

Dirección y coordinación general:

Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el profesorado del Ministerio de Educación, Política Social y Deporte.

Coordinación:

Joaquín Recio Miñarro.

Diseño:

M^a José García Cebrián.

Joaquín Recio Miñarro.

Autores:

Jesús M. Muñoz Calle.

Luís Ramírez Vicente.

Joaquín Recio Miñarro.

José Luís San Emeterio Peña.

Inmaculada Sevilla Pascual.

José Villasuso Gato.

Índice

1. El movimiento rectilíneo	pág. 1
2. El movimiento circular	pág. 25
3. Las fuerzas	pág 45
4. Fuerzas y presiones en fluidos	pág. 69
5. Astronomía y Gravitación Universal	pág. 91
6. Trabajo y energía	pág. 121
7. Calor y energía	pág. 145
8. Las ondas	pág. 179
9. El átomo y enlaces químicos	pág. 211
10. Transformaciones químicas	pág. 245
11. La química del carbono	pág. 281
12. Compuestos del carbono	pág. 319

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Valorar la observación como una acción básica para el conocimiento científico.
- Reconocer el papel que desempeñó el estudio de los movimientos en el desarrollo del método científico.
- Identificar las magnitudes físicas que permiten interpretar los movimientos con rigor y sin ambigüedad.
- Describir movimientos cotidianos tanto naturales como propulsados.
- Utilizar los gráficos como estrategia para la resolución de problemas.
- Adquirir estrategias que permitan resolver cuestiones físicas relacionadas con los movimientos.
- Resolver problemas sobre movimientos rectilíneos.

Antes de empezar

1. Observa, algo se mueve.
Sistema de referencia, SR
Trayectoria
Posición
Desplazamiento
Velocidad
2. Cambiando la velocidad
La aceleración
Variación uniforme de la velocidad
3. El movimiento rectilíneo (MR)
MR uniforme
MR uniformemente acelerado
MR en gráficos
La caída libre

Ejercicios para practicar

Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor



El movimiento

Si hay un ejemplo de fenómeno físico que ha merecido la atención del ser humano desde la antigüedad hasta nuestros días, es el del movimiento. La forma de orientarse más antigua conocida es a través de la posición que van adoptando las estrellas en la cúpula celeste a lo largo del año y de la zona donde se observa. La trayectoria de las partículas fundamentales en reacciones nucleares es un tema de gran actualidad, permite retrotraernos a los orígenes del universo.

Las situaciones que se abordan en este tema representan una pequeña parte de la realidad y en muchos casos simplificada, Galileo así lo entendió y con ello ofreció un modo de actuar asumido por la Ciencia como forma de trabajo en el quehacer científico, el método científico. Su aplicación permitió a Isaac Newton deducir las Leyes de la Dinámica y la Ley de Gravitación Universal que gobiernan la mayoría de los movimientos cotidianos y celestes respectivamente. Más tarde, estos conocimientos inspiraron a los químicos en las teorías atómicas las cuales ofrecen una explicación de la estructura íntima de la materia. Todo ello será abordado a lo largo del curso, pero, volvamos al principio y tratemos de describir los ... **movimiento rectilíneos**.

El movimiento rectilíneo

1. Observa, algo se mueve

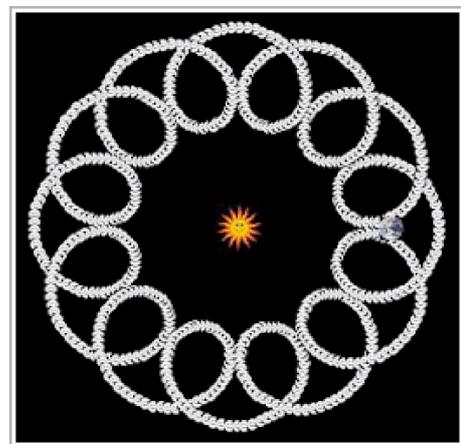
Sistema de referencia SR

El movimiento forma parte de los fenómenos físicos que más directamente se perciben, sin embargo, su descripción detallada ha traído de cabeza a más de un científico a lo largo de la historia, ¿a qué ha podido ser debido?

La apariencia de un movimiento depende del lugar de observación, en concreto de su estado de movimiento. El descenso de una hoja que cae de un árbol es distinto visto por una persona situada debajo que el de otra que lo observa desde un autobús en marcha. Esto plantea la necesidad de elegir un *sistema de referencia relativo* al cual se refiera la observación.

Sistema de referencia (SR) es el lugar desde donde se miden las posiciones que atraviesa un móvil a lo largo del tiempo.

La Luna describe un círculo si se observa su movimiento desde la Tierra. Si trasladamos el sistema de referencia al Sol, ese mismo movimiento se convierte en un epicicloide.



Trayectoria

¿Cómo describirías el movimiento de la Luna? ¿Qué pensaban los hombres y mujeres acerca del movimiento del sol antes del s. XVI? ¿Es vertical y hacia abajo el movimiento de un objeto al caer? La referencia más inmediata de un movimiento es la forma del camino que describe, pero hay que precisar un poco más para acercarse al concepto que ahora se presenta: la trayectoria.

El resultado de observar un movimiento está ligado a un SR, como hemos visto en el anterior apartado. El que se mueva o no el SR repercute en la forma de percibir el movimiento estudiado.

Trayectoria es el camino que describe un objeto al desplazarse **respecto de un sistema de referencia**

Observa la trayectoria que describe el avión, coincide con el rastro creado por la condensación de los gases que expulsa el motor.



El movimiento rectilíneo

Posición: Representación vectorial

La descripción de un movimiento requiere conocer el lugar donde se encuentra (**posición**) y cuándo (**instante**).

Instante

Se representa por la letra t , acompañado de algún subíndice si es necesario, para indicar el lugar que ocupa este dato respecto de un conjunto de medidas. La unidad fundamental en el Sistema Internacional es el segundo (s).

El tiempo transcurrido entre dos instantes se simboliza con las letras Δt . Pongamos un ejemplo:



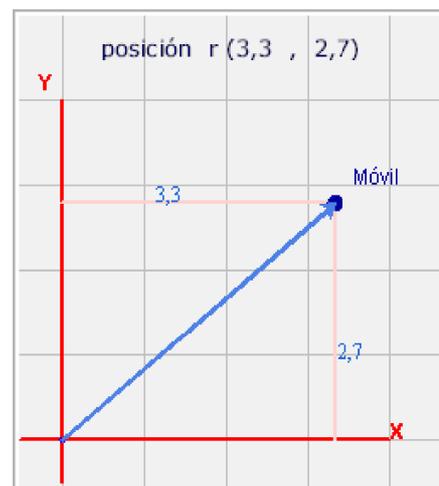
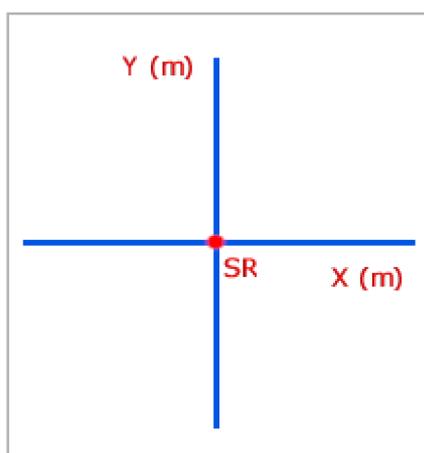
Obtenemos el conjunto de datos siguientes por la lectura directa de un cronómetro: 0s ; 0,5 s ; 1 s ; 1,5 s.

Situación	Símbolo	Tiempo transcurrido
Inicial	$t_0 = 0 \text{ s}$	
1	$t_1 = 0,5 \text{ s}$	$\Delta t = t_1 - t_0 = 0,5 \text{ s}$
2	$t_2 = 1,0 \text{ s}$	$\Delta t = t_2 - t_1 = 0,5 \text{ s}$
3	$t_3 = 1,5 \text{ s}$	$\Delta t = t_3 - t_2 = 0,5 \text{ s}$

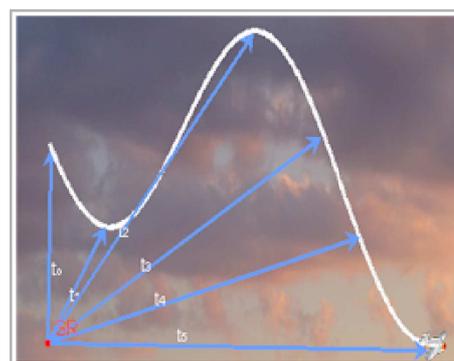
Posición

La representación en un plano se realiza sobre unos ejes coordenados XY. El observador se sitúa en el origen del Sistema de referencia (SR).

Mediante un aparato de medida adecuado o a través de relaciones matemáticas se determina el valor de cada posición (X,Y). El valor X corresponde a la abscisa, eje horizontal, y el valor Y a la ordenada, eje vertical.



En esta imagen la posición para cada instante t , se corresponde con el vector, representado por una flecha.



El gráfico flecha permite representar cualquier magnitud física que requiera más información que un número seguido de una unidad. Se expresa con dos *componentes* x e y , colocadas entre paréntesis y con una coma de separación entre ambas. Gráficamente se tratan como las coordenadas de un punto (que en el caso de la posición lo son).

La **posición** de un móvil se dibuja en el plano a través de un vector (x,y) que representa las coordenadas cartesianas de un punto.

El movimiento rectilíneo

La representación vectorial de una magnitud física contiene tres datos: el módulo, la dirección y el sentido. Para el caso de la posición, ¿qué son y cómo se averiguan?

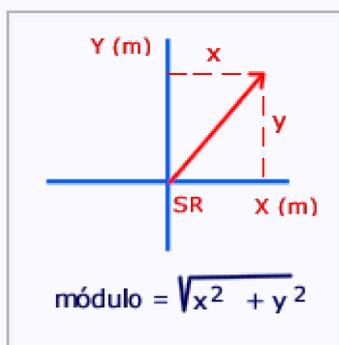
La posición tiene que informar de la situación de un móvil respecto de un observador situado en el SR.

Esta información se concreta con la distancia al SR y con las coordenadas del punto donde se encuentra. El módulo, la dirección y el sentido del vector posición dan cuenta de ello, veamos cómo:

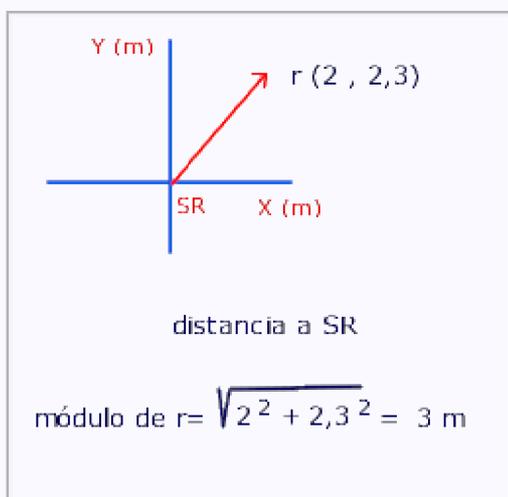
MÓDULO

Gráficamente se corresponde con el tamaño del vector ("flecha"). Para el caso de la posición informa de la distancia del móvil al origen del sistema de referencia. ¿Cómo se calcula esta distancia?

El tamaño del vector coincide con el valor de la hipotenusa de un triángulo cuyos lados se corresponden con las componentes (X,Y) del vector.



El módulo del vector posición determina la distancia del objeto que se mueve al origen del sistema de referencia.

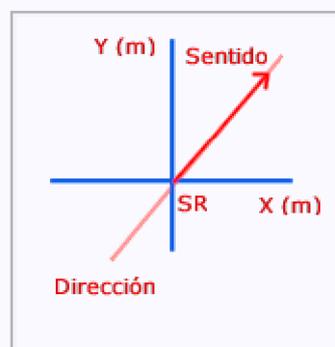


DIRECCIÓN Y SENTIDO

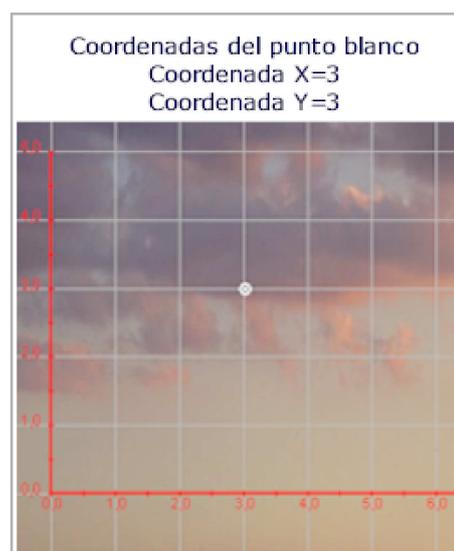
La **dirección** es la recta que contiene al vector ("flecha").

El **sentido** es el marcado por la punta de la flecha.

El **punto de aplicación** (origen) es el (0,0) del SR y el extremo el lugar donde está el móvil.



Observa el ejemplo



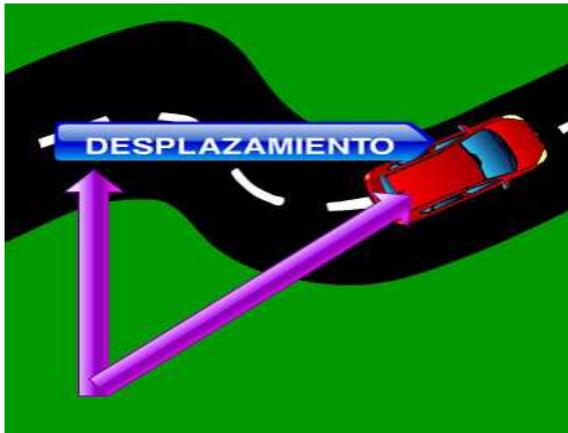
Pero un móvil cambia de posición, ¿Qué magnitud física da cuenta de ello?

El movimiento rectilíneo

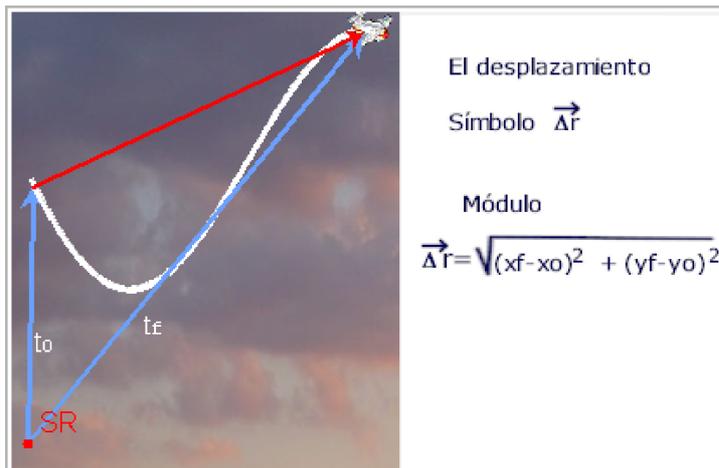
Desplazamiento

La palabra desplazarse tiene un uso cotidiano, pero, como es frecuente, el lenguaje científico la ha adoptado precisando su significado.

Un móvil se desplaza, evidentemente cuando se mueve, pero ¿se corresponde con algún valor concreto? ¿Es lo mismo espacio recorrido que desplazamiento?...



El **desplazamiento** entre dos instantes, t_0 y t , se corresponde con un vector que se extiende desde la posición en t_0 hasta la posición en t .



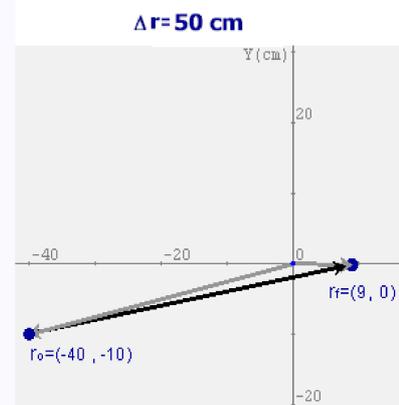
Observa en la imagen superior el desplazamiento simbolizado por el vector rojo que parte de la posición en el instante inicial t_0 y termina en la posición correspondiente al instante final t_f .

Imagina una bola de billar describiendo un movimiento rectilíneo entre dos choques consecutivos (dos instantes). ¿Cómo se representa el desplazamiento?. A partir de él, ¿se podría determinar

el espacio que recorrió?. Te proponemos que realices un planteamiento concreto de esta situación.

Toma papel y lápiz y representa una bola de billar que inicialmente se encuentra en la posición $(-40, -10)$, y tras un impulso choca contra otra bola en la posición $(9, 0)$. Dibuja: la trayectoria, la posición inicial y la final y el desplazamiento. Determina el módulo del desplazamiento. ¿Qué espacio ha recorrido?

El resultado para una velocidad horizontal $v_x = 10$ m/s y una velocidad vertical $v_y = 2$ m/s es de 50 cm



Si la trayectoria entre dos instantes es rectilínea, el **desplazamiento** (su módulo) equivale al espacio recorrido. Su unidad fundamental de medida en el SI es el metro (m).

El movimiento rectilíneo

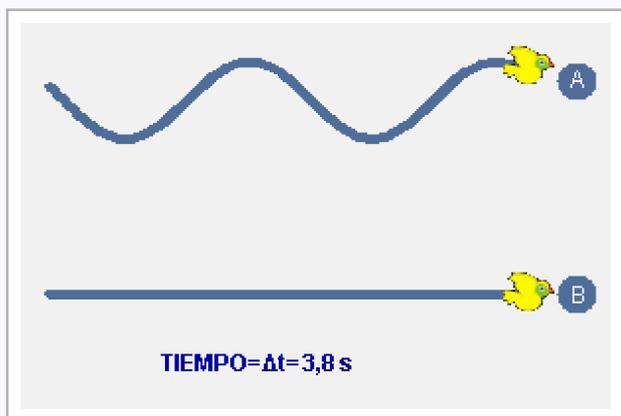
Velocidad

La velocidad de un objeto a menudo se confunde con la rapidez. La velocidad físicamente es un vector y por tanto tiene un módulo (la rapidez), una dirección y un sentido.

Módulo: Es la rapidez aunque en la mayoría de contextos se identifica como la velocidad.

La rapidez con que se desplaza un móvil es la relación (cociente) entre el espacio que se recorre y el tiempo que tarda en recorrerlo. Su unidad fundamental en el Sistema Internacional es el metro por segundo (m/s).

En esta imagen los dos pájaros recorren en $\Delta t = 3,8$ s distinto espacio. En A se ha desplazado más deprisa que el B por que ha recorrido más espacio en el mismo tiempo.

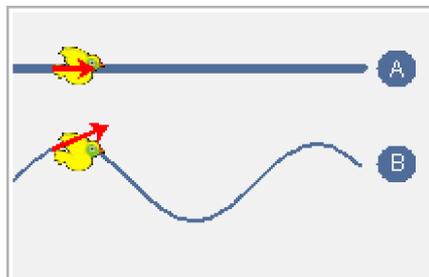


Durante un movimiento pueden producirse cambios en la rapidez, en estos casos el cálculo obtenido es una velocidad media de todo el recorrido.

La rapidez es un aspecto de la velocidad. Dos móviles pueden llevar la misma rapidez pero dirigirse a sitios diferentes. Nuevamente el carácter vectorial de esta magnitud permite reflejar estos aspectos. ¿Cómo se representan?

El vector velocidad se dibuja **sobre el móvil** con un tamaño proporcional a su módulo.

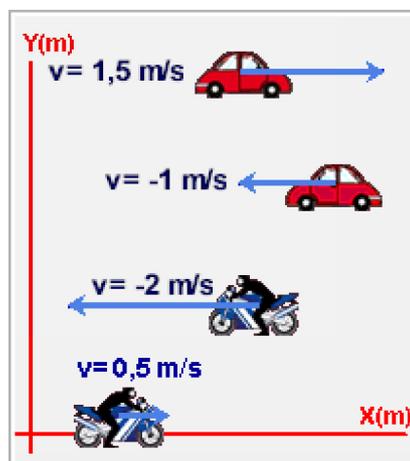
La dirección es la de la recta **tangente a la trayectoria** y el sentido el del movimiento.



Para mostrar toda esta información se requiere de la notación vectorial. A pesar de que el módulo de un vector es una cantidad positiva, resulta útil para los cálculos en los movimientos rectilíneos usar un signo algebraico que indica el sentido del movimiento. Esta notación será utilizada frecuentemente en este curso y se resume en:

$v > 0$, El móvil se dirige hacia el sentido positivo del eje de coordenadas.

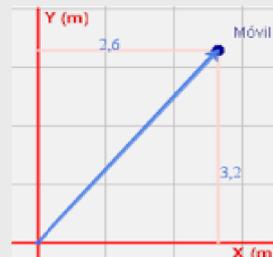
$v < 0$, El móvil se dirige hacia el sentido negativo del eje de coordenadas.



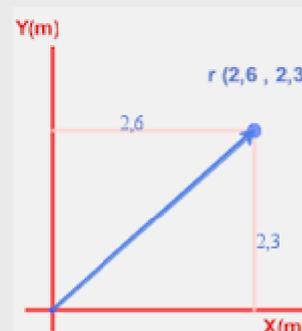
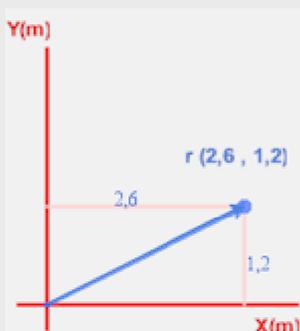
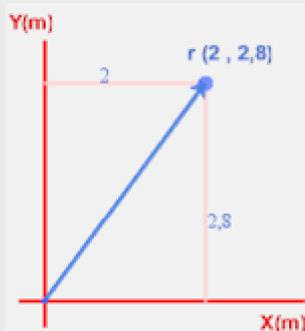
EJERCICIOS RESUELTOS

1. Representa la posición (2,6 , 3,2).

Solución: Se representan unos ejes cartesianos. El primer valor del paréntesis es la coordenada X y el segundo la coordenada Y



2. Determina la distancia del móvil en las posiciones A, B y C respecto al origen del sistema de referencia (los ejes cartesianos tienen escalas distintas en cada imagen):



Solución: El módulo de la posición es el tamaño del vector que lo representa. $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

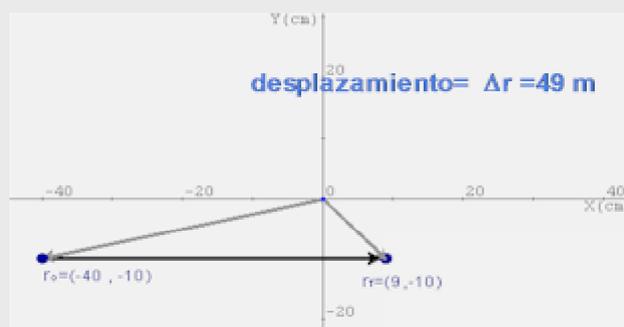
A $r = \sqrt{2^2 + 2,8^2} \approx 3,4 \text{ m}$ B $r = \sqrt{2,6^2 + 1,2^2} \approx 2,9 \text{ m}$ C $r = \sqrt{2,6^2 + 2,3^2} \approx 3,4 \text{ m}$

3. Transforma a m/s las velocidades: 43,2 Km/h; 120 Km/h; 1200 cm/min

Solución: 12 m/s; 33,3 m/s; 0,2 m/s

4. Determina el desplazamiento realizado por un móvil que desde la posición (-40,-10) se dirige hacia la posición (9,-10)

Solución:



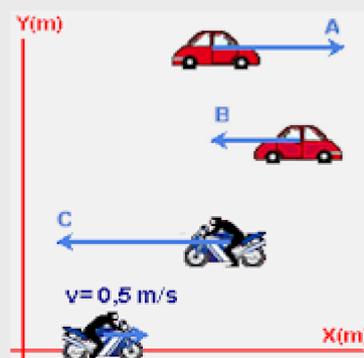
5. Indica la velocidad de cada móvil teniendo en cuenta el convenio de signos estudiado.

Solución:

Coche A $v = 1,5 \text{ m/s}$

Coche B $v = -1 \text{ m/s}$

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



El movimiento rectilíneo

2. Cambiando la velocidad

La aceleración

¿Qué tiene que ocurrir para poner en movimiento un objeto?, ¿y para detenerlo?, ¿por qué la Luna completa sus fases en el tiempo previsto y sin embargo hay dudas sobre si un penalti terminará en gol? ...

