q < 0$) cuando el cuerpo lo cede.



El calor es una forma de transferir energía entre dos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura.

¿SABÍAS QUE...?

La relación entre energía cinética interna y temperatura explica, por ejemplo, lo que ocurre cuando sufrimos una quemadura. En realidad, estamos soportando un número elevadísimo de choques de pequeñas partículas con gran energía.





Intercambio de calor: calor específico, calor latente

No todos los materiales cambian su temperatura con la misma facilidad. Esto se debe a que las partículas que los forman y las uniones entre ellas son diferentes.

El calor y la variación de temperatura. Calor específico

La capacidad calorífica de un sistema físico es la cantidad de energía en forma de calor que se necesita suministrar a dicho sistema para que su temperatura aumente en un grado kelvin. En consecuencia, si es necesario suministrarle la energía ΔQ para que aumente su temperatura en ΔT , la capacidad calorífica (C_c) se escribirá:

$$C_c = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Se mide en J/K en el SI. También se puede expresar en cal/°C.

Generalmente, esta cantidad es independiente de la temperatura y, por lo tanto, solo cambia con la masa del cuerpo considerado y con la composición química.

El **calor específico** informa sobre la mayor o menor facilidad de las sustancias para aumentar su temperatura.

El calor específico de una sustancia, c_e , es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un kilogramo de dicha sustancia.

Por lo tanto, la cantidad de calor necesaria para que una masa m de una sustancia aumente su temperatura desde T_1 hasta T_2 se expresa así:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

(ΔT se lee: "Variación de la temperatura" y equivale a la temperatura final menos la temperatura inicial).

Calores específicos de distintas sustancias	
Sustancia	Calor específico [J/(kg · K)]
Agua	4180
Alcohol etílico	2400
Hielo	2090
Vapor de agua	1920
Aire	1000
Aceite	1670
Aluminio	878
Vidrio	812
Arena	800
Hierro	460
Cobre	375
Mercurio	140
Plomo	125

EJEMPLO RESUELTO 13

- ¿Cuánto calor es necesario para aumentar en 25,0 °C la temperatura de 3,00 kg de agua?

Suponemos que no hay cambios de estado:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T \rightarrow Q = 3 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rightarrow Q = 313\,500 \frac{\text{kg} \cdot \text{J} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 313\,500 \text{ J}$$

- Se introduce una barra de aluminio de 0,2 kg a 80 °C en un vaso que contiene 0,25 kg de agua a 20 °C. Calcula la temperatura final suponiendo que no hay pérdidas de calor.

Cuando se alcance el equilibrio térmico, la barra de aluminio y el agua estarán a la misma

temperatura. El aluminio cede calor (Q_c) y disminuye su temperatura:

$$Q_c = m_{\text{Al}} \cdot c_e(\text{Al}) \cdot (T_{\text{eq}} - T_1) = 0,2 \cdot 878 \cdot (T_{\text{eq}} - 80)$$

El agua absorbe calor (Q_a) y aumenta su temperatura:

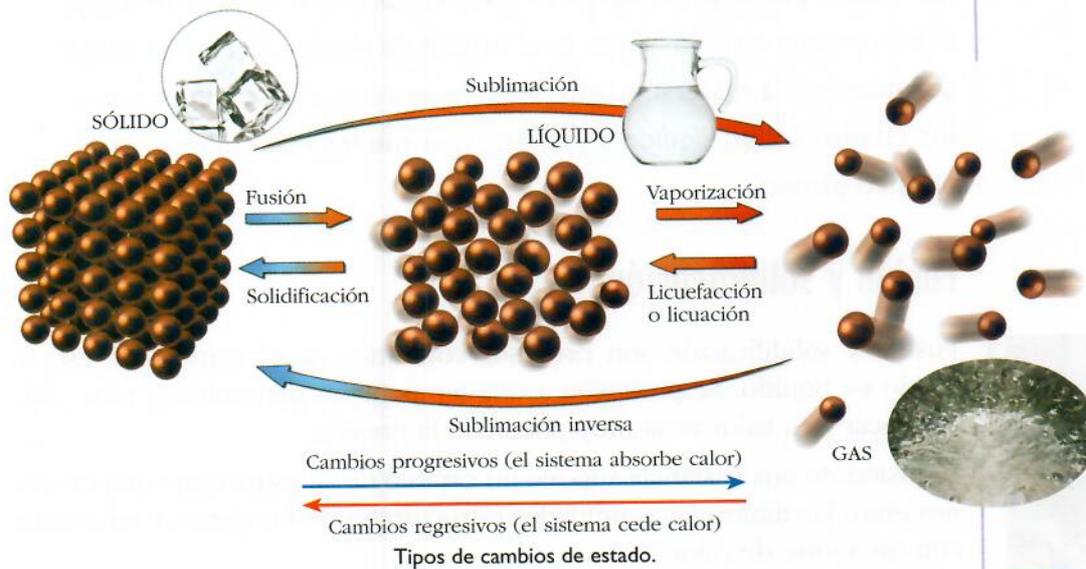
$$Q_a = m_{\text{agua}} \cdot c_e(\text{agua}) \cdot (T_{\text{eq}} - T_2) = 0,25 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq}} - 20)$$

Si no hay pérdidas de calor, se cumple que el calor cedido (negativo) por la barra de aluminio es igual al absorbido (positivo) por el agua.

$$-Q_c = Q_a \rightarrow -0,25 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq}} - 20) = 0,2 \cdot 878 \cdot (T_{\text{eq}} - 80) \rightarrow T_{\text{eq}} = 40,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

El calor y los cambios de estado. Calor latente

La materia se presenta en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Según las condiciones externas de presión y temperatura, un mismo cuerpo puede existir en cualquiera de ellos.



En algunas circunstancias, cuando se aporta energía calorífica a un cuerpo, este no aumenta su temperatura, sino que esa energía se invierte en modificar las fuerzas que unen unas partículas con otras provocando que la materia cambie su estado de agregación. Los cambios de estado más corrientes son sólido ↔ líquido y líquido ↔ gas. Los cambios sólido ↔ gas son más raros y, en general, se producen en circunstancias no ordinarias.

Los cambios de estado se caracterizan por lo siguiente:

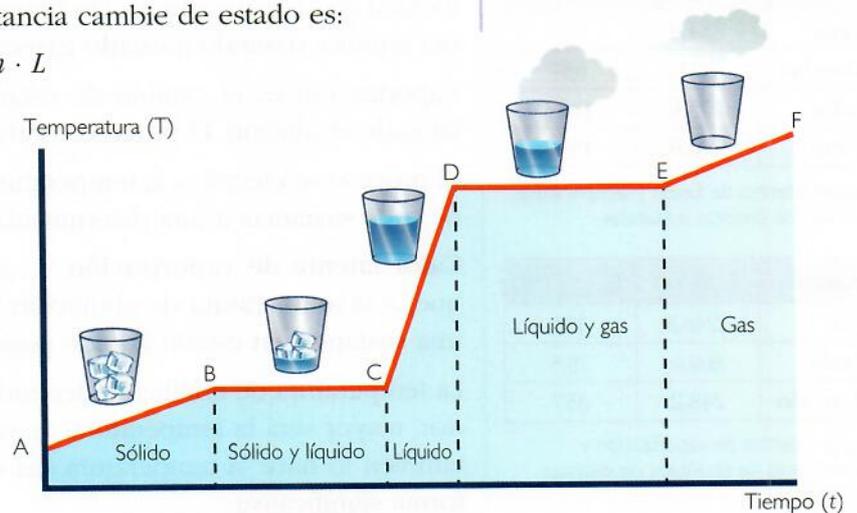
- No cambian la naturaleza de la sustancia.
- Mientras se produce el cambio de estado, no varía la temperatura.
- La sustancia absorbe o cede calor. El calor invertido en el proceso para la unidad de masa recibe el nombre de **calor latente de cambio de estado**.
- El valor de la temperatura a la que se producen y el valor del calor latente correspondiente son característicos de cada cambio de estado, de la naturaleza de la sustancia y de la presión a la que se encuentre.

La energía necesaria para que una sustancia cambie de estado es:

$$Q = m \cdot L$$

Donde m es la masa de la sustancia considerada y L es una propiedad característica de cada sustancia, llamada calor latente. El calor latente se mide en J/kg en unidades del SI.

La representación gráfica de la temperatura de un sistema físico en función del tiempo, cuando el sistema absorbe o libera un calor constante por unidad de tiempo, se llama **gráfica de calentamiento o enfriamiento**.



EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los cambios de estado, consulta la página 209 del libro de *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Curva de calentamiento.

Los tramos horizontales corresponden a intervalos de tiempo en los que la temperatura del sistema físico permanece constante.

Cambios de estado

La materia puede presentarse en diversas formas o estados. Aunque la más común en el universo es el estado de plasma, que es en el que se encuentra la materia estelar. Aquí revisaremos los cambios entre los estados sólido, líquido y gaseoso, que son los más abundantes en nuestro planeta.

Fusión y solidificación

Fusión y solidificación son procesos contrarios en el cambio de estado sólido \leftrightarrow líquido. Se producen a una temperatura determinada para cada sustancia y su valor varía muy poco con la presión.

La fusión de una sustancia supone un cambio de su estructura e interacciones entre las moléculas o unidades estructurales de la misma, y se efectúa con un aporte de calor.

Las partículas del sólido pueden vibrar. Si reciben energía, su energía cinética aumenta, y con ello también lo hace la temperatura.

Llega un momento en que el sólido se transforma en líquido. Mientras se está produciendo el cambio de estado, la temperatura no varía porque toda la energía que absorbe el sólido se emplea en romper las fuerzas de cohesión entre las partículas, y no en aumentar su velocidad.

Calor latente de fusión, L_f , es la cantidad de calor necesaria para que, a la temperatura de fusión y a la presión de 1 atmósfera, 1 kg de una sustancia en estado sólido se transforme en líquido.

Vaporización y licuación

Una vez completado el cambio de estado, si seguimos aportando calor, vuelve a producirse un aumento de la agitación molecular hasta que la velocidad de las partículas es tan grande que pueden escapar de la superficie del líquido, pasando a estado gaseoso.

Vaporización es el cambio de estado de líquido a gas o vapor, también llamado ebullición. El proceso contrario se llama licuación o condensación.

El proceso se efectúa a la temperatura constante de ebullición característica de cada sustancia a una determinada presión.

Calor latente de vaporización, L_v , es la cantidad de calor necesaria para que, a la temperatura de ebullición y a la presión de 1 atmósfera, 1 kg de una sustancia en estado líquido pase a vapor.

La temperatura de ebullición depende de la presión. A mayor presión exterior, mayor será la temperatura de vaporización y, si disminuye la presión, también lo hace la temperatura del cambio de estado líquido \rightarrow vapor de forma significativa.



Carlos Sala

El cambio de estado de sólido a líquido se produce a una temperatura determinada para cada sustancia. A 0 °C el agua se encuentra en estado sólido; si aumenta la temperatura, el hielo se convierte en agua.

Sustancia	L_f (kJ/kg)	$T_{\text{fusión}}$ (°C)
Agua	334,4	0
Aluminio	321	657
Cobre	175,6	1083
Hierro	200,6	1540

Calores latentes de fusión y temperaturas de fusión de distintas sustancias.

Sustancia	L_v (kJ/kg)	$T_{\text{ebullición}}$ (°C)
Agua	2248,8	100
Etanol	869,4	78,5
Mercurio	248,2	357

Calores latentes de vaporización y temperaturas de ebullición de distintas sustancias.

La evaporación

El proceso por el cual un líquido pasa lentamente al estado de vapor sin alcanzar la temperatura de ebullición o vaporización, a presión ordinaria, recibe el nombre de evaporación. Esto se explica gracias a la teoría cinética de la materia, que supone que las partículas están en continuo, caótico y rápido movimiento.

Algunas de estas partículas (moléculas, por ejemplo) tienen la suficiente energía para vencer la atracción del resto y pasar a la atmósfera o a la fase de vapor. La tendencia a pasar a la fase de vapor aumenta con la temperatura. La rapidez con que se efectúa el proceso depende de la superficie de evaporación, de la temperatura, de la naturaleza del líquido y, en el caso del agua, de la humedad relativa. Al ser un fenómeno de superficie, resulta independiente de la masa total del líquido.



Algunas moléculas tienen energía suficiente para escapar de la superficie del líquido, produciéndose la evaporación.

La sublimación

¿Por qué las flores, la naftalina y otros productos sólidos huelen? Es porque de ellos escapan directamente gases que llegan a nuestra nariz. El paso directo de sólido a gas sin pasar por líquido se llama **sublimación directa**.

Igualmente, cuando algunos gases se enfrían, pueden convertirse directamente en sólidos sin pasar por líquidos. Es la **sublimación inversa**.

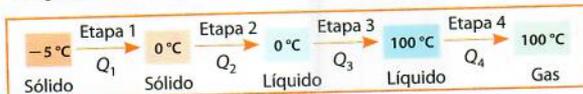


Cuando el yodo gaseoso se enfría, se forman cristales de yodo sólido.

EJEMPLO RESUELTO 14

- Calcula el calor necesario para que 500 g de hielo a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se transformen en vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El proceso se produce en varias etapas:



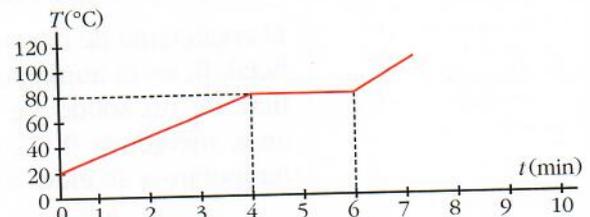
- Etapa 1: $Q_1 = m \cdot c_e (\text{hielo}) \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 209 \cdot (0 - (-5)) = 5225\text{ J}$
- Etapa 2: $Q_2 = m \cdot L_f = 0,5 \cdot 334\ 400\text{ J/kg} = 1,67 \cdot 10^5\text{ J}$
- Etapa 3: $Q_3 = m \cdot c_e (\text{agua}) \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 4,180 \cdot (100 - 0) = 2,09 \cdot 10^5\text{ J}$
- Etapa 4: $Q_4 = m \cdot L_v = 0,5 \cdot 2\ 248\ 800 = 1,12 \cdot 10^6\text{ J} = 1124,4\text{ kJ}$

En el proceso completo:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1,5 \cdot 10^6\text{ J}$$

- La gráfica representa la variación de la temperatura de 50 g de una sustancia, inicialmente sólida, sometida a calentamiento mediante un foco calorífico que suministra 50 cal/s y que se supone son absorbidas en su totalidad. Determina lo siguiente:

- El calor de la sustancia en estado sólido.
- La temperatura de fusión y el calor latente de fusión de la sustancia.



- El primer tramo ascendente representa el calentamiento de la sustancia en estado sólido. La temperatura se ha elevado de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 4 minutos. Igualando el calor absorbido por la sustancia, $m \cdot c \cdot \Delta T$, con el cedido por el foco calorífico en ese tiempo, tenemos:

$$m \cdot c_e \cdot \Delta T = 50\text{ cal/s} \cdot 240\text{ s} = 12\ 000\text{ cal}$$

$$50\text{ g} \cdot c_e \cdot (80 - 20)\text{ }^{\circ}\text{C} = 12\ 000\text{ cal}$$

$$c_e = 12\ 000\text{ cal}/(3000\text{ g} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 4\text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$$
- La fusión corresponde al tramo horizontal en el que la temperatura ($80\text{ }^{\circ}\text{C}$) no varía, siendo esta la temperatura de fusión. Además, observamos que se realiza en 2 minutos. El calor absorbido durante este tiempo es el calor de fusión de la muestra:

$$Q = L_f \cdot m = 50\text{ cal/s} \cdot 120\text{ s} = 6000\text{ cal}$$

$$L_f \cdot 50\text{ g} = 6000\text{ cal}$$

$$L_f = 120\text{ cal/g} = 120 \cdot 4,18\text{ J}/10^{-3}\text{ kg}$$

$$L_f = 501\ 600\text{ J/kg} = 501,6\text{ kJ/kg}$$



Efectos del calor: la dilatación



Puente Rumichaca I, región Ayacucho. En el diseño de estructuras es necesario tener en cuenta los efectos de la dilatación; para ello se dejan espacios libres, llamados juntas de dilatación, en puentes y viaductos.

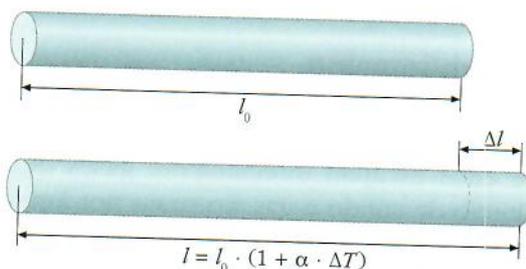
Cuando un cuerpo recibe calor, sus partículas se mueven más deprisa y necesitan más espacio para desplazarse; por lo tanto, el volumen del cuerpo aumenta. A este aumento de volumen se le llama dilatación.

Dilatación de sólidos

Cuando se calienta un sólido, se dilatan sus tres dimensiones.

- Si tiene forma de varilla, su longitud aumenta y se dice que ha experimentado una **dilatación lineal**.

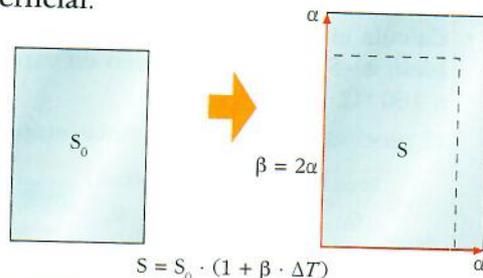
El coeficiente de dilatación lineal, α , es el alargamiento que experimenta la unidad de longitud de un sólido, medido a $0\text{ }^\circ\text{C}$, cuando su temperatura se eleva a $1\text{ }^\circ\text{C}$.



- Si el sólido tiene forma de lámina, la dilatación afecta a sus dos dimensiones, y se llama **dilatación superficial**.

El coeficiente de dilatación superficial, β , es el aumento de superficie de un sólido de unidad de área, medido a $0\text{ }^\circ\text{C}$, cuando su temperatura se eleva a $1\text{ }^\circ\text{C}$.

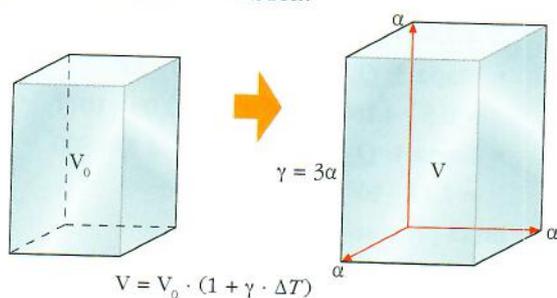
$$\beta = 2\alpha$$



- Si ninguna de las dimensiones destaca sobre las otras, es decir, las tres se dilatan por igual, se habla de una **dilatación cúbica**.

El coeficiente de dilatación cúbica, γ , representa el aumento de volumen de un sólido de una unidad de volumen, medido a $0\text{ }^\circ\text{C}$, cuando su temperatura se eleva a $1\text{ }^\circ\text{C}$.

$$\gamma = 3\alpha$$



Todos los coeficientes de dilatación, α , β y γ , dependen de cada material y se expresan en $(^\circ\text{C})^{-1}$ en el SI.

Sustancia	α ($^\circ\text{C}$)
Acero	$11,05 \cdot 10^{-5}$
Hierro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Aluminio	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Vidrio	$8 \cdot 10^{-6}$
Latón	$1,8 \cdot 10^{-5}$

Coefficientes de dilatación lineal. La dilatación es casi inapreciable a simple vista, pero es importante tenerla en cuenta a la hora de diseñar puentes o edificios.



Detalle de una junta de dilatación en una vía de tren. Los orificios de la placa que une los dos tramos de vía no son redondos, sino que tienen una pequeña holgura que permite el desplazamiento relativo del riel.

Dilatación de líquidos

Cuando los líquidos se calientan, es más difícil medir el cambio de volumen que experimentan que en los sólidos, porque, a la vez que el líquido, también se dilata el recipiente que lo contiene.



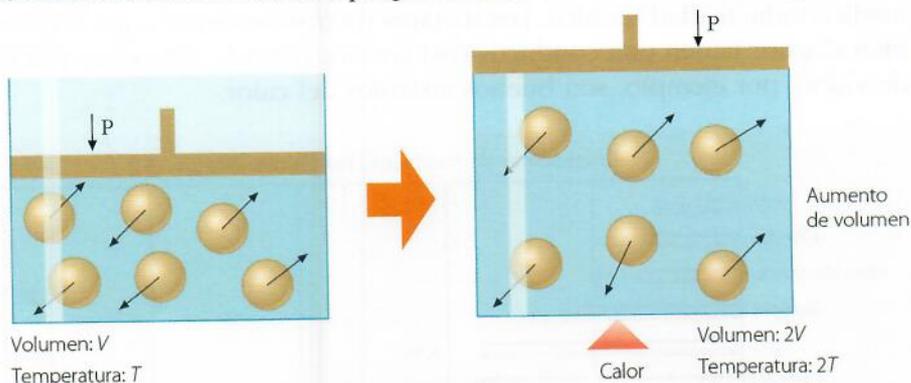
Los líquidos tienen mayores coeficientes de dilatación que los sólidos, aunque no son constantes: varían con la temperatura. El mercurio es el líquido con coeficiente de dilatación más constante; por eso se utilizó para fabricar termómetros.

El agua es un líquido que se comporta de manera anómala en la dilatación. Entre 0 y 4 °C, el agua líquida, en vez de aumentar su volumen, se contrae. La consecuencia de esta contracción de volumen es un aumento de la densidad. La densidad del agua es máxima a 4 °C.

Dilatación de gases

Cuando aumenta la temperatura de un gas, pueden producirse dos fenómenos:

- Si la presión no varía, el volumen del gas aumenta. La energía comunicada al gas se emplea en aumentar la energía cinética de las moléculas y el volumen aumenta de forma proporcional al incremento de temperatura.



- Si el volumen no varía, la presión del gas aumenta; no se produce una verdadera dilatación, ya que no hay cambio de volumen.



La presión de las ruedas se debe medir cuando el aire en su interior está frío. Si llenamos los neumáticos en caliente, cuando el neumático se enfríe la presión será menor.

PARA REFLEXIONAR

El hecho de que el agua no siga la conducta de los demás cuerpos en lo que a la dilatación se refiere es providencial para la vida marina en las zonas árticas.

Si el hielo fuera más denso que el agua, en el momento en que se formarían cristales de hielo, estos irían al fondo del mar quedando en contacto con la atmósfera otra capa de agua, repitiéndose el proceso indefinidamente hasta que toda el agua del mar quedara congelada. Sin embargo, el agua líquida es más densa que el hielo, quedando este en la superficie y sirviendo de capa protectora al agua que se encuentra por debajo impidiendo que esta se congele.

En todo caso, el agua que se encuentra en contacto con el hielo estará a una temperatura de 0 °C, demasiado baja para permitir la vida marina.

Más abajo, el agua a 4 °C presenta mayor densidad que a 0 °C, por lo que el agua del fondo estará más caliente que la que se encuentra en contacto con el hielo.

- Reflexiona. ¿Cómo es posible que esta pequeña diferencia de 4 °C permita la vida marina en los mares árticos?



Transmisión de calor

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la transmisión del calor consulta la página 114 del libro *La Biblia de la Física y Química* del Módulo de Biblioteca del Minedu.



La vibración de una partícula transmite energía cinética a sus vecinas. De esta manera, el calor se propaga por la barra metálica (conducción).

Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos cuerpos o entre dos partes de un mismo cuerpo, se establece espontáneamente un transporte de calor que puede tener lugar por **conducción**, por **convección** o por **radiación**.



En una barra metálica, el calor se transmite por conducción.

Conducción

Si calentamos una barra metálica por un extremo, el calor se transmite hasta el otro extremo. El transporte de energía se realiza partícula a partícula; las partículas con mayor energía cinética ceden parte de su energía a las partículas adyacentes. Pero no todos los cuerpos conducen el calor por igual. Los metales conducen mejor el calor que los plásticos o la madera.

En la conducción se transporta energía sin que haya transporte de materia. De esta forma se transmite el calor en los sólidos.

Conductores y aislantes

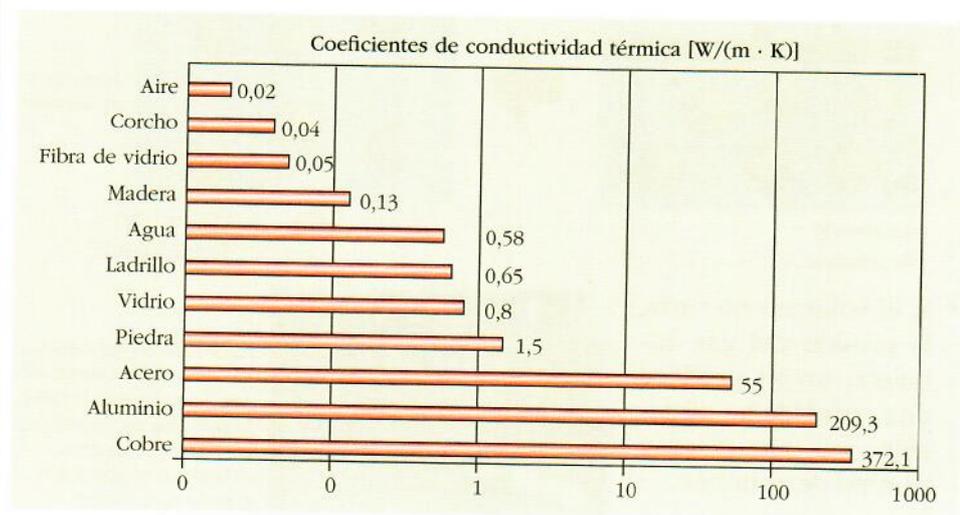
Los metales conducen bastante bien el calor. Esto lo podemos comprobar en verano, cuando tocamos una reja u otro objeto metálico expuesto al sol y sentimos que nos quemamos. En este caso, como el metal es buen conductor del calor, este pasa rápidamente hasta nuestra mano.

La sensación de frío que sucede en invierno al tocar la misma reja tiene el mismo motivo. Pero en este caso el calor sigue un camino inverso: desde nuestra mano hasta la reja.

Para cuantificar este carácter conductor del calor se emplea la magnitud llamada **conductividad térmica**. Los metales y otros materiales que conducen bien el calor tienen una conductividad térmica elevada. Los gases y la fibra de vidrio, por ejemplo, son buenos aislantes del calor.



El uniforme que utilizan los bomberos está elaborado con materiales ignífugos (aislantes) que no arden aunque estén sometidos a elevadas temperaturas.



Convección

Al calentar un recipiente que contiene agua, el calor se reparte rápidamente por toda la masa del líquido; esto es debido a que, cuando el agua del fondo se calienta, disminuye su densidad (se dilata) y sube a la superficie, desplazando a las partículas de las zonas más frías, que bajan. Se establecen corrientes de convección.

En la convección hay transporte de energía y de materia. Así se transmite el calor en líquidos y gases.

Radiación

La energía se puede transportar de un cuerpo a otro sin que haya contacto físico entre ellos. La energía del Sol llega a la Tierra a través del vacío. Esta transmisión de energía se produce por radiación. Todos los cuerpos emiten energía por radiación; la cantidad que irradian depende de la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el ambiente.

En la radiación, la energía pasa de un cuerpo a otro sin que haya contacto entre ellos.

Las corrientes de convección

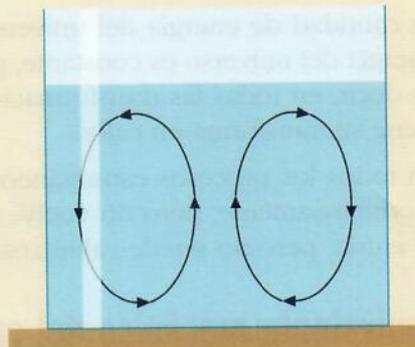
Las corrientes de convección tienen mucho que ver con el tiempo atmosférico y, concretamente, con la formación de los vientos.

Los vientos son aire en movimiento que procede de lugares fríos (donde el aire será más denso y estará a ras de tierra) y se dirige a zonas cálidas (donde el aire caliente se habrá elevado y dejará un lugar que pasa a ocupar el aire frío).

Los cristales aislantes

Para reducir el consumo de calefacción o aire acondicionado en una vivienda, la mejor opción es aislar la casa convenientemente.

Para ello, es imprescindible dotar a las ventanas de un sistema que evite pérdidas de calor. El procedimiento más utilizado en la actualidad consiste en emplear dos láminas de cristal separadas por un pequeño espacio del que se extrae el aire. Así, como no existe materia entre las dos láminas, el calor fluye mucho más lentamente desde una a la otra.



El aire de la habitación o el agua de un recipiente se calientan porque se producen corrientes de convección.



Los cóndores usan las corrientes de convección para planear.

PRESTA ATENCIÓN

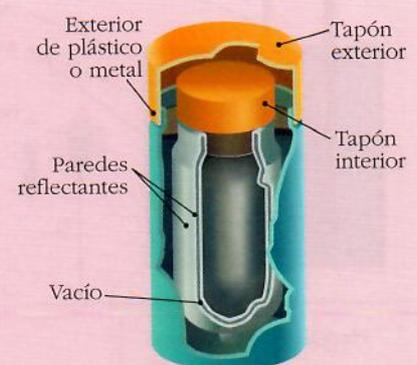
Los tres modos de propagación del calor; generalmente, aparecen juntos; por ejemplo, del foco de una lámpara sale calor por radiación. Para comprobarlo, basta con interponer un cartón entre la lámpara y nuestra mano, y observaremos que nos llega calor: El aire que está junto a la lámpara se calentará por convección, y la chapa metálica que envuelve la lámpara se calentará por conducción.

¿SABÍAS QUE...?

Cuando dos cuerpos a distinta temperatura entran en contacto, se produce un flujo de calor entre ellos hasta que la temperatura se iguala. Sin embargo, la bebida contenida en un termo mantiene su temperatura durante muchas horas, aunque el ambiente se encuentre mucho más frío o mucho más caliente. ¿Cómo es esto posible? La respuesta se encuentra en la forma en que se

transmite el calor y en la capacidad aislante que tienen algunos materiales.

En efecto, un termo está formado por varias capas entre las cuales se hace el vacío para evitar pérdidas de calor. La cámara de vacío y el material reflectante impiden que el líquido contenido en un termo pierda o gane energía, ya sea por calor o por radiación. Por eso mantiene su temperatura más o menos constante.





Trabajo y calor.

Máquinas térmicas



ANDINA

Cuando los autos se detienen, la energía cinética que tenían se ha transformado en energía calorífica.

El calor puede aprovecharse a fin de producir una tarea útil para el ser humano: mover una máquina, enfriar alimentos, etc. Las máquinas térmicas comenzaron a usarse masivamente tras la Revolución Industrial (siglo XXVIII) y ahora son imprescindibles en nuestra vida diaria.

Conservación de la energía

En 1827, Helmholtz asignó la misma naturaleza a la energía mecánica y a la energía calorífica afirmando lo siguiente:

La energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma. Esto es simplemente el enunciado del principio de conservación de la energía.

La cantidad de energía del universo permanece constante. La cantidad de energía del universo es constante, pero va degradándose en forma de calor. Es decir, en todas las transformaciones, una parte de la energía que interviene se transforma en calor.

En todos los procesos espontáneos, la energía se degrada: un cuerpo cae espontáneamente, pero no vuelve a subir; un recipiente con agua caliente se enfría, pero no puede calentarse cogiendo calor del ambiente.

Equivalente mecánico del calor

En 1845, Joule demostró experimentalmente que la energía mecánica en un proceso es equivalente a la cantidad de calor producido. Para ello realizó la experiencia mostrada en el dibujo de la derecha. Al caer las dos pesas, hacían girar unas aspas unidas al eje removiendo el agua contenida en el recipiente (calorímetro).

Al caer los cuerpos de masa m desde una altura h , el trabajo realizado es: $W = 2 m \cdot g \cdot h$

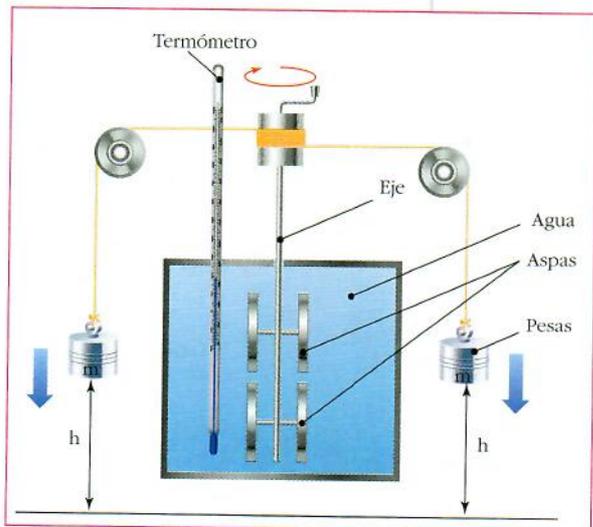
El eje se pone en movimiento y las aspas mueven el agua. La cantidad de calor producida se puede calcular midiendo el aumento de temperatura del agua, así: $Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1)$

Con esta experiencia, Joule demostró que siempre que se realizaba una misma cantidad de trabajo, se obtenía la misma cantidad de calor: $W = Q$

La relación entre la cantidad de calor producido y el trabajo realizado es una constante llamada equivalente mecánico del calor.

Si expresamos el calor en calorías y el trabajo en *joules*:

1 cal = 4,18 J; la relación inversa es: 1 J = 0,24 cal.



Modelo del experimento de Joule.

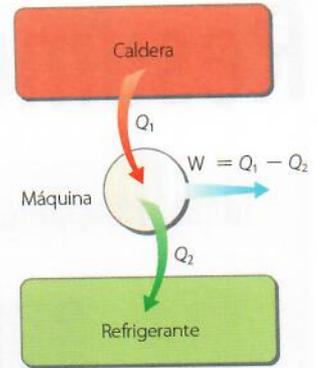
Máquinas térmicas

Las máquinas térmicas son dispositivos que pueden producir trabajo mecánico a partir de calor. El rendimiento de una máquina térmica es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía consumida}} \cdot 100\% = \frac{W}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

La energía mecánica se transforma íntegramente en calor, pero no se puede producir trabajo tomando calor de un solo foco. Son necesarios dos focos (caliente y frío) para que la diferencia de calor entre ellos sea el trabajo útil.

El rendimiento de una máquina térmica siempre es menor del 100 %.

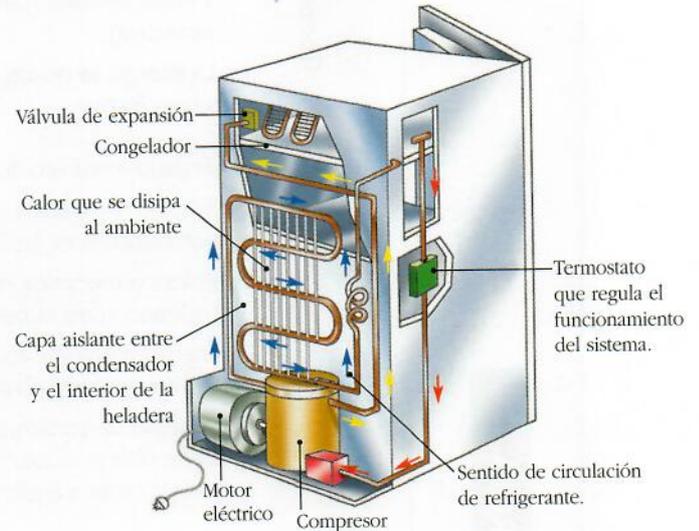


En una máquina térmica, el trabajo realizado (W) es igual al calor absorbido (Q_1) menos el calor cedido (Q_2).

Las máquinas frigoríficas

Otro tipo de máquinas térmicas son las máquinas frigoríficas, cuyo fin es absorber energía en forma de calor de una región a baja temperatura mediante la realización de un trabajo.

Las máquinas frigoríficas operan de manera cíclica mediante un fluido de trabajo, llamado fluido refrigerante, que extrae calor de la región que se va a refrigerar, cediéndolo a otra región, que generalmente es el medioambiente. Dependiendo del tipo de energía consumida, las máquinas térmicas se clasifican en máquinas de compresión (consumen energía mecánica) y máquinas de absorción (energía calorífica).



El motor de explosión

Es también un motor térmico de cuatro tiempos. Utiliza la energía almacenada por un combustible. El calor generado al quemarlo en los cilindros se aprovecha para transmitir el movimiento hasta las ruedas.

El consumo de los motores de los frigoríficos está comprendido entre 120 y 200 W, según el volumen y tamaño del habitáculo.

1. Admisión	2. Compresión	3. Combustión	4. Escape
<p>La mezcla gasolina-aire entra por la válvula de admisión que se abre mientras el pistón baja.</p>	<p>El pistón sube y comprime la mezcla.</p>	<p>La chispa eléctrica de la bujía hace explotar la mezcla. Los gases producidos empujan el émbolo moviendo la biela.</p>	<p>Se abre la válvula de escape y los gases son expulsados.</p>

Resumen

Ideas principales

LA ENERGÍA

Conceptos básicos

- Energía: capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo mecánico.
- Formas de energía: química, térmica, mecánica, eléctrica, magnética y radiante.
- Fuentes de energía: renovables (solar, eólica, hídrica) y no renovables (carbón, petróleo, gas natural, radiactiva).
- La energía se puede almacenar, transportar y transformar.



Shutterstock

Trabajo mecánico

- Trabajo mecánico: transferencia de energía.
- Trabajo neto: suma de los trabajos desarrollados por cada una de las fuerzas.
- Potencia mecánica: resultado de dividir el trabajo realizado entre el tiempo empleado.
- Energía mecánica: es la suma de la energía cinética y la energía potencial.
- Principio de conservación de la energía: la energía no se crea ni se destruye, solo se transfiere a otros cuerpos o se transforma en otras formas de energía.



Shutterstock

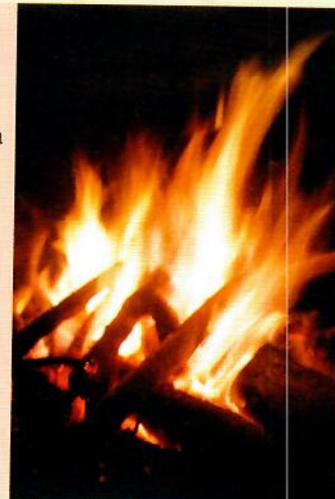
Temperatura

- Temperatura: magnitud relacionada con la energía cinética que tienen las partículas de un cuerpo.
- Equilibrio térmico: un sistema físico se encuentra en equilibrio térmico con el ambiente que lo rodea si no intercambia energía con él; es decir, ambos se encuentran a la misma temperatura.
- Termómetro: aparato para medir la temperatura.
- Escalas termométricas: Celsius, Kelvin y Fahrenheit.



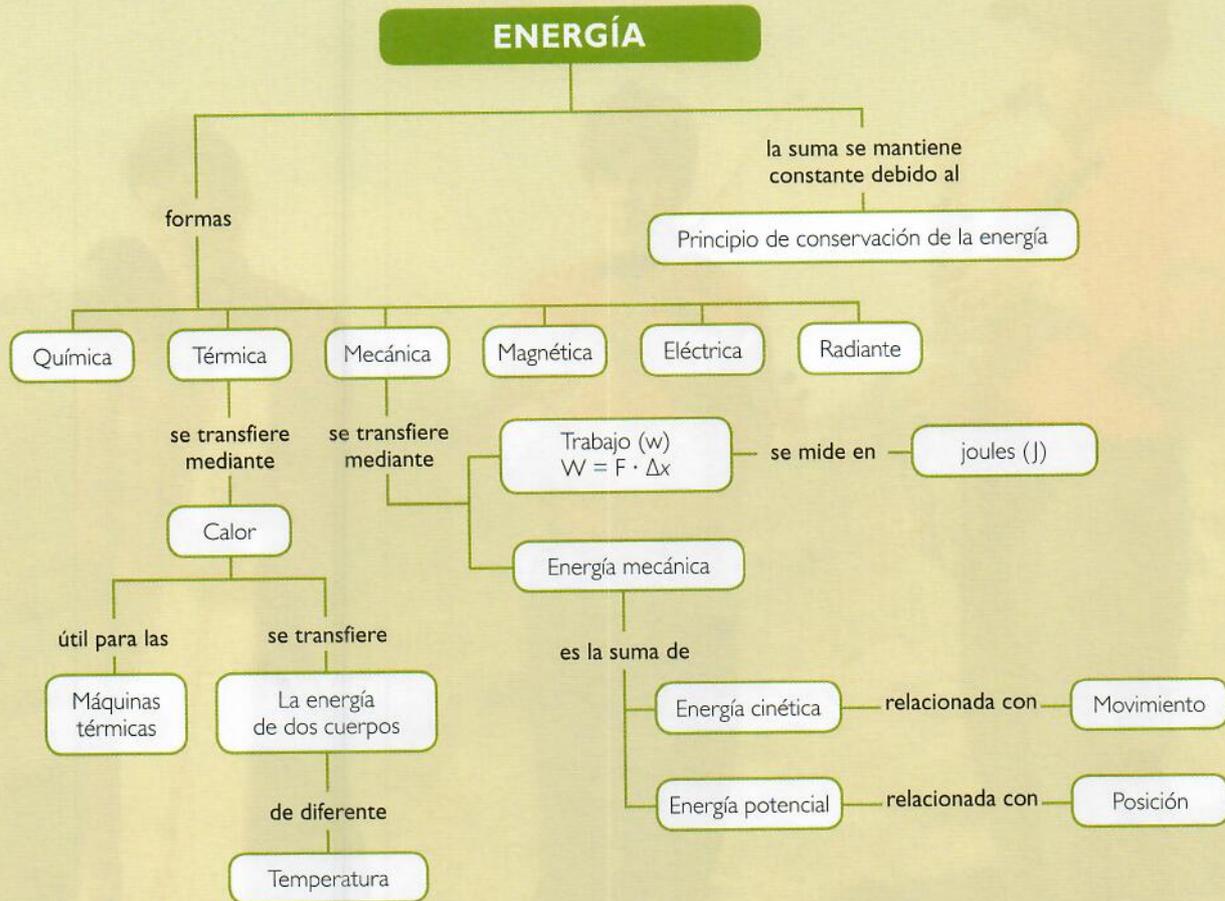
Energía térmica

- El calor: forma de transferir energía de dos cuerpos que tienen diferentes temperaturas.
- Intercambio de calor: calor específico y calor latente. Calor específico: es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un kilogramo de una sustancia. Calor latente: es la cantidad de calor necesaria para que sin aumentar la temperatura del cuerpo, este cambie de estado físico.
- Cambios de estado: fusión y solidificación; vaporización y licuación; evaporación y sublimación.
- Efectos del calor: aumento de volumen (dilatación) en sólidos, líquidos y gases.
- Transmisión de calor: conducción, convección y radiación.



© Santillana S.A.

Organizador visual: mapa conceptual



Opciones de consulta

**Para reforzar**

En los siguientes sitios web, encontrarás información acerca de la energía y sus aplicaciones que reforzarán lo que has aprendido.

- newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/
- <http://www.fisic.ch/cursos/segundo-medio/trabajo-mecanico-i/>

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual* (10.ª ed.). México D.F: Pearson Educación.

Para ampliar:

History Channel (2006), *Maravillas modernas: Energías renovables*.

Este documental nos muestra cómo el aire, el agua, la tierra y el fuego pueden ser transformados en energía limpia a modo de calor, electricidad e, incluso, combustible para autos. Además, presenta los más probables y confiables tipos de energía: solar, eólica, geotermal, mareomotriz y biocombustibles. Desde la experimentación científica en laboratorio hasta las pruebas reales, los recursos de energía renovable demuestran tener un gran potencial que espera ser explotado a una escala masiva y que, a diferencia de los combustibles fósiles, siempre estarán ahí.

- <https://www.youtube.com/watch?v=fc-rg4ngl-g>



IDEAS CLAVE

- El movimiento oscilatorio
- El movimiento ondulatorio
- El sonido
- La luz
- Los espejos
- La refracción
- El espectro electromagnético

6

Las ondas

Luis Yupanqui

LEEMOS

El movimiento ondulatorio

La música se define como el arte de combinar los sonidos de la voz humana o de los instrumentos, o de unos y otros a la vez, de modo que produzcan deleite y conmuevan la sensibilidad.

La música es sonido, pero no todo lo que es sonido es necesariamente música.

Todos los instrumentos musicales se basan en algo que vibra. Todo lo que vibra suena porque provoca una oscilación de presión en el aire que se propaga como una onda hasta alcanzar, quizá, un tímpano que la recoge y la lleva hasta un cerebro que pueda oírla en forma de sonido.

Desde hace varios años, se vienen realizando investigaciones sobre los efectos de la música en los seres humanos. Se cree que determinados tipos de música, sobre todo algunas piezas compuestas por Mozart, contribuyen a curar el cuerpo, ayudan al crecimiento del feto y favorecen el desarrollo del niño recién nacido mejorando su capacidad intelectual y física y despertando su creatividad. Los científicos creen que los acordes de un violín o las composiciones para piano creadas por Mozart producen resultados sorprendentes en el fortalecimiento del sistema inmune, además de una sensación de bienestar.

¿Qué es el sonido? ¿Cómo se transmite el sonido? ¿Cómo explicamos que un feto pueda escuchar o sentir la música? ¿Qué efectos tienen las vibraciones en los seres humanos? ¿Qué otras vibraciones has sentido alguna vez? ¿Un bebé podrá ver la luz desde el vientre materno?

Músicos de Tantamayo,
región Huánuco

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al terminar la unidad, habrás realizado indagaciones y explicaciones científicas acerca de los fenómenos ondulatorios presentes en situaciones cotidianas. Asimismo, podrás aplicar los conocimientos a fin de construir estructuras antisísmicas para evitar daños en casos de sismos. También asumirás una posición frente a la tecnología que brinda mejoras para la detección de ondas.



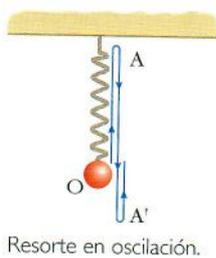
Introducción a la unidad

En la naturaleza observamos algunos movimientos periódicos, como el de las olas del mar, pero estos no solo se dan a nivel macro, sino también a nivel molecular llegando a generar ondas de movimiento o usando este tipo de movimiento para poder transmitir su energía.

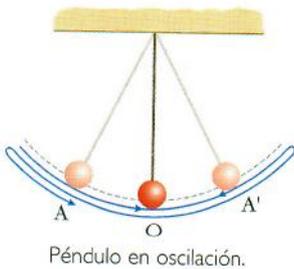
En esta unidad aprenderás acerca de los movimientos oscilatorio, ondulatorio, armónico

simple y así como también sobre su clasificación en ondas longitudinales y transversales. Además, comprenderás que el movimiento está presente en nuestra vida diaria y que es útil para el desarrollo de la tecnología. Al hablar de ondas se hace referencia también a los fenómenos ondulatorios relacionados con el sonido y la luz que logramos percibir.

Movimiento oscilatorio



Resorte en oscilación.



Péndulo en oscilación.

¿Es posible moverse sin desplazarse? Aunque parezca imposible, sí se puede: un bloque colgado de un resorte y un péndulo lo es. Empecemos el estudio de los movimientos oscilatorios.

Un movimiento oscilatorio es todo aquel movimiento de vaivén con respecto a una posición de equilibrio estable, en donde la partícula "va y viene" por la misma trayectoria, cambiando periódicamente el sentido de su velocidad y aceleración. Este movimiento puede ser periódico, porque luego de transcurrido un periodo (T), las magnitudes del sistema vuelven a tomar los mismos valores. En todo movimiento oscilatorio debe haber posición de equilibrio y fuerza recuperadora.

Algunos términos para el análisis de movimientos oscilatorios y periódicos

- **Vibración.** Recorrido realizado por una partícula desde su posición inicial hasta que vuelve a alcanzar la misma posición con el mismo sentido de movimiento. La trayectoria AOA'OA que describen las figuras del margen es un ejemplo de vibración.
- **Elongación.** Es la distancia entre la posición de equilibrio y la posición de la partícula en un instante. Se representa normalmente por la letra x y se expresa en unidades de longitud.
- **Amplitud.** Máxima distancia que el cuerpo alcanza respecto a su posición de equilibrio. Se representa mediante la letra A y, al igual que la elongación, se expresa en unidades de longitud. La elongación máxima es la amplitud.
- **Periodo.** Tiempo que tarda el móvil en realizar una oscilación.
- **Frecuencia.** Número de oscilaciones que da el móvil en una unidad de tiempo. La frecuencia es equivalente a la inversa del periodo.

$$f = \frac{1}{T}$$

En el sistema internacional, la frecuencia se mide en *hertz* (Hz); es decir, $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$. También se puede medir así:

$$f = \frac{\text{N.º oscilaciones}}{\text{tiempo}}$$

PARA SABER MÁS

El movimiento periódico es todo movimiento que se repite cada cierto intervalo de tiempo.

Ten presente que un movimiento periódico no es necesariamente oscilatorio y un movimiento oscilatorio no es necesariamente periódico. Por ejemplo, el movimiento de la Luna en torno a la Tierra es periódico, pero no oscilatorio.

Movimiento armónico simple (MAS)

El caso más sencillo de movimiento oscilatorio y periódico en una recta se denomina movimiento armónico simple. Este es producido por una fuerza recuperadora elástica que se origina cuando el cuerpo se separa de su posición de equilibrio.

Considera un bloque de masa m , situado sobre una superficie horizontal sin rozamiento, que está unido al extremo de un resorte cuyo otro extremo está unido a un punto fijo, tal como se observa en la figura A.

En la posición de equilibrio O , el resorte no ejerce fuerza sobre el bloque, estando su peso \vec{P} equilibrado por la reacción \vec{N} que ejerce la superficie de apoyo.

De acuerdo con la ley de Hooke, al aplicar una fuerza exterior \vec{F}' sobre el bloque (por ejemplo, al jalarlo con la mano), el resorte se alarga una distancia x cuyo valor es proporcional a la fuerza; es decir, $F' = k \cdot x$, donde k es la constante elástica del resorte. Mientras la fuerza \vec{F}' actúa (es decir, mientras la mano lo sostiene así), el bloque se encuentra en equilibrio con la fuerza recuperadora, \vec{F} , tal que $F' + F = 0$.

En el momento que deja de actuar la fuerza \vec{F}' (al soltar el bloque), el bloque se pone en movimiento debido a la acción de \vec{F} con una aceleración a . Podemos determinar el módulo de la aceleración mediante la ecuación fundamental de la dinámica:

$$F = m \cdot a \rightarrow -k \cdot x = m \cdot a \rightarrow a = -\frac{k}{m} \cdot x$$

De la forma generalizada, esta ecuación se expresa así:

$$a = -\omega^2 \cdot x; \text{ donde } \omega^2 = \frac{k}{m}$$

Esta expresión, en la que el factor ω recibe el nombre de pulsación, indica que la aceleración en un MAS es directamente proporcional a la elongación, y de sentido contrario a ella (de ahí que aparece el signo negativo).

EJEMPLO RESUELTO 1

Una masa suspendida de un resorte describe un movimiento oscilatorio cuando la distancia desplazada por la masa es de 40 cm, la fuerza en el resorte es de 2,5 N y el periodo de oscilación es de 3 segundos. ¿De qué valor será la masa suspendida?

- En un movimiento vibratorio, tenemos la aceleración y el periodo:
 $a = -\omega^2 \cdot x$; $T = \frac{2\pi}{\omega}$, donde ω es la frecuencia angular del movimiento.
- Combinando ambas expresiones: $a = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot x$
- Por la segunda ley de Newton, relacionamos la fuerza con la aceleración y la masa del cuerpo suspendido.

$$F = m \cdot a \rightarrow F = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot x$$

- Despejamos, reemplazamos y hallamos el valor de m :

$$m = \frac{F}{x} \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \frac{(2,5 \text{ N})(3 \text{ s})^2}{(40 \cdot 10^{-2}) \cdot [2(3,14)]^2} = 1,4 \text{ kg}$$

El valor de la masa suspendida es de 1,4 kilogramos.

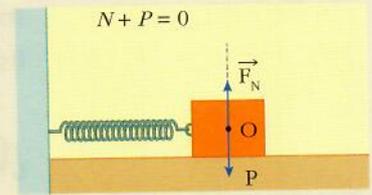


Figura A

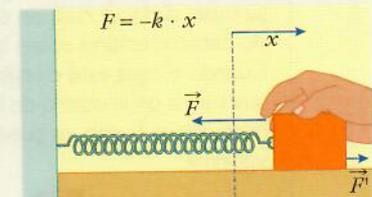


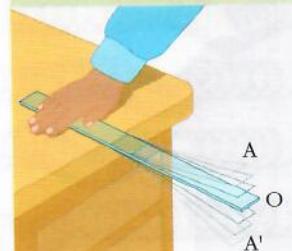
Figura B



Figura C

¿SABÍAS QUE...?

Al hacer vibrar una regla, cuando la golpeas en los extremos, observarás que la amplitud de la oscilación del extremo va disminuyendo conforme pasa el tiempo. Esto se debe a que la energía del movimiento se va propagando. A este movimiento se le denomina movimiento oscilatorio amortiguado.



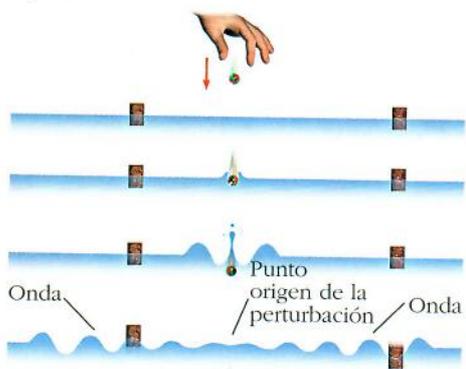


Movimiento ondulatorio

El sonido que escuchamos, la luz que nos permite ver los objetos que nos rodean, las transmisiones de radio o de televisión, la comunicación mediante celulares, las microondas de un horno, etc., son fenómenos físicos que suceden gracias a la propagación de ondas.

¿Qué son las ondas?

Se echa agua a una bañera hasta la mitad de su capacidad y se colocan corchos pintados de distintos colores sobre la superficie. Cuando el agua esté en calma, se deja caer una canica en el centro de la bañera desde cierta altura. Luego, se puede apreciar lo siguiente:



¿Qué aparece en la superficie del agua?
¿Llegan los corchos a los bordes de la bañera?

La materia que nos rodea está formada por partículas de pequeño tamaño. En los sólidos, las partículas están más apretadas que en los líquidos o en los gases, pero en todos los casos el movimiento de una partícula puede transmitirse a las partículas vecinas. Es decir, si una partícula comienza a vibrar, puede transmitir esta vibración a la partícula que tiene al lado y hacer que esta comience a vibrar también.

Una **onda** es una perturbación que se propaga en el espacio y que se caracteriza por un transporte de energía, pero no de materia.

Cuando se propaga una onda, las partículas vibran alrededor de sus posiciones de equilibrio, pero no se mueven con la onda. Por ejemplo, cuando se produce una onda en un estanque, las partículas del agua no se mueven lateralmente; simplemente suben y bajan a la vez que transmiten energía a las partículas vecinas.

Clasificación de las ondas

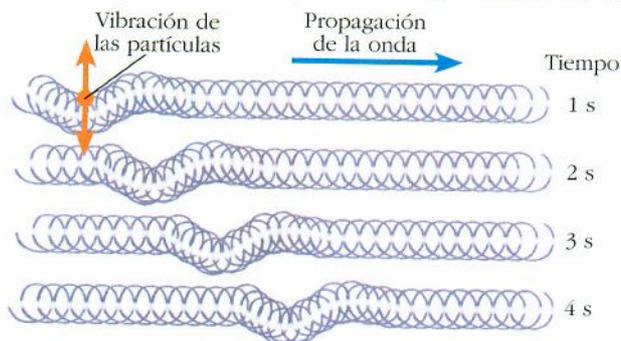
Las ondas se pueden clasificar en función de la dirección de vibración y en función del medio en que se propagan.

Ondas longitudinales y transversales

Atendiendo a la relación que existe entre la dirección de propagación de la onda y la del movimiento vibratorio de las partículas, las ondas se clasifican en longitudinales y transversales.

Ondas transversales.

Las partículas del medio vibran en dirección perpendicular a la del avance de la perturbación.



Las **ondas transversales** son aquellas en que las partículas vibran **perpendicularmente** a la dirección de propagación.

Se representan mediante una línea ondulada formada por una sucesión de crestas y valles. Las microondas y las ondas de radio pertenecen a este tipo de ondas, al igual que las ondas sísmicas secundarias (ondas S) y las que se propagan en una cuerda o en la superficie del agua.

Las **ondas longitudinales** son aquellas en las que las partículas vibran en la misma dirección que la de propagación.

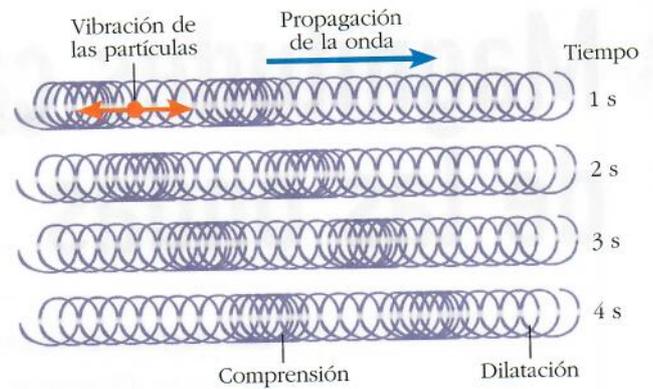
El movimiento de cada punto lleva la misma dirección de propagación de la onda. Este tipo de ondas se originan por compresiones y dilataciones en el medio donde se transmiten.

El sonido es el ejemplo más característico de las ondas longitudinales. Otros ejemplos son las ondas sísmicas primarias (ondas P), las primeras que detectan los sismógrafos durante un terremoto, y las ondas producidas al comprimir o estirar un muelle.

Ondas mecánicas y electromagnéticas

Tanto la luz como el sonido son fenómenos ondulatorios, pero mientras que el sonido necesita un medio material para propagarse (la propagación la transmiten las partículas del medio, que vibran), la luz puede propagarse en el vacío.

Las **ondas mecánicas** son las que **necesitan un medio material** para su propagación. Son ejemplos de ondas mecánicas las ondas sonoras y las generadas en la superficie del agua o en cuerdas y muelles.



Ondas longitudinales.

Las partículas del medio vibran en la misma dirección en la que avanza la perturbación.



Cuando un objeto golpea la superficie del agua, se forman crestas y valles en circunferencias concéntricas que se alejan del centro.

Las **ondas electromagnéticas** son las que **no necesitan un medio material** para su propagación, por lo que se pueden propagar en el vacío.

Estas ondas pueden atravesar el espacio y llegar hasta la Tierra desde estrellas como el Sol. A esta clase de ondas pertenecen los rayos X, la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, las microondas y las ondas de radio y televisión (la radiación que emiten y reciben los celulares, por ejemplo, consiste en ondas de radio).

Las ondas transversales pueden ser mecánicas (las de un muelle) o electromagnéticas (las de la luz), mientras que las ondas longitudinales son siempre mecánicas.



Ondas mecánicas. Necesitan un medio material para propagarse, como el sonido.

Ondas electromagnéticas. Se propagan también en el vacío, como la luz.



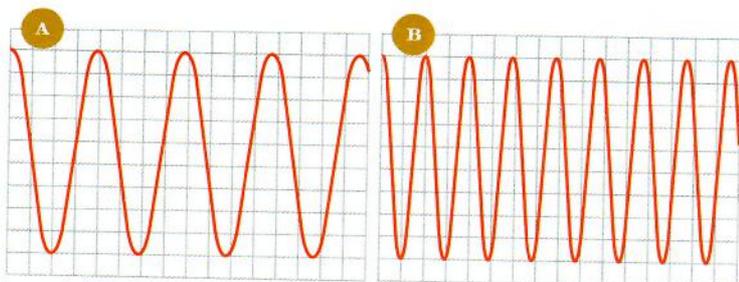
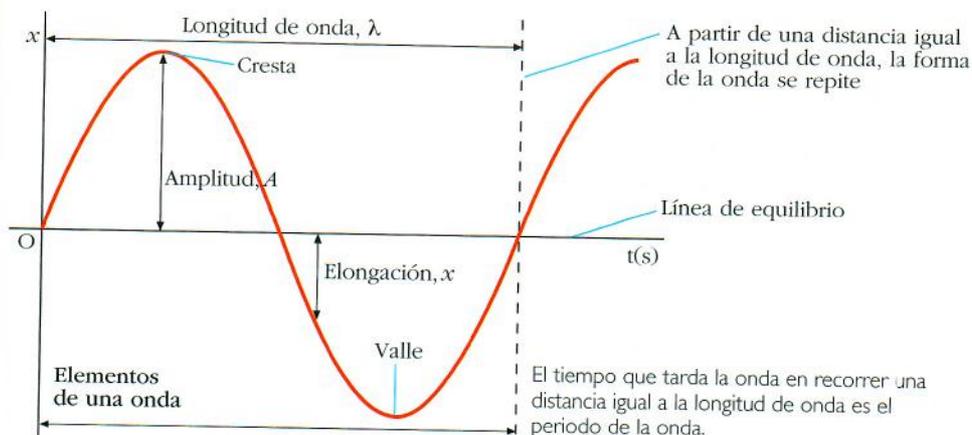
Magnitudes características de las ondas

Las magnitudes físicas que permiten diferenciar y clasificar a las ondas son la amplitud, la longitud de onda, el periodo, la frecuencia y la velocidad de propagación.

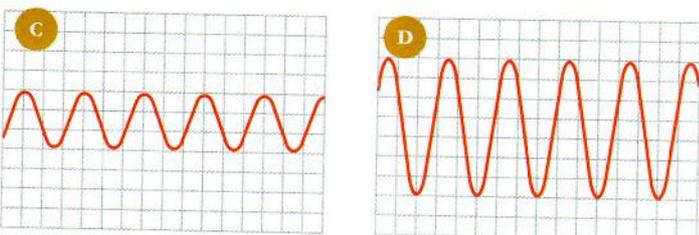


Los surfistas se deslizan sobre la cresta de las olas.

Magnitudes básicas de una onda



La onda A tiene mayor longitud de onda que la B.



La onda D tiene mayor amplitud que la C.

Elongación y amplitud

A la distancia que existe en cualquier instante entre la posición de la partícula y la posición de equilibrio se le llama elongación (x). Se mide en metros en el sistema internacional (SI).