El valor de la velocidad de un móvil se modifica por la acción de la aceleración, la cual depende de las interacciones que otros cuerpos ejerzan sobre él.

La velocidad, por su carácter de vector, tiene módulo (rapidez), dirección y sentido. La aceleración también es un vector y según qué aspecto de la velocidad modifica recibe un nombre distinto.

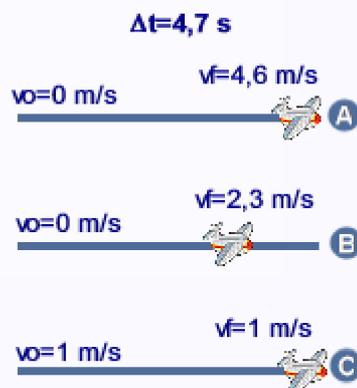
Aceleración tangencial, modifica la rapidez del movimiento. (módulo de la velocidad).

Aceleración normal, modifica la dirección del movimiento (dirección de la velocidad).



Este tema trata de los movimientos de trayectoria rectilínea y por tanto la dirección es constante a lo largo del tiempo. El único tipo de aceleración que puede actuar es la tangencial, por ello, en adelante, se usará frecuentemente el término aceleración para referirse a ella.

En el siguiente ejemplo se trata de distinguir entre los movimientos con aceleración de los que no la tienen.



De la imagen se desprenden tres situaciones.

A: el avión parte del reposo y adquiere una velocidad de 4,6 m/s, en 4,7 s.

B: El avión parte del reposo y adquiere una velocidad de 2,3 m/s en 4,7 s.

C: El avión mantiene la velocidad de 1 m/s en todo momento.

En las situaciones A y B el avión ha cambiado la rapidez (módulo de la velocidad) y por tanto tiene aceleración. En la situación C no ha variado la velocidad por lo que no ha acelerado.

El más rápido en incrementar la velocidad es el A. Esto se traduce en que ha experimentado una mayor aceleración que el B.

El movimiento rectilíneo

Las características del vector aceleración tangencial son:

- ✓ **Módulo:** es la variación de velocidad que experimenta un móvil en una unidad de tiempo. En el Sistema Internacional la unidad fundamental es el m/s^2

La relación matemática que responde a la definición de aceleración, para un intervalo de tiempo donde es constante o bien se trata de determinar una aceleración media es:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o}$$

- ✓ **Dirección:** la misma que la velocidad, tangente a la trayectoria.
- ✓ **Sentido:** El criterio de signos es el mismo que el aplicado a la velocidad.

Situación	Signo del módulo	Situación	Signo del módulo
Aceleración en el sentido positivo de los ejes	Positivo, $a > 0$	Aceleración en el sentido negativo de los ejes	Negativo, $a < 0$

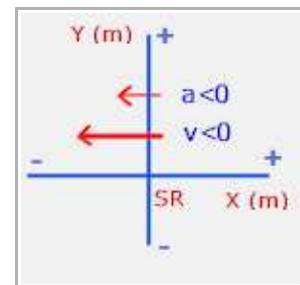
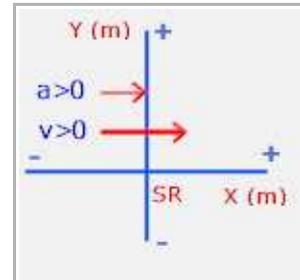
Variación uniforme de la velocidad

En la mayor parte de los movimientos cotidianos, la aceleración no es una magnitud constante, es decir, los cambios de velocidad no se realizan con igual rapidez. Este tema se centra en movimientos con aceleración constante. Una manera de detectar el comportamiento de la aceleración es analizar las gráficas velocidad/instante.

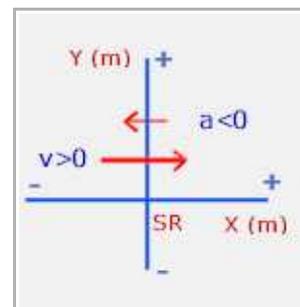
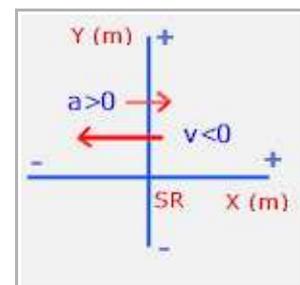
Si la **aceleración tangencial** es constante a lo largo de todo un recorrido la gráfica que refleja los valores de la velocidad a cada instante es una **línea recta**.

Para saber más sobre la aceleración visita la web, [newton.cnice.mec.es/1bach/movimiento\(II\)/12mov2.htm?0&1](http://newton.cnice.mec.es/1bach/movimiento(II)/12mov2.htm?0&1)

- Si la aceleración tiene el mismo sentido que la velocidad produce un incremento de la rapidez



- Si la aceleración tiene sentido contrario a la velocidad se produce una desaceleración o frenado.



El movimiento rectilíneo

EJERCICIOS RESUELTOS

6. Determina la aceleración de cada avión sobre la pista de despegue, a partir de los datos de la imagen.

Solución: Relación matemática $a = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o}$

A $a = \frac{-3,4 - 0}{6,8} = -0,5 \text{ m/s}^2$

B $a = \frac{3,4 - 0}{6,8} = 0,5 \text{ m/s}^2$

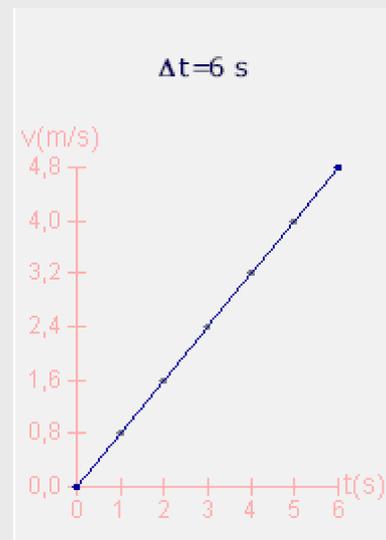
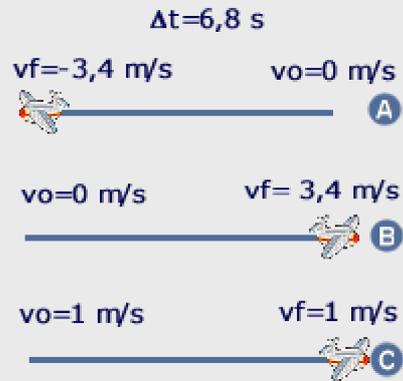
C $a = 0 \text{ m/s}^2$

Tanto en la situación A como en la B incrementa la velocidad.

7. A partir de la gráfica velocidad frente a instante, realiza una tabla con los datos de velocidad para los instantes marcados con un punto, y determina la aceleración en cada intervalo de tiempo

Solución:

Instante (s)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s ²)
$t_0 = 0$	$v_0 = 0$	
$t_1 = 1$	$v_1 = 0,8$	$a_{01} = 0,8$
$t_2 = 2$	$v_2 = 1,6$	$a_{12} = 0,8$
$t_3 = 3$	$v_3 = 2,4$	$a_{23} = 0,8$
$t_4 = 4$	$v_4 = 3,2$	$a_{34} = 0,8$
$t_5 = 5$	$v_5 = 4,0$	$a_{45} = 0,8$
$t_6 = 6$	$v_6 = 4,8$	$a_{56} = 0,8$



3. El movimiento rectilíneo MR

Movimiento rectilíneo uniforme, MRU

En la práctica científica se tiende a considerar situaciones simplificadas de los fenómenos, para, una vez comprendidas, introducir variables que las aproximen más a la realidad. En esta línea, el movimiento de un objeto está condicionado por su interacción (rozamiento, acción de un motor, gravedad, fuerzas eléctricas ...) con el resto de objetos del Universo, los cuales, con más o menos intensidad le comunican una aceleración que perturba su camino. Pero, ¿cómo sería el movimiento de un objeto completamente aislado, o simplemente se anularan todas las interacciones que actúan sobre él?...

Si un objeto en movimiento no tiene aceleración, describe una trayectoria **rectilínea** (no hay aceleración normal que cambie la dirección de la velocidad) y la **rapidez** es **constante** (no hay aceleración tangencial que modifique el módulo de la velocidad).

Este tipo de movimiento se conoce como Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU). En la imagen el objeto no interacciona con otros objetos. Su movimiento no puede ser otro que un MRU.



Características del MRU

- ✓ Trayectoria rectilínea.
- ✓ Velocidad constante (módulo, dirección y sentido).
- ✓ El espacio recorrido es igual al desplazamiento.
- ✓ Relación matemática principal.

$$X = X_0 + v \Delta t$$

ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MRU

La relación matemática principal, a partir de la cual se deduce el resto, es la que determina la velocidad de un objeto a partir del espacio que recorre, ΔX , durante el intervalo de tiempo, Δt .

X_0 es la posición inicial; t_0 es el instante que marca el cronómetro al comienzo (normalmente es cero).

$$v = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

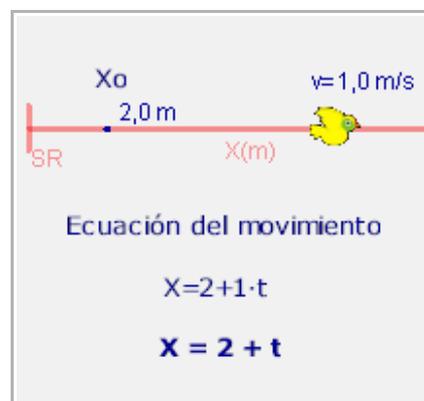
Se desarrollan los incrementos,

$$v = \frac{X - X_0}{t - t_0}$$

Se despeja la posición X ,

$$X = X_0 + v \Delta t$$

La ecuación del movimiento permite conocer la posición X para cualquier instante t .



El movimiento rectilíneo

MR uniformemente acelerado, MRUA

En los movimientos ordinarios, la velocidad no suele ser una magnitud constante, la aceleración está presente bien por causas naturales (p. e. la gravedad) o por otras interacciones (rozamiento, fuerza producido por un motor, fuerzas eléctricas. Por la presencia de estas interacciones los objetos dejan de moverse en línea recta y resultan trayectorias, en general, curvilíneas.

En este apartado se tratarán aquellos movimientos, que poseen exclusivamente aceleración tangencial. Reciben el nombre de MRUA (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado).

Ecuación del movimiento en MRUA

La ecuación de movimiento es mrua se determina a partir de la expresión matemática,

$$X = X_0 + v_0 (t - t_0) + \frac{1}{2} a (t - t_0)^2$$

El significado de cada término es el que sigue,

Símbolo	Significado
X	Posición correspondiente al instante t
X ₀	Posición en el instante t ₀
V ₀	Velocidad en el instante t ₀
a	Aceleración

Otros símbolos empleados:

Δt , tiempo transcurrido entre dos instantes, equivale a $(t - t_0)$.

ΔX , desplazamiento entre dos instantes, equivale a $(X - X_0)$.

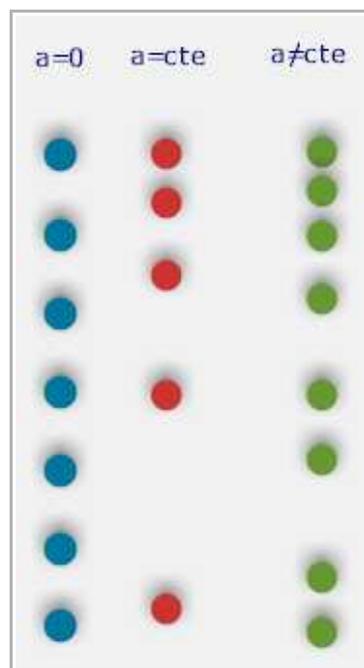
Aplicando parte de esta notación, la ecuación del movimiento toma la forma:

$$X = X_0 + v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

Para profundizar más es el origen de esta relación matemática se recomienda visitar la dirección web:

[newton.cnice.mec.es/1bach/movimiento\(II\)/22mov2.htm?1&1](http://newton.cnice.mec.es/1bach/movimiento(II)/22mov2.htm?1&1)

Si un objeto tiene únicamente aceleración tangencial, describe una trayectoria **rectilínea** y, si además es constante, la **rapidez** (módulo de la velocidad) variará de forma uniforme.



Esta imagen representa el movimiento de tres bolas fotografiadas a intervalos de tiempo iguales. Intenta justificar por qué el azul no posee aceleración, para el rojo es constante y para el verde la aceleración no es constante.

El movimiento rectilíneo

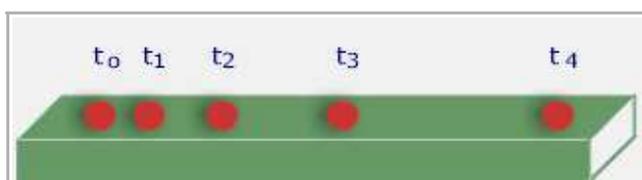
El movimiento rectilíneo en gráficos

Gran parte del conocimiento científico se base en el análisis de datos. Las gráficas permiten visualizar relaciones o tendencias entre magnitudes, facilitando el trabajo del científico para sacar conclusiones, extrapolar resultados ... etc.

El estudio de cualquier movimiento parte de la observación de éste, tomando los datos de tiempo y posición, con toda la precisión que se pueda. Y después, ¿cómo han de presentarse los resultados?. El uso de tablas ayuda a ordenar los datos, y las gráficas a encontrar relaciones y tendencias entre las magnitudes analizadas. Veamos un ejemplo.

Tratamiento de los datos y su representación en gráficos

De la observación de un movimiento se obtienen los siguientes datos: 0 s, 3m, 2 s, 9 m, 4 s, 27 m, 6 s, 71 m, 8 s, 99 m.



La preparación de los datos consiste en:

- ✓ Expresar los datos con una unidad de medida adecuada (normalmente la del Sistema Internacional de Unidades)
- ✓ Simbolizar con la mayor precisión posible cada magnitud física.
- ✓ Observar el rango de valores que se van a manejar.
- ✓ Encabezar cada columna con un símbolo de la magnitud física seguida de la unidad.

Instante (s)	Posición(m)
$t_0 = 0$	$X_0 = 3$
$t_1 = 2$	$X_1 = 9$
$t_2 = 4$	$X_2 = 27$
$t_3 = 6$	$X_3 = 71$
$t_3 = 8$	$X_4 = 99$

Una vez se tienen los datos tabulados se trata de analizarlos. Las gráficas permiten encontrar relaciones y tendencias de forma rápida, por simple inspección. Un gráfico está representado por:

- Los ejes cartesianos. En el eje de las X se representan los instantes, y en el eje Y la posición.
- El origen de referencias se sitúa en el origen (0,0).
- En el extremo de cada eje se indica la magnitud representada seguida de la unidad entre paréntesis.
- Si el movimiento es horizontal la posición se expresa con X; si es vertical con Y o h.

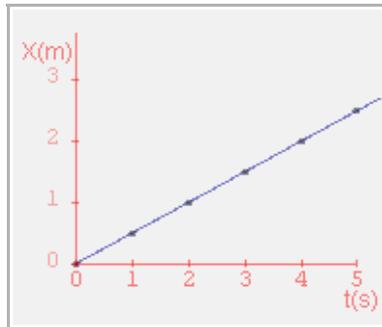
Cada tipo de movimiento tiene unas gráficas características que permite una clasificación visual del movimiento. Por ejemplo, las magnitudes que tengan un relación de proporcionalidad tendrán como representación gráfica una recta, cuya pendiente es la constante de proporcionalidad.

El movimiento rectilíneo

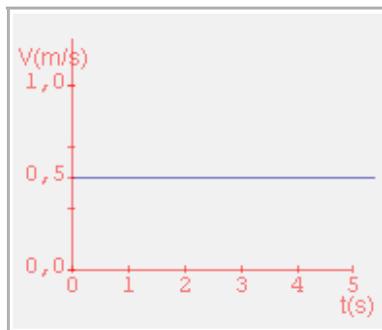
Las representaciones gráficas más utilizadas entre magnitudes relacionadas con el movimiento son:

MRU

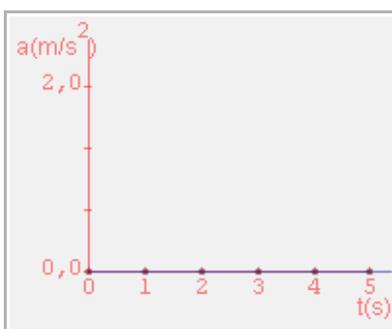
Gráfica posición-instante



Gráfica velocidad-instante



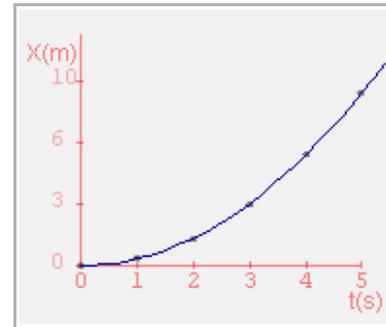
Gráfica aceleración-instante



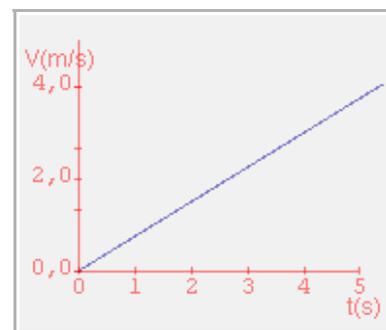
Observa:

- ✓ La distancia al observador (X o bien posición) es proporcional al tiempo transcurrido;
- ✓ La velocidad es una línea recta sin pendiente, es decir permanece constante en todo instante.
- ✓ La aceleración es una línea recta sobre el eje X , no hay aceleración.

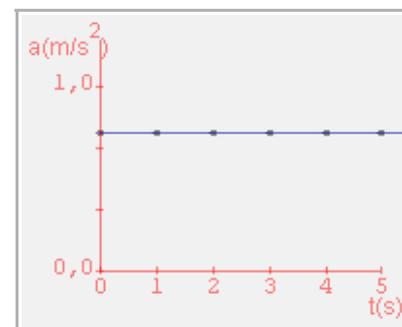
Gráfica posición-instante



Gráfica velocidad-instante



Gráfica aceleración - instante



Observa:

- ✓ La distancia al observador (X o bien posición) es una parábola.
- ✓ La velocidad es una línea recta con pendiente. La velocidad y el tiempo transcurrido son directamente proporcionales.
- ✓ La aceleración es una línea recta sin pendiente. Es constante.

MRUA

El movimiento rectilíneo

Si un movimiento transcurre en varias etapas, éstas pueden reflejarse en el gráfico posición-tiempo



En la primera etapa el móvil se aleja del sistema de referencia 1,7 km en 2 min, retrocede 0,6 km durante 5 min y se para 2 min para regresar al punto de partida en 1 min. En cada tramo la velocidad es constante y se puede determinar con los datos reflejados en la gráfica.

La caída libre

Es el movimiento natural más usual: dejas una pelota en el aire y adquiere "por sí sola" una velocidad que la lleva a precipitarse contra el suelo. A estas alturas de la unidad, se puede deducir con facilidad que al experimentarse un cambio de velocidad necesariamente es por la presencia de una aceleración.

Observa la secuencia de fotogramas de un objeto que se ha dejado caer, ¿encaja en algún tipo de los movimientos estudiados? Efectivamente, el objeto está acelerado uniformemente. Se corresponde con un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. La interacción entre la Tierra y el objeto provoca una aceleración, llamada **aceleración de la gravedad**, o simplemente gravedad, que para alturas no muy grandes se puede considerar constante e igual a $-9,8 \text{ m/s}^2$. Su dirección es perpendicular a la superficie terrestre y el sentido hacia el centro de la Tierra. En un



tema posterior profundizaremos más sobre ello.

¿Es el movimiento de ascenso igual de natural?



Efectivamente, la aceleración que actúa es la de la gravedad. Inicialmente se comunica una velocidad inicial v_0 que irá disminuyendo por la acción de la gravedad, hasta que $v=0 \text{ m/s}$ e inicia el descenso, aumentado y tomando el valor inicial en el mismo punto desde que fue lanzado.

En este tipo de movimientos, independientemente de si es ascenso o caída el sistema de referencia se sitúa en el suelo. Esta observación es relevante para determinar las condiciones iniciales y finales del movimiento.

El movimiento rectilíneo

En el siguiente cuadro se resumen las características del movimiento de ascenso y descenso.

Situación	Características
Inicio Ascenso	$g = -9,8 \text{ m/s}^2$ $v_0 > 0 \text{ m/s}$ $y_0 = 0 \text{ m}$ $t_0 = 0 \text{ s}$
Altura máxima	$g = -9,8 \text{ m/s}^2$ $v = 0 \text{ m/s}$ y_{max} t_{max}
Regreso	$g = -9,8 \text{ m/s}^2$ $v < 0 \text{ m/s}$ $y = 0 \text{ m}$ $t = 2t_{\text{max}}$

El cálculo aproximado de la distancia de frenada, se realiza a partir de las ecuaciones del MRUA,

$$X = X_0 + v_0 \cdot (t - t_0) + 1/2 \cdot a \cdot (t - t_0)^2$$

y

$$a = (v - v_0) / (t - t_0)$$

se sustituye la aceleración estimada en la frenada,

$$-6,2 = (0 - v_0) / t$$

$$X = v_0 \cdot t - 6,2 / 2 \cdot t^2$$

de ambas ecuaciones se desprende:

$$X_{\text{frenada}} = v_0^2 / (2 \cdot 6,2)$$

En la siguiente imagen se observa la dependencia entre la velocidad de conducción y la distancia mínima para detenerse ante la reacción frente a un peligro.

Conducción responsable

La velocidad de circulación de un vehículo o ciclomotor es uno de los factores que más influyen como causa de accidentes. Cuando se circula y se detecta un peligro la reacción más inmediata es frenar, ¿cómo influye la velocidad de circulación en el tiempo necesario para detener el vehículo a tiempo? ...

Tiempo de reacción

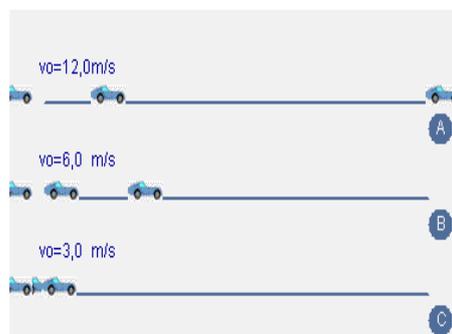
El tiempo estimado de reacción del ser humano ante un peligro es de aproximadamente 3/4 de segundo. Durante ese intervalo de tiempo un vehículo recorre a una velocidad v , $v \cdot 0,75 \text{ m}$.

Cuanto mayor sea la velocidad con la que circula mayor espacio recorrerá antes de pisar el freno

Distancia de frenado

La distancia de frenado es el espacio que recorre un vehículo hasta detenerse, desde que pisa el freno.

La aceleración de frenado es de aproximadamente $-6,2 \text{ m/s}^2$. Esta aceleración puede ser menor según las condiciones meteorológicas o el estado de la calzada, no variando muchos de unos modelos de vehículos a otros.



EJERCICIOS RESUELTOS

8. Un pájaro realiza el vuelo descrito en esta imagen. Determina la ecuación de su movimiento. Un segundo pájaro situado a 10 m de él, espera 5 s desde que se inició el movimiento para alzar el vuelo. ¿chocarán ambos? Solución:



$$X = X_o + v(t - t_o) \quad ; \quad \text{Ecuación del movimiento} \quad x = 2 + t$$

Al los 5 s el segundo pájaro alza el vuelo. El primer pájaro se encuentra en

$X = 2 + 5 = 7 \text{ m}$ por tanto como no ha llegado a los 10 m no se encontrará con el segundo pájaro.

9. Un bólido azul entra en el tramo recto de 14 km de un circuito autorizado de carreras, con una velocidad de 120 km/h manteniéndola constante todo el recorrido. A los 4 min de su entrada, llega un bólido rojo al mismo tramo. ¿qué velocidad mínima debe llevar este último para llegar juntos a la meta? Solución:

$$v_a = 120 \cdot 1000 / 3600 = 33,3 \text{ m/s} \quad ; \quad \text{Ecuación del movimiento} \quad X_a = 33,3 \cdot t$$

Ecuación del movimiento del bólido rojo, $X_r = v_r \cdot (t - 4 \cdot 60)$. A los 14 km el cronómetro marca, $14000 = 33,3 \cdot t$; $t = 14000 / 33,3 = 420 \text{ s}$. La velocidad del rojo debe ser,

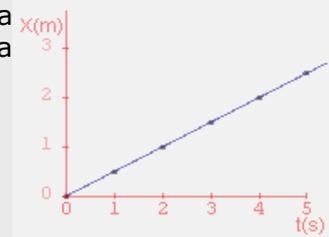
$$14000 = v_r \cdot (420 - 240) \quad ; \quad v_r = 14000 / 180 = 77,7 \text{ m/s, aproximadamente } 280 \text{ km/h}$$

10. Un móvil realiza un mrua tardando 0,75 s en aumentar la velocidad en 0,55 m/s. ¿Qué aceleración posee? ¿qué espacio recorrerá a los 60 s de iniciado el movimiento? Solución:

$$a = \frac{(v_f - v_o)}{(t_f - t_o)} = \frac{0,55}{0,75} = 0,73 \text{ m/s}^2 \quad ; \quad e. \text{ recorrido} = X_f - X_o = \frac{1}{2} \cdot 0,73 \cdot 60^2 = 1314 \text{ m}$$

11. Determina la velocidad del movimiento descrito en la gráfica de un movimiento rectilíneo posición frente a instantes Solución

$$v = \frac{(X_f - X_o)}{(t_f - t_o)} = \frac{2 - 0}{4 - 0} = 0,5 \text{ m/s}$$



12. La gráfica representa el movimiento rectilíneo descrito por un objeto. Se divide en cuatro tramos A, B, C y D. Interpreta con un ejemplo real el movimiento. Determina la velocidad en el tramo donde se mueva más rápidamente. ¿Cómo se interpreta el signo negativo de la velocidad?



Solución:

Un móvil se aleja de su posición 1,7 km durante 2 min. Retrocede 0,6 km durante 5 min, se para 2 min y termina por regresar, invirtiendo en todo ello 10 min. La recta de mayor pendiente es la D,

$$v = \frac{(X_f - X_o)}{(t_f - t_o)} = \frac{(0 - 1,1) \cdot 1000}{(10 - 9) \cdot 60} = -18,3 \text{ m/s}$$

El signo negativo quiere decir que se dirige hacia los valores negativos del eje X.

El movimiento rectilíneo



Para practicar

1. Un helicóptero es visualizado en la posición (7,6) a las 12:00 h. Dibuja su posición en el plano XY.
2. ¿Qué distancia separa un helicóptero de un observador situado en el origen del sistema de referencia si se encuentra en la posición (10,4) .
3. Dibuja el desplazamiento realizado por un móvil que pasa de la posición (-1,-1) a la posición (0,2).
4. Una persona sale de su casa y camina en línea recta 5 m hacia la derecha, se para en una farola y gira 90° hacia la derecha caminando en línea recta 20 m. Dibuja la trayectoria, el desplazamiento total y calcula el espacio recorrido.
5. Expresa en la unidad fundamental del Sistema Internacional 120 km/h
6. Un coche circula por una carretera y en el instante $t=0$ s posee una velocidad de 40 km/h. Al cabo de 5 s posee una velocidad de 120 km/h. Finalmente transcurridos otros 5 s mantiene una velocidad de 40 km/h. Dibuja los vectores velocidad en cada etapa considerada.
7. Una bola de billar recorre 0,02 m en 0,10 s ¿Con qué rapidez se ha desplazado?
8. Dos bolas de billar, azul y roja, se mueven al encuentro con una rapidez de 0,30 y 0,90 m/s respectivamente. Dibuja un esquema físico de la situación.
9. Un móvil posee en el instante $t=0$ s una velocidad de 20 m/s. Acelera de forma que al cabo de 1,0 s alcanza 60 m/s. a) Representa las velocidades, b) Calcula y representa la aceleración.
10. Cierta avioneta necesita alcanzar una velocidad de 220 km/h para despegar. ¿Qué aceleración, supuesta constante, necesitan comunicar los motores para que despegue a los 4,8 s de iniciar la operación?
11. Un coche circula a una velocidad de 93 km/h y frena durante 3 s para tomar una curva a la velocidad más moderada de 77 km/h, inferior a los 80 km/h que recomienda la señal de tráfico. a) ¿Qué aceleración comunicó?. Expresa el resultado en el SI. b) Haz un esquema de las magnitudes físicas implicadas en el instante de frenar.
12. Un caminante se dirige desde su casa al quiosco situado a 540 m, en la esquina de su calle, a las 12:00 h. Circula con una velocidad de 1,10 m/s. a) Determina su ecuación del movimiento. b) ¿Habrá llegado al quiosco a las 12:14 h ?
13. Un avión sobrevuela la ciudad de Madrid a 830 km/h, manteniendo constante la dirección y sentido hacia Alicante. La distancia entre estas dos ciudades es de 432 km. ¿Qué tiempo tardará en sobrevolar Alicante?
14. Calcula la posición en la cual se cruzarán dos caminantes A y B separados una distancia de 70 m, sabiendo que se desplazan con una velocidad de 0,4 m/s y 0,5 m/s respectivamente.
15. Un caminante comienza a acercarse al quiosco de la esquina de una calle de 20 m. Va aumentando su velocidad a ritmo constante y al llegar es de 1,3 m/s. a) ¿Qué aceleración ha experimentado? b) Determina la ecuación del movimiento.
16. Un avión comienza a rodar con una aceleración de 40 m/s² hasta alcanzar la velocidad de despegue de 600 km/h. Calcula la longitud mínima que debe tener la pista de despegue.
17. a) Dibuja las gráficas posición y velocidad frente a instante, correspondiente a la caída de un objeto desde una torre de 95 m. b) ¿Con qué velocidad alcanzará el suelo.
18. Calcula el espacio que recorre un coche que circula a 100 km/h hasta conseguir detenerse, desde que aparece un obstáculo en la carretera. Datos: tiempo de reacción aproximadamente 0,75 s, aceleración de frenado -6,2 m/s²

Nota: Los ejercicios correspondientes a MRU apartados Gráficos, Etapas y dos móviles, y de MRUA Gráficos, no están incluidos en esta selección.



Moviéndonos en la Historia

El movimiento fue de los primeros fenómenos en ser directamente observados. Es quizá por ello que la mecánica (física del movimiento) es de las disciplinas científicas que más pronto se desarrollaron. En ello tuvieron mucho que ver personas con capacidad de asombro ante hechos cotidianos y voluntad para dar una explicación de los mismos.

Aristóteles

A Aristóteles (s. IV a. d. Cristo) se le conoce principalmente por ser, junto a Platón, los dos grandes filósofos griegos de la antigüedad cuyas ideas perduran hasta nuestros días. Entre las innumerables aportaciones de Aristóteles está el ser el padre de la Física como ciencia, no tanto por su contribución a su cuerpo de conocimientos como veremos, sino por atribuir a la experiencia un papel esencial en el acceso a cualquier tipo de conocimiento.

El concepto de movimiento de Aristóteles es más amplio que el que se posee en la actualidad. Así los movimientos descritos en este tema estarían dentro de los *movimientos accidentales locales* que se caracterizan por un cambio de lugar. A su vez se pueden clasificar según la lógica aristotélica en: *naturales* que se producen por la propia esencia de las cosas, como por ejemplo los movimientos de caída libre que se han tratado, y *violentos* originados por causas artificiales como la acción de un motor.

Resumiendo las ideas de Aristóteles sobre la caída de los objetos, éstas afirmaban que los cuerpos caen con una velocidad proporcional a su peso. Sin embargo esta afirmación es errónea y se sustentaba en una afirmación anterior según la cual el origen del movimiento está en la acción de una fuerza superior a la de una fuerza resistente que se ejerciese sobre el objeto. La velocidad que adquiere es directamente proporcional a ella e inversamente proporcional a la resistente. Pero este desacierto no impidió que produjera un cambio fundamental del pensamiento, restituyendo a la experiencia el papel fundamental que le corresponde en cualquier acercamiento al conocimiento.

Galileo Galilei

Los estudios sobre el movimiento se extendieron a lo largo del tiempo. En el medievo se tenía un amplio control del movimiento que describía un proyectil lanzado desde un cañón. Sin embargo se considera a Galileo Galilei (Pisa, Italia, finales del XVI y primera mitad del XVII) el padre de la cinemática o ciencia que estudia los movimientos sin atender a las causas que los provocan. Las relaciones matemáticas empleadas a lo largo de este tema tienen su origen en el trabajo de este matemático, físico y astrónomo, que aplicó por primera vez el método científico en sus investigaciones. Llevó el papel de la experiencia aristotélica al plano concreto de la experimentación como base del conocimiento científico.

Utilizó aproximaciones idealizadas de la realidad para explicar aspectos parciales de ésta, en concreto estudió la caída natural de los objetos sobre planos inclinados extrapolando sus conclusiones a situaciones en ausencia de rozamiento (por ejemplo caída libre en el vacío, ausencia de aire). La principal conclusión sobre esto es la independencia de la velocidad que adquiere un objeto al caer con respecto a la masa que posee.

El paso definitivo en la descripción de los movimientos cotidianos y sus causas no tardaría mucho en llegar de la mano de Sir Isaac Newton (mitad del s XVII y primera mitad del XVIII), reconociendo en su frase " *Si consigo ver más lejos es porque he conseguido auparme a hombros de gigantes*" la influencia de Aristóteles, Galileo y muchos otros en el desarrollo de lo que se ha denominado MECÁNICA CLÁSICA. Pero esto se verá en la tercera quincena...

El movimiento rectilíneo



Recuerda lo más importante

Sistema de Referencia SR

Es el lugar desde donde se observa y se miden las posiciones que atraviesa un objeto en movimiento. Se expresa con unos ejes cartesianos XY y el observador en el origen de coordenadas.

Trayectoria

Es el *camino imaginario* trazado por un móvil al desplazarse, **respecto de un sistema de referencia**.

Posición r

Magnitud física con carácter de vector, expresada por las coordenadas (X,Y). Muestra la situación de un objeto **respecto del origen de un Sistema de Referencia**.

Desplazamiento Δr

Magnitud física con carácter vectorial que representa la distancia más corta entre dos posiciones. Si la trayectoria es recta su módulo representa el espacio recorrido entre dos instantes.

Velocidad v

Magnitud física con carácter de vector que representa la rapidez con que se desplaza un objeto y qué dirección. Su unidad fundamental en el SI es el m/s.

Signo: $v > 0$ el móvil se desplaza hacia el sentido positivo del eje. $v < 0$ el móvil se desplaza hacia el sentido negativo del eje.

Relación matemática $v = \Delta X / \Delta t$ *
Válida para velocidad media y velocidad constante.

Aceleración a

Magnitud física con carácter de vector que representa la rapidez con que cambia la velocidad debido a alguna interacción (roce, motor ...). Su unidad fundamental en el SI es el m/s^2 .

Signo: $a > 0$ La interacción que origina la aceleración se dirige hacia el sentido positivo del eje. $a < 0$ La interacción que origina la aceleración se dirige hacia el sentido negativo del eje.

Relación matemática $a = \Delta v / \Delta t$ *
Válida para aceleración media y aceleración constante.

MRU

Movimiento de trayectoria rectilínea y velocidad constante tanto en módulo (rapidez) como en dirección.

Ec. de movimiento $X = X_0 + v \Delta t$

MRUA

Movimiento de trayectoria rectilínea con la velocidad variando uniformemente en rapidez y dirección constante. Ec. del movimiento

$X = X_0 + v_0 \Delta t + 1/2 a \Delta t^2$

Tiempo de reacción

Intervalo de tiempo que tarda un conductor en reaccionar frente a un peligro.

Distancia de frenado

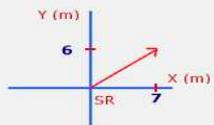
Es el espacio que recorre un vehículo desde que pisa el freno hasta que se detiene. La distancia total es la suma de ésta más la de reacción.



1. Señala V (verdadero) o F (falso) según consideres. La trayectoria es el desplazamiento de un móvil. La trayectoria es el camino trazado por un objeto en movimiento y varía según el SR. El desplazamiento es el espacio recorrido. El espacio recorrido es el módulo del desplazamiento en un MRU. La aceleración tangencial cambia la aceleración de un movimiento. Un MRU presenta dirección constante y módulo de v constante. La aceleración tangencial cambia el módulo de la velocidad.
2. Calcula el desplazamiento de un objeto que se mueve desde la posición (6,4) a la posición (1,-5).
3. Un caracol recorre 8 cm en línea recta en 13 s. A continuación gira 90° hacia la derecha recorriendo 18 cm en 14 s, ¿Cuál ha sido la velocidad media de todo el recorrido? Resultado en cm/s.
4. Determina la ecuación del movimiento de un caminante que parte de la cima de una montaña y recorre en línea recta 9 km en 4,3 horas a ritmo constante. ¿Qué velocidad de marcha llevó?
5. Determina gráficamente el instante y la posición en qué se cruzarán dos trenes A y B con MRU que parten de dos estaciones que distan 410 km. La velocidad de cada tren es respectivamente 110 km/h y -90 km/h.
6. Calcula el espacio que recorrerá un caminante que incrementa su velocidad en 0,10 m/s cada segundo durante 3,0 min.
7. Realiza la gráfica (t,v) que describe el despegue de un avión con unos motores que le comunican una aceleración de 32 m/s^2 durante 15 s. ¿Con qué velocidad despegó?
8. Se lanza una pelota de tenis hacia arriba con una velocidad de 56 m/s, ¿Qué altura alcanzará? ¿Cuanto tiempo tardará en regresar al punto de partida?
9. Un conductor circula a 20 m/s, ve un obstáculo en la calzada, pisa el freno y transmite $-6,8 \text{ m/s}^2$ de aceleración, ¿Qué espacio recorrerá desde que pisa el freno hasta detenerse? ¿Es el mínimo que necesita para parar?
10. Un agricultor deja caer una piedra a un pozo de profundidad 130 m. ¿Qué tiempo transcurrirá hasta oír el sonido debido al impacto con el agua?. Datos: el sonido viaja a una velocidad constante de 340 m/s.

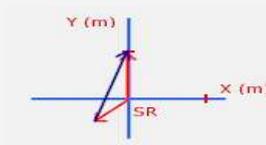
Soluciones de los ejercicios para practicar

1. -



2. Distancia=10,8 m

3.



4. $\Delta X=20,6$ m,
Espacio recorrido=25 m

5. velocidad =33,3 m/s

6.



7. velocidad =0,2 m/s

8.



9. $a = 40 \text{ m/s}^2$

10. $a = 12,7 \text{ m/s}^2$

11. $a = -1,48 \text{ m/s}^2$

12. $X = 1,1t$. Si llega a las 12:08 h

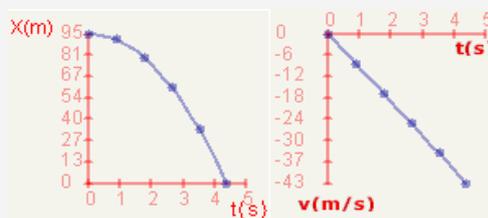
13. 31 min.

14. a 31 m de la posición inicial de A

15. a) $0,04 \text{ m/s}^2$ b) $X=0,02t^2$

16. 347 m

17.



$v=43 \text{ m/s}$

18. $X_1=20,83 \text{ m}$; $X_2=62,2 \text{ m}$ Total =83,1 m

Soluciones

AUTOEVALUACIÓN

1. F;V:F;V;F;V;V

2. 10 m

3. 0,8 cm/s

4. $X = 2t$; 2,1 km/h

5. 2,05 h; 225,5 km de A

6. 1620 m

7. 480 m

8. 160 m; 11,4 s

9. 29,4 m; 2,94 s. No, hay que añadir el espacio que se recorre en el tiempo de reacción.

10. 5,53 s

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Estudiar cualitativamente el movimiento circular y su tratamiento gráfico.
- Diferenciar entre el desplazamiento angular y el desplazamiento a lo largo de la trayectoria así como la relación que existe entre ambos desplazamientos.
- Diferenciar entre la velocidad angular y la velocidad lineal, así como la relación que existe entre ambas.
- El periodo y la frecuencia en un movimiento circular con velocidad uniforme.
- La existencia de aceleración en un movimiento circular con velocidad uniforme. El movimiento de la Luna.
- Problemas de interés en la seguridad vial.

Antes de empezar

1. Movimiento circular uniforme pág. 28
Desplazamiento lineal
Desplazamiento angular
Unidades de medida
2. Velocidad lineal y angular pág. 31
Velocidad lineal
Velocidad angular
Relación entre v y ω
3. El MCU, un movimiento periódico .. pág 34
Periodo
Frecuencia
4. La aceleración en el MCU pág. 36
Aceleración centrípeta
El movimiento de la Luna
Seguridad vial

Ejercicios para practicar

Para saber más

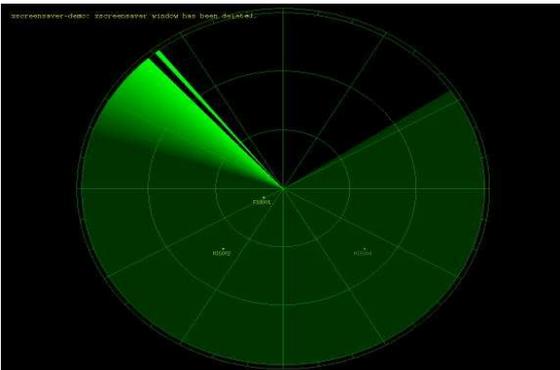
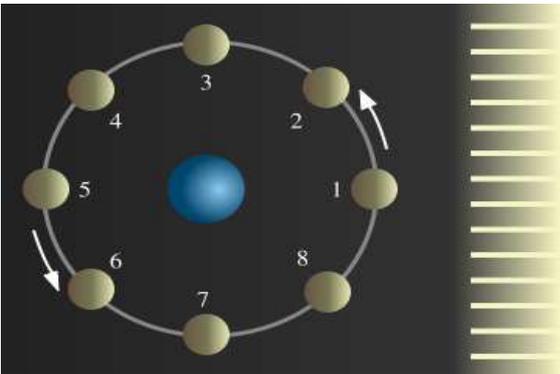
Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Movimiento Circular Uniforme

Antes de empezar



Recuerda

En esta quincena es necesario que recuerdes bien los conceptos expuestos en la quincena 1. También puedes ver estos contenidos en el proyecto Newton.

Movimiento Circular Uniforme

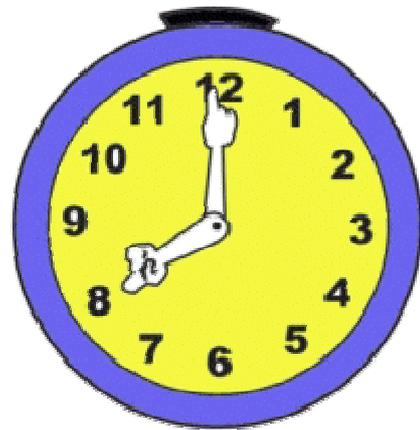
1. Movimiento circular uniforme

Desplazamiento lineal

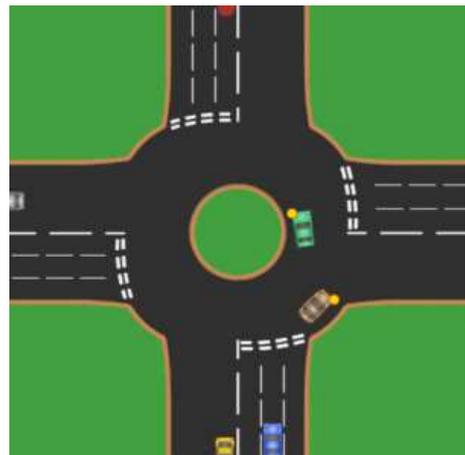
Los movimientos de trayectoria curvilínea son muchos más abundantes que los movimientos rectilíneos.

El movimiento circular uniforme está presente en multitud de situaciones de la vida cotidiana: las manecillas de un reloj, las aspas de un aerogenerador, las ruedas, el plato de un microondas, las fases de la Luna...

En el movimiento circular uniforme (MCU) el móvil describe una trayectoria circular con rapidez constante. Es decir, recorre arcos iguales en tiempos iguales.



Movimiento circular uniforme, m.c.u., es el de un móvil que recorre una trayectoria circular con rapidez constante.



Movimiento Circular Uniforme

Desplazamiento angular

La unidad de medida en el SI es el radian. Existe una relación matemática sencilla entre los arcos descritos y los ángulos que sustentan: **"el ángulo es la relación entre el arco y el radio con que ha sido trazado"**.

Si llamamos ΔS al arco recorrido e $\Delta\phi$ al ángulo barrido por el radio:

$$\text{ángulo} = \frac{\text{arco}}{\text{radio}} = \frac{\Delta S}{R} = \Delta\phi$$

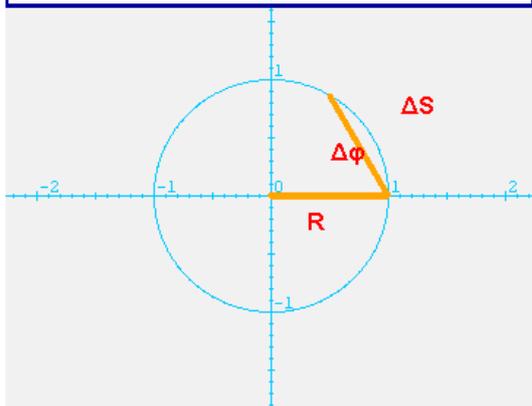
El **radian** es el ángulo cuya longitud del arco es igual al radio.

Por lo tanto, para una circunferencia completa:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi \text{ rad}$$

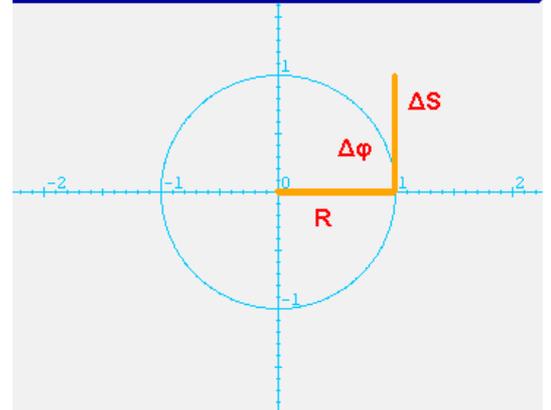
Definición:

Tomamos el radio



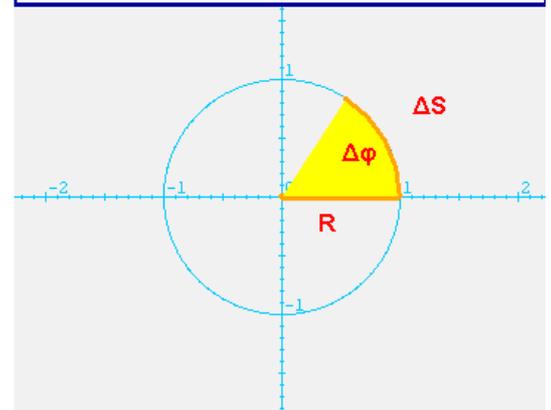
Definición:

Lo pegamos alrededor de la circunferencia.

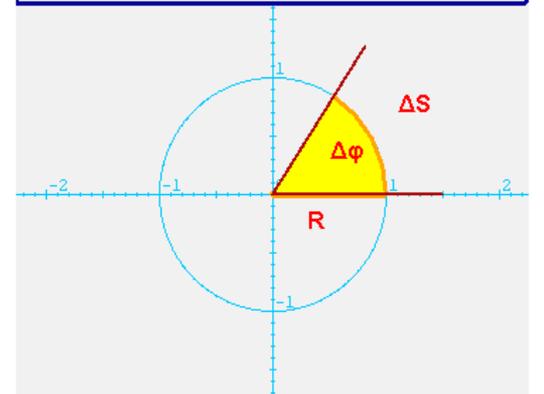


Definición:

Lo pegamos alrededor de la circunferencia.



El ángulo de 1 radian es aquel cuyo recorrido en la circunferencia es igual al radio.



Movimiento Circular Uniforme

Unidades de medida

La palabra revolución proviene de la Astronomía. Según el R.A.E, una revolución es el movimiento de un astro a lo largo de una órbita completa.