La elongación máxima se llama amplitud (A) de la onda. Esta es una magnitud importante, pues las ondas con mayor amplitud transportan, en general, más energía.

Longitud de onda

Se llama longitud de onda (λ) a la distancia existente entre dos puntos de la onda que se encuentran en un instante dado en el mismo estado de vibración.

Dicho de otra forma, es la distancia que la onda recorre en un ciclo, o también, la distancia entre dos crestas o valles consecutivos. Se mide en metros en el SI.

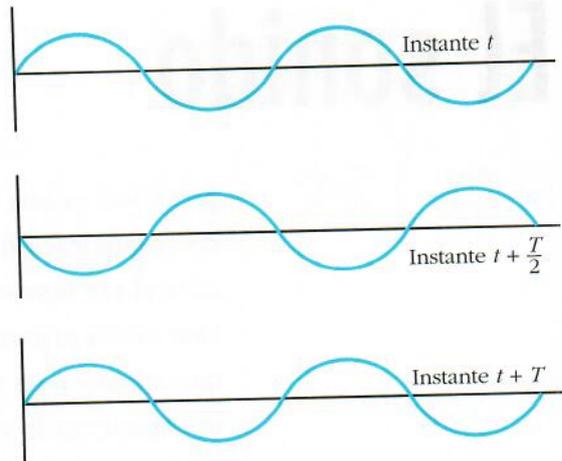
Shutterstock

© Santillana S.A.

Periodo

El periodo es el tiempo que tarda la vibración que se propaga en recorrer una distancia igual a la longitud de onda. En una onda mecánica, el periodo coincide con el tiempo que tarda una partícula en realizar una oscilación completa.

En el sistema internacional el periodo se expresa en segundos y se simboliza por la letra T .



Frecuencia

La frecuencia es el número de vibraciones u oscilaciones completas que se realizan en un segundo. La frecuencia es, por lo tanto, la inversa del periodo: $f = 1/T$. Así, si una partícula realiza cuatro vibraciones completas en un segundo, la frecuencia será de 4 Hz, y el periodo, de 1/4 de segundo.

En el SI la frecuencia se mide en *hertz* (Hz) o en $1/s$ (s^{-1}). Se representa con la letra f .

Velocidad

Cuando un movimiento vibratorio se propaga en un medio homogéneo, lo hace con movimiento uniforme (velocidad constante) en todas direcciones. Sin embargo, la velocidad de propagación es distinta para cada medio y depende de la temperatura.

La velocidad de propagación es la relación que existe entre un desplazamiento igual a una longitud de onda y el tiempo empleado en recorrerlo (un periodo).

Matemáticamente se expresa así:

$$v = \lambda/T$$

También se puede expresar teniendo en cuenta la relación entre el periodo y la frecuencia. Sustituyendo la frecuencia ($f = 1/T$) en la ecuación de arriba:

$$v = \lambda \cdot f$$

En el SI la velocidad de una onda se mide en m/s. Cuando la onda pasa de un medio a otro distinto, la velocidad con que se propaga se modifica, al igual que la longitud de onda; pero la frecuencia se conserva. A este fenómeno se le conoce como refracción.

Medio	Temp. (°C)	v (m/s)
Aire	0	330
Aire	20	340
Agua	0	1 500
Plomo	20	1 230
Hierro	20	5 130
Granito	20	6 000

Relación entre la velocidad de propagación del sonido, el medio donde se transmite y la temperatura.

EJEMPLO RESUELTO 2

La onda representada se propaga a 20 m/s. Calcula lo siguiente:

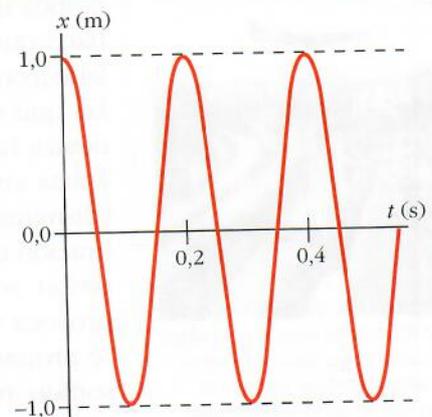
- a) La amplitud c) El periodo
b) La longitud de onda d) La frecuencia

- La amplitud es la distancia de la cresta a la línea media: $A = 1$ m. El periodo es el tiempo empleado por la onda en completar una oscilación completa: 0,2 s. La longitud de onda será:

$$\lambda = v \cdot T = 20 \text{ m/s} \cdot 0,2 \text{ s} = 4 \text{ m}$$

La frecuencia es la inversa del periodo:

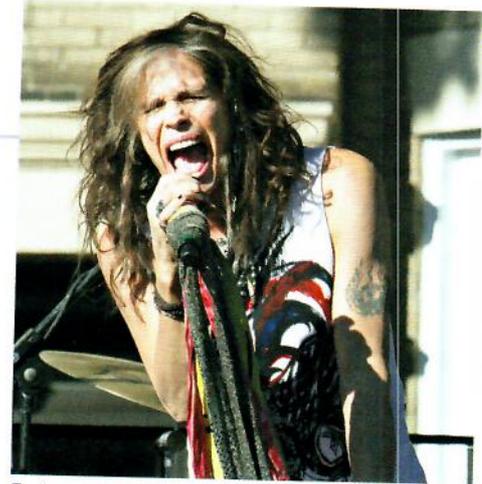
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,2 \text{ s}} = 5,0 \text{ Hz}$$





El sonido

El sonido es una de las formas de comunicación más importantes para el ser humano y los animales. Una de las primeras habilidades que adquiere un recién nacido es reconocer la voz de su madre a través del oído.



Getty Images

En los conciertos de rock, el sonido alcanza niveles de intensidad elevados.

¿Qué es el sonido?

El **sonido** es una forma de energía generada por la vibración de un cuerpo, la cual se propaga mediante ondas mecánicas.



Al pulsar una cuerda, se produce sonido. La caja de madera lo amplifica.



Al golpear una lámina del xilófono, se obtiene un sonido.

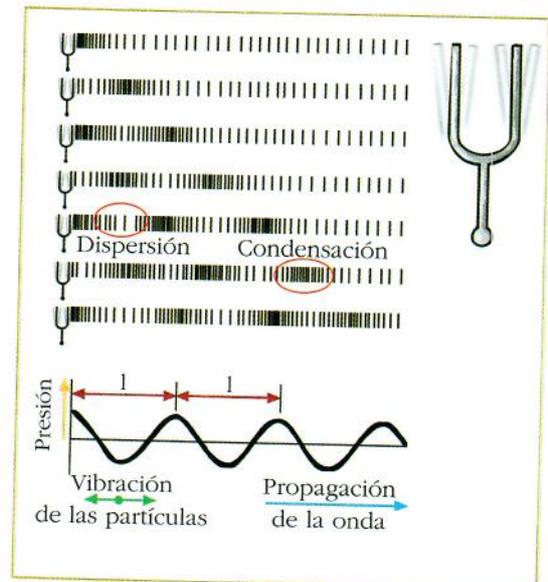


Cuando la membrana del parlante **vibra**, suena la música.

Shutterstock

Estudiaremos cómo se produce el sonido utilizando un **diapasón**, que es un utensilio formado por una varilla de acero en forma de U con un mango que se puede conectar a una caja de madera que actúa de caja de resonancia. Al golpear una rama del diapasón con un martillo de madera o de goma, esta vibra y produce un sonido.

Cuando la barra metálica vibra, golpea las partículas del aire y hace que se desplacen de un lado a otro generando zonas en las que se condensan las partículas (aumenta la presión) y zonas en las que se dispersan (disminuye la presión). La vibración de las láminas del diapasón se transmite al aire y provoca una perturbación que se propaga como una onda. El sonido avanza con la onda de presión.



Demostración de la producción del sonido utilizando un diapasón.

© Santillana S.A.



Las normas de aviación prohíben el vuelo a baja altura por zonas urbanas debido al estruendo que ocasionan los reactores al pasar.

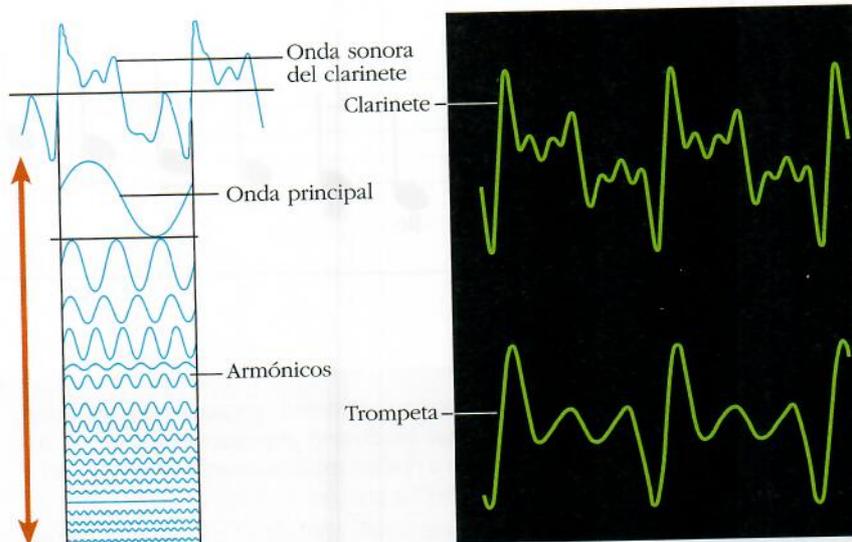
Propiedades del sonido

Las cualidades más importantes del sonido son el timbre, la intensidad y el tono.

Timbre

Cuando hacemos vibrar el diapasón, se produce una onda sonora pura. Pero en la mayoría de las ocasiones, cuando vibra un objeto, se produce una onda principal y otras ondas secundarias denominadas armónicos, que hacen que su forma varíe. Los armónicos son muy característicos del objeto. Por eso, aunque dos instrumentos musicales toquen la misma nota, la forma de la onda cambiará ligeramente.

El **timbre** es la característica del sonido que está relacionada con la forma de las ondas sonoras. Nos permite distinguir sonidos de la misma frecuencia y la misma intensidad producidos por distintos instrumentos. Gracias al timbre, podemos distinguir las voces de personas diferentes.



Intensidad

La intensidad del sonido permite diferenciar y clasificar los sonidos en fuertes y débiles.

- Si el volumen de un aparato de música está demasiado bajo, el oído no percibe los sonidos porque están por debajo de una intensidad mínima denominada umbral mínimo de audición.
- Si aumentamos el volumen, se llega a la intensidad máxima que puede captar el oído sin sentir dolor; es el umbral superior de audición o umbral de dolor.

Ambos umbrales dependen de dos factores: de cada persona y de los sonidos agudos o graves.

La intensidad indica la energía que transmite la onda. Los sonidos más intensos transmiten más energía que los sonidos débiles. Por eso, el sonido procedente de una fuerte explosión es capaz de romper los vidrios de las ventanas cercanas.

En el sistema internacional (SI) la intensidad de una onda se expresa en $\text{J/s} \cdot \text{m}^2$ o en W/m^2 .

Manantial sonoro	Nivel en decibelios* (dB)
Umbral de sensación sonora	0
Murmullo de las hojas de un árbol	10
Conversación en voz baja	20
Casa tranquila	30
Radio a volumen normal	40
Automóvil en marcha	50
Conversación normal	60
Aspiradora a 3 m	70
Tráfico intenso	80
Camión	90
Perforadora a 3 m	100**
Trueno	110
Altavoz de discoteca	120
Despegue de un avión reactor	150
Auto de Fórmula 1	180

Tabla de niveles de sonido.

* Decibelios: Unidad de intensidad acústica. ** Umbral de sensación de dolor.

GLOSARIO

- **Intensidad.** Magnitud física que expresa la mayor o menor amplitud de las ondas sonoras. Su unidad en el sistema internacional es el fonio.
- **Timbre.** Calidad de los sonidos que diferencia a los del mismo tono y depende de la forma y naturaleza de los elementos que entran en vibración.

Tono y frecuencia

El tono es la cualidad del sonido que nos permite distinguir los sonidos altos (agudos) de los sonidos bajos (graves).

La frecuencia es la magnitud física asociada al tono. Las frecuencias más altas corresponden a los tonos más agudos, mientras que las frecuencias más bajas corresponden a los tonos más graves. El valor de la frecuencia se expresa en *hertz* (Hz).

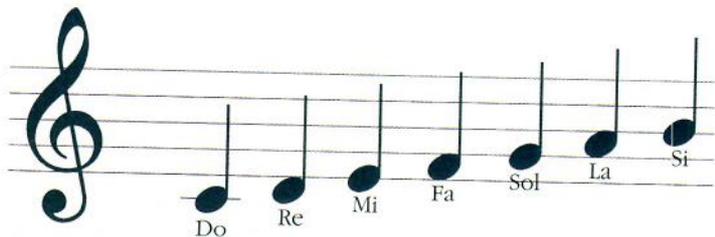
El ecualizador de los equipos de música regula la intensidad de los sonidos graves y agudos. Si subimos la intensidad de los agudos, percibiremos un sonido más agudo.

Un sonido grave tiene una longitud de onda mayor que uno agudo.

La escala musical

En la escala musical, la frecuencia aumenta desde la primera nota (do) hasta la última (si). Las frecuencias correspondientes a estas notas musicales son:

- Do: 261,63 Hz
- Re: 293,66 Hz
- Mi: 329,63 Hz
- Fa: 349,23 Hz
- Sol: 392 Hz
- La: 440 Hz
- Si: 493,88 Hz



¿SABÍAS QUE...?



Los delfines son capaces de emitir y recibir ultrasonidos.

Un oído normal solo percibe los sonidos comprendidos entre 20 y 20 000 Hz. Las ondas sonoras de menos de 20 Hz se denominan infrasonidos (algunos pueden ser percibidos por el tacto), y los de más de 20 000 Hz, ultrasonidos.

Algunos animales, como el delfín y el murciélago, que escuchan sonidos de más de 100 000 Hz, utilizan esta habilidad para orientarse por medio de señales acústicas: el murciélago emite sonidos y recoge las ondas sonoras que rebotan en un obstáculo. A partir del tiempo que tardan en llegar a sus oídos estas ondas rebotadas, el murciélago es capaz de estimar la distancia al obstáculo; por lo tanto, de orientarse o localizar sus presas.

Los ultrasonidos también tienen aplicaciones en medicina. Sirven para aliviar los dolores originados por tendinitis o lumbalgias y para realizar exploraciones no agresivas del embarazo y detectar posibles anomalías.

La técnica de la ecografía consiste en proyectar un haz de ultrasonidos en impulsos cortos a través del cuerpo de una mujer embarazada o de un enfermo. Como consecuencia se producen reflexiones del sonido al pasar las ondas de un tipo de tejido a otro. Cuando se reciben los impulsos reflejados, se analizan en una computadora que los transforma en una imagen del feto en la pantalla.



Ecografía de un feto realizada mediante ultrasonidos.

Shutterstock

© Santillana S.A.

La velocidad del sonido

Para comprobar cómo se propaga el sonido, Robert Boyle, en el siglo XVII, situó un reloj de timbre en el interior de una campana de donde se había extraído el aire. Al producirse la vibración en la campana del reloj, no se percibía ningún sonido. Pero si dejaba penetrar de nuevo el aire, el sonido se volvía a escuchar.

Las primeras medidas de la velocidad del sonido en el aire se hicieron en el siglo XVII. Para ello, se efectuaba el disparo de un cañón a gran distancia y se medía el tiempo que transcurría desde que se observaba el fogonazo hasta que se escuchaba el sonido del cañonazo. Dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo transcurrido se obtenía un valor de velocidad próximo a 340 m/s.

La velocidad del sonido depende de dos factores fundamentales: del medio en que se transmite y de la temperatura del medio. En los sólidos se propaga con más facilidad que en los líquidos, y, en estos, mejor que en los gases: $v_{\text{sólidos}} > v_{\text{líquidos}} > v_{\text{gases}}$

EJEMPLO RESUELTO 3

Un avión se desplaza por el aire (15 °C) duplicando el valor de la velocidad del sonido (2 Mach). Expresa esta velocidad en km/h.

- Cuando un avión vuela a una velocidad igual a la del sonido, se denomina 1 Mach, que equivale a:

$$340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 1225 \text{ km/h}$$

- Si se duplica la velocidad del sonido a 15 °C, la velocidad del avión será:
 $2 \cdot 1225 \text{ km/h} = 2450 \text{ km/h}$

Gases	v (m/s)
CO ₂	258
O ₂	315
N ₂	338
H ₂	1262

Líquidos	v (m/s)
Etanol	1275
Agua dulce	1447
Mercurio	1452
Agua de mar	1500

Sólidos	v (m/s)
Cobre	3600
Hierro	5130
Aluminio	5250
Rocas	~5500

Velocidad del sonido en algunos materiales en condiciones normales (0 °C, 1 atm si son gases, y a 0 °C si son sólidos o líquidos).

Vehículos supersónicos

Cuando un objeto se mueve con una rapidez superior a la de una onda sonora en el aire, se dice que tiene una rapidez supersónica. El cociente entre la rapidez con que se mueve un vehículo y la rapidez del sonido en el aire se llama número de Mach. Así, un avión que vuele a 600 m/s por las capas altas de la atmósfera (zona en donde, al ser el aire menos denso, la rapidez del sonido puede ser del orden de unos 300 m/s), tendrá una rapidez de 2 Mach.

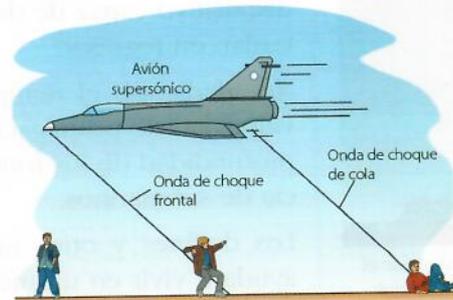
Cuando un avión vuela con rapidez supersónica, el ruido y la perturbación que ocasiona en el aire forman una onda de choque que contiene gran cantidad de energía. Cuando esta

onda alcanza a un observador, este la percibe en forma de un intenso estampido que, aunque solo dura una fracción de segundo, tiene energía suficiente para romper los vidrios de una ventana.

Al acercarse a la rapidez del sonido, el avión encuentra delante de él una barrera de ondas sonoras. Para superar esa barrera de sonido, necesitará un empuje adicional que le permita atravesarla. A eso se le llama romper la barrera del sonido. Una vez alcanzada la rapidez supersónica, ya no existe barrera delante del avión que obstaculice su movimiento.



Algunos aviones son capaces de superar la barrera del sonido.



Ondas de choque producidas por un avión supersónico.

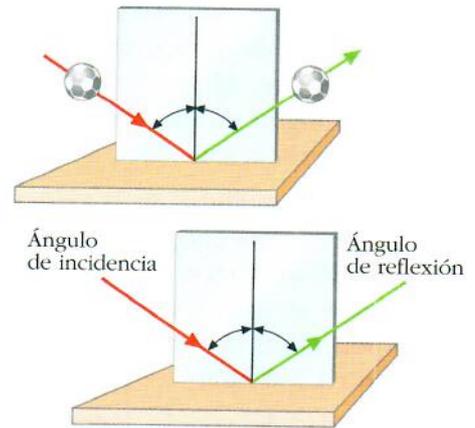
Para conocer más sobre la reflexión del sonido, consulta la página 384 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Reflexión del sonido: eco y reverberación

La reflexión es el fenómeno que se produce cuando las ondas sonoras llegan hasta un obstáculo que se opone a su propagación y se reflejan, cambiando de dirección o de sentido.

De la misma manera que la luz se refleja en un espejo o una pelota rebota en el suelo, el sonido se comporta igual frente a un obstáculo.

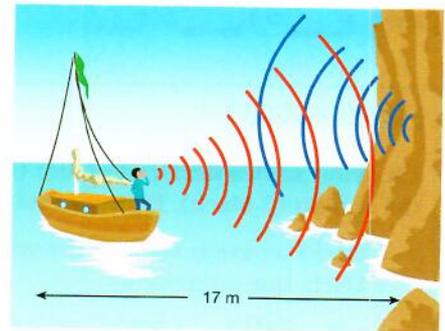
Se cumple la siguiente ley: el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.



El eco

Un curioso fenómeno relacionado con la reflexión del sonido es el eco. Cuando se grita frente a una montaña, se oye primero el sonido directo, y luego, el sonido reflejado en el obstáculo. Esta repetición del sonido se denomina eco, y se debe a la reflexión de las ondas sonoras.

El eco es el fenómeno que se produce cuando las ondas de sonido rebotan en algún obstáculo y cambian de sentido.



Cuando la distancia al obstáculo supera los 17 m, recibimos el eco.

Nuestro oído es capaz de distinguir dos sonidos si llegan separados por 0,1 s o más. Si producimos un sonido frente a un obstáculo y el tiempo transcurrido entre la emisión de nuestro sonido y la recepción del sonido reflejado es mayor o igual a una décima de segundo, nuestro oído percibirá dos sonidos distintos (eco).

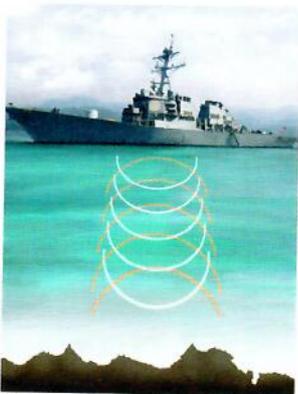
Como la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s (a 15 °C), recorrerá 34 m en una décima de segundo. Por lo tanto, para que se produzca el eco, el obstáculo debe estar situado, como mínimo, a 17 m del foco emisor. De forma que el sonido recorrerá 17 m para ir y otros 17 m al volver el sonido reflejado.

El sonar

El sonar es un instrumento utilizado en la navegación marítima. Se basa en las reflexiones de sonidos de alta frecuencia (ultrasonidos) emitidos por un dispositivo capaz de detectar los sonidos reflejados y medir el tiempo que tardan en regresar.

Así, midiendo el tiempo que tarda en recibirse el eco y conociendo la velocidad de propagación del sonido en el agua, es posible determinar la profundidad de los fondos marinos, detectar bancos de peces o la presencia de submarinos.

Los delfines y otros animales poseen una especie de biosonar que les ayuda a vivir en un medio en el que la visibilidad es limitada, además de utilizarlo para encontrar comida.



El sonar permite cartografiar el fondo marino o bien localizar bancos de peces.

La reverberación

En caso de que el tiempo de separación entre el sonido emitido y el reflejado sea menor de 0,1 s, nuestro oído percibirá un solo sonido prolongado, fenómeno conocido como reverberación.

Para que se produzca la reverberación, el obstáculo debe estar a menos de 17 m; en este caso, el sonido inicial y el reflejado se solapan, y resulta difícil comprender el sonido emitido.

La reverberación se produce, por ejemplo, cuando hablamos en una sala vacía. Para disminuir la intensidad de los sonidos reflejados y mejorar la audición de una estancia, se colocan materiales absorbentes de las ondas sonoras, como cortinas, alfombras o butacas tapizadas, y se recubren las paredes de corcho.

Material	% absorción
Cortinas	50 - 75
Panel de madera	45
Panel de corcho	30
Pared	2

Otras aplicaciones de las ondas sonoras

Medicina	Física
 <p>La ecografía es una técnica que envía ultrasonidos de alta frecuencia sobre distintas partes del cuerpo y permite obtener una imagen de él a partir del eco que produce.</p>	 <p>A través del ultrasonido se pueden medir las propiedades elásticas y las condiciones de propagación de los sólidos y de otras materias plásticas artificiales, como por ejemplo los altos polímeros.</p>

INFORMACIÓN REGIONAL

En el Gran Teatro Nacional del Perú, cada compositor (e incluso cada obra) tiene un tiempo de reverberación óptimo, debido a que este lugar cuenta con cámaras de reverberación que representan el 38% del volumen total y se activan gracias a 36 compuertas controladas individualmente de manera diferente, de acuerdo con las necesidades acústicas de cada tipo de espectáculo, y permiten una mayor o menor expansión del sonido.

Archivo diario El Comercio



GLOSARIO

- **Reverberación.** Reforzamiento y persistencia de un sonido en un espacio más o menos cerrado.

EJEMPLO RESUELTO 4

El oído humano puede oír ondas con un amplio rango de frecuencias. La frecuencia mínima audible es de unos 20 Hz, y la máxima, de 20 000 Hz. ¿Cuáles son el periodo y la longitud de onda correspondientes a cada frecuencia?

- El periodo es la inversa de la frecuencia. Para el caso de la frecuencia mínima:

$$T_{\min} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ s}$$

- Para la frecuencia máxima:

$$T_{\max} = \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{20\,000} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

El periodo de la onda disminuye al aumentar la frecuencia.

- Sabemos que el valor de la velocidad de propagación de la onda (en el aire) es de 340 m/s. Así, para la frecuencia mínima:

$$v = \lambda_{\min} \cdot f_{\min} \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{v}{f_{\min}} = \frac{340}{20} = 17 \text{ m}$$

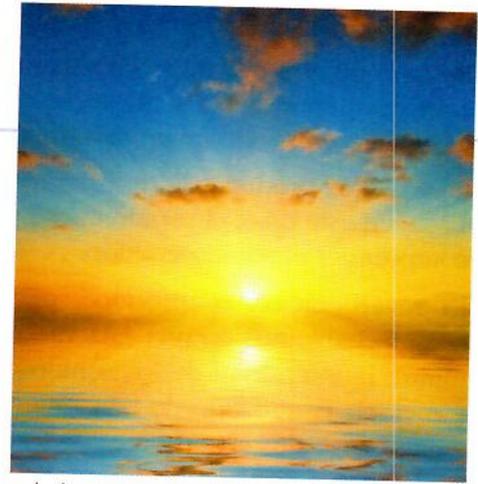
Y para el caso de la frecuencia máxima audible:

$$v = \lambda_{\max} \cdot f_{\max} \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{v}{f_{\max}} = \frac{340}{20\,000} = 0,017 \text{ m}$$

Por lo tanto, vemos que la longitud de onda disminuye cuando aumenta la frecuencia.

La luz

Al igual que el sonido, la luz se propaga mediante un movimiento ondulatorio. Pero ambas ondas tienen diferentes magnitudes características y son de distinto tipo.



Shutterstock

La luz no necesita de un medio para propagarse.

¿Qué es la luz?

La luz es una onda de tipo transversal que se puede propagar en el vacío, donde alcanza un valor de velocidad máxima aproximada de $3 \cdot 10^8$ m/s.

En otros medios diferentes al vacío, el valor de la velocidad de la luz es siempre menor. En el agua la velocidad es de 225 000 km/s, y en el vidrio es de 200 000 km/s.

¿Cómo vemos?

Durante mucho tiempo se pensó que los cuerpos emitían partículas que llegaban hasta nuestros ojos. Más tarde, se estableció que la luz era una onda de características diferentes a las del sonido, ya que se podía propagar en el vacío; por eso llegaba hasta nosotros la luz del sol.

En la segunda mitad del siglo XIX, J. C. Maxwell (1831-1879) estableció que la luz era una radiación de naturaleza electromagnética, y así la consideraremos nosotros, aunque en el siglo XX la mecánica cuántica demostró que la luz se comporta a veces como onda y a veces como partículas.

La luz es una onda transversal, puesto que las oscilaciones eléctricas y magnéticas de la onda se producen en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación. Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío.

- Los medios que son atravesados por la luz y que permiten ver a través de ellos se denominan transparentes (aire, agua, vidrio).
- Los medios que dejan pasar solo una parte de la luz que reciben se denominan translúcidos (papel cebolla, vidrio esmerilado).
- Los medios que no dejan pasar la luz se denominan opacos (madera, metal, agua a más de 100 m de profundidad...).



La luz nos permite ver. Vemos los objetos porque reflejan una parte de la luz que les llega y luego esta luz llega hasta nuestros ojos.



© Santillana S.A.

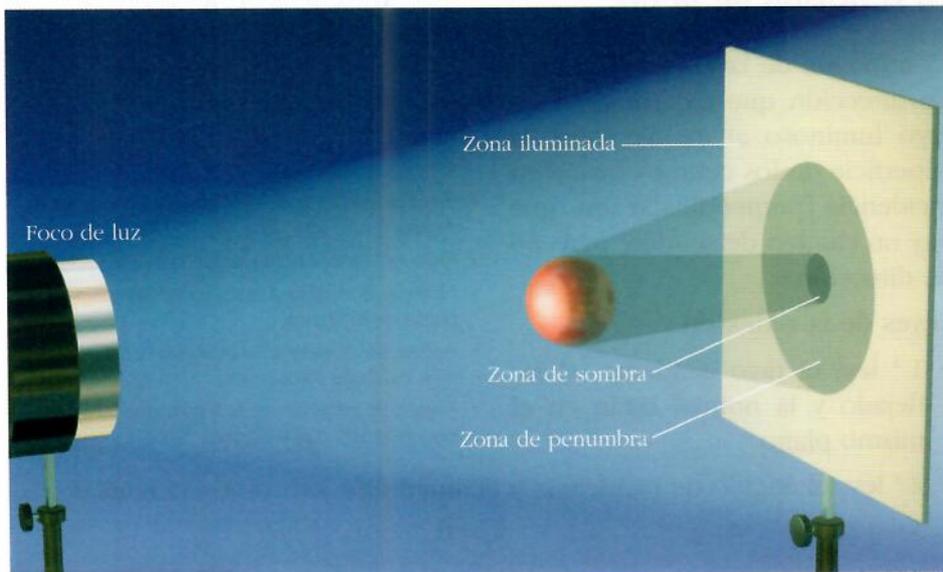
Propagación de la luz

La radiación electromagnética que emite el foco es tridimensional, es decir, sus ondas se propagan en las tres direcciones del espacio. Para estudiar sus efectos, resulta más sencillo utilizar líneas perpendiculares a la onda que indican la dirección de propagación. Es lo que denominamos rayos.

En un medio homogéneo, la luz se propaga en línea recta.

Cuando iluminamos un objeto con un foco grande y observamos la imagen en una pantalla, distinguimos lo siguiente:

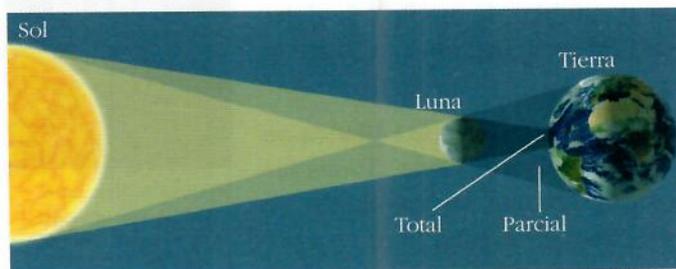
- Zona de **sombra**, que no recibe ningún rayo.
- Zona de **penumbra**, que recibe solo parte de los rayos.
- Zona **iluminada**, que recibe todos los rayos que proceden del foco de luz.



La propagación rectilínea de la luz explica la formación de sombras y penumbras.

Los eclipses

De forma similar se puede explicar la formación de eclipses.



Eclipse de Sol. Cuando la Luna se ubica entre el Sol y la Tierra, hay zonas de la Tierra en sombra donde el Sol se oscurece totalmente (eclipse total) y zonas en penumbra (eclipse parcial).



Eclipse de Luna. Cuando la Tierra se coloca entre el Sol y la Luna, esta puede estar en la zona de sombra, y, por lo tanto, encontrarse totalmente eclipsada, o en la zona de penumbra, y verse oscurecida.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la luz, consulta la página 171 del libro *La Biblia de la Física y Química del Módulo de Biblioteca del Minedu*.

Propagación de la luz

INFORMACIÓN REGIONAL

En muchos lagos y lagunas altoandinas y amazónicas, el paisaje se ve reflejado en la superficie del agua. Este reflejo es causado por la reflexión de la luz.



Lago Sandoval, región Madre de Dios

En su viaje hacia nuestros ojos, la luz es afectada por varios fenómenos que alteran la forma como llega a nosotros.

Los fenómenos más importantes que experimentan las ondas de luz en su propagación son la reflexión y la refracción.

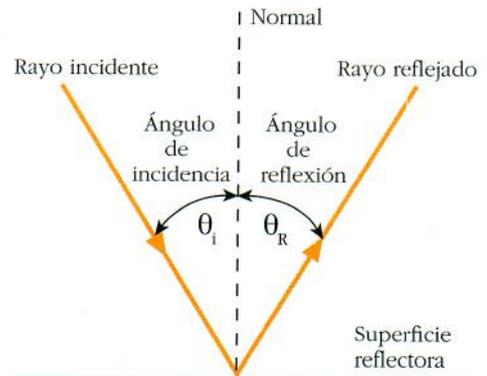
La reflexión de la luz

La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al incidir sobre la superficie de los cuerpos (salvo en incidencia perpendicular en que hay un cambio de sentido, pero no de dirección).

Leyes de la reflexión

- 1.^a ley: el rayo incidente, el reflejado y la normal están en el mismo plano.
- 2.^a ley: el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.

$$\theta_i = \theta_R$$



- Rayo incidente: es el rayo luminoso que llega al espejo.
- Rayo reflejado: es el rayo que refleja el espejo.
- Normal: es la recta perpendicular al espejo en el punto de incidencia.
- Ángulo de incidencia: es el ángulo que forma el rayo incidente y la normal.
- Ángulo de reflexión: es el ángulo que forma el rayo reflejado con la normal.

La refracción de la luz

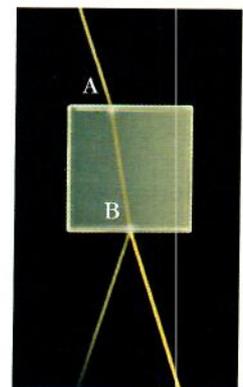
La refracción de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio a otro (salvo en incidencia perpendicular donde no hay cambio en la dirección de propagación, aunque sí varía la velocidad de la luz al cambiar de medio). Se debe al cambio en la velocidad de propagación que sufre la luz al pasar de un medio a otro.

Ahora se puede comprender por qué la luz blanca se descompone al pasar a través de un prisma. Todas las radiaciones elementales que forman la luz blanca se propagan a la misma velocidad en el aire, pero esta velocidad varía para cada una al propagarse en el vidrio. Esto hace que cada radiación sufra una desviación diferente al atravesar el prisma y salgan separadas en una banda de color.

El índice de refracción (n) relaciona la velocidad (v) de la luz en un medio con la velocidad de la luz en el vacío (c): $n = c/v$.

El índice de refracción (n) es siempre mayor que 1. Si conocemos n para una sustancia, podemos determinar la velocidad de la luz en su medio:

$$v = \frac{c}{n}$$



Refracción de la luz al pasar del aire al vidrio (A) y al pasar del vidrio al aire (B).

PARA SABER MÁS

Para que una superficie pueda actuar de espejo, debe estar pulida, pues solo así los rayos reflejados mantienen la misma disposición que los incidentes.



Leyes de la refracción

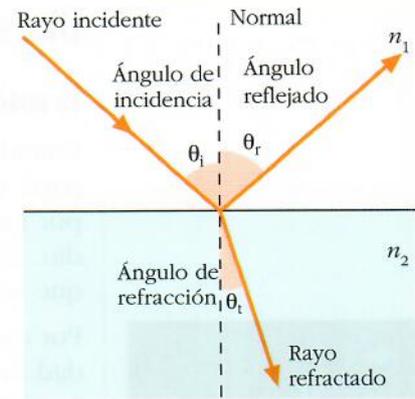
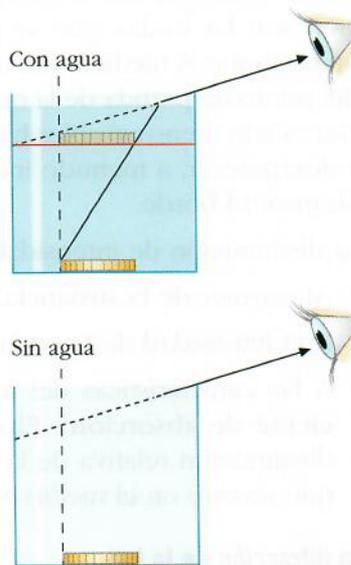
- 1.ª ley: el rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en el mismo plano.
- 2.ª ley (ley de Snell): la relación entre el valor del ángulo incidente y el ángulo de refracción depende de los índices de refracción de los dos medios.

El comportamiento de la luz cuando pasa de un medio a otro depende de los índices de refracción de ambos medios:

- Cuando el índice de refracción del segundo medio es mayor que el índice de refracción del primer medio ($n_2 > n_1$), el rayo de luz se acerca a la normal.
- Cuando el índice de refracción del segundo medio es menor que el índice de refracción del primer medio ($n_2 < n_1$), el rayo de luz se aleja de la normal.

Los rayos de luz procedentes de los objetos sumergidos en el agua se desvían al atravesar dos medios de diferente densidad (agua-aire), originando curiosos efectos ópticos. (Vemos los objetos gracias a que reflejan la luz que les llega).

Al colocar una moneda en el fondo de un recipiente opaco lleno de agua, nos parece que la moneda se encuentra más arriba porque siempre interpretamos que la luz se propaga en línea recta.



Refracción de la luz cuando cambia de medio. En este caso, $n_2 > n_1$.

PRESTA ATENCIÓN

La relación entre los ángulos de incidencia y de refracción viene dada por la expresión:

$$n_1 \cdot \sin \theta_i = n_2 \cdot \sin \theta_t$$

Esta expresión se conoce como **ley de Snell**.

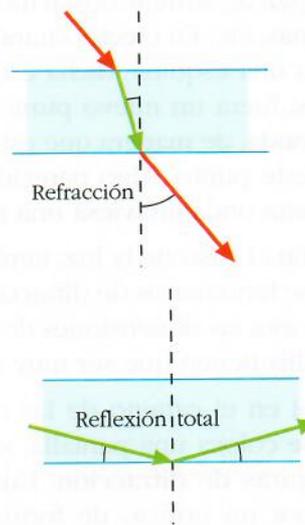
- θ_i : ángulo de incidencia
- θ_t : ángulo de refracción
- n_1 : índice de refracción del primer medio
- n_2 : índice de refracción del segundo medio

Reflexión total y fibras ópticas

Cuando un rayo luminoso pasa de un medio transparente de mayor índice de refracción a otro de menor índice, se aleja de la normal.

Llegará un momento en que a un determinado ángulo de incidencia corresponda uno de refracción de 90° ; en este caso, el rayo refractado saldrá rasante con la superficie de separación de ambos medios.

Para un ángulo de incidencia mayor aún, el ángulo de refracción será mayor de 90° y, entonces, el rayo es reflejado (reflexión total) y no refractado; es decir, no pasa de un medio a otro. En las fibras ópticas se produce reflexión total.



¿SABÍAS QUE...?



La fibra óptica está formada por hilos transparentes muy finos que transmiten la luz (aunque la fibra esté curvada) mediante una serie de reflexiones internas en las paredes del vidrio. Estos hilos están sustituyendo a los cables gruesos de cobre para transmitir información.



EN LA WEB

Para conocer más acerca de las leyes de la reflexión y la refracción de la luz, ingresa a:

http://www.walter-fendt.de/ph14s/refraction_s.htm

Otros fenómenos luminosos

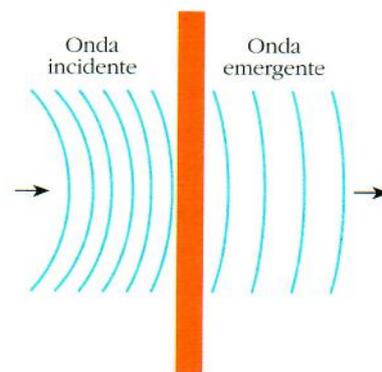
La absorción de la luz

Cuando una onda atraviesa un medio, una parte de la energía que lleva es absorbida por las partículas presentes en dicho medio. Así, la onda va atenuándose a medida que se propaga.

Por eso, un haz de luz tendrá una intensidad menor cuanto más nos alejamos de la fuente luminosa. Otros ejemplos de absorción son las ondas que se propagan por un estanque. A medida que nos separamos del punto de partida de la onda, las oscilaciones son menos visibles hasta que llegan a desaparecer, a menudo incluso antes de alcanzar el borde.

La disminución de intensidad es proporcional:

- Al espesor de la sustancia.
- A la intensidad de la onda incidente.
- A las características del medio, englobadas en una constante a (coeficiente de absorción). El coeficiente de absorción a se define como la disminución relativa de la intensidad de la onda por unidad de longitud que recorre en el medio atravesado. Se mide en m^{-1} en el SI.



Absorción. Parte de la energía es absorbida por el medio.

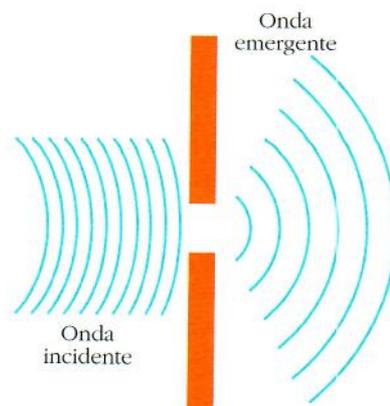
La difracción de la luz

Este fenómeno hace que una onda sea capaz de sortear obstáculos, "doblar" esquinas, etc. En efecto, cuando una onda llega a una esquina, dicha esquina actúa como si fuera un nuevo punto de partida de la onda, de manera que esta no "se corta" en este punto. Algo parecido ocurre cuando una onda atraviesa una rendija.

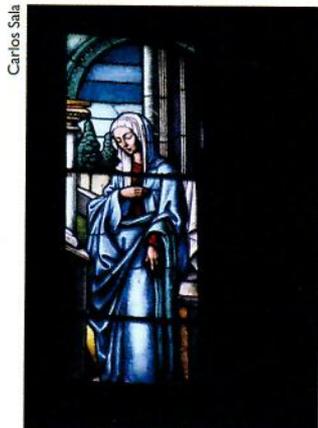
En el caso de la luz, también pueden darse fenómenos de difracción; pero, en este caso, las dimensiones del obstáculo o rendija tienen que ser muy pequeñas.

Si en el camino de las ondas difractadas se coloca una pantalla, se obtienen las **figuras de difracción**. Cuando la luz pasa por un orificio de forma circular y de tamaño adecuado, al proyectarse sobre una pantalla no se obtiene un círculo nítido, a no ser que la pantalla esté muy cerca; pero si está suficientemente alejada, se forman franjas de bordes difusos, alternativamente claras y oscuras.

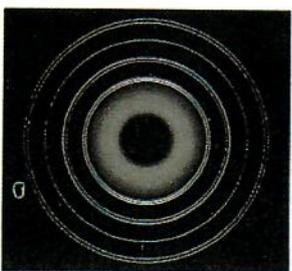
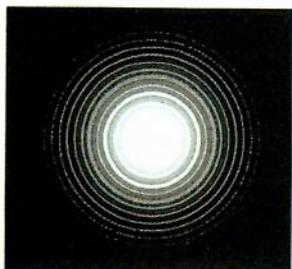
Cuando la luz encuentra un obstáculo, la difracción se pone de manifiesto porque los bordes de la sombra proyectada por el objeto no son nítidos.



Difracción. La difracción permite el paso de la luz a otra habitación con la puerta abierta o a través de una ventana con una abertura.



Virgen en vitral de la iglesia Santiago Apóstol, en Lampa, región Puno



Difracción de rayos X

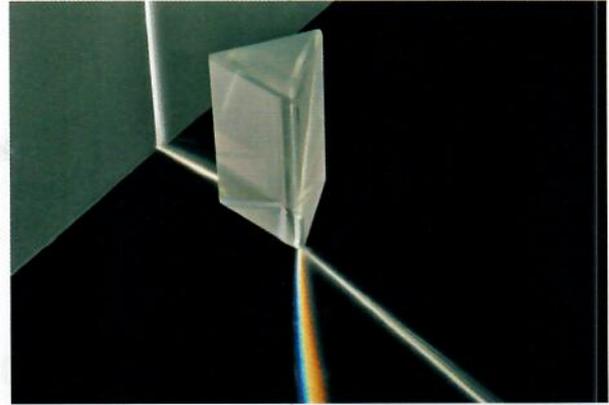
La dispersión de la luz

El grado con el que una onda se refracta al cambiar de medio depende de las características propias de la onda. En el caso de la luz, no se refracta igual la luz azul que la luz roja.

Así, cuando varias ondas viajan juntas y cambian de medio, las distintas ondas que la forman pueden separarse, como ocurre cuando se forma el arco iris. La dispersión de la luz es responsable, por ejemplo, de que el cielo de día sea de color azul, o también de que al amanecer y al atardecer adquiera tonos rojizos.

El fenómeno por el cual la luz blanca se descompone en luces de distintos colores al atravesar un prisma se denomina **dispersión cromática**. La luz blanca está formada por un conjunto de radiaciones. Cada una de ellas tiene una longitud de onda, denominándose **luz monocromática**. La dispersión de la luz se produce porque su velocidad de propagación para un medio transparente, que no sea el vacío, es diferente para las distintas longitudes de onda, siendo el índice de refracción del medio tanto mayor cuanto menor es la longitud de onda. Habrá, en consecuencia, un **índice de refracción para cada color**.

Cuando un rayo de luz blanca atraviesa un prisma óptico, el ángulo de desviación de cada radiación será diferente.



Dispersión. Cuando la luz blanca atraviesa un prisma, se separan los colores que la forman.

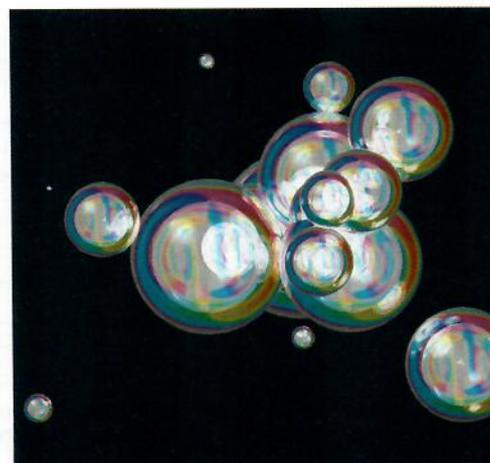
Interferencias de la luz

Las interferencias se producen cuando dos o más ondas se encuentran en una misma región del espacio. En este caso, las ondas pueden anularse (si se encuentran en contraposición de fase; es decir, en estados de vibración complementarios –una cresta se encuentra con un valle–) o reforzarse (si están en fase).

Las interferencias de la luz son responsables, por ejemplo, de las irisaciones que se observan en ocasiones en algunas burbujas o en manchas de aceite.



En los puntos en los que coinciden dos ondas en oposición de fase, la onda resultante se anula.



Interferencias en burbujas de jabón.

La luz que se refleja en la superficie interna de las burbujas interfiere con la luz de esa misma longitud de onda que se refleja en la superficie externa. Para algunas longitudes de onda (colores), las ondas se encuentran en fase (interferencia constructiva). Para otras longitudes de onda (otros colores), las ondas se encuentran en oposición de fase (interferencia destructiva).

Shutterstock



Los rayos de luz, al atravesar las gotas de agua, se dispersan separándose en los distintos colores, desde el rojo hasta el violeta, que forman el arco iris.

GLOSARIO

Irisación. Fenómeno óptico que se observa cuando aparecen coloraciones en las nubes o burbujas.

Espejos



Los rayos luminosos son reversibles. Si vemos los ojos del chihuahua reflejados en un espejo, entonces el chihuahua nos puede ver a nosotros.

PARA REFLEXIONAR

Cuando hablamos de aumento de un sistema óptico, no significa necesariamente que la imagen es mayor que el objeto. Si el aumento es menor que la unidad, entonces la imagen tiene un tamaño menor que el objeto.



- Analiza. ¿Qué tipo de espejo se observa en esta imagen elaborada por M. Escher? ¿Cómo es el aumento: mayor o menor que 1? ¿En qué casos utilizas estos espejos?

Vernos en un espejo para peinarnos es algo común, pero ¿cómo ocurre este fenómeno? ¿Por qué podemos vernos reflejados también en el agua y en una ventana?

Formación de imágenes en espejos. Reflexión en espejos planos

Un espejo plano es una superficie plana pulimentada que refleja los rayos de luz que le llegan.

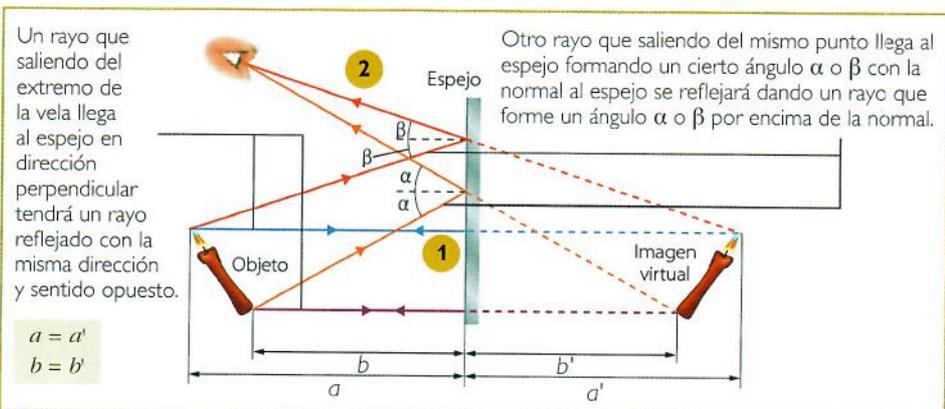
Imaginemos una vela situada frente a un espejo plano. Cada punto de la vela emite rayos en todas direcciones, algunos de los cuales llegan al espejo y se reflejan, dando una imagen de ella, que se muestra detrás del espejo.

Para obtener la imagen de un objeto, necesitamos ver la intersección de dos rayos que proceden del mismo después de haberse reflejado en el espejo. Si los rayos que resultan de la reflexión son divergentes, podremos construir la imagen como una ilusión óptica, prolongando sus direcciones hasta que coincidan (en el dibujo se representan mediante una línea discontinua).

De forma similar, podremos obtener la imagen de la base de la vela o de cualquier otro punto de ella.

Un espejo plano da una imagen de un objeto cuyas características son las siguientes:

- **Imagen virtual.** Se obtiene al prolongar las direcciones de los rayos reflejados hasta que coinciden; los rayos reflejados son divergentes.
- Es una **imagen derecha** con inversión lateral. El extremo de la imagen de la vela está hacia arriba, como en el original, pero está desplazado hacia la derecha, mientras que en el original está desplazado hacia la izquierda.
- El **tamaño** de la imagen es el mismo que el del objeto.
- La **distancia** de la imagen al espejo es la misma que la del objeto al espejo.



Formación de la imagen en un espejo plano. Los dos rayos reflejados señalados con 1 y 2 son divergentes. Al prolongar ambos hacia atrás, vemos que sus direcciones se cortan en un punto que constituye la imagen del extremo de la vela.

Reflexión en espejos esféricos

Un espejo esférico es un fragmento de una superficie esférica que se ha pulimentado y refleja los rayos de luz que le llegan. Dependiendo si la superficie especular es la interior o la exterior, tendremos un espejo cóncavo o convexo.

ESPEJO CÓNCAVO	ESPEJO CONVEXO
<p>Un haz de rayos paralelos que incida en la dirección del eje del espejo cóncavo da un conjunto de rayos reflejados convergentes que coinciden en un punto denominado foco del espejo (F). $OF = OC/2$.</p>	<p>Un haz de rayos paralelos que incida en la dirección del eje del espejo convexo da un conjunto de rayos reflejados divergentes. La prolongación de esos rayos coincide en un punto denominado foco del espejo (F).</p>

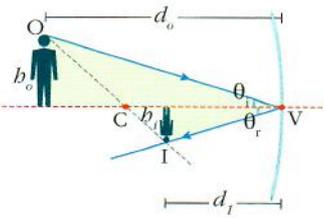
FORMACIÓN DE IMÁGENES EN UN ESPEJO ESFÉRICO CÓNCAVO: OBJETO A LA IZQUIERDA DEL FOCO

OBJETO A LA IZQUIERDA DE C	OBJETO EN C	OBJETO ENTRE C Y F
<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre C y F. • Real. • Invertida. • Menor que el objeto. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • En C. • Real. • Invertida. • Igual que el objeto. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la izquierda de C. • Real. • Invertida. • Mayor que el objeto.

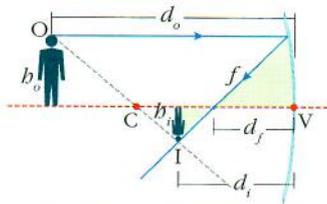
FORMACIÓN DE IMÁGENES EN UN ESPEJO ESFÉRICO CÓNCAVO

OBJETO EN FOCO	OBJETO A LA DERECHA DEL FOCO	FORMACIÓN DE IMÁGENES EN UN ESPEJO ESFÉRICO CONVEXO (EN CUALQUIER PUNTO)
<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay imagen. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la derecha de O. • Virtual. • Derecha. • Mayor que el objeto. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre O y F. • Virtual. • Derecha. • Menor que el objeto.

Ecuación de los espejos esféricos



La razón entre el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto es igual a la razón entre la distancia de la imagen al espejo y la distancia del objeto al espejo.



Los triángulos sombreados son semejantes porque, además de ser rectos, son opuestos por el vértice.

En la figura de la izquierda, llamamos d_o a la distancia del objeto al espejo, d_i a la distancia de la imagen al espejo, h_o al tamaño del objeto y h_i al tamaño de la imagen. Observa que la imagen está invertida; por lo tanto, el valor de h_i debe ser negativo.

Los triángulos rectángulos sombreados tienen un ángulo de igual medida ($\theta_i = \theta_o$). Por consiguiente, son semejantes. Por lo tanto, la relación entre las distancias d_o y d_i con los tamaños h_o y h_i es:

$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{-h_i}{h_o} \dots (1)$$

Debido al valor negativo de h_i , en la proporción le hemos asignado un signo menos para que los dos miembros de la igualdad queden positivos. De lo contrario, estaríamos escribiendo la igualdad de un número positivo con uno negativo.

En la siguiente figura de la izquierda, hemos trazado dos rayos: el que llega desde el extremo del objeto, paralelo al eje y que se refleja por el foco, y el que llega por el centro de la curvatura sin desviarse. Los triángulos sombreados son semejantes; por lo tanto, podemos escribir:

$$\frac{d_i - d_f}{d_f} = \frac{-h_i}{h_o} \dots (2)$$

Al igualar las expresiones (1) y (2), obtenemos:

$$\frac{d_i - d_f}{d_f} = \frac{d_i}{d_o}$$

De donde: $(d_i - d_f)d_o = d_i d_f$

$$d_i d_o - d_f d_o = d_i d_f$$

Al dividir cada término de la expresión por $d_i \cdot d_o \cdot d_f$, que es diferente de cero, obtenemos la siguiente relación, conocida como la ecuación de los espejos esféricos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{d_f}$$

En un espejo esférico, ya sea cóncavo o convexo, las distancias del objeto al espejo (d_o), de la imagen al espejo (d_i) y la distancia focal (d_f) están relacionadas mediante dicha expresión matemática.

Para aplicar esta relación correctamente, debemos considerar un código de signos para las distancias definidas:

d_o : siempre es positiva.

d_i : es positiva si la imagen está en el lado del espejo (zona real), y es negativa en caso contrario (si la imagen está en la zona virtual).

d_f : es positiva si el espejo es cóncavo, y negativa, si es convexo.

r : radio del espejo.

En resumen, una imagen virtual se forma en la intersección de las proyecciones de los rayos reflejados, mientras que una imagen real se forma en la intersección real de los rayos reflejados. Por lo tanto, en un espejo convexo solo se forman imágenes virtuales, mientras que en un espejo cóncavo se pueden producir tanto imágenes reales como virtuales, dependiendo de la ubicación del objeto.

PARA SABER MÁS

Estas son algunas ecuaciones adicionales:

- La distancia focal es la mitad del radio, siempre que la medida del ángulo θ_i sea pequeña.

$$d_f = \frac{r}{2}$$

- El aumento (A) se define como la razón que existe entre la altura de la imagen (h_i) con la altura del objeto (h_o).

$$A = -\frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i}{d_o}$$

EJEMPLO RESUELTO 5

Un objeto de 0,5 cm de altura se coloca a una distancia de 8 cm frente a un espejo esférico de radio 6 cm. Determina el tamaño y la posición de la imagen en los siguientes casos. Indica si la imagen es real o virtual y derecha o invertida.

a) Cuando el espejo es cóncavo.

b) Cuando el espejo es convexo.

a) Cuando el espejo es cóncavo (ver figura 1).

- Calculamos d_i :

El radio mide $r = 6$ cm, su distancia focal es $d_f = \frac{r}{2} = 3$ cm y $d_o = 8$ cm. Mediante la ecuación de los espejos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{d_f}$$

Reemplazando valores, tenemos: $\frac{1}{8} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{3}$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{3} - \frac{1}{8} = \frac{5}{24} \Rightarrow d_i = \frac{24}{5} = 4,8 \text{ cm}$$

- Calculamos b_i :

$d_i = 4,8$ cm, $d_o = 8$ cm y $b_o = 0,5$ cm.

Calculamos el tamaño de la imagen:

$$A = -\frac{b_i}{b_o} = \frac{d_i}{d_o} \Rightarrow \frac{d_i}{d_o} = \frac{b_i}{b_o}$$

$$b_i = -\left(\frac{d_i}{d_o}\right)b_o = -\left(\frac{4,8}{8}\right)(0,5) = -0,3 \text{ cm}$$

La imagen es real, invertida, se encuentra a 4,8 cm frente al espejo, y el tamaño es 0,3 cm menor que el objeto.

b) Cuando el espejo es convexo (ver figura 2).

- Calculamos d_i :

El radio mide $r = 6$ cm, su distancia focal es $d_f = \frac{r}{2} = -3$ cm y $d_o = 8$ cm. Mediante la ecuación de los espejos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{d_f}$$

Reemplazando valores, tenemos: $\frac{1}{8} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{-3}$

$$\frac{1}{d_i} = -\frac{1}{3} - \frac{1}{8} = -\frac{11}{24} \Rightarrow d_i = -\frac{24}{11} = -2,18 = -2,2 \text{ cm}$$

- Calculamos b_i :

$d_i = -2,2$ cm, $d_o = 8$ cm y $b_o = 0,5$ cm.

Calculamos el tamaño de la imagen:

$$A = -\frac{b_i}{b_o} = \frac{d_i}{d_o} \Rightarrow \frac{d_i}{d_o} = \frac{b_i}{b_o}$$

$$b_i = -\left(\frac{d_i}{d_o}\right)b_o = -\left(\frac{-2,2}{8}\right)(0,5) = 0,1375 = 0,14 \text{ cm}$$

La imagen es virtual, derecha, se encuentra a 2,2 cm detrás del espejo, y el tamaño es 0,14 cm menor que el objeto.

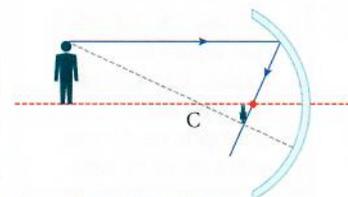


Fig. 1. **Espejo cóncavo.**
La imagen es real, invertida y de menor tamaño.

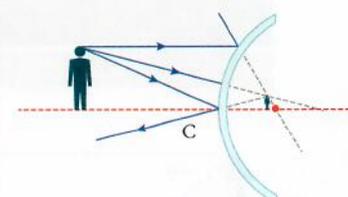


Fig. 2. **Espejo convexo.**
La imagen es virtual, derecha y de menor tamaño.

Refracción

GLOSARIO

- **Dioptrios.** Sistema óptico conformado por una sola superficie que separa dos medios transparentes, homogéneos e isótropos, de distinto índice de refracción.

La refracción nos permite ver objetos pequeños a través de una lupa o un microscopio, o lejanos a través de un telescopio. Su funcionamiento se basa en lentes.



La lupa nos permite magnificar los objetos gracias a la refracción de la luz.

Refracción en lentes delgadas

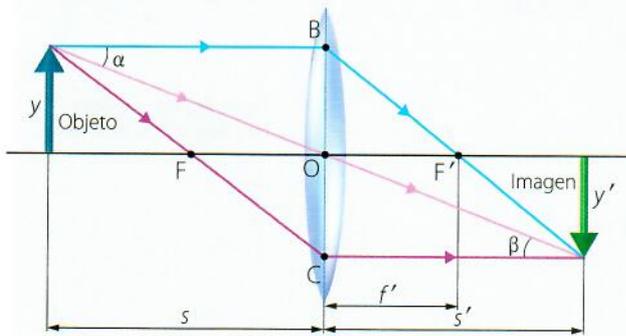
Una **lente** es un sistema óptico limitado por dos dioptrios; al menos uno de ellos debe ser esférico. El medio que está a ambos lados de los dos dioptrios tiene el mismo índice de refracción.

Se dice que es un sistema óptico porque está formado por más de un dioptrio, y está centrado porque los centros ópticos de ambos dioptrios coinciden.

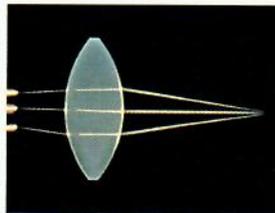
El cristal de una lupa o de unos anteojos es una lente; al menos una de las dos caras es esférica y a ambos lados existe el mismo medio, generalmente el aire. Podemos hablar de dos tipos de lentes: **convergentes** y **divergentes**.

IMAGEN FORMADA POR LENTES DELGADAS

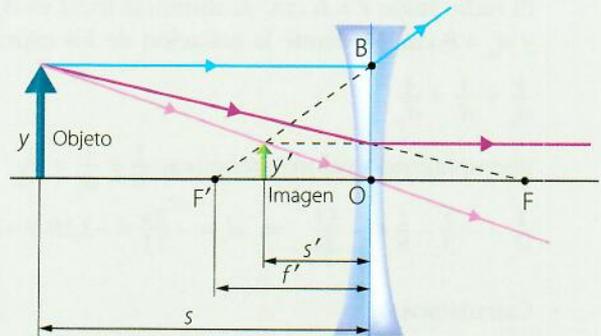
LENTES CONVERGENTES



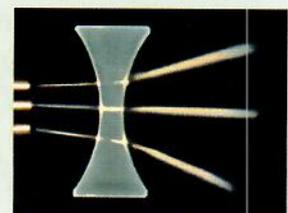
- → Rayo paralelo al eje óptico de la lente. Al refractarse forma un rayo que pasa por el foco imagen.
- → Rayo que pasa por el foco objeto. Al refractarse forma un rayo paralelo al eje óptico.
- → Rayo que pasa por el centro óptico de la lente, O. Al refractarse forma un rayo con la misma dirección.