Si suponemos que la órbita de los planetas es una circunferencia perfecta y la longitud de una circunferencia es $2\pi R$, por lo tanto el ángulo descrito son 2π rad.

$$\Delta\phi = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi \text{ rad}$$

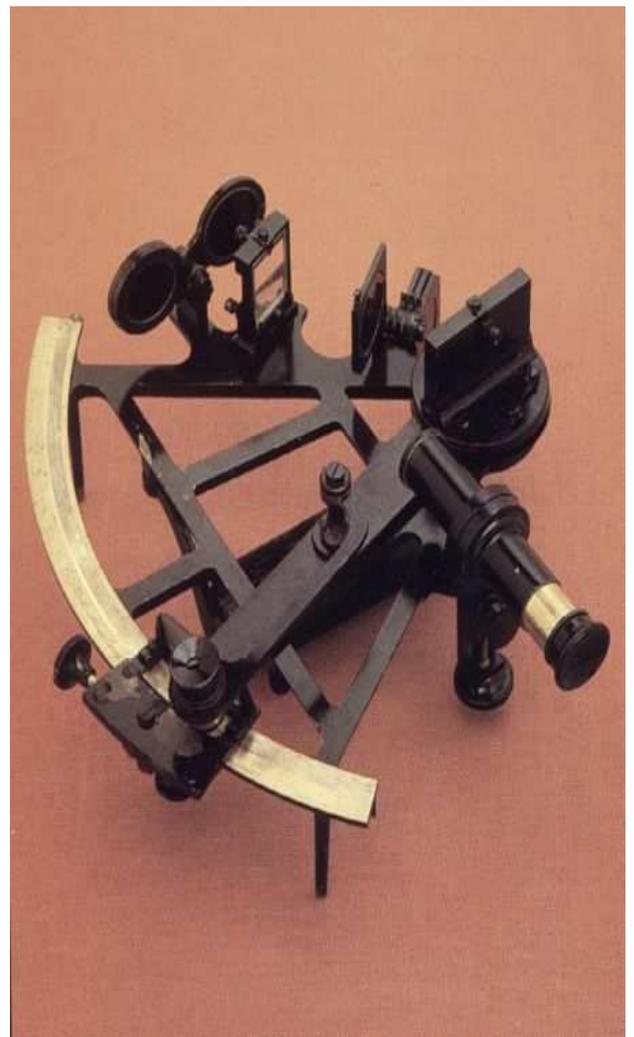
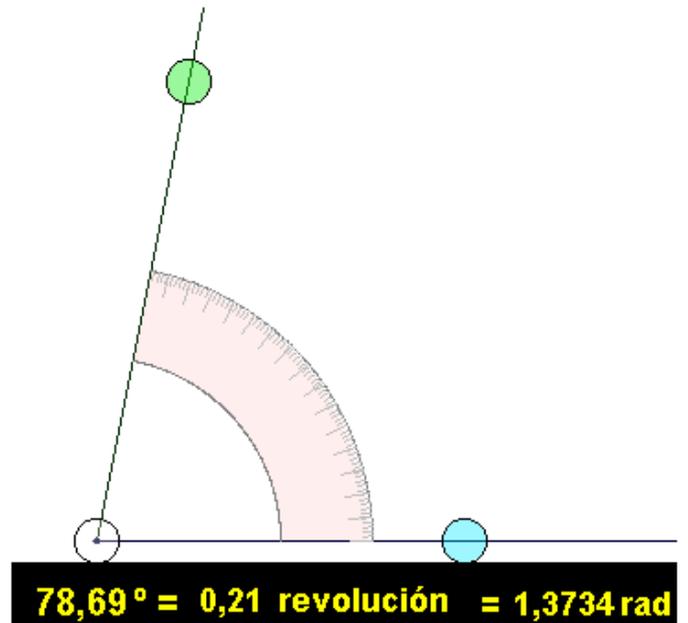
Otra unidad para medir ángulos son los grados sexagesimales. Pero esta unidad no se utiliza a la hora de medir los desplazamientos angulares.



$$1 \text{ revolución} = 2\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

El **sextante** es un instrumento que permite medir ángulos entre dos objetos tales como dos puntos de una costa o un astro - tradicionalmente, el Sol- y el horizonte. Conociendo la elevación del Sol y la hora del día se puede determinar la latitud a la que se encuentra el observador. Esta determinación se efectúa con bastante precisión mediante cálculos matemáticos sencillos de aplicar.

Este instrumento, que reemplazó al astrolabio por tener mayor precisión, ha sido durante varios siglos de gran importancia en la navegación marítima, inclusive en la navegación aérea también, hasta que en los últimos decenios del siglo XX se impusieron sistemas más modernos, sobre todo, la determinación de la posición mediante satélites. El nombre *sextante* proviene de la escala del instrumento, que abarca un ángulo de 60 grados, o sea, un sexto de un círculo completo.



2. Velocidad lineal y angular

Velocidad lineal

Imagina un disco que gira con cierta rapidez y en el que hemos marcado dos puntos, A y B.

Los dos puntos describen un movimiento de trayectoria circular, los dos puntos describen el mismo ángulo $\Delta\phi$, pero no recorren la misma distancia ΔS ya que los radios son distintos.

La trayectoria más larga es la del punto A ya que este es más exterior que el punto B. El recorrido de los puntos sobre la trayectoria en la unidad de tiempo es la velocidad lineal.

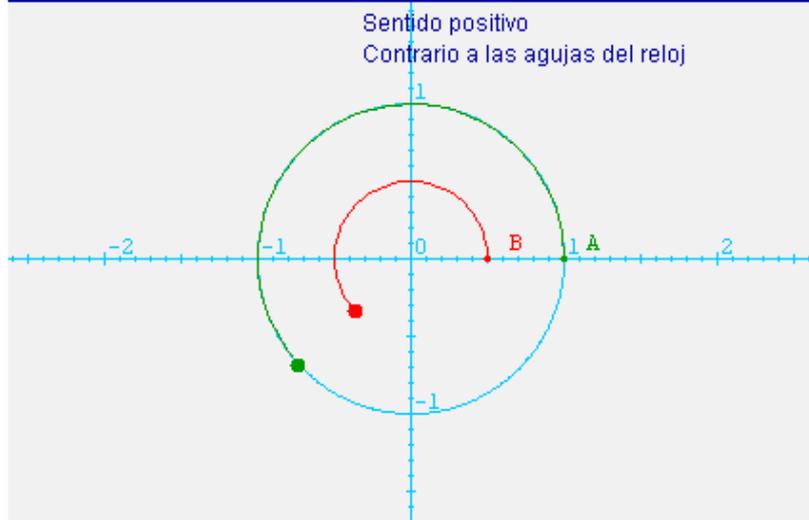
La Velocidad lineal, v , es la rapidez con que se mueve un punto a lo largo de una trayectoria circular.

$$v = \frac{\text{arco}}{\text{tiempo}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

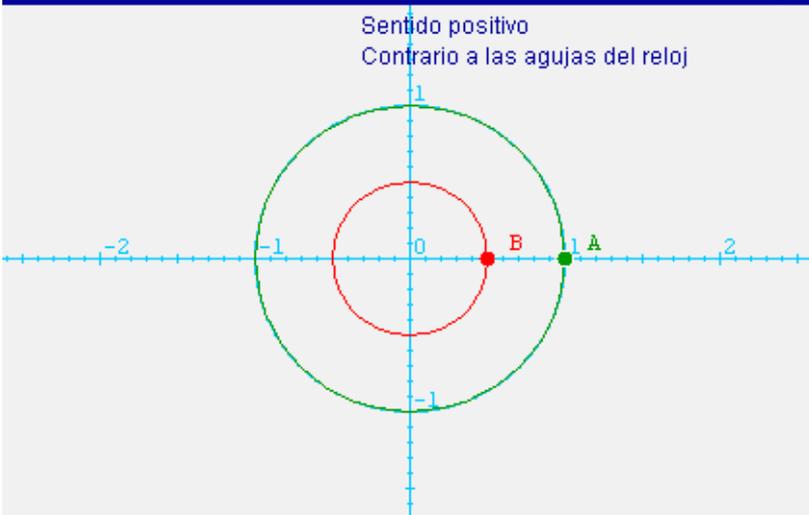
El tocadiscos es un aparato que consta de un platillo giratorio, sobre el que se colocan los discos de gramófono, y de un fonocaptor conectado a un altavoz.



En la escena observa que los dos puntos describen una trayectoria circular de longitud $2\pi R$ m en un tiempo: $t = 1,23$ s
¿Qué velocidad lineal llevan?



Para A: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot 1}{2} = \pi \frac{m}{s}$
 Para B: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot 0.5}{2} = 0.5\pi \frac{m}{s}$



Movimiento Circular Uniforme

Velocidad angular

Imagina un disco que gira con cierta rapidez y en el que hemos marcado un punto en uno de sus extremos.

Observa que el movimiento del punto describe un ángulo. La velocidad angular, ω , en el MCU es el ángulo barrido, $\Delta\varphi$, en un intervalo de tiempo, Δt .

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

La unidad de velocidad angular en el S.I es el radián por segundo (rad/s).

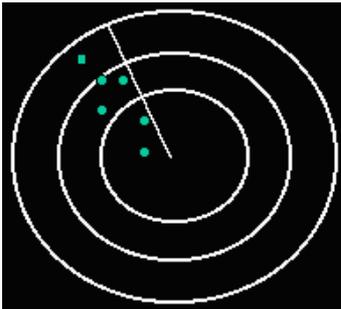
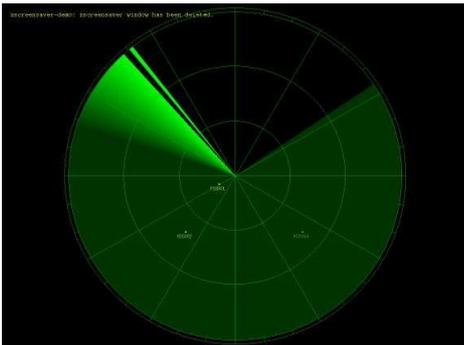
La velocidad angular se expresa también en revoluciones por minutos (rpm o rev/min).

Su equivalencia es:

$$1 \text{ rpm} = 2\pi/60 \text{ rad/s}$$

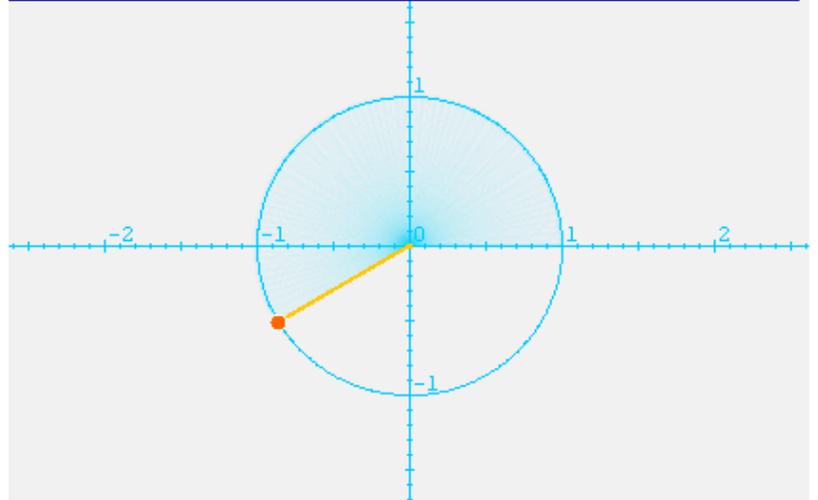
Pantalla de un RADAR

Los ángulos barridos muestran las distintas posiciones de los objetos.

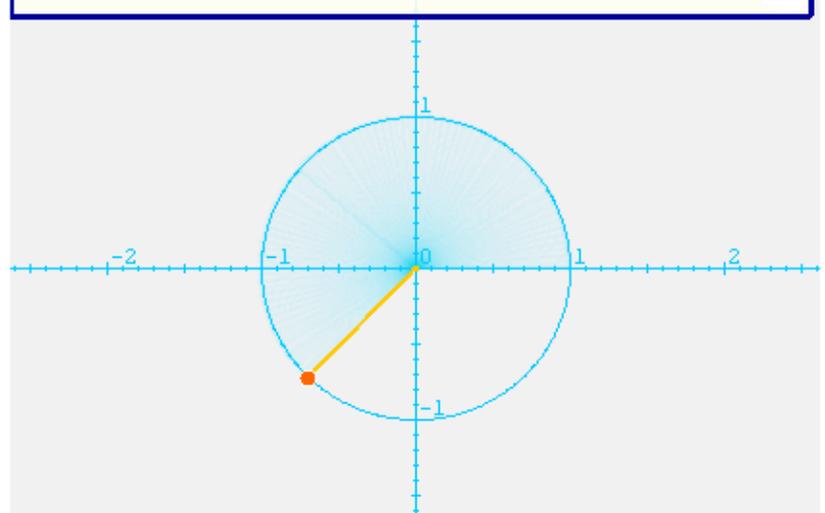


En la escena observa que el punto describe un ángulo de 2π rad en un tiempo. $t = 1,17$ s

¿Qué velocidad lleva?



$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{2} = \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



Movimiento Circular Uniforme

Relación entre v y ω

Cuando un disco gira con cierta rapidez, la velocidad lineal definida sobre la trayectoria y la velocidad angular definida sobre el ángulo barrido en un tiempo dado se producen de forma simultánea.

Por lo tanto, es posible establecer una relación entre la velocidad lineal y la angular.

Si el desplazamiento angular y la velocidad angular son respectivamente:

$$\Delta\phi = \frac{\Delta S}{R} \quad \omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Despejando en la segunda:

$$\Delta\phi = \omega\Delta t \quad \text{Igualando}$$

$$\frac{\Delta S}{R} = \omega\Delta t \quad \text{Reordenando}$$
$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \omega R$$

Como

$$v = \frac{\text{arco}}{\text{tiempo}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Entonces:

$$v = \omega \cdot R$$

Observa que la velocidad lineal es directamente proporcional a la velocidad angular, siendo la constante de proporcionalidad el radio de giro.



Cuando montamos en bicicleta, ¿Cuántos movimientos observas?

La bicicleta avanza (velocidad lineal) porque las ruedas giran (velocidad angular).

Los neumáticos de los automóviles son de distintas dimensiones según la potencia del vehículo.

Así pues, un Seat Ibiza monta un neumático 185/55/R15 mientras que un Seat Altea monta un neumático 205/55/R16.

El primer número indica el ancho de sección (de pared a pared) de la cubierta, expresado en milímetros. El segundo número es el perfil, o altura del lado interior de la cubierta y se expresa en el porcentaje del ancho de cubierta que corresponde al flanco o pared de la cubierta. El tercer número es el diámetro de la circunferencia interior del neumático en pulgadas, o también, el diámetro de la llanta sobre la que se monta.

¿Qué **neumático** recorrerá mayor distancia, para un mismo tiempo, si las ruedas de ambos coches giran con la misma velocidad angular? (Despreciar cualquier otra influencia).

Si $v = \omega \cdot R$, a mayor radio mayor v para una misma ω .

El Seat Altea, recorrerá mayor distancia para un mismo tiempo ya que sus ruedas tiene mayor diámetro (R16).



Movimiento Circular Uniforme

3. El MCU, un movimiento periódico

Periodo

Un movimiento es periódico si el móvil recorre la misma trayectoria cada cierto tiempo.

El periodo de un MCU es el tiempo invertido en dar una vuelta o revolución.

Se representa por T y se mide en segundos.

Frecuencia

En el MCU, a la vez del periodo se puede hablar de frecuencia.

La frecuencia es el número de vueltas que da el móvil en 1 s y se representa por f .

Como el periodo es el tiempo que tarda en dar una vuelta, la frecuencia es su inverso.

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

La frecuencia se mide en vueltas o ciclos por segundo (c/s). Los ciclos por segundos reciben el nombre de hercio (Hz) en honor de Heinrich Hertz

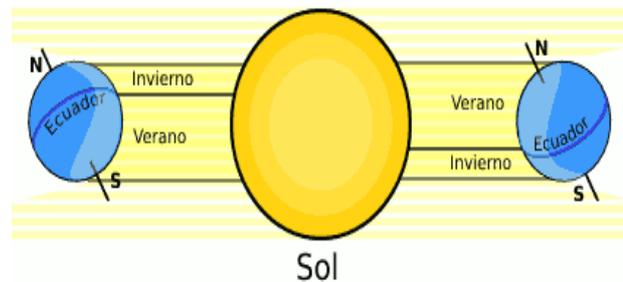
Otra unidad de medida de la frecuencia son los segundos menos 1 (s^{-1})

Así la velocidad angular del cuerpo será:

$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Movimientos periódicos en la naturaleza:

Las estaciones: son los períodos del año en los que las condiciones climáticas imperantes se mantienen, en una determinada región, dentro de un cierto rango. Estos periodos duran aproximadamente tres meses. La sucesión de las estaciones no se debe a que en su movimiento elíptico la Tierra se aleje y acerque al Sol. Esto tiene un efecto prácticamente imperceptible. La causa es la inclinación del eje de giro del globo terrestre. Este eje se halla siempre orientado en la misma dirección y por tanto los hemisferios boreal y austral son desigualmente iluminados por el sol. Cada seis meses la situación se invierte. Si el eje de la Tierra no estuviese inclinado, el Sol se hallaría todo el año sobre el ecuador; culminaría todos los días del año a la misma altura sobre el horizonte. En suma: **no habría estaciones.**



El día y la noche: se denomina **día** (del latín *dies*), al lapso que tarda la Tierra en girar 360 grados sobre su eje. Se trata de una forma de medir el tiempo (la primera que tuvo el hombre) aunque el desarrollo de la Astronomía ha mostrado que, dependiendo de la referencia que se use para medir un giro, se trata de tiempo solar o de tiempo sidéreo. El primero toma como referencia al Sol y el segundo toma como referencia a las estrellas. En caso que no se acompañe el término "día" con otro vocablo, debe entenderse como día solar medio, base del tiempo civil, que se divide en 24 horas, de 60 minutos, de 60 segundos, y dura, por tanto, 86.400 segundos.

Movimiento Circular Uniforme

Heinrich Rudolf Hertz (22 de febrero de 1857 - 1 de enero de 1894), físico alemán por el cual se nombra al hercio, la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades (SI). En 1888, fue el primero en demostrar la existencia de la radiación electromagnética construyendo un aparato para producir ondas de radio.

Mientras estudiaba en la universidad de Berlín, demostró aptitudes tanto para las ciencias como para las lenguas, aprendiendo árabe y sánscrito. Estudió ciencias e ingeniería en las ciudades alemanas de Dresde, Múnich. Fue alumno de Gustav Kirchhoff y Hermann von Helmholtz.

Obtuvo su Doctorado en 1880 y continuó como pupilo de Helmholtz hasta el año 1883 en el que es nombrado profesor de Física Teórica en la Universidad de Kiel. En 1885 fue nombrado profesor en la universidad de Karlsruhe, en donde descubrió las ondas electromagnéticas.

Probó experimentalmente que las señales eléctricas pueden viajar a través del aire libre, como había sido predicho por James Clerk Maxwell y Michael Faraday.

También descubrió el efecto fotoeléctrico (que fue explicado más adelante por Albert Einstein) cuando notó que un objeto cargado pierde su carga más fácilmente al ser iluminado por la luz ultravioleta.

Murió de septicemia a la edad de 37 años en Bonn, Alemania. Su sobrino Gustav Ludwig Hertz fue ganador del premio Nobel, y el hijo de Gustav, Carl Hellmuth Hertz, inventó la ultrasonografía médica.

Fuente: WIKIPEDIA

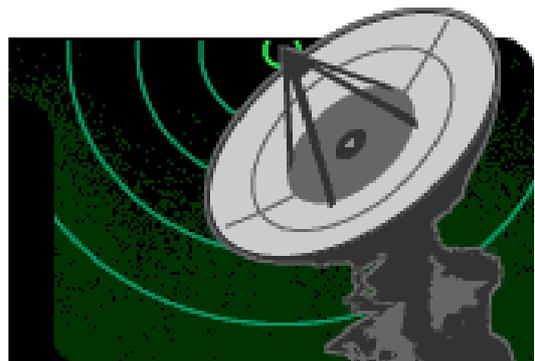


Heinrich Rudolf Hertz

Las ondas de radio u ondas herzianas: son ondas electromagnéticas de menor frecuencia (y por ello mayor longitud de onda) y menor energía que las del espectro visible. Se generan alimentando una antena con una corriente alterna.

El primer sistema práctico de comunicación mediante ondas de radio fue el diseñado por el italiano Guillermo Marconi, quien en el año 1901 realizó la primera emisión trasatlántica radioeléctrica, mediante ondas electromagnéticas, dando lugar a lo que entonces se denominó *telegrafía sin hilos*.

Otros inventores, como Ørsted, Faraday, Hertz, Tesla, Edison habían realizado anteriormente estudios y experimentos en este campo, los cuales sirvieron de base a Marconi.



Movimiento Circular Uniforme

4. La aceleración en el MCU

Aceleración centrípeta

En un movimiento; la variación del módulo, la dirección o el sentido del vector velocidad, produce una aceleración.

En el MCU, la **velocidad lineal**, al ser un vector tangente a la trayectoria varía su dirección y sentido a lo largo de la misma. Estos cambios en la velocidad inducen una **aceleración perpendicular** a la trayectoria, a_n , a la que denominamos aceleración centrípeta, puesto que es un vector dirigido siempre al centro de la circunferencia. Su módulo:

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

El módulo de la aceleración centrípeta depende de la rapidez del objeto, v , y del radio de giro R .

En función de la velocidad angular:

Si
$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

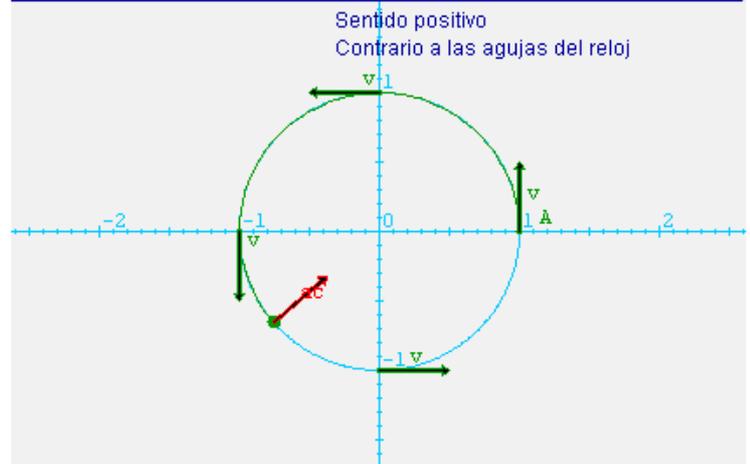
y
$$v = \omega R$$

Entonces:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2 R$$

La aceleración centrípeta de la superficie de la Tierra es la responsable de fenómenos bien visibles, como, por ejemplo, el hecho de que el agua de los lavabos se vacíe con un movimiento combinado de caída más rotación, o el sentido de giro de las masas de aire atmosféricas. Así pues, en el hemisferio norte, los vientos o corrientes oceánicas que se desplazan siguiendo un meridiano se desvían acelerando en la dirección de giro (este) si van hacia los polos o al contrario (oeste) si van hacia el ecuador. En el hemisferio sur ocurre lo contrario.

Observa como la velocidad cambia de dirección y sentido a medida que recorre una trayectoria circular de longitud $2\pi R$ m en un tiempo: $t = 1,22$ s



Una borrasca, en el hemisferio norte, gira hacia el centro de la misma en dirección contraria a las agujas del reloj; (en el hemisferio sur, la rotación sería en el sentido de las agujas del reloj).

En un anticiclón el giro del aire es inverso al de una borrasca, es decir, en el hemisferio norte la circulación es en el sentido de las manecillas del reloj y en el sur en sentido contrario a las manecillas del reloj.

La existencia de una borrasca o anticiclón en las Azores, es responsable del clima en España.

Movimiento Circular Uniforme

El movimiento de la Luna

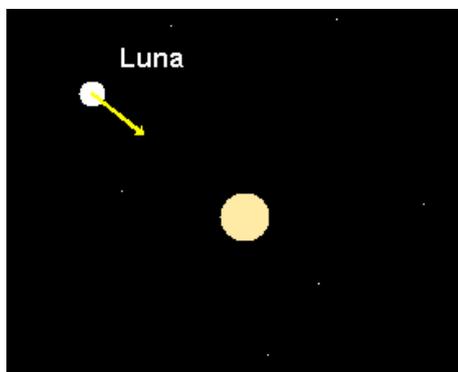
Para que la Luna gire alrededor de la Tierra debe existir una fuerza que la obliga a girar.

La Luna, al girar, debe estar sometida a una fuerza, ya que cambia de dirección y sentido, y por lo tanto tiene una aceleración.

Esa fuerza se denomina fuerza centrípeta y se dirige hacia el centro del giro (Quincena 3).