LENTES DIVERGENTES



- → Rayo paralelo al eje óptico de la lente. Al refractarse diverge formando un rayo cuya prolongación pasa por el foco imagen.
- → Rayo que se dirige al foco objeto: sale paralelo.
- → Rayo que pasa por el centro óptico de la lente, O. Al refractarse forma un rayo con la misma dirección.



FORMACIÓN DE IMÁGENES EN UNA LENTE DELGADA CONVERGENTE: OBJETO A LA IZQUIERDA DEL FOCO

A LA IZQUIERDA DE 2F	OBJETO EN 2F	OBJETO ENTRE 2F Y F
<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre F' y 2F'. • Real. • Invertida. • Menor que el objeto. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • En 2F'. • Real. • Invertida. • Igual que el objeto. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la derecha de 2F'. • Real. • Invertida. • Mayor que el objeto.

FORMACIÓN DE IMÁGENES EN UNA LENTE DELGADA CONVERGENTE

FORMACIÓN DE IMÁGENES EN UNA LENTE DIVERGENTE (OBJETO EN CUALQUIER PUNTO)

OBJETO EN EL FOCO	OBJETO A LA DERECHA DEL FOCO	OBJETO EN CUALQUIER PUNTO
<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay imagen. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la izquierda de O, detrás del objeto. • Virtual. • Derecha. • Mayor que el objeto. 	<p>Imagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre O y F'. • Virtual. • Derecha. • Menor que el objeto.

CORRECCIÓN DE ENFERMEDADES DE LA VISTA

MIOPÍA	HIPERMETROPIA	ASTIGMATISMO

Las **personas miopes** tienen el cristalino más convergente de lo normal. Enfocan bien los objetos cercanos, pero los rayos procedentes de los alejados convergen en un punto anterior a la retina, por lo que la imagen que se forma en esta es borrosa (1). La miopía se corrige con una **lente divergente**, que hace que el foco del conjunto lente + cristalino se sitúe sobre la retina (2).

Las **personas hipermétropes** tienen el cristalino menos convergente de lo normal. El foco de los objetos lejanos está más allá de la retina. Ven bien los objetos lejanos, pero ven mal los próximos, ya que cuando los rayos refractados llegan a la retina aún no han convergido (1). Se corrige con una **lente convergente**, que hace que el foco del conjunto lente + cristalino se sitúe sobre la retina (2).

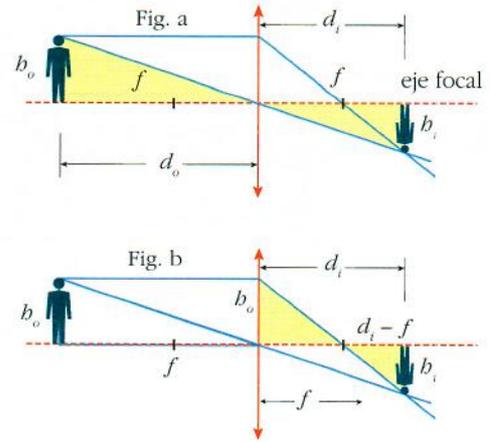
Las **personas con astigmatismo** tienen habitualmente una córnea deformada, con curvatura vertical diferente de la horizontal (balón de rugby). Esto hace que no enfoquen correctamente los objetos cercanos ni los lejanos, pues la luz procedente de un objeto que entra en la córnea en lugares diferentes se enfoca en zonas distintas (1). Se corrige con lentes cilíndricas, no esféricas (2).

EN LA WEB

Para conocer más acerca de la óptica, ingresa a:
<http://rabfis15.uco.es/portaloptica/opticaAzulMX.swf>

Ecuación de las lentes

Como lo hicimos para los espejos, deduciremos una relación entre la altura del objeto b_o , la altura de la imagen b_i , la distancia del objeto a la lente d_o y la distancia de la imagen a la lente d_i .



Deducción de ecuación de las lentes.

En la **figura a**, se han trazado dos rayos: uno que llega paralelo al eje, se desvía y pasa por el foco, y el otro que pasa por el centro de la lente sin desviarse. Observa que los triángulos sombreados en la **figura a** son semejantes. Por lo tanto:

$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{-b_i}{b_o} \dots (1)$$

Como en los espejos, cuando la imagen es invertida, el valor de b_i es negativo. Por tal razón, escribimos en las proporciones $-b_i$ pues no podríamos igualar un número positivo con un número negativo.

También son semejantes los triángulos sombreados en la **figura b**. Por lo tanto, tenemos que:

$$\frac{d_i - d_f}{d_f} = \frac{-b_i}{b_o} \dots (2)$$

Al igualar las expresiones (1) y (2), obtenemos: $\frac{d_i - d_f}{d_f} = \frac{d_i}{d_o}$

Al seguir el mismo procedimiento que en los espejos, obtenemos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{d_f}$$

Esta ecuación de las lentes convergentes es válida también para las divergentes, las distancias del objeto a la lente (d_o), distancia de la imagen a la lente (d_i) y la distancia focal (d_f). Para aplicar esta relación correctamente, debemos partir de un código establecido para las distancias definidas:

d_o : siempre es positiva.

d_i : es positiva si la imagen está detrás de la lente (zona real), y es negativa si está al mismo lado del objeto (zona virtual).

d_f : es positiva si el lente es convergente, y negativa si es divergente.

En las lentes, la distancia focal d_f depende del radio r de cada una de las capas y del índice de refracción del material con el cual están construidas. La relación es:

$$\frac{1}{d_f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

PARA SABER MÁS

Estas son algunas ecuaciones adicionales:

- Potencia de una lente:

$$P = \frac{1}{d_f}$$

Se mide en dioptrías (m^{-1}).

- El aumento de una lente (A) es negativo cuando la imagen es invertida, y positivo cuando es derecha.

$$A = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$

EJEMPLO RESUELTO 6

Delante de una lente, se coloca un objeto de 5 cm de altura a 80 cm de distancia. Determina la posición, el tamaño de la imagen y el aumento. Encuentra la imagen en forma gráfica y analítica en los casos mencionados a continuación. Además, indica si la imagen es real, virtual, derecha o invertida.

a) La lente es convergente, de distancia focal 40 cm.

b) La lente es de -2 dioptrías.

a) En forma analítica para lentes convergentes (ver figura 1).

- Calculamos d_i :

Puesto que se trata de una lente convergente, sus datos son $d_f = 40$ cm y $d_o = 80$ cm. Por la ecuación de las lentes, tenemos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{d_f} \quad \text{Por lo tanto: } \frac{1}{80} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{40} \rightarrow d_i = 80 \text{ cm}$$

Si d_i es positiva, la imagen es real.

- Calculamos b_i :

Datos conocidos: $d_o = 80$ cm, $d_i = 80$ cm y $b_o = 5$ cm. Por la ecuación que relaciona las alturas, tenemos:

$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{-b_i}{b_o} \rightarrow \frac{80}{80} = \frac{-b_i}{5} \rightarrow b_i = -5 \text{ cm, imagen invertida.}$$

- Calculamos A :

Para determinar el aumento, usamos $A = -\frac{d_i}{d_o} = -1$; la imagen es del mismo tamaño del objeto, pero aparece invertida.

b) En forma analítica para lentes divergentes (ver figura 2).

- Calculamos d_i :

Puesto que la potencia de la lente es de $P = -2$ dioptrías (recordemos $P = 1/d_f$), entonces $d_f = -50,0$ cm. Tenemos:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{d_f} \quad \text{Por lo tanto: } \frac{1}{80} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{-50} \rightarrow d_i = -30,8 \text{ cm}$$

Como d_i es negativo, la imagen es virtual.

- Calculamos b_i :

$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{-b_i}{b_o} \quad \text{Por lo tanto: } b_i = \frac{25}{13} = 1,92 \text{ cm (imagen derecha)}$$

- Calculamos el aumento A :

$$A = \frac{b_i}{b_o} = 1,92/5 = 0,384 \text{ menor tamaño que el objeto.}$$

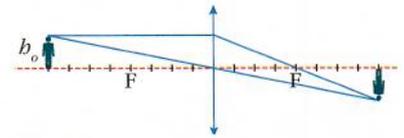


Fig. 1. Símbolo de lente convergente
Método gráfico para hallar la imagen producida por una lente convergente de distancia focal 40 cm.

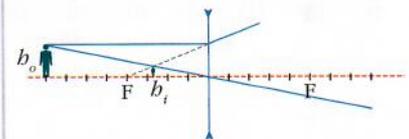


Fig. 2. Símbolo de lente divergente
Método gráfico para hallar la imagen producida por una lente de -2 dioptrías (lente divergente).



Antonie van Leeuwenhoek, comerciante y científico neerlandés.

BIOGRAFÍA

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723). Científico neerlandés que, en 1674, descubrió que al observar objetos cercanos a través de una lente convergente, se veían de mayor tamaño. Para observar objetos cada vez más pequeños, construyó lentes de menor tamaño y de distancia focal más corta; diseñando así el primer microscopio simple. Con este instrumento descubrió los primeros microorganismos: glóbulos rojos y blancos, varios protozoos y bacterias.



El espectro electromagnético

La luz pertenece a una familia de ondas que comparten características comunes de propagación y energía.

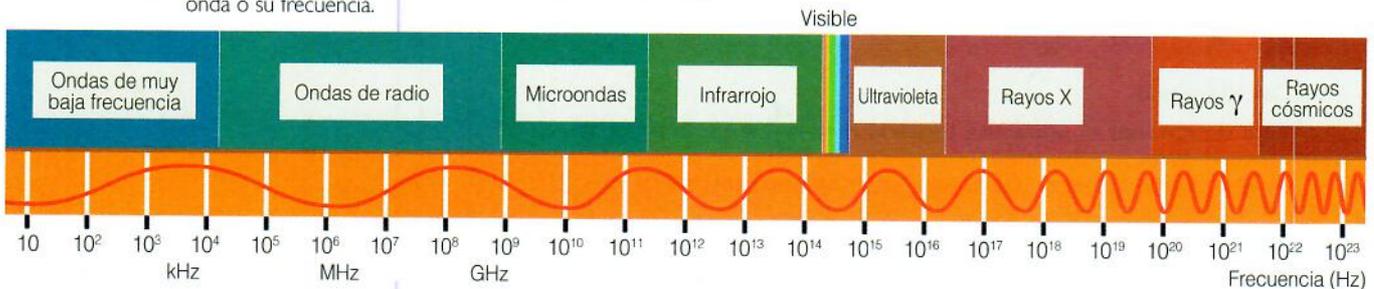
Cuando se produce la dispersión de la luz solar, se obtiene el espectro de la luz blanca.

El **espectro** es el análisis de las distintas radiaciones sencillas que componen la radiación que nos llega de un cuerpo. Su representación muestra la energía y la intensidad de esas radiaciones.

Al color rojo le corresponde una longitud de onda de 700 nm, y al violeta le corresponde una de 400 nm. La luz visible para las personas es una onda electromagnética con una longitud de onda comprendida entre estos dos valores. Existen, además, ondas electromagnéticas con mayor o menor longitud de onda. Por ejemplo, las radiaciones ultravioleta o infrarrojo.

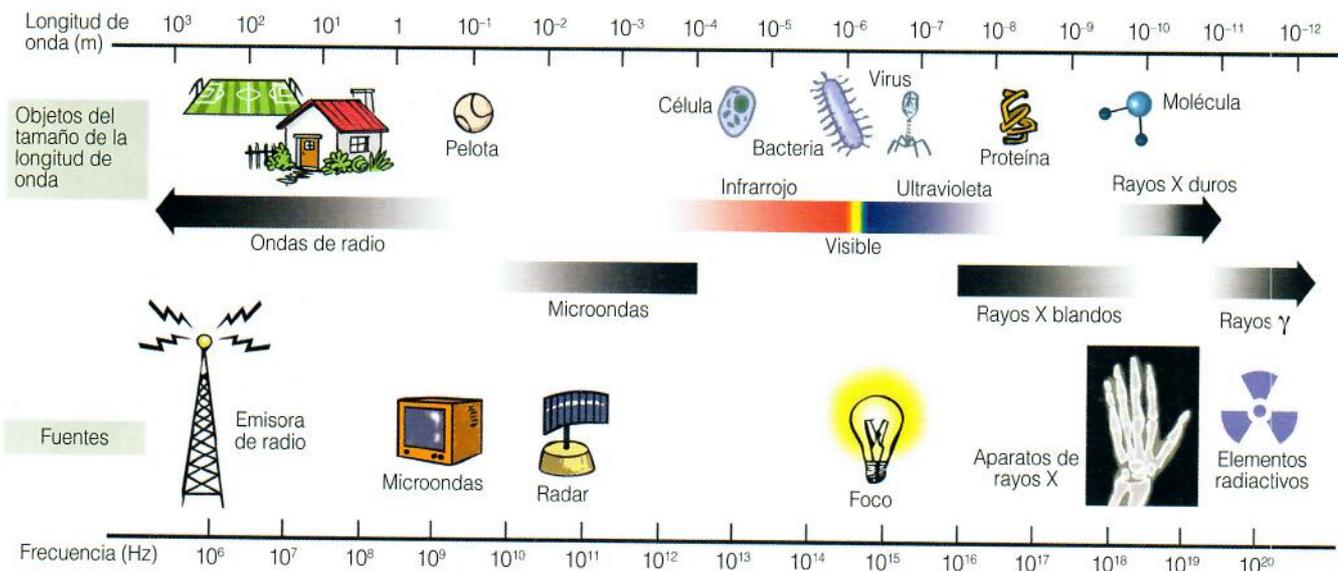
El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas que existen forman el **espectro electromagnético**.

Espectro electromagnético.
La energía de una radiación se mide por su longitud de onda o su frecuencia.



Como ves, la luz visible es solo una pequeña parte del espectro electromagnético. Desde hace más de un siglo, las personas hemos aprendido a construir aparatos capaces de generar y recibir ondas electromagnéticas de diversas frecuencias: rayos X, microondas, ondas de radio, etc. Todas las ondas electromagnéticas se propagan con la misma velocidad: la velocidad de la luz (300 000 km/s), representada habitualmente con la letra *c*.

Tipos de ondas que forman parte del espectro electromagnético.



Las ondas del espectro electromagnético

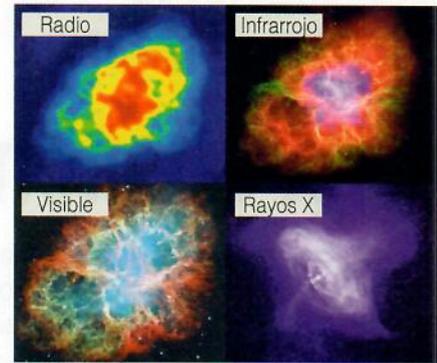
Los efectos de una radiación dependen de su energía. En el esquema anterior, se muestran las distintas radiaciones que forman el espectro electromagnético y algunos de sus efectos.

En muchos casos la escala del espectro electromagnético se establece en frecuencias (f), pero en otros se hace en longitudes de onda (γ). Como todas las radiaciones se propagan en el vacío a la misma velocidad ($3 \cdot 10^8$ m/s), se puede establecer fácilmente la relación entre ambas magnitudes: cuanto mayor es la frecuencia, menor es la longitud de onda de la radiación, y viceversa.

En el caso de ondas electromagnéticas:

$$\frac{\text{Longitud de onda}}{\gamma} \cdot f = c \quad \text{Velocidad de la luz}$$

$$\text{Frecuencia}$$



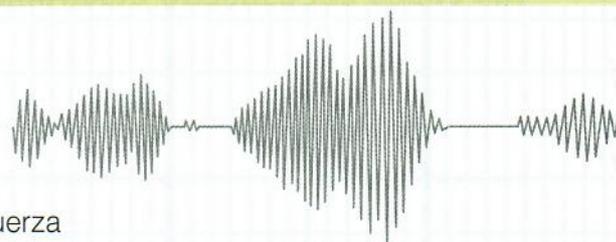
Nebulosa del Cangrejo.

Las ondas electromagnéticas se utilizan para obtener información de nuestro universo. Disponemos de instrumentos capaces de detectar rayos X, rayos ultravioleta, radiación infrarroja, ondas de radio, entre otras.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO		
Radiación	Características	Usos
Rayos cósmicos	Forman la radiación más energética del espectro electromagnético. Esta radiación bombardea la Tierra continuamente procedente del espacio exterior.	Estudios del espacio. Tecnología en desarrollo: detección de radiación nuclear, detección temprana de terremotos y erupciones volcánicas, entre otras.
Rayos gamma (γ)	Se originan en muchos procesos radiactivos.	Tratamientos contra el cáncer, por su capacidad para destruir células tumorales. Se usan también en astrofísica.
Rayos X	Atraviesan partes blandas, pero son absorbidos por materiales densos, como algunos metales o los huesos.	Obtención de imágenes fotográficas en medicina (radiografías) o la industria (análisis de soldaduras en metales). Exposiciones prolongadas a los rayos X pueden producir cáncer. Se usan también en astrofísica.
Rayos ultravioleta (UV)	Los menos energéticos oscurecen la piel. Los más energéticos pueden producir daños en los ojos o cáncer de piel.	Rayos UVA, iluminación. Lámparas de seguridad (detectores de billetes falsos). Se usan también en astrofísica.
Luz visible	Es la parte del espectro electromagnético que pueden captar nuestros ojos.	La región más importante del espectro, sin duda. Nos permite ver. Comunicaciones (fibra óptica).
Rayos infrarrojos (IR)	Tienen menos energía que la luz visible. Los emiten los cuerpos calientes.	La radiación infrarroja es la radiación que detectan las lentes de visión nocturna. Se usa también en medicina o en astrofísica.
Microondas	Tienen menos energía que los rayos infrarrojos. Hacen vibrar las moléculas de agua, por eso, se utilizan en hornos.	Hornos microondas, celulares.
Ondas de televisión y radio	Su energía es menor que la de las microondas.	Telecomunicaciones, radares, etc.
Ondas de muy baja frecuencia	Tienen poca energía.	Las emiten las computadoras.
Ondas de frecuencia extremadamente baja	Son las ondas electromagnéticas menos energéticas.	Las emiten las líneas de alta tensión.



El sismómetro



El sismómetro es un instrumento empleado para medir la fuerza de las oscilaciones cuando se propagan las ondas por la corteza terrestre. Para el ser humano ha sido difícil predecir estos movimientos, pero aun así puede medir el poder de destrucción.



Sismógrafo de Chan-Heng



Primer sismómetro conocido. Fue creado en China alrededor del 130 d. C.

Consistía en una vasija de bronce donde se colocaban seis bolas en perfecto equilibrio en la boca de seis dragones ubicados alrededor de la vasija. Cuando vibraba la Tierra, las bolas caían en la boca de las ranas ubicadas en la parte inferior.

Sismómetro de Bosh Omori



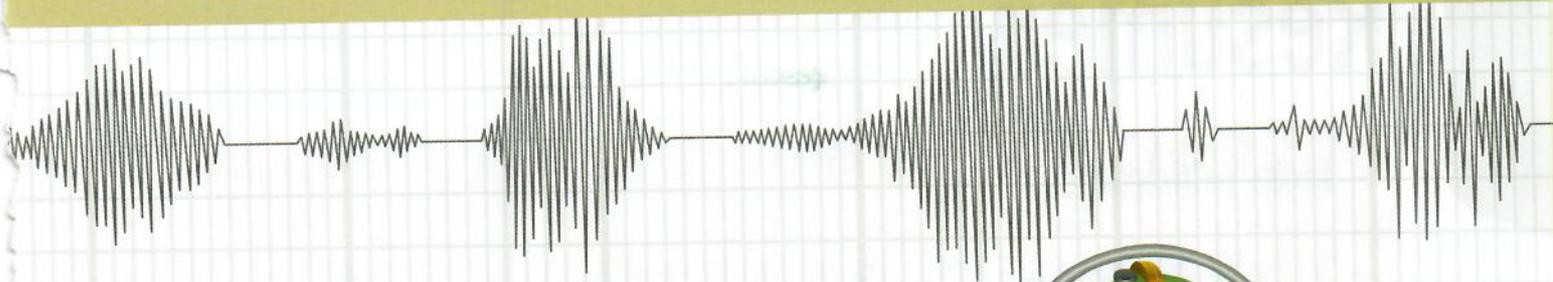
Consiste en un péndulo horizontal con una pluma que marca directamente el movimiento en el papel.

Sismograma donde queda registrado el movimiento.

Amortiguamiento de aceite para percibir pequeños movimientos.

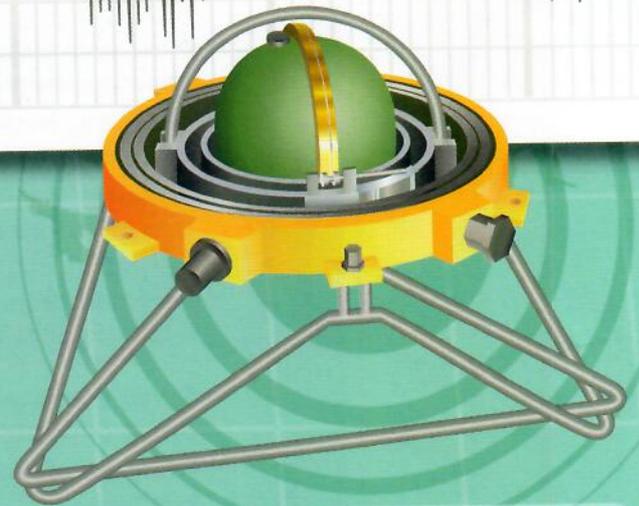


© Santillana S.A.



Tambor de registro que gira para no sobrescribir en la información ya obtenida.

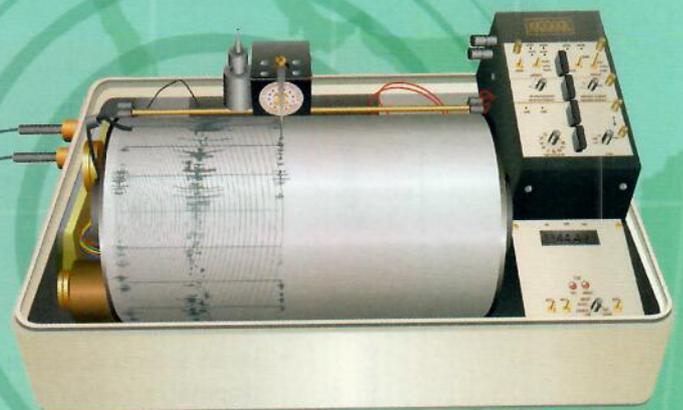
Masa ligada a un resorte que oscila cuando hay un movimiento telúrico.



Sismómetro de fondo oceánico

Se utiliza para medir movimientos telúricos en el fondo del mar. Puede resistir inmersiones de hasta 6000 m; por eso, su estructura está sellada.

Los sensores detectan movimientos en las capas del fondo marino y convierten las señales análogas en datos digitales que almacenan en una memoria.



Sismógrafo quinemétrico

Dispositivo electrónico del departamento del interior de los Estados Unidos. Percibe hasta la mínima vibración de las placas tectónicas.

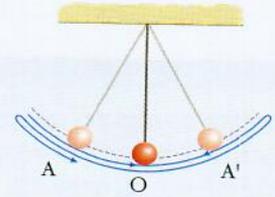
Resumen

Ideas principales

LAS ONDAS

Movimiento oscilatorio y ondulatorio

- Movimiento oscilatorio: movimiento de vaivén con respecto a una posición de equilibrio estable.
- Movimiento armónico simple (MAS): movimiento oscilatorio y periódico en una recta.
- Movimiento ondulatorio: perturbación que se propaga en el espacio y que se caracteriza por un transporte de energía.
- Magnitudes de las ondas: elongación y amplitud, longitud de onda, periodo, frecuencia y velocidad.



El sonido

- Sonido: energía generada por la vibración de un cuerpo. Se propaga mediante ondas mecánicas.
- Propiedades del sonido: timbre, intensidad, tono y frecuencia.
- Velocidad del sonido: 340 m/s. Vsólidos > Vlíquidos > Vgases.
- Reflexión del sonido: eco y reverberación. Aplicaciones: sonar, ecografía, ultrasonido.



Getty Images

La luz

- Luz: onda de tipo transversal que se puede propagar en el vacío donde alcanza una velocidad máxima aproximada de $3,10^8$ m/s.
- Propagación de la luz: reflexión y refracción.
- Otros fenómenos luminosos: absorción, difracción, dispersión e interferencia de la luz.



Shutterstock

Espejos

- Reflexión en espejos planos: superficie plana pulimentada que refleja los rayos de luz.
- Reflexión en espejos esféricos: fragmento de una superficie esférica que se ha pulimentado y refleja los rayos de luz. Si la superficie reflectante es cóncava (espejo cóncavo) y convexa (espejo convexo).



Shutterstock

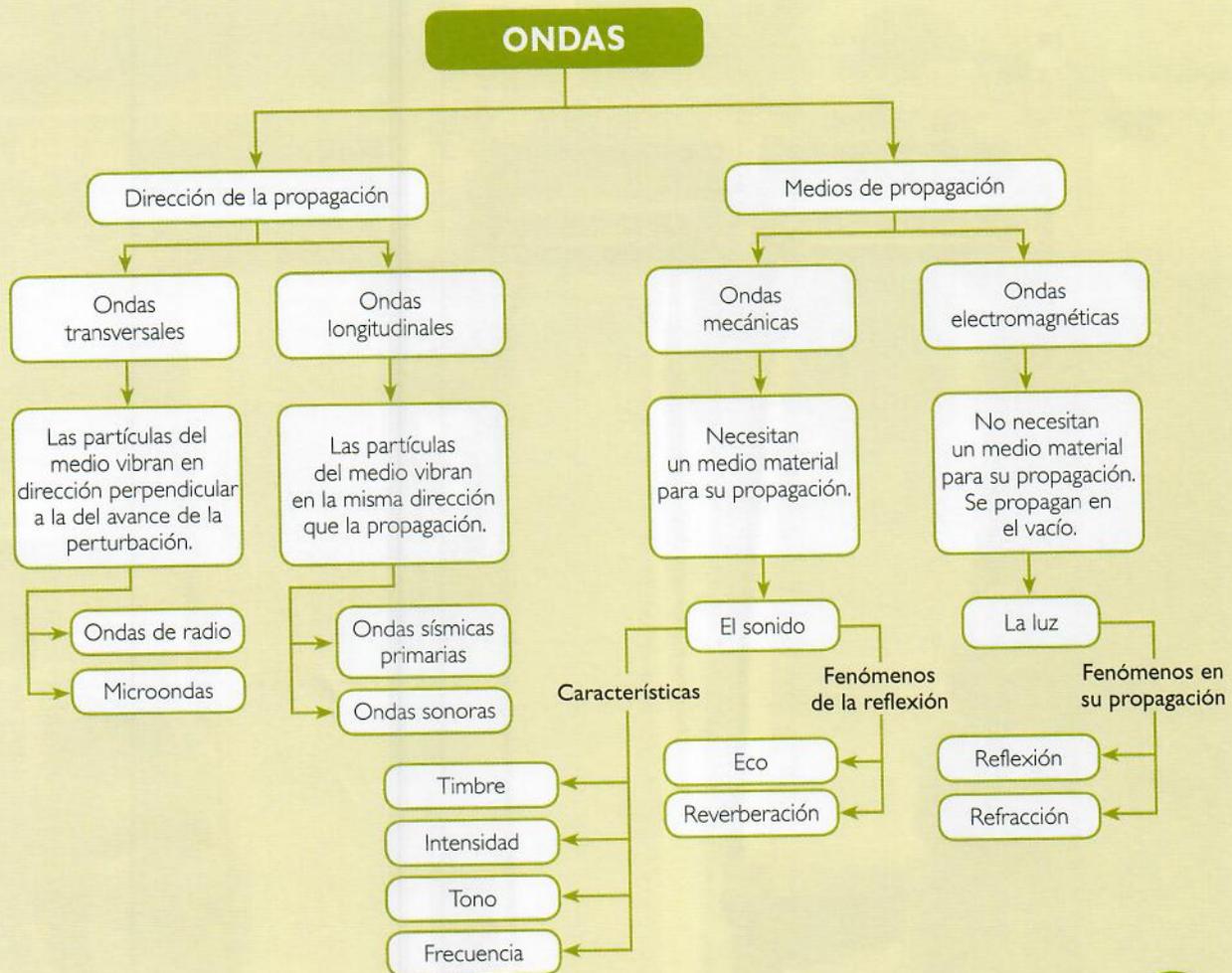
Refracción y el espectro electromagnético

- Lente: sistema óptico centrado y limitado por dos dioptrios; al menos uno de ellos debe ser esférico.
- Tipos de lentes: convergentes y divergentes.
- Espectro electromagnético: conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas que existen.



© Santillana S.A.

Organizador visual: red semántica



Opciones de consulta

Para reforzar

En estos sitios web encontrarás información acerca de la energía y sus aplicaciones para reforzar lo que has aprendido.

- <https://amrs17.wordpress.com/2-movimientos-ondulatorios/>
- <http://www.fisic.ch/cursos/primer-medio/teorias-de-la-luz/>

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

Una visión analítica del movimiento. (2008). (Vols. 1-2). Lima: Lumbreras Editores.

Para ampliar

History Channel (2008). *El universo: la velocidad de la luz*.

Según las leyes de la física, el ser humano nunca podrá viajar más rápido que la velocidad de la luz. Dicha velocidad nos permite ver cosas de manera instantánea aquí en la Tierra y nos muestra la historia del universo viajando casi 14 000 millones de años atrás. Este capítulo de la serie documental *El universo*, explora el concepto de la velocidad de la luz, el límite máximo permitido por las leyes del universo, la búsqueda de los científicos por encontrar la forma de romper la "barrera de la luz", y realizar el ansiado viaje a las estrellas.

- <https://www.youtube.com/watch?v=nTayc9cJL0o>



IDEAS CLAVE

- La electricidad
- Las cargas eléctricas
- El campo eléctrico
- El potencial eléctrico
- La corriente eléctrica
- Los circuitos eléctricos
- Las fuentes de energía eléctrica

7

La electricidad

LEEMOS

La electricidad en el Perú

La Central Hidroeléctrica del Mantaro se encuentra en el distrito de Colcabamba, en la provincia de Tayacaja, región Huancavelica. Es una de las más importantes del Perú, ya que produce el 40% de la energía del país y alimenta el 70% de la industria nacional que está concentrada en Lima. Su potencia es de 798 megawatts.

Esta central se terminó de construir el 10 de noviembre de 1984 y significó un gran avance tecnológico para la época, puesto que permitió llevar electricidad a los hogares de muchos peruanos.

Actualmente, nuestro país cuenta con la Central Térmica Kallpa ubicada en Chilca, región Lima, que complementa la función de la Central Hidroeléctrica del Mantaro.

¿Cómo llega la corriente eléctrica a nuestros hogares? ¿Qué medidas de seguridad deben tener las personas que trabajan en empresas de electricidad? Supón que en algún momento, debido al calentamiento global, la Central Hidroeléctrica del Mantaro se quedara sin el nivel de agua suficiente. ¿Qué pasaría con la electricidad de tu hogar? ¿Te quedarías sin ella? ¿Cómo se puede calcular el consumo diario de energía eléctrica? ¿Qué otras energías se pueden utilizar de manera alternativa a la hidráulica?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al terminar la unidad, habrás realizado indagaciones y explicaciones científicas acerca del comportamiento de la corriente eléctrica, sus aplicaciones y utilidades en la vida diaria. Además, podrás aplicar los conocimientos para construir prototipos que te permitan contribuir al desarrollo sostenible de nuestro planeta. También, podrás asumir una posición frente a la importancia de hacer un buen uso de la energía.

Central Hidroeléctrica del Mantaro, región Huancavelica

Introducción a la unidad

La electricidad es producida por grandes generadores de energía eléctrica y transportada a los hogares gracias a las líneas de alta tensión. Estas líneas son las encargadas de llevar la electricidad desde las centrales eléctricas hasta los transformadores y, desde aquí, se reparte a las ciudades y fábricas.

En esta unidad aprenderás acerca de la generación de la electricidad y las leyes que la rigen. Además, estudiarás las transformaciones energéticas en un circuito eléctrico y analizarás la relación entre la energía eléctrica y el potencial eléctrico. Finalmente, reflexionarás sobre la importancia de la energía eléctrica y las fuentes de energía renovables en beneficio del ser humano.

Los orígenes de la electricidad



Elektron, nombre griego del ámbar, es el término que ha servido genéricamente para designar a todos los fenómenos derivados de estas primitivas observaciones que hoy conocemos como electricidad.

La electricidad está presente en la naturaleza de maneras muy diversas, quizás la más espectacular sea el rayo. Pero la correcta interpretación de los fenómenos eléctricos ha sido bastante difícil de alcanzar.

Los primeros descubrimientos

Tales de Mileto (625-547 a. C.), antiguo científico y pensador griego, comprobó que si se frotaba ámbar con lana, este atraía objetos ligeros que volaban y se adherían a él.

Se cree que el físico y médico inglés William Gilbert (1544-1603) fue la primera persona en utilizar la palabra *eléctrico*. Además, inventó el primer instrumento eléctrico al que llamó *versorium*.

El desarrollo de la electricidad desde Franklin

Desde la descripción de los primeros fenómenos eléctricos, los avances que se han producido en el estudio de la electricidad han sido bastante lentos.

- En el siglo XVIII, Benjamin Franklin (1706-1790) voló una cometa con la intención de "capturar la electricidad" de las nubes tormentosas.

A partir de aquí muchos científicos experimentaron con las cargas eléctricas en sus laboratorios y observaron que pueden originar chispas eléctricas.

- En 1787, Luigi Galvani (1737-1798) se dio cuenta de que, al poner tejido de animal muerto en contacto con dos metales, los músculos se contraían.
- Más tarde, Alessandro Volta (1745-1827) se enteró de este suceso y, en sus estudios posteriores, consiguió desarrollar un instrumento capaz de producir cargas eléctricas al que llamó electróforo. Hacia 1800 anunció haber encontrado una fuente de electricidad: era la primera pila eléctrica.

GLOSARIO

Versorium. Instrumento eléctrico antiguo que se desplazaba cuando se le acercaban objetos que previamente habían sido frotados.

- En 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851), mientras realizaba sus experimentos, encontró que existía una relación muy estrecha entre los fenómenos eléctricos y magnéticos de la materia. Surgió así el electromagnetismo y se inventó un artilugio fascinante para esa época: el electroimán.
- En las primeras décadas del siglo XIX, Michael Faraday (1791-1867) realizó importantes descubrimientos que permitieron comprender la relación existente entre la electricidad y el magnetismo. Sus trabajos facilitaron el desarrollo del generador eléctrico y del motor eléctrico.
- En 1870, Thomas Alva Edison (1847-1931) fabricó focos y otros elementos para facilitar el uso de la luz eléctrica en las casas. Una vez que la electricidad estuvo disponible, se empezó a pensar en nuevas aplicaciones. Se inventaron aparatos para hacer más fácil y cómoda la vida doméstica: planchas, estufas, batidoras, cocinas eléctricas, etc.
- Otro descubrimiento importante fue el del telégrafo, perfeccionado por Samuel Morse (1791-1872) en 1837. A partir de aquí se abrió una importante vía en el desarrollo de las comunicaciones.
- En 1880, Heinrich Hertz (1857-1894), basándose en la teoría del electromagnetismo, demostró la existencia de ondas, predichas en 1873 por James C. Maxwell (1831-1879), que podían ser detectadas a distancia. Esto permitió un avance espectacular en el campo de las comunicaciones sin hilos. Se inventaron la radio y la televisión.

La comprensión del comportamiento y la naturaleza de los electrones permitió el desarrollo de componentes electrónicos, como las válvulas y los transistores. En la década de 1960 se desarrollaron técnicas para obtener circuitos integrados: comenzó así la actual era electrónica.

¿SABÍAS QUE...?

La electricidad está presente en la vida animal.

- La raya eléctrica es capaz de generar descargas eléctricas que matan a sus víctimas más cercanas.



- El tiburón tiene unos mil sensores eléctricos que le permiten localizar a su presa en completa oscuridad.



Los impulsos eléctricos son responsables de los latidos del corazón y de la transmisión de estímulos nerviosos que nos permiten pensar y movernos.

- Si se usa con mucho cuidado, la electricidad puede diagnosticar, curar y cicatrizar heridas. Hoy en día se utilizan bisturís eléctricos para algunas operaciones.
- El electrocardiograma es un registro gráfico que representa los latidos del corazón.
- Los marcapasos son aparatos que regulan los latidos del corazón.



Shutterstock



Electroimán. Es un trozo de hierro con un alambre enrollado alrededor de él. Cuando pasa electricidad por el alambre, se convierte en un imán.



Primeras lámparas eléctricas inventadas por Thomas Alva Edison.



El primer receptor de Morse tenía un electroimán y una aguja que se presionaba sobre una tira de papel en movimiento.

Las cargas eléctricas

En la naturaleza la carga eléctrica es algo inherente a la materia e inseparable de ella. En cualquier lugar donde exista materia, existe carga eléctrica. Sin embargo, no toda la materia manifiesta fenómenos de tipo eléctrico.

¿Qué es la carga eléctrica?

La materia que nos rodea está formada por átomos que tienen, a su vez, protones, neutrones y electrones. Los protones y electrones tienen una propiedad que se conoce con el nombre de carga eléctrica.

Esta carga eléctrica puede ser de dos tipos.

- **Positiva (+)**, la que tienen los protones.
- **Negativa (-)**, la que tienen los electrones.

Normalmente, los átomos de los cuerpos tienen tantos protones como electrones, por lo que tendrán tantas cargas eléctricas positivas como negativas. Esto hace que sean neutros.

Pero los átomos pueden ganar o perder electrones y convertirse en iones. De esta forma, los cuerpos neutros pueden adquirir una carga eléctrica.

- Cuando los átomos **ganan electrones**, el cuerpo adquiere **carga eléctrica negativa**.
- Cuando los átomos **pierden electrones**, el cuerpo adquiere **carga eléctrica positiva**.

Un cuerpo electrizado está cargado positiva o negativamente porque ha perdido o ganado electrones. Por consiguiente, la carga eléctrica es una magnitud física medible y cuantificable. La cantidad de electricidad "neta" de un cuerpo será igual a un número entero de veces la carga del electrón.

En el sistema internacional, la unidad de carga eléctrica es el coulomb (C), que equivale a la carga eléctrica de unos seis trillones de electrones.

$$1 \text{ C} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ electrones}$$

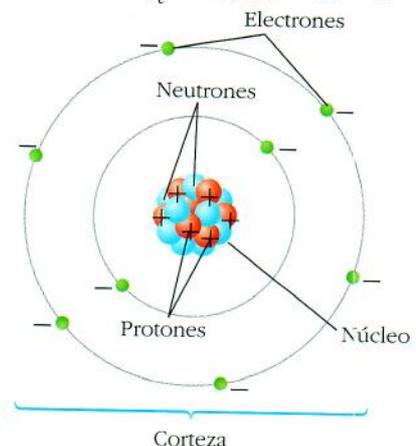
Otra unidad muy usada es el microcoulomb (μC): $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$

Por lo tanto, la carga del electrón en coulombs será: $q_e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Se considera que es una carga de tipo negativo.

La carga de un protón tiene el mismo valor, pero es de signo opuesto: $+1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Estructura del átomo. El átomo está formado por núcleo y corteza. En el núcleo se encuentran los protones (cargados positivamente) y los neutrones, y en la corteza están los electrones (cargados negativamente). El átomo es neutro y tiene el mismo número de protones que de electrones.



© Santillana S.A.



Las auroras boreales se producen cuando partículas con carga eléctrica procedentes del Sol inciden sobre la atmósfera terrestre y generan luz.

¿SABÍAS QUE...?

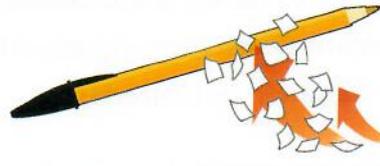
Las palabras *positiva* o *negativa* no hacen referencia a ninguna característica añadida de las cargas eléctricas; simplemente sirven para diferenciar los dos tipos de carga eléctrica.

¿Cómo adquieren carga eléctrica los cuerpos?

Para adquirir carga eléctrica, los cuerpos tienen que ganar o perder electrones. Si frotamos un lapicero con un paño de lana, veremos que atrae pequeños trozos de papel. Entonces, el lapicero se ha electrizado.



El lapicero se electriza.



El lapicero atrae a los papelitos.

Este fenómeno se explica porque, al frotar, pasan electrones de la lana al lapicero y este se carga negativamente.

Otras sustancias, como la ebonita, el vidrio, el ámbar, etc., también se electrizan. Por ejemplo, cuando frotamos una barra de vidrio con un paño de seda, pasan cargas negativas del vidrio a la seda, con lo que la barra de vidrio queda con un exceso de carga positiva, y la seda, con un exceso de carga negativa.



Conservación de la carga

La carga se conserva, es decir, no puede ser destruida. Cuando el vidrio se frota con seda, pierde sus electrones porque la seda los ha ganado; entonces, el vidrio queda cargado positivamente, y la seda, cargada negativamente. Así, podemos afirmar que cuando frotamos dos objetos, estos se cargan eléctricamente con cargas de distinto signo.

En toda transferencia de cargas eléctricas, se cumple el principio de conservación de la carga, que se enuncia así: La cantidad de carga de un sistema aislado es constante.

EJEMPLO RESUELTO 1

Al frotar con seda una barra de vidrio A, inicialmente neutra, pierde $10 \cdot 10^{12}$ electrones. Otra barra de vidrio B, idéntica a A, también es frotada y pierde $30 \cdot 10^{12}$ electrones. Si ambas barras se ponen en contacto y después de la transferencia de electrones quedan cargadas con igual cantidad de carga, ¿cuál es el déficit de electrones en cada barra después del contacto?

- Calculamos la carga total del sistema formado por las dos barras de vidrio:
Carga total = $10 \cdot 10^{12} + 30 \cdot 10^{12} = 40 \cdot 10^{12}$ electrones.
- Cuando las barras se pongan en contacto, los electrones de una se transferirán a la otra, pero la carga total del sistema permanecerá constante. Como ambas barras quedan finalmente cargadas con igual cantidad de carga, tenemos:
Carga final en cada barra = $\frac{40 \cdot 10^{12}}{2} = 20 \cdot 10^{12}$ electrones
El déficit de electrones en cada barra es de $20 \cdot 10^{12}$ electrones.



El **electroscopio** está formado por dos hojas metálicas colocadas en el extremo de una barra metálica y protegidas por un frasco. Al cargarse con cargas del mismo tipo, las dos hojas se repelen.



El vidrio pierde electrones y queda cargado positivamente.

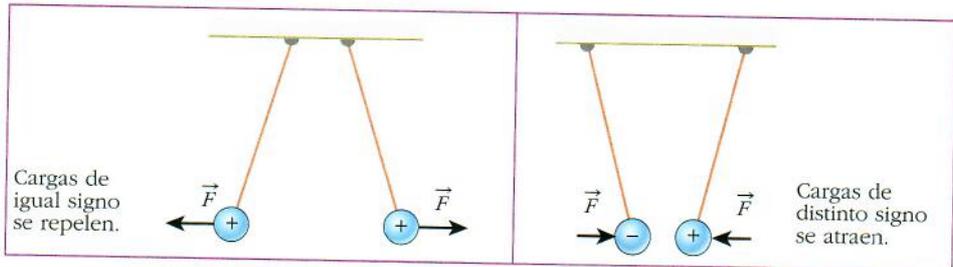


El ámbar gana electrones y queda cargado negativamente.

Interacción entre cargas

¿Qué ocurre cuando se aproximan dos cuerpos con carga positiva?
¿Y si ambos tienen carga negativa? Cuando uno tiene carga positiva y otro negativa, ¿qué sucede?

Sabemos que existen dos tipos de cargas que se denominan **cargas positivas** y **cargas negativas**. Las partículas cargadas con signos iguales ejercen fuerza de repulsión entre sí, y las partículas cargadas con signos diferentes ejercen fuerza de atracción entre sí.



A esta ley se le llama la 1.^a ley de Coulomb.

Cuantización de la carga

La carga eléctrica no puede tomar valores arbitrarios, sino que los valores que puede adquirir son múltiplos enteros de una cierta carga eléctrica mínima. Esta propiedad se conoce como **cuantización de la carga** y el valor fundamental corresponde al valor de carga eléctrica que posee el electrón, representado por e . Cualquier carga q que exista físicamente se puede escribir como $n \cdot e$, siendo n un número entero positivo o negativo.

Para estudiar la fuerza con que dos cuerpos se atraen o se repelen, se utiliza la 2.^a ley de Coulomb, deducida por Charles-Agustín Coulomb (1736-1806), que dice:

Dos cargas eléctricas se atraen o se repelen con una fuerza que es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. La fuerza depende, además, del medio en el que estén dichas cargas.

$$|\vec{F}| = K \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

- \vec{F} : fuerza en *newtons* (N).
- q_1 y q_2 : cargas en *coulombs* (C).
- d : distancia que separa las cargas en *metros* (m).
- K : constante de *coulomb*. Depende del medio (en el vacío, $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$).



Niña probando el generador de Van de Graaff.

© Santillana S.A.

PARA SABER MÁS

En el sistema internacional, la carga eléctrica se mide en *coulombs* (C). El valor de la carga fundamental es el electrón, cuyo valor es $-1,6 \cdot 10^{-19}$ *coulombs*. Matemáticamente, esto se expresa así:

$$q = n \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

$$q = n \cdot e$$

$$|e| < > 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Donde:

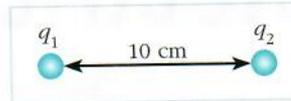
n = número entero

e = carga del electrón

q = carga del cuerpo

EJEMPLO RESUELTO 2

Dos cargas eléctricas, $q_1 = +54 \mu\text{C}$ y $q_2 = +5 \mu\text{C}$, están separadas por una distancia de 10 cm, como se indica en la figura. Calcula el valor de la fuerza electrostática de interacción entre ellas ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{C}$).



- El valor de la fuerza electrostática viene determinado por la ley de Coulomb:

$$F = K = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

- Antes de aplicar la ecuación, expresamos todos los datos en el sistema internacional, ya que el valor de la constante electrostática K está expresado en esas unidades:

$$q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}; q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{C}; r = 0,1 \text{m}$$

- Sustituyendo estos valores en la expresión de la ley de Coulomb, tenemos el valor de:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,1^2} = 18 \text{N}$$

La fuerza es de repulsión, pues ambas cargas son positivas.

Propiedades eléctricas de algunos materiales

Aislante	Conductor
Agua	Plata
Madera	Cobre
Vidrio	Aluminio
Ámbar	Hierro
Azufre	Mercurio
Plástico	Nicromo
Aire	Carbono

Conductores, aislantes y semiconductores

Todos los cuerpos tienen la propiedad de ser electrizados, pero no todos permiten el paso de electricidad con la misma facilidad. Dependiendo de la facilidad que tengan los cuerpos para transmitir electricidad, se clasifican en conductores, aislantes y semiconductores.

Conductores

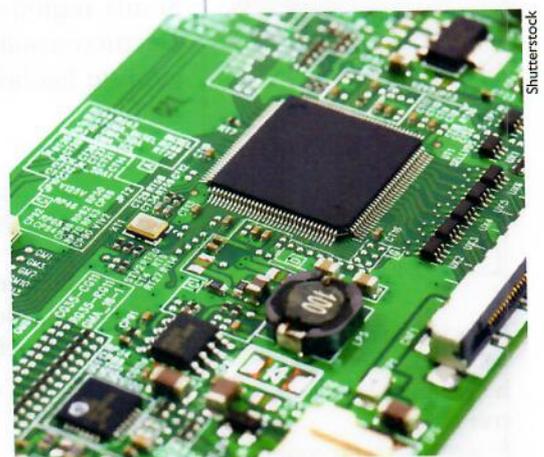
Ciertos materiales permiten que las cargas eléctricas se desplacen con gran facilidad de una región del material a otra. Estos materiales reciben el nombre de conductores. Esto se debe a que en un metal, por ejemplo, los electrones exteriores de los átomos no están ligados a ningún núcleo y se mueven libremente (están sueltos); decimos entonces que casi todos los metales son buenos conductores. Son ejemplos de buenos conductores el cuerpo de los animales, el aire húmedo, el agua, etc.

Aislantes

Algunos materiales en los que existen pocos electrones en las capas exteriores del átomo impiden que la carga eléctrica se desplace con gran facilidad. Estos materiales reciben el nombre de aisladores. La mayor parte de los no metales son aisladores. Los gases, como el aire, son normalmente malos conductores; solo conducen electricidad en condiciones especiales.

Semiconductores

Tienen propiedades intermedias entre los buenos conductores y los buenos aislantes. Se comportan como conductores o aislantes dependiendo de diversos factores como el campo eléctrico o magnético. Otros factores que pueden influir también son la presión, la radiación o la temperatura del ambiente.



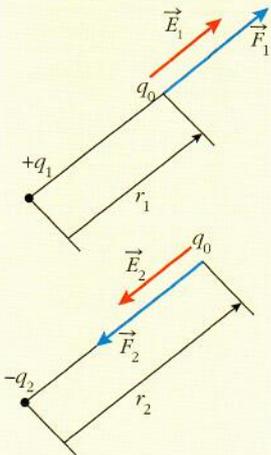
Las propiedades eléctricas de los materiales son aplicadas en distintas ramas de la tecnología, como en la construcción de circuitos electrónicos.

Campo eléctrico

PRESTA ATENCIÓN



Vectorialmente, el campo eléctrico tiene la misma dirección de la fuerza que actúa sobre la carga de prueba positiva.



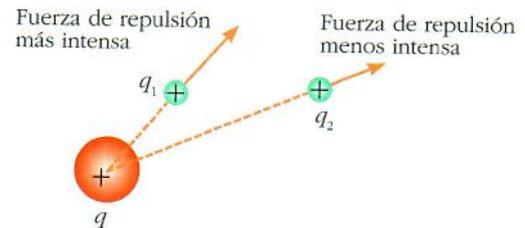
Es importante notar que el campo eléctrico no depende de la carga de prueba. El campo eléctrico existe independientemente de que se coloquen o no cargas dentro del campo.

Cuando acercamos un peine previamente cargado a un papelito, este es atraído y salta hacia el peine sin que haya habido contacto entre ambos. Entonces, ¿las fuerzas eléctricas actúan a distancia?

Así como la Tierra origina un campo gravitatorio en el espacio que la rodea ejerciendo una fuerza sobre cualquier objeto, del mismo modo podemos describir la interacción entre dos partículas que tengan cargas eléctricas.

Las interacciones eléctricas se ejercen a distancia a través de lo que definimos como campo eléctrico.

El campo eléctrico es el espacio situado alrededor de una carga en el cual se ejercen fuerzas eléctricas de atracción o repulsión.



Para poder cuantificar estas fuerzas, se define una magnitud denominada intensidad del campo eléctrico. La intensidad del campo eléctrico (E) en un punto se define como la fuerza que actuaría sobre la unidad de carga de prueba situada en ese punto:

$$|\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{q_0} = K \cdot \frac{q}{d^2}$$

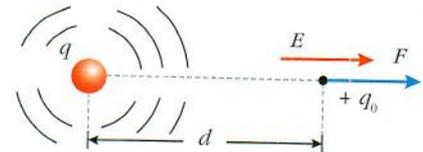
Donde:

F = fuerza eléctrica en *newtons* (N)

q_0 = carga eléctrica en coulombs (C)

E = intensidad del campo eléctrico en N/C

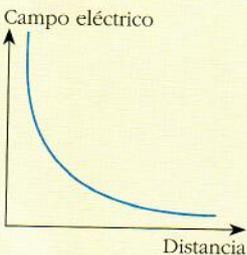
Para determinar el campo eléctrico en un punto del espacio influenciado por este, se utiliza una carga de prueba positiva q_0 muy pequeña y se mide la intensidad de fuerza F que actúa sobre ella.



Si una región está influenciada por los campos de varias cargas, el campo eléctrico resultante es la suma vectorial del campo producido por cada carga. Este hecho se conoce como el principio de superposición.

$$\vec{E}_R = \Sigma \vec{E}$$

PRESTA ATENCIÓN



Variación de la intensidad del campo eléctrico con la distancia a la carga que crea el campo.

Al aumentar la distancia, la intensidad del campo eléctrico disminuye.

EJEMPLO RESUELTO 3

Calcula la fuerza que experimenta una carga eléctrica positiva de $10 \mu\text{C}$ cuando se coloca dentro de un campo eléctrico de valor 800 N/C dirigido hacia la derecha.

- Calculamos el valor de la fuerza eléctrica usando la intensidad del campo eléctrico.

$$|\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{q_0} \rightarrow |\vec{F}| = q_0 \cdot |\vec{E}| = (10^{-6} \text{ C}) \cdot (800 \text{ N/C}) = 8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

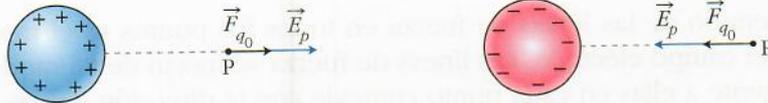
La fuerza eléctrica es igual a $8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ y está dirigida hacia la derecha.

Campo eléctrico producido por una esfera o carga puntual

Vamos a calcular el campo eléctrico en el punto del espacio que rodea a una esfera de carga eléctrica q . Para ello, consideramos que en el punto P se coloca una carga positiva q_0 .

Se pueden presentar dos casos dependiendo del signo de la carga q .

- Si q es positiva, la fuerza eléctrica sobre la carga de prueba positiva será de repulsión.
- Si q es negativa, la fuerza eléctrica sobre la carga de prueba positiva será de atracción.



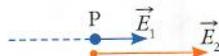
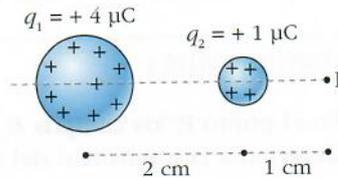
Sea cual sea el signo, la magnitud de la fuerza es siempre la misma. Entonces, la magnitud de los campos eléctricos también es igual.

$$|\vec{E}_P| = \frac{|\vec{F}_P|}{q_0} = k \frac{|q q_0|}{d^2} \rightarrow |\vec{E}_P| = k \frac{|q|}{d^2}$$

EJEMPLO RESUELTO 4

Calcula la intensidad del campo eléctrico en el punto P generado por las cargas puntuales que se muestran.

- Colocamos nuestra carga de prueba $q_0(+)$ en P y trazamos el campo eléctrico E_1 generado por cada carga $+4 \mu\text{C}$, y el campo eléctrico E_2 generado por la carga $+1 \mu\text{C}$.



- Calculamos el valor de la intensidad de los campos E_1 y E_2 .

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,03 \text{ m})^2} = 40 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,01 \text{ m})^2} = 90 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

- Calculamos el valor del campo resultante: $E_R = E_1 + E_2 = 130 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

EJEMPLO RESUELTO 5

Se muestran dos cargas puntuales en los vértices de un triángulo rectángulo. Calcula la intensidad del campo en el punto P.

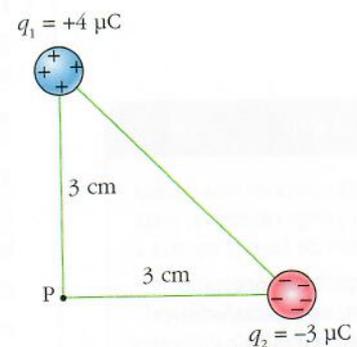
- Colocamos nuestra carga de prueba $q_0(+)$ en P y trazamos el campo eléctrico E_1 generado por la carga $+4 \mu\text{C}$, y el campo E_2 generado por la carga $-3 \mu\text{C}$.

- Calculamos E_1 y E_2 .

$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,03)^2} = 40 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_2 = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,03)^2} = 30 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

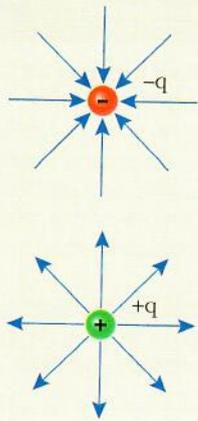
- Calculamos el campo resultante: $E_R = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 50 \cdot 10^6 \text{ N/C}$



PARA SABER MÁS

Según el principio de superposición de los campos, si en un punto dado del espacio varias partículas cargadas crean campos eléctricos cuyas intensidades son E_1, E_2, E_3, \dots , la intensidad resultante será la suma vectorial de las intensidades parciales:

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$



Líneas entrantes para cargas negativas y líneas salientes para cargas positivas.

Líneas de fuerza

Las líneas de fuerza son las líneas que se utilizan para representar gráficamente un campo eléctrico.

Estas líneas tienen las siguientes características:

- Las líneas de fuerza de una carga positiva son líneas salientes y las líneas de campo de una carga negativa son líneas entrantes.
- Las líneas de fuerza se originan en las cargas positivas y terminan en las cargas negativas.
- El sentido de las líneas de fuerza en todos los puntos es el mismo que el del campo eléctrico. Las líneas de fuerza se trazan de tal modo que la tangente a ellas en cada punto coincide con la dirección del vector E .
- El número de líneas de fuerza, aquellas que emergen o llegan a las cargas, es proporcional al valor absoluto de las cargas.
- La intensidad del campo eléctrico es proporcional a la densidad de líneas de fuerza, es decir, al número de líneas por unidad de área que atraviesan por una superficie normal a la dirección del campo.
- Las líneas de fuerza nunca se cruzan. El hecho de que dos líneas se crucen indicaría que una partícula positiva puede tener dos direcciones en el punto de cruce, y este no es el caso.

EJEMPLO RESUELTO 6

En el punto P, los campos E_1 y E_2 tienen una intensidad de 4 KN/C. Determina la intensidad del campo eléctrico resultante si el ángulo $\theta = 60^\circ$.

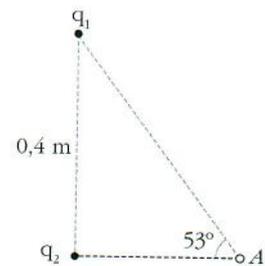
- Calculamos la intensidad resultante usando el método analítico para la suma de dos vectores:

$$E_R = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2 E_1 E_2 \cos 120^\circ} \rightarrow E_R = 4 \text{ KN/C}$$

La intensidad del campo resultante en P es 4 KN/C.

EJEMPLO RESUELTO 7

En los vértices de un triángulo rectángulo, se han colocado dos cargas eléctricas de magnitudes $q_1 = -125 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ y $q_2 = +27 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, separadas una distancia de 0,4 m como muestra la figura. Determina la intensidad del campo eléctrico resultante en el vértice A.



- Llevamos una carga de prueba $+q_0$ al vértice A para determinar la dirección y sentido del campo eléctrico.

$$E_1 = K \cdot \frac{q_1}{d_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{125 \cdot 10^{-8}}{25 \cdot 10^{-2}}$$

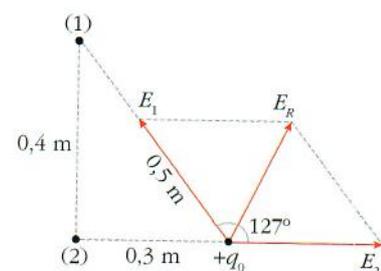
$$E_1 = 45 \text{ KN/C y } E_2 = 27 \text{ KN/C}$$

- Cálculo de la resultante mediante el método del paralelogramo:

$$E_R^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2 E_1 \cdot E_2 \cdot \cos 127^\circ$$

$$E_R^2 = 2 \cdot 754 + 2 \cdot 45 \cdot 27 \cdot \cos 127^\circ$$

- Reemplazando datos: $E_R = 36 \text{ kN/C}$



EN LA WEB

Para conocer más acerca del campo eléctrico y las líneas de fuerza, ingresa a:

http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/electro/campo_electr.html

Energía potencial eléctrica y potencial eléctrico

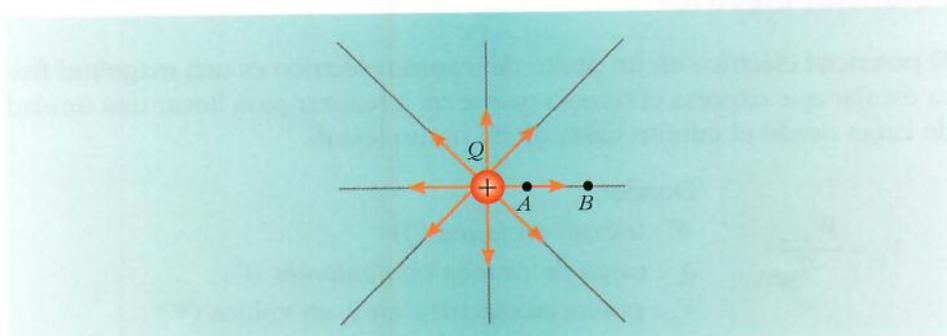


Cuando un cuerpo sufre la acción de una fuerza eléctrica, adquiere energía eléctrica. Este fenómeno es llamado potencial eléctrico.

El potencial eléctrico

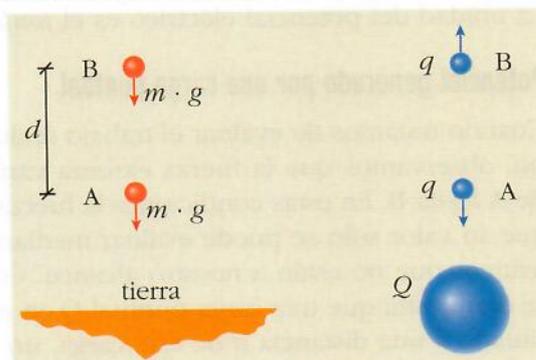
Si dejamos en libertad una carga eléctrica en presencia de un campo eléctrico, la carga experimentará una fuerza proporcional al valor del campo que la obligará a moverse, y adquirirá, por lo tanto, energía cinética.

Es decir, es como si la carga, antes de empezar a moverse, tuviera cierta energía potencial por el hecho de estar dentro del campo eléctrico (al igual que ocurre con una masa elevada a cierta altura sobre la superficie terrestre). Al moverse la carga, dicha energía potencial se transforma en energía cinética.



Representación del campo eléctrico creado por una carga positiva. Las flechas señalan la dirección en que comenzará a moverse una carga positiva introducida en dicho campo. Además, las líneas apuntan en la dirección y sentido en que disminuye el potencial. Es decir, el potencial eléctrico en A es mayor que en B.