La aceleración que origina se denomina aceleración centrípeta, también dirigida hacia el centro.

La luna es un satélite que se encuentra a 384000 km de la Tierra, su movimiento se puede aproximar a un MCU periódico (aproximadamente 27 días) pero es un movimiento acelerado aunque no cambie su velocidad lineal, cambia la dirección del movimiento lo que origina una aceleración normal o centrípeta.



La Luna gira en torno a la Tierra en un movimiento que puede aproximarse a un MCU con las siguientes características:

- Periodo: 27 días o 2332800 s
- Frecuencia: $4,3 \cdot 10^{-7}$ Hz
- Velocidad angular: $2,7 \cdot 10^{-6}$ rad/s
- Velocidad lineal: 1036,8 m/s
- Aceleración normal: $2,8 \text{ m/s}^2$

Como la Luna tarda el mismo tiempo en dar una vuelta sobre sí misma que en torno a la Tierra, presenta siempre la misma cara. El Sol ilumina siempre la mitad de la Luna produciendo las fases de la Luna.

La Luna en su giro alrededor de la Tierra presenta diferentes aspectos visuales según sea su posición con respecto al Sol.

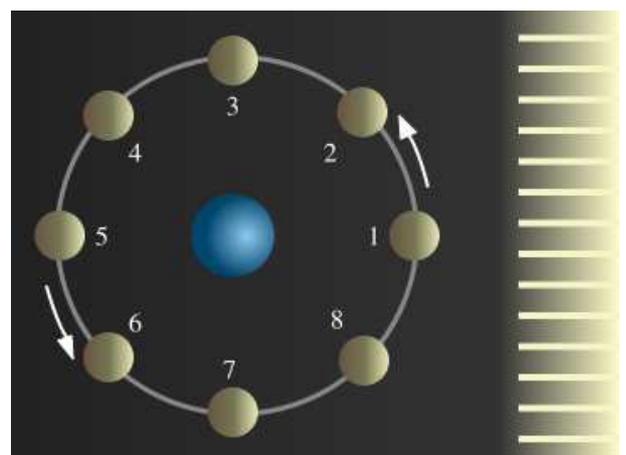
Cuando la Luna está entre la Tierra y el Sol, tiene orientada hacia la Tierra su cara no iluminada (Novilunio o Luna nueva, 0%).

Una semana más tarde la Luna ha dado 1/4 de vuelta y presenta media cara iluminada (Cuarto Creciente).

Otra semana más y la Luna ocupa una posición alineada con el Sol y la Tierra, por lo cual desde la Tierra se aprecia toda la cara iluminada (Plenilunio o Luna llena, 100%).

Una semanas más tarde se produce el cuarto menguante.

Transcurridas unas cuatro semanas estamos otra vez en Novilunio.



Movimiento Circular Uniforme

Seguridad vial

Cuando un vehículo circula por una carretera no siempre marcha en línea recta.

Hay situaciones de la conducción diaria en que es necesario girar.

Dos situaciones claras de movimiento circular son las curvas y las rotondas.

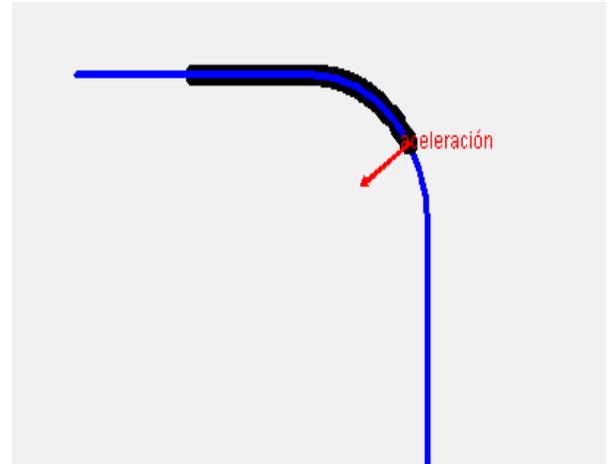
Para que un vehículo describa una curva en una carretera horizontal debe existir una fuerza que le obligue a girar.

Esta fuerza se produce por el rozamiento de los neumáticos con la carretera.

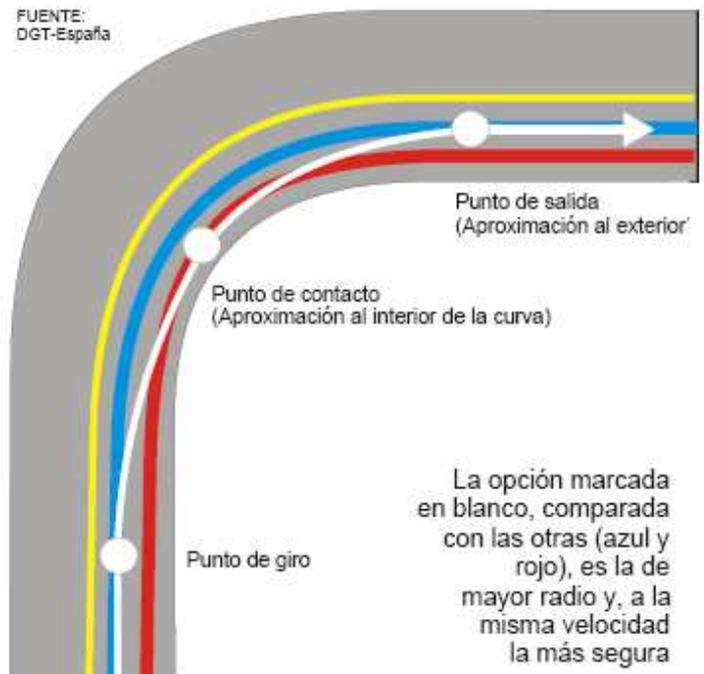
Si los neumáticos no se encuentran en buen estado, la carretera está mojada o la velocidad es inadecuada, la adherencia de estos a la carretera disminuye y el vehículo puede derrapar causando graves accidentes.

Según el **Boletín de Prensa nº 27 de Seguridad Vial**, para tomar una curva con seguridad, se debe analizar y tener en cuenta lo siguiente:

1. Tipo de vehículo (configuración, suspensión, etc).
2. Estado del vehículo (neumáticos, frenos, suspensión, etc).
3. Carga (distribución, tipo de carga).
4. Visibilidad de la curva (si se ve en toda su extensión hasta la salida inclusive).
5. Presencia de: Caminos secundarios (con el agravante de que si es camino de tierra, puede existir la posibilidad de que se encuentre la calzada sucia, con la consecuente pérdida de adherencia), Puentes, etc.
6. Tipo y estado del pavimento.
7. Tipo de curva (cerrada, ángulo del peralte, etc).
8. Condiciones meteorológicas (lluvia, niebla, viento, hielo, etc).



La mejor trayectoria



Movimiento Circular Uniforme

La **rotonda** o **glorieta** es una construcción vial diseñada para facilitar los cruces de caminos y aminorar el peligro de accidentes.

Consiste en una vía circular alrededor de otras vías a interconectar y en donde se aplican dos sencillas reglas:

- El sentido de giro por la rotonda o vía circular es antihorario.
- Tienen la prioridad los vehículos que ya están circulando dentro de la rotonda, (prioridad a la izquierda si la norma obliga circular por la derecha y viceversa), al contrario que en los cruces normales.

La rotonda permite controlar la velocidad de los vehículos, ya que el radio de la misma te obliga a no superar cierta velocidad, evita la necesidad de semáforos.

En vías de dos o más carriles, el sistema presenta complicaciones por el cruce de coches al incorporarse o abandonar la rotonda debido a la falta de pericia de algunos conductores.

En vías con tráfico denso o muchas rotondas concatenadas, provoca cansancio en la conducción, ya que la incorporación y abandono de la rotonda, junto con el cambio y vigilancia de la velocidad supone un estrés adicional en el conductor.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rotonda>



Rotonda para países en que se conduce por la derecha



Rotonda para países en que se conduce por la izquierda

Movimiento Circular Uniforme



Para practicar

1. Indica si los siguientes movimientos son o no son circulares.

- Cinta transportadora
- Caída libre
- Peonza
- Noria
- Aguja máquina de coser
- Péndulo reloj
- Ejecutar un CD
- Rayo láser
- Palas de una hélice
- Gotas de lluvia

2. Calcula los siguientes ángulos

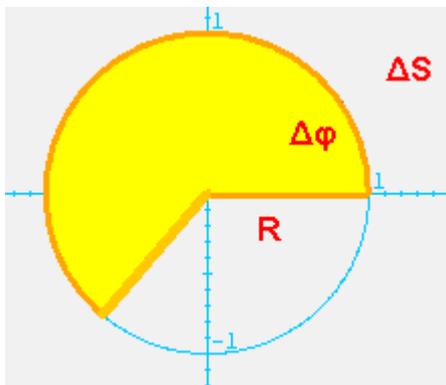


Fig 1

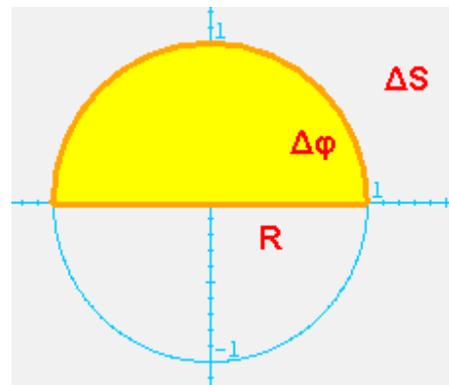


Fig 2

- Elige un ángulo en radianes y conviértelo a revoluciones. Elige un ángulo en revoluciones y conviértelo a radianes.
- Calcula la velocidad lineal de dos puntos que describen circunferencias de 1,5 y 0,25 m de radio respectivamente.
- Elige una velocidad en r.p.m y pásala rad/s y viceversa.
- Calcula la velocidad lineal, la velocidad angular y la relación que existe entre éstas para dos puntos que describen circunferencias de 1,5 y 0,25 m de radio respectivamente.
- ¿Cómo calcularías el periodo de un movimiento usando un cronómetro como instrumento de medida?



8. Observa el reloj. Calcula la frecuencia del segundero, minuterero y de la aguja horaria.

9. Calcula la aceleración normal de un objeto que gira a 3 rad/s. Ángulo de giro 1 m.



Para saber más



El movimiento circular en la naturaleza: Molinos de viento.

Un **molino** es un artefacto o máquina que sirve para moler.

Por extensión, el término **molino** se aplica vulgarmente a los mecanismos que utilizan la fuerza de viento, agua o animal para mover otros artefactos, tales como una bomba hidráulica o un generador eléctrico.

El molino de viento clásico consiste en una estructura de piedra de forma cilíndrica o troncocónica, de base circular, en cuya parte superior hay unas aspas que transforman la energía del viento en energía mecánica (movimiento). Esta parte superior (que además sirve de cubierta) es un entramado de madera que gira sobre el tambor de piedra para orientar las aspas según la dirección del viento, mediante un largo madero (*gobierno*; a la derecha de la imagen) exterior al edificio, que se amarra a unos hitos anclados al suelo. Las aspas mueven una rueda casi vertical (*catalina*) que, mediante otro engranaje (*linterna*), trasmite el movimiento del eje de las aspas a un eje vertical, que mueve la *volandera*.

En la parte superior del edificio, bajo la cubierta, hay unos ventanucos (que también se ven en la foto) que servían para que el molinero supiera la dirección del viento y, en consecuencia, pudiera orientar las aspas como mejor convenía con el *gobierno*.

Sobre las aspas se disponían unas lonas para recibir el viento, que se retiraban cuando no era necesario el movimiento, con lo que se aumentaba la duración de los mecanismos, que eran generalmente de madera y por lo tanto muy propensos al desgaste.

La utilidad de los mecanismos de los molinos de viento para generar energía mecánica se ha aprovechado para otros usos, como sacar agua o para producir energía eléctrica.

Movimiento Circular Uniforme



Recuerda lo más importante

Movimiento circular uniforme, MCU, es el de un móvil que recorre una trayectoria circular con rapidez constante.

Desplazamiento lineal: Es la distancia que recorre el móvil sobre la trayectoria.

Desplazamiento angular: Son los ángulos barridos por el móvil a lo largo de la trayectoria.

Velocidad lineal, v , es la rapidez con que se mueve un punto a lo largo de una trayectoria circular.

$$v = \frac{\text{arco}}{\text{tiempo}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Velocidad angular, ω , es el ángulo barrido en la unidad de tiempo.

$$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

La velocidad lineal es proporcional a la velocidad angular. El radio es la constante de proporcionalidad.

$$v = \omega R$$

El periodo, T , es tiempo que tarda el móvil en dar una vuelta completa.

La frecuencia, f , es el número de vueltas dadas en un segundo.

En el MCU, la **velocidad lineal**, al ser un vector tangente a la trayectoria varía su dirección y sentido a lo largo de la misma.

Estos cambios en la velocidad inducen una **aceleración perpendicular** a la trayectoria, a_n .

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

O bien:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2 R$$



1. ¿Cuántos rad/s son 25 r.p.m?
2. Un disco gira a 45 r.p.m, calcula el tiempo que tarda en dar una vuelta así como su frecuencia.
3. Las ruedas de un automóvil de 70 cm de diámetro gira a razón de 100 r.p.m. Calcula la velocidad (lineal) de dicho automóvil.
4. Un automóvil circula a 72 km/h por una curva de 20 m de radio. ¿Cuál es su aceleración centrípeta?
5. ¿Cuántas vueltas dará el plato de un microondas en un minuto si gira a 3,5 rad/s?
6. Una rueda de 10 cm de radio gira a 3 rad/s. Calcula la velocidad lineal de un punto de la periferia así como de otro punto situado a 5 cm del eje de giro.
7. ¿Cuántas r.p.m son 4 rad/s?
8. Una esfera de 5 cm de radio gira a 4 rad/s. Calcula la velocidad y la aceleración de un punto situado en el ecuador de la esfera.
9. El CD de un ordenador gira con una velocidad angular máxima de 539 r.p.m. Calcula el número de vueltas que da durante la reproducción de una canción de 4 minutos.
10. La Tierra completa una vuelta alrededor del Sol cada 365 días. Si la distancia media al Sol es 149.600.00 km. Calcula la velocidad lineal de la Tierra en torno al Sol.

Movimiento Circular Uniforme

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. Indica si los siguientes movimientos son o no son circulares.

- a. Circular
- b. No circular
- c. Circular
- d. Circular
- e. No circular
- f. Circular
- g. Circular
- h. No circular
- i. Circular
- j. No circular

2. Los ángulos son 4 rad y $n \text{ rad}$.

4. $1,50 \cdot \pi p \text{ m/s}$ y $0,25 \cdot p \text{ m/s}$ respectivamente.

6. Velocidad lineal: $1,50 \cdot \pi p \text{ m/s}$ y $0,25 \cdot p \text{ m/s}$ respectivamente.
Velocidad angular: $n \text{ rad/s}$ para cada movimiento.
Relación entre ambas: el radio de giro.

7. Pondría el cronómetro en marcha cuando empezara a moverse y lo pararía en el instante en que termina de dar una vuelta.

8. Para el segundero: $f = 1/T = 1/60 = 0,017 \text{ Hz}$.
Para el minuterero: $f = 1/T = 1/3600 = 0,0003 \text{ Hz}$
Para la aguja horaria: $f = 1/T = 1/43200 = 0,00002 \text{ Hz}$

9. 9 m/s^2

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

- 1. $2,6 \text{ rad/s}$
- 2. $1,3 \text{ s}$ y $0,7 \text{ Hz}$
- 3. $36,4 \text{ m/s}$
- 4. 20 m/s^2
- 5. 210 rad y $33,42 \text{ vueltas}$
- 6. $0,30 \text{ m/s}$ y $0,15 \text{ m/s}$
- 7. $38,2 \text{ vueltas}$
- 8. $0,2 \text{ m/s}$ y $0,8 \text{ m/s}^2$
- 9. 2156 vueltas

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Comprender que las fuerzas se originan en las interacciones y cuántas surgen en cada una.
- Saber cómo se representan las fuerzas y cómo se suman y restan.
- Conocer las Leyes de Newton.
- Conocer la importancia que tuvieron en el origen y prestigio de la Física y también como columna vertebral de la Mecánica.
- Comprender el Principio de conservación de la cantidad de movimiento.
- Resolver ejercicios de aplicación de las Leyes de Newton, suma de fuerzas, efecto de giro y Conservación de la cantidad de movimiento.

Antes de empezar

1. Definición y características pág. 48
Definición y representación
Origen
Efectos generales
Efectos (giros: momento)
Medida de F: Ley de Hooke
2. Composición y descomposición pág. 51
Descomposición de una fuerza
Suma de fuerzas
Resta de dos fuerzas
3. Equilibrio: fuerza equilibrante pág. 53
Fuerzas concurrentes
Fuerzas paralelas mismo sentido
Fuerzas paralelas sentido opuesto
Par de fuerzas
4. Los principios de la Dinámica pág. 58
1ª Ley de Newton
2ª Ley de Newton
3ª Ley de Newton
5. Cantidad de movimiento pág. 61
Definición
Principio de conservación

Ejercicios para practicar

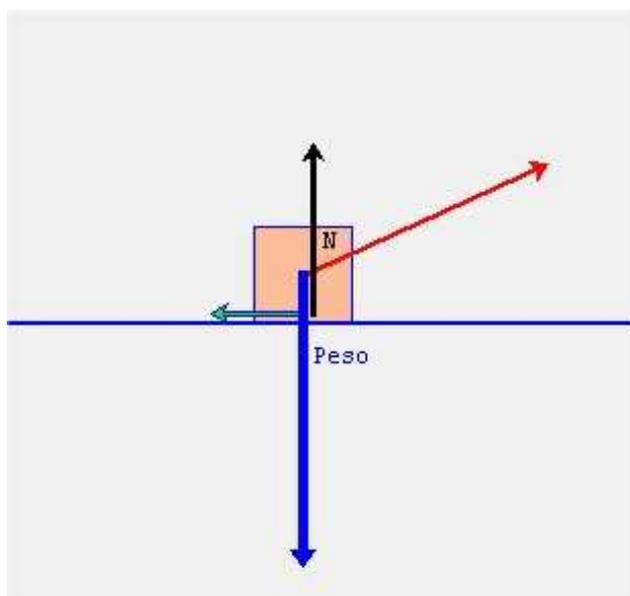
Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Antes de empezar



Recuerda

Este tema estudia las fuerzas desde el punto de vista estático y dinámico y complementa el estudio del movimiento desde el punto de vista cinemático. Repasa los conceptos estudiados en Cinemática.

Investiga

Investiga la importancia que históricamente tuvo poder relacionar los movimientos con las causas que los producen (Galileo-Newton: explicación del movimiento de los astros y deducción de que las leyes que rigen los cielos son iguales a las de la Tierra); la unión entre la Geometría y el Álgebra con el establecimiento de ecuaciones de posición realizadas por Descartes, que además aportó su "duda metódica" como método para llegar al conocimiento. Todo esto junto con la experimentación, la expresión matemática de las relaciones entre magnitudes y la comprobación de las hipótesis, dio lugar al nacimiento del "Método Científico" y al desarrollo de las Ciencias.

Las Fuerzas

1. Definición y Características

Definición y representación

Fuerza es toda causa capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo o de producir en él una deformación.

La fuerza es una magnitud vectorial: se representa por una flecha (vector) y necesitamos conocer no sólo su módulo, sino también su **dirección, sentido y punto de aplicación**.

Repasa la animación de este apartado para ver como su módulo es la intensidad o valor, su dirección es la del segmento que soporta el vector y su dirección es la que indica la punta de la flecha.

No se puede saber lo que puede hacer una fuerza sin conocer **su valor, donde está aplicada y con qué dirección y sentido**.

Su unidad es el Newton (1kg pesa 9,8 N en un lugar en que la gravedad es $9,8 \text{ m/s}^2$). Verás su definición en el apartado de la 2ª Ley de Newton pues es a partir de ella como se define.

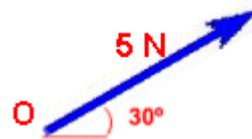
Origen

Una **interacción** entre dos objetos siempre **produce dos fuerzas iguales y opuestas, aplicadas una en cada objeto**.

Las interacciones pueden ser a distancia como la gravitatoria y la electromagnética o por contacto (como las originadas en un choque).

Las **dos fuerzas de una interacción** aunque son iguales **no se anulan** porque actúan cada una en un cuerpo diferente.

Representación de la fuerza



Origen: en O

Dirección: la de la flecha

Sentido: el que indica la punta

Módulo o intensidad: 5

Unidad: el Newton



La fuerza peso se origina por la atracción entre la masa de la Tierra y la del cuerpo. En un punto de la Tierra donde los cuerpos caigan con una aceleración de $g=9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ el peso vale: $P=m\cdot g=m\cdot 9,81 \text{ N}$

Debido a que no se anulan las fuerzas originadas en los choques, porque están aplicadas una en cada objeto, éstos rebotan o se deforman.

Pasando el ratón por la figura de la página Web podrás ver las diferentes fuerzas surgidas en las interacciones.

Efectos que producen

Las fuerzas producen deformaciones (recuerda sus efectos en muelles, gomas, carrocerías, etc.) y también cambios de velocidad (aceleración).

Una fuerza actuando, ya sea durante un tiempo pequeño ("golpe seco" o durante poco recorrido) o durante mucho tiempo, **produce una aceleración** que cambia el valor de la velocidad y/o su sentido.

Una fuerza, cuya dirección de aplicación no pasa por el centro de gravedad de un objeto libre, le produce un giro y una traslación. Si el cuerpo está sujeto por un punto y la dirección de la fuerza aplicada no pasa por ese punto, también girará.

Efectos que producen (giros: momento)

El momento de la fuerza (M) respecto a O , es el vector que expresa la intensidad del efecto de giro con respecto a un eje de rotación que pase por O .

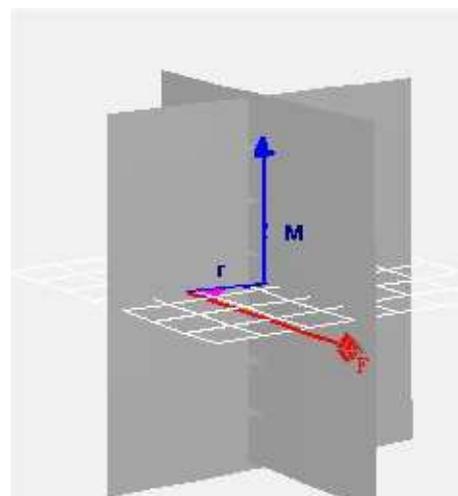
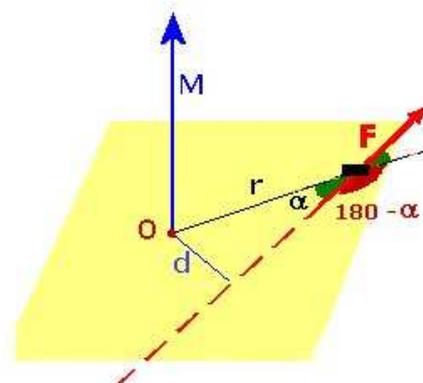
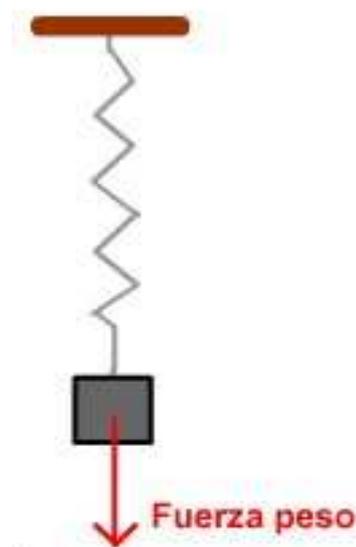
$$\mathbf{M} = \mathbf{F} r \text{ sen } \alpha$$

La distancia de F al eje de giro es r . El ángulo a es el que forma la dirección de la fuerza con r . (Podemos tomar en su lugar el ángulo que forma con su prolongación, $\text{sen } a = \text{sen } (180 - a)$).

Dado que: $r \cdot \text{sen } \alpha = d$; $\mathbf{M} = \mathbf{F} \cdot d$

El valor del momento de una fuerza es el producto de la fuerza por la distancia más corta (la perpendicular) desde su dirección al eje de giro. Su dirección es perpendicular al plano formado por F y r y su sentido es el del avance del tornillo que gire con el sentido con que atornilla la F .

La unidad del momento en el S.I. es el N·m.



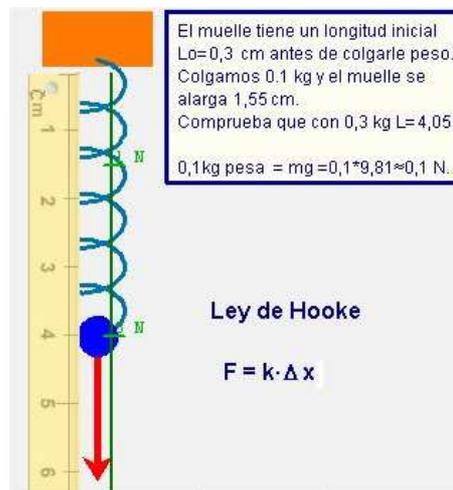
Las Fuerzas

Cómo medir las fuerzas

Aprovechando la propiedad que tiene la fuerza de producir deformaciones en un muelle podemos construir con él un aparato para medir fuerzas: **el dinamómetro**. Consiste en un muelle que se estira al colgarle un cuerpo, descubriendo una escala graduada donde se lee el peso correspondiente al cuerpo que produce esa elongación.

Podemos fabricar un dinamómetro "casero" calibrando cualquier muelle con sólo dos pesas de valores conocidos, una de valor bajo y la otra de un valor alto (que casi lleve al muelle a su límite de elasticidad). Las colgamos y anotamos en la pared, en la posición de alargamiento, no la distancia alargada, sino el valor del peso colgado.

Una vez realizadas las marcas, colgando de él cualquier masa comprendida entre los valores de uso, podemos leer el valor de su peso en la escala que hemos fabricado.



EJERCICIOS RESUELTOS

1. Dibuja un vector indicando sus características. Escribe las expresiones algebraicas de sus proyecciones sobre los ejes. Solución: Ver animaciones en la página web
2. Describe una interacción e indica cómo son, donde están aplicadas las fuerzas que surgen y sus direcciones. Solución: Ver animaciones en la página web
3. Menciona los efectos que puede producir una fuerza.
4. Halla el momento de una fuerza de 100 N aplicada perpendicularmente a una puerta de ancho 0,9 m. Indica la dirección del momento haciendo un dibujo. Ojo con la dirección de la fuerza.
Solución: $M = F \cdot d = 100\text{N} \cdot 0,9 \text{ m} \cdot \text{sen } 90^\circ = 90 \text{ N}\cdot\text{m}$
5. Calcula la constante de un muelle al que una fuerza de 1N lo alarga de 0,3 cm a 1,55 cm
Solución: $F = k \cdot \Delta x$; $1 = k \cdot (1,55 - 0,3)$; $K = 1 / 1,25 = 0,8 \text{ N/m}$

2. Composición y descomposición

Descomposición de una fuerza

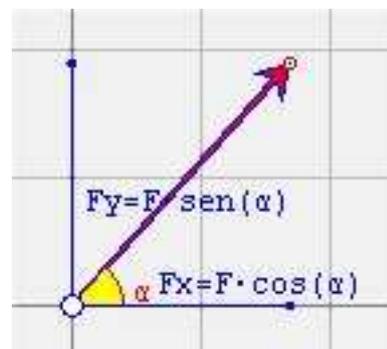
Resulta útil para resolver muchos problemas descomponer una fuerza en otras dos en la dirección de los ejes de coordenadas, cuyos efectos sumados sean iguales a la propia fuerza.

Las proyecciones sobre los ejes son sus componentes.

Aplicando la definición de seno al ángulo que forma el vector con el eje x (en un triángulo rectángulo el seno es el cateto opuesto al ángulo dividido por hipotenusa), y de coseno, podemos calcular las componentes:

$$F_x = F \cdot \cos \alpha; \quad F_y = F \cdot \sin \alpha$$

Conocidas las componentes de **F** sobre los ejes, no sólo conocemos la orientación (el ángulo con el eje x define su dirección), sino que podemos hallar su módulo por medio del Teorema de Pitágoras.



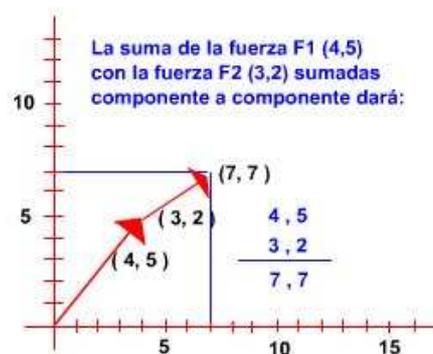
Las componentes F_x y F_y son las proyecciones de F sobre los ejes de coordenadas y son también vectores

Suma de fuerzas

Si las **fuerzas tienen la misma dirección** se suman sus módulos sin más (o resta si su sentido es opuesto). La suma resultante representa el efecto combinado de todas las fuerzas y tiene su misma dirección.

Si las **fuerzas tienen diferentes direcciones**, se sustituyen por sus proyecciones en los ejes. A continuación se suman las componentes del mismo sentido y se restan las de sentido opuesto. Finalmente sólo queda una resultante en el eje x y otra en el eje y, que se componen aplicando el T. de Pitágoras: la hipotenusa da la dirección y el módulo es la fuerza total resultante.

A veces las componentes en un eje se neutralizan.



Las Fuerzas

Otra forma de explicar como se suman las fuerzas concurrentes que tienen diferentes direcciones es aplicando la **regla del paralelogramo**:

En el extremo de una de las fuerzas se dibuja una paralela a la otra. Se une el extremo de esta fuerza desplazada con el origen de las fuerzas y éste vector será la resultante de las dos. Observa en la escena de la derecha como el efecto de poner una fuerza paralela a continuación de la otra es como sumarle sus componentes.



Para sumar **más de dos fuerzas concurrentes**, se suman primero dos, su resultante se suma con una tercera y así hasta sumarlas todas.

Resta de dos fuerzas

Restar una fuerza de otra es igual a sumarle su opuesta: **$F_1 - F_2$ equivale a $F_1 + (-F_2)$** .

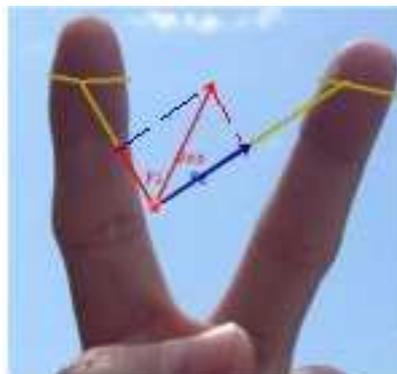
Por tanto para restar una fuerza de otra, primero hallamos su opuesta (misma dirección pero sentido contrario: los signos de sus componentes son los contrarios) y una vez hallada la sumamos aplicando los métodos vistos en la suma (suma gráfica o sumando las componentes).

Si las dos fuerzas tienen la misma dirección se cambia de sentido la que se debe restar. La resultante es una fuerza de la misma dirección y su módulo es la resta aritmética de los módulos de las dos, su sentido coincidirá con la mayor.

Para restarle varias fuerzas a una fuerza F_1 se halla la suma de todas las fuerzas a restar y la resultante se resta de F_1 (hallando la opuesta a la resultante y sumándosela a F_1)

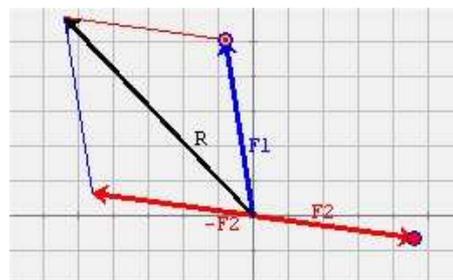
Una fuerza que se resta siempre es la fuerza de rozamiento que se opone siempre a la fuerza de tracción que marca la dirección del movimiento.

Regla del paralelogramo para sumar fuerzas



La fuerza ejercida por las dos gomas tiene su componente dirigida entre los dedos.

Resta $F_1 - F_2$



Ejercicios:

Realiza en la página web los ejercicios interactivos que te permitirán comprender mejor la resta de dos fuerzas.

EJERCICIOS RESUELTOS

6. Halla el ángulo formado con el eje de las x por una fuerza de módulo 3,2 si su componente en el eje de las x es 2,2
 Solución: $\cos a = F_x / F$; $a = a \cos (F_x / F)$; $a = a \cos (2,2/3,2) = 50^\circ$
7. Halla la suma de tres fuerzas en el plano, $F_1 (-3, 4)$, $F_2 (6, -3)$, $F_3 (-1, 4)$
 Solución:
 Sumando entre sí las primeras componentes y también entre sí las segundas obtenemos una resultante $R = (-3+6-1, 4-3+4) = 2,5$
8. Halla la diferencia $F_1 - F_2$ siendo $F_1 (4, -3)$ y $F_2 (-2, 4)$
 Solución:
 Para efectuar la resta, vamos a sumar a F_1 la opuesta a F_2 . Para hallar la opuesta cambiamos de signo sus componentes.
 $R = F_1 - F_2 = F_1 + (-F_2)$
 $R = (4, -3) + (2, -4) = (6, -7)$

3. Equilibrio: fuerza equilibrante

Fuerzas concurrentes

Dos fuerza concurrentes se suman tal como vimos en el apartado de composición de fuerzas. Si existen más de dos fuerzas, se hallan las proyecciones sobre los ejes de todas y se suman aritméticamente estas componentes. Se aplica el T. de Pitágoras a estas resultantes tomadas como catetos. La hipotenusa será la resultante final (define su dirección, módulo y sentido).

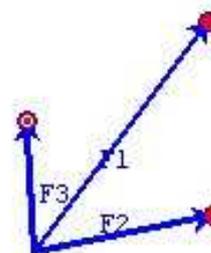
Para neutralizar todas las fuerzas concurrentes aplicadas en un punto de un **sólido rígido**, sólo debemos aplicar en ese punto una fuerza de igual valor y opuesta a la resultante: **F_{equilibrante}**. Entonces, si la suma de todas las fuerzas incluida la resultante es igual a cero no hay desplazamiento:

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_{\text{equilib.}} = 0; \text{ No hay desplazamiento.}$$

Si el sólido en el que actúan las fuerzas es un punto, no hay giro. ($M = F \cdot d$, porque $d = 0$; $M = 0$).

Al estar reducidas las dimensiones del cuerpo un punto, no existe distancia desde la dirección de la fuerza resultante de todas al eje de giro: $d = 0$. Por lo tanto el momento de las fuerzas será cero.

Fuerzas concurrentes



Ejercicios:

Realiza en la página web ejercicios gráficos para ver como se halla la resultante y la fuerza equilibrante

Las Fuerzas

Fuerzas paralelas de igual sentido

La fuerza resultante es una fuerza, F_R , de:

- Intensidad (módulo) suma de los módulos de F_1 y F_2 .
- Dirección paralela a F_1 y F_2
- Sentido el de las fuerzas.
- Punto de aplicación situado en el segmento que une los puntos de aplicación de F_1 y F_2 y lo divide en dos partes, x_1 y x_2 , inversamente proporcionales a los módulos de F_1 y de F_2 (la fuerza mayor está al lado del segmento menor).

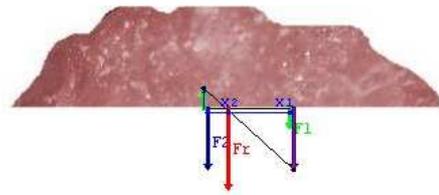
La **fuerza que las equilibra** es igual y opuesta a la fuerza resultante ($F_{\text{equilibrante}} = -F_R$)

Equilibrio en la traslación: $\Sigma F = 0$; $R - F_1 - F_2 = 0$

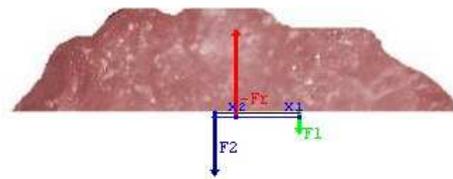
Equilibrio rotación: $\Sigma M = 0$; $F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2 = 0$

Fuerzas paralelas de igual sentido actuando sobre una roca.

1. Hallar la F resultante



2. Hallar la F equilibrante



Fuerzas paralelas de sentido opuesto

La fuerza resultante es una fuerza, F_R , de:

- Intensidad (módulo) diferencia de los módulos de F_1 y F_2 .
- Dirección paralela a F_1 y F_2
- Sentido el de la fuerza mayor.
- Punto de aplicación situado en la prolongación del segmento que une los puntos de aplicación de F_1 y F_2 . Su distancia a éstas es inversamente proporcional a los módulos de F_1 y F_2 (fuera del segmento de unión y del lado de la fuerza mayor).

La **fuerza que las equilibra** es igual y opuesta a la fuerza resultante ($F_{\text{equilibrante}} = -F_R$).

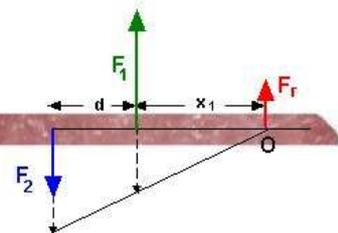
Para equilibrar el giro, el momento de F_1 y F_2 respecto a O debe anularse.

$$F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot (d + x_1) = 0$$

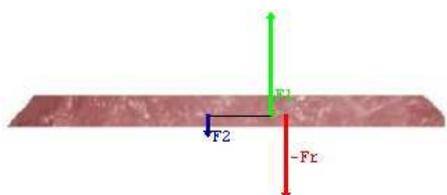
La fuerza resultante neutraliza la traslación y el giro del cuerpo sobre el que actúan las fuerzas.

Fuerzas paralelas de distinto sentido actuando sobre una roca.

1. Hallar la F resultante



2. Hallar la F equilibrante



Par de fuerzas.

Un par de fuerzas lo forman dos fuerzas paralelas, separadas por una distancia, de igual intensidad y dirigidas en sentido contrario.

El efecto producido por un par de fuerzas es una rotación respecto a un eje imaginario perpendicular al plano que las contiene. El Momento es $F \cdot 2r$ y su dirección es perpendicular al plano de las fuerzas

La fuerza resultante de un par es cero ($F_1 - F_2 = 0$) y, por lo tanto, no pueden ser neutralizados sus efectos por una única fuerza porque, al añadir esa fuerza, la suma de fuerzas que antes era cero no lo sería ahora. Se requiere otro par para neutralizarlo.

Al girar el volante con las dos manos, tirando con igual fuerza con las dos y en paralelo, ejercemos un par de fuerzas.

Ejercemos un par de fuerzas al apretar con una llave fija o una llave inglesa por la forma en que actúan sobre la cabeza del tornillo. A veces interesa saber el par que estamos ejerciendo para no pasarnos apretando y para eso existen las llaves dinamométricas que aprietan justo hasta el valor fijado previamente.

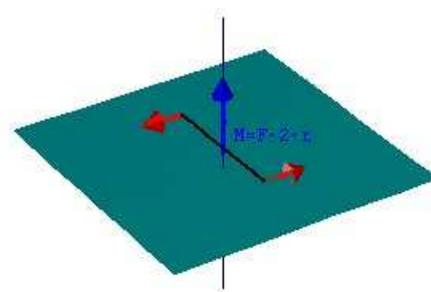
Al tirar tangencialmente con una sola mano de un volante se origina en eje situado en el centro del volante una fuerza igual y opuesta que impide su desplazamiento. Esta fuerza junto con la de tracción origina un par de fuerzas. La distancia entre ellas es el radio del volante

El par motor en los automóviles indica el valor del par de fuerzas implicadas en el giro que transmite a las ruedas. Cada motor alcanza un par máximo a unas revoluciones por minuto determinadas (altas siempre).

Si se multiplica el valor del par máximo por la velocidad angular de giro (medida en rad/s) a las que el motor alcanza ese par, ese producto indica la potencia del motor en vatios.

Potencia = Par motor (N·m) · Velocidad angular (rad/s)

Par de fuerzas y su momento



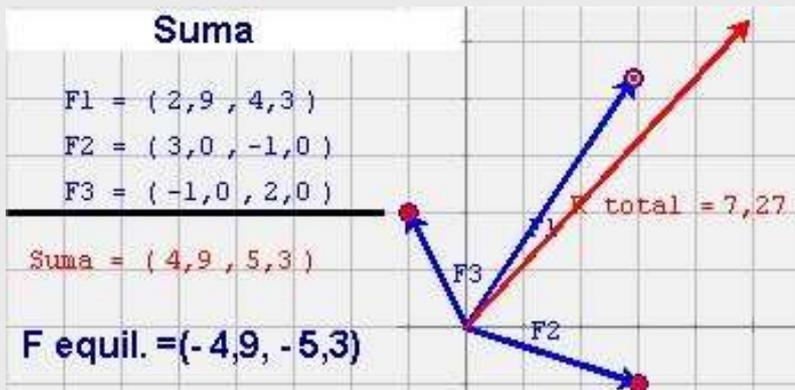
Llave dinamométrica

EJERCICIOS RESUELTOS

9. Halla la fuerza equilibrante de las tres siguientes: $F_1 (2,9, 4,3)$; $F_2 (3, -1)$; $F_3 (-1, 2)$.

Solución:

La suma es $R = (4,9, 5,3)$ se suman las componentes sobre los ejes.
La fuerza equilibrante es la opuesta a la resultante $F_{eq} = (-4,9, -5,3)$



10. Hallar la fuerza equilibrante de dos fuerzas de 0,5 N y 1,5 N del mismo sentido aplicadas al extremo de una barra de 5 m y su punto de aplicación.

Solución:

Hallamos primero la resultante porque la F equilibrante es su opuesta.

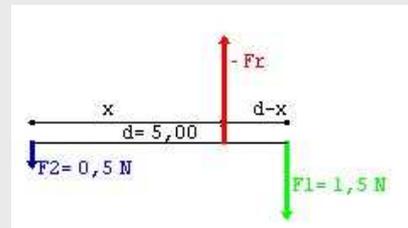
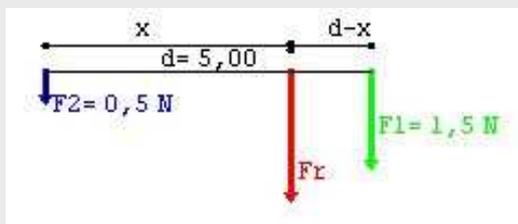
Para que no exista traslación $F_1 + F_2 + F_{eq} = 0$; la suma de las tres debe dar el equilibrio de traslación: $R = F_1 + F_2 = 0,5 + 1,5 = 2N$ en la dirección de F_1 y F_2 .

La Fuerza equilibrante es 2 N en sentido opuesto.

El punto de aplicación se halla para que $\Sigma M = 0$. Tomamos momento en el punto en que debe estar aplicada la fuerza equilibrante: a una distancia x de F_2 el giro que originaría F_1 estará contrarrestado con el que originaría F_2 :

$$F_2 \cdot x - F_1 (d-x) = 0 ; 0,5 \cdot x - 1,5 \cdot (5-x) = 0$$

Resolvemos la ecuación y $x = 3,75$ M



EJERCICIOS RESUELTOS

11. Halla la fuerza equilibrante y su punto de aplicación, de dos fuerzas $F_2 = -1,5 \text{ N}$ y $F_1 = 3,5 \text{ N}$ de distinto sentido aplicadas al extremo de una barra de 2 m de longitud.

Solución:

Hallamos primero la resultante porque la F equilibrante es su opuesta.

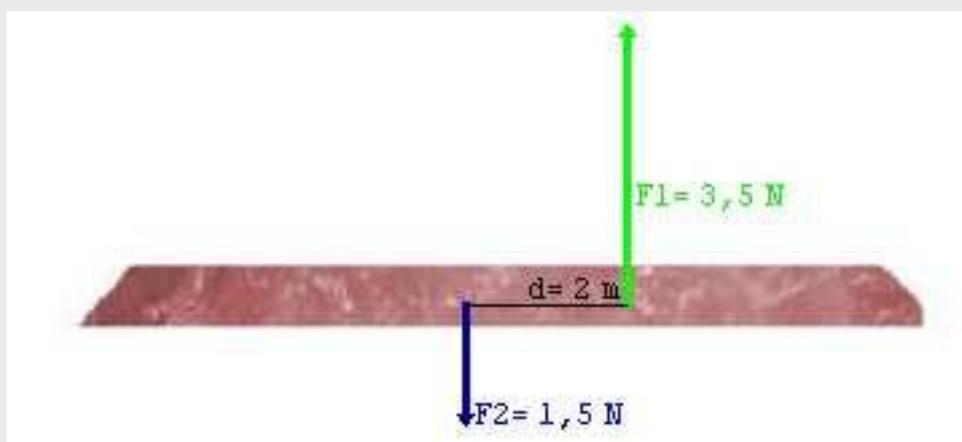
Para que no exista traslación $F_1 + F_2 + F_{eq} = 0$. La suma de las tres debe dar el equilibrio de traslación: $R = F_1 + F_2 = 3,5 - 1,5 = 2 \text{ N}$ en la dirección de F_1

La Fuerza equilibrante es 2 N en sentido opuesto.

El punto de aplicación se halla para que $\Sigma M = 0$. Tomamos momento en el punto en que debe estar aplicada la fuerza equilibrante: a una distancia x de F_2 el giro que originaría F_1 estará contrarrestado con el que originaría F_2 :

$$F_1 \cdot x - F_2 (d+x) = 0 ; 3,5 \cdot x - 1,5 \cdot (2+x) = 0$$

Resolvemos la ecuación y $x = 1,5 \text{ m}$

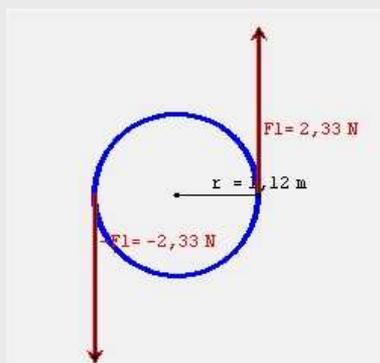


12. Halla el momento del par de fuerzas de módulo $2,33 \text{ N}$ separadas por $1,22 \text{ m}$ y la fuerza equilibrante.

Solución: El momento del par de fuerzas es $M = F \cdot d = 2,33 \cdot 1,22 = 2,84 \text{ N} \cdot \text{m}$

El efecto de giro del par no se puede neutralizar con una sola fuerza, se requiere otro par que ejerza un momento igual en sentido contrario.

Solución: no existe una única fuerza equilibrante.

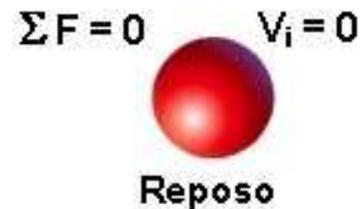


4. Los principios de la Dinámica

1ª Ley de Newton (ley de la inercia)

En ausencia de fuerzas externas un cuerpo permanece en reposo si su velocidad inicial es cero. Si tiene velocidad inicial se mueve con movimiento rectilíneo uniforme, manteniendo su velocidad constante, mientras no actúen fuerzas sobre él.

La inercia expresa la tendencia de un cuerpo a mantenerse en el estado en que está. Si está en reposo y no actúan fuerzas sobre él, continúa en reposo.

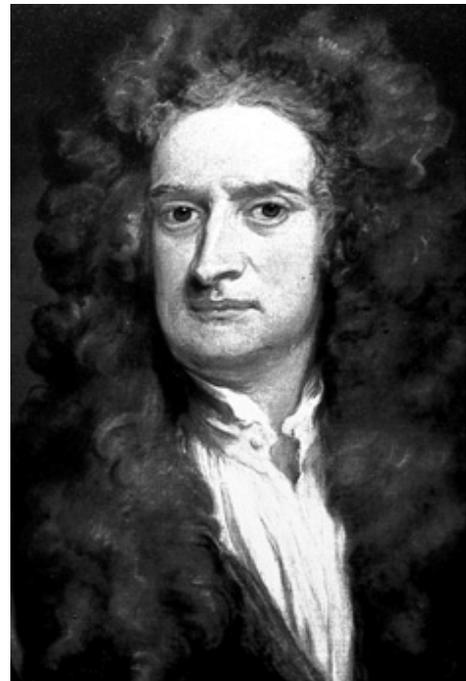


Ley de la inercia: Un cuerpo libre continúa en estado de reposo o se mueve con movimiento rectilíneo uniforme, **si no actúan fuerzas sobre él o si la suma vectorial de las fuerzas es nula.**

Biografía de Newton

Isaac Newton (1642 - 1727). Físico, matemático, astrónomo inglés, hijo póstumo y prematuro, delicado, con una gran habilidad manual y soltero empedernido, es uno de los más grandes genios de la humanidad. Su mayor mérito fue demostrar que las leyes físicas que se cumplen en la Tierra también se cumplen en los "cielos": en su libro "Principios matemáticos de la filosofía natural" describió la Ley de la Gravitación Universal que lo explica y demuestra (las fuerzas que gobiernan todo el Cosmos son debidas a la atracción de las masas).