Para llevar una esfera desde la posición A hasta una altura mayor B, se realiza un trabajo para vencer la fuerza gravitatoria (peso); este trabajo se llama energía potencial gravitatoria. Análogamente, si queremos acercar dos partículas electrizadas de signos iguales, se debe realizar trabajo para vencer la fuerza eléctrica de repulsión. Este trabajo realizado por las partículas electrizadas permite acumular energía, llamada energía potencial eléctrica. Esta energía se debe a las interacciones electrostáticas a través del campo eléctrico.

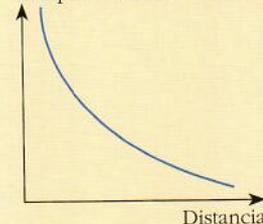


La energía potencial gravitatoria es análoga a la energía potencial eléctrica.

PRESTA ATENCIÓN



Campo eléctrico



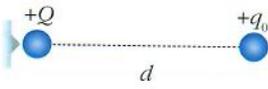
Variación del potencial eléctrico con la distancia. Al aumentar la distancia, disminuye el potencial.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la energía potencial eléctrica y el potencial eléctrico, consulta la página 446 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

Energía potencial eléctrica

La energía potencial eléctrica U , que adquiere una carga q_0 colocada en el interior de un campo generado por una carga Q , depende directamente de la cantidad de carga que interactúa e inversamente de la distancia que las separa.



La energía potencial eléctrica U , asociada al campo eléctrico, depende de las cargas y la distancia.

$$U = K \frac{Qq_0}{d}$$

Donde:

U = energía potencial eléctrica en *joules* (J)

Q y q_0 = cargas eléctricas en *coulombs* (C)

d = distancia de separación en metros (m)

EJEMPLO RESUELTO 8

Una carga de $-2 \mu\text{C}$ es colocada a 3 cm de una carga de $+20 \mu\text{C}$. ¿Cuál es la energía eléctrica del sistema?

- Calculamos la energía potencial:

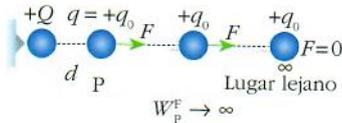
$$U = K \cdot \frac{Qq_0}{d} \rightarrow U = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{0,03 \text{ m}}$$

$$U = -12 \text{ J}$$

Observa que la energía potencial puede resultar positiva o negativa.

Potencial eléctrico

El potencial eléctrico en un punto del campo eléctrico es una magnitud física escalar que expresa el trabajo que se va a realizar para llevar una unidad de carga desde el infinito hasta dicho punto lejano.



Al soltar la partícula q en el punto P, el campo eléctrico traslada la partícula hasta un lugar lejano donde la fuerza del campo se anula.

Donde:

W : trabajo en *joules* (J)

q_0 : carga de prueba en *coulombs* (C)

V_p : potencial eléctrico en P, en voltios (V)

$$V_p = \frac{W_{\infty \rightarrow P}}{q_0}$$

Reemplazando en la ecuación anterior, el potencial eléctrico se puede calcular con la fórmula:

Donde:

V_p : potencial eléctrico en voltios (V)

Q : cantidad de carga de la partícula fija en *coulombs* (C)

d_0 : distancia entre la carga Q y el punto P en metros (m).

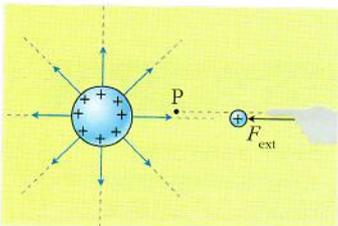
$$V_p = \frac{KQ}{d_0}$$

La unidad del potencial eléctrico es el *joule/coulomb* (J/C) o voltio (V).

Potencial generado por una carga puntual

Cuando tratamos de evaluar el trabajo realizado contra las fuerzas del campo, observamos que la fuerza externa varía mientras la carga se desplaza de A hasta B. En estas condiciones la fuerza externa no es constante, por lo que su valor solo se puede evaluar mediante el empleo de métodos matemáticos que no están a nuestro alcance. Con el empleo de estos métodos, se demuestra que una carga puntual Q en el vacío establece en un punto P, situado a una distancia d de esta carga, un potencial V dado por:

$$V = k \frac{Q}{d} \quad \text{si } V = 0$$

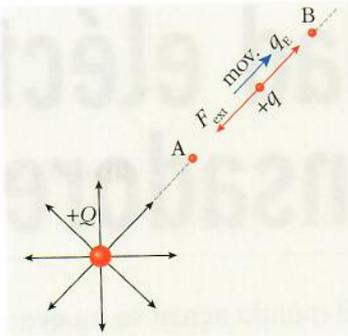


La energía potencial eléctrica que posee una carga en un punto es igual al trabajo externo que se realiza para llevar la carga del infinito hasta dicho punto.

Diferencia de potencial

La diferencia de potencial entre dos puntos A y B, $V_A - V_B$, es la energía por unidad de carga que se emplea para mover una carga de prueba q_0 desde el punto A hasta el punto B a velocidad constante.

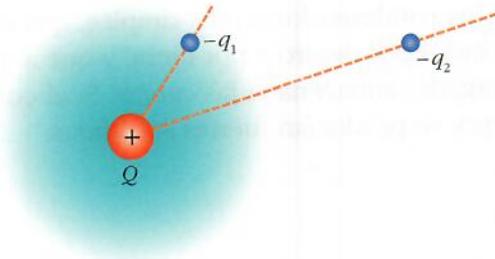
$$\Delta V = V_A - V_B = \frac{\Delta U}{q_0}$$



Para que la carga se desplace de A hasta B, el campo eléctrico debe efectuar trabajo sobre ella.

EJEMPLO RESUELTO 9

- Observa el dibujo.



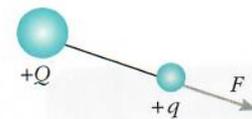
- ¿Se moverán en este caso las cargas q_1 y q_2 (ambas negativas y con igual valor de la carga) cuando se sitúan en el campo creado por la carga Q (positiva)?
- ¿Dónde será mayor el campo eléctrico: en el punto en que se sitúa q_1 o donde se sitúa q_2 ?
- ¿Dónde será mayor el valor del potencial eléctrico: en el punto donde se encuentra q_1 o donde se encuentra q_2 ?
 - La carga Q crea un campo eléctrico alrededor; por ello, las cargas q_1 y q_2 experimentarán una fuerza (de atracción en este caso) y comenzarán a moverse hacia la carga Q .
 - Como q_1 está más cerca de Q que de q_2 , en la posición q_1 el campo eléctrico será mayor. Esto quiere decir que la carga q_1 sufrirá una fuerza mayor que la carga q_2 .
 - Como q_1 está más cerca de la carga Q , en la posición en la que se encuentra q_1 será mayor el valor del potencial eléctrico.
Cuanto más lejos estemos de la carga Q , menor será el valor del potencial eléctrico.

- Una carga eléctrica positiva q de 1 C se encuentra situada en un campo eléctrico de $9 \cdot 10^3$ N/C de intensidad creado por una carga puntual Q , también positiva. Calcula:

- La fuerza que aparece sobre la carga q .
¿Cómo se moverá la carga en el campo eléctrico?

- La energía potencial que tiene en dicho punto si el potencial es de 3000 V.
- Si la carga de 1 C se mueve entre dos puntos del campo cuya diferencia de potencial es de 1000 V, ¿qué cantidad de energía necesita?
- Cuando una carga se sitúa en un campo eléctrico, aparece sobre ella una fuerza que depende de la intensidad del campo según la ecuación:

$$E = \frac{F}{q} \Leftrightarrow$$



Despejamos el valor de la fuerza:

$$F = E \cdot q = 9 \cdot 10^3 \text{ N/C} \cdot 1 \text{ C} = 9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

La carga q experimenta una fuerza de repulsión y se moverá alejándose de Q .

- Para cada punto del campo, la carga q tiene un determinado contenido de energía que depende del potencial eléctrico en ese punto, según la ecuación:

$$E_p = 1 \text{ C} \cdot 3000 \text{ V} = 3000 \text{ J}$$

- Si queremos que la carga se mueva entre dos puntos del campo, debemos suministrarle una cantidad de energía que sea igual a la diferencia de energía que hay entre dichos puntos (DEP) y que depende de la diferencia de potencial entre los puntos, según la ecuación:

$$V_A - V_B = \frac{\Delta E_p}{q}$$

$$\Delta E_p = (V_A - V_B) \cdot q = 1000 \text{ V} \cdot 1 \text{ C} = 1000 \text{ J}$$

Recuerda que la diferencia de potencial entre dos puntos es la energía que se necesita para que una carga de 1 C se mueva entre dichos puntos.

Capacidad eléctrica y condensadores



Botella de Leyden utilizada para almacenar carga eléctrica

El mundo actual se mueve impulsado por la electricidad. Pero ¿se puede guardar esta energía para usarla en el futuro? ¿Se puede acumular energía para luego descargarla de golpe? Todo esto lo hacen los condensadores.

Alrededor de 1745, el físico holandés Pieter van Musschenbroek construyó la botella de Leyden, uno de los condensadores más simples, que consistía en una botella forrada de un metal por dentro y por fuera, y que al ponerse en contacto con un objeto cargado, almacenaba las cargas. Si el condensador se descargaba en el cuerpo, se producían fuertes sacudidas.

Condensador eléctrico

Un condensador eléctrico es el dispositivo capaz de almacenar cargas eléctricas de manera que el sistema adquiere energía potencial.

El condensador eléctrico más simple consiste en dos placas paralelas metálicas muy finas, separadas y aisladas una de la otra por una lámina delgada de un material dieléctrico (por ejemplo, el plástico).

¿Cómo se carga un condensador?

Tiempo atrás, los condensadores se cargaban mediante un generador electrostático (generador de Van de Graaff o de Wimshurst). Hoy podemos cargar fácilmente un condensador conectándolo a una batería. La batería polariza las placas metálicas generando una diferencia de potencial entre ellas, conocida como voltaje.

La cantidad de carga q que almacena un condensador depende directamente del voltaje V que aplica la batería.

$$q = C \cdot V$$

Capacidad eléctrica

Se define la capacidad eléctrica como la cantidad de carga que puede almacenar un cuerpo conductor en su superficie para que esta adquiera potencial de un voltio.

Donde:

C : capacidad eléctrica en farads (F)

q : carga eléctrica en coulombs (C)

V : potencial eléctrico en voltios (V)

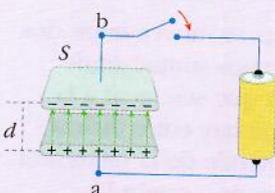
$$C = \frac{q}{V}$$

PARA SABER MÁS

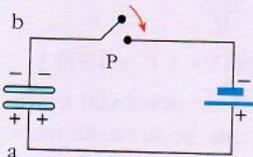
Una vez que el condensador queda cargado, puede ser usado como fuente de energía. Un condensador actúa como un reservorio de carga eléctrica.

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

Cargando un condensador



Usando símbolos

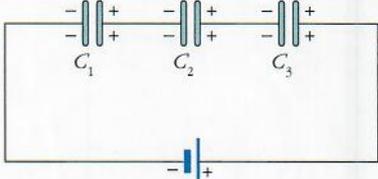
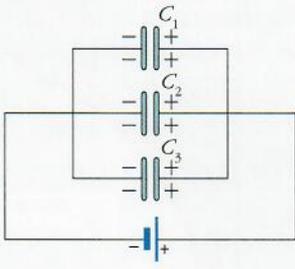


Al cerrar el circuito en P, se produce almacenamiento de la carga en el condensador.

Asociación de condensadores

Los circuitos eléctricos contienen a menudo varios condensadores frecuentemente unidos entre sí. Esta unión o asociación de condensadores puede ser de varias formas; las más simples son la asociación en serie y la asociación en paralelo.

Estas asociaciones de condensadores en los circuitos tienen como finalidad conseguir un efecto análogo al que produciría un condensador de características definidas del que no se dispone, o bien por exigencias propias del circuito.

En serie	En paralelo
<p>Las placas van conectadas una a continuación de otra; la primera placa y la última se conectan a una diferencia de potencial V. En este tipo de asociación, cada condensador almacena la misma cantidad de carga, y la diferencia de potencial total se reparte para cada condensador.</p> 	<p>Cada condensador es conectado a la misma diferencia de potencial entre sus placas. En este tipo de asociación, cada condensador almacena la carga proporcional a su capacidad.</p> 
<p>Se cumple:</p> $q_{\text{total}} = q_1 = q_2 = q_3$ $V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3$ $1/C_{\text{total}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$	<p>Se cumple:</p> $q_{\text{total}} = q_1 + q_2 + q_3$ $V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3$ $C_{\text{total}} = C_1 + C_2 + C_3$

EJEMPLO RESUELTO 10

¿Cuál es la máxima y la mínima capacidad equivalente que se puede obtener con tres condensadores de $20 \mu\text{F}$, $30 \mu\text{F}$ y $60 \mu\text{F}$?

- Asociación en serie:

$$\frac{1}{C_{\text{total}}} = \frac{1}{20 \mu\text{F}} + \frac{1}{30 \mu\text{F}} + \frac{1}{60 \mu\text{F}} \rightarrow \frac{1}{C_{\text{total}}} = \frac{1}{10 \mu\text{F}} \rightarrow C_{\text{total}} = 10 \mu\text{F}$$

- Asociación en paralelo:

$$C_{\text{total}} = 20 \mu\text{F} + 30 \mu\text{F} + 60 \mu\text{F} \rightarrow C_{\text{total}} = 110 \mu\text{F}$$

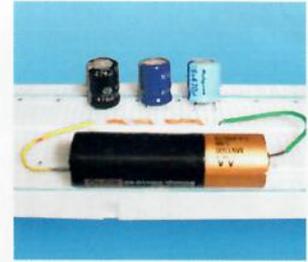
La máxima capacidad se obtiene en una asociación en paralelo, y la mínima, en una asociación en serie.

EJEMPLO RESUELTO 11

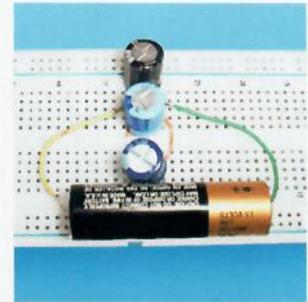
En la figura, calcula la capacidad equivalente de la asociación de condensadores.

$$\frac{1}{C_{\text{total}}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \dots + \frac{1}{C} \rightarrow \frac{1}{C_{\text{total}}} = \frac{n}{C}$$

$$C_{\text{total}} = \frac{C}{n}$$



Asociación de condensadores en serie



Asociación de condensadores en paralelo

PRESTA ATENCIÓN



La medida del condensador es un faradio (en honor de Faraday). Como esta medida es muy grande, se usan el picofaradio (pF), nanofaradio (nF) y microfaradio (μF).

Un condensador tiene muchas aplicaciones: para filtrar la corriente continua después de haberse rectificado a partir del 220 de la red, para eliminar transitorios (picos en la alimentación), para bloquear el paso de la corriente continua (la alterna la deja pasar), como osciladores de frecuencia (una emisora de radio, el circuito más básico es una bobina y un condensador, dos componentes electrónicos con funciones completamente opuestas).



DEFIBRILADOR CARDIOVERSOR IMPLANTABLE (DCI)

El desfibrilador es un aparato electrónico empleado por los médicos. Consiste en un conjunto de electrodos que al estar en contacto íntimo con el corazón permiten obtener la "señal" para conocer la actividad eléctrica de este órgano y, de esta manera, diagnosticar las arritmias (irregularidad en el ritmo del corazón) desde adentro.

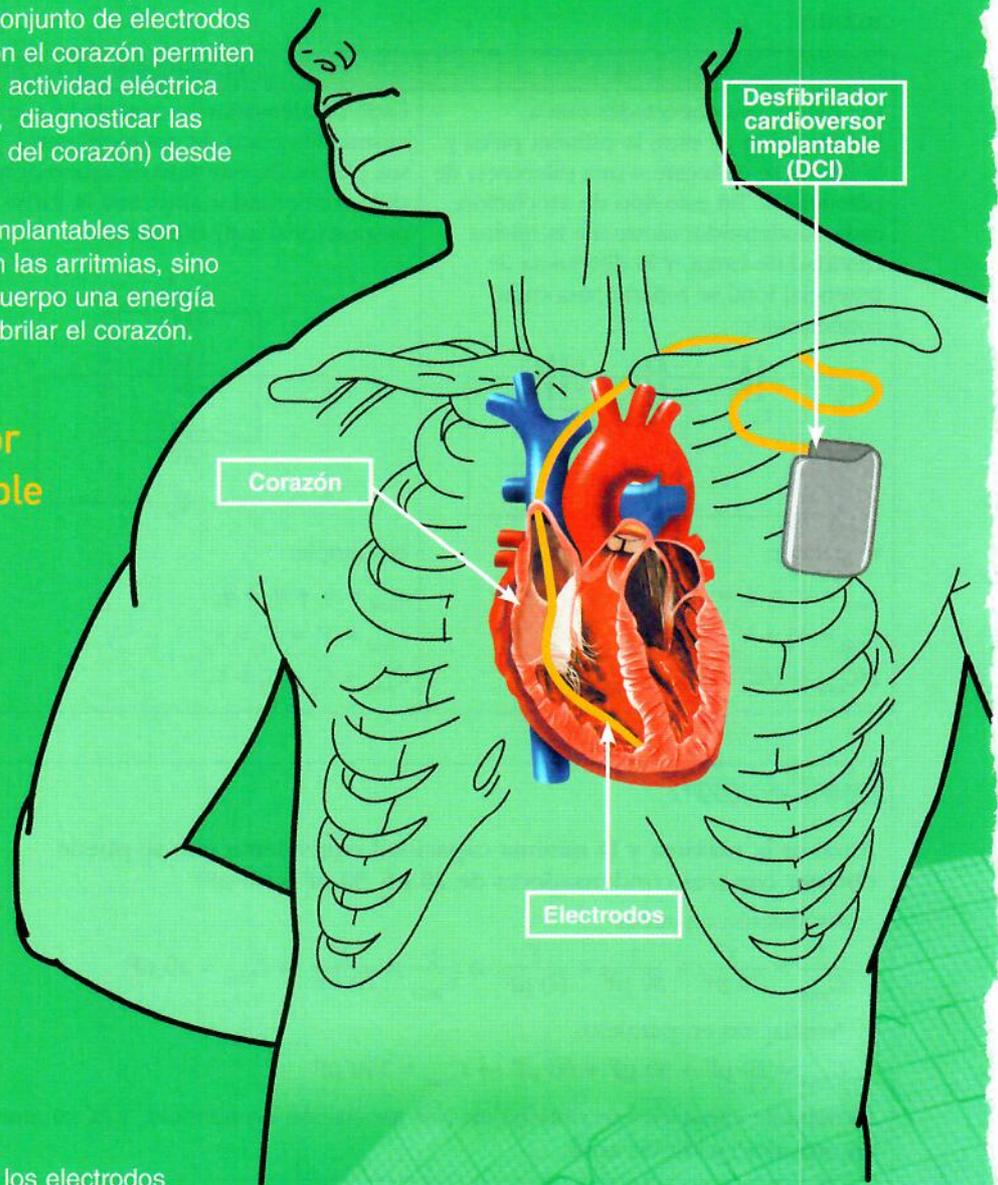
Actualmente, los desfibriladores implantables son aparatos que no solo diagnostican las arritmias, sino que aplican desde el interior del cuerpo una energía electrostática suficiente para desfibrilar el corazón.

¿Qué es el desfibrilador cardioversor implantable (DCI)?

- Es un aparato con las mismas funciones que un desfibrilador común; sin embargo, como su nombre lo indica, se implanta debajo de la piel.
- Es pequeño y consta de dos partes:
 - Generador de impulsos. Posee una batería y varios circuitos electrónicos.
 - Electrodos. Consta de unos alambres. Según el tipo de DCI, puede tener uno o dos electrodos.

¿Cómo funciona?

Luego de que se implanta el DCI, los electrodos monitorizan la frecuencia cardíaca. Tan es así que si el DCI detecta una taquicardia o fibrilación ventricular, envía una ráfaga controlada de impulsos. Si esto no es eficaz, envía una descarga eléctrica al corazón para normalizar los latidos. El DCI puede actuar como un marcapasos si se produce una frecuencia cardíaca lenta. Incluso, al producirse una taquicardia o fibrilación ventricular, el DCI registra la frecuencia cardíaca con el día y hora del suceso.



¿Quiénes requieren un DCI?

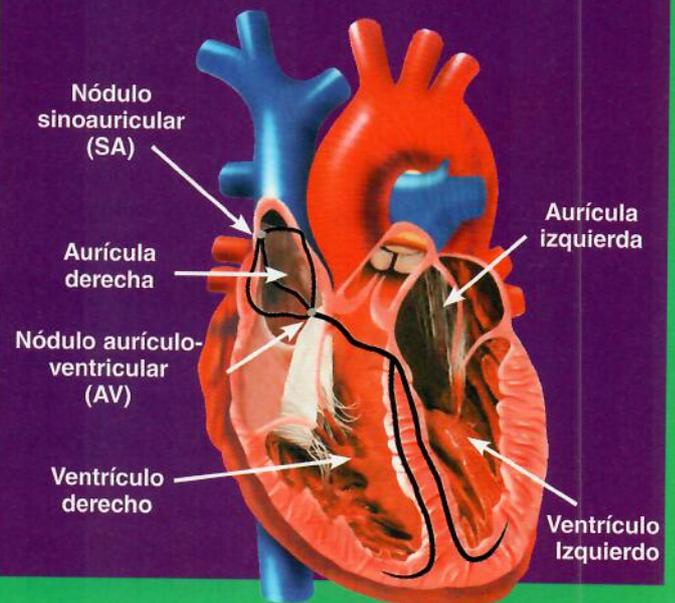
Un DCI es necesario para aquellas personas que han tenido una frecuencia cardíaca alta anormal, a tal punto que les produjo un desmayo o les afectó la capacidad de bombeo del corazón. Estos síntomas pueden controlarse con medicamentos, pero de no ser eficaces, se requiere un DCI.

Este aparato se implanta en personas que tienen riesgo de:

- Taquicardia ventricular. Las cavidades inferiores del corazón laten de forma independiente con una frecuencia mayor de 100 latidos por minuto.
- Fibrilación ventricular. Las fibras musculares de los ventrículos se contraen de forma rápida y no coordinada.
- Muerte súbita cardíaca (ocasionada por arritmias).

¿Cómo funciona el corazón?

- Los impulsos eléctricos generados en el nódulo sinoauricular (SA) del miocardio estimulan el latido o contracción del corazón. El nódulo SA es conocido como "marcapasos natural" del corazón.
- Luego, con la señal eléctrica, se contraen las aurículas del corazón. La señal pasa por el nódulo aurículo-ventricular (AV), que detiene brevemente la señal y la envía por las fibras musculares de los ventrículos para estimular su contracción.
- Así, el nódulo SA envía impulsos eléctricos con una frecuencia determinada, aunque variable según las exigencias físicas o el nivel de estrés. Sin embargo, a veces el nódulo SA no funciona bien o las vías de conducción eléctrica se encuentran bloqueadas; todo ello ocasiona un ritmo cardíaco lento o irregular.



Tipos de arritmias

Existen muchos tipos de arritmias. Algunas no permiten notar nada anormal, tan solo unas palpitaciones; otras pueden condicionar incluso una pérdida brusca de conciencia, con un paro cardíaco, el cual se produce cuando hay una parada de la fibrilación ventricular. Por ello, se llama desfibrilación a la maniobra que la neutraliza, y desfibrilador, al aparato que produce la energía capaz de aplicar el choque eléctrico.

PARA REFLEXIONAR

- ¿Crees que las personas que usan un DCI pueden hacer una vida normal?
- ¿Las personas que emplean un DCI pueden llevar el celular en el bolsillo de la camisa o saco? ¿Por qué?
- Investiga en qué lugar del cuerpo exactamente se implanta el DCI.
- ¿Qué estilo de vida debemos llevar para tener un corazón sano?

La corriente eléctrica

Cuando enciendes un foco o un televisor, pones en movimiento cargas eléctricas que transforman energía eléctrica en luz, calor y sonido.

Pero ¿por qué se mueven?

Una **corriente eléctrica** consiste en un conjunto de cargas eléctricas que se mueven de forma ordenada. La mayoría de las veces serán electrones que se mueven por un hilo metálico.

Para que las cargas eléctricas se muevan de forma ordenada, es necesario que algo las impulse, es decir, que les dé energía y les marque el sentido del movimiento. Este dispositivo es un **generador** de corriente, que puede ser una pila o una toma de corriente de la instalación eléctrica.

- Las pilas son generadores de **corriente continua**, es decir, corriente donde las cargas se mueven siempre en el mismo sentido. La energía procede de una reacción química que se produce en su interior. La pila se agota cuando se agotan los reactivos y finaliza la reacción.
- En las casas y en la mayoría de las instalaciones eléctricas, se utiliza **corriente alterna**: una corriente cuyo sentido cambia varias veces por segundo (en las casas, 50 veces por segundo). Esta electricidad se produce en las centrales eléctricas y se transmite a la instalación. Se obtiene como resultado del movimiento de imanes y bobinas eléctricas en una turbina.

PRESTA ATENCIÓN



El **sentido real** de la corriente es del polo negativo al positivo. Las cargas eléctricas son electrones. En un circuito los electrones salen del polo negativo y se mueven hacia el polo positivo.



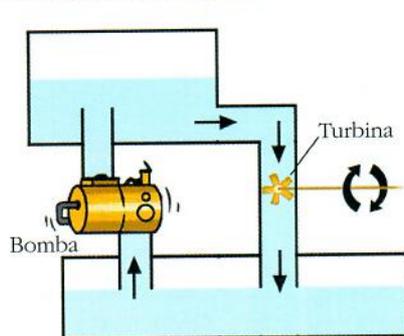
Tradicionalmente, el **sentido convencional** de la corriente es del polo positivo al negativo. La razón es que se estableció este sentido antes de conocer la existencia de los electrones, cuando se pensaba que las cargas eléctricas que se mueven por el circuito eran positivas.



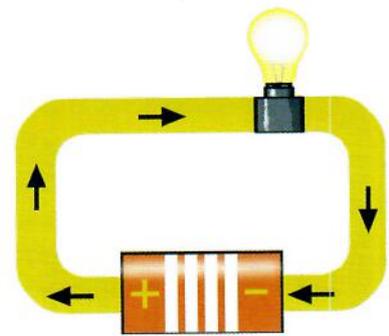
Circuito eléctrico

Un **circuito eléctrico** es el camino cerrado que recorren las cargas eléctricas y que les permite volver al punto de partida.

Para que el circuito pueda funcionar, debe tener un generador que aporte energía a las cargas que llegan al final del recorrido con el fin de que lo vuelvan a iniciar. En esta unidad trabajaremos con circuitos de corriente continua. El generador eléctrico tiene un papel similar a las bombas en los circuitos hidráulicos.



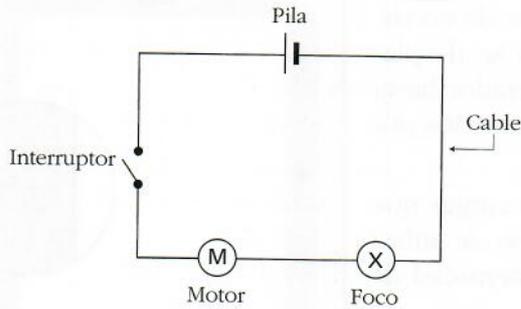
El agua pasa del depósito superior al inferior. En el proceso realiza un trabajo, por ejemplo, mover una turbina. Para que el agua realice este recorrido de forma continua, es necesario que una bomba la impulse de nuevo al depósito superior.



Las cargas eléctricas recorren el circuito. En el proceso realizan un trabajo, por ejemplo, encender un foco. Para que las cargas realicen este recorrido de forma continua, es necesario que la pila proporcione energía que les permita reiniciar el circuito.

Elementos de un circuito eléctrico

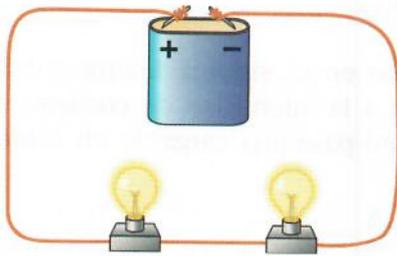
Un circuito eléctrico está formado por distintos elementos. Los símbolos que se emplean para representarlos en los circuitos se observan a la derecha.



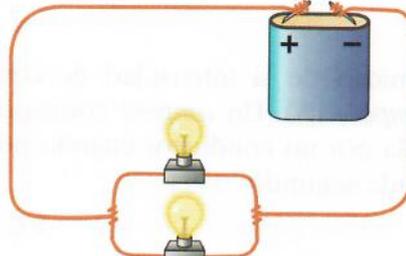
Elemento	Símbolos
Conductor	—
Pila	
Resistencia	
Interruptor abierto	
Interruptor cerrado	
Motor	
Generador	
Amperímetro (aparato que mide la intensidad de corriente)	
Voltímetro (aparato que mide la diferencia de potencial)	

Circuitos en serie y en paralelo

En un circuito los elementos que lo componen se pueden disponer de dos maneras básicas:



En serie, cuando los elementos se disponen uno a continuación de otro en una misma rama del circuito.



En paralelo, cuando diversos elementos se disponen en distintas ramas del circuito, que se vuelven a reunir.

- La intensidad de la corriente es la misma en todos los puntos del circuito.
- Si un foco no funciona, todo el circuito deja de funcionar.
- Todos los puntos tienen la misma diferencia de potencia.
- Si un foco se daña, los demás siguen funcionando.

Conductores y aislantes

En los materiales llamados conductores, existen partículas con carga eléctrica que pueden desplazarse. Los mejores conductores son la plata, el cobre, el oro y el aluminio.

En otros materiales, llamados aislantes, las cargas no pueden moverse con libertad, por lo que no se produce una corriente eléctrica.



Ejemplo de un material conductor: el filamento de un foco



Ejemplo de un material aislante: los mangos de las herramientas empleadas por electricistas

Magnitudes eléctricas

Para estudiar el funcionamiento de los circuitos, es necesario conocer algunas magnitudes eléctricas, como intensidad de corriente, diferencia de potencial o resistencia.

Intensidad de corriente

Cuando circula la corriente eléctrica, existe un flujo de cargas. En el caso de un circuito eléctrico, los electrones se desplazan desde un borne del generador hasta el otro (un borne es cada uno de los polos de un generador).

Para cuantificar el número de cargas que circulan en la unidad de tiempo, se utiliza una magnitud denominada intensidad de corriente.

La intensidad de corriente (I) es la cantidad de carga eléctrica que atraviesa un conductor en un tiempo determinado.

Matemáticamente se expresa con la siguiente fórmula:

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

La unidad de la intensidad de corriente en el sistema internacional es el *ampere* (A). Un *ampere* corresponde a la intensidad de corriente que circula por un conductor cuando por este pasa una carga de un *coulomb* en cada segundo.

$$1 \text{ C} = \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ s}}$$

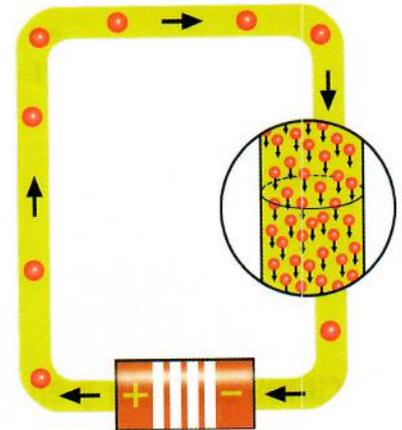
Como el *ampere* es una unidad muy grande, para expresar el valor de la corriente que circula por un conductor se utilizan con frecuencia submúltiplos de él:

- *Miliampere*: $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$
- *Microampere*: $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

Las intensidades típicas que recorren los aparatos eléctricos utilizados en los hogares son de pocos *miliamperes*. Para medir la intensidad de corriente, se utiliza un aparato llamado amperímetro.

Para medir la intensidad de corriente que pasa por un elemento del circuito, el amperímetro debe conectarse en serie con este elemento.

El amperaje o medida de la intensidad de corriente puede ser utilizada para conocer la carga de una pila.



BIOGRAFÍA

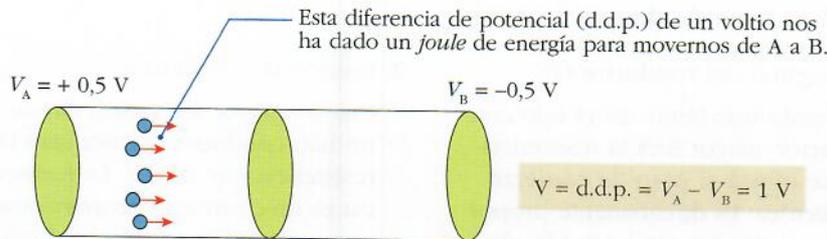
André-Marie Ampère (1775-1836) fue un matemático y físico francés. Realizó diversos descubrimientos en el campo de la física: inventó el primer telégrafo eléctrico y, junto con François Arago, el electroimán. Además, en 1827 formuló la teoría del electromagnetismo. El ampere (en francés *ampère*) se llama así en su honor.



Diferencia de potencial (ΔV)

Es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito cerrado. La diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico es igual al trabajo requerido para llevar una unidad de carga desde un punto A hasta un punto B.

Una diferencia de potencial de un voltio entre los puntos A y B de un conductor indica que se proporciona un *joule* de energía a un *coulomb* para que se pueda mover desde A hasta B.



En el sistema internacional, la diferencia de potencial se mide en voltios (V). El voltaje se mide con un instrumento llamado voltímetro.

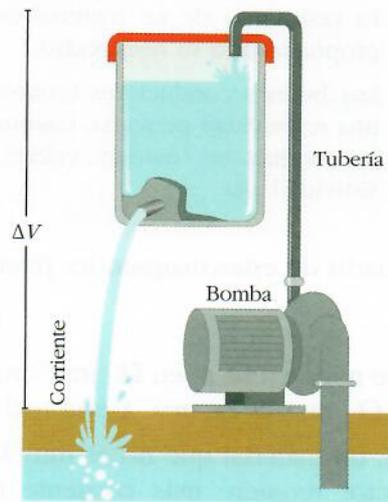
Fuerza electromotriz (ϵ)

Se denomina fuerza electromotriz o fem a la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica. Para ello, se necesita la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos o polos (uno negativo y el otro positivo) de dicha fuente, que sea capaz de bombear o impulsar las cargas eléctricas a través de un circuito cerrado.

Para entender mejor lo que es la fuerza electromotriz, podemos relacionarla con el funcionamiento de una bomba de agua: la bomba es la fuerza (el voltaje) que impulsa el agua (la corriente) a través de la tubería.

La fuerza electromotriz se define como el trabajo por unidad de carga positiva que debe emplearse para llevarla de un lugar de menos potencial (-) a otro de mayor potencial (+).

La unidad con que se mide la fuerza electromotriz es el J/C, que es el voltio.



Esquema del funcionamiento de una bomba de agua.

$$\epsilon = \frac{W}{q}$$

Donde:

ϵ = fuerza electromotriz en voltios (V)

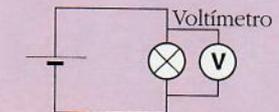
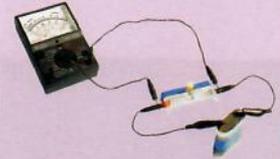
W = trabajo realizado en *joules* (J)

q = carga eléctrica en *coulombs* (C)

Las pilas o baterías son algunas de las fuentes fem más conocidas. Generan energía eléctrica por medios químicos. En otro grupo están los generadores, que transforman la energía mecánica en eléctrica.

PARA SABER MÁS

El voltímetro es un instrumento que mide la diferencia de potencial. Se conecta en paralelo entre los puntos donde queremos leer el voltaje o diferencia de potencial.



EN LA WEB

Para conocer más acerca de las magnitudes eléctricas, ingresa a:

<http://www.catedu.es/aratecno/images/pilar/magnitudes.swf>

Resistencia eléctrica

Cuando la corriente eléctrica circula por un circuito, los electrones chocan con otros electrones y átomos, de manera que no todos los electrones puestos en movimiento por el voltaje aplicado circulan de un extremo al otro del conductor. A la magnitud que cuantifica la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica se le denomina resistencia.

La resistencia es la **oposición que ofrece un material al paso de corriente**. Se mide en ohmios (Ω) en el SI.

Su valor depende de tres factores:

1. Longitud del conductor (ℓ).

Cuanto más largo sea el hilo conductor, mayor será la resistencia que ofrece al paso de corriente eléctrica. Es directamente proporcional a la longitud. Un hilo de 2 m de largo presentará una resistencia doble que otro hilo idéntico de 1 m de longitud.



2. Sección del conductor (S).

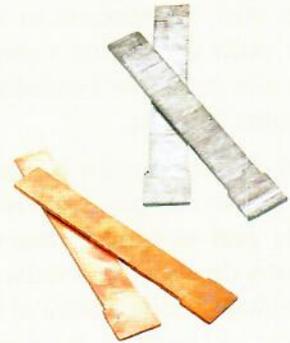
Cuanto mayor sea la sección de un hilo conductor, menor será la resistencia que ofrece. La resistencia es inversamente proporcional a la sección. Si la sección se duplica, la resistencia se reduce a la mitad. Es decir, los hilos gruesos presentan menos resistencia que los hilos delgados.



3. Naturaleza del material.

Cada material ofrece una resistencia diferente al paso de las cargas, que depende de su estructura atómica. A este valor se le llama resistividad (r). La resistencia de un material es directamente proporcional a su resistividad.

Los buenos conductores (cobre, plata) tienen una resistividad pequeña, mientras que los malos conductores (madera, vidrio) tienen una resistividad alta.



A partir de estas magnitudes puede determinarse el valor de la resistencia:

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}$$

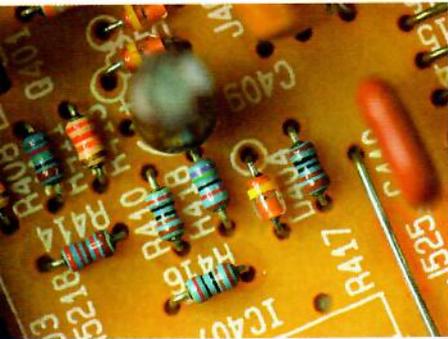
R se mide en Ω ; ρ , en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; ℓ , en m, y S , en mm^2 . (En el SI, ρ se mide en $\Omega \cdot \text{m}$, y S , en m^2). A esta regla se le llama ley de Poulliet.

Así, un material que no es muy buen conductor requiere más corriente que otros para transmitir el mismo voltaje, pues su resistencia es mayor.

Para medir el valor de la resistencia de un elemento en un circuito, se emplea un aparato llamado **óhmetro**.



Resistividad de algunos materiales a 20 °C	
Material	ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)
Plata	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Aluminio	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Tungsteno	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Hierro	$10 \cdot 10^{-8}$
Madera	-10^{10}
Vidrio	-10^{12}
Caucho	-10^{15}



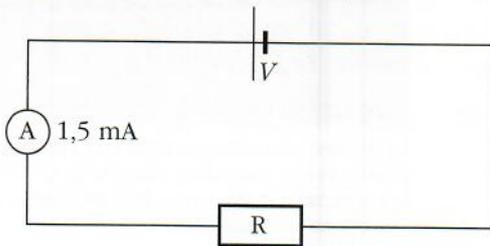
Las líneas de colores indican la magnitud de la resistencia eléctrica de cada dispositivo.

EN LA WEB

Para conocer más acerca de las resistencias eléctricas, ingresa a:
<http://www.catedu.es/aratecno/images/resistencias.swf>

EJEMPLO RESUELTO 12

- En un circuito formado por una pila y una resistencia, se ha insertado un amperímetro y se han obtenido los valores que se indican.



Si consideramos que por el cable circula una carga de $1,6021 \cdot 10^{-19}$ C, calcula el tiempo empleado para desplazar esta carga.

En este caso:

$$\ell = \frac{q}{I} \rightarrow t = \frac{q}{I} = \frac{1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 1,068 \cdot 10^{-16} \text{ s}$$

- Observa la siguiente situación en la que se desplaza una carga de un punto a otro de diferente potencial.



- Si para realizarlo se necesita una energía de $4,5 \cdot 10^2$ J, ¿cuál es la diferencia de potencial entre los dos puntos A y B?
- Si el valor del potencial eléctrico en el punto A es de $11,25 \cdot 10^6$ V, ¿cuál será el valor del potencial eléctrico en B?

- La diferencia de potencial entre esos dos puntos será:

$$V_A - V_B = \frac{\Delta E_p}{q} = \frac{4,5 \cdot 10^2 \text{ J}}{0,20 \cdot 10^{-3} \text{ C}} =$$

$$= 2\,250\,000 \text{ V} = 2,25 \cdot 10^6 \text{ V} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ V}$$

- Si conocemos el valor del potencial de uno de los extremos, podemos calcular el del otro. Como en el punto A el valor del potencial es $11,25 \cdot 10^6$ V, en el punto final B será:

$$V_A - V_B = 2,25 \cdot 10^6 \text{ V}$$

$$\rightarrow V_B = 11,25 \cdot 10^6 - 2,25 \cdot 10^6 = 9 \cdot 10^6 \text{ V} = 9,0 \cdot 10^6 \text{ V}$$

- Se tienen tres cables de 1 m de longitud y de $0,25 \text{ mm}^2$ de sección de tres materiales: plata, cobre y aluminio. ¿Cuál conducirá mejor la corriente?

Usamos los valores de la resistividad y sustituimos en la expresión de la resistencia:

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{S} = \rho \cdot \frac{1 \text{ m}}{0,25 \text{ mm}^2} = 4,0 \frac{\text{m}}{\text{mm}^2} \cdot \rho$$

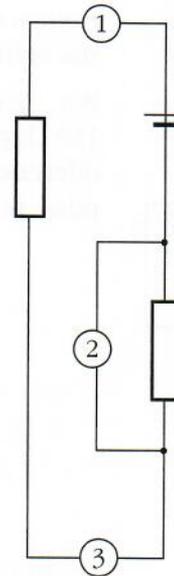
$$\text{Plata} \rightarrow R = 4 \cdot 0,016 = 0,064 \Omega = 6,4 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Cobre} \rightarrow R = 4 \cdot 0,017 = 0,068 \Omega = 6,8 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$\text{Aluminio} \rightarrow R = 4 \cdot 0,028 = 0,112 \Omega = 1,1 \cdot 10^{-1} \Omega$$

El mejor conductor será la plata, pues presenta una resistencia menor.

- En el circuito de la figura, indica cuál es el voltímetro y cuál es el amperímetro. ¿Qué magnitud mide cada uno de estos aparatos?



1 y 2 son amperímetros que miden la intensidad de corriente, y se colocan en serie; 3 es un voltímetro que mide la diferencia de potencial, y se coloca en paralelo.

- Para elaborar un circuito eléctrico, es necesario construir un elemento de $0,017 \Omega$ a partir de un hilo de cobre. ¿Cuál deberá ser la longitud del hilo si su sección es de $1,5 \text{ mm}^2$?

Dato: $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

Teniendo en cuenta que:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2 = 1,5 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} =$$

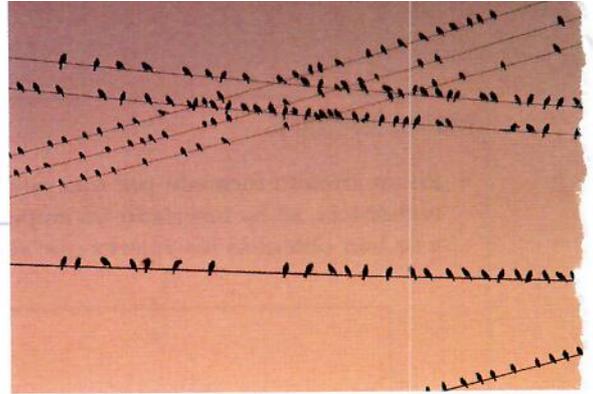
$$= 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}$$

$$0,017 = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{\ell}{1,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\ell = \frac{0,017 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-8}} = 1,5 \text{ m}$$

La ley de Ohm



La diferencia de potencial entre las patas de los pájaros es muy pequeña y, según la ley de Ohm, la intensidad que circula por ellos también lo es. Por eso no se electrocutan.

Si a un circuito se le cambia la pila que lo alimenta por otra de mayor voltaje, la lectura ofrecida por el amperímetro varía.

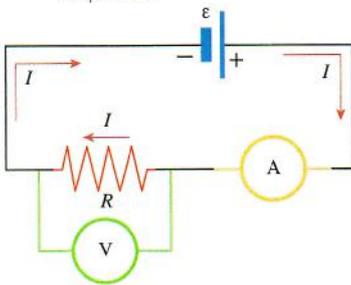
Ley de Ohm

Hemos visto que por un conductor circula corriente eléctrica cuando entre sus extremos existe una diferencia de potencial.

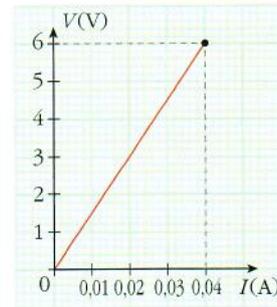
Por ejemplo, si conectamos una pila de 1,5 V a una resistencia de 150 Ω, podemos medir la intensidad de corriente con un amperímetro y la diferencia de potencial con un voltímetro. Si aumentamos la cantidad de pilas, podemos formar el siguiente cuadro y gráfico:

Esquema de un circuito

Todo circuito real diseñado en el laboratorio se puede representar mediante un esquema:



V(V)	I(A)	$\frac{V}{I}$
1,5	0,01	150
3,0	0,02	150
4,5	0,03	150
6,0	0,04	150



En 1826, George Simon Ohm comprobó experimentalmente que la intensidad de corriente I que circula por un alambre es directamente proporcional a la diferencia de potencial V entre los extremos del alambre e inversamente proporcional a su resistencia R .

Este resultado es conocido como la ley de Ohm.

Donde:

$$I = \frac{V}{R}$$

I = Intensidad de corriente en amperes (A)

V = Diferencia de potencial en voltios (V)

R = Resistencia eléctrica en ohmios (Ω)

¿SABÍAS QUE...?

Experimentos posteriores demostraron que no todos los materiales cumplen con la ley de Ohm, ya que la resistencia de muchos depende de la intensidad de corriente. A los materiales que cumplen la ley de Ohm se les llama **materiales óhmicos**.

EJEMPLO RESUELTO 13

Una resistencia de carbono de 10 ohms es conectada a una pila. Para medir el voltaje y la intensidad de corriente que pasa por el conductor, se conecta un voltímetro y un amperímetro a la resistencia, como se muestra en el esquema. Calcula la lectura del amperímetro cuando el voltímetro marque 3 V.

- Calculamos la intensidad de corriente usando la ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow I = \frac{3 \text{ V}}{10 \text{ } \Omega} = 0,3 \text{ A}$$

Cálculos en circuitos eléctricos

Los elementos que forman parte de un circuito pueden agruparse en serie, en paralelo o formando una agrupación mixta.

Circuitos con resistencias agrupadas en serie

En esta clase de circuitos, los elementos están conectados uno a continuación de otro. Observa el esquema de la derecha. En este caso todas las cargas que salen del primer foco pasan por el segundo foco. Por lo tanto, la intensidad que pasa por cada resistencia es la misma.

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

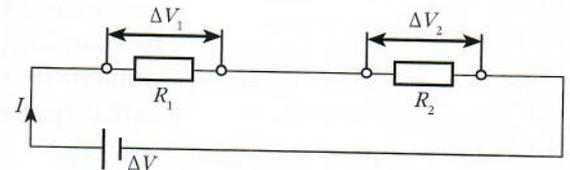
La diferencia de potencial en cada foco dependerá, entonces, del valor de la resistencia de cada uno. Pero el voltaje proporcionado por la pila será igual a la suma de la diferencia de potencial de cada foco.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

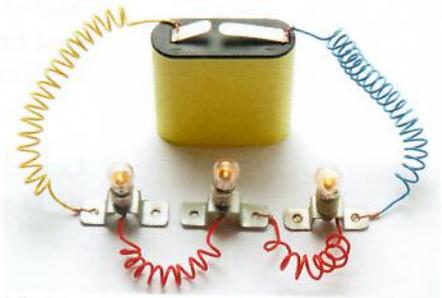
El conjunto de resistencias se puede sustituir por otra, llamada resistencia equivalente (R_{eq}), que puede calcularse sumando el valor de todas las resistencias del circuito.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

De aquí se deduce que cuando agrupamos varios receptores (en este caso focos) en serie, la resistencia equivalente es mayor que la de cualquiera de ellos.



Circuito con resistencias conectadas en serie



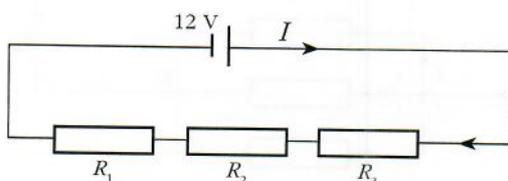
Circuito con tres focos conectados en serie

EJEMPLO RESUELTO 14

A una pila de 12 V se conectan en serie tres resistencias de 15; 5 y 3 Ω , respectivamente. Realiza un esquema del circuito formado y calcula lo siguiente:

- La intensidad que circula por el circuito y la que circula por cada una de las resistencias.
- El voltaje en cada una de las resistencias.

El circuito formado se representa así:



- Para calcular la intensidad que circula por el circuito, aplicamos la ley de Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{12 \text{ V}}{23 \Omega} = 0,52 \text{ A}$$

Como las resistencias están conectadas en serie, la intensidad en todas ellas es la misma:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = 0,5 \text{ A}$$

- La diferencia de potencial en cada una de las resistencias depende de su valor. Aplicamos la ley de Ohm en cada una de las resistencias y comprobamos que su suma es 12 V.

- $\Delta V_1 = I \cdot R_1 = 0,52 \text{ A} \cdot 15 \Omega = 7,8 \text{ V} \approx 8 \text{ V}$
- $\Delta V_2 = I \cdot R_2 = 0,52 \text{ A} \cdot 5 \Omega = 2,6 \text{ V} \approx 3 \text{ V}$
- $\Delta V_3 = I \cdot R_3 = 0,52 \text{ A} \cdot 3 \Omega = 1,6 \text{ V} \approx 2 \text{ V}$

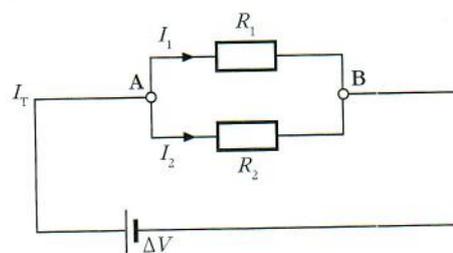


En una vivienda los diferentes componentes que funcionan con electricidad se disponen en paralelo. Así, una avería en uno de ellos no inutiliza el resto.

Circuitos con resistencias agrupadas en paralelo

En esta clase de circuitos, los elementos están conectados de la siguiente forma. Observa el dibujo:

Ahora no ocurre lo mismo que en el circuito anterior, puesto que cuando las cargas llegan al punto A, se reparten así:



- Unas circulan por la rama superior, en la que está la resistencia R_1 .
- Otras circulan por la rama inferior, donde se encuentra la resistencia R_2 .

Por lo tanto, podemos decir que la intensidad "se divide" por cada una de las ramas. Pero como la carga eléctrica se conserva (no puede desaparecer ni aparecer), el número de cargas que circulan por la rama superior más el número de cargas que circulan por la rama inferior es igual al número de cargas que salen y que entran al generador. Es decir:

$$I_T = I_1 + I_2$$

Pero las cargas no se reparten por las diferentes ramas de forma aleatoria. Se desplazarán más cargas, es decir, habrá mayor intensidad de corriente hacia la rama del circuito en la que la resistencia sea menor. La intensidad será menor por la rama del circuito en la que la resistencia sea mayor. Por lo tanto, el producto $I \cdot R$ en cada rama del circuito será igual. Es decir:

$$\Delta V_1 = \Delta V_2$$

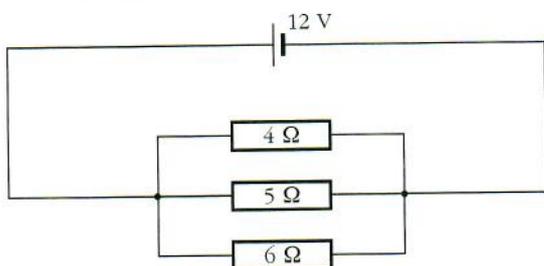
Con elementos agrupados en paralelo, la resistencia equivalente se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Esto quiere decir que la resistencia equivalente puede ser menor que alguna o que ambas resistencias.

EJEMPLO RESUELTO 15

En el circuito de la figura, determina la diferencia de potencial y la intensidad de corriente para cada una de las resistencias.



La resistencia equivalente del circuito será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R = 1,62 \Omega = 2 \Omega$$

Según la ley de Ohm, la intensidad que sale de la pila es:

$$I = V/R_{eq} = \frac{12 \text{ V}}{1,62 \Omega} = 7,4 \text{ A} = 7 \Omega$$

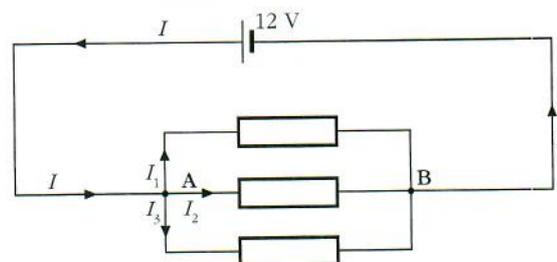
En el nudo A: $I = I_1 + I_2 + I_3$

Utilizamos la ley de Ohm para calcular la intensidad en cada resistencia y comprobar que su suma es 7,4 A. La diferencia de potencial en cada resistencia es 12 V. Según la ley de Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = 7,4 \text{ A}$$

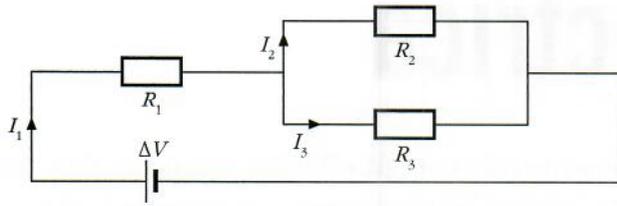
$$\bullet I_1 = 3 \text{ A} \quad \bullet I_2 = 2,4 \text{ A} \quad \bullet I_3 = 2 \text{ A}$$

Respuesta gráfica:



Circuitos mixtos

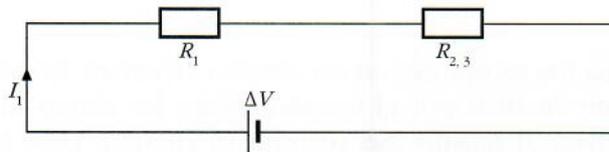
En un circuito mixto, existen elementos conectados en serie y otros en paralelo.



Circuito eléctrico mixto

Para resolver el circuito, se va reduciendo paso a paso hasta que quede con una sola resistencia.

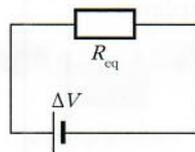
1. Primero reducimos las dos resistencias en paralelo a su equivalente ($R_{2,3}$).



$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

2. A continuación, calculamos la resistencia equivalente de las dos que tenemos ahora conectadas en serie:

$$R_{eq} = R_1 + R_{2,3}$$



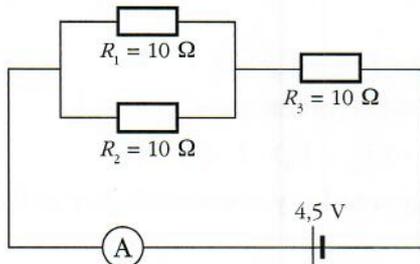
EN LA WEB

Para conocer más acerca del cálculo de intensidades y voltajes, ingresa a:

http://www.walter-fendt.de/ph14s/combres_s.htm

EJEMPLO RESUELTO 16

- Calcula la intensidad que circula por el amperímetro en este circuito:



Calculamos la resistencia equivalente:

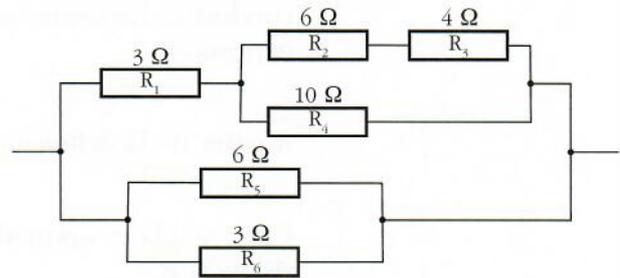
$$\frac{1}{R_{eq\ 1;2}} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega} \rightarrow R_{eq\ 1;2} = 5,0\ \Omega$$

$$R_{eq\ 1;2;3} = R_{eq\ 1;2} + R_3 = 5\ \Omega + 10\ \Omega = 15\ \Omega$$

Aplicamos la ley de Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq\ 1;2;3}} = \frac{4,5\ V}{15\ \Omega} = 0,30$$

- Halla la resistencia equivalente del circuito.



$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 6\ \Omega + 4\ \Omega = 10\ \Omega$. Así:

$$\frac{1}{R_{2,3;4}} = \frac{1}{R_{2,3}} + \frac{1}{R_4} \rightarrow R_{2,3;4} = 5,0\ \Omega$$

$$R_{1;2,3;4} = R_1 + R_{2,3;4} = 3 + 5 = 8,0\ \Omega$$

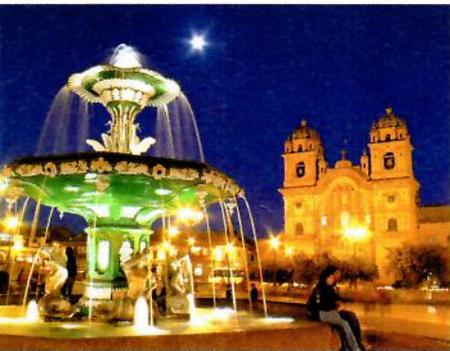
R_5 y R_6 se pueden reducir a:

$$\frac{1}{R_{5;6}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} \rightarrow R_{5;6} = 2,0\ \Omega$$

Entonces:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{1;2,3;4}} + \frac{1}{R_{5;6}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{2} \rightarrow R = 1,6\ \Omega$$

La energía y la potencia eléctrica



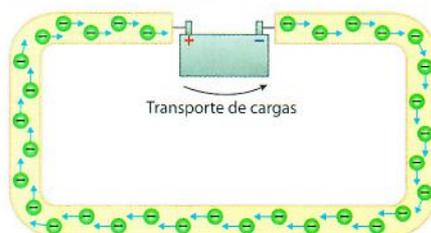
Vista nocturna de la plaza de Armas del Cusco

Carlos Sala

¿Cuándo un artefacto consume más energía eléctrica que otro? ¿Por qué se dice que una plancha tiene más potencia que una radio? ¿Qué es lo que pagamos en el recibo de electricidad?

Energía eléctrica

¿Cómo obtienen la energía los receptores en un circuito eléctrico? Evidentemente de las cargas que circulan por el circuito. Todas las cargas que salen del generador vuelven al mismo tras recorrer el circuito, pero las cargas vuelven al generador con menos energía de la que tenían al salir: han cedido energía en su recorrido por el circuito. (En realidad las cargas no recorren todo el circuito, sino que van "empujando" a otras cargas y el efecto neto es como si las cargas que salen del borne negativo del generador recorrieran el circuito completo).



La energía de la carga eléctrica que se desplaza entre dos puntos de un conductor, los cuales se encuentran a distinto potencial, viene dada por la expresión:

$$\text{Energía} = (V_A - V_B) \cdot Q$$

A partir de la definición de intensidad, obtenemos: $Q = I \cdot t$

$$\text{Energía} = (V_A - V_B) \cdot I \cdot t$$

Esta energía es aportada por el generador y consumida por el foco de resistencia R .

Por la ley de Ohm sabemos que $(V_A - V_B) = I \cdot R$. Sustituyendo $(V_A - V_B)$ en la expresión de la energía, tenemos:

$$\text{Energía} = I^2 \cdot R \cdot t$$

La unidad de la energía en el sistema internacional es el *joule* (J).

Efecto calorífico de la corriente eléctrica.

Ley de Joule

Cuando por un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía eléctrica se transforma en calor: los electrones en su movimiento chocan



La energía eléctrica se transforma en energía calorífica. El color rojo en la cocina demuestra la alta temperatura en la resistencia.

con las partículas del conductor, les transmiten parte de su energía y el conductor se calienta.

$$\text{Energía} = I^2 \cdot R \cdot t \text{ (en joules)}$$

$$\text{Energía} = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ (en joules)}$$

Esta expresión matemática se conoce con el nombre de ley de Joule.

El efecto calorífico de la corriente eléctrica se aprovecha en aparatos eléctricos, como estufas, planchas, etc., elaborados con conductores de la electricidad y que, en algunos casos, son de gran longitud (arrollados en espiral).

Potencia eléctrica

La potencia es la rapidez con la que un aparato eléctrico consume o transforma la energía eléctrica que recibe. Viene dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{\text{Energía}}{t} = \frac{(V_A - V_B) \cdot I \cdot t}{t} = (V_A - V_B) \cdot I = I^2 \cdot R$$

Su unidad es el *watt* (W), que se define como 1 *joule*/1 segundo. Otra unidad de potencia es el kilowatt (kW) = 1000 W.

Otra unidad de energía: el kilowatt-hora

El *joule* es la unidad de energía eléctrica en el sistema internacional, pero generalmente se emplea otra unidad: el kilowatt-hora (kWh).

La equivalencia entre el kilowatt-hora y el *joule* es la siguiente:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

PARA SABER MÁS

El contador mide la energía consumida por nuestros aparatos eléctricos. La lectura viene dada en kilowatts-hora (kWh).



EJEMPLO RESUELTO 17

En el casquillo de un foco aparece la inscripción 230 V-40 W. Con estos datos, calcula:

- La intensidad de corriente que pasa por el foco cuando se conecta a la tensión indicada.
- La resistencia del foco.
- La energía eléctrica consumida en 8 horas de funcionamiento, expresada en kWh.
- La cantidad de calor irradiada por el foco en 1 minuto de funcionamiento.
- Si el foco se conecta a una tensión de 110 V, ¿desarrollará la misma potencia?

Las indicaciones que aparecen significan:

- La tensión máxima a la que se puede conectar: $\Delta V = 230 \text{ V}$
- La potencia eléctrica: $P = 40 \text{ W}$

- La intensidad de corriente que circula por el foco cuando se conecta a dicha tensión es:

$$I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{40 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,17 \text{ A}$$

- Calculamos la resistencia del foco aplicando la ley de Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{230 \text{ V}}{0,18 \text{ A}} = 1353 \, \Omega = 1,4 \cdot 10^3 \, \Omega$$

- La potencia eléctrica equivale a la cantidad de energía eléctrica consumida por el foco en la unidad de tiempo. Si el foco ha estado funcionando durante 8 h:

$$E = P \cdot t = 40 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{10^3 \text{ W}} \cdot 8 \text{ h} = 0,32 \text{ kWh}$$

- El calor que desprende una resistencia se puede determinar aplicando la ley de Joule:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = (0,17 \text{ A})^2 \cdot 1353 \, \Omega \cdot 60 \text{ s} = 0,24 \text{ cal/J} = 563 \text{ cal} = 5,6 \cdot 10^2 \text{ cal}$$

- La potencia desarrollada depende de la tensión:

$$P = \Delta V \cdot I$$

Por lo tanto, el foco conectado a 110 V desarrollará menor potencia:

$$P = \Delta V \cdot I = \Delta V \cdot \frac{\Delta V}{R} = \frac{\Delta V^2}{R} = \frac{110^2}{1353} = 8,9 \text{ W}$$

Esto se traduce en que el foco alumbra menos.



Efecto luminoso de la corriente

¿SABÍAS QUE...?

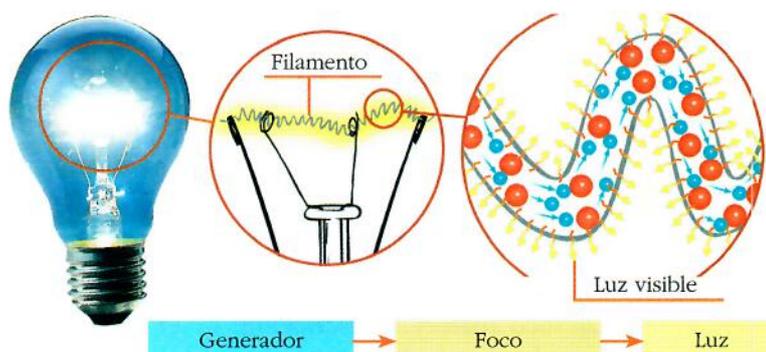
Hay varios métodos para generar luz a partir de la electricidad, pero unos son más eficientes que otros, es decir, consumen menos energía para producir la misma cantidad de luz.

Los focos ahorradores, por ejemplo, consumen cinco veces menos energía que los focos de incandescencia tradicionales.

Hasta hace un siglo, las personas usaban luz natural o la luz producida al quemar un combustible (aceite, gas, etc.). Ahora, la luz artificial proviene de la electricidad.

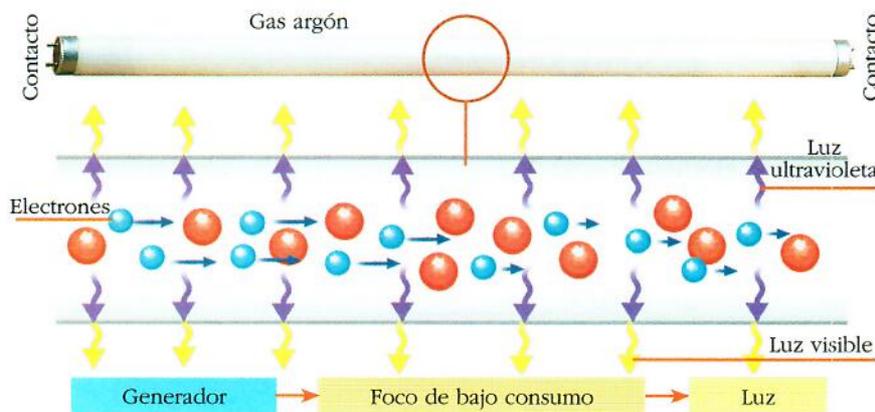
Lámparas de incandescencia

Cuando un metal se calienta mucho, se vuelve incandescente, es decir, empieza a emitir luz. En el caso de un **foco de incandescencia**, por ejemplo, al circular una corriente por el metal del filamento (wolframio) alcanza una temperatura de unos 2200 °C y emite luz.



Focos fluorescentes

En un **foco fluorescente** (foco de bajo consumo), un gas se ioniza y libera electrones que emiten luz ultravioleta. Esta luz choca con las paredes del foco, que están recubiertas con una sustancia fluorescente, y emite luz visible.



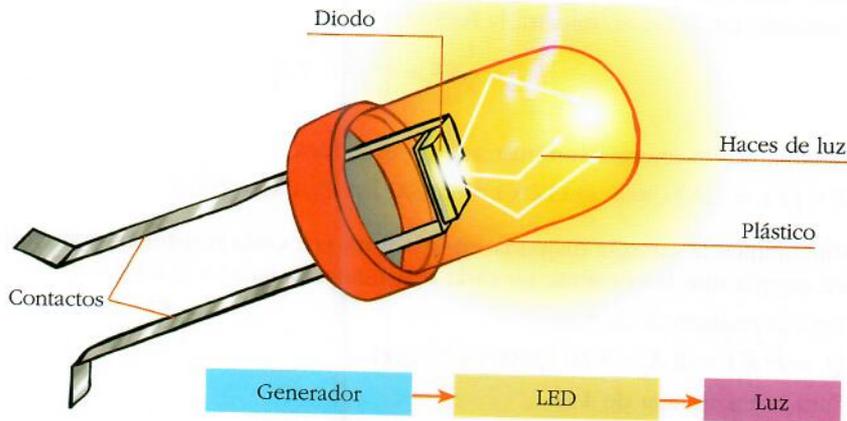
EN LA WEB

Para conocer más acerca de los focos ahorradores y el gasto energético, ingresa a:

<http://www.voltech.com.mx/focos.php>

Diodos LED

En un diodo LED (*light emitting diode*), los electrones caen de un nivel energético a otro y emiten la diferencia de energía en forma de luz. Los diodos son más eficientes que los focos de incandescencia o los focos fluorescentes.



Sección central

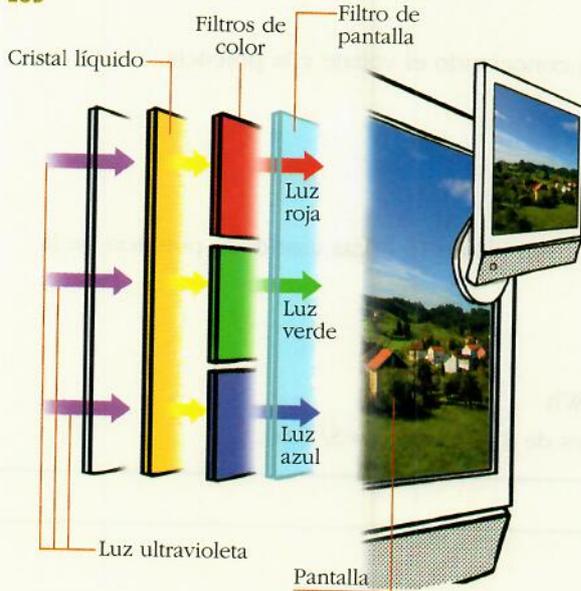


Desde hace años, los LED se emplean en equipos electrónicos (de color rojo o verde), en semáforos y en las luces traseras de los automóviles, por ejemplo.

En la vida diaria

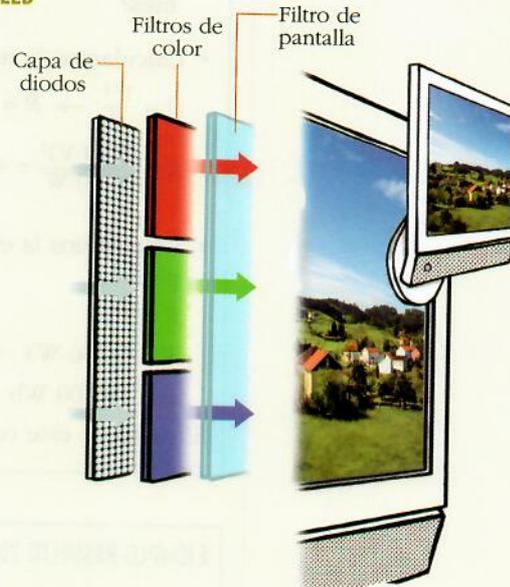
Muchos aparatos electrónicos disponen de pantallas para mostrar la información generada. En pocos años, los televisores LCD y LED están sustituyendo a los televisores de tubo, mucho más voluminosos y pesados.

LCD



En un televisor LCD existen varias capas. Una luz ultravioleta generada en el interior llega hasta ellas. La corriente eléctrica provoca que unas partes de la capa de cristal líquido (píxeles) dejen pasar la luz y otras no. Luego, unos filtros de color producen la imagen en la pantalla.

LED



Un televisor LED utiliza la misma tecnología que los LCD, pero sustituye el cristal líquido y la luz ultravioleta por LED microscópicos. Esta tecnología se está imponiendo por su mayor calidad de imagen y por ser más ecológica (menor consumo energético y uso de materiales menos contaminantes).

EJEMPLO RESUELTO 18

Una batería de 12 V y una resistencia interna de 1 Ω se conectan a una resistencia de 5 Ω . Calcula la energía suministrada por la fuente y la energía disipada por las resistencias en 1 hora.

- La resistencia interna 1 Ω está en serie con la resistencia de 5 Ω , lo que hace una resistencia total de 6 Ω . Entonces, calculamos la intensidad de corriente total que suministra la fuente:

$$I_{\text{total}} = \frac{V_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} = \frac{12 \text{ V}}{6 \Omega} = 2 \text{ A}$$

- Calculamos la energía suministrada en una hora:
 $E = I t \epsilon = (2 \text{ A}) (3600 \text{ s}) (12 \text{ V}) = 86\,400 \text{ J} = 86,4 \text{ kJ} = 86 \text{ kJ}$
- Calculamos la energía disipada en una hora por cada resistencia teniendo en cuenta que la corriente en cada resistencia es igual a la total.

Para la resistencia de 5 Ω :

$$Q_1 = I^2 R t = (2 \text{ A})^2 (5 \Omega) (3600 \text{ s}) = 72 \text{ kJ}$$

Para la resistencia de 1 Ω :

$$Q_2 = I^2 R t = (2 \text{ A})^2 (1 \Omega) (3600 \text{ s}) = 14,4 \text{ kJ} = 14 \text{ kJ}$$

EJEMPLO RESUELTO 19

Una plancha tiene las siguientes especificaciones: 220 V y 1200 W.

- Calcula la resistencia.
- Si el kilowatt-hora cuesta S/ 0,5, ¿cuánto pagarías por 16 horas de uso al mes?

- Calculamos la resistencia conociendo el voltaje y la potencia.

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{P}$$

$$R = \frac{(220 \text{ V})^2}{1200 \text{ W}} = 40,3 \Omega$$

- Calculamos la energía consumida en 16 horas usando la potencia de la plancha.

$$E = P t$$

$$E = (1200 \text{ W}) \cdot (16 \text{ h})$$

$$E = 19\,200 \text{ Wh} = 19,2 \text{ kWh}$$

El costo de este consumo es de $19,2 (\text{S}/ 0,5) = \text{S}/ 9,60$.

EJEMPLO RESUELTO 20

Alberto dejó prendidos los 5 focos de 60 W del patio de su casa durante 10 horas. Si la empresa PeruLuz cobra S/. 0,50 el kilowatt-hora, ¿cuánto pagará Alberto por este consumo?

- Calculamos la energía consumida en kWh por un foco:

$$E = P t = (60 \text{ W}) (10 \text{ h}) = 600 \text{ Wh} = 0,6 \text{ kWh}$$

$$\text{Por los 5 focos será: } 5 (0,6 \text{ kWh}) = 3 \text{ kWh}$$

$$\text{Alberto pagará: } 3 \cdot (\text{S}/ 0,50) = \text{S}/ 1,5.$$

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la electricidad en casa, consulta la página 158 del libro *Ciencia del Módulo de Biblioteca del Minedu*.



La electricidad en casa

Los artefactos que se usan en casa requieren de una instalación y un manejo seguro para el confort y bienestar de los usuarios.

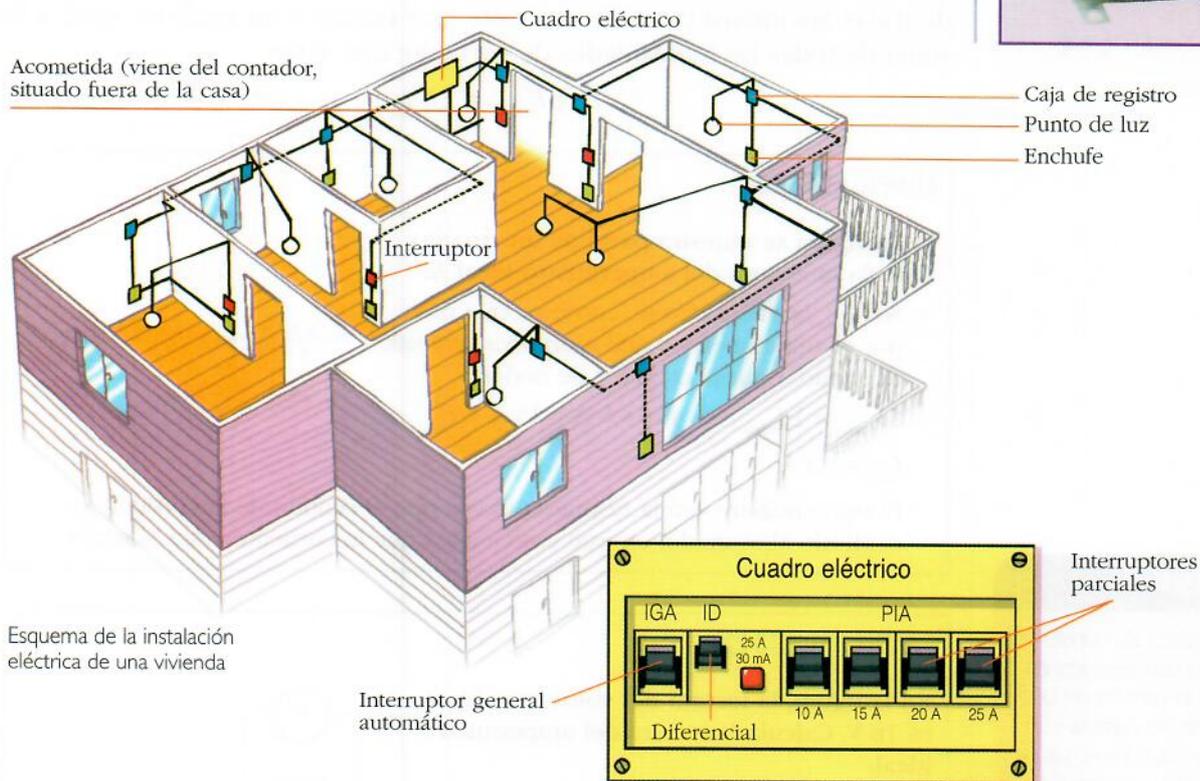
La instalación eléctrica

En las casas también existe un cuadro eléctrico con interruptores de seguridad que permiten controlar la energía eléctrica que circula por ella.

- **Interruptor general automático (IGA).** Sirve para cortar la corriente en toda la casa.
- **Interruptor diferencial (ID).** Corta el suministro de energía si detecta fugas. Puede apagarse automáticamente cuando se produce una avería.
- **Interruptores parciales (PIA).** Permiten desconectar la energía eléctrica en una parte de la casa o en una parte de la instalación.

INFORMACIÓN REGIONAL

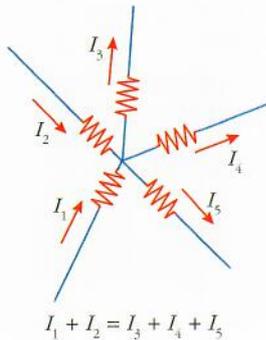
El voltaje de la corriente que llega a nuestros hogares es de 220 V y 60 hertz por segundo. Si se requiere utilizar un aparato eléctrico de 120 V, se tendrá que emplear un transformador para convertir la corriente.



PARA REFLEXIONAR

La electricidad que manejamos en casa tiene un voltaje muy superior al de una pila. Una descarga de esa electricidad en nuestro cuerpo puede producirnos graves daños. Por eso, es necesario cumplir una serie de normas de seguridad en el manejo de la instalación y los aparatos eléctricos. Reflexiona. ¿Qué medidas de seguridad debes tener en cuenta para evitar accidentes?

Circuitos de corriente continua



Ley de nodos

¿Cómo se trabaja con circuitos más complejos en donde hay muchas resistencias conectadas?

Leyes de Kirchoff

El físico alemán Gustav Kirchoff (1824-1887) ideó dos principios o leyes aplicados a los circuitos eléctricos. En los circuitos eléctricos se distinguen los nodos y las mallas.

Primera ley (ley de nodos)

Un nodo es el punto de concurrencia de tres o más conductores. La suma de todas las intensidades de corriente que entran a un nodo es igual a la suma de todas las intensidades de corriente que salen.

$$\sum I_{\text{entran}} = \sum I_{\text{salen}}$$

EJEMPLO RESUELTO 21

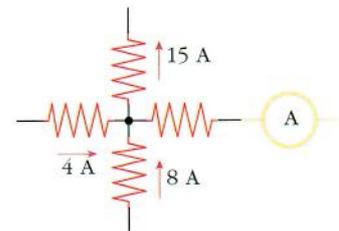
En la figura se muestra parte de un circuito. Calcula la lectura del amperímetro ideal A.

- Sea I_{amp} la intensidad de corriente que pasa por el amperímetro y que asumimos que sale del nodo. Aplicamos la ley de nodos:

$$\sum I_{\text{entran}} = \sum I_{\text{salen}} \rightarrow 4 \text{ A} + 8 \text{ A} = 15 \text{ A} + I_{\text{amp}}$$

$$I_{\text{amp}} = -3 \text{ A}$$

El signo negativo en la respuesta indica que el sentido de la corriente es contrario al asumido; en este caso, indica que la corriente entra al nodo.



PARA SABER MÁS

Los circuitos de corriente continua son aquellos en los que el sentido de la corriente no cambia con el tiempo. Las linternas de mano y los sistemas de cableado de un automóvil son ejemplos de corriente continua.

La energía eléctrica doméstica se suministra en forma de corriente alterna, donde la corriente oscila en un sentido y otro.

EJEMPLO RESUELTO 22

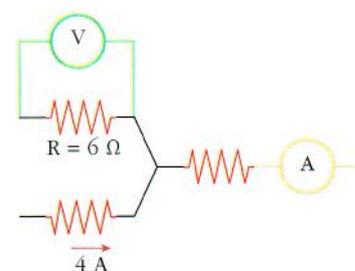
En la figura, la lectura del voltímetro ideal es 18 V. Calcula la lectura del amperímetro ideal.

- Calculamos la intensidad de corriente en la resistencia $R = 6 \Omega$ usando la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{18 \text{ V}}{6 \Omega} = 3 \text{ A}$$

- Observamos, por los signos (+) y (-) en el voltímetro, que la corriente calculada entra al nodo. Aplicamos la primera ley de Kirchoff.

$$\sum I_{\text{entran}} = \sum I_{\text{salen}} \rightarrow 3 \text{ A} + 4 \text{ A} = I_{\text{amp}} \rightarrow I_{\text{amp}} = 7 \text{ A}$$



Segunda ley (ley de mallas)

Utilizando la conservación de la energía, Kirchoff dedujo:

En una malla, la fem neta proporcionada por las baterías es igual a la suma de los voltajes que reciben las resistencias.

$$\sum \varepsilon = \sum V \rightarrow \sum \varepsilon = \sum I R$$

Las leyes de Kirchoff son útiles para establecer la intensidad de corriente de un circuito en una determinada resistencia. Antes de aplicarlas en un circuito, es necesario identificar sus nudos y mallas.

Para aplicar la primera ley de Kirchoff en un nudo, realiza lo siguiente:

- Indica con una flecha el sentido de las corrientes que entran y salen de un nudo. Es arbitrario, es decir, puedes asumir cualquier sentido siempre que elijas corrientes que entran y salen.

Para aplicar la segunda ley de Kirchoff en una malla, realiza lo siguiente:

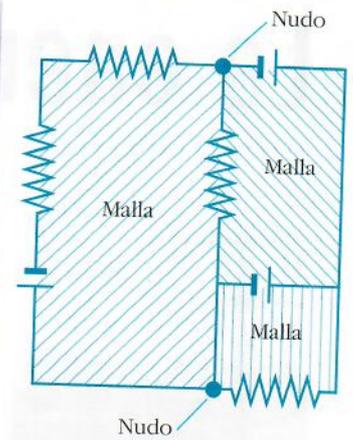
- Asume una corriente por cada malla, cuyo sentido es arbitrario (elígelo tú). Si una resistencia es compartida por dos mallas, la **corriente neta** que circula por ella es la suma de las corrientes de malla si estas circulan en el mismo sentido, y la diferencia, si circulan en sentidos contrarios.
- Para las baterías, la fem:
 - Se considera negativa (-) cuando el sentido de la corriente asumida en una malla cruza la batería del polo positivo al polo negativo.
 - Se considera positiva (+) cuando la corriente cruza la batería del polo negativo al polo positivo.

Aplicamos estos pasos y la segunda ley de Kirchoff:

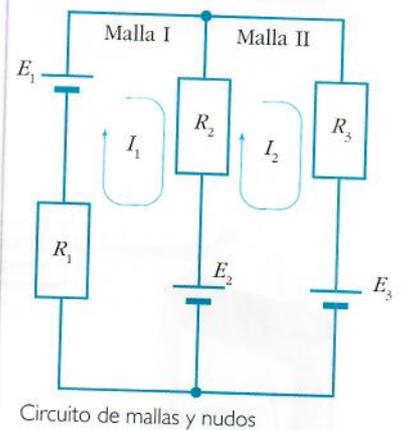
$$\text{Malla I: } + \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2$$

$$\text{Malla II: } + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 = I_2 R_3 + (I_2 - I_1) R_2$$

Sección central



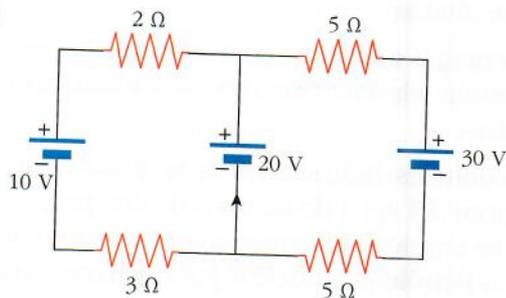
La mayor parte de los circuitos eléctricos están conformados por varias mallas. Los conductores se interceptan en puntos denominados nudos.



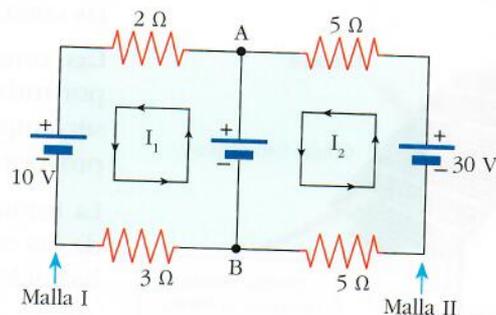
Circuito de mallas y nudos

EJEMPLO RESUELTO 23

En la figura se muestra un circuito de corriente continua. Determina la intensidad de corriente que circula por la batería de 20 V.



- Observamos que hay dos mallas (I y II) y dos nudos (A y B).



- Asumimos el recorrido de la corriente de cada malla y aplicamos la segunda ley de Kirchoff para cada malla:

$$\text{Malla I: } +20 \text{ V} - 10 \text{ V} = I_1 (2 \Omega) + I_1 (3 \Omega)$$

$$\rightarrow 10 \text{ V} = I_1 (5 \Omega) \rightarrow I_1 = 2 \text{ A}$$

$$\text{Malla II: } +30 \text{ V} - 20 \text{ V} = I_2 (5 \Omega) + I_2 (5 \Omega)$$

$$\rightarrow 10 \text{ V} = I_2 (10 \Omega) \rightarrow I_2 = 1 \text{ A}$$

- Notamos que la intensidad de la corriente neta que pasa por la batería es:

$$I_1 - I_2 = 2 \text{ A} - 1 \text{ A} = 1 \text{ A hacia arriba}$$



La energía eléctrica



Torres de alta tensión

La energía eléctrica es la forma de energía más útil, ya que se puede transformar fácilmente en otros tipos de energía y se puede transportar.

Producción de electricidad

La energía eléctrica se produce mediante la transformación de otros tipos de energía: química, radiante o luminosa y mecánica.

Energía química → energía eléctrica

Esta transformación tiene lugar en las pilas y baterías. Como resultado de reacciones químicas que se producen en su interior se genera una corriente eléctrica continua.

Energía luminosa → energía eléctrica

La conversión de energía luminosa en energía eléctrica se realiza en las células fotovoltaicas. Al incidir luz sobre ellas, liberan energía eléctrica de baja potencia en forma de corriente continua.

Energía mecánica → energía eléctrica

Para conseguir esta transformación de energía, se utilizan unos generadores de energía eléctrica llamados alternadores.

El ejemplo más sencillo es la dinamo de una bicicleta. Consta de un eje en el que hay un imán que puede girar alrededor de una bobina de hilo conductor. Cuando el imán gira, se produce una corriente que transmite energía eléctrica a la lámpara de la bicicleta.

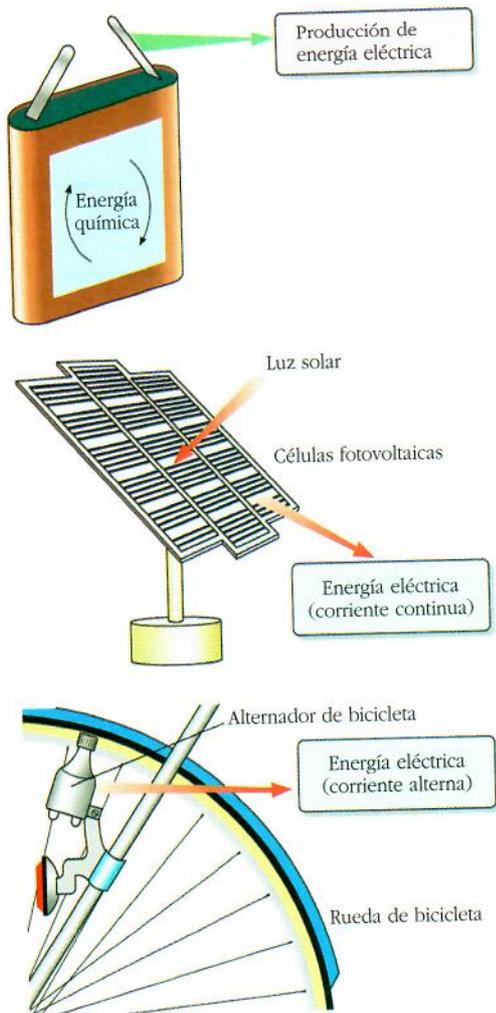
Este es el fundamento de la producción de energía eléctrica en las centrales eléctricas: la utilización de alternadores.

Las centrales eléctricas tienen grandes alternadores movidos por turbinas. Las turbinas poseen unas palas o álabes que, al ser empujadas, ponen en movimiento el eje del alternador y provocan una corriente alterna.

La forma de obtener energía mecánica para empujar las palas de las turbinas nos permite clasificar las centrales eléctricas en hidroeléctricas y térmicas.

Mientras que en las centrales hidroeléctricas se aprovecha la energía cinética/potencial del agua de un río o de una presa, en las centrales térmicas se emplea la energía química de un combustible fósil (carbón o petróleo) o nuclear para generar vapor de agua, que mueve las turbinas y genera corriente eléctrica.

En nuestro país las fuentes energéticas utilizadas para producir energía son solar, eólica, térmica de biomasa e hídrica. Sin embargo, la mayor parte de la energía eléctrica producida en el Perú proviene de centrales hidroeléctricas.



La energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es una forma sencilla de aprovechar la energía cinética del agua en movimiento. Es inagotable, limpia y gratuita.

Esta energía es generada por el Sol. Calienta las masas de agua del mar, es decir, aumenta su energía interna, las evapora formándose las nubes que, a su vez, devuelven el agua al suelo mediante la lluvia y la nieve, originando los arroyos y los ríos.

Las centrales hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas se instalan en el curso de los ríos junto a presas capaces de embalsar suficiente cantidad de agua. En el fondo de la presa, se abren unas tuberías que canalizan el agua a presión hasta las turbinas.

Cuando este chorro de agua a presión empuja las palas de la turbina, su energía potencial se transforma en energía cinética de rotación. De esta forma se consigue el movimiento de las aspas de la turbina y se origina la corriente eléctrica en el generador.

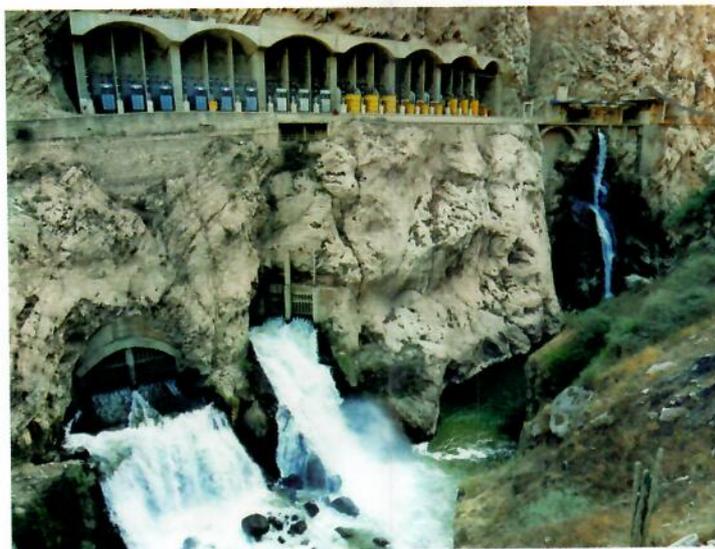
En estas centrales la energía cinética del agua en movimiento se transforma en energía eléctrica. La potencia de este tipo de centrales depende del desnivel del agua en la presa y del caudal que atraviesa la turbina.

En las zonas de montaña, hay muchos ríos pequeños de curso accidentado, cuyo caudal no permite el establecimiento de grandes centrales hidroeléctricas, pero sí su aprovechamiento energético por medio de minicentrales, que son instalaciones cuya potencia es inferior a 10 MW. En conjunto aportan una cantidad de energía importante y su impacto medioambiental es mucho menor.

Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa



Interior de la Central Hidroeléctrica de Charcani, Arequipa



Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, Huaraz

EN LA WEB

Para conocer más acerca del funcionamiento de las centrales eléctricas, ingresa a:

<http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/esquemas/esquemas.htm>

http://www.eitb.eus/multimedia/infografias/Energia_hidroelectrica/Energia_hidroelectrica_es.swf

http://www.eitb.eus/multimedia/infografias/Energia_hidroelectrica/Energia_hidroelectrica_es.swf

http://www.eitb.eus/multimedia/infografias/Energia_hidroelectrica/Energia_hidroelectrica_es.swf

http://www.eitb.eus/multimedia/infografias/Energia_hidroelectrica/Energia_hidroelectrica_es.swf

http://www.eitb.eus/multimedia/infografias/Energia_hidroelectrica/Energia_hidroelectrica_es.swf

http://www.eitb.eus/multimedia/infografias/Energia_hidroelectrica/Energia_hidroelectrica_es.swf



Las centrales térmicas de combustibles fósiles



Central térmica de Santa Rosa, región Lima

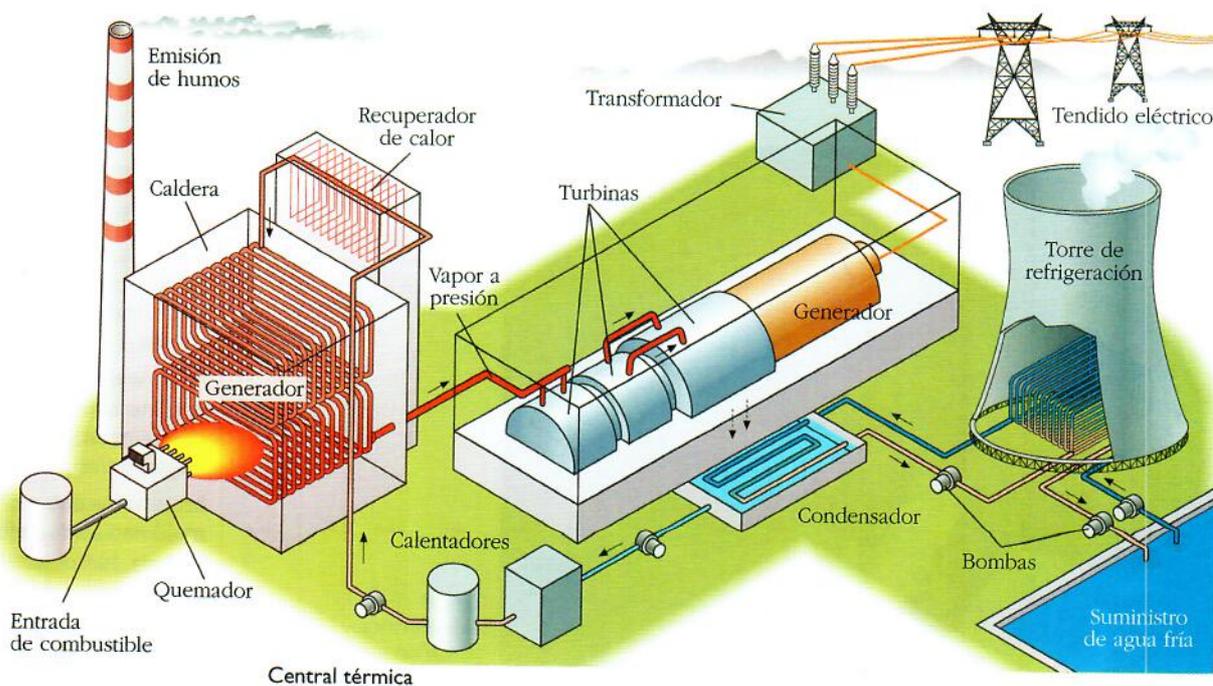
Las centrales térmicas producen electricidad a partir de la energía química almacenada en un combustible (petróleo, carbón o combustibles nucleares).

El funcionamiento de una central térmica

Aunque pueden usarse combustibles diversos (carbón, petróleo, gas...), la producción de energía sigue en todos los casos este esquema:

1. El calor generado al quemar el combustible (carbón, petróleo) se emplea para calentar agua en una **caldera**, que se transforma en vapor.
2. Este vapor de agua se dirige hacia unas **turbinas** y las hace girar, debido a su empuje.
3. Un **generador**, el aparato capaz de producir electricidad, está acoplado a las turbinas, de manera que, a medida que estas giran, se produce la energía eléctrica.
4. El generador está conectado a un **transformador** que convierte la corriente eléctrica para que se distribuya por los **tendidos eléctricos**.

Además, como puede verse en el esquema inferior, existe un **sistema de refrigeración** que permite convertir el vapor de agua que ha pasado por las turbinas en agua líquida, que vuelve a comenzar el ciclo a partir de la energía térmica obtenida de los combustibles.



La energía eólica

Históricamente, esta energía se ha empleado, por ejemplo, para mover barcos o para moler grano en los molinos. Ahora se usa también para generar energía eléctrica.

¿Qué es la energía eólica?

Los vientos son una manifestación indirecta de la energía solar. El viento se produce por el diferente calentamiento de una región con respecto a otra. Debido a esto, el aire caliente de la primera región, por ser más ligero que el aire frío, se eleva dejando un hueco que es rellenado por aire más frío que procede de la otra región. El aire frío en su desplazamiento es lo que conocemos como viento.

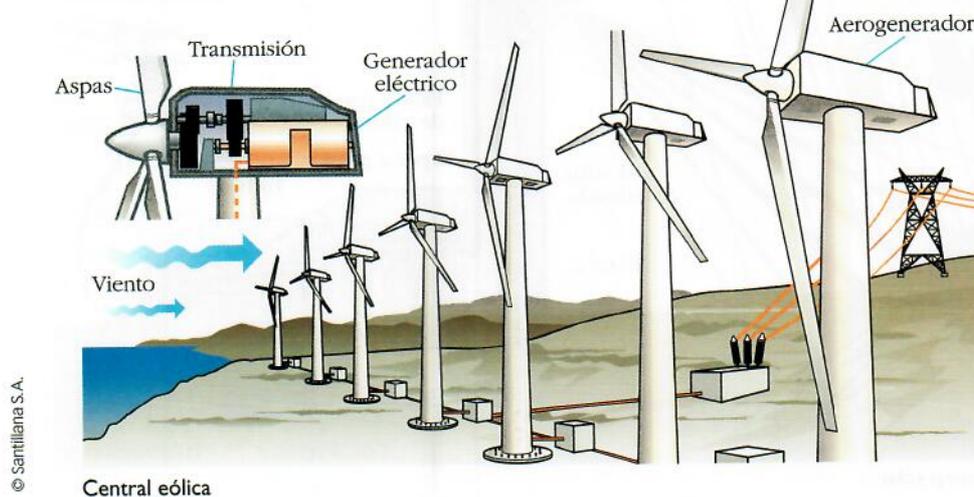
La energía eólica es inagotable, gratuita y no contamina, pero presenta el inconveniente de que es intermitente. Además, la energía que transportan los vientos es mucho menor que la irradiada por el Sol.

No obstante, la mejora en el diseño de los aerogeneradores ha hecho que la eólica sea la energía renovable que ha experimentado un mayor crecimiento en los últimos años, multiplicando por 12 la capacidad de obtención de energía por este medio en todo el mundo.

Las centrales eólicas

En las centrales eólicas se aprovecha la energía del viento (cinética), la cual se transforma en energía eléctrica en unos aparatos llamados **aerogeneradores**. El viento mueve las aspas y este movimiento se transmite mediante una serie de engranajes a un generador eléctrico.

El mayor inconveniente de estas instalaciones es el fuerte condicionante geográfico: las centrales eólicas solo son rentables en zonas en las que el viento es intenso con regularidad, como en Chiclayo y Paracas.



© Santillana S.A.



Central eólica de Talara, Piura

PARA REFLEXIONAR

Al igual que las centrales solares, las centrales eólicas no emiten gases tóxicos a la atmósfera, pero tienen influencias negativas en el ambiente:

- Si las centrales están construidas en las rutas de las aves migratorias, suelen coincidir con las zonas con mayores corrientes de aire y pueden afectar considerablemente a las aves, ya que chocan con las aspas de los molinos.
- Ocupan una gran extensión de terreno.
- El impacto paisajístico es considerable, ya que están situadas en zonas altas.

Argumenta. ¿Por qué a pesar de los impactos en el ambiente la energía eólica es una buena alternativa para producir energía?



La energía solar

INFORMACIÓN REGIONAL

La energía solar es cada vez más utilizada en el Perú como alternativa de ahorro energético o para proveer de energía eléctrica a lugares donde esta no está disponible. El Ministerio de Energía y Minas firmó un contrato en el 2015 para la instalación de alrededor de 150 000 paneles solares en más de 15 000 localidades. Se espera que la totalidad de paneles esté instalada para mediados del 2016.



Paneles solares en Padre Cocha, región Loreto

Las fuentes de energía no convencionales, como la energía solar, no suponen aún un aporte especial de energía para el consumo en países industrializados, debido a su escasez o por no estar tecnológicamente desarrolladas.

El Sol es la principal fuente de energía sobre la Tierra. Las plantas elaboran su alimento a partir de sustancias minerales y la luz solar. Los animales se alimentan de plantas o de animales que, a su vez, se alimentan de plantas. Sin el Sol no podría existir la vida sobre la Tierra.

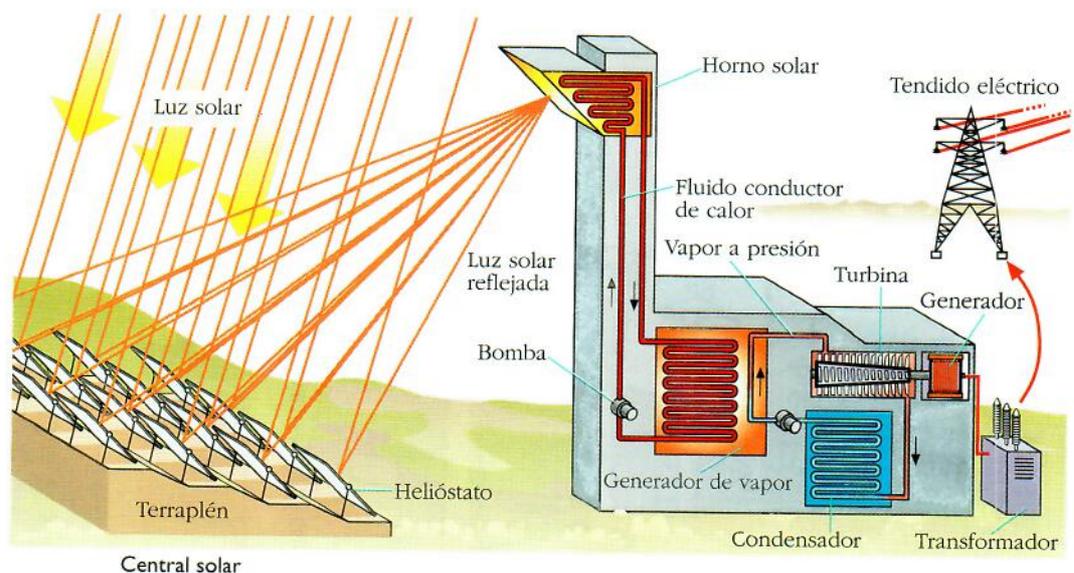
La energía solar es inagotable, gratuita y limpia, pero tiene el inconveniente de que es intermitente: las noches y los días nublados impiden tener energía solar durante ese tiempo.

Las centrales eléctricas solares

El Sol es como un gran reactor nuclear. En su interior se producen reacciones de fusión nuclear que liberan gran cantidad de energía. La energía irradiada que llega a la Tierra se aprovecha de dos formas básicas:

- **Aprovechamiento térmico:** la energía solar se recoge en espejos y se transmite a un fluido que aumenta su temperatura (ver imagen inferior).
- **Aprovechamiento fotovoltaico:** las células fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz que reciben en energía eléctrica. Para ello, se utilizan materiales semiconductores (silicio o germanio) que consiguen la conversión directa de energía luminosa en energía eléctrica.

La energía solar se recoge sobre un panel solar. La irradiación hace que se produzca una corriente eléctrica dentro del semiconductor. Esta corriente eléctrica ya puede ser almacenada en una batería como la de los automóviles o transportada, mediante hilos conductores, al lugar en que va a ser utilizada.



Otras energías alternativas



La creciente demanda energética y el impacto ambiental de determinadas centrales eléctricas han fomentado la investigación de nuevas fuentes de energía.

Los movimientos más importantes del mar podemos clasificarlos en tres grupos: corrientes marinas, ondas y olas, y mareas.

Las corrientes marinas

Tienen un origen muy parecido al de los vientos. En determinadas zonas oceánicas del globo terráqueo, inciden los rayos solares más perpendicularmente que en otras. Esto hace que grandes masas de agua sufran un gran calentamiento, mientras que otras aguas permanecen frías.

En el mar, el agua calentada en una zona asciende a la superficie y es reemplazada por agua fría de otras regiones, que al trasladarse origina un verdadero río de agua salada en mitad del océano.

Sin embargo, aparte de las ventajas que suponen las corrientes para los marineros, ningún otro aprovechamiento se ha podido hacer de esta manifestación de la energía solar en el mar.

Ondas y olas

Las ondas son provocadas por alguna perturbación de la superficie del mar. Las ondas son impulsadas en todas direcciones, aumentan enormemente de tamaño por la acción de los vientos y recorren grandes distancias.

La energía que transportan es enorme, ya que supone el movimiento de grandes masas de agua. Para aprovechar esta energía, se utilizan unos flotadores que oscilan por acción de las ondas y en una turbina se genera energía eléctrica.

Las olas son producidas por la acción de los vientos, fundamentalmente de las brisas que soplan en las regiones costeras.

Desafortunadamente, todavía no se ha descubierto un medio eficaz para controlar y transformar esta manifestación energética del mar y así poder convertirla en energía útil y manejable.

Las mareas

La energía de las mareas se aprovecha en las centrales mareomotrices: el agua, al subir y bajar, mueve unas turbinas generando así energía eléctrica (tienen un mecanismo parecido al de las centrales hidroeléctricas).



Central mareomotriz en la desembocadura del río Rance (Francia)



Central de energía mareomotriz



Polémica sobre el calentamiento global

Las evidencias sobre el cambio climático global generan discrepancias dentro de la comunidad científica. Uno de los temas más polémicos, o de alcance global, confronta a las corrientes de pensamiento en relación con la capacidad de intervención de los seres humanos en el clima de la Tierra.

Visión catastrofista

Considera que la sociedad urbano-industrial es la principal responsable del aumento de la temperatura terrestre debido a sus altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero, lo que podría provocar un desequilibrio ambiental irreversible.



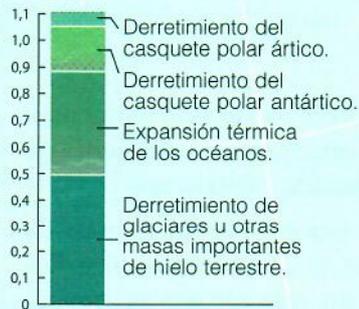
Visión escéptica

Considera la elevación de la temperatura resultado de una variabilidad natural, en la que la intervención humana en el proceso es poco probable o insignificante.



Factores que contribuyen a la elevación del nivel del mar, en milímetros por año

El gráfico muestra los efectos del calentamiento global durante el periodo 1961-2003. El nivel del mar subió cerca de 17 centímetros desde el inicio del siglo XX.

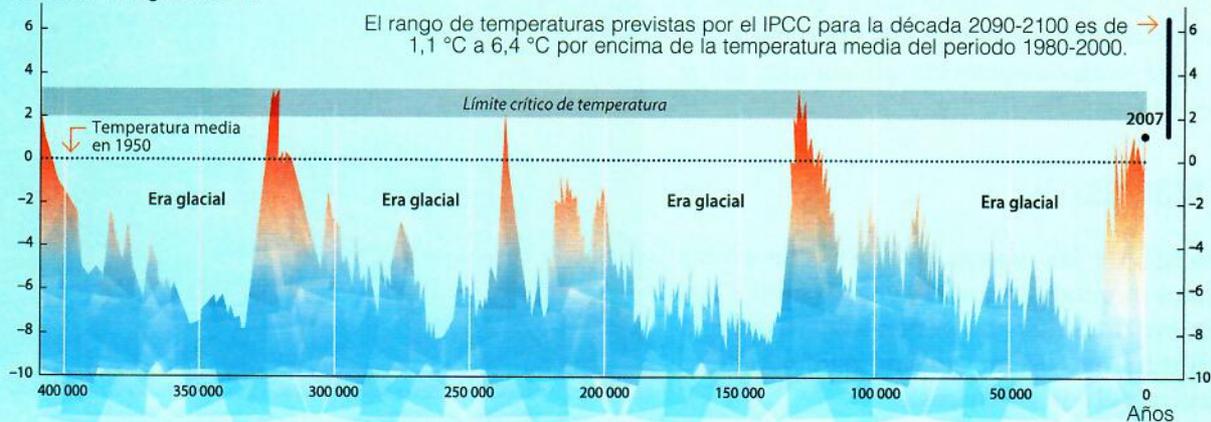


- Banquisa o hielo marino.
- Superficie de hielo flotante.
- Casquetes polares.
- Glaciares u otras masas importantes de hielo terrestre.
- Permafrost* continuo.
- Permafrost discontinuo.
- Permafrost aislado.

*Suelo permanentemente congelado formado por rocas, tierras y hielo.

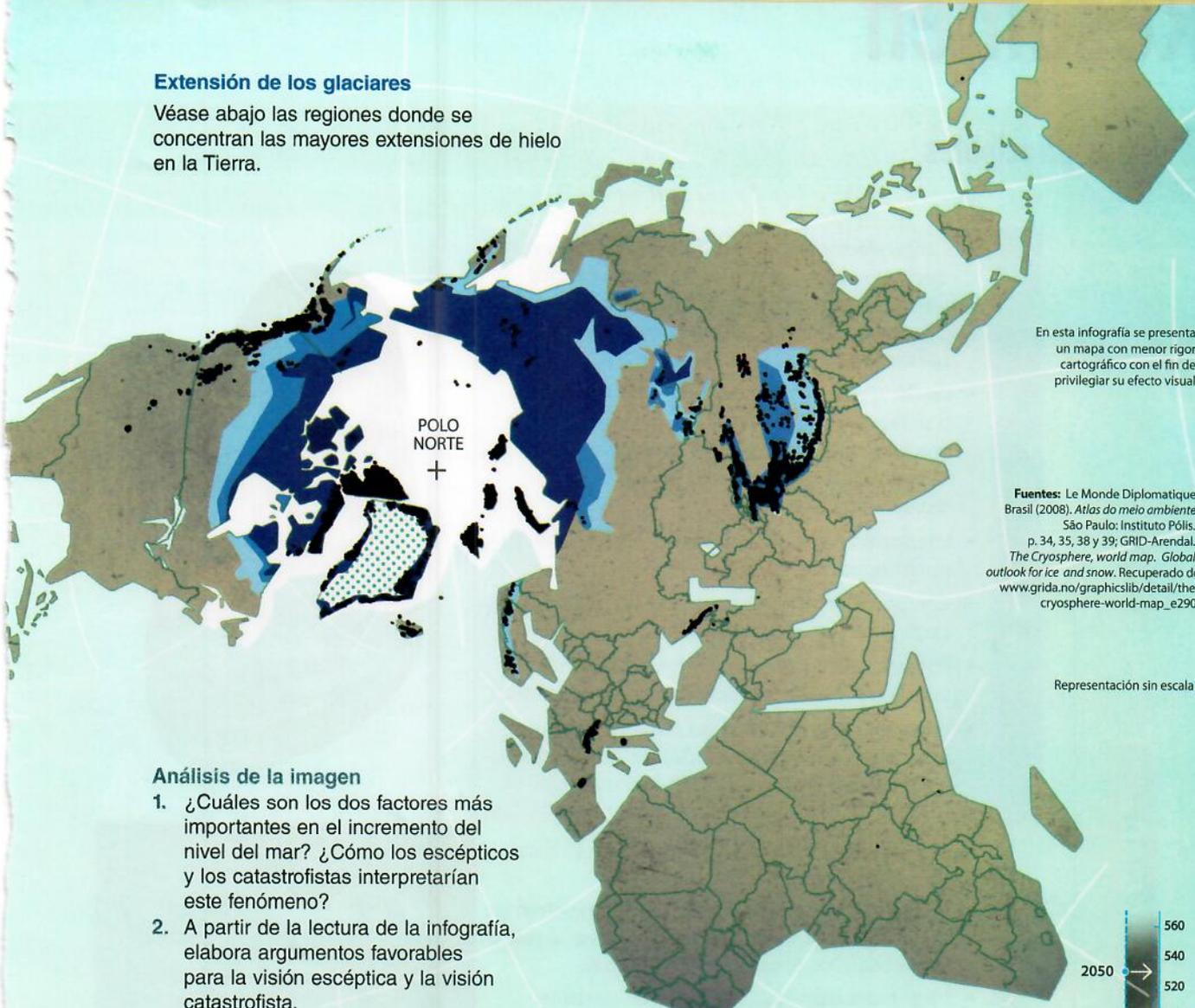
Variación de la temperatura en °C

Un estudio del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) considera dos escenarios posibles para predecir la temperatura media mundial de las próximas décadas: el primero, en el que se genera una reducción sensible de los bienes de consumo y de energía fósil; y el segundo, en el que el crecimiento económico está basado en el consumo intensivo de energías fósiles.



Extensión de los glaciares

Véase abajo las regiones donde se concentran las mayores extensiones de hielo en la Tierra.



ILUSTRAÇÕES: DIEGO MORALES

En esta infografía se presenta un mapa con menor rigor cartográfico con el fin de privilegiar su efecto visual.

Fuentes: Le Monde Diplomatique Brasil (2008). *Atlas do meio ambiente* São Paulo: Instituto Pólis. p. 34, 35, 38 y 39; GRID-Arendal. *The Cryosphere, world map. Global outlook for ice and snow.* Recuperado de www.grida.no/graphicslib/detail/the-cryosphere-world-map_e290

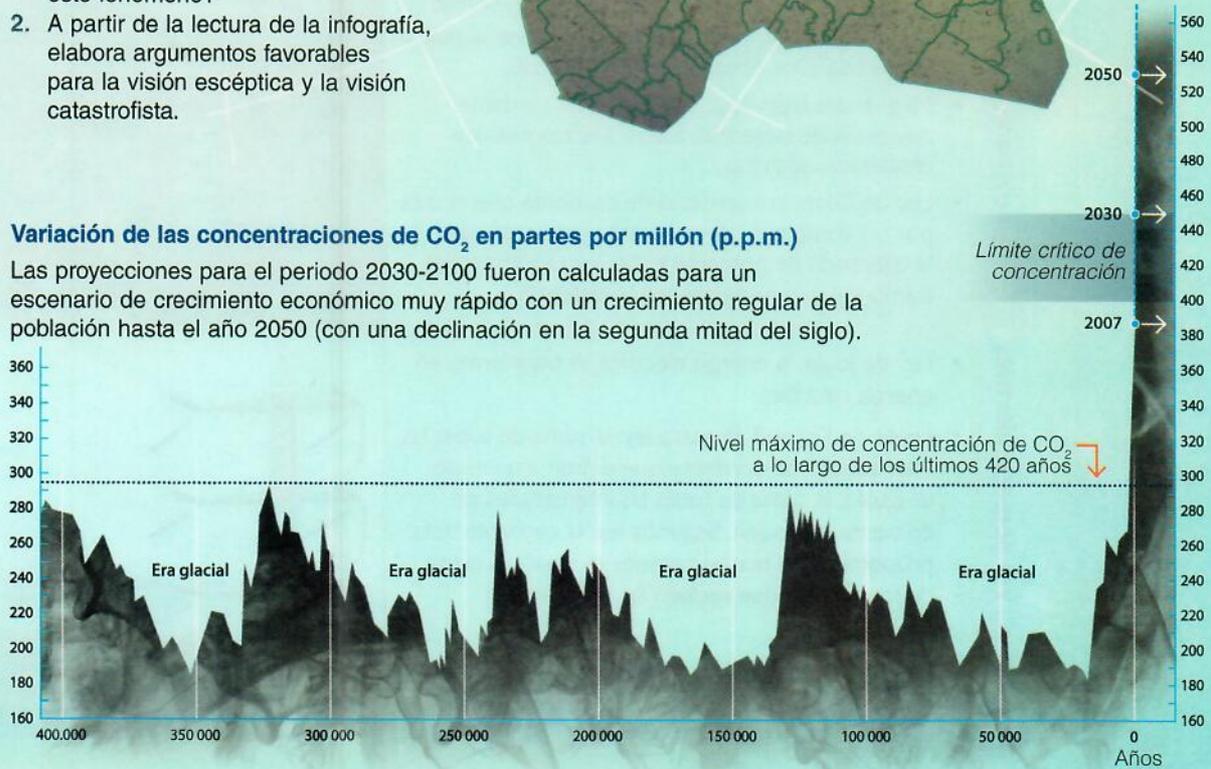
Representación sin escala

Análisis de la imagen

1. ¿Cuáles son los dos factores más importantes en el incremento del nivel del mar? ¿Cómo los escépticos y los catastrofistas interpretarían este fenómeno?
2. A partir de la lectura de la infografía, elabora argumentos favorables para la visión escéptica y la visión catastrofista.

Variación de las concentraciones de CO₂ en partes por millón (p.p.m.)

Las proyecciones para el periodo 2030-2100 fueron calculadas para un escenario de crecimiento económico muy rápido con un crecimiento regular de la población hasta el año 2050 (con una declinación en la segunda mitad del siglo).



© Santillana S.A.

Resumen

Ideas principales

LA ELECTRICIDAD

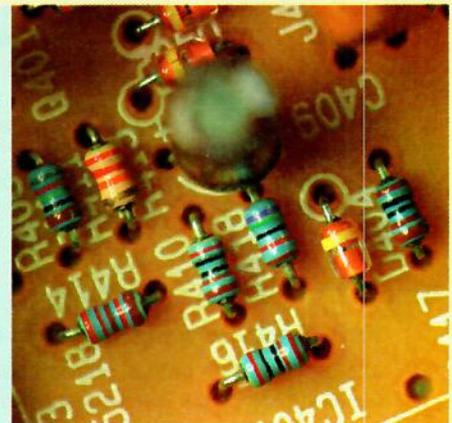
Electricidad

- Cargas eléctricas: propiedad de los protones y electrones. Los protones tienen carga eléctrica positiva, y los electrones, carga eléctrica negativa. La cantidad de carga de un sistema aislado es constante.
- Ley de Coulomb: dos cargas eléctricas se atraen o se repelen con una fuerza que es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.
- Interacción entre cargas: conductores, aislantes y semiconductores.
- Campo eléctrico: espacio situado alrededor de una carga en el cual se ejercen fuerzas eléctricas.
- Potencial eléctrico: energía eléctrica adquirida por un cuerpo al sufrir la acción de una fuerza eléctrica.
- Capacidad eléctrica: cantidad de carga que puede almacenar un cuerpo conductor en su superficie para que esta adquiera potencial de un voltio.



La corriente eléctrica

- Corriente eléctrica: conjunto de cargas eléctricas que se mueven de forma ordenada.
- Circuito eléctrico: camino cerrado que recorren las cargas eléctricas, el cual les permite volver al punto de partida. Dos tipos: en serie y paralelo.
- Magnitudes eléctricas: intensidad de corriente, diferencia de potencial, fuerza electromotriz y resistencia eléctrica.
- Ley de Ohm: la intensidad de corriente que circula por un alambre es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre los extremos del alambre e inversamente a su resistencia.

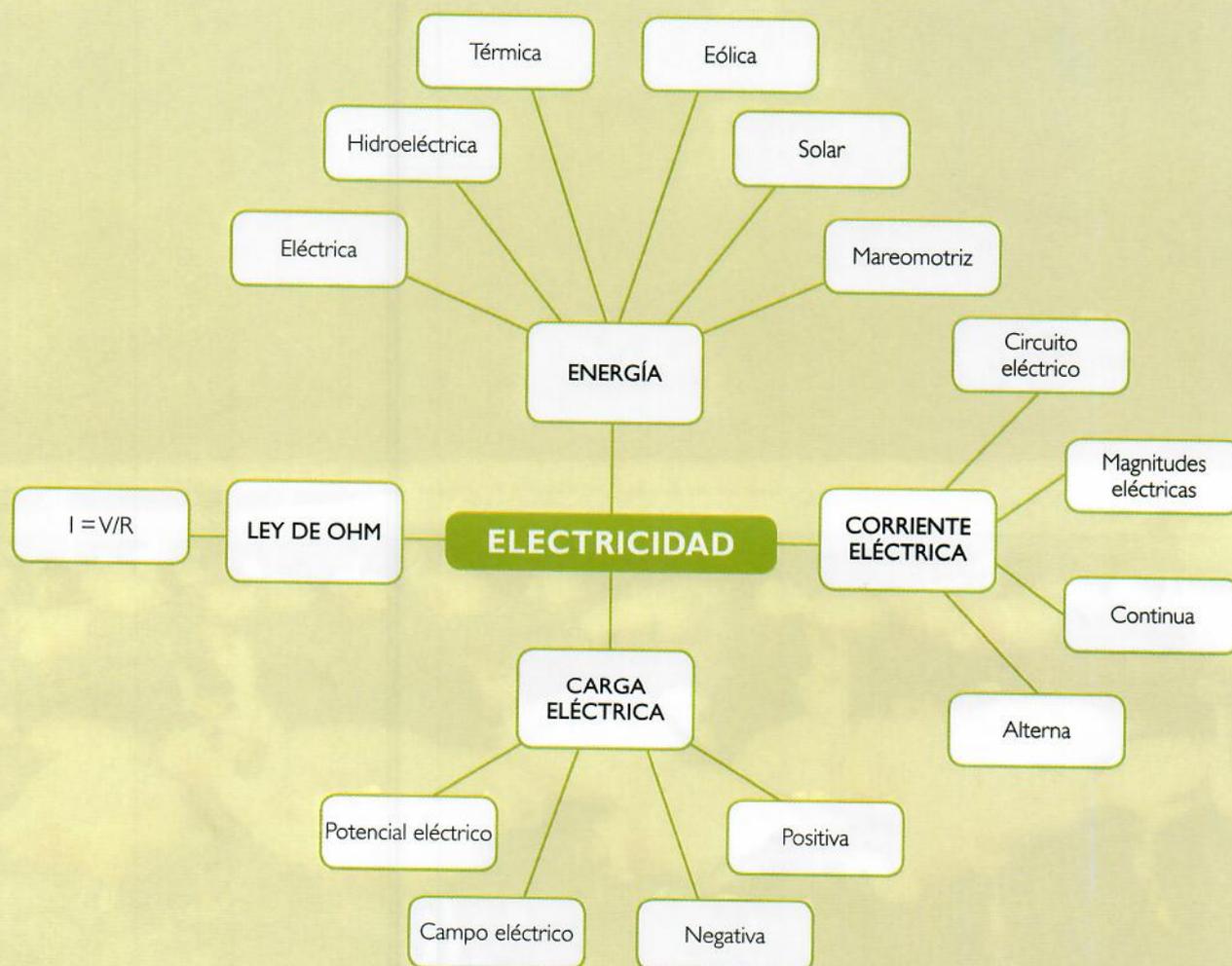


La energía y la potencia eléctrica

- Ley de Joule: la energía eléctrica se transforma en energía calorífica.
- Leyes de Kirchoff. Primera ley: la suma de todas las intensidades de corriente que entran a un nodo es igual a la suma de todas las intensidades de corriente que salen. Segunda ley: la corriente neta proporcionada por las baterías es igual a la suma de los voltajes que reciben las resistencias.



Organizador visual: mapa de ideas



Opciones de consulta

Para reforzar

En estas fuentes encontrarás información acerca de la electricidad, el magnetismo y el electromagnetismo, así como diferentes actividades didácticas que reforzarán lo que has aprendido.

- <http://www.minem.gob.pe>
- [http://timerime.com/en/timeline/324818/Historia+de+la+ Electricidad/](http://timerime.com/en/timeline/324818/Historia+de+la+Electricidad/)

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar el tema desarrollado en esta unidad.