También estableció las bases de la Física Clásica mediante las tres leyes que llevan su nombre. Al establecer las Leyes de la Dinámica y completar la relación de fuerzas y movimientos, logra explicar que le pasará en el futuro a un cuerpo sabiendo las condiciones iniciales y las fuerzas que actúan sobre él durante ese tiempo. ¡Por primera vez se podía predecir el futuro! Los astrónomos y los físicos de la NASA saben que un cohete lanzado con un ángulo determinado llegará a la Luna y donde impactará pese a estar moviéndose la Tierra y la Luna. Los "astrólogos", saben poco y, aunque vaticinan sobre lo divino y lo humano, sólo aciertan por puro azar.



Isaac Newton

La peste bubónica de 1665 originó un "bien colateral" al obligar a cerrar Cambridge y a que el joven Newton de 22 años se dedicara a pensar en su aldea de Woolsthorpe. Como ya había aprendido a aprender solo, fue en tres años maravillosos, que empezaron un poco antes de ese retiro y continuaron casi un año más, cuando se le ocurrió todo lo que desarrollaría después: binomio de Newton, cálculo diferencial, cálculo integral, teoría del color, teoría de la Gravitación Universal, etc. Además, consolidó la forma de investigar mediante la aplicación del Método Científico iniciado por Galileo.



Tumba de Newton

2ª Ley de Newton

La fuerza aplicada a un cuerpo modifica su velocidad tanto más cuanto más tiempo se aplique. La a expresa el cambio de v .

La 2ª ley de Newton dice que **la aceleración** de un objeto **es proporcional a la fuerza** que está actuando sobre él e **inversamente proporcional a su masa**.

El vector **aceleración** tiene la misma dirección que la fuerza.

La segunda Ley de Newton nos proporciona la respuesta al problema de saber cuál debe ser la fuerza necesaria para lograr un movimiento con una determinada aceleración: una fuerza produce siempre una aceleración cuando está actuando sobre un cuerpo.

La fórmula que expresa la segunda Ley de Newton constituye la fórmula principal de la dinámica, rama de la física que relaciona el movimiento con las causas que lo producen

Unidad de Fuerza

La unidad de fuerza en el S.I. es el Newton y se define a partir del 2º Principio de la dinámica.

1 N es la fuerza que al mantenerla aplicada sobre una masa de 1 kg le produce una aceleración de 1 m/s² (incrementa su velocidad en 1 m/s cada segundo).

Por tanto. 1 N = 1 kg · 1 m/s²

$$F = m \cdot a$$

Efecto de la fuerza

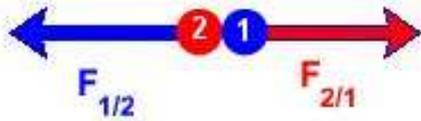


La fuerza, representada de rojo, cambia la velocidad de valor y de dirección

Las Fuerzas

3ª Ley de Newton

Al interactuar dos partículas, la fuerza $F_{1/2}$ que la primera ejerce sobre la segunda es igual y opuesta a la fuerza $F_{2/1}$ que la segunda ejerce sobre la primera, estando ambas sobre la recta que las une.



Se escribe $F_{1/2}$ para indicar la fuerza que el cuerpo 1 ejerce sobre el 2 y $F_{2/1}$ para indicar la fuerza que el cuerpo 2 ejerce sobre el 1. Son iguales y opuestas.

Características de las fuerzas de Acción - Reacción

- Surgen de una interacción.
- Nunca aparece una sola: son dos y simultáneas.
- Actúan sobre cuerpos diferentes: una en cada cuerpo.
- Nunca forman un par de fuerzas: tienen la misma línea de acción.
- Un cuerpo que experimenta una única interacción no está en equilibrio ($\Sigma F \neq 0$), pues sobre él aparece una fuerza única que lo acelera. Para estar en equilibrio se requieren por lo menos dos interacciones.

Las **dos fuerzas** del impacto están aplicadas sobre distintos cuerpos. (Si están aplicadas las dos en el mismo cuerpo se anulan).

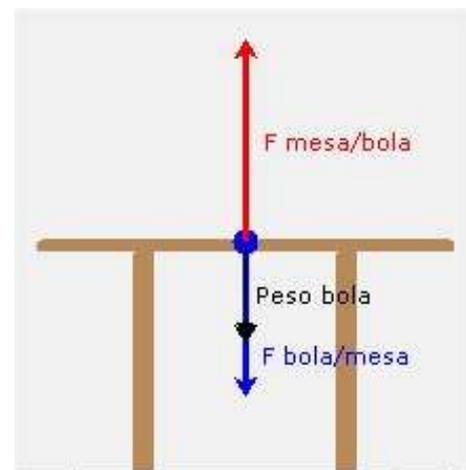
Ejemplo de fuerzas de acción y reacción que se crean en la interacción de la pelota con la mesa al impactar. (Ver animación en la página).

Al impactar una pelota en la mesa, y mientras dura el impacto, aparecen las dos fuerzas iguales, opuestas y de sentido contrario, aplicadas en los objetos que interactúan: una aplicada en la mesa y la otra en la pelota.

Ley de acción y reacción



Al empujarse se crean dos fuerzas iguales aplicadas en el hombre y en el niño



EJERCICIOS RESUELTOS

13. ¿Qué dirección seguirá una piedra que gira sujeta por el cuero de una honda en el momento en que el hondero suelta una de las partes de la correa?

Solución: Sale tangencialmente a la trayectoria (consultar la animación del 1^{er} principio de la Dinámica).

14. Halla la aceleración que experimenta un bloque de 500 g de masa apoyado en una superficie horizontal que lo frena con una fuerza de 3 N al aplicarle una fuerza de 9 N.

Solución:

Aplicamos $F = m \cdot a$; sabiendo que en realidad esa fórmula es $\Sigma F = m \cdot a$.

La suma de los efectos de todas las fuerzas debe comunicarle una aceleración.

Otra condición para que la utilización de la fórmula sea correcta es que estén sus unidades en el mismo sistema de unidades (usamos el S.I).

En este caso la masa debemos expresarla en kg.

$$M = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F = m \cdot a: 9 - 3 = 0,5 \cdot a$$

$$\text{Despejando: } a = 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

15. Al caer sobre una mesa una pelota la golpea. ¿Qué dirección y sentido tiene la fuerza con que la pelota golpea la mesa? ¿Qué otras fuerza surgen? ¿Dónde están aplicadas y cual es su valor con respecto a la que se ejerce sobre la mesa?

Solución:

En la interacción del choque surgen dos fuerzas iguales y opuestas una aplicada sobre la mesa y otra, igual y opuesta, aplicada en la pelota. Éstas fuerzas existen durante el tiempo en que la pelota y la mesa están en contacto.

5. Cantidad de movimiento

Definición de la cantidad de movimiento

La cantidad de movimiento o momento lineal, \mathbf{p} , de un objeto en movimiento se define como:

$$\mathbf{p} = m \cdot \mathbf{v}$$

\mathbf{P} es un vector que tiene la misma dirección de \mathbf{v} .

El concepto es importante porque combina dos magnitudes que intervienen en el cambio de movimiento que produce la fuerza: la masa, que refleja la tendencia del cuerpo a permanecer como está (inercia), y la velocidad.

Se define incremento de \mathbf{p} como: $\Delta \mathbf{p} = m \cdot \Delta \mathbf{v}$



La llamada "cuna de newton" es un ejemplo de la conservación de la cantidad de movimiento.

Sean del tipo que sean, en los choques, siempre se conserva la cantidad de movimiento.

Las Fuerzas

El Impulso mecánico ($\mathbf{I} = \mathbf{F} \cdot t$) equivale al incremento de \mathbf{p} , $\Delta\mathbf{p}$. Es decir, una fuerza actuando un tiempo t sobre un objeto origina un incremento en su cantidad de movimiento.

$$\mathbf{F} \cdot t = m \cdot \Delta\mathbf{v}$$

Conservación de la cantidad de movimiento

En ausencia de fuerzas externas la suma de la cantidad de movimiento de los cuerpos que intervienen en un choque no varía: ($P_{\text{antes}} = P_{\text{después}}$).

Dos partículas de masa m_A y m_B que se mueven con V_A y V_B chocan. Sus masas se conservan igual y su cantidad de movimiento total también. Aplicando la definición de cantidad de movimiento, tenemos que antes del choque la suma de las dos (debemos tener en cuenta en esta suma la dirección de la velocidad que puede ser negativa o positiva según vaya hacia la izquierda o a la derecha) cantidades es igual a la suma de las dos después del choque.

$$P_{\text{antes}} = m_A V_A + m_B V_B ; P_{\text{después}} = m_A V'_A + m_B V'_B$$

$$P_{\text{antes}} = P_{\text{después}}$$

$$m_A V_A + m_B V_B = m_A V'_A + m_B V'_B$$

$$m_A V_A - m_A V'_A = - (m_B V_B - m_B V'_B) \text{ fórmula (I)}$$

La variación de la cantidad de movimiento de A es:

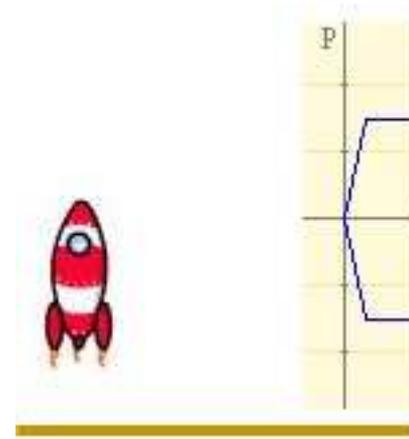
$$\Delta p_A = m_A V_A - m_A V'_A ; \text{ sustituyendo en la fórmula (I)}$$

$$\Delta p_A = - \Delta p_B \text{ fórmula (II)}$$

Esta expresión matemática expresa que, en la interacción de A con B, lo que aumenta la cantidad de movimiento de A es igual a lo que disminuye cantidad de movimiento la de B.

La fórmula anterior no es más, como vemos por la demostración, que una consecuencia de que:

$$P_{\text{antes}} = P_{\text{después}}$$



Cantidad de movimiento de dos bolas antes del choque.



Cantidad de movimiento de dos bolas después del choque.

Observa que lo que aumentó la cantidad de movimiento de una es igual a lo que disminuyó la de la otra.

EJERCICIOS RESUELTOS

- 16.** Una escopeta de 2 kg dispara cartuchos que contienen 100 perdigones de 0,5 g cada uno con una velocidad de 300 m/s. ¿Cuál será la velocidad de retroceso del arma?

Solución: Pasamos todos los datos a unidades del S.I.: masa perdigones = $100 \cdot 0,5 = 50$ gramos = 0,05 kg ; $V_{\text{perdigones}} = 300$ m/s ; $M_{\text{escop}} = 2$ kg

No intervienen fuerzas externas al sistema. En realidad actúan el peso y la fuerza de la explosión y las dos son internas al sistema. Por lo tanto se conserva la cantidad de movimiento: $P_{\text{antes de la explosión}} = P_{\text{después}}$

$P_{\text{antes}} = 0$;

La velocidad hacia la derecha la consideramos positiva y hacia la izquierda negativa. Los perdigones salen disparados hacia la derecha y la escopeta retrocede hacia la izquierda.

$$0 = M_p \cdot V_p - M_e \cdot V_e; 0 = 0,05 \cdot 300 - 2 \cdot V_e$$

$$V_e = 7,5 \text{ m/s}$$

- 17.** Un cañón dispara un proyectil de 2000 g de masa que por su boca van a una velocidad de 432 km/h. Considerando que la fuerza expansiva mantiene un valor constante mientras la bala recorre el cañón y tarda 0,06 segundos en salir calcula:
- Aceleración en el interior del cañón.
 - Fuerza media en el interior.
 - Impulso que sufre la bala en el interior.



Solución: Unidades en el S.I

$$\text{Masa bala} = M_b = 2000 \text{ g} \cdot 1 \text{ kg} / 1000 \text{ g} = 2 \text{ kg}$$

$$\text{Velocidad bala} = V_b = 432 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m} / 1 \text{ km} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 432 / 3,6 = 120 \text{ m/s}$$

a) La bala acelera $a = \Delta v / t = (120 - 0) / 0,06 = 2.000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (aceleración enorme)

b) Se trata de un impulso de los gases sobre una masa. Aplicamos la definición de impulso:

$$F \cdot t = m \cdot \Delta v ; F \cdot 0,06 = 2 \cdot (120 - 0) ; \text{despejando } F = 4.000 \text{ N}$$

c) Impulso es $F \cdot t$; por lo tanto $4.000 \cdot 0,06 = 240 \text{ N} \cdot \text{s}$



Para practicar

- Halla la suma de tres fuerzas $F_1 (-1,3)$, $F_2 (5,-3)$, $F_3 (-1,4)$ y el módulo de la resultante.
- Halla las componentes según los ejes de una fuerza de 10 N que forma 30° con el eje de las x. Nota: la calculadora debe estar en degree.
- Halla la diferencia de $F_1 - F_2$, siendo $F_1 (4,-3)$ y $F_2 (-2,3)$.
- Halla la fuerza necesaria para alargar 2 cm la longitud inicial de un muelle de constante elástica $k = 400$ N/m.
- Halla la resultante y su punto de aplicación de dos fuerzas de 12 y 3 N aplicadas en los extremos de una barra de 5m.
- Un padre soporta 3 veces más carga que su hijo. En qué punto de una barra de 1 m debe colgarse una masa de 80 kg. Nota: peso = $m \cdot g = (m \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2)$ N.
- Una fuerza de 2 N está aplicada en el extremo de una barra de 6m y a 1m de ella se aplica sobre la barra otra fuerza de 3 N paralela a ella y de sentido contrario. ¿Qué fuerza debemos aplicar y dónde?
- Un objeto se mueve sin rozamiento sobre una pista de hielo con una velocidad de 3m/s. ¿Qué fuerza debemos aplicar para mantener esa velocidad? ¿En qué dirección?
- Una fuerza de tracción paralela al suelo de 60 N debe vencer un rozamiento de 10 N cuando arrastra un bloque de 50 kg sobre una superficie horizontal. ¿Qué aceleración le comunica? ¿Qué distancia recorre si la fuerza permanece aplicada 4 s sobre el cuerpo e inicialmente éste estaba en reposo sobre la superficie horizontal?
- Una fuerza de frenada actúa sobre un coche de 800 kg haciendo pasar su velocidad de 90 km/h a 18 km/h en 20 s
 - ¿Qué distancia recorre?
 - ¿Cuánto vale la fuerza?
- Un conductor empuja con una fuerza de 400 N su coche averiado de 1000 kg por una carretera horizontal durante 60 s. ¿Qué velocidad adquiere al cabo de ese tiempo?
- Un camión de 18 toneladas pasa de 36 a 72 km/h en 20 s. ¿Cuánto varió su cantidad de movimiento? ¿Qué fuerza (supuesta constante) ejerció el motor?
- Una pelota de 50g impacta con una velocidad de 3 m/s sobre una mesa y rebota con la misma velocidad. Si el impacto dura 0,01 s. ¿cuanto vale la fuerza ejercida sobre la pelota?
- Un cañón que dispara una bala de 1 kg la hace salir por su boca con una velocidad de 300 m/s permaneciendo en su interior 0,1 s. Calcula:
 - La variación de la cantidad de movimiento de la bala.
 - La fuerza media de los gases.
 - El impulso de los gases de explosión.
- Calcula la velocidad de retroceso de un fusil de 2,5kg que dispara una bala de 20 g con una velocidad de 200m/s
- Dos bolas que se desplazan sobre una superficie sin rozamiento chocan y al retroceder una recorre, en 1 minuto, cuatro veces mas distancia que la otra. ¿Cuál es la relación entre sus masas?



La 2ª Ley lo explica todo

Casi todos los conceptos estudiados en el tema los sintetiza la 2ª Ley de Newton.

$$F = M \cdot a; F = M \cdot \Delta v / t$$

Deducimos la expresión de Impulso y Cantidad de movimiento escribiendo de otra manera la fórmula $F = M \cdot a$

Sustituyendo el valor de a , de la forma $F = M \cdot a$ pasamos a la $F \cdot t = M \cdot \Delta v$ y a $F \cdot t = \Delta P$ que constituyen la definición del Impulso y de la Cantidad de movimiento.

Deducimos el Principio de Conservación: La cantidad de movimiento antes es igual a la de después del evento (choque, etc.), si $\Sigma F_{\text{ext}} = 0$

Si la $\Sigma F_{\text{ext}} = 0$ (suma de fuerzas externas nula) en la expresión del impulso tenemos:
 $0 \cdot t = M \cdot \Delta v$; O sea $\Delta P = 0$. Y por lo tanto: $P_{\text{después}} - P_{\text{antes}} = 0$

Deducimos el Principio de inercia:

Si $\Sigma F_{\text{ext}} = 0$ y la velocidad inicial tiene un valor, por ser $F_{\text{ext}} = 0$, por del Principio de Conservación: $P_{\text{antes}} = P_{\text{después}}$ tenemos, $M \cdot V_0 = M \cdot V_F$.

Si $V_0 = 0$ entonces $V_F = 0$. El cuerpo que estaba en reposo, sigue en reposo (lo que constituye el **Principio de Inercia**).

Si la velocidad inicial tiene un valor, la V_F tendrá el mismo valor. El cuerpo sigue con la misma velocidad en valor dirección y sentido (**Principio de Inercia**).

El burro desanimado

Sabía el animal (más por animal que por burro) que, por la 3ª Ley de Newton, la fuerza con la que iba a tirar del carro era igual a la que el carro tiraría de él. Entonces, ¿por qué tirar? Mira esta animación y descubrirás los errores del animal. La solución está en las distintas interacciones. Comprueba en la animación las fuerzas de interacción.

Aparecen interacciones entre el suelo y las pezuñas del animal que generan dos fuerzas: una aplicada sobre el suelo y otra sobre la pezuña que lo impulsa. Al mismo tiempo entre el carro y el burro aparece otro par de fuerzas: la aplicada sobre el animal es aquella con la que el carro tira de él. Si la fuerza que ejerce con las pezuñas es mayor que la fuerza con la que el carro tira de él, el animal avanzará.





Recuerda lo más importante

Las fuerzas

Son vectores y, para poder utilizarlas, debemos conocer su módulo, dirección y sentido, y su punto de aplicación. Se suman aplicando la regla del paralelogramo. El módulo de la suma **no es** la suma aritmética de los módulos de los sumandos.

Equilibrio de fuerzas

Equilibrio de fuerzas

Para neutralizar la acción de varias fuerzas se aplica una fuerza opuesta a la resultante en un punto tal que todas las fuerzas, incluida la equilibrante, cumplan:

$$\Sigma F = 0, \Sigma M = 0$$

Toda fuerza aplicada a un cuerpo lo acelera.

ΣF es la resultante de todas la fuerzas

$$\Sigma F = m \cdot a$$

Impulso y Cantidad de movimiento:

- ◆ Impulso ($F \cdot t$)
- ◆ Variación cantidad movimiento ($m \cdot \Delta v$)
- ◆ $F \cdot t = m \cdot \Delta v$
- ◆ Si $\Sigma F_{\text{externas}} = 0$; $P_{\text{antes}} - P_{\text{después}} = 0$

Autoevaluación



1. Calcula el momento de una fuerza de 92 N, aplicada, formando un ángulo de 20° con el plano de una puerta de 100 cm de ancha, en su borde más alejado del eje.
2. Halla las componentes de una fuerza de 83 N cuando forma un ángulo de 35° con el eje de las x.
3. Calcula la constante de un muelle al que una fuerza de 142 N le produce una elongación de 7 cm.
4. Calcula el módulo de la fuerza F (10, 3)
5. Dos fuerzas de 6 y 15 N paralelas del mismo sentido, aplicadas a una barra distan entre si 11 cm. ¿Cuánto vale la resultante? ¿A qué distancia está de la fuerza de 6 N?
6. Calcula las componentes de la suma de las fuerzas F_1 (3,-8) F_2 (-7,-2) y F_3 (3, 2).
7. Dos fuerzas paralelas y de sentido opuesto de 10 N están aplicadas a los extremos de una barra de 0,5 haciéndola girar. ¿Cuál es su momento?
8. Una fuerza de 10 N se mantiene aplicada durante 4s a una masa de 22900 g que tiene una velocidad inicial de 5 m/s. ¿Cuál será su velocidad final? ¿Cuál es su aceleración?
9. Halla la fuerza que aplicada continuamente a una masa de 15 kg durante 6 s hace pasar su velocidad de 10 a 25 m/s
10. Calcula la velocidad de retroceso de un fusil de 4 kg que dispara una bala de 3 g con una velocidad de 100 m/s.

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. a) $R(3, 4)$; b) $M=5$
2. $F_x = 8,66 \text{ N}$; $F_y = 5 \text{ N}$
3. $R(6, -6)$
4. $F = 8 \text{ N}$
5. $M = 105,6 \text{ Nm}$
6. A $0,25 \text{ m}$ del padre
7. $F=1 \text{ N}$ a 3 m de la de 2 N y en su sentido
8. Ninguna,
9. a) $a = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
b) $d = 8 \text{ m}$
10. a) $d = 300 \text{ m}$
b) $F = 800 \text{ N}$
11. $V = 24 \text{ m/s}$
12. a) $\Delta p = 170.000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
b) $F = 9.000 \text{ N}$
13. $F = 30 \text{ N}$
14. a) $\Delta p = 300 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
b) $F = 3000 \text{ N}$
c) $I = 300 \text{ N}\cdot\text{s}$
15. $V_r = 1,6 \text{ m/s}$

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. $M = 31,4 \text{ N}\cdot\text{m}$
2. $F_x = 68,0 \text{ N}$; $F_y = 47,5$
3. $k = 2028,5 \text{ N/m}$
4. Módulo = $10,4$
5. $R = 21 \text{ N}$; P.a. a $7,85$ de la de 6 N
6. $F_x = -1$; $F_y = -8$
7. $-5 \text{ N}\cdot\text{m}$
8. $V_f = 6,7 \text{ m/s}$; $a = 0,43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
9. $F = 37,5 \text{ N}$
10. $V_r = 0,07 \text{ m/s}$

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Conocer el concepto de presión y manejar las unidades en que se mide.
- Comprender el efecto de la presión y la fuerza en los fluidos, conocer sus expresiones y el de la presión hidrostática y realizar ejercicios.
- Saber interpretar los diferentes fenómenos relacionados con la presión en la vida ordinaria.
- Saber en qué se basa el funcionamiento de diferentes aparatos que tienen relación con la presión.
- Conocer la expresión del empuje y sus aplicaciones en el diseño de barcos estables.
- Conocer cómo se han utilizado las características de los fluidos en el desarrollo de tecnologías útiles a nuestra sociedad.