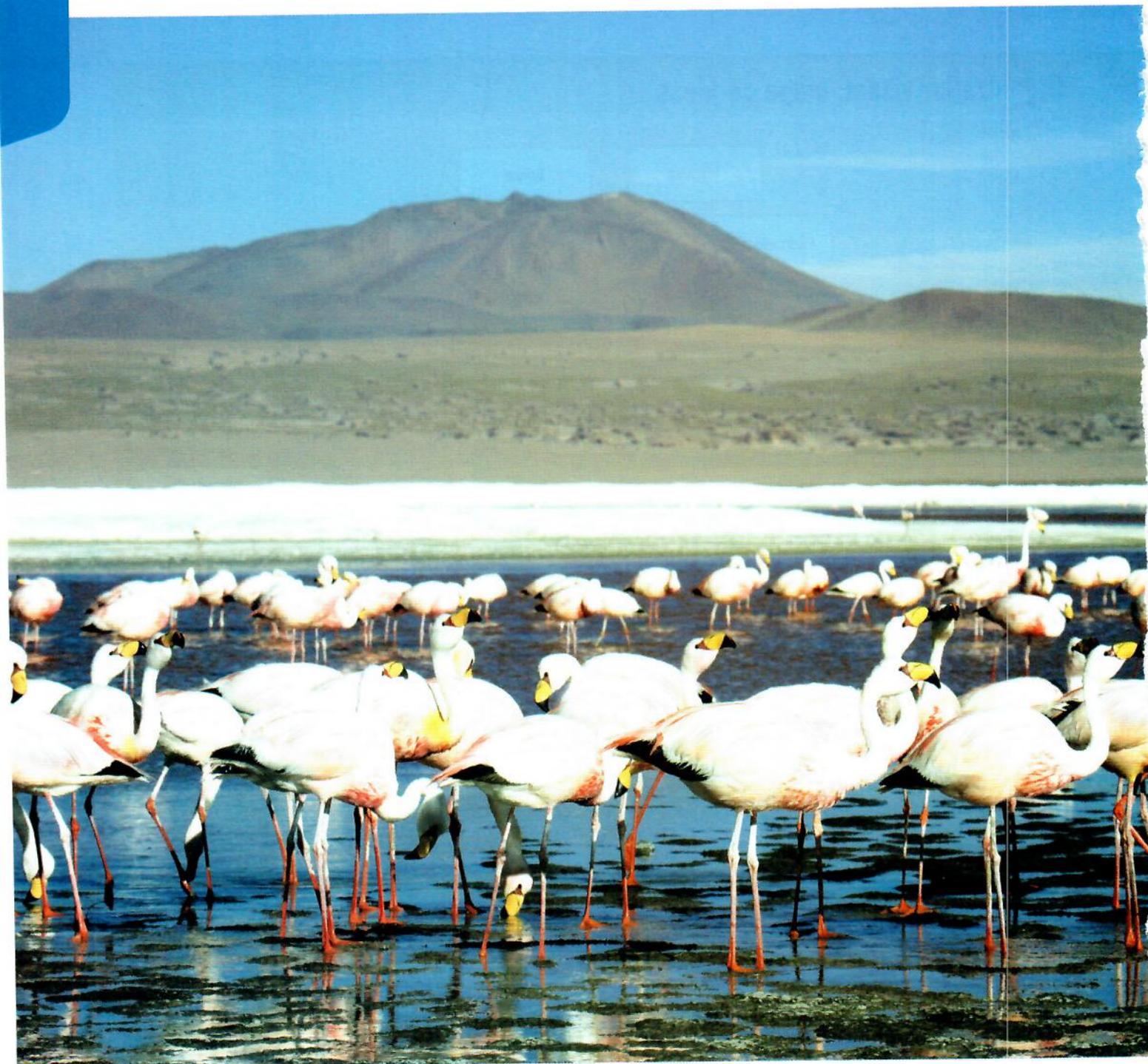
La Biblia de la Física y Química. (2003). Barcelona, España: Lexus Editores.

Para ampliar

BBC (2011), *La historia de la electricidad*: La era de los inventos

El profesor Jim Al-Khalili cuenta la electrificante historia de la búsqueda del ser humano por comprender la más misteriosa fuerza de la naturaleza: la electricidad. Esta serie está llena de deslumbrantes saltos de la imaginación y extraordinarios experimentos, una historia de genios maravillosos quienes utilizaron la electricidad para alumbrar nuestras ciudades, comunicar a través del aire, crear la industria moderna y guiarnos hacia la revolución digital.

- <http://www.documentales-online.com/tag/la-historia-de-la-electricidad/>



IDEAS CLAVE

- El magnetismo
- El campo magnético
- La fuerza magnética sobre una partícula cargada.
- La fuerza magnética en un conductor de corriente
- El efecto magnético de la corriente eléctrica
- El efecto eléctrico del campo magnético

8

El magnetismo

Shutterstock



Las parihuano o flamencos son aves migratorias.

LEEMOS

El magnetismo en la vida diaria

En un estudio realizado por un grupo de científicos de la Universidad de California (EE.UU.), se descubrió que la capacidad de las aves para mantener su ruta durante las migraciones se debe a reacciones químicas particulares que tienen lugar en su organismo por la influencia del campo magnético terrestre.

Los científicos llegaron a estas conclusiones mediante un experimento que consistió en colocar a algunas aves migratorias en jaulas donde podían caminar y moverse, pero no volar. Luego, las expusieron a campos magnéticos artificiales. Cuando analizaron las marcas que las aves dejaron en el suelo, observaron que estas seguían la dirección usual para la migración si el campo artificial estaba paralelo al terrestre, pero se sentían confusas cuando el campo magnético estaba dirigido hacia un rumbo diferente.

Otras investigaciones afirman que las aves poseen una brújula interna que las hace sensibles a los campos magnéticos. Cuando el cielo está nublado, las aves hallan su camino mediante la detección de las líneas del campo magnético que atraviesa el planeta.

El hallazgo de magnetita en la cabeza de las palomas mensajeras avalaría la teoría de la "sensibilidad magnética de las criaturas aéreas". Pero si no tuvieran esta capacidad, ¿cómo podrían orientarse?

¿Qué se entiende por magnetismo? ¿Cómo funciona una brújula? ¿A qué se debe el magnetismo de la Tierra? ¿Qué son las líneas del campo magnético? ¿De dónde parten y adónde llegan las líneas del campo magnético?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar la unidad, habrás realizado indagaciones y explicaciones científicas acerca de las características y el comportamiento de los fenómenos magnéticos. Asimismo, asumirás una posición frente a la importancia del magnetismo en tu vida diaria.

Introducción a la unidad

En los seres vivos y, en general, en nuestra vida cotidiana, el magnetismo tiene mucha más influencia y aplicación de la que pensamos. Por un lado, gran parte de equipos eléctricos basan su funcionamiento en la relación de fuerzas magnéticas y eléctricas; y por el otro, el magnetismo terrestre es usado por muchas especies de aves migratorias o animales acuáticos como mecanismo de orientación.

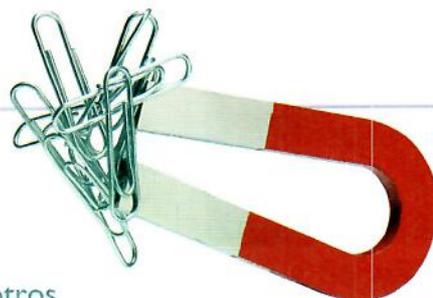
En esta unidad aprenderás todo lo relacionado con el magnetismo: comprenderás que la fuerza magnética proviene de las propiedades de las cargas eléctricas, y que el campo magnético es un campo de fuerza creado por los imanes a su alrededor. Asimismo, lograrás analizar el efecto magnético de la corriente eléctrica y el efecto eléctrico del campo magnético.

Magnetismo



La magnetita es un imán natural

El nombre de magnetismo proviene de Magnesia, una ciudad de la antigua Grecia en la que abundaba un mineral capaz de atraer al hierro y a otros metales. Este mineral se conoce ahora con el nombre de magnetita.



Imán permanente e imanes temporales (clips)

El magnetismo y los imanes

El magnetismo es la propiedad que presentan algunas sustancias de atraer objetos constituidos por ciertos metales. A los cuerpos que presentan dicha propiedad se les denomina magnetos o imanes.

Por su naturaleza, existen dos tipos de imanes:

- **Naturales:** que atraen el hierro por su propia composición.
- **Artificiales:** que han sido magnetizados por medio de una imantación. La imantación de dichos imanes puede realizarse por frotamiento, por contacto o por medio de una corriente eléctrica.

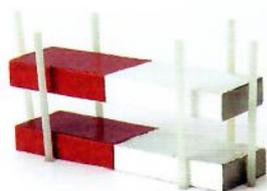
No toda sustancia puede ser imantada; esta propiedad depende de la naturaleza de los átomos que la forman.

La duración de la imantación no es igual en todos los cuerpos. Según la sustancia, este efecto puede durar más o menos tiempo, o ser permanente.

Propiedades de los imanes

Los polos del mismo nombre se repelen, mientras que los polos de distinto nombre se atraen. Por eso el imán superior flota sobre el inferior.

El comportamiento de los polos de los imanes es muy parecido al de las cargas, pero difiere en que las cargas eléctricas se pueden separar como carga positiva o negativa; en cambio, los polos de un imán son inseparables. Siempre que se rompe un imán en dos partes, aparecen dos nuevos imanes, cada uno con sus dos polos.



Los polos iguales de los imanes se repelen haciendo flotar un imán sobre el otro.

Campo magnético y líneas de fuerza

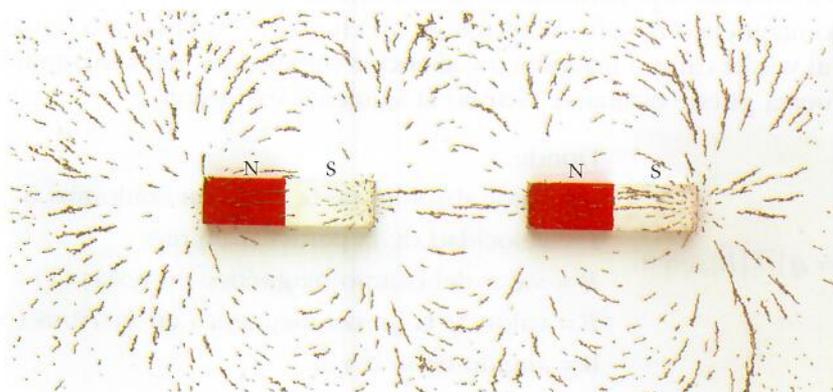
Se llama campo magnético a la zona alrededor de un imán donde se ponen de manifiesto sus efectos magnéticos.

La intensidad del campo magnético se mide en una unidad llamada tesla (T) en el sistema internacional, en honor de Nikola Tesla (1856-1943), un científico que realizó trabajos relacionados con la electricidad y el magnetismo. Otra unidad muy empleada es el gauss (G); 10^4 G equivale a 1 T. Un imán fuerte crea en sus inmediaciones un campo de entre 0,1 y 0,5 T.

Para visualizar el campo magnético, Michael Faraday (1791-1867) esparció limaduras de hierro sobre un papel colocado encima de un imán. Observó que las limaduras se situaban en líneas cerradas; es decir, líneas que partían de un polo del imán y que llegaban al otro polo. Además, las líneas no se cortaban. Estas líneas fueron llamadas líneas de campo y, por convenio, se dice que salen del polo norte magnético y entran en el polo sur.

No existe una expresión matemática sencilla que sirva para determinar el campo magnético en las inmediaciones de un imán, pero podemos decir que:

- El campo magnético se reduce a medida que nos alejamos del imán.
- El campo magnético depende del medio en el que situemos al imán.

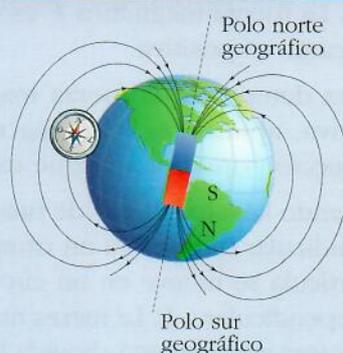


Las líneas de campo del segundo imán salen de su polo norte y se dirigen al polo sur del primer imán.

PARA REFLEXIONAR

Algunos científicos sostienen que la exposición del ser humano por encima de ciertos niveles de radiación electromagnética causa enfermedades relacionadas con el cáncer, en especial los tumores cerebrales y la leucemia infantil. De aquí la necesidad de verificar y controlar las emisiones de campo electromagnético. La Organización Mundial de la Salud considera que existe suficiente seguridad hasta valores de 0,001 T.

- Investiga qué campo magnético producen las líneas de alta tensión, cuadros eléctricos, computadoras, televisores, etc.



Campo magnético terrestre.

El polo norte magnético queda en el polo sur geográfico, y el polo sur magnético, en el polo norte geográfico.

Ejemplo	Campo magnético (T)
Inmediaciones de circuito eléctrico	10^{-6}
Campo magnético terrestre	$0,3 \cdot 10^{-4}$
Manchas solares	0,15
Imán	0,1 - 0,5
Imán industrial	1,0
Interior de un acelerador de partículas	1,0-2,0
Reactores de fusión nuclear	5,2

Algunos campos magnéticos típicos

Fuerza magnética sobre una partícula cargada

EN LA WEB

Para conocer más acerca del magnetismo, ingresa a:

http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/magnet/magnet_portada.html

¿Puede un campo magnético generar algún efecto sobre un electrón o un protón?

Para que el campo magnético sea medible, es necesario definir una magnitud vectorial que nos indique la intensidad del campo y su dirección en el espacio. Tal magnitud es el campo magnético (B).

El campo magnético \vec{B} se define en función de la fuerza ejercida sobre las cargas móviles en la ley de la fuerza de Lorentz:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

Es decir, cuando una partícula cargada atraviesa en forma perpendicular un campo magnético \vec{B} , sufre la acción de una fuerza \vec{F} en dirección perpendicular al vector campo magnético y al vector velocidad v . Así la magnitud de esta fuerza puede estimarse usando la siguiente expresión:

Donde:

q = valor absoluto de la carga en coulombs (C)

v = velocidad de la partícula en m/s

B = valor del campo magnético en teslas (T)

F = valor de la fuerza magnética en *newtons* (N)

θ = ángulo entre \vec{v} y \vec{B} .

$$|\vec{F}| = q |\vec{v}| |\vec{B}| \sin \theta$$

Para determinar la dirección de la fuerza magnética que actúa en una carga positiva, usaremos la **regla de la mano derecha**.

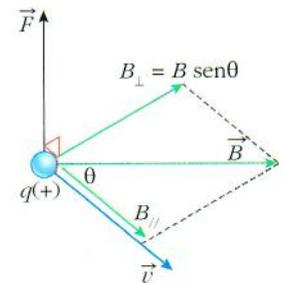
Abriendo la palma de la mano derecha, indicamos con el pulgar la dirección de la velocidad v y acomodamos los dedos en la dirección del campo B_{\perp} . La fuerza magnética \vec{F} es perpendicular a la palma, saliendo de ella, si la carga es positiva.

Para determinar la fuerza magnética sobre una carga negativa, aplicamos la misma regla, pero consideramos la dirección opuesta a la que experimenta la carga positiva.

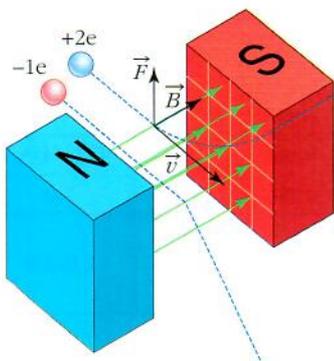
Cuando la velocidad v de una partícula con carga q es perpendicular ($\theta = 90^\circ$) a un campo magnético uniforme B , la partícula se mueve en un círculo de radio r cuyo plano es perpendicular a B . La fuerza magnética F que se ejerce sobre la carga siempre está dirigida hacia el centro del círculo.

La fuerza magnética causa la aceleración centrípeta y modifica solo la dirección de v , pero no su magnitud.

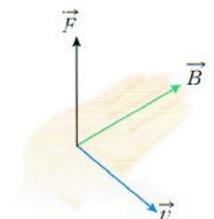
$$F = q v B = \frac{mv^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$



La fuerza magnética es perpendicular a la velocidad y al campo magnético.



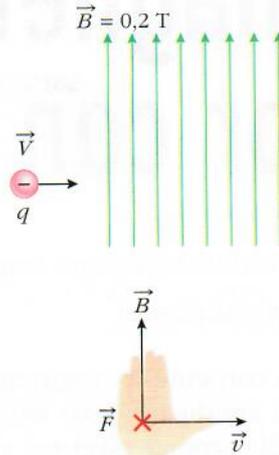
Acción del campo magnético sobre las partículas



Regla de la mano derecha

EJEMPLO RESUELTO 1

Una partícula cargada con $q = -30 \mu\text{C}$ ingresa a un campo magnético uniforme de $0,2 \text{ T}$ en forma perpendicular con una velocidad de $2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$. Determina la dirección y el módulo de la fuerza que actúa sobre la carga.



- Aplicamos la regla de la mano derecha. La fuerza se ha invertido por tratarse de una carga negativa.
- Calculamos el valor de la fuerza magnética así:

$$F = q v B_{\perp}$$

$$F = (30,0 \cdot 10^{-6} \text{ C})(2 \cdot 10^6 \text{ m/s})(0,2 \text{ T})$$

$$F = 12,0 \text{ N}$$

La fuerza magnética es $12,0 \text{ N}$ entrando a la hoja.

PARA SABER MÁS

Para representar los vectores perpendiculares a la hoja, se usan los siguientes símbolos:

- ⊗ Un vector entrante a la hoja es representado por un aspa.
- ⊙ Un vector saliente de la hoja es representado por un punto.

EJEMPLO RESUELTO 2

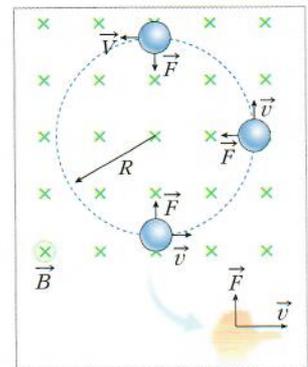
Una partícula de masa $m = 8 \cdot 10^{-20} \text{ kg}$ y carga $q = +2 \text{ nC}$ es disparada con una velocidad de 10^7 m/s perpendicularmente al interior de un campo magnético uniforme de 2 T , como muestra la figura del lado derecho. Calcula el radio de la trayectoria circular que describe la partícula cuando queda atrapada en el interior del campo.



- Aplicamos la regla de la mano derecha en el instante que ingresa al campo. Observamos que se desvía hacia arriba y, luego, queda atrapada.
- La fuerza magnética es, entonces, una fuerza centrípeta. Calculamos el radio.

$$m \frac{v^2}{R} = q v B \rightarrow R = \frac{m v}{q B}$$

$$R = \frac{8 \cdot 10^{-20} \text{ kg} \cdot (10^7 \text{ m/s})}{2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot (2 \text{ T})} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$



PARA SABER MÁS

- En general, para que aparezca una fuerza magnética, es necesario que el vector velocidad v forme un determinado ángulo θ con el vector de campo magnético B . El valor de la fuerza que actúa sobre la partícula sería:

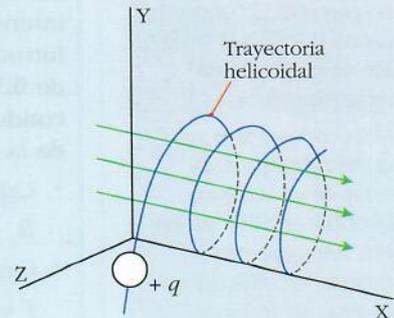
$$F = q v B \sin \theta$$

- $B \sin \theta$ es la componente perpendicular del campo magnético B con respecto a la velocidad. La fórmula se expresa como:

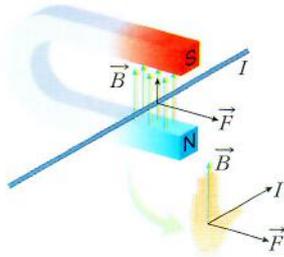
$$F = q v B_{\perp} \rightarrow \text{De donde: } B_{\perp} = B \sin \theta$$

- Si la carga eléctrica se desplaza en forma paralela a las líneas de campo a favor o en contra de ellas ($\theta = 0^\circ, \theta = 180^\circ$), entonces la fuerza magnética sobre dicha carga es nula.

Si la partícula cargada tiene un vector velocidad con una componente paralela a un campo magnético uniforme, entonces sigue una trayectoria helicoidal.



Fuerza magnética en un conductor con corriente



Un conductor con corriente perpendicular a un campo magnético sufre la acción de una fuerza perpendicular al cable y al campo.

¿Por qué un campo magnético actúa con una fuerza sobre un conductor con corriente?

La corriente es, convencionalmente, el movimiento de cargas positivas en un conductor. Esto significa que sobre un conductor, por el que circula una corriente eléctrica, y que se encuentra dentro de un campo magnético, también aparece una fuerza magnética.

El módulo de la fuerza se calcula como:

$$F = I L B \text{ sen } \theta$$

Donde:

I = Intensidad de corriente (en amperes).

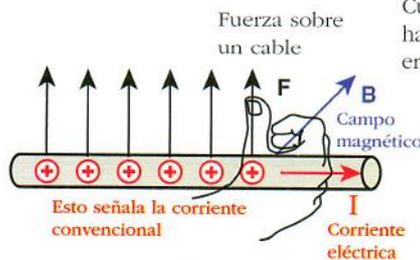
L = Longitud del conductor dentro del campo.

B = Campo magnético

θ = Ángulo entre la dirección de la intensidad de corriente y el campo magnético

Si el conductor es paralelo al campo magnético, la fuerza es 0.

Para determinar la dirección de la fuerza magnética, también podemos aplicar la regla de la mano derecha. En este caso, el dedo pulgar indica la dirección de la corriente eléctrica y, como antes, los dedos representan el campo, y la palma, la fuerza perpendicular.



Curvar los dedos como si el vector I girase hacia el vector B . El pulgar estará entonces en la dirección de la fuerza F .

$$\vec{F} = \vec{I} L \times \vec{B}$$

Fuerza sobre un cable recto de longitud L .

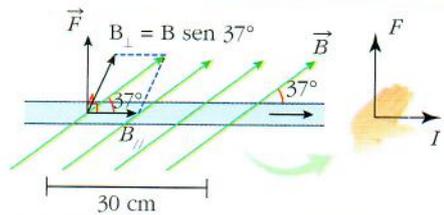
¿SABÍAS QUE...?

Si las líneas de inducción son paralelas al conductor cuando $\theta = 0^\circ$ o $\theta = 180^\circ$, este no experimenta fuerza magnética.

Si dos conductores paralelos transportan corriente en la misma dirección, estos se atraen; pero si transportan corriente en direcciones opuestas, se rechazan.

EJEMPLO RESUELTO 3

Treinta centímetros de un alambre conductor por donde circula una intensidad de corriente de 0,2 A se introducen en un campo magnético de 0,5 T, de tal manera que el conductor forma 37° con la dirección del campo. Calcula la intensidad de la fuerza que actúa sobre el segmento del conductor.



- Calculamos la componente del campo perpendicular a la velocidad:

$$B_{\perp} = B \text{ sen } \theta = (0,5 \text{ T}) \text{ sen } 37^\circ = 0,3 \text{ T}$$

- Calculamos el valor de la fuerza magnética:

$$F = I L B_{\perp} \rightarrow F = (0,2 \text{ A}) (0,3 \text{ m}) (0,3 \text{ T}) = 1,8 \times 10^{-2} \text{ N}$$

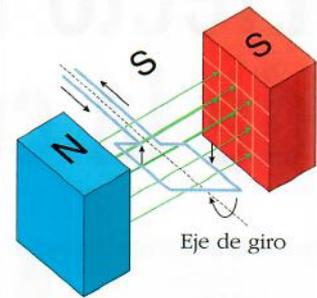
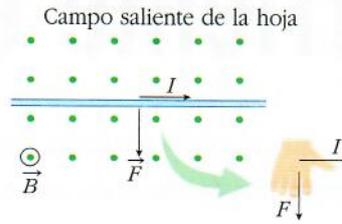
EJEMPLO RESUELTO 4

Un conductor transporta 0,6 A de corriente eléctrica y está sometido a la acción de un campo magnético de 2 T, como muestra la figura. Calcula la intensidad y la dirección de la fuerza que actúa en 1 m del alambre.

- Aplicamos la regla de la mano derecha y observamos que la fuerza está dirigida hacia abajo.
- Calculamos el valor de la fuerza:

$$F = I L B_{\perp}$$

$$= (0,6 \text{ A}) (1 \text{ m}) (2 \text{ T}) = 1,2 \text{ N}$$



Una espira en el interior de un campo magnético sufre la acción de un par de fuerzas que la hacen rotar.

Fuerza magnética sobre una espira

Si en lugar de colocar un segmento de conductor colocáramos una espira rectangular en el interior de un campo magnético, observaríamos que aparecen fuerzas opuestas en los segmentos perpendiculares al campo, lo que origina una cupla que produce un torque en la espira que tiende a hacerla rotar.

El torque en cada segmento está dado por la magnitud de la fuerza y el brazo de palanca, que es un componente del radio de giro.

Como son dos fuerzas, el valor del torque resultante es:

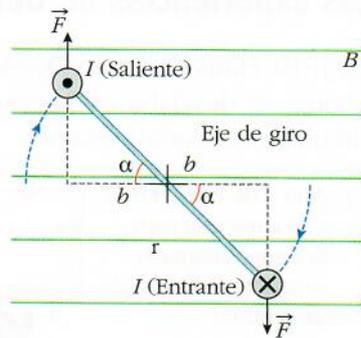
$$\tau = 2 F b$$

Donde:

$$\tau = 2 F r \cos \alpha$$

F = Fuerza magnética (N)

r = Radio de giro de la espira (m)



Corte transversal de la espira sometida a un par de fuerzas que la hacen girar con respecto a un eje central.

Motor de corriente continua

Una fuerza que actúa en un circuito tendrá un torque máximo cuando el brazo de palanca de la fuerza sea siempre igual al radio de giro de la espira. Esto se consigue disponiendo los imanes en forma de anillos cilíndricos. El torque también será mayor cuanto más espiras tenga el circuito. Tal sistema se llama **motor de corriente continua**. Para que el motor funcione, es necesario alimentarlo con corriente mediante unas escobillas llamadas **colectores**.



Un motor de corriente continua transforma energía eléctrica a mecánica.

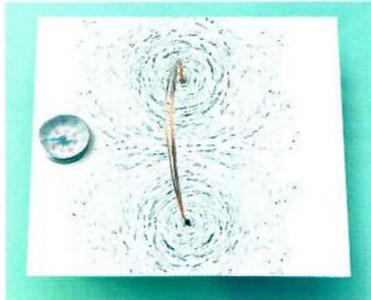
Los motores son dispositivos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Entre sus elementos tenemos: el eje de rotación, el brazo de palanca (el radio de giro), el conjunto de espiras, los colectores y los imanes.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la fuerza magnética, consulta la página 458 del libro *Física conceptual* del Módulo de Biblioteca del Minedu.



Efecto magnético de la corriente eléctrica



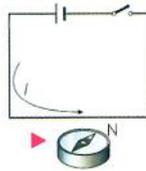
Campo magnético creado por una corriente eléctrica

Los que al inicio parecían dos fenómenos independientes, terminaron siendo dos fenómenos que se generan y sostienen mutuamente: la electricidad y el magnetismo.

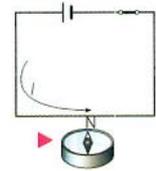
Las experiencias de Oersted

En 1819, Hans Christian Oersted (1777-1851) comprobó que la aguja de una brújula se desviaba en las proximidades de un hilo conductor por el que circulaba corriente eléctrica.

1. Antes de conectar la corriente eléctrica, la aguja imantada se orienta al eje N-S geográfico.

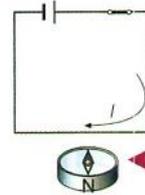


Al conectar el circuito eléctrico, la aguja tiende a orientarse perpendicularmente al hilo.



2. Cambiamos el sentido de la corriente eléctrica invirtiendo las conexiones en los bornes de la pila.

Igual que en el primer experimento, antes de conectar la corriente eléctrica, la aguja imantada se orienta al N-S geográfico. Pero al conectar ahora el circuito eléctrico, la aguja se orienta también perpendicularmente al hilo, aunque girando en dirección contraria a la efectuada anteriormente.



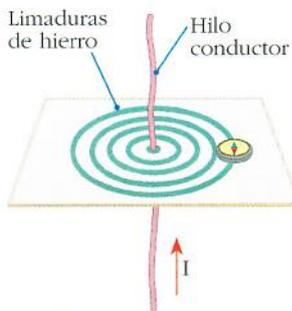
Las experiencias de Oersted demuestran que las cargas eléctricas en movimiento crean un campo magnético, es decir, una corriente eléctrica crea a su alrededor un campo magnético.

- La dirección del campo magnético depende del sentido de la corriente.
- La intensidad del campo magnético depende de la intensidad de la corriente.
- La intensidad del campo magnético disminuye con la distancia al conductor.

Así, si rociamos limadura de hierro alrededor del conductor con corriente, observaremos que las líneas de fuerza son circulares y con centro en el conductor.

Concluimos:

1. La corriente eléctrica que circula en un alambre genera un campo magnético cuyas líneas de fuerza son circulares con centro en el conductor.
2. La dirección de las líneas de fuerza depende de la dirección de la corriente.
3. Las líneas de campo forman circunferencias concéntricas alrededor de un alambre conductor, como revela el patrón de la limadura de hierro.



Efecto del campo magnético generado por la corriente eléctrica sobre las limaduras de hierro

Ley de Biot y Savart

En 1820, los físicos franceses **Jean B. Biot** y **Félix Savart** enunciaron su ley sobre la intensidad de los campos magnéticos generados por un conductor con corriente.

La intensidad del campo magnético generado por un elemento de corriente (porción muy pequeña del conductor) es directamente proporcional a la intensidad de la corriente e inversamente proporcional a la distancia del elemento de la corriente.

Para calcular el campo total B generado por todo el conductor, es necesario sumar todos los campos ΔB debidos a cada elemento de longitud Δl , lo cual resulta muy difícil.

Sin embargo, en caso de que la geometría (forma) del conductor sea simple, sí es posible determinar el campo magnético.

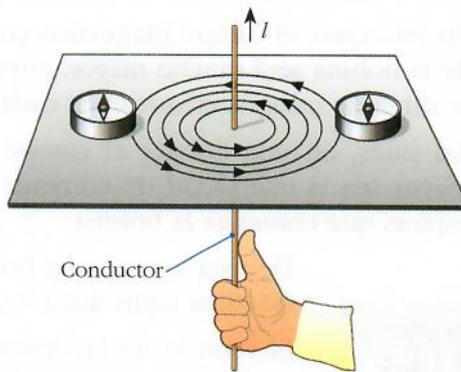
Veamos algunos casos:

Campo magnético creado por un conductor rectilíneo

Las líneas de fuerza del campo magnético creado por un conductor rectilíneo son circunferencias concéntricas y perpendiculares al conductor eléctrico.

Para saber la dirección que llevan dichas líneas de fuerza, nos ayudaremos con la regla de la mano derecha.

La intensidad del campo magnético generado en un punto está dada por la ecuación:

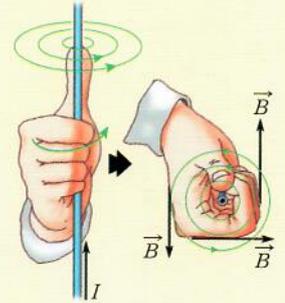


Líneas de fuerza del campo magnético

PRESTA ATENCIÓN



Para determinar la dirección de las líneas de fuerza generadas por un elemento de corriente, usaremos la **segunda regla de la mano derecha**: esta consiste en alinear el conductor indicando con el pulgar la dirección de la corriente. La dirección de las líneas de campo está dada por la dirección de los dedos que envuelven al conductor.



Para trazar el vector campo magnético en un punto, debemos recordar que este es tangente a las líneas de fuerza y, por lo tanto, perpendicular al radio de una línea de fuerza.

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$$

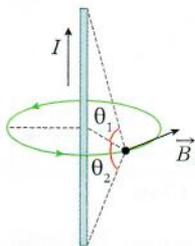
Donde:

$|\vec{B}|$ = Campo magnético creado

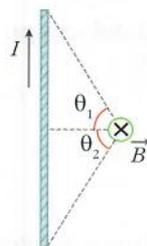
I = Intensidad de corriente (A)

r = Distancia al conductor (m)

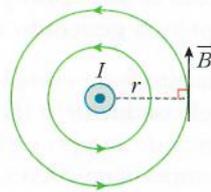
a. En el espacio



b. Corte longitudinal



c. Corte transversal



Tres vistas diferentes de un campo magnético generado por un conductor rectilíneo

La distancia r al conductor coincide con el radio de la línea de fuerza que pasa por el punto. La constante $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ se denomina permeabilidad magnética del vacío.

Campo magnético creado por N espiras

Una espira es un hilo conductor en forma de línea cerrada, que puede ser circular, rectangular, cuadrada, etc.

Si por la espira hacemos circular una corriente eléctrica, el campo magnético creado se hace más intenso en el interior de ella.

El sentido de las líneas de fuerza es el del avance de un sacacorchos que se gira en el sentido de la corriente.

La intensidad en el centro está dada por:

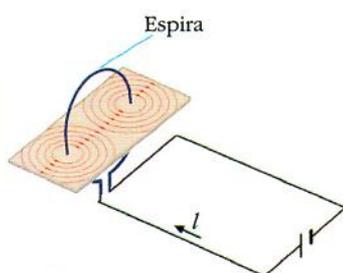
$$B = \frac{N \mu_0 I}{2 r}$$

Donde:

I = Intensidad de corriente (A)

r = Distancia al conductor (m)

N = Número de espiras



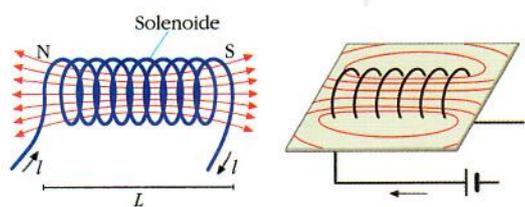
Campo magnético generado por la corriente eléctrica que circula en una espira

Campo magnético creado por un solenoide o bobina

Si en lugar de disponer de una sola espira colocamos el hilo conductor en forma enrollada, obtendremos un solenoide o bobina.

En este caso, el campo magnético creado por la corriente al pasar a través de la bobina será mucho mayor, puesto que el campo magnético final será la suma de campos creados por cada una de las espiras.

Así pues, en una bobina el campo magnético será más intenso cuanto mayor sea la intensidad de corriente que circule por ella y el número de espiras que contenga la bobina.



Campo magnético generado en una bobina

De esta forma, una bobina por la que circule una corriente eléctrica equivaldría a un imán de barra.

El sentido de las líneas de fuerza se determina a partir de cualquiera de sus espiras.

Su intensidad está dada por:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

Donde:

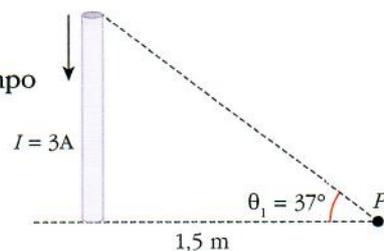
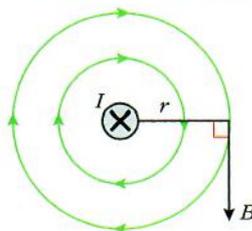
N = Número de espiras

L = Longitud de la bobina (m)

EJEMPLO RESUELTO 5

Calcula la dirección y la intensidad del campo magnético generado en el punto P.

- Hacemos un corte transversal del conductor, y trazamos la línea de campo y el vector campo magnético en P.



- Calculamos la intensidad del campo. Del gráfico:

$$\theta_1 = 37^\circ \text{ y } \theta_2 = 0^\circ$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{r} \cdot (\text{sen } \theta_1 + \text{sen } \theta_2)$$

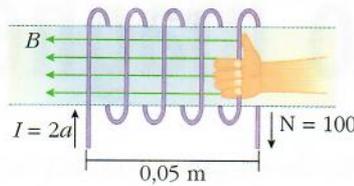
$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi} \cdot \frac{3}{1,5} \cdot \left(\frac{3}{5} + 0\right)$$

$$B = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

EJEMPLO RESUELTO 6

Calcula la intensidad y dirección del campo magnético en el interior de la bobina de la figura, que tiene como núcleo un material ferromagnético de permeabilidad relativa igual a 3000.

- Trazamos algunas líneas de campo y notamos que los campos convergen en el interior con dirección hacia la derecha.



- Calculamos la intensidad del campo en el aire:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}(100) \cdot (2)}{0,05}$$

$$B = 16\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

- Calculamos el campo total:

$$B_{\text{total}} = k_m B_{\text{aire}}$$

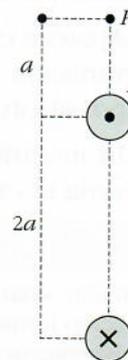
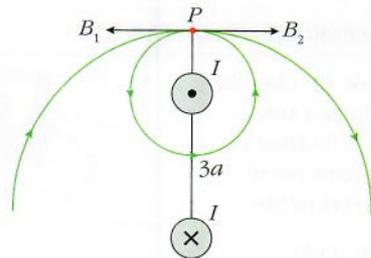
$$B_{\text{total}} = 3000 (16\pi \cdot 10^{-4} \text{ T})$$

$$B_{\text{total}} = 4,8\pi \text{ T}$$

EJEMPLO RESUELTO 7

Calcula la dirección y la intensidad del campo magnético generado en el punto P debido a dos conductores rectilíneos muy largos, cuyas intensidades se especifican en la figura.

- Trazamos las líneas de campo de cada conductor indicando su dirección según la regla de la mano derecha. Luego, trazamos los vectores campo magnético de cada conductor.



- Calculamos la intensidad del campo debido a cada conductor:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{r_1} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_2}{r_2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi \cdot 3a}$$

- El campo resultante es: $B_R = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{3\pi a}$

EJEMPLO RESUELTO 8

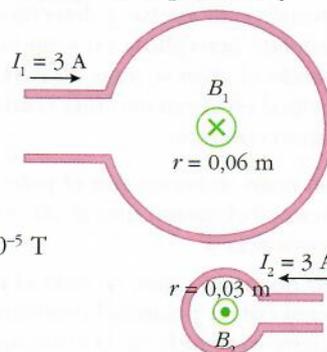
Calcula la intensidad y la dirección del campo magnético resultante, con respecto a la hoja, generado por las dos espiras circulares coplanares y concéntricas, como se muestra en la figura.

- Utilizando la segunda regla de la mano derecha, observamos que los campos de ambas espiras son opuestos.
- Calculamos la intensidad del campo generado por cada espira.

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{I_1}{r_1} = \pi \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad B_2 = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{I_2}{r_2} = 2\pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

- El campo resultante es:

$$B_R = B_2 - B_1 = 10^{-5} \text{ T} \rightarrow B_R = \pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$$



PARA SABER MÁS



En caso de que la bobina contenga un núcleo ferromagnético, el campo en su interior puede hacerse muy intenso. Esto se debe a que el campo externo de la bobina se suma al campo interno del núcleo ferromagnético.

El campo magnético neto en el interior de la bobina está dado por:

$$B_{\text{neto}} = k_m B_{\text{vacío}}$$

k_m es la permeabilidad relativa y su valor es bastante grande para los ferromagnéticos (por ejemplo, para el hierro puede llegar a 5550, aproximadamente).

$B_{\text{vacío}}$ es el campo originado por la bobina en el vacío. Reemplazando tenemos:

$$B_{\text{neto}} = k_m \frac{\mu_0 NI}{L}$$

Si el campo externo se desconecta después, el ferromagnético queda imantado. Si en lugar de un ferromagnético se usa un paramagnético, el campo neto se vuelve ligeramente más intenso; y si se usa un diamagnético, el campo neto se reduce ligeramente. En ambos casos, se puede considerar como $k_m = 1$.

Podemos utilizar un clavo de acero como núcleo para generar un campo magnético. Para ello, enrollamos, aproximadamente, un metro de alambre aislado de diámetro pequeño en torno al clavo y conectamos sus extremos a una batería de 9 voltios. Intenta atraer unas grapas. ¿Cuántas grapas puede levantar tu electroimán?



Efecto eléctrico del campo magnético



Un galvanómetro es un aparato de medida en el que la corriente que se va a medir pasa por una bobina (conjunto de espiras) suspendida entre los polos de un imán.

A partir de los descubrimientos de Oersted, algunos científicos de su época se plantearon si el efecto contrario podría ocurrir, es decir, si un campo magnético sería o no capaz de generar una corriente eléctrica, algo que tendría interesantes consecuencias prácticas.

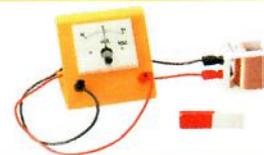
Leyes de Faraday

A partir de sus experiencias, Faraday formuló las siguientes leyes:

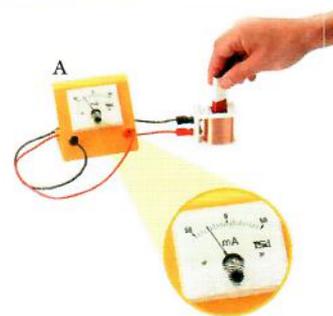
1. Aparece corriente eléctrica en un circuito siempre que se produzca una variación en el campo magnético que atraviesa la superficie "definida" por el circuito.
2. La intensidad de la corriente generada depende de la rapidez con que varía el campo magnético.

EXPERIMENTO DE FARADAY

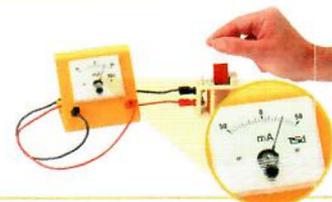
Faraday situó un imán cerca de un circuito cerrado formado por una bobina y un galvanómetro. Con el imán y la bobina en reposo, la aguja del galvanómetro no se mueve, no se detecta paso de corriente.



Después, al introducir el imán en la bobina, la aguja del galvanómetro se desvió, indicando el paso de corriente (A). Observó que si el movimiento es más rápido, la desviación de la aguja es aún mayor; y si cesa el movimiento del imán, el galvanómetro vuelve a marcar cero. Cuando el imán está en reposo, dentro o fuera de la bobina, no hay corriente y la aguja del galvanómetro permanece centrada. (B)

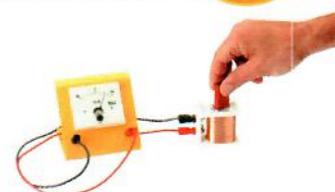


Cuando se aleja el imán, la aguja del galvanómetro vuelve a detectar el paso de corriente, pero ahora en sentido contrario. Cuando el imán se aleja de la bobina, produce en el circuito una corriente de sentido contrario.



Si el imán se acerca por el polo sur, el efecto es el mismo que el observado en la experiencia 3.

Esto nos indica que, cuando el imán se acerca con la polaridad cambiada, se invierte el sentido de la corriente.



Flujo magnético

En general, podemos reemplazar nuestro papel por cualquier área imaginaria y definimos el flujo magnético ϕ , a través de dicha área, como el producto del campo magnético perpendicular B_{\perp} por el área A que atraviesa.

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = (B \cos \alpha)A = B_{\perp} A$$

Donde α es el ángulo que forma un vector normal a la superficie con el vector campo magnético B .

El flujo magnético se mide en *webers* (Wb): $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$

El flujo magnético es una cantidad proporcional al número de líneas de fuerza que atraviesa una superficie.

Una propiedad importante es que el flujo magnético neto dentro de una superficie cerrada es cero.

EJEMPLO RESUELTO 9

Calcula el valor del flujo magnético si el campo magnético uniforme es de $0,5 \text{ T}$ y forma 60° con la normal a la superficie imaginaria de $0,02 \text{ m}^2$.

- Calculamos el valor del flujo magnético:

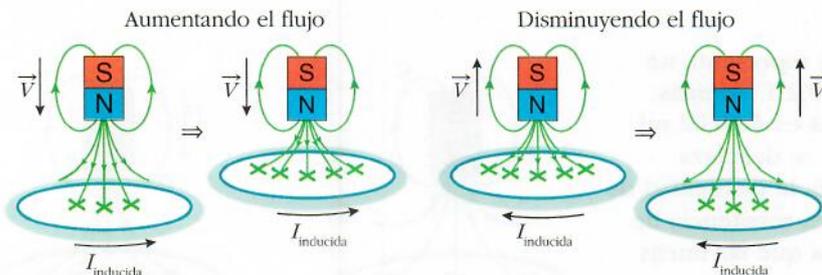
$$\phi = B_{\perp} A$$

$$\phi = (0,5 \text{ T} \cos 60^\circ) (0,02 \text{ m}^2) = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

Inducción electromagnética

Utilizando el concepto de flujo magnético, Faraday justificó el fenómeno de inducción electromagnética de la siguiente manera:

Toda variación del flujo magnético a través del área limitada por un circuito induce una corriente eléctrica en él.



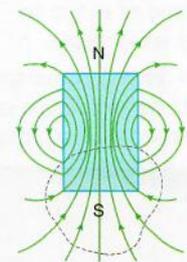
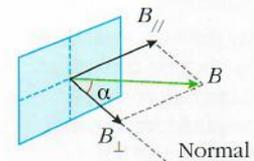
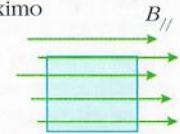
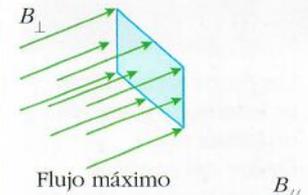
Faraday concluyó que para que se genere una corriente eléctrica en la bobina, es necesario que exista un movimiento relativo entre la bobina y el imán.

Si se mueve la bobina hacia el imán, hay una variación en el campo magnético en el circuito, pues el campo magnético es más intenso cerca del imán. Si se mueve el imán hacia la bobina, el campo magnético también varía.

A la corriente generada se le llama corriente inducida y al fenómeno se le denomina inducción electromagnética. La corriente inducida es alterna.

Se obtiene energía eléctrica como consecuencia del movimiento del imán con respecto a la bobina o de la bobina con respecto al imán.

La inducción electromagnética es el fundamento de los generadores de corriente eléctrica, como son la dinamo y el alternador.



GLOSARIO

Electromagnetismo. Parte de la física que estudia la interacción de los campos eléctricos y magnéticos.

¿SABÍAS QUE...?

Los discos duros utilizan un sistema de grabación magnética digital. Dentro del empaque encontramos una serie de platos metálicos apilados girando a gran velocidad. Sobre estos platos, se sitúan los cabezales encargados de leer o escribir los impulsos magnéticos.

Hay distintos estándares a la hora de comunicar un disco duro con la computadora. Los más utilizados son IDE, SCSI y SATA. Este último es el que se usa actualmente.

Un disco duro siempre está dentro de una caja metálica que lo protege.



Fuerza electromotriz inducida. La ley de Faraday

Faraday comprobó experimentalmente que cuanto más rápida sea la variación del flujo que atraviesa el área limitada por un circuito y existan más espiras en el circuito, mayor será la fuerza electromotriz inducida en el circuito. Este resultado se traduce en la ley de inducción de Faraday:

"La fuerza electromotriz ε inducida en un circuito es directamente proporcional al número de espiras N y a la variación del flujo magnético $\Delta\phi$ con respecto al tiempo t que atraviesa dicho circuito".

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Ley de Lenz

La corriente inducida fluye en una dirección tal que el campo magnético que genera se opone a la variación del flujo.

Para indicar este hecho, se coloca el signo menos en la ecuación de la fuerza electromotriz inducida de Faraday.

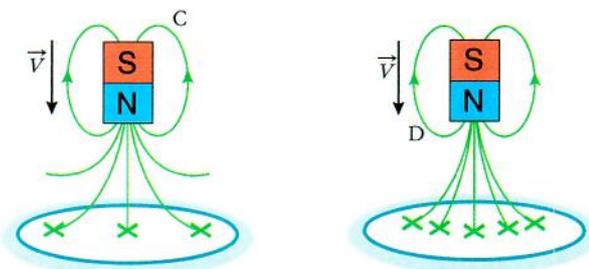
Este comportamiento se debe al principio de conservación de la energía. El agente que hace que el imán se mueva, ya sea acercándose o alejándose de la espira, siempre experimentará una fuerza de resistencia y, por consiguiente, necesitará realizar un trabajo. Según el principio de la conservación de la energía, el trabajo realizado sobre el sistema debe ser exactamente igual a la energía térmica producida en la espira, ya que estas son las únicas dos transferencias de energía que pueden ocurrir en el sistema.

Si se corta la espira y se realiza otra vez el experimento, no habrá corriente inducida ni energía térmica ni fuerza sobre el imán.

La ley de Lenz solo se aplica a circuitos cerrados.

EJEMPLO RESUELTO 10

En la figura, cada línea de fuerza representa un campo magnético de intensidad 0,2 T. Además, el área del conjunto de 10 espiras es de 0,02 m². Si el imán se acerca a la espira y se desplaza desde C hacia D en 0,20 s, calcula la intensidad de corriente que se origina cuando la resistencia de los cables es de 0,1 Ω . (Considera que las líneas ingresan perpendicularmente).



La inducción se obtiene por una variación del flujo debido a una variación (aumento) del campo mientras el área es constante.

- Calculamos el valor de la variación del flujo debido a una variación del campo:

$$\Delta\phi = (\Delta B) \cdot A = (1,0 \text{ T} - 0,6 \text{ T}) \cdot 0,02 \text{ m}^2 = 0,008 \text{ Wb}$$

- Calculamos la fuerza electromotriz inducida:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -(10) \cdot \frac{0,008 \text{ Wb}}{0,2 \text{ s}} = -0,4,0 \text{ V}$$

- Calculamos la intensidad de corriente utilizando la ley de Ohm:

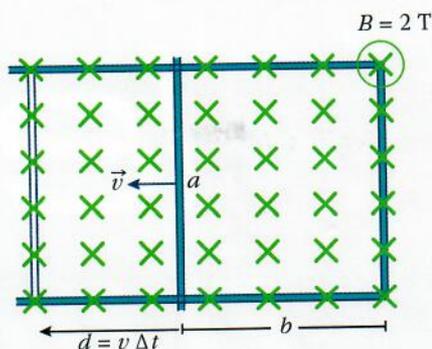
$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0,4 \text{ V}}{0,1 \Omega} = 4 \text{ A.}$$

La dirección de la corriente es de sentido antihorario, utilizando la ley de Lenz.

EJEMPLO RESUELTO 11

Una varilla de aluminio de 0,40 m se mueve con velocidad constante de 10 cm/s dentro de un campo magnético entrante a la hoja de 2 T, como muestra la figura. Calcula la fuerza electromotriz inducida.

La inducción se obtiene por una variación del flujo debido a un aumento del área de la espira, mientras que el campo permanece constante.



- Calculamos la variación del flujo debido a una variación del área:

$$\Delta\phi = B(\Delta A) = B[a(b + v \Delta t) - ab] = B[a v \Delta t]$$

- Calculamos la fuerza electromotriz inducida:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{B[a v \Delta t]}{\Delta t} = -B a v = -(2 \text{ T})(0,4 \text{ m})(0,1 \text{ m/s}) = -0,080 \text{ V}$$

El transformador eléctrico

Los circuitos electrónicos suelen utilizar tensión continua, con valores comprendidos entre 3 y 25 V.

La mayoría de los aparatos electrónicos disponen con frecuencia de la posibilidad de ser enchufados a las tomas de corriente alterna cuyo valor eficaz es de 230 V. Esto significa que se necesita un dispositivo que reduzca este último valor a una magnitud de tensión inferior, semejante a la que nos proporcionaría una pila o batería.

El dispositivo encargado de esta conversión en los valores de la tensión es el transformador. Su funcionamiento se basa en las propiedades que presentan las bobinas.

El transformador de tensión eléctrica consta de un núcleo ferromagnético constituido por chapas de hierro que forman un bloque compacto, en el que se enrollan dos bobinas o devanados independientes.

Si se aplica una tensión eléctrica V_1 al primario, que dispone de un número de vueltas o espiras N_1 , y se induce una tensión V_2 en el secundario, cuyo número de espiras es de N_2 , se cumple la siguiente relación:

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

La expresión N_2/N_1 es conocida como relación de transformación.

EJEMPLO RESUELTO 12

Un transformador dispone de 500 espiras en primario y 50 espiras en secundario. ¿Cuál es la relación de transformación?

- La relación de transformación es:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{50}{100} = 0,1$$

Esto indica que, si se conecta el transformador a la red de 230 V, se obtiene a la salida una tensión de:

$$V_2 = 230 \cdot 0,1 = 23 \text{ V}$$



Muchos aparatos electrónicos utilizan un transformador para funcionar, puesto que necesitan una alimentación de unos pocos voltios (5; 9; 12...).

INFORMACIÓN REGIONAL



El Museo de la Electricidad ubicado en el distrito de Barranco, en Lima, expone en sus salas, de manera permanente, la historia de la electricidad en el Perú con ayuda de presentaciones gráficas, herramientas y equipos eléctricos que formaron parte del desarrollo energético de nuestro país.



ANDINA

EN LA WEB

Para conocer más acerca del electromagnetismo, ingresa a:

dpto.educacion.navarra.es/micros/tecnologia/magne.swf



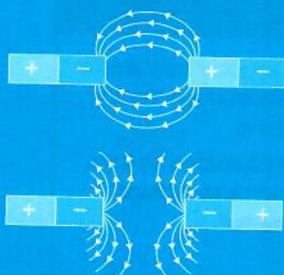
Maglev

El tren flotante

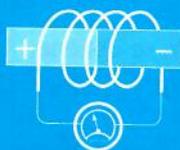
El transporte de levitación magnética (Maglev, por la contracción de las palabras inglesas *magnetic levitation*) es un sistema de transporte que incluye la suspensión, guía y propulsión de vehículos (sobre todo trenes), los cuales utilizan muchos imanes para propulsarse y mantener el movimiento.

¿En qué se basa?

Se basa en el principio del **electromagnetismo**: polos opuestos se atraen; polos iguales se repelen.

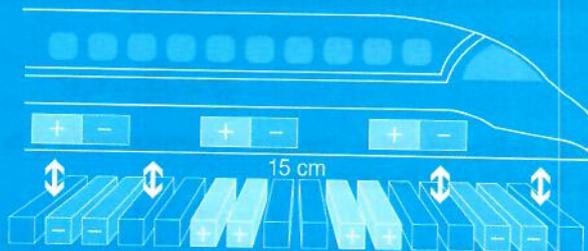


No usa motor. Sus componentes básicos son una gran fuente de poder electromagnético: magnetos, espirales de metal y superconductores (que conducen la energía eléctrica sin pérdidas y sin resistencia).



El campo magnético que se genera repele a los magnetos y esto hace que el tren se levante 15 centímetros.

Al repelerse los polos de los magnetos, el tren flota, lo que contribuye a eliminar lo más posible la fricción.



Ventajas

- Alta velocidad.
- Bajo nivel de ruido.

**Desventajas**

- Alto consumo de energía.
- Elevado costo de las líneas.
- Infraestructura muy costosa para vías y para sistema eléctrico.



- Genera campos magnéticos dentro de los vehículos, que deben aislarse para proteger la salud de los pasajeros.
- No transporta mercancías debido a que eso aumentaría mucho su masa.

**¿Dónde hay?**

Alemania



China



Japón

Existen**3****Maglev comerciales**

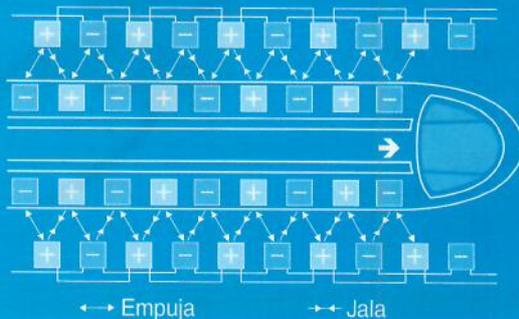
El de Shanghai, China, lleva del aeropuerto a la ciudad y recorre **30 kilómetros** en **7 minutos**. Alcanza una velocidad de 431 km/hora.

Alfred Zehden

Inventor alemán de este tren, registró las primeras patentes a principios del siglo XX (1902, 1907), pero fue hasta 1959 cuando se hizo el primer diseño.

Shutterstock

Al no haber contacto físico entre el riel y el tren, solo se enfrenta a la fricción del aire, que es minimizada por la forma aerodinámica de los trenes.



© Santillana S.A.

¿Qué velocidades alcanza?**500**

Es un método más rápido, silencioso y suave que los sistemas de transporte convencionales sobre ruedas.

Se desplaza a velocidades superiores a **500 km/h** a un minuto y medio de su arranque.

Mayor velocidad registrada: **581 km/h** (Japón, 2003).

Potencial de velocidad: **6 440 km/h** (en un túnel al vacío, porque en condiciones normales lo frena el aire).

Los trenes bala, de tecnología eléctrica, alcanzan una velocidad aproximada de **300 km/h**.

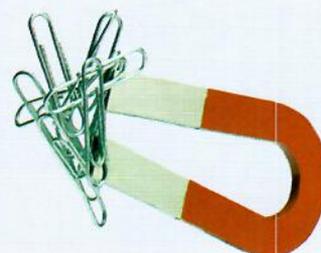
Resumen

Ideas principales

EL MAGNETISMO

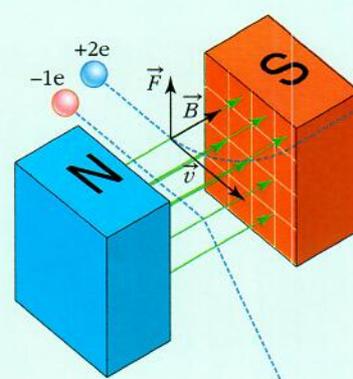
Características del magnetismo

- Magnetismo: propiedad que presentan algunas sustancias de atraer objetos constituidos por ciertos metales.
- Imanes: presentan magnetismo. Pueden ser naturales o artificiales.
- Propiedades de los imanes: polos iguales se repelen y polos diferentes se atraen.
- Campo magnético: zona alrededor de un imán donde se manifiesta su efecto magnético.



Fuerza magnética

- Fuerza magnética sobre una partícula cargada: desvía la trayectoria de una partícula cargada positivamente y una partícula cargada negativamente.
- Fuerza magnética en un conductor con corriente: si un conductor con corriente se introduce en un campo magnético, sobre las cargas en movimiento actuarán fuerzas magnéticas que originarán una fuerza sobre el conductor, produciendo una desviación del cable.

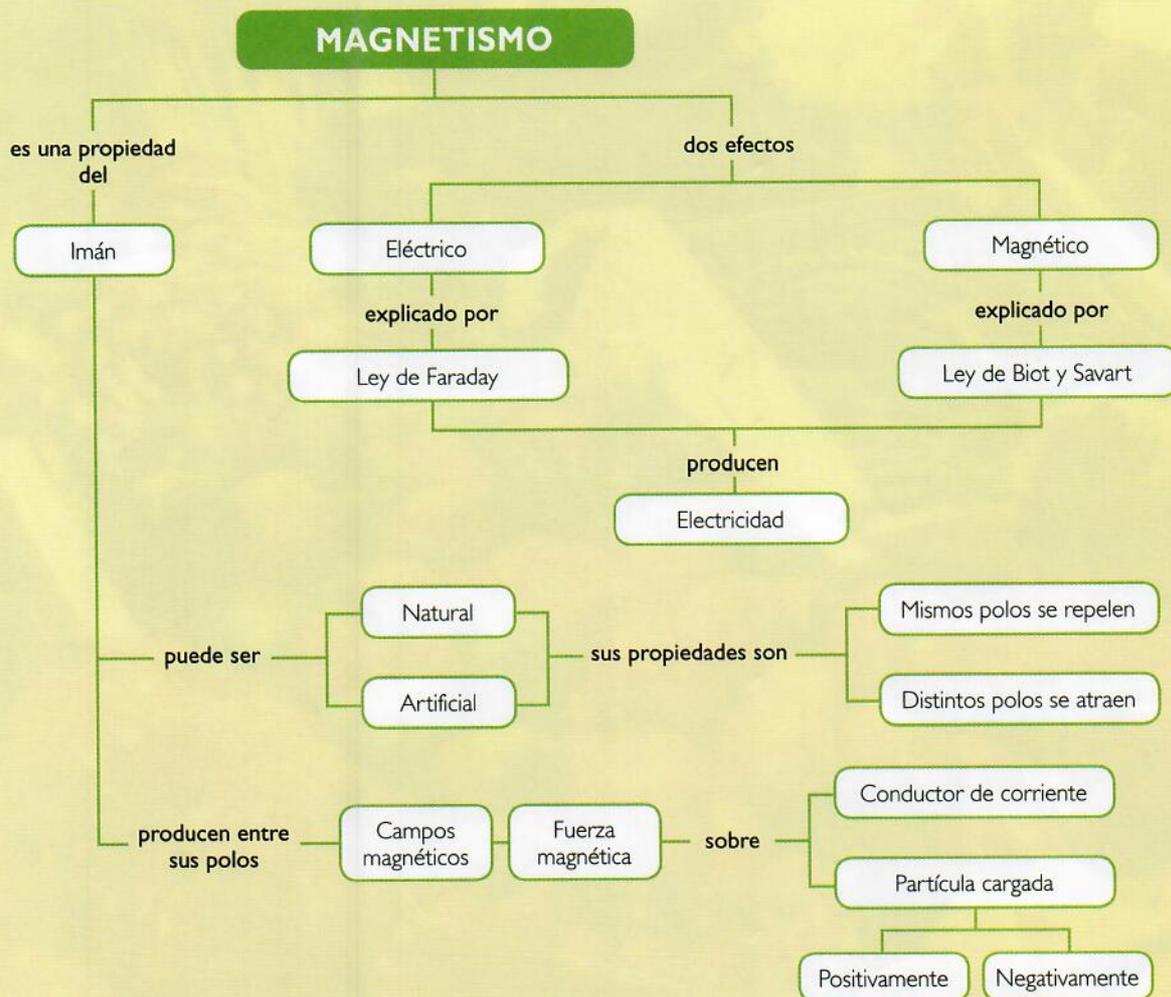


Efecto magnético y eléctrico

- Efecto magnético de la corriente eléctrica. Ley de Biot y Savart: la intensidad del campo magnético generado por un conductor es directamente proporcional a la intensidad de la corriente e inversamente proporcional a la distancia del elemento de la corriente.
- Efecto eléctrico del campo magnético. Leyes de Faraday. Primera ley: aparece corriente eléctrica en un circuito siempre que se produzca una variación en el campo magnético que atraviesa la superficie "definida" por el circuito. Segunda ley: la intensidad de la corriente generada depende de la rapidez con que varía el campo magnético.
- Inducción electromagnética: toda variación del flujo magnético a través del área limitada por un circuito induce una corriente eléctrica en él.
- Ley de Lenz: la corriente inducida fluye en una dirección tal que el campo magnético que genera se opone a la variación del flujo.



Organizador visual: mapa conceptual



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web, encontrarás información sobre el magnetismo y la corriente eléctrica que reforzarán lo que has aprendido.

- http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema9/index9.htm
- http://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/magnetism.html&lang=sp

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

La Biblia de la Física y Química. (2003). Barcelona, España: Lexus Editores.

Para ampliar

National Geographic Channel (2008). *Megaestructuras: Trenes del futuro.*

Este documental da una mirada educativa a la construcción, operación y dotación de personal de varias estructuras o proyectos de construcción de gran envergadura que desafían las leyes de la física. Este capítulo aborda el tema del transporte de levitación magnética o *maglev*, un sistema que suspende, guía y propulsa vehículos, principalmente trenes, gracias a un gran número de imanes para la sustentación y la propulsión usando levitación magnética.

- <https://www.youtube.com/watch?v=wZ6yXGlcHgs>



IDEAS CLAVE

- La física cuántica
- La teoría cuántica
- El principio de incertidumbre
- El modelo atómico actual
- La teoría de la relatividad
- La masa y energía
- La radiactividad
- Las centrales térmicas nucleares

9

Física moderna

LEEMOS

La física nuclear

La física nuclear es una rama de la física que estudia las propiedades y el comportamiento de los núcleos atómicos. Su desarrollo ha proporcionado técnicas y metodología experimental muy útiles para la resolución de problemas en muchas áreas de la ciencia, la tecnología y la salud.

Cada vez son más las empresas de los sectores alimentario y salud que deciden irradiar sus productos antes de algún proceso de exportación o comercialización en el mercado interno. En la Planta de Irradiación Multiuso (PIMU) del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), los productos se someten a radiaciones gamma (proviene del cobalto 60) que tienen la particularidad de poseer un alto índice de penetración. Así, la radiación puede llegar a lugares internos de los envases sin sacarlos de sus cajas, por ejemplo, para esterilizarlos.

Las radiaciones tienen diferentes aplicaciones: esterilización, descontaminación, eliminación de insectos, inhibición de la brotación (en papas, cebollas o tubérculos en general), etc. El efecto dependerá de la dosis de radiaciones ionizantes recibidas por los productos.

La irradiación es económica, segura y ha sido avalada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA).

¿Qué es el IPEN y dónde está ubicado? ¿Qué reacción debe producirse para que el cobalto irradie rayos gamma? ¿Qué otras aplicaciones podría tener la irradiación con cobalto? ¿Qué beneficios o dificultades genera la utilización de la radiación en los productos alimentarios y en la salud?

La irradiación de alimentos es una técnica económica, segura y avalada por diversos organismos internacionales.

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar la unidad, lograrás explicar la naturaleza dual de la luz y del modelo atómico. Asimismo, podrás tomar una posición crítica sobre el uso de la energía nuclear.



Introducción a la unidad

La física moderna se inicia con el desarrollo de dos campos diferentes: la física cuántica, que permite descubrir el comportamiento de la materia y de la energía a escala atómica y subatómica; y la física relativista, que describe la relación espacio-tiempo.

En esta unidad aprenderás cómo la física moderna, mediante aportes científicos y tecnológicos,

incide en todas las actividades del ser humano. Podrás analizar las situaciones cotidianas relacionadas con los espectros luminosos y su relación con el efecto fotoeléctrico; comprenderás la relación entre los fenómenos microscópicos y macroscópicos y el principio de incertidumbre; y entenderás la relatividad del tiempo y la longitud.

La física cuántica



Un cuerpo negro es aquel que solo emite la radiación debida a su estado térmico; cualquier otra radiación que llegue a ese cuerpo es absorbida por él. Una buena aproximación es un objeto hueco con un orificio, de forma que cualquier radiación que penetre desde el exterior sufra reflexiones que solo la lleven de nuevo hacia el interior o sean absorbidas.

PARA SABER MÁS

Para un cuerpo cualquiera, la ley Stefan-Boltzmann toma esta forma:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = a \cdot \sigma \cdot S \cdot T^4$$

a es el poder emisor del cuerpo. Es una constante adimensional que depende de las características del cuerpo. Toma el valor máximo, 1, en el cuerpo negro.

El estudio de la materia es tan antiguo como el ser humano. Pero recién hace un siglo se han logrado avances significativos que nos han permitido entender el microcosmos y utilizar ese conocimiento para nuestro beneficio.

En los últimos años del siglo XIX y los primeros del XX, había algunos fenómenos físicos que no podían ser explicados. Para su comprensión, fue necesario admitir que el comportamiento de la materia a nivel microscópico no seguía las leyes que explicaban los hechos observables macroscópicamente.

Así, nació la **física cuántica**, cuyo principal argumento era que la interacción entre la materia y la energía se producía de forma discontinua; es decir, que la materia emitía y absorbía energía en forma de pequeñas unidades denominadas **cuantos** o **fotones**.

La radiación térmica emitida por un cuerpo negro

Stefan estableció en 1884, junto con Ludwig E. Boltzmann, la expresión que relaciona la energía emitida por un cuerpo negro con su temperatura, la **ley de Stefan-Boltzmann**:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \sigma \cdot S \cdot T^4$$

- dE/dt es la energía emitida por unidad de tiempo (potencia emitida).
- σ es la constante de Stefan-Boltzmann. Su valor en el SI es:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}$$

- S es la superficie de emisión.
- T es la temperatura absoluta.

Como el valor de σ era el mismo para cualquier cuerpo negro, se pensó que la emisión térmica tenía que ver con alguna característica común a las partículas que forman la materia (átomos o moléculas).

Ley de desplazamiento de Wien

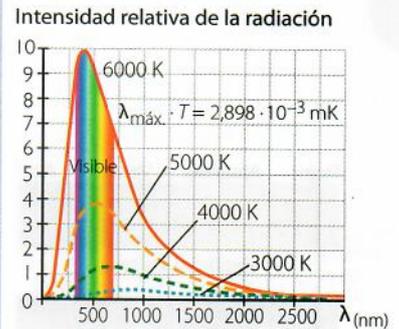
El físico alemán Wilhelm Wien (1864-1938) estudió el espectro de la radiación térmica emitida por un cuerpo negro y encontró los resultados que se muestran en la figura. De ella se deduce que:

- El cuerpo emite radiación de toda una serie de longitudes de onda. La intensidad de la radiación emitida aumenta con la temperatura.
- A medida que se eleva la temperatura, se aprecia una zona del espectro en que la intensidad de las radiaciones emitidas es mayor (aparece un máximo en la función).
- La longitud de onda de la radiación que se emite con mayor intensidad, $\lambda_{\text{máx.}}$, es menor cuanto mayor es la temperatura absoluta del cuerpo.

Wien estableció una ley de forma experimental, conocida como ley de desplazamiento de Wien, según la cual:

$$\lambda_{\text{máx.}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Este hecho es coherente con los cambios de color que observamos en un metal que se calienta, por ejemplo, el hierro.



La intensidad de la radiación emitida aumenta con la temperatura. A medida que se eleva la temperatura, el máximo de la intensidad emitida se desplaza hacia una menor longitud de onda.



A bajas temperaturas, el máximo de emisión coincide con la zona del infrarrojo. No resulta visible, solo se aprecia cuando acercamos la mano al objeto metálico, pues notamos calor.



A medida que aumenta la temperatura, el máximo de emisión se va desplazando a longitudes de onda más bajas. Por eso vemos el metal rojo y, finalmente, entre amarillo y blanco.

EJEMPLO RESUELTO 1

Enuncia y explica la ley de desplazamiento de Wien. Basándote en dicha ley, deduce qué estrella tiene más temperatura superficial: el Sol, cuyo pico de emisión se produce para una longitud de onda $\lambda_{\text{S máx.}} = 502 \text{ nm}$, o la estrella supergigante roja Antares, cuyo pico de emisión se produce para $\lambda_{\text{A máx.}} = 880 \text{ nm}$.

- De acuerdo con la ley de desplazamiento de Wien, la longitud de onda a la que se produce el máximo de emisión térmica de un cuerpo es inversamente proporcional a su temperatura absoluta:

$$\lambda_{\text{máx.}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} = 3,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

- En consecuencia, la estrella supergigante roja Antares (constelación de Escorpión) tendrá una temperatura superficial menor que la del Sol, ya que su pico de emisión se produce para una longitud de onda mayor que la del Sol:

$$\lambda_{\text{A máx.}} = 880 \text{ nm} > \lambda_{\text{S máx.}} = 502 \text{ nm} \rightarrow T_{\text{A}} < T_{\text{S}}$$

EN LA WEB

Para conocer más acerca de la radiación de un cuerpo negro y la ley de desplazamiento de Wien, ingresa a:

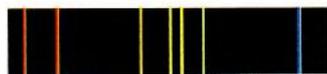
<http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>



Espectros y teoría cuántica



Espectro visible



Espectro del mercurio



Espectro del sodio

Espectros de emisión visibles del mercurio y del sodio

Si bien es cierto no es posible observar directamente las partículas subatómicas, podemos tener una idea concreta de su acción a través de algunos fenómenos asociados.

El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas emitidas o absorbidas por una sustancia constituye su espectro electromagnético.

Espectros visibles de emisión

Un espectro visible de emisión de un elemento es el conjunto de luces características que emite el elemento cuando se excita por medio del calor o de una descarga eléctrica.

Al impregnar un hilo muy fino de platino de determinadas sales y colocarlo a la llama de un mechero, la llama adquiere coloraciones características del elemento metálico que forma parte de las sales. Por ejemplo, todas las sales de sodio presentan líneas amarillas intensas. Esto puede observarse con un prisma o con un espectroscopio.

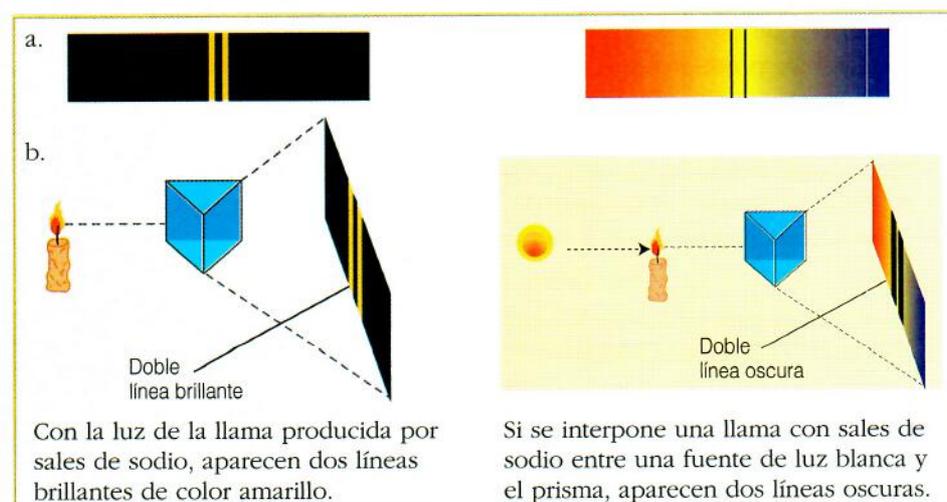
Los espectros de emisión pueden ser continuos o discontinuos, dependiendo de la disposición de las luces emitidas por el emisor. Por ejemplo, los sólidos y los líquidos incandescentes contienen de manera continua todos los colores que van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. En cambio, los gases y vapores a baja presión y elevada temperatura producen espectros discontinuos que pueden ser de rayas o de bandas.

Espectros de absorción

Un espectro de absorción es el espectro resultante de la luz o energía que una sustancia absorbe. Las sustancias emiten las mismas radiaciones que absorben. Al iluminar una sustancia con un conjunto de radiaciones, aparecerán en el espectroscopio todas las radiaciones, excepto las absorbidas por la sustancia en cuestión.



Coloración de la llama producida por sales de sodio



Con la luz de la llama producida por sales de sodio, aparecen dos líneas brillantes de color amarillo.

Si se interpone una llama con sales de sodio entre una fuente de luz blanca y el prisma, aparecen dos líneas oscuras.

Teoría cuántica e hipótesis de Planck

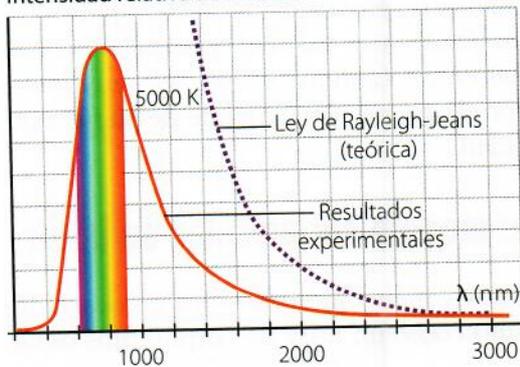
La teoría cuántica es una teoría física en la que se describen las propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones entre la materia y la radiación. Max Planck, físico alemán, postuló en 1900 lo siguiente:

"La materia solo puede emitir o absorber energía en unidades pequeñas denominadas **cuantos**".

Antes de Planck, algunos físicos trataron de encontrar una fórmula matemática que justificara el espectro de emisión térmica del cuerpo negro. John W. Strutt y James Jeans dieron con una expresión que cuadraba con los resultados experimentales a longitudes de onda elevadas, pero se apartaba en los valores más bajos, ya que la intensidad debía aumentar de manera indefinida al disminuir la longitud de onda.

Este hecho se conoció como la "catástrofe del ultravioleta", ya que no podía explicar el descenso en la intensidad de la radiación emitida que se producía a longitudes de onda menores que la de la luz ultravioleta.

Intensidad relativa de la radiación



La catástrofe ultravioleta. Según la ley de Rayleigh-Jeans, la radiación emitida por el cuerpo negro debía aumentar a medida que disminuía la longitud de onda, algo que no concordaba con los experimentos.

Planck, sin embargo, dedujo una fórmula que se ajustaba muy bien a los datos experimentales:

$$I = \frac{2\pi \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5 \cdot \left(e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot \sigma \cdot T}} - 1 \right)}$$

Tras otras tentativas, Planck postuló las hipótesis que revolucionaron el mundo de la física. Estas fueron las siguientes:

- La materia está formada por partículas (moléculas, átomos, electrones, etcétera) que oscilan emitiendo energía en forma de radiación electromagnética.
- La energía que emiten esas partículas no puede tener cualquier valor, sino tan solo algunos valores que son múltiplos de una cantidad discreta de energía, llamada cuanto.
- El valor de un cuanto es directamente proporcional a la frecuencia de la radiación emitida. Ambas magnitudes, la energía de un cuanto y la frecuencia, vienen relacionadas por la expresión:

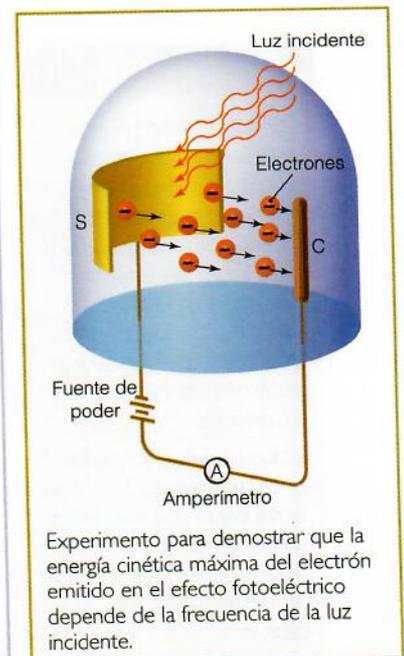
$$E_{\text{cuanto}} = hf$$

Donde h es una constante universal llamada **constante de Planck** y su valor es $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

- La energía solo puede absorberse o emitirse en cuantos elementales, es decir, la energía total emitida o absorbida será igual a un número entero (n) de cuantos o paquetes elementales de energía:

$$E = n E_{\text{cuanto}} = n hf$$

Donde n es un número entero positivo.

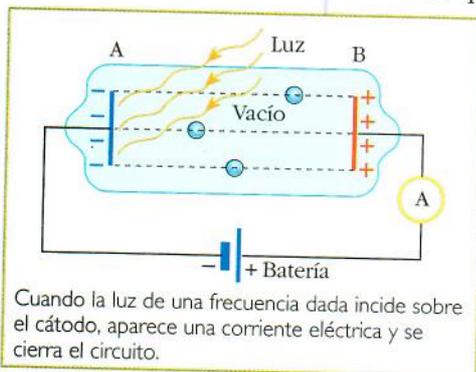




Efecto fotoeléctrico

¿Es la luz una onda o un crepúsculo? Esta pregunta inquietó mucho tiempo la mente de los físicos hasta que Einstein estudió el efecto fotoeléctrico y determinó lo impensado: ¡Es ambas cosas!

A fines del siglo XIX, no se dudaba de que la luz era una onda electromagnética. Sin embargo, luego del descubrimiento del efecto fotoeléctrico, se observó que esta teoría presentaba limitaciones.



El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un metal cuando sobre él incide un rayo luminoso de determinada frecuencia. Esta emisión puede ser detectada por el paso de corriente a través del circuito de un dispositivo como el que se observa en la imagen.

No todos los rayos luminosos provocan la emisión, pues para cada metal existe una frecuencia mínima, por debajo de la cual no se produce tal efecto (aunque el haz sea muy intenso); es decir, la emisión de electrones depende de su frecuencia y no de su intensidad.

Teoría del fotón de Einstein: modelo corpuscular de la luz

Einstein empleó la hipótesis de Planck y mencionó que la luz en ocasiones no se comporta como una onda, sino como un flujo de corpúsculos denominados **fotones**.

Cada uno de estos fotones transporta **energía**. Así, cuando un fotón incide sobre el metal, transfiere toda su energía a alguno de los electrones del metal.

Para Albert Einstein, un haz de luz de determinada frecuencia está formado por cierto número de fotones en movimiento, de tal forma que la energía que transporta cada uno de estos fotones está relacionada con la frecuencia de radiación. Esta explicación coincide con la expresión de Plank:

$$E = h f$$

¿SABÍAS QUE...?

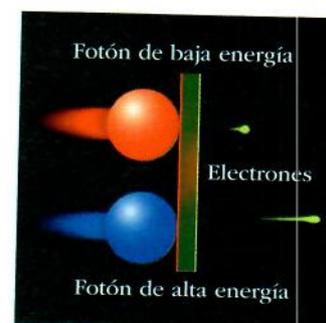
Los fotoelectrones son aquellos electrones que son liberados cuando chocan con uno de los fotones del haz luminoso, para luego ser emitidos por el metal. Dicho haz luminoso puede tener baja intensidad, pero una determinada cantidad de energía.

Los electrones liberados o fotoelectrones constituyen una corriente fotoeléctrica cuando el sistema se incluye como parte de un circuito estable.

EJEMPLO RESUELTO 2

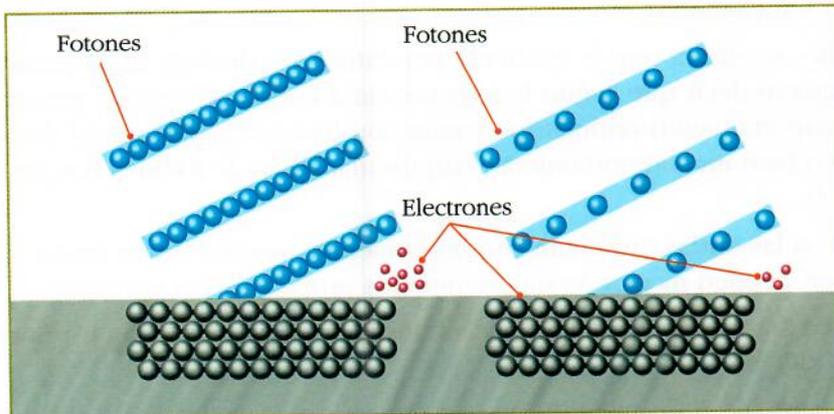
Un haz muy intenso de luz roja no aumenta la emisión de electrones. En cambio, si se cambia la luz roja por una azul, la velocidad de electrones emitidos aumenta y, por lo tanto, también lo hace su energía. ¿A qué se debe esto?

- En el efecto fotoeléctrico, se demuestra que la energía de los electrones emitidos solo depende de la frecuencia de la luz y no de su intensidad. En este caso, esto se debe a que la frecuencia de la luz azul es mayor que la frecuencia de la luz roja.



Fotones e intensidad de la luz

Si dos haces de luz con la misma frecuencia inciden sobre un metal, y uno de los haces tiene mayor intensidad que otro, entonces este último tendrá mayor número de fotones; por lo tanto, emitirá un mayor número de electrones.



Forma de interacción de la luz con la materia, según Einstein.

En 1905, Einstein explicó que la luz está constituida por partículas denominadas fotones y que la energía que tienen estas partículas es proporcional a la frecuencia de la luz. Asimismo, mencionó que existe una cierta cantidad mínima de energía que es necesaria para extraer un electrón de la superficie de un cuerpo sólido, la que denominó función trabajo, que depende de la composición del metal.

Esta explicación se resume en la siguiente ecuación:

Donde:

$$E_c = hf - W$$

E_c = Energía cinética máxima de un electrón emitido
 h = Constante de Planck ($6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)
 f = Frecuencia de la onda electromagnética
 W = Función trabajo

Según esta teoría, existe una dependencia de la energía cinética máxima de los electrones emitidos por el metal, la cual varía con la frecuencia. Esto quiere decir que existe una frecuencia umbral por debajo de la cual no existe emisión de electrones. Dicha frecuencia se expresa así:

$$f_{\text{umbral}} = \frac{W}{h}$$

EJEMPLO RESUELTO 3

Un foco incandescente de 50 W emite el 1% de la potencia que se le suministra en forma de luz con frecuencia de $5,45 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Calcula:

- La energía de cada fotón.
- El número de fotones por segundo que emite la fuente.

a) Calculamos la energía de cada fotón:

$$E = hf \rightarrow E = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 5,45 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- b) Si la potencia radiada en forma de luz de la longitud de onda de la frecuencia dada es 0,5 W (0,5 J/s), entonces tenemos que en cada segundo el número de fotones es:

$$\frac{0,5 \text{ J}}{\text{s} / 3,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 1,4 \cdot 10^{18} \text{ fotones/s}$$

PARA SABER MÁS

La hipótesis de Planck permitió al físico danés Niels Bohr proponer un nuevo modelo atómico utilizando los principios cuánticos sobre la emisión de energía e introduciendo una serie de condiciones sobre el comportamiento del electrón:

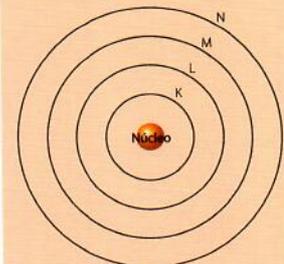
- Se mantiene que los electrones giran describiendo órbitas circulares, pero no todas son estables, sino tan solo un número limitado de ellas.
- Si un electrón se encuentra en una órbita estable, no emite energía. Los electrones solo pueden ganar o perder energía cuando saltan de una órbita estable a otra.

Las energías correspondientes a las órbitas del modelo atómico de Bohr para el átomo de hidrógeno se calculan mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{-13,6}{n^2} \text{ eV}$$

Donde:

- E se mide en electronvoltios ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)
- n es un número entero positivo que indica el número de la órbita.



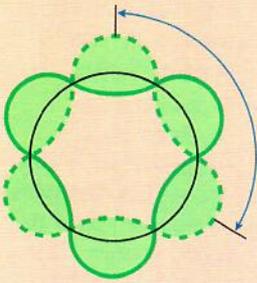
Modelo atómico de Bohr.

Los electrones se sitúan en órbitas concéntricas cuantizadas alrededor del núcleo. No todas las órbitas están permitidas. La primera órbita, K, es la más cercana al núcleo.

¿SABÍAS QUE...?

El modelo atómico de Louis de Broglie justifica las órbitas permitidas de Bohr y considera que estas solo pueden darse donde la onda del electrón se cierre en fase sobre sí misma, puesto que en otros lugares provocarían interferencias consigo mismas.

Así, este modelo se basa en el comportamiento del electrón como onda en vez de como partícula.



Dualidad onda-partícula

Como hemos estudiado, algunos fenómenos de la luz se explican en términos de su naturaleza ondulatoria (como la interferencia y la difracción), mientras que otros se explican mediante la teoría corpuscular (como el efecto fotoeléctrico).

Por ello, se afirma que la luz tiene una naturaleza dual de **onda-partícula**. Esto quiere decir que según la experiencia a la que se someta, presentará un comportamiento ondulatorio (onda con frecuencia y longitud determinada) o bien un comportamiento corpuscular (flujo de fotones con energía $E = hf$).

Ahora, si las ondas presentan comportamientos propios de las ondas, estas también pueden mostrar comportamientos propios de las partículas.

El físico francés Louis de Broglie enunció en 1924 el siguiente principio acerca de este tema:

“Una partícula p de masa m que se mueva a una velocidad v puede, en condiciones experimentales adecuadas, presentarse y comportarse como una onda de longitud λ ”.

$$m v = p = \frac{h}{\lambda}$$

Donde h es la constante de Planck.

Según esta ecuación, cuando un cuerpo de masa grande se mueve, su cantidad de movimiento es alta, y la longitud de onda es tan pequeña que resulta inútil intentar detectarla. Sin embargo, cuando la masa es pequeña, como sucede en el electrón, la cantidad de movimiento es pequeña; por lo tanto, la longitud de onda es comparable a la de una radiación de alta frecuencia, es decir, se puede detectar.

La validez de la hipótesis De Broglie fue confirmada en 1927 cuando Davisson y Germer observaron que las láminas metálicas difractan un haz de electrones en forma semejante a como difractan un haz de rayos X. La longitud de onda que se deduce para ese haz es exactamente la misma que se obtendría con la hipótesis de De Broglie, lo cual confirma su validez.

Así, los electrones, al igual que los fotones, muestran un comportamiento dual y se manifiestan como partículas o como ondas, según el fenómeno.

Esta característica constituye el fundamento del microscopio electrónico, pues este instrumento permite obtener detalles más finos que los microscopios ópticos. Esto se debe a que la longitud de onda asociada a los electrones es menor que la de los fotones que componen la luz visible.

EJEMPLO RESUELTO 4

¿Cuál es la longitud de onda asociada a una persona de 60 kg que corre con un valor de velocidad de 5 m/s?

- Anotamos la ecuación respectiva:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{o} \quad \lambda = \frac{h}{m v}$$

- Reemplazamos y obtenemos que:

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{60 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s}} = 2,21 \cdot 10^{-36} \text{ m}$$

EJEMPLO RESUELTO 5

Calcula la longitud de onda de De Broglie para:

- a) Una pelota de tenis de 0,1 kg de masa, que en un saque alcanza una rapidez de 50 m/s.
 b) Un electrón que se mueve a una velocidad de $7,3 \cdot 10^6$ m/s.

a) De acuerdo con la relación establecida por De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{0,1 \text{ kg} \cdot 50 \text{ m/s}} = 1,33 \cdot 10^{-34} \text{ m}$$

La longitud de onda de la pelota de tenis es igual a $1,33 \cdot 10^{-34}$ m.

b) Para calcular la longitud de onda de un electrón, debemos considerar la masa del electrón:

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9,11 \cdot 10^{-32} \text{ kg} \cdot 7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$$

$$\lambda = 9,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

La longitud de onda del electrón es $9,9 \cdot 10^{-11}$ m.

PARA SABER MÁS

El espectro de un elemento siempre es el mismo y se diferencia de los espectros de los restantes elementos porque, según Bohr, cada una de las líneas que se observan en un espectro corresponde a la radiación emitida o absorbida cuando el electrón salta desde una órbita estable hasta otra.

El valor de la energía de esta radiación es proporcional a su frecuencia. De esta manera, cuando el electrón salta desde una órbita de mayor energía (E_2) a otra de menor energía (E_1), emite una radiación de frecuencia (f) cuya energía se expresa como:

$$E_2 - E_1 = \lambda f$$

EJEMPLO RESUELTO 6

Un potente reflector produce luz amarilla, y una pequeña linterna, luz azul. ¿Con cuál de las dos radiaciones es más probable producir efecto fotoeléctrico en un metal? Si la longitud de onda emitida es de 800 \AA , ¿cuál es el número de fotones por segundo que emite una fuente de luz roja de 100 W? ¿Y cuál es la energía de cada fotón si su frecuencia es $2,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$?

- Para que se produzca efecto fotoeléctrico, la cantidad de fotoelectrones emitidos de una placa depende de la intensidad de la radiación incidente.

λ : luz amarilla: 600-700

λ : luz azul: 450-500

Según la fórmula $E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$, a menor λ , mayor energía.

Luego, como la energía luz azul es mayor que la energía luz amarilla, entonces con la radiación azul se producirá mejor efecto fotoeléctrico.

- Para encontrar el número de fotones, debemos hallar la frecuencia de la fuente de luz roja.

$$n h f = P \cdot t$$

$$n \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \left(\frac{3 \cdot 10^8}{8000 \cdot 10^{-10}} \right) = 100 \cdot 1$$

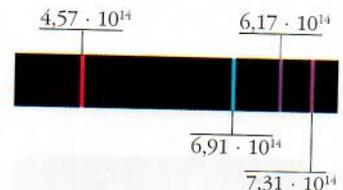
$$n = 4 \cdot 10^{20} \text{ fotones}$$

- Hallamos la energía de cada fotón.

$$E = h f$$

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} (2,1 \cdot 10^{14})$$

$$E = 1,39 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,4 \cdot 10^{-19}$$



Frecuencia de las cuatro rayas brillantes que existen en el espectro visible de emisión del átomo



El principio de incertidumbre y el modelo atómico actual



En la foto A se conoce perfectamente la posición, pero no se aprecia la velocidad. En la foto B se aprecia la velocidad, pero no se distingue claramente la posición.

Saber dónde estamos o a qué velocidad nos movemos parecen preguntas de fácil respuesta si no tomamos en cuenta el punto de vista del observador. Lo mismo ocurrió con los electrones dentro del átomo: la respuesta la dio Heisenberg en su principio de incertidumbre.

Principio de incertidumbre

Enunciado en 1927 por el físico alemán Werner Heisenberg, el principio de incertidumbre es una de las ideas fundamentales del pensamiento físico actual.

ENUNCIADO	
Establece que ciertos pares de magnitudes físicas no pueden medirse simultáneamente con exactitud.	
En relación con el electrón	En relación con la energía del sistema
No se puede conocer simultáneamente y con precisión absoluta la posición y la cantidad de movimiento de un electrón.	No es posible determinar simultáneamente y sin error cuándo tiene lugar un proceso y la energía asociada a él.
Se trata de un principio básico de la naturaleza referido a la imposibilidad de obtener información de un sistema.	

Matemáticamente:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h$$

Donde: Δx = incertidumbre posición

Δp = incertidumbre en cantidad de movimiento

h = constante de Planck

¿SABÍAS QUE...?

El principio de incertidumbre de Heisenberg derrumbó uno de los pilares de la física: el hecho de que, a partir de unas condiciones iniciales dadas, se pueda conocer con precisión la evolución posterior de un sistema físico.

Einstein rechazó el principio de indeterminación durante toda su vida y mantuvo discusiones muy educativas con otros científicos, especialmente con Bohr.

La incertidumbre en el estudio de las partículas subatómicas no representa un obstáculo. Al contrario, constituye una verdadera ayuda para los físicos; pues se ha empleado para esclarecer hechos sobre la radiactividad, la absorción de partículas subatómicas por los núcleos, etc.

Este principio nos hace comprender que el universo es más complejo, pero sujeto a un orden determinado.

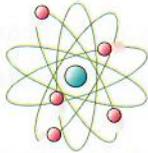
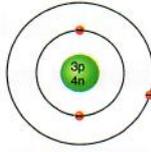
Así, los físicos exploran el micromundo observando choques de partículas cuánticas.

Cuanto más elevados son el momento y la energía de las partículas que colisionan, menor será la longitud de onda y menores serán las distancias que se puedan resolver. Por ello, los físicos emplean máquinas que aceleran las partículas cuánticas con energías cada vez más elevadas.

La expresión de la medida de cualquier magnitud no debe considerarse completa, sino que incluye una incertidumbre asociada a su medición.

Evolución del modelo atómico

El filósofo griego Demócrito (siglo V a. C.) fue el primero en exponer la idea del átomo como algo indivisible que conforma la materia. La palabra *átomo* significa 'indivisible' en griego. Desde entonces, la idea del átomo fue concebida sobre la base de la intuición más que sobre pruebas concretas.

			
1808: John Dalton El átomo es una minúscula partícula esférica, indivisible e inmutable. Estas partículas son iguales en todos los elementos químicos.	1897: Joseph Thomson El átomo es una esfera de materia cargada positivamente en cuyo interior están incrustados los electrones.	1911: Ernest Rutherford El átomo está formado por una corteza con los electrones girando alrededor de un núcleo central cargado positivamente.	1913: Niels Bohr Propuso un nuevo modelo atómico según el cual los electrones giran alrededor del núcleo en unos niveles bien definidos.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el modelo atómico, consulta la página 346 del libro *La Biblia de la Física y Química* del Módulo de Biblioteca del Minedu.

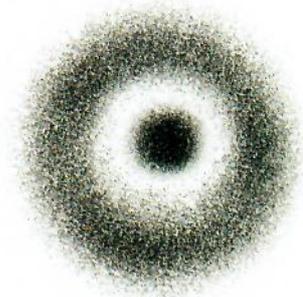
Modelo atómico actual

El modelo atómico actual se denomina también **modelo orbital** o **modelo cuántico ondulatorio atómico**. Fue desarrollado durante la década de 1920, sobre todo por Schrödinger y Heisenberg.

Este modelo es de gran complejidad matemática, tanto así que, usándolo solo, se puede resolver con exactitud el átomo de hidrógeno. Se basa en lo siguiente:

Teoría / Principio	Aporte
Dualidad onda-partícula de De Broglie	Todo electrón en movimiento lleva asociada una onda. Al respecto, el comportamiento de un electrón se describe mediante una ecuación llamada ecuación de onda, la cual describe una posible situación en la que puede encontrarse un electrón.
Principio de incertidumbre de Heisenberg	Como no es posible conocer toda la información sobre el electrón durante todo el tiempo, se introduce el concepto de probabilidad para describir magnitudes asociadas con el electrón (posición, velocidad y energía).
Mecánica cuántica	Se refiere al orbital atómico como región del espacio alrededor del núcleo en el cual la probabilidad de encontrar un electrón es máxima. También se introducen los números cuánticos para obtener distintas soluciones en la ecuación de onda.

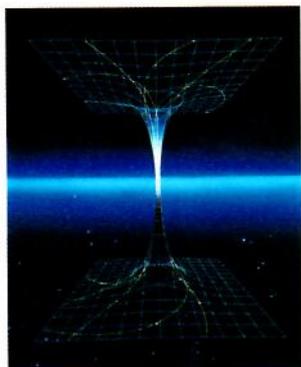
La descripción actual del átomo de hidrógeno planteada por la física cuántica difiere cualitativamente del modelo de Bohr. Los niveles de energía son los mismos en los dos casos; ambos coinciden con los datos experimentales. Sin embargo, en la teoría cuántica, los niveles no están ligados a órbitas circulares, sino a funciones de onda. Las órbitas de Bohr se convierten en distribuciones de la probabilidad de encontrar un electrón en determinada posición.



Modelo orbital o modelo cuántico ondulatorio atómico. Las zonas más oscuras son aquellas en las cuales es más probable encontrar un electrón, y las más claras, aquellas donde la probabilidad es menor.



Teoría de la relatividad



La teoría de la relatividad general predijo la existencia de los agujeros negros.

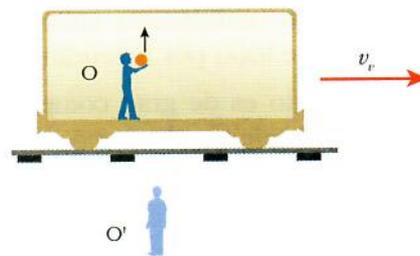
Aunque los movimientos de la Tierra ya estaban adecuadamente explicados, algunos movimientos en el espacio exterior no se ajustaban a la mecánica de Newton. Se requería una nueva visión de la velocidad, el tiempo y las distancias. Y Einstein la formuló.

La teoría de la relatividad se divide en dos partes: la teoría especial de la relatividad y la teoría general de la relatividad.

- **Teoría especial de la relatividad.** Se consideran las leyes de la física para observadores que se mueven con velocidad constante unos con respecto a otros.
- **Teoría general de la relatividad.** Se consideran observadores en movimiento relativo acelerado.

La idea esencial de ambas teorías es que dos observadores que se mueven relativamente, uno al lado de otro, a una velocidad cercana a la de la luz, medirán diferentes intervalos de tiempo y espacio para describir las mismas series de eventos, pero las ecuaciones que relacionan sus magnitudes físicas son las mismas.

Un ejemplo de la relatividad del movimiento ocurre cuando un móvil (en este caso, un vagón) se mueve con velocidad constante v_v respecto al observador O' , que se encuentra en reposo. El observador O dentro del vagón lanza un objeto hacia arriba y el movimiento que observa no le permite determinar si el vagón se encuentra en reposo o en movimiento respecto a la Tierra. El observador O' ve una trayectoria diferente de la que ve O .



Relatividad del movimiento de un objeto.

Postulados de la teoría de la relatividad

Primer postulado

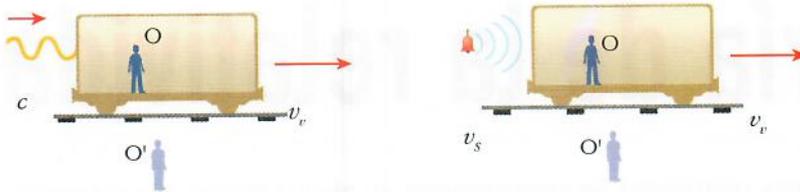
Las leyes de la física son las mismas para todos los observadores que se mueven a velocidades constantes unos respecto a otros.

Esto quiere decir que, según Newton, existen sistemas de referencia inerciales. En dichos sistemas se puede describir el movimiento por observadores de otro sistema de referencia que también se encuentran con velocidad constante.

Este postulado también se basa en las leyes de la física estudiadas por Einstein al describir fenómenos eléctricos y magnéticos, de forma que se anula la posibilidad de movimiento absoluto. Todo lo que podemos saber de un objeto es si está en movimiento relativo respecto a otro.

Segundo postulado

La velocidad de la luz es igual para todos los observadores, independientemente del estado de reposo o de movimiento del observador y de la fuente.



Relatividad de la velocidad de la luz para dos observadores.

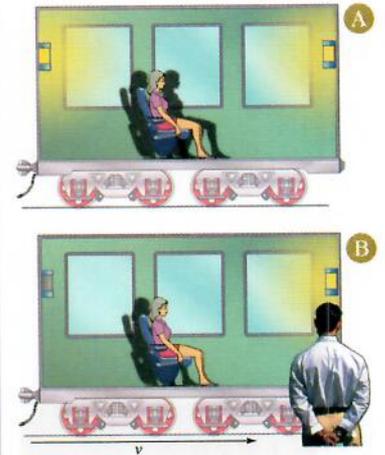
Al observar la figura, nos preguntamos: ¿Cómo los observadores O y O' pueden medir la misma velocidad de la luz (c)? Al parecer, este hecho no está de acuerdo con nuestros conceptos actuales de espacio y tiempo.

De la misma manera, en la figura se observa que el sonido en el aire en reposo viaja a una velocidad v_s . El observador O', que se encuentra en reposo respecto a la Tierra, afirma que esta es la velocidad del sonido, pero para el observador O, la velocidad del sonido es $v_s - v_r$.

La simultaneidad es relativa

Para Einstein, los juicios en que interviene el tiempo son siempre referentes a sucesos simultáneos. Por ejemplo, decir que los estudiantes llegaron a las siete significa que en el momento en que el reloj marcó las siete llegaron los estudiantes. Sustituir el tiempo por la posición de las manecillas del reloj está definiendo el tiempo exclusivamente para el lugar en donde está situado el reloj, pero esa definición, o bien se acomoda cuando tenemos que conectar en el tiempo una serie de eventos que ocurren en diferentes lugares, o bien cuando tenemos que evaluar los tiempos de eventos que ocurren en lugares remotos en donde se encuentra ubicado el reloj.

Por ejemplo, supongamos que en el vagón de un tren que se mueve hacia la derecha con velocidad v se producen dos destellos simultáneos en cada uno de sus extremos. En el marco inercial del vagón **A**, las lámparas adosadas en su interior se encienden simultáneamente y los rayos luminosos emitidos por ambas llegan al mismo tiempo a un observador ubicado en el vagón. En el marco inercial de un observador situado fuera del vagón **B**, este percibe que la lámpara de la derecha se enciende primero.



Los rayos luminosos emitidos por las lámparas son sucesos simultáneos para el observador dentro del vagón, pero no para el observador que se encuentra fuera de él.

PRESTA ATENCIÓN



Composición de velocidades

Supongamos que un tren tiene una velocidad de 2×10^5 km/s y en uno de los vagones hay un pasajero que lanza una pelota a una velocidad de 2×10^5 km/s en la misma dirección en la cual se está moviendo el tren.



¿A qué velocidad verá moverse la pelota un observador situado fuera del tren a un lado de las vías?

La velocidad con la que se mueve la pelota es 4×10^5 km/s, pero esto en la mecánica relativista es incorrecto, porque no hay nada que pueda moverse a una velocidad mayor que la velocidad de la luz.

Según la teoría de la relatividad, si la velocidad de la pelota dentro del vagón del tren (en el marco de referencia S') es designada como u' , y la velocidad del tren es designada como v , entonces la velocidad u de la pelota tal y como la verá un observador situado a un lado de las vías (marco de referencia S) será:

$$u = \frac{u' + v}{1 + u'v/c^2}$$

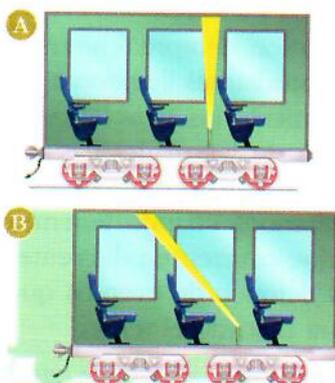


Tiempo y longitud en la teoría de la relatividad

Las ideas relativistas se contraponen en alguna forma a la mecánica clásica... pero en el fondo no es así: lo que ocurre es que la mecánica clásica pasó a ser un caso especial de la mecánica relativista.

Dilatación del tiempo

Considerando los planteamientos de la teoría de la relatividad, cuanto más se aproxima la velocidad de un cuerpo a la velocidad de la luz, más se extiende el tiempo para este cuerpo. Este fenómeno se conoce como dilatación del tiempo.



Imagina un tren que puede viajar a una velocidad v , aproximada a la de la luz. En el interior del tren se encuentra una linterna en el piso, que emite un rayo de luz hasta el techo (A). La distancia recorrida por este rayo vista por un observador que viaja en el tren es:

$$d_0 = c \cdot t_0$$

Donde t_0 es el tiempo que tarda la luz en ir desde el suelo hasta el techo en línea recta, medido por un reloj que está en el tren, y c es la velocidad de la luz.

Una persona que se encuentra situada fuera del tren observará el rayo de luz de la linterna con una trayectoria diagonal (B):

$$d = c \cdot t'$$

El tiempo que tarda el rayo luminoso en hacer el recorrido es menor para quien va en el tren; por lo tanto, para él, el tiempo transcurre más lentamente que para un observador en tierra.

Donde t' es el tiempo que tarda el rayo de luz en llegar al techo, medido por un reloj situado fuera del tren. La figura del triángulo rectángulo muestra la trayectoria para el recorrido de la luz. Como $d > d_0$, entonces $t' > t_0$. Es decir, para la persona que se encuentra en el interior del tren, el tiempo transcurre más lentamente que para el observador fijo en la Tierra. Al aplicar el teorema de Pitágoras en el triángulo rectángulo, obtenemos:

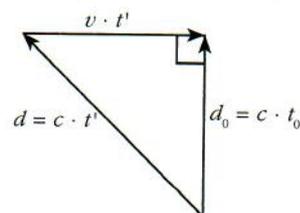
$$(c \cdot t')^2 = (v \cdot t')^2 + (c \cdot t_0)^2$$

$$c^2 \cdot t'^2 = v^2 \cdot t'^2 + c^2 \cdot t_0^2$$

$$t'^2(c^2 - v^2) = c^2 \cdot t_0^2$$

$$t'^2 = \frac{c^2 \cdot t_0^2}{(c^2 - v^2)}$$

$$t'^2 = \frac{t_0^2}{\frac{(c^2 - v^2)}{c^2}}$$



Desplazamiento resultante del rayo luminoso, aplicando el teorema de Pitágoras.

PARA SABER MÁS

La velocidad de la luz tiene un valor de 300 000 km/s. Esto significa que un destello luminoso da siete vueltas y media alrededor de la Tierra en un segundo. Es, por cierto, una velocidad enorme, y ningún objeto material puede desplazarse a la velocidad de la luz ni a velocidad superior. No hay nada en la física que impida el desplazamiento a una velocidad tan próxima a la de la luz, por ejemplo, a 99,9%; pero nunca se conseguirá ganar el 0,1 % que falta. Entonces, los 300 000 km/s son una **velocidad cósmica límite**.

Al despejar t' obtenemos la expresión de tiempo para un suceso visto desde un marco de referencia diferente al marco de referencia donde sucede el evento en términos del tiempo propio.

$$t' = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Si $t' = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot t_0$, entonces la ecuación anterior la escribimos: $t' = \gamma \cdot t_0$

Donde γ se conoce como el factor de Lorentz.

Contracción de la longitud

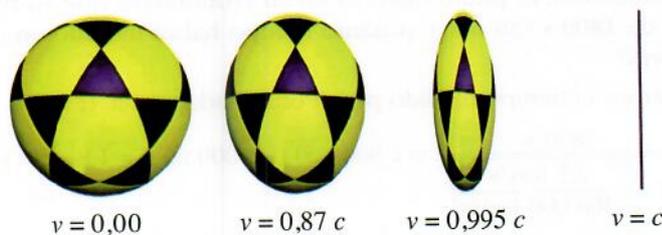
Como se mencionó anteriormente, el tiempo es relativo. Igualmente lo es la longitud. Si el observador O (que está dentro del vagón y, por lo tanto, en reposo) desea medir la longitud de dicho vagón, esta medida será muy diferente para el observador O', que está en movimiento fuera del vagón.

Se observa que la longitud de un objeto en reposo (L_0) no es igual que la longitud de un objeto medido en movimiento (L). Para un observador externo, un objeto que se mueve parece contraerse en la dirección del movimiento. La magnitud de la contracción está relacionada con la magnitud de la dilatación del tiempo.

Einstein concluyó que el coeficiente de contracción de la longitud es:

$$L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

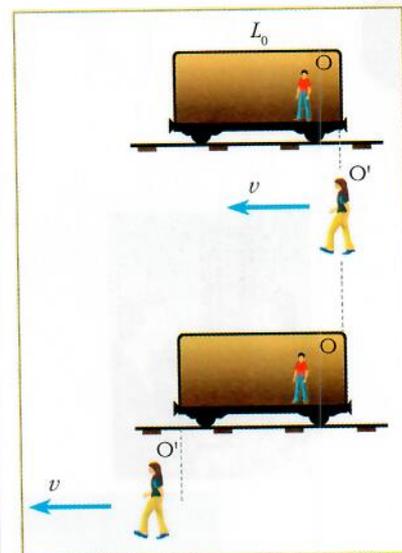
Este efecto se conoce como la contracción de Lorentz, donde v es la velocidad relativa entre el observador y el objeto observado, c es la velocidad de la luz, L_0 es la longitud del objeto medida en reposo, y L es la longitud del objeto medida en movimiento. De este modo, si un observador O ve una pelota con velocidad v , tal que $v = 0$, la observa como se muestra en la siguiente figura:



La longitud de la pelota es menor cuanto mayor es la velocidad a la que se mueve con respecto al observador.

Si la pelota se mueve horizontalmente tal que $v = 0,87 c$, se contrae a la mitad; si $v = 0,995 c$, se contrae a la décima parte de la longitud inicial, y si su velocidad llegara a ser igual a c , su longitud sería cero. Esta es una de las razones por las que se afirma que c es el límite superior de la rapidez de un objeto.

Aunque la teoría sea muy coherente, podría asaltarnos la duda de si realmente ocurren la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud. Experimentalmente se ha comprobado que los relojes en movimiento marchan más despacio al estudiar la desintegración de partículas inestables que se mueven a velocidades cercanas a c .



La longitud del vagón es menor para el observador que está afuera del tren, debido a la velocidad con la que se mueve.

¿SABÍAS QUE...?

Pedro y Pablo son gemelos idénticos. Pablo realiza un viaje a un planeta muy lejano con una rapidez cercana a la luz y vuelve a la Tierra. Cuando se reúnen de nuevo, Pablo observa que su hermano es más viejo que él.

El problema es una paradoja. El resultado relativista entra en conflicto con nuestro sentido común. Lo observado por Pablo es consecuencia de la dilatación del tiempo que mide su hermano Pedro.

EJEMPLO RESUELTO 7

Un cosmonauta que viaja en una nave espacial mide la longitud de su nave a lo largo del eje X y resulta 200 m. ¿Qué longitud tiene la nave con respecto a un habitante de la Tierra que observa pasar la nave con una rapidez de $0,6c$ en la dirección del eje X?

- Calculamos la longitud medida por el observador en reposo:

$$L = (200 \text{ m}) \sqrt{1 - \left(\frac{0,6c}{c}\right)^2} = 160 \text{ m}$$



Los gemelos Pedro y Pablo envejecen según las leyes de la relatividad.

EJEMPLO RESUELTO 8

En la paradoja de los gemelos Pedro y Pablo, el planeta X al cual fue Pablo se encuentra a una distancia d igual a 16 años luz. Además, su nave alcanza una rapidez v de $0,8c$.

- Calcula el tiempo, medido por Pedro, que demoraría la nave en llegar al planeta X y regresar a la Tierra.
- Calcula el tiempo de viaje de ida y vuelta medido por Pablo usando la ecuación relativista de la dilatación del tiempo.

- El tiempo que demoraría en llegar la nave al planeta X es:

$$t = \frac{2d}{v} = \frac{2(16 \text{ años luz})}{0,8c} = 40 \text{ años}$$

- Calculamos el tiempo de viaje de ida y vuelta:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \rightarrow 40 \text{ años} = \frac{t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,8c}{c}\right)^2}} \rightarrow t' = 24 \text{ años}$$

Por lo tanto, Pedro es 16 años más viejo que Pablo.

EJEMPLO RESUELTO 9

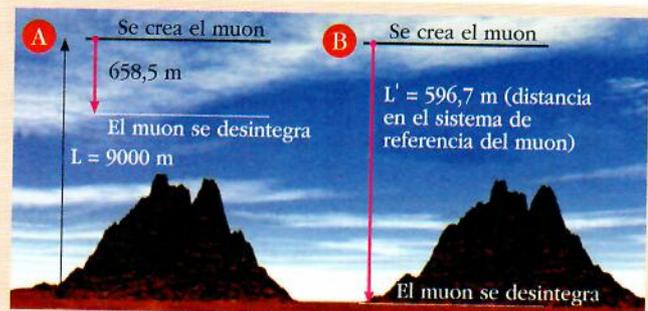
Un avión supersónico logra alcanzar una rapidez de $2,5 \text{ km/s}$. En un vuelo de entrenamiento, el piloto observa en su cronómetro que su tiempo de vuelo es de 1800 s (30 min). ¿Cuánto tiempo habrá medido un observador en la Tierra?

- Calculamos el tiempo medido por el observador en la Tierra:

$$t' = \frac{1800 \text{ s}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2,5 \text{ km/s}}{300\,000 \text{ km/s}}\right)^2}} = 1\,800,000\,000\,000\,06 \text{ s} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ s}$$

PARA SABER MÁS

Si tenemos en cuenta el tiempo de vida de los muones en reposo, todos ellos se desintegrarían antes de llegar al suelo, pues la distancia recorrida durante su tiempo de vida sería menor que la altura a la que se forman (A). Teniendo en cuenta la relatividad especial, la distancia "que ven" los muones es menor; ya que se mueven a velocidades próximas a las de la luz y entonces alcanzan el suelo antes de desintegrarse (B).



Los muones son partículas elementales con carga eléctrica negativa. Se originan en la desintegración de otras partículas que se forman en la atmósfera cuando llegan a esta protones y núcleos atómicos procedentes del Sol y de otras partes del universo.

EJEMPLO RESUELTO 10

Para un observador en reposo con respecto a la Tierra, un muon que se mueve con una velocidad de $0,994 c$ pasa por la cima de una montaña de 2000 m de altura y llega al nivel del mar en un tiempo de $6,4 \mu\text{s}$. Calcula:

- La longitud de la altura de la montaña recorrida según el muon.
 - El tiempo que registra el reloj del muon para que los extremos de la montaña pasen frente a él.
 - A partir del resultado de b), el tiempo que tarda el muon en caer desde la cima de la montaña hasta el nivel del mar.
- a) Para el muon, la montaña no está en reposo; esta sube frente a él con una velocidad de $0,994 c$, entonces:

$$L' = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$L' = 2000 \text{ m} \cdot \sqrt{1 - \frac{(0,994 c)^2}{c^2}} = 218,76 \text{ m} = 2,2 \cdot 10^2$$

La longitud de la altura de la montaña que mide el muon es $218,76 \text{ m}$, es decir, la altura de la montaña se redujo, aproximadamente, 11% de la altura medida en el marco de referencia de la Tierra.

- b) Para el muon, el intervalo de tiempo que dura la montaña pasando frente a él es:

$$t = \frac{d}{v}$$

$$t = \frac{218,76 \text{ m}}{0,994 \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}} \rightarrow t = 7,34 \cdot 10^{-7} \text{ s} = 7,3 \cdot 10^{-7}$$

El muon observa que la montaña pasa frente a él durante un tiempo de $0,7 \mu\text{s}$.

- c) Para un observador en reposo respecto a la Tierra, que conoce la lectura del reloj del muon, se puede calcular el tiempo que tarda el muon en caer desde la cima de la montaña hasta el nivel del mar, así:

$$t' = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t' = \frac{(0,7 \times 10^{-6} \text{ s})}{\sqrt{1 - \frac{(0,994 c)^2}{c^2}}} \rightarrow t' = 6,4 \times 10^{-6} \text{ s}$$

La persona observa que el muon cae durante $6,4 \mu\text{s}$, corroborando la medida dada en el enunciado del problema.

EJEMPLO RESUELTO 11

Un hombre de 40 años está enamorado de una mujer de 20 años. Sin embargo, aunque se quieren el uno al otro, mantener una relación sentimental les ocasionaría muchos problemas a causa de la diferencia de edades. Tal es el amor que hay entre ellos, que él decide realizar un viaje en una nave espacial cuya velocidad es $0,9909 c$. Si al cabo de dos años regresa a la Tierra, ¿cuántos años tiene para entonces el amor de su vida?

- El tiempo propio de la nave es 2 años, por lo tanto, en la Tierra han pasado:

$$t' = \frac{2 \text{ años}}{\sqrt{1 - \frac{(0,9909 c)^2}{c^2}}} = 14,85 \text{ años}$$

Cuando él llega a la Tierra encuentra que han pasado cerca de 14 años, 10 meses y 13 días. Así que ella ahora tiene 34 años, y él, 42 .

INFORMACIÓN REGIONAL



El Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) tiene como misión liderar, normar y supervisar las investigaciones nucleares que se realicen en el país. Consta de una sede central, una central nuclear para fines de investigación y una planta de irradiaciones multiuso. Las irradiaciones son utilizadas en la industria agrícola y médica para la esterilización y descontaminación microbiana de los productos.

Archivo diario El Peruano



Central Nuclear Óscar Miró Quesada de la Guerra (RACSO).



Masa y energía

¿Cómo establecemos la relación entre la masa y la energía? ¿Por qué las bombas atómicas son tan destructivas?

Relación entre masa y energía

Volviendo a la física de Newton, cuando se aplica una fuerza durante un intervalo de tiempo sobre un cuerpo, este alcanza determinada velocidad.

Aunque los aceleradores de partículas permiten que estas viajen a velocidades inmensamente grandes, no logran sobrepasar la velocidad de la luz. La velocidad de la luz es inalcanzable.

Einstein resolvió este problema al considerar que la masa de los objetos es relativa, no absoluta. Cuanto mayor es la velocidad, mayor es la masa. Así, si la masa de un objeto en reposo es m_0 cuando la velocidad aumenta, la masa m también aumenta.

Si la masa de un objeto medida cuando él se encuentra en reposo es m_0 , la masa m cuando la velocidad es v se expresa como:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

De esta manera, cuando un objeto aumenta la velocidad a valores cercanos a la velocidad de la luz, su masa aumenta de forma extraordinaria. No es posible aplicar una fuerza lo suficientemente intensa para lograr que un objeto alcance la velocidad de la luz, pues esta fuerza debería producir movimiento a un objeto con masa extraordinariamente grande.

Por intensa que sea la fuerza, apenas logra provocar en el objeto de enorme masa un diminuto aumento en su velocidad.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía, el trabajo realizado por cualquier fuerza aplicada sobre un objeto se transforma en energía, lo cual se manifiesta en un aumento en la masa. Esto nos sugiere una pregunta: ¿Podemos establecer una relación entre la masa y la energía?

La respuesta a esta pregunta es consecuencia de la teoría de la relatividad. Al considerar la variación de la masa de un objeto cuando varía la velocidad, Einstein llegó a la siguiente expresión para la energía cinética de un cuerpo:

$$E_c = m c^2 - m_0 c^2$$

La energía total del cuerpo es: $E_c = m c^2$

Esta ecuación indica que la masa conlleva una cierta cantidad de energía así se encuentre en reposo. Este concepto está ausente en la mecánica clásica.

Gracias a esta ecuación, se puede comprender y extender la ley de la conservación de la energía a algunos fenómenos como la desintegración radiactiva.

PARA SABER MÁS

Mediante la ecuación $E = m c^2$, Einstein muestra cómo una partícula con masa m posee un tipo de energía denominada **energía en reposo**, distinta de las clásicas energía cinética y energía potencial.

La relación entre masa y energía se usa, por lo general, para explicar cómo se produce la energía nuclear; midiendo la masa de núcleos atómicos.

Así, dividiendo por el número atómico, se puede calcular la energía de enlace atrapada en los núcleos atómicos.

De esta forma, en la física moderna, la masa es absoluta y la energía es relativa. Entonces, la masa no es energía, y la energía no es igual a la masa.

La ecuación de Einstein simplemente detalla la conversión de masa a energía.

Por lo tanto, según la ecuación $E = mc^2$, se tiene que si un cuerpo se encuentra en reposo, la energía cinética es cero y, sin embargo, el cuerpo tiene energía m_0c^2 .

Por esta razón, la cantidad m_0c^2 recibe el nombre de energía de reposo. Este término convierte la masa en reposo de un objeto en determinada cantidad de energía.

Entonces, la masa y la energía son equivalentes.

De acuerdo con esta expresión, en la emisión nuclear de un rayo γ , debido a su radiación, el núcleo disminuye su masa en una cantidad E/c^2 , donde E es la energía asociada a la radiación.

Interpretación de la ecuación $E = mc^2$

Einstein concluyó que la variación de la masa de un cuerpo puede provocarse no solamente por energía cinética, sino también por cualquier otra forma de energía que se le dé o se le quite a dicho cuerpo. De esta forma, si un cuerpo recibe o libera una cierta cantidad de energía E (ya sea: cinética, potencial, calorífica, etc.), la masa sufre una variación.

Por ejemplo, un resorte comprimido (que posee energía potencial elástica) tendrá una masa mayor que cuando está estirado; asimismo, un carro en movimiento (que posee energía cinética) tendrá mayor masa que cuando está en reposo.

En ambos casos, las variaciones de las masas, según Einstein, se pueden calcular por $\Delta m = E/c^2$.

Sin embargo, es casi imposible detectarlas de manera experimental, debido a que dicha variación de masa es sumamente pequeña si la comparamos con el elevado valor de la velocidad de la luz, lo cual no ocurre con partículas subatómicas y nucleares.

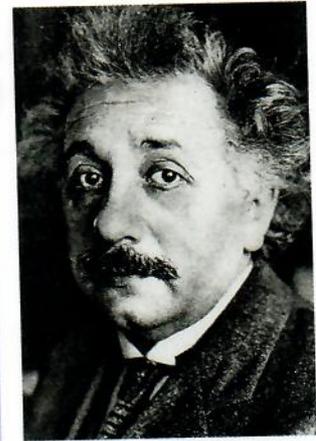
Si un núcleo de uranio recibe el impacto de un neutrón, este va a experimentar una fisión nuclear originando un núcleo de bario y uno de kriptón; además, emitirá tres neutrones. La masa total de dichos productos es inferior a la masa inicial antes de producirse la reacción. Aquí se observa una variación de masa Δm que se origina debido a la gran cantidad de energía E que se liberó en la reacción.

Así, en la fisión nuclear de cada átomo de uranio, se libera una energía extrema si la comparamos con la energía desprendida de las reacciones químicas comunes.

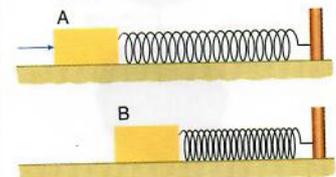


© Santillana S.A.

Emisión de rayos γ en una reacción nuclear.



Albert Einstein gana el Premio Nobel de Física por sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica.



Experimentalmente, en un resorte comprimido y en un auto a máxima velocidad es imposible aplicar la ecuación:

$$\Delta m = \frac{E}{c^2}$$

GLOSARIO

Fisión nuclear: Rotura del núcleo de un átomo, con liberación de energía, que se produce mediante el bombardeo de dicho núcleo con neutrones.



La radiactividad

Una buena parte de los núcleos radioactivos son inestables, lo que determina que evolucionen tratando de alcanzar un estado energéticamente más favorable. Para lograrlo, emiten radiación electromagnética (fotones) o determinadas partículas: neutrones, protones, electrones, etc.

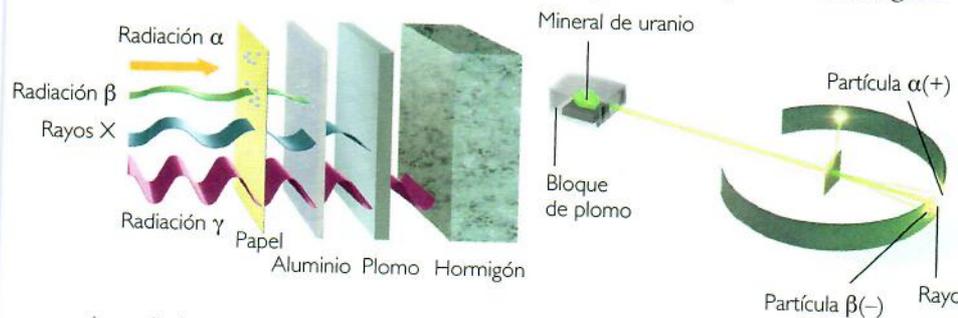
La radiactividad natural

En 1896 el científico francés Henri Becquerel (1852-1908) descubrió que ciertas sales de uranio emitían radiación de forma espontánea, la cual llegaba a velar placas fotográficas envueltas en papel negro. Comprobó que esto sucedía cualquiera que fuera el estado en que se encontraran las sales: en caliente, en frío, pulverizadas, disueltas en ácido, etc. La conclusión fue que esta propiedad, la radiactividad, radicaba en el interior del propio átomo.

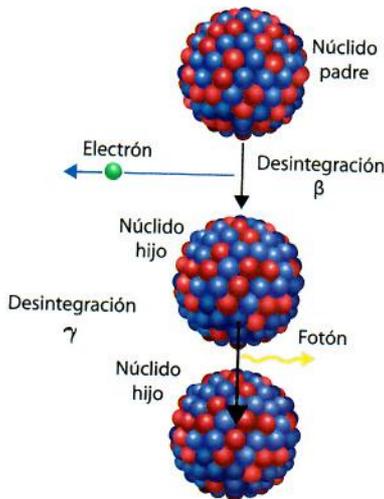
La radiactividad natural es el proceso por el cual los núcleos atómicos de ciertas sustancias emiten radiación de manera espontánea y se transforman en núcleos de elementos diferentes, o bien en núcleos del mismo elemento en un estado de menor energía.

Marie Curie (1859-1906) y su esposo Pierre Curie (1867-1934) complementaron los estudios sobre las radiaciones emitidas y llegaron a identificar tres tipos de radiación:

- Rayos α . Son partículas positivas (se desvían hacia el polo negativo) formadas por dos protones y dos neutrones: ${}^4_2\alpha$; se les considera núcleos de He. Forman una radiación ionizante (es capaz de arrancar partículas cargadas a la materia) que tiene muy poco poder de penetración: un papel o la piel humana la pueden detener.
- Rayos β . Son partículas negativas (se desvían hacia el polo positivo) idénticas a los electrones. Su poder de penetración es mayor que el de las partículas α , pero son retenidas por una lámina delgada de metal, por ejemplo, aluminio.
- Rayos γ . Es radiación electromagnética; por eso, no se desvía al atravesar un campo eléctrico. Tiene un gran poder de penetración, más que los rayos X; para detenerla es preciso utilizar gruesas capas de hormigón.



Las radiaciones emitidas por los núcleos radioactivos son de distinto tipo: α (núcleos de helio, carga positiva), β (electrones, carga negativa) y γ (fotones muy energéticos, sin carga eléctrica).



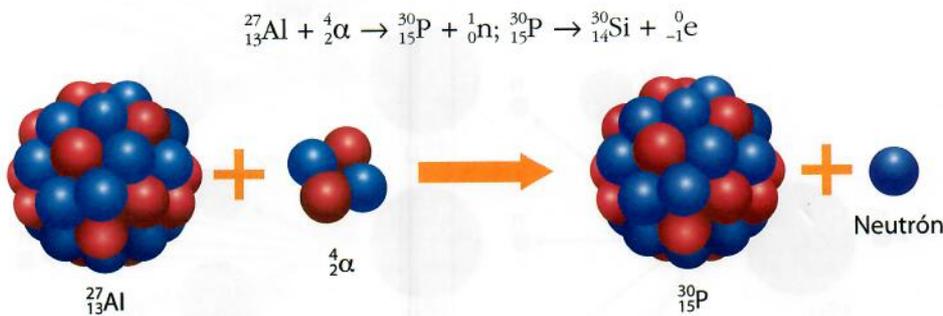
Un núcleo radiactivo emite fotones u otras partículas y se convierte en un núcleo diferente del mismo elemento químico o de otro distinto.

La radiactividad artificial

Se denomina radiactividad artificial o inducida a la que resulta de núcleos radiactivos que se obtienen en el laboratorio al bombardear núcleos estables con partículas α , β , neutrones, etc.

Los físicos franceses Frédéric Joliot (1900-1958) e Irene Joliot-Curie (1897-1956) fueron los primeros en obtener isótopos radiactivos de forma artificial al bombardear átomos de elementos ligeros (aluminio, boro o magnesio) con partículas α emitidas por polonio radiactivo. Por este descubrimiento recibieron el Premio Nobel de Química en 1935.

Al bombardear átomos de aluminio-27 con partículas α , se detectó fósforo-30, un isótopo desconocido de este elemento que es radiactivo y se descompone emitiendo electrones (partículas β) y formando silicio-30.



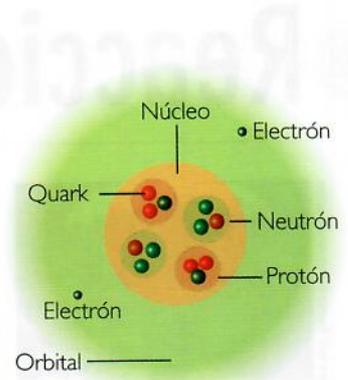
En las reacciones nucleares actuales se bombardean los núcleos con partículas de muy alta energía; estas partículas se consiguen en los aceleradores tras someterlas a la acción de campos electromagnéticos. En algunas ocasiones, como resultado de las reacciones nucleares, se han obtenido átomos de elementos químicos que no existen en la naturaleza. Casi todos los elementos químicos que siguen al neptunio ($Z = 93$) se han obtenido por procedimientos similares a los descritos.

Al igual que en las reacciones químicas se conserva la masa de las sustancias participantes, en las reacciones nucleares se conserva:

- La carga eléctrica. La suma de las cargas de las partículas que reaccionan (núclidos y partículas proyectil) debe ser igual a la suma de las cargas de todas las partículas que se obtienen.
- El número de nucleones (protones + neutrones).
- El momento lineal o cantidad de movimiento. Permite conocer la trayectoria de las partículas que intervienen.
- El conjunto-masa energía. Si como resultado de una reacción nuclear hay una pérdida de masa, se obtendrá la cantidad equivalente de energía. Si por el contrario la masa de las sustancias que se obtienen es mayor que la de las sustancias que reaccionan, es necesario aportar al sistema una cantidad de energía equivalente a la diferencia de masa.

De acuerdo con lo que se desprende de la relatividad especial:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

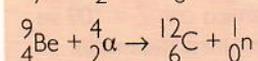
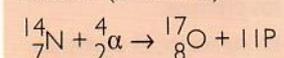


Los átomos están formados por un núcleo donde hay protones y neutrones (compuestos por partículas más pequeñas llamadas *quarks*) y electrones moviéndose alrededor del núcleo. Las propiedades químicas del átomo que determinan el modo en que se combina con otros átomos para formar compuestos o agregados de diverso tipo dependen de los electrones y no afectan al núcleo.

PARA SABER MÁS

El bombardeo de núcleos con partículas radiactivas ya había sido realizado con anterioridad por Rutherford (1919) y Chadwick (1932).

En sus experiencias se detectaron partículas no observadas hasta ese momento, como el protón (Rutherford) y el neutrón (Chadwick):





Reacciones nucleares



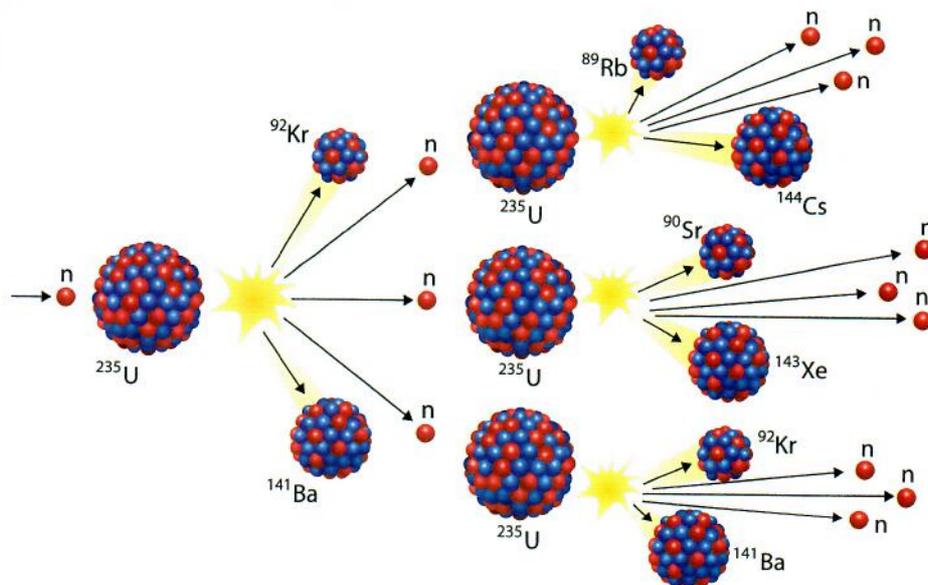
National Archives and Records Administration

Bomba atómica de Nagasaki

El descubrimiento de las reacciones nucleares dio un giro en la historia de la humanidad.

Fisión nuclear

Es un proceso en el que un núcleo, generalmente de masa elevada, se rompe en dos fracciones más pequeñas.



Esquema de un proceso en cadena. Al bombardear el ^{235}U con neutrones, se pueden obtener distintas reacciones nucleares. Cuando el ^{235}U capta un neutrón, se rompe liberando tres neutrones, alguno de los cuales puede perderse sin alcanzar otro núcleo. Generalmente la muestra tiene distintas cantidades de cada uno de los isótopos. Si uno de los neutrones liberados es captado por ^{238}U , no se produce fisión nuclear; de ahí el interés por utilizar uranio enriquecido en ^{235}U .

BIOGRAFÍA

Lise Meitner y el Premio Nobel que no existió

Lise Meitner fue una científica austriaca que investigó junto a Otto Hahn las reacciones nucleares, produciendo la primera fisión nuclear.

Sin embargo, aunque a Otto Hahn se le concedió el Premio Nobel de Química en 1944, Meitner no lo recibió. Hay quien piensa que ser mujer y judía desempeñó un papel en su contra cuando se concedieron los premios.

En su honor, el elemento químico con $Z = 109$ se denomina **meitnerio**.

La masa de las sustancias que resultan de la fisión nuclear es ligeramente inferior a la masa de las sustancias que reaccionan. Este defecto de masa se libera en forma de energía. Las reacciones nucleares son más exoenergéticas que cualquier reacción química; de ahí que se utilicen como fuente de energía.

La fisión nuclear del uranio fue evidenciada por los científicos alemanes Otto Hahn (1879-1968) y Lise Meitner (1878-1968) alrededor del año 1940. Al primero le dieron el Premio Nobel de Química en 1944 por sus trabajos en el campo de la radiactividad. La primera aplicación de la fisión fue la bomba atómica. Dos bombas atómicas lanzadas en 1945 sobre las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki, en Japón, causaron miles de muertos entre la población civil y motivaron el fin de la Segunda Guerra Mundial al comprobarse su tremendo poder de destrucción.

La fisión nuclear también tiene múltiples aplicaciones civiles, como la obtención de energía en las centrales térmicas nucleares o el uso de potentes y duraderos generadores de energía en lugares de difícil abastecimiento, como en los submarinos, rompehielos o sondas espaciales.

Fusión nuclear

Es un proceso en el que dos núcleos de masa baja se unen dando un núcleo de masa más alta. La masa de los productos de la fusión es ligeramente inferior a la masa de los reactivos, lo que determina la liberación de la cantidad equivalente de energía.

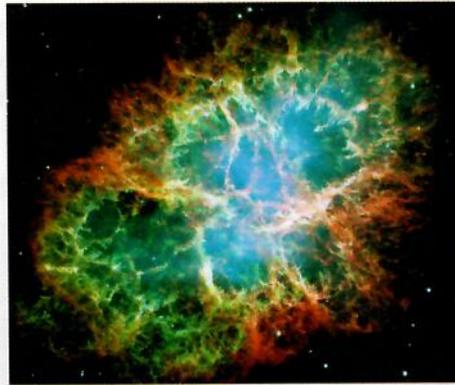
La fusión requiere energías muy altas para que los núcleos superen la repulsión eléctrica y lleguen a unirse al actuar la fuerza nuclear fuerte.

- En la nucleosíntesis inicial, en los primeros instantes del universo, se formaron elementos ligeros, como el hidrógeno y el helio, y trazas de litio.
- En las estrellas como el Sol, donde la temperatura es del orden de 108 K, átomos de hidrógeno se convierten en átomos de helio. Este es el paso previo al proceso de nucleosíntesis que dará lugar a la formación de los restantes elementos (C, N, O) por sucesivos procesos de fusión, hasta llegar al $^{56}_{26}\text{Fe}$ que es el núcleo más estable.
- Los elementos más pesados de la tabla periódica, con $Z > 26$, se han creado en explosiones de supernovas. En efecto, los núcleos de Fe son los más estables y, a partir de ahí, ya no se genera energía cuando los núcleos se unen, puesto que la masa de los núcleos reactivos sería menor que la masa de los núcleos producto. Por eso hace falta un aporte extra de energía, algo que sucede en las supernovas.

Una supernova es un evento muy violento que tiene lugar cuando una estrella mucho más masiva que el Sol agota su combustible nuclear y se colapsa dando lugar al nacimiento de un objeto muy denso y compacto (una estrella de neutrones o un agujero negro). Las supernovas son fenómenos tan violentos que una sola estrella brilla más que toda una galaxia.



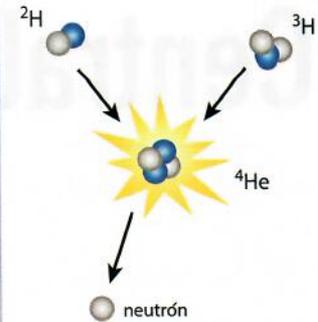
Cúmulo de las Pléyades, en Tauro. La fusión nuclear es la responsable del brillo de las estrellas, como el Sol. Es un proceso que libera mucha energía. El Sol lleva brillando unos 4500 millones de años, y se cree que tiene combustible suficiente para permanecer brillando otros 5000 millones de años.



Nebulosa del Cangrejo, en la constelación de Tauro. La nebulosa está formada por los restos de una supernova que fue observada por astrónomos chinos en 1054. Todos los átomos de elementos con $Z > 56$, por ejemplo, el oro o la plata, se han creado durante una explosión de supernova.

Fusión nuclear controlada

A las temperaturas que se requieren para la fusión, la materia se encuentra en estado de plasma (el cuarto estado de la materia), en el que las partículas ionizadas (núcleos positivos + electrones) se comportan como si fueran un gas. En estas condiciones es muy difícil mantener el estado de plasma en un reactor. Para lograrlo, se recurre a un confinamiento magnético que hace que las partículas no lleguen a tocar las paredes del reactor.



La fusión nuclear entre dos átomos de hidrógeno (diatómico (H^2) y triatómico (H^3)) da lugar a un átomo de helio.

PARA REFLEXIONAR

Si se lograra realizar la fusión a temperaturas accesibles, tendríamos el método ideal para obtener grandes cantidades de energía de una manera muy poco contaminante. Los materiales de partida (los distintos isótopos del hidrógeno) están en la naturaleza en cantidad abundante, y el producto de la fusión (el helio) es un gas noble sin ningún efecto radiactivo.

- Investiga cómo funcionan los vehículos de hidrógeno. ¿De qué manera influiría la fusión nuclear en este tipo de tecnología?



Centrales térmicas nucleares

Las centrales térmicas nucleares nos proporcionan una buena parte de la energía eléctrica que consumimos. Pero las centrales nucleares tienen también más aplicaciones.

¿Cómo funcionan?

El funcionamiento de las centrales térmicas nucleares es muy semejante al de las térmicas convencionales. La diferencia está en el combustible utilizado para producir energía. En las centrales térmicas nucleares, se usa como combustible el uranio o plutonio.

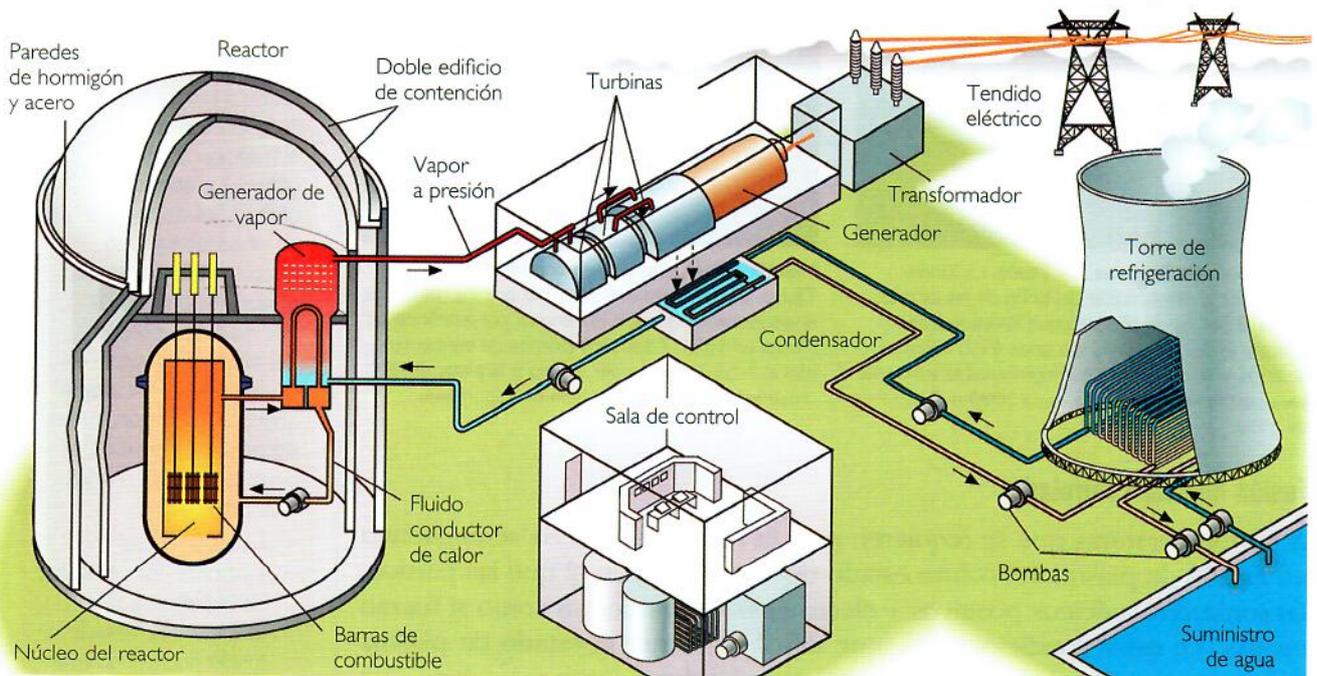
1. En las centrales térmicas y nucleares, el calor obtenido de los combustibles (combustión y reacción nuclear, respectivamente) se emplea para calentar el agua contenida en una caldera, que se transforma en vapor de agua.
2. Ese vapor se conduce a una turbina, moviendo los álabes o aspas de esta.
3. El eje de la turbina está conectado a un generador de corriente, el cual transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
4. El vapor que sale de la turbina se condensa al pasar por un circuito de refrigeración y regresa a la caldera.

Desde una sala de control se gobierna la central y se manejan los dispositivos de seguridad que detienen el reactor en cuanto se detecta el mínimo riesgo de escape o mal funcionamiento.



Shutterstock

Central térmica nuclear. Convierte la energía química del combustible nuclear en energía calorífica, y esta última se convierte en electricidad.



Funcionamiento de una central térmica nuclear

© Santillana S.A.

La energía nuclear

El combustible nuclear más utilizado es el uranio-235. Sus átomos sufren una reacción de fisión nuclear, en la que son bombardeados con neutrones y se rompen en fragmentos de distinta masa. En esta reacción se obtiene gran cantidad de energía y se liberan nuevos neutrones, que continúan el proceso produciendo una reacción en cadena.

Si la reacción no se controla, produce una reacción en cadena descontrolada que emite una gran cantidad de energía en forma de explosión.

La energía nuclear viene dada por la expresión:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

Donde E es la energía nuclear, Δm es la masa que se destruye y c es la velocidad de la luz en el vacío. Aunque Δm sea muy pequeña, al multiplicarla por el cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío (300 000 km/s), el valor de la energía puede llegar a ser muy considerable. Por ejemplo, convirtiendo en energía un gramo de materia podríamos iluminar veinte focos de 100 watts durante un año.

Contribución de la energía nuclear a la generación de energía eléctrica					
País	%	País	%	País	%
Francia	76,9	Bulgaria	33,6	Sudáfrica	6,2
Eslovaquia	56,8	Armenia	30,7	México	5,6
Hungría	53,6	República de Corea	30,4	Pakistán	4,3
Ucrania	49,4	España	20,4	Argentina	4,0
Bélgica	47,5	Estados Unidos	19,5	Países Bajos	4,0
Suecia	41,5	Rusia	18,6	India	3,5
Suiza	37,9	Rumania	18,5	Brasil	2,9
Eslovenia	37,2	Reino Unido	17,2	China	2,4
República Checa	35,8	Canadá	16,8	Irán	1,5
Finlandia	34,6	Alemania	15,8	Japón	0,0

Fuente: Agencia Internacional de Energía Atómica, 2015.

La fusión nuclear: ¿la energía del futuro?

El proceso de fusión consiste en la unión de núcleos pequeños para formar núcleos mayores. Igual que en la fisión, se desprende gran cantidad de energía, pero el inconveniente para su aprovechamiento por el momento radica en que el balance total de energía de la reacción es negativo, es decir, la energía que se necesita para unir los núcleos es mayor que la que se desprende al unirse.

Existen muchos frentes abiertos en la investigación de la fusión nuclear. Cuando se encuentre un procedimiento para llevar a cabo estas reacciones con un balance de energía positivo, se habrá resuelto una gran parte del problema energético de nuestro planeta.

Pese a la mala prensa y a los residuos contaminantes que se generan, la energía nuclear es en muchos países una de las principales fuentes de energía.



Sala de control de una central nuclear

PARA REFLEXIONAR

El uso de la energía nuclear para obtener electricidad tiene dos graves inconvenientes:

- El riesgo de accidentes. Un escape de material radiactivo tiene consecuencias nefastas para la población circundante. Además, si el accidente es grave, como el ocurrido en Chernobyl (Ucrania) en 1986, la contaminación radiactiva puede extenderse incluso por varios continentes.
- Por otra parte, se generan residuos radiactivos que siguen siendo tóxicos durante miles o miles de millones de años. Estos restos deben ser cubiertos con plomo y enterrados.

Entonces, ¿por qué se sigue usando la energía nuclear?

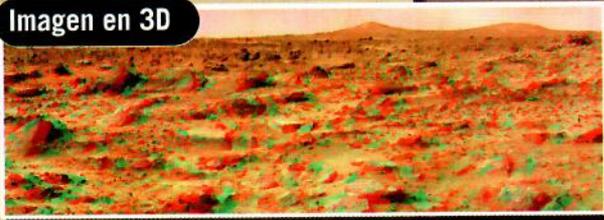


Dimensión desconocida

La foto en tercera dimensión

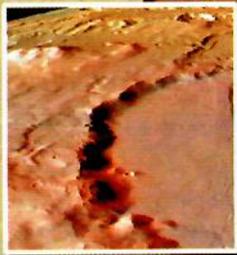
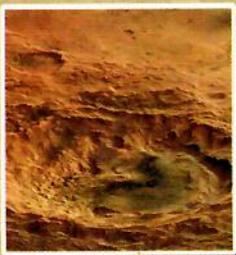
El 5 de enero de 2004, el Spirit tomó una fotografía especial en tercera dimensión con una de sus nueve cámaras. Era la fotografía más clara que hasta entonces se había tomado de Marte. Los científicos utilizaron anteojos 3D (tercera dimensión) para observar todos los detalles de la fotografía.

Imagen en 3D



Un atorón

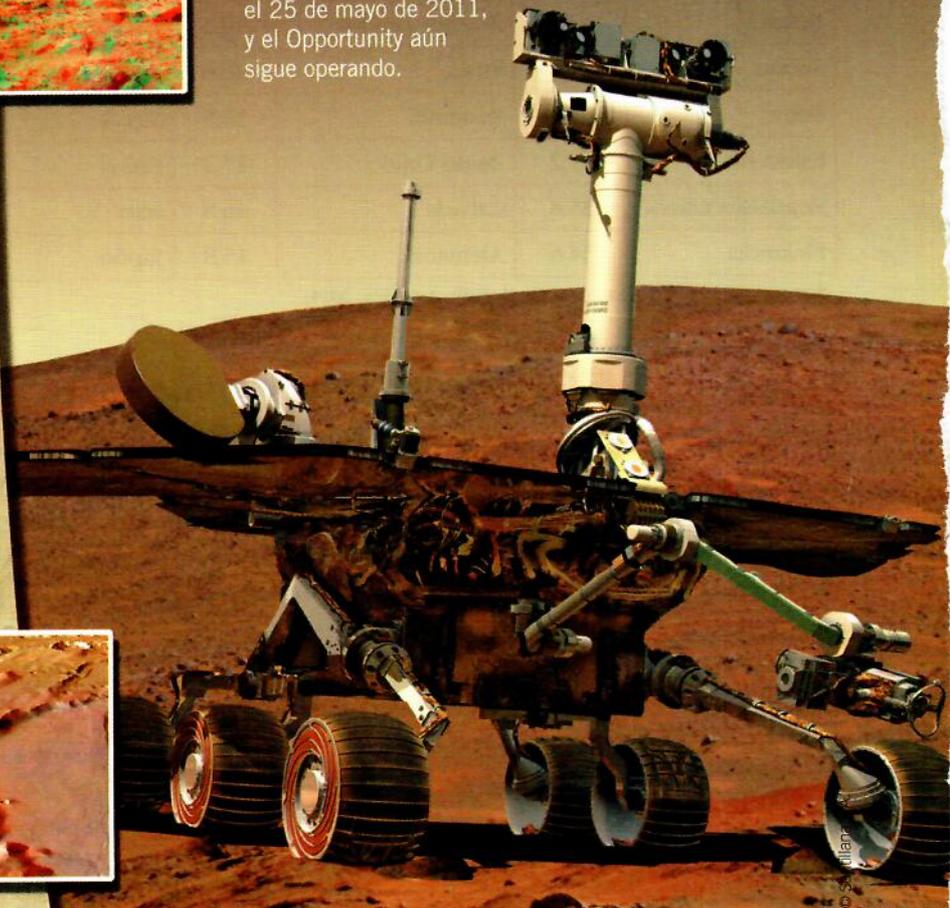
El 23 de abril de 2009, el Spirit se atascó en un sitio que los científicos llaman Troya. Los ingenieros no lograron desatorarlo, por ello, quedó atrapado en la arena, de la que fue imposible recuperarlo. Sin embargo, tomó una serie de fotografías de las que se dedujo que el antiguo Marte tenía manantiales calientes y respiraderos de vapor no ácidos que pudieron ser hábitat propicio para la vida.



A partir de 2004, la NASA (Agencia Espacial Estadounidense) realizó más investigaciones para continuar descifrando los misterios del terreno marciano. Gracias a la tecnología robótica, el explorador Spirit fue enviado con éxito al llamado planeta rojo y captó impresionantes imágenes del terreno, confirmando la teoría de que existió agua en grandes cantidades y que pudo ser un ambiente habitable.

Spirit y Opportunity

Spirit es un robot del tamaño de un carrito de golf. Tiene un "hermano" llamado Opportunity, que se posó al otro lado de Marte. Los científicos de la NASA esperaban que cada uno funcionara unos tres meses, pero el Spirit concluyó su misión el 25 de mayo de 2011, y el Opportunity aún sigue operando.



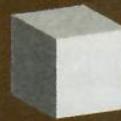
Las dimensiones en el espacio



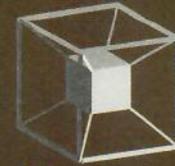
La **1.ª dimensión** existe en una línea que solo tiene longitud.



La **2.ª dimensión** existe en un plano. Las líneas tienen largo y ancho.

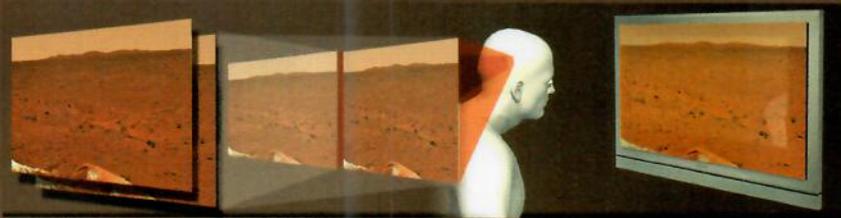


La **3.ª dimensión** extiende el plano con profundidad.



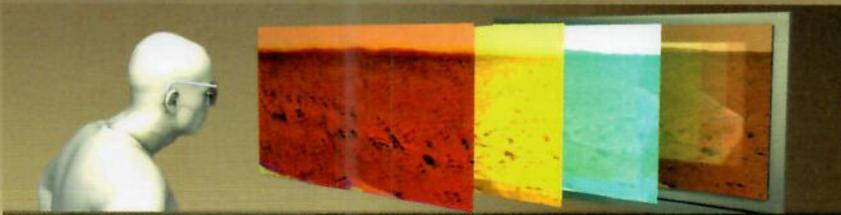
La **4.ª dimensión** incluye el tiempo como plano adicional.

El cine y la tecnología detrás de la tercera dimensión



1 Nuestros ojos tienen dos puntos de vista (ojo derecho y ojo izquierdo) y perciben imágenes ligeramente distintas que el cerebro compara y combina para producir la percepción de un objeto en tres dimensiones.

2 Para simular esta disparidad de los ojos, se utilizan dos cámaras separadas por 6,5 cm, que es la separación natural de los ojos humanos.



3 Un circuito independiente combina las señales de las cámaras de los dos puntos de visión en una sola señal, con lo que se obtienen dos imágenes superpuestas.

4 Unos lentes especiales separan las imágenes que se proyectan en la pantalla para que el cerebro las reciba, interprete y funda en una de tipo tridimensional.

Lentes para la tercera dimensión



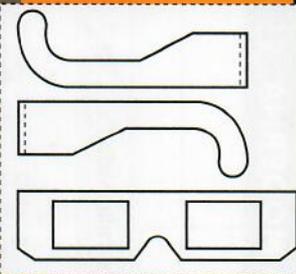
• **Anaglifos.** Un lente es rojo y el otro azul. La imagen conjunta es tridimensional, pero solo en un ángulo; por ello, es borrosa. Se utilizaron para el cine en 3D durante la década de 1950.



• **Estereográficos.** Se trata de lentes polarizados que filtran las ondas de luz y las proyectan en ciertos ángulos. La sensación de profundidad o efecto 3D es de mucha mayor calidad, ya que no existe alteración de los colores.

¡Haz tus propios lentes!

a) Amplía sobre un cartón el modelo que se muestra. Hazlo de 15 cm x 5 cm. Luego, recorta las piezas y los rectángulos de cada ojo.



b) Recorta dos rectángulos de celofán azul y rojo, de mayor tamaño que los orificios del cartón.



c) Pégalos por la parte de atrás en cada orificio (azul en el ojo izquierdo y rojo en el ojo derecho).



¡Listo! Ahora puedes observar la imagen en 3D. Si quieres, puedes hacer las extensiones para que se sostengan sobre tus orejas.

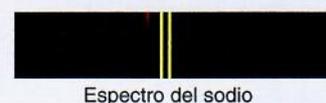
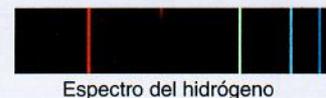
Resumen

Ideas principales

FÍSICA MODERNA

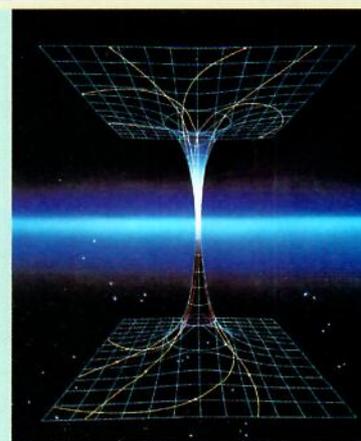
Física cuántica

- La materia emite y absorbe energía en forma de pequeñas unidades denominadas cuantos o fotones.
- Un cuerpo negro solo emite la radiación debido a su temperatura; cualquier otra radiación es absorbida por él.
- Espectros: conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas emitidas o absorbidas por una sustancia que constituye el espectro electromagnético.
- Teoría cuántica: propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones entre la materia y la radiación.
- Principio de la incertidumbre y modelo atómico actual.



Teoría de la relatividad

- Teoría de la relatividad: se divide en teoría especial y general de la relatividad.
- El tiempo y la longitud son relativos, esto se explica por la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud.
- Masa y energía: relación entre masa y energía e interpretación de la ecuación $E = mc^2$.



Radiactividad

- Radiactividad natural: rayos alfa, beta y gamma. Radiactividad artificial o inducida: núcleos radiactivos que se obtienen en el laboratorio.
- Reacciones nucleares: fisión y fusión. Fisión: un núcleo, generalmente de masa elevada, se rompe en dos fracciones más pequeñas liberando energía. Fusión: unión de dos núcleos ligeros para formar otro más pesado. Desprende muchísima energía.
- Centrales nucleares: proporcionan una buena parte de la energía eléctrica que consumimos.
- Energía nuclear: aquella producida por el uranio-235, que es el combustible nuclear más utilizado.



Organizador visual: mapa de ideas



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web encontrarás información acerca de las mediciones de las magnitudes físicas que reforzarán lo que has aprendido:

- <http://noticiasdela ciencia.com/sec/ciencia/fisica/>
- <https://www.i-cpan.es/doc/Empirika/29-36-fisica-nuclear-medicina.pdf>

Con este libro de la biblioteca del Minedu, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual* (10ª ed.). México D.F.: Pearson Educación.

Para ampliar

TED (2005). *Brian Greene habla sobre la teoría de cuerdas*.

En este video, Brian Green, físico estadounidense, autor de diversos libros de física moderna y mayor defensor de la teoría de supercuerdas, explica esta teoría como la idea de que minúsculos hilos de energía vibrando en once dimensiones crean todas las partículas y fuerzas del universo.

- https://www.ted.com/talks/brian_greene_on_string_theory?language=es

Anexo 1: Historia de la física

ESTUDIO DE LA MATERIA Y SUS PROPIEDADES

E. Torricelli
(1608-1647)

Físico italiano

Estudio de la presión atmosférica.



R. Boyle
(1627-1691)

Físico y químico británico

Leyes de los gases.



A. Celsius
(1701-1744)

Astrónomo sueco

Escala centígrada de temperatura.

R. Brown
(1773-1858)

Botánico británico

Descripción del efecto browniano.

J. L. Gay-Lussac
(1778-1850)

Químico francés

Leyes de los gases.



J. Charles
(1746-1823)

Físico francés

Estudio del comportamiento de los gases.

ENERGÍA

W. R. Snell
(1591-1626)

Físico británico

Formulación de la segunda ley de la refracción de la luz.

N. J. Cugnot
(1725-1804)

Ingeniero francés

Construcción del primer vehículo alimentado por vapor.

J. Watt
(1736-1819)

Ingeniero británico

Perfeccionamiento de la máquina de vapor.



J. R. Mayer
(1814-1878)

Físico alemán

Ley de la conservación de la energía.



J. P. Joule
(1818-1889)

Físico británico

Cálculo del equivalente mecánico del calor.



H. von Helmholtz
(1821-1894)

Científico alemán

Formulación de la ley de conservación de la energía.

APORTACIONES AL CONCEPTO DEL ÁTOMO

Empédocles
(490 a. C.-430 a. C.)

Filósofo griego

Materia compuesta por cuatro elementos: agua, fuego, tierra y aire.



Demócrito de Abdera
(460 a. C.-370 a. C.)

Filósofo griego

La materia está formada por partículas indivisibles: los átomos.



Aristóteles
(384 a. C.-322 a. C.)

Filósofo griego

Materia compuesta por agua, fuego, tierra, aire y éter.



Lucrecio
(94 a. C.-50 a. C.)

Poeta y filósofo romano

Defensor de la teoría atómica. Obra clave: *De rerum natura*.

Paracelso
(1493-1541)

Médico y alquimista suizo

Aplicación práctica de técnicas de laboratorio de química.



A. Libau (Libavio)
(1540-1616)

Alquimista alemán

Descripción de la preparación de sustancias químicas diversas.

A. H. Becquerel
(1852-1908)

Físico francés

Estudio del fenómeno de la radiactividad.

J. Dalton
(1766-1844)

Químico británico

Teoría atómica científica.

**W. Thomson
(Lord Kelvin)**
(1824-1907)

Matemático y físico británico

Escala absoluta de temperatura.



W. C. Röntgen
(1845-1923)

Físico alemán

Descubrimiento de los rayos X.



P. Curie
(1859-1906)

Físico francés

Descubrimiento del radio y el polonio.



G. N. Lewis
(1875-1946)

Químico estadounidense

Estudio del enlace covalente.

H. Moseley
(1887-1915)

Físico británico

Estudio de las propiedades de un elemento en función de su número atómico.

DINÁMICA

Arquímedes
(290 a. C.- 212 a. C.)

Filósofo griego

Formulación del principio que lleva su nombre, el cual relaciona el volumen de un objeto sumergido en un fluido con la fuerza que un fluido ejerce sobre dicho objeto.



Galileo Galilei
(1564-1642)

Astrónomo italiano

Estudio de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos bajo la atracción de la Tierra.

Descubrimiento de cuatro satélites de Júpiter, de las manchas en el Sol y de las montañas de la Luna.



B. Pascal
(1623-1662)

Físico y matemático francés

Formulación del principio de Pascal, que indica que la presión ejercida en un punto de un fluido se transmite a todos los puntos del mismo.



R. Hooke
(1635-1703)

Físico británico

Descubrimiento de la ley de elasticidad de un muelle.

I. Newton
(1642-1727)

Físico británico

Descubrimiento de los principios de la dinámica y de la ley de la gravitación universal.



J. J. Thomson
(1856-1940)

Físico británico

Descubrimiento del electrón.



M. Sklodowska Curie
(1867-1934)

Química polaco-francesa

Descubrimiento del polonio y el radio. Descripción de los fenómenos radiactivos.



E. Rutherford
(1871-1937)

Físico neozelandés-británico

Modelo atómico con un núcleo central con la carga positiva y electrones girando alrededor.



N. Bohr
(1885-1962)

Físico danés

Modelo atómico con electrones girando en órbitas estables circulares alrededor del núcleo.



E. Schrödinger
(1887-1961)

Físico austriaco

Ecuación de onda que describe el movimiento del electrón en el átomo.

J. Chadwick
(1891-1974)

Físico británico

Descubrimiento del neutrón.

P. A. M. Dirac
(1902-1984)

Físico británico

Aportaciones a la mecánica cuántica.



W. K. Heisenberg
(1901-1976)

Físico alemán

Principio de incertidumbre: no se puede conocer con exactitud simultáneamente la posición y la velocidad de una partícula.

Anexo 2: Historia de la física

ASTRONOMÍA

Aristarco de Samos
(310 a. C.-230 a. C.)

Astrónomo griego

Desarrollo de un modelo heliocéntrico para el sistema solar.

Hiparco
(190 a. C.-120 a. C.)

Astrónomo griego

Desarrollo del primer catálogo estelar. Descubrimiento de la precesión de los equinoccios.

N. Copérnico
(1473-1543)

Astrónomo polaco

Propuesta de que el Sol permanece fijo en el centro del universo y los demás planetas giran alrededor de él.



T. Brahe
(1546-1601)

Astrónomo danés

Recopilación de numerosos datos sobre la posición de los planetas en el cielo.



J. Kepler
(1571-1630)

Astrónomo alemán

Descubrimiento de las tres leyes que rigen el movimiento planetario.



Claudius Ptolomeo
(siglo II)

Filósofo griego

Desarrollo de un modelo geocéntrico para el sistema solar.

ESTUDIOS DE ELECTRICIDAD

Tales de Mileto
(640 a. C.-546 a. C.)

Filósofo griego

Descripción de fenómenos de atracción debidos a la existencia de cargas eléctricas.



W. Gilbert
(1544-1603)

Físico y médico británico

La Tierra es un inmenso imán.

C. A. Coulomb
(1736-1806)

Físico francés

Ley de Coulomb: fuerzas eléctricas entre cargas.



A. Volta
(1745-1827)

Físico italiano

Recopilación de numerosos datos sobre la posición de los planetas en el cielo.



G. S. Ohm
(1789-1854)

Físico alemán

Ley de Ohm, que relaciona la intensidad de corriente, la diferencia de potencial y la resistencia.



B. Franklin
(1706-1790)

Estadista y científico estadounidense

Experimento con cometas en una tormenta: la carga pasa hasta el extremo de la cometa.

L. Galvani
(1737-1798)

Anatomista italiano

Estudio de los efectos de la electricidad en músculos de animales.

S. Morse
(1791-1872)

Inventor estadounidense

Desarrollo del telégrafo.

F. W. Bessel
(1784-1846)

Astrónomo alemán

Medición por primera vez de la distancia a una estrella usando el método de la paralaje.

A. Einstein
(1879-1955)

Físico alemán

Desarrollo de la teoría especial de la relatividad y de la teoría general de la relatividad, con ecuaciones que se aplican a la evolución del universo.



E. P. Hubble
(1889-1953)

Astrónomo estadounidense

Descubrimiento de la ley que relaciona la distancia a las galaxias con su velocidad de alejamiento con respecto a nosotros.



C. W. Tombaugh
(1906-1997)

Astrónomo estadounidense

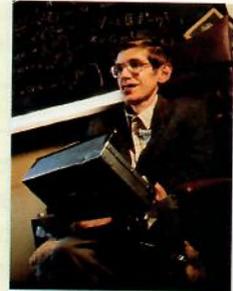
Descubrimiento del planeta enano Plutón.



S. W. Hawking
(n. 1942)

Físico británico

Estudio teórico de los agujeros negros.



J. L. Leverrier
(1811-1877)

Astrónomo francés

Predicción de la existencia del planeta Neptuno.

Georges Lemaître
(1894-1966)

Astrónomo belga

Formulación de la teoría del *big bang*.

ELECTROMAGNETISMO

T. A. Edison
(1847-1931)

Inventor estadounidense

Múltiples inventos, entre ellos la bombilla eléctrica.



H. C. Oersted
(1777-1851)

Físico danés

Efectos de la corriente eléctrica en imanes.



M. Faraday
(1791-1867)

Físico y químico británico

Descripción de fenómenos que ponían de manifiesto la relación entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos.



J. C. Maxwell
(1831-1879)

Físico británico

Desarrollo de la teoría electromagnética y unificación de la óptica y el electromagnetismo.



H. R. Hertz
(1857-1894)

Físico alemán

Generación de ondas electromagnéticas.



N. Tesla
(1856-1943)

Ingeniero croata-estadounidense

Desarrollo de transformadores y de motores eléctricos capaces de aprovechar la corriente eléctrica alterna.

Anexo 3: La medición

Se denomina **magnitud** a todo aquello susceptible de ser medido y expresado matemáticamente. **Medir** consiste en comparar una magnitud con otra que llamamos unidad. Una **medida** es entonces el resultado de comparar una magnitud concreta con su unidad correspondiente. Viene expresada por un número (cantidad) y un símbolo (unidad).



La medición es indispensable en la descripción de un sistema físico, ya que permite establecer relaciones cuantitativas entre las diversas variables que intervienen en el comportamiento de dicho sistema.

Un **sistema físico** es un conjunto de objetos o fenómenos unidos por alguna forma de interacción. Por ejemplo, si el sistema que se quiere medir es un gas encerrado en un recipiente, las magnitudes físicas que lo describen son la presión del gas, el volumen que ocupa y su temperatura, entre otras.



La medición en el trabajo científico

Todas las disciplinas científicas tienen en común el proceso de medición. Así que para ser coherentes, los científicos de todos los países dan a conocer los resultados de sus investigaciones en unidades del sistema métrico.



Las unidades métricas que hoy se manejan en la mayoría de países del mundo tuvieron sus orígenes en Francia. Hacia el año de 1960, la comunidad científica internacional acordó utilizar un sistema métrico unificado, el cual se conoce como SI, abreviatura del nombre en francés *Le Système International d'Unités*.

Notación científica

Consiste en escribir las cantidades con una cifra entera, seguida o no de decimales, y la potencia de diez adecuada. Así tenemos:

Tamaño de una célula: $0,000003 \text{ m} = 3 \times 10^{-6} \text{ m}$.

Distancia de la Tierra al Sol: $149\,600\,000 \text{ m} = 1,496 \times 10^8 \text{ m}$.

Longitud

Metro (m)

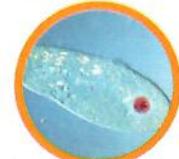
Es la distancia recorrida por la luz en el vacío durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ segundos.

10^{213} m
Diámetro de un protón



10^{29} m
Longitud de la molécula de hemoglobina

10^{25} m
Longitud del paramecio



10^2 m
Largo de una cancha de fútbol



10^4 m
Altura del Monte Everest



10^7 m
Diámetro de Venus



10^{20} m
Diámetro de la Vía Láctea



Normas de escritura de las unidades

De acuerdo con las normas del SI, las letras que designan las unidades se escriben en minúscula, salvo que se basen en el nombre o el apellido de una persona, por ejemplo: N (*Newton*).

- Los múltiplos y submúltiplos se escriben antes de la letra que designa la unidad: km (kilómetro), mg (miligramo).
- Después del símbolo de una unidad no se escribe punto ni se añade una "s" para indicar plural. Por ejemplo, ocho metros se escribirá así: 8 m.

Masa

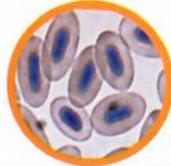
Kilogramos (kg)

Coincide con la masa de un cilindro metálico que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, en Sèvres, Francia.

10^{218} kg
Virus de la gripe



10^{212} kg
Células humanas



10^{23} kg
Colibrí



10^2 kg
Puma



10^7 kg
Torre Eiffel



10^{12} kg
La Gran Muralla china



10^{24} kg
Tierra



Tiempo

Segundo (s)

El segundo se define como 9 162 631 700 veces el periodo de oscilación de la radiación del átomo de cesio.

10^{224} s
Duración de la luz en atravesar un protón.



10^{26} s
Duración del periodo de una onda sonora.



10^{21} s
Tiempo entre dos latidos cardiacos.



10^3 s
Duración de un eclipse de Luna.



10^4 s
Un día.



10^7 s
Un año.



10^{21} s
Edad del universo



Temperatura

Kelvin (K)

El grado Kelvin se define como $1/273,16$ de la temperatura del punto triple del agua.

10^1 K
Hidrógeno líquido.



10^2 K
Superficie de Saturno.



10^3 K
Superficie del Sol.



10^6 K
Corona solar.



10^8 K
Bomba de hidrógeno.



10^{10} K
Explosión de una supernova.



Múltiplos y submúltiplos

Los científicos se han puesto de acuerdo para utilizar las unidades del sistema internacional pero, en ocasiones, tienen que expresar cantidades muy grandes o muy pequeñas de esas unidades.

Para facilitar la escritura y el manejo de números muy grandes o muy pequeños con respecto a la unidad, se utiliza una serie de múltiplos y submúltiplos.

Múltiplo	Símbolo	Valor
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
deca	da	10^1

Submúltiplo	Símbolo	Valor
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Anexo 4: Fundamentos matemáticos

Álgebra elemental

Multiplicación

$$a^x \cdot a^y \cdot a^z = a^{x+y+z}$$

- $a^3 \cdot a^2 = a^5$
- $a^2 \cdot a^{-1} \cdot a^3 = a^4$
- $(a^2 \cdot b)(a \cdot b^2) = a^3 \cdot b^3$

Potenciación

$$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \dots a}_{n \text{ veces } a}; n \in \mathbb{N}$$

- $10^5 = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10}_{5 \text{ veces } 10}$

$$(a^n)^p = a^{n \cdot p}$$

- $(a^2)^3 = a^{2 \cdot 3} = a^6$
- $(7^2)^6 = 7^{12}$
- $(15^{-3})^2 = 15^{-6}$

Exponente negativo

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}; \forall a \neq 0$$

- $10^{-6} = \frac{1}{10^6}$
- $25^{-2} = \frac{1}{25^2}$

División

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}; \forall a \neq 0$$

- $\frac{10^7}{10^2} = 10^{7-2} = 10^5$
- $\frac{12^2}{12^{-1}} = 12^{2-(-1)} = 12^3$

Exponente fraccionario

$$a^{m/n} = \sqrt[n]{a^m}$$

- $(a^2)^3 = a^{2 \cdot 3} = a^6$
- $4^{3/2} = \sqrt[2]{4^3}$

Ecuaciones de primer grado

A. Por sustitución:

$$2x + y = 5 \quad (1) \rightarrow y = 5 - 2x \quad (*)$$

$$3x - 2y = 4 \quad (2)$$

De (*) en (2):

$$3x - 2(5 - 2x) = 4 \rightarrow x = 2; y = 1$$

B. Por suma y resta:

$$x + y = 8 \quad \dots (1)$$

$$x - y = 2 \quad \dots (2)$$

Sumando miembro a miembro
(1) + (2):

$$2x = 10 \rightarrow x = 5; y = 3$$

Ecuaciones de segundo grado

A. Forma: $ax^2 + bx = 0$

$$4x^2 + 2x = 0 \rightarrow 2x(2x + 1) = 0$$

$$\rightarrow x_1 = 0$$

$$\rightarrow x_2 = -\frac{1}{2}$$

B. Forma: $ax^2 + c = 0$

$$\rightarrow x = \pm \frac{\sqrt{c^2 - 4ac}}{2a}$$

$$3x^2 - 12 = 0 \rightarrow 3(x^2 - 4) = 0$$

$$\rightarrow x_1 = 2$$

$$\rightarrow x_2 = -2$$

C. Forma: $ax^2 + bx + c = 0$

$$\rightarrow x = -b \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$(*) x^2 - 2x - 3 = 0$$

$$x = \frac{-(-2) \pm \sqrt{(-2)^2 - 4(1)(-3)}}{2(1)}$$

$$x = \frac{2 \pm 4}{2}$$

$$\rightarrow x_1 = 3$$

$$\rightarrow x_2 = -1$$

Aritmética elemental

Razones geométricas

1. $a : b = c : d$ se lee "a es a b como c es a d".
 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow a \cdot d = b \cdot c$
2. El producto de medios es igual al producto de extremos.
• $\frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$
• $\frac{a}{a+b} = \frac{c}{c+d}$

Proporciones

1. $a \propto b$ se lee: "La magnitud a es directamente proporcional a la magnitud b".
Se verifica que: $a = k \cdot b$
 $k =$ constante de proporcionalidad
2. $a \propto \frac{1}{c}$ se lee: "a es inversamente proporcional a c".
 $\rightarrow a \cdot c = k$ o
 $a \cdot c =$ constante

Porcentaje

$a\%$ se lee: "a por ciento"

$$a\% = \frac{a}{100}$$

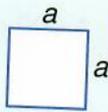
$$a\% \text{ de } b = \frac{a}{100} \cdot b$$

$$a\% \text{ de } b\% \text{ de } c = \frac{a}{100} \cdot \frac{b}{100} \cdot c$$

Geometría elemental

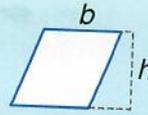
Área del cuadrado

$$A = a^2$$



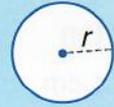
Área del paralelogramo

$$A = b \cdot h$$



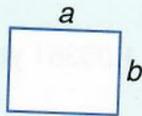
Área del círculo

$$A = \pi r^2$$



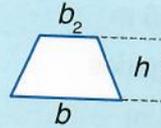
Área del rectángulo

$$A = a \cdot b$$



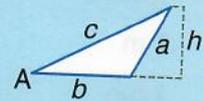
Área del trapecioide

$$A = \left(\frac{h}{2}\right) (b_1 + b_2)$$



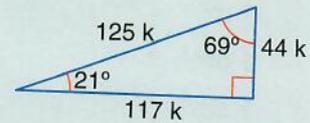
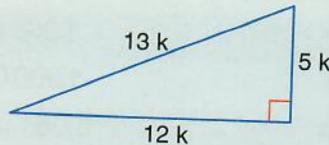
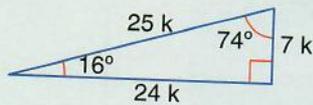
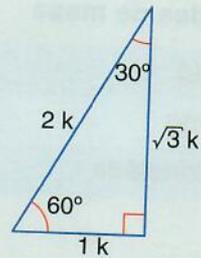
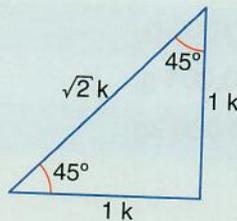
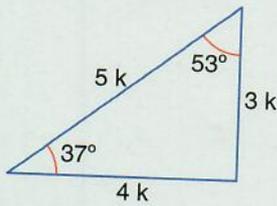
Área del triángulo

$$A = \left(\frac{1}{2}\right) b \cdot h$$



Trigonometría elemental

Triángulos rectángulos notables



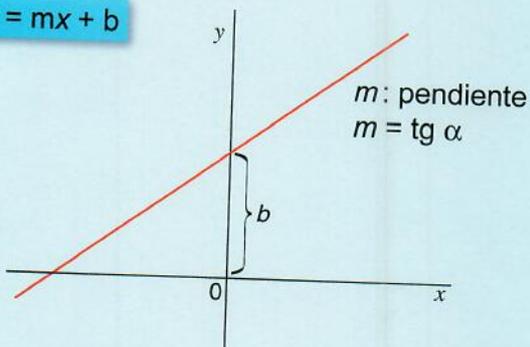
Relaciones trigonométricas

1. $\text{sen}^2 \alpha + \text{cos}^2 \alpha = 1$
2. $\text{sen } \alpha = \text{cos } (90^\circ - \alpha)$
3. $\text{tg } \alpha = \text{ctg } (90^\circ - \alpha)$
4. $\text{sen } \alpha = \text{sen } (180 - \alpha)$
5. $\text{cos } \alpha = -\text{cos } (180^\circ - \alpha)$
6. $\text{tg } \alpha = \frac{1}{\text{ctg } \alpha}$
7. $\text{sen } 2\alpha = 2 \text{sen } \alpha \cdot \text{cos } \alpha$

Geometría analítica elemental

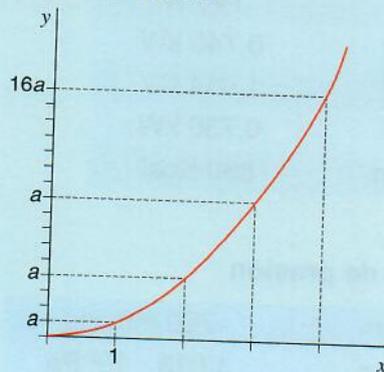
Ecuación de la recta

$$y = mx + b$$



Ecuación de la parábola

$$y = x^2$$



Anexo 5: Conversión de unidades

Unidades de longitud

1 m	10 dm	100 cm	1 000 mm
1 dm	10 cm	100 mm	
1 cm	10 mm	0,3937 pulgadas	
1 km	1000 m	0,6294 millas	0,5396 millas marinas
1 milla	11 609,35 m	11 760 yardas	
1 m	39,37 pulgadas	3,2808 pies	1,09361 yardas
1 pie	0,3048 m	12 pulgadas	
1 pulgada	2,54 cm		

Unidades de masa

1 kg	1000 g
1 mg	0,001 g
1 tonelada	1000 kg

Unidades de volumen

1 m ³	1000 dm ³	1 000 000 cm ³
1 dm ³	1000 cm ³	1 000 000 mm ³
1 cm ³	1000 mm ³	0,061 pulgadas ³
1 litro	1 dm ³	1 kg de agua pura a 40 °C

Unidades de energía

1 cal	4,184 J
1 kWh	3,6 · 10 ⁶ J

Unidades de potencia

1 HP	746 W
1 HP	0,746 kW
1 HP	1,014 CV
1 CV	0,736 kW
1 kWh	860 Kcal

Unidades de presión

1 atm	760 mm Hg
1 atm	1,013 · 10 ⁵ Pa

Bibliografía y sitios web

Alvarenga, B. (1998). *Física general con experimentos sencillos*. México D. F.: Oxford University Press.

Atlas Básico de Anatomía. (2000). Barcelona: Parramón Ediciones.

Castro, J. D. (1999). *Sistema Internacional de Unidades y Medidas*. Lima: Fondo Editorial del Congreso del Perú.

Cromer, A. H. (1996). *Física para las ciencias de la vida*. México D. F.: Reverte, S. A.

Hetch, E. (1999). *Física 2: Álgebra y Trigonometría*. México D. F.: Thomson internacional.

Hewitt, P. G. (2004). *Física conceptual*. México D. F.: Pearson Educación.

Langué, V. N. (2003). *Problemas experimentales ingeniosos de Física*. México D. F.: Mir.

Real Academia Española. (2010a). *Nueva gramática básica de la lengua española*. Manual. Madrid: Espasa.

Real Academia Española. (2010b). *Ortografía de la lengua española*. Madrid: Espasa.

Real Academia Española. (2011). *Nueva gramática básica de la lengua española*. Barcelona: Espasa.

Serway R. A. y Jewett, J. W. (2005). *Física para ciencias e ingeniería con Física moderna*. México D. F.: CENGAGE Learning.

Serway R. A.; Moses C. J. y Moyer C. A. (2005). *Física moderna* (vol. 2). México D. F.: Thomson internacional.

Tarasov, L. y Tarasova, A. (2004). *Preguntas y problemas de Física*. México D. F.: Mir.

Tippens, P. E. (1992). *Física 1 y 2*. México D. F.: Mc Graw Hill.

Tipler, P. A. (2001). *Física preuniversitaria*. Barcelona: Reverte.

Wilson, J. D. (1996). *Física*. México D. F.: Prentice Hall Hispanoamérica, S. A.

Academia Peruana de la Lengua. (s.f.). Recuperado de <http://www.academiaperuanadelalengua.org>

Biblioteca Nacional del Perú. (2010). Recuperado de <http://www.bnp.gob.pe>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (s.f.). Recuperado de <http://www.concytec.gob.pe/>

Educaplus. (s.f.). Recuperado de <http://www.educaplus.org>

EducaRed. (2009). Recuperado de <http://www.educared.org/global/educared>

Escuela de Física de la Pontificia Universidad Católica del Perú. (s.f.). Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/-fisica>

Física Recreativa. (2009). Recuperado de <http://www.fisicarecreativa.com>

Instituto Peruano de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). Recuperado de <http://www.ipen.gob.pe>

Olimpiadas Iberoamericanas de Física. Recuperado de <http://oc.uan.edu.co/oibf/oibf.htm>

Perú Educa, Portal Educativo Nacional. (2011). Recuperado de <http://www.perueduca.edu.pe>

Perú. Instituto Nacional de Becas y Crédito Educativo. (s.f.). Recuperado de <http://www.inabec.gob.pe/>

Perú. Instituto Peruano de Defensa Civil. (s.f.). Recuperado de <http://www.indeci.gob.pe>

Perú. Instituto Nacional de Defensa en la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (s.f.). Recuperado de <http://www.indecopi.gob.pe>

Perú. Ministerio del Ambiente (s.f.). Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/>

Perú. Ministerio de Energía y Minas (s.f.). Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/>

Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (s.f.). Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe>

EL ACUERDO NACIONAL

El 22 de julio de 2002, los representantes de las organizaciones políticas, religiosas, del Gobierno y de la sociedad civil firmaron el compromiso de trabajar, todos, para conseguir el bienestar y desarrollo del país. Este compromiso es el Acuerdo Nacional.

El acuerdo persigue cuatro objetivos fundamentales. Para alcanzarlos, todos los peruanos de buena voluntad tenemos, desde el lugar que ocupemos o el rol que desempeñemos, el deber y la responsabilidad de decidir, ejecutar, vigilar o defender los compromisos asumidos. Estos son tan importantes que serán respetados como políticas permanentes para el futuro.

Por esta razón, como niños, niñas, adolescentes o adultos, ya sea como estudiantes o trabajadores, debemos promover y fortalecer acciones que garanticen el cumplimiento de esos cuatro objetivos que son los siguientes:

1. Democracia y Estado de Derecho

La justicia, la paz y el desarrollo que necesitamos los peruanos sólo se pueden dar si conseguimos una verdadera democracia. El compromiso del Acuerdo Nacional es garantizar una sociedad en la que los derechos son respetados y los ciudadanos viven seguros y expresan con libertad sus opiniones a partir del diálogo abierto y enriquecedor; decidiendo lo mejor para el país.

2. Equidad y Justicia Social

Para poder construir nuestra democracia, es necesario que cada una de las personas que conformamos esta socie-

dad, nos sintamos parte de ella. Con este fin, el Acuerdo promoverá el acceso a las oportunidades económicas, sociales, culturales y políticas. Todos los peruanos tenemos derecho a un empleo digno, a una educación de calidad, a una salud integral, a un lugar para vivir. Así, alcanzaremos el desarrollo pleno.

3. Competitividad del País

Para afianzar la economía, el Acuerdo se compromete a fomentar el espíritu de competitividad en las empresas, es decir, mejorar la calidad de los productos y servicios, asegurar el acceso a la formalización de las pequeñas empresas y sumar esfuerzos para fomentar la colocación de nuestros productos en los mercados internacionales.

4. Estado Eficiente, Transparente y Descentralizado

Es de vital importancia que el Estado cumpla con sus obligaciones de manera eficiente y transparente para ponerse al servicio de todos los peruanos. El Acuerdo se compromete a modernizar la administración pública, desarrollar instrumentos que eliminen la corrupción o el uso indebido del poder. Asimismo, descentralizar el poder y la economía para asegurar que el Estado sirva a todos los peruanos sin excepción.

Mediante el Acuerdo Nacional nos comprometemos a desarrollar maneras de controlar el cumplimiento de estas políticas de Estado, a brindar apoyo y difundir constantemente sus acciones a la sociedad en general.