Antes de empezar

1. Presión pág. 72
Definición y unidades
Fuerza y presión en sólidos y fluidos
Experiencia
2. Densidad pág. 74
Definición y unidades
3. Presión hidrostática pág. 75
Principio fundamental
Experiencia (I)
Experiencia (II)
4. Principio de Pascal pág. 77
Enunciado del principio
Aplicación I: Prensa hidráulica
Aplicación II: Frenos hidráulicos
5. Presión atmosférica pág. 78
Atmósfera: características
Experiencia de Torricelli
Medida de la presión atmosférica
6. Principio de Arquímedes pág. 81
Enunciado del principio
Origen del empuje
Equilibrio de los sólidos sumergidos
Ejemplos de aplicaciones prácticas

Ejercicios para practicar

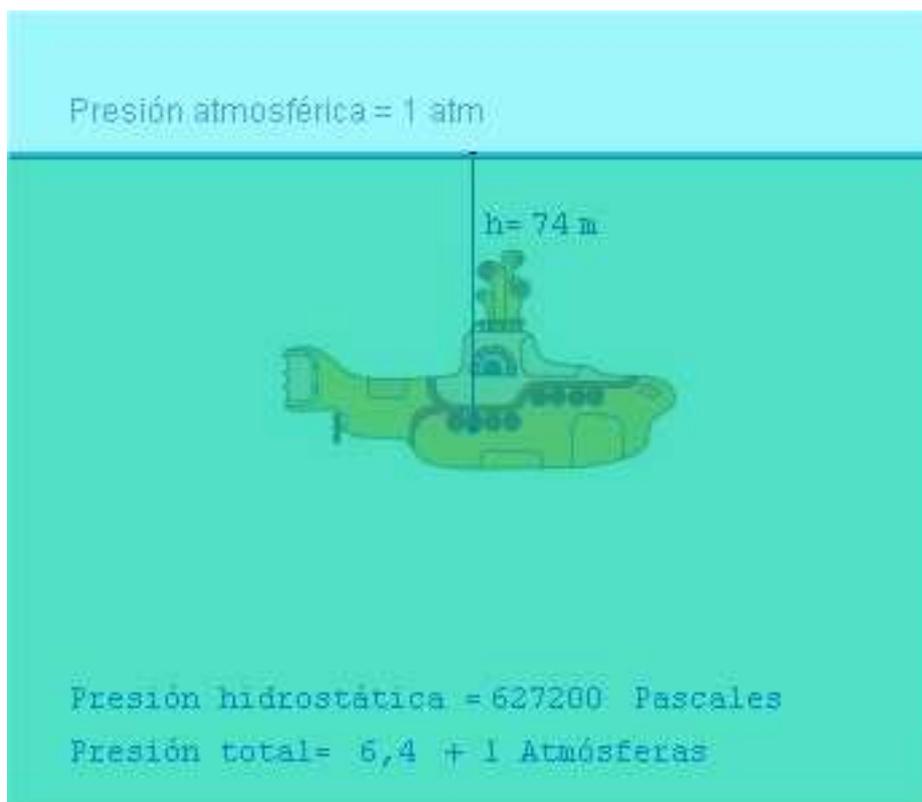
Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Antes de empezar



Recuerda

Las unidades de masa y de volumen y sus equivalencias de múltiplos y submúltiplos. Repasa cómo utilizar las constantes de transformación. Recuerda el concepto de peso ($p = m \cdot g$) y sus unidades.

Investiga

Investiga la historia de la localización y exploración de las fosas marinas, sus profundidades y la utilización del batiscafo. ¿Cuál es la máxima profundidad de una sima marina? ¿Cuánto vale la presión en ella?

Fuerza y presión en los fluidos

1. Presión

Definición y Unidades

Un sólido al entrar en contacto con otro ejerce una fuerza en su superficie tratando de penetrarlo. El efecto deformador de esa fuerza o la capacidad de penetración depende de la intensidad de la fuerza y del área de contacto. **La presión** es la magnitud que mide esa capacidad.

$$P = \frac{F}{S}$$

Su unidad en el Sistema Internacional es el Pascal ($\text{Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$).

Es la unidad de presión que debes usar en todos los ejercicios de este tema y en general en Física, pero, como oirás expresar la presión en otras unidades, vamos a darte sus equivalencias.

En la industria se usa el kp/cm^2 . Cuando alguien dice que la presión de un neumático es de "2 kilos" se está refiriendo a esta unidad, el kp/cm^2 , (**$\text{kp}/\text{cm}^2 = 98\,000 \text{ Pa}$**). Naturalmente esta forma de expresar la presión como unidad de masa es una incorrección, pero los usos incorrectos en el lenguaje vulgar con el tiempo se afianzan aunque son inadmisibles, conducen a errores conceptuales y son una muestra de ignorancia.

La presión atmosférica se mide en atmósferas y mm Hg.

1 atm = 760 mm Hg

1 atm = 101300 Pa.

Otra unidad son los bar; **1 bar (b) = 1.000 mb**

1 bar (b) = 100.000 Pa. En Meteorología se usa el milibar o hPa (**1 mb = 100 Pa**). Una presión de **1 atm equivale a 1013 mb** (recuerda los mapas del tiempo).

Las borrascas tienen valores inferiores a ésta y los anticiclones mayores.

A efectos de exactitud, cuando medimos la presión de los neumáticos, una presión de **2 kp/cm^2 equivalen "casi" a 2 bar.**



¿Por qué raquetas?



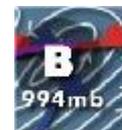
Equivalencias

$\text{kp}/\text{cm}^2 = 98\,000 \text{ Pa}$

1 atm = 760 mm Hg

1 atm = 101300 Pa.

1 atm = 1013 mb



Fuerza y presión en los fluidos

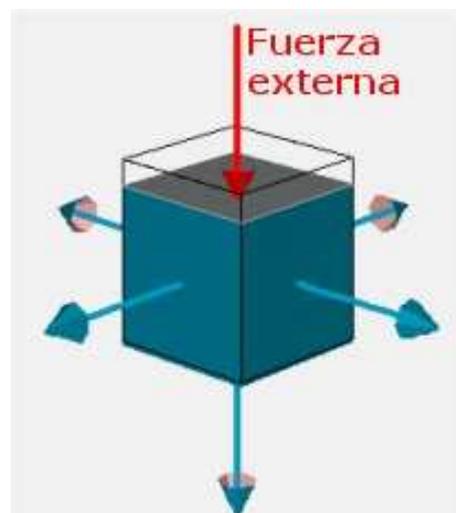
Fuerza y presión en los sólidos y en los fluidos

Una **fuerza externa** aplicada a una pared móvil de un recipiente que contiene un **fluido crea una presión** que lo comprime. La fuerza repartida sobre la superficie de la pared móvil da el valor de la presión ($P = F/S$). El volumen que ocupa el fluido disminuye al aumentar la presión. **La compresibilidad es casi nula en los líquidos.**

Aún sin fuerza externa, el peso del líquido ejercerá una **presión hidrostática** sobre sus capas inferiores. Esta **presión engendra una fuerza que actúa desde el interior del líquido hacia fuera y perpendicularmente a todas las paredes del recipiente.**

$$F = P \cdot S$$

Las **presión es un escalar**, no tiene dirección ni sentido, pero **la fuerza que crea contra las paredes es un vector**, tiene **dirección perpendicular a la superficie y sentido hacia fuera.**

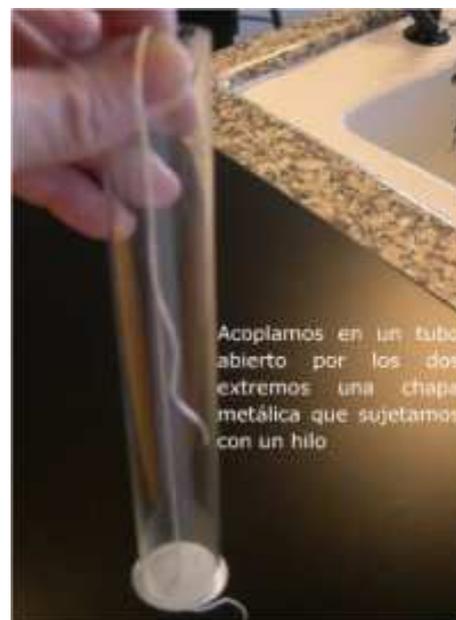


Experiencia: La presión crea una fuerza

Adosamos una chapa ligera al extremo inferior de un tubo abierto por sus dos extremos y la fijamos por medio de un hilo, que sujetamos con una mano por el otro extremo del tubo.

Si soltamos el hilo cuando el tubo está vertical y en el aire, la chapa se cae; pero si lo soltamos una vez que hemos introducido el tubo en un recipiente con agua, la presión hidrostática origina una fuerza sobre el fondo de la chapa y hacia arriba que impide que se caiga.

Esta experiencia muestra como **la presión dentro de un líquido crea una fuerza sobre la superficie de los objetos situados en su interior.** Observa la escena de la página web para ver como al penetrar el agua en el tubo, cuando la suma del peso de la chapa más la fuerza de la presión interior es mayor que la fuerza de la presión exterior, la chapa se cae.



Una chapa inicialmente sujeta por un hilo, y sumergida en un líquido, se mantiene pegada al tubo al soltar el hilo.

Fuerza y presión en los fluidos

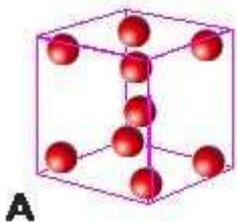
EJERCICIOS RESUELTOS

- Halla el valor en Pascales de las siguientes unidades de presión:
a) 13 kp/cm²; b) 73 cm Hg; c) 1200 mb
Solución: a) 1,27 · 10⁶ Pa; b) 9,73 · 10⁴ Pa; c) 1,2 · 10⁵ Pa
- Escribe los factores de transformación que se deducen de la equivalencia siguiente:
1 Pa = 101.300 mb
Solución: k₁ = 101.300 mb/1 Pa; k₂ = 1 Pa / 101.300 mb
- Un hombre de 70 kg de masa está parado y apoyado en sus dos pies. La superficie de apoyo de cada zapato es de 200 cm². ¿Cuál será la presión, expresada en Pascales, ejercida sobre el suelo?. Dato: g = 9,81 m/s²
Solución: P = 17.167,5 Pa
- Una aguja hipodérmica de sección 0,01 mm² se clava en la piel con una fuerza de 50 N. ¿Cuál es presión ejercida?
Solución: P = 5 · 10⁹ Pa
- Sobre un émbolo de sección 3 cm² que se mueve dentro de un pistón se coloca una masa de 20 kg. ¿Qué presión ejerce en el fluido del interior del pistón?
Solución: P = 6,54 · 10⁵ Pa

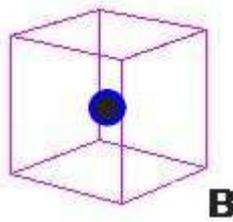
2. Densidad

Definición y unidades

La densidad es una **propiedad característica** de cada sustancia y da idea de lo pesado de los átomos que la forman y de lo juntos que están: **una misma masa de distintas sustancias ocupa distinto volumen.**



$$d = \frac{M}{V}$$



Si algunas sustancias ordenaran sus átomos como A y B, y los átomos de B fueran tres veces más pesados que los de A, aún así sería más densa la sustancia A. La unidad de densidad en el S.I. es el kg/m³.
1 g/cm³ = 1000 kg/m³



Plomo, 11.300 kg/m³



Oro, 19.300 kg/m³



Platino, 21.400 kg/m³

3. Presión hidrostática

Principio fundamental

La Hidrostática trata de los líquidos en reposo.

Un líquido encerrado en un recipiente crea una presión en su seno y ejerce una fuerza sobre las paredes que lo contienen.

La **presión hidrostática** en un punto del interior de un líquido es directamente proporcional a la densidad del fluido, **d**, a la profundidad, **h**, y a la gravedad del lugar, **g**.

$$P = d \cdot g \cdot h$$

Los fluidos (líquidos y gases) ejercen también una presión, $P = d \cdot g \cdot h$, sobre cualquier cuerpo sumergido en ellos. La presión será tanto mayor cuanto más denso sea el fluido y mayor la profundidad. **Todos los puntos situados a la misma profundidad tienen la misma presión.**

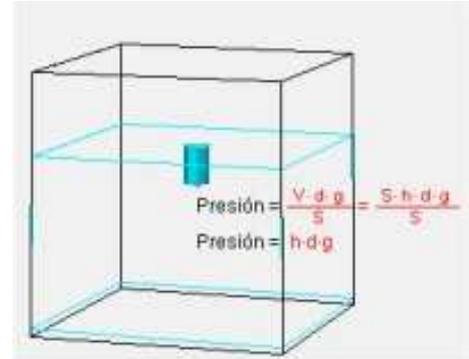
Experiencia I: Mayor cuanto más abajo

Podemos comprobar que la presión hidrostática aumenta al descender dentro de un líquido viendo que la velocidad con la que sale el líquido es mayor cuanto más abajo esté el agujero efectuado en la pared lateral del recipiente.

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

La presión sobre las paredes aumenta hacia abajo y por tanto también lo hace la fuerza sobre las mismas. Si perforamos agujeros a distintas profundidades, la velocidad de salida se hace mayor al aumentar la profundidad.

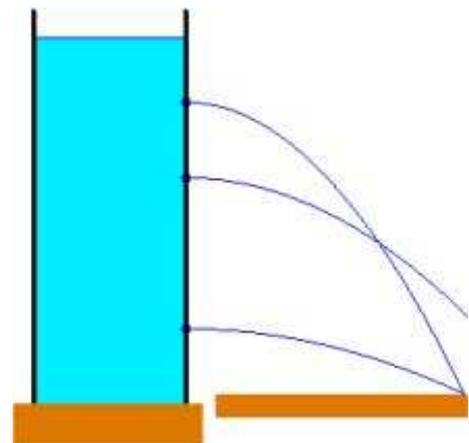
En la página web se muestra una animación de esta experiencia y además se pone de manifiesto que, a pesar de la menor velocidad de salida, el alcance del chorro del medio puede ser mayor que el de más abajo según donde pongamos el nivel de referencia.



La fórmula se calcula partiendo del peso de una columna imaginaria sobre su fondo y la presión en ese punto. Se generaliza al resto del líquido.

(Ver demostración en la escena de la página web).

$$P = d \cdot g \cdot h$$



Fuerza y presión en los fluidos

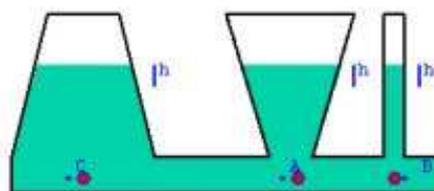
Experiencia II: Vasos comunicantes

Dos o más vasos comunicados por su base se llaman vasos comunicantes. Si se vierte un líquido en uno de ellos, se distribuirá de tal modo que el nivel del líquido en todos los recipientes es el mismo, independientemente de su forma y sus capacidades. Éste es el llamado Principio de los vasos comunicantes.

Este principio **es una consecuencia de la ecuación fundamental de la Hidrostática: Los puntos que están a la misma profundidad tienen la misma presión hidrostática y, para que eso ocurra, todas las columnas líquidas que están encima de ellos deben tener la misma altura.**

Parece "de sentido común" pensar que el recipiente que contiene más agua, y que por tanto tiene mayor peso, el que tiene paredes que convergen hacia el fondo, soporta mayor presión, pero no es así: la Física lo demuestra y la experiencia lo confirma. ¡La Física no se guía por el llamado sentido común! Las conclusiones a las que llegamos por el "sentido común" proceden de razonamientos que tienen sus fuentes de información en lo que observamos con los sentidos y éstos a menudo nos engañan.

Vasos comunicantes



Todos los puntos que están a la misma profundidad soportan la misma presión.

EJERCICIOS RESUELTOS

6. Calcula la presión que soporta un submarino que navega a 150 m de profundidad si la densidad del agua es 1030 kg/m^3
Solución: $P = 1,51 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
7. Calcula la fuerza que ejerce el agua sobre los cristales de las gafas, de superficie 40 cm^2 , de un submarinista que bucea a 17 m de profundidad si la densidad del agua es $1,02 \text{ g/cc}$.
Solución: $F = 680,4 \text{ N}$
8. Calcula la presión media sobre las compuertas de un embalse si el agua en ellas tiene una profundidad de 40 m. Nota: Recuerda que la presión arriba es cero y abajo es la máxima. El embalse contiene agua dulce: densidad = 1000 kg/m^3 .
Solución: $P_m = 196.200 \text{ Pa}$

4. Principio de Pascal

Enunciado

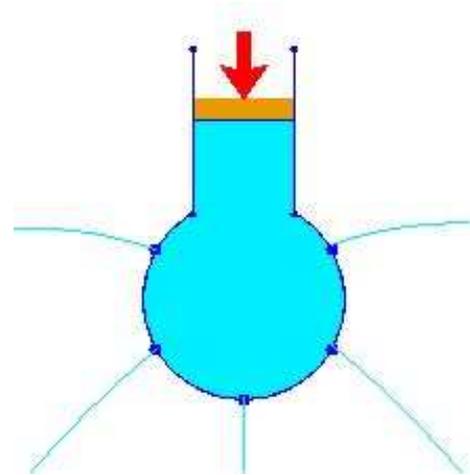
Blaise Pascal, matemático, físico y filósofo francés del siglo XVII (ver breve biografía en la página) enunció el siguiente principio:

La presión aplicada a un punto de un fluido estático e incompresible encerrado en un recipiente se transmite íntegramente a todos los puntos del fluido.

Si ejerces una fuerza F exterior sobre un émbolo de sección S , se origina una presión ($p = F / S$) en toda la masa líquida.

La presión es una magnitud escalar, no tiene dirección definida, pero **la fuerza interior** que origina **es un vector perpendicular a la superficie** sobre la que actúa. Por lo tanto dentro de una esfera es perpendicular, en cada punto, a la superficie interior.

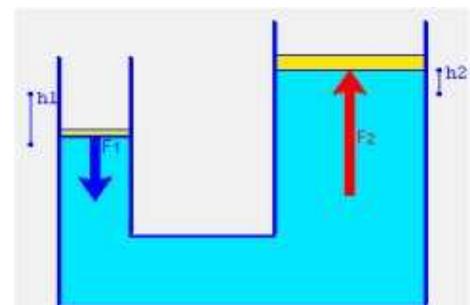
El chorro de líquido **no** sale con más fuerza por el agujero inferior, como podía pensarse al empujar la fuerza externa el émbolo en esa dirección, sino que **sale por todos los orificios con igual velocidad.**



Aplicación del Principio de Pascal: Prensa hidráulica

El "gato hidráulico" empleado para elevar coches en los talleres es una prensa hidráulica. Es un depósito con dos émbolos de distintas secciones S_1 y S_2 conectados a él. La presión ejercida por el émbolo al presionar en la superficie del líquido se transmite íntegramente a todo el líquido. La presión es la misma en los puntos próximos a los dos émbolos. $P_1 = P_2$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1} \quad K = \frac{S_2}{S_1}$$



La fuerza F_1 aplicada en el émbolo pequeño se amplifica en un factor amplificador k tal que: F_2 en el émbolo grande es $k \cdot F_1$. Además de amplificar el valor de F_1 cambia su dirección de utilización, pues F_2 estará donde conectemos al depósito el segundo émbolo.

Fuerza y presión en los fluidos

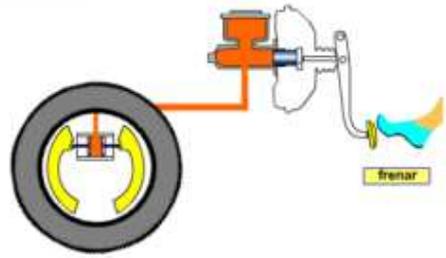
Aplicación del P. Pascal: Frenos hidráulicos

Los frenos hidráulicos son una aplicación del principio de Pascal.

Al pisar el freno ejercemos una fuerza con el pie en el pedal que la transmite a un émbolo de sección pequeña que se mueve dentro de un pistón. Esa fuerza crea una presión en el interior del líquido de frenos. El fluido transmite la presión casi instantáneamente en todas direcciones.

Al tener colocado otro pistón con su émbolo en el otro extremo del circuito hidráulico y, según la relación entre las secciones de los émbolos, la fuerza aplicada será amplificada en ese punto.

El sistema hidráulico cambia también la dirección y el sentido de la fuerza aplicada.



El circuito rojo tiene conectados tres pistones en los que se mueven tres émbolos. El émbolo de menor sección lo mueve el pie y los otros dos los acciona el circuito contra las mordazas que van en el interior de la rueda.

EJERCICIOS RESUELTOS

9. Una prensa hidráulica tiene dos émbolos de 50 cm^2 y 250 cm^2 . Se coloca sobre el émbolo pequeño una masa de 100 kg . a) ¿Qué fuerza se ejercerá sobre el mayor? b) ¿Cuánto vale el factor amplificador de la prensa?
Solución: a) $F = 981 \text{ N}$; b) $k = 5$
10. Los émbolos de una prensa hidráulica tienen una superficie de 40 cm^2 y 160 cm^2 . Si se comprime 4 cm el émbolo pequeño ¿qué distancia subirá el émbolo mayor?
Solución: $x = 1 \text{ cm}$

5. Presión atmosférica

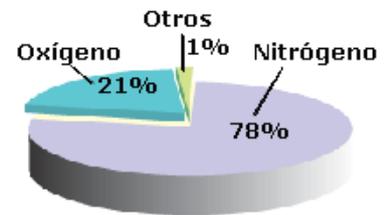
Atmósfera: características.

- La **atmósfera** es la capa gaseosa que rodea la Tierra.
- Tiene un espesor de aproximadamente 100 km que, frente a los 6.400 km del radio de la Tierra o frente a las inimaginables distancias cósmicas, nos da una idea de lo frágil que es la capa que sustenta la vida. **¡Cuidémosla!**
- Contiene gases en continua agitación y movimiento que determinan el clima. **El peso de los gases origina la presión** ($P = d_{\text{gases}} \cdot g \cdot h$).

Los 10 primeros km contienen el 75% de los gases de la atmósfera. Al subir, la concentración disminuye.

Fuerza y presión en los fluidos

- Su elemento más abundante es el nitrógeno (gas muy inerte) seguido del **oxidante** oxígeno (21%) que nos permite respirar; el ozono nos protege de los rayos ultravioleta. Muchos meteoritos arden totalmente en ella. También contiene partículas sólidas en suspensión.
- Su composición y la proporción de sus gases se mantuvo constante durante milenios.



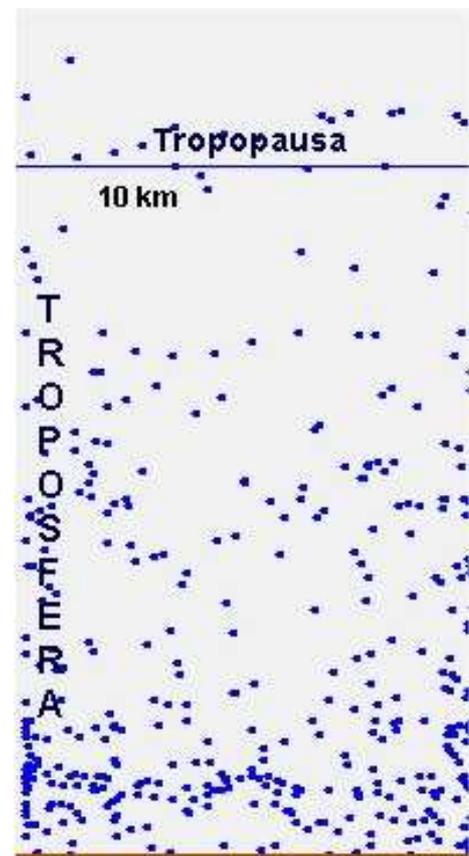
Esta proporción se mantiene constante en altura y a lo largo de los años.

Aunque la atmósfera llega hasta los 100 km, por encima de 10 km no hay prácticamente aire (el 75% de los gases de la atmósfera se encuentra en estos 10 primeros km que corresponden a la **troposfera**).

La concentración del aire varía con la temperatura y por eso el peso del aire sobre un punto de la Tierra no es el mismo todos los días: la presión atmosférica, en un mismo lugar de la Tierra, no tiene un valor constante.

Las diferencias de presiones entre lugares diferentes de la Tierra, originadas por diferente calentamiento, etc. dan lugar a los vientos. Estas diferencias de presión originan desplazamientos verticales y horizontales combinados de los gases atmosféricos que, junto con la orografía y características del suelo, hacen difícil predecir la evolución y los pronósticos climáticos.

Lee el texto de ampliación de conceptos de la página y busca en la Red más información sobre la atmósfera.



Experiencia de Torricelli

El físico italiano Evangelista Torricelli realizó el **siguiente experimento**: Puso mercurio -Hg- en un tubo de vidrio de 1m hasta casi llenarlo. Tapó el extremo del tubo con el dedo y le dio la vuelta y, sin separar el dedo, lo metió invertido dentro de una vasija que contenía mercurio. Una vez dentro retiró el dedo y observó que el mercurio del tubo no caía, sólo descendía unos centímetros.

Repetiendo la experiencia varias veces y **registrando los datos** comprobó que la altura del mercurio en la columna variaba, según el día, en torno a unos 76 cm. (760 mmHg).



E. Torricelli (1608 – 1647)

En la página Web de este tema dispones de un resumen de su biografía.

Fuerza y presión en los fluidos

También **observó que si los tubos eran de distinto diámetro la columna de Hg siempre alcanzaba la misma altura.**

Torricelli desterró el concepto de "horror al vacío", concepto con el que desde la antigüedad se justificaba que las cosas cayeran hacia los lugares vacíos (precipicios, etc) creyendo que éste las atraía.

Desterró el concepto demostrando que el peso del aire es el que sostiene el mercurio en la columna y no la atracción del vacío de la parte superior de la columna.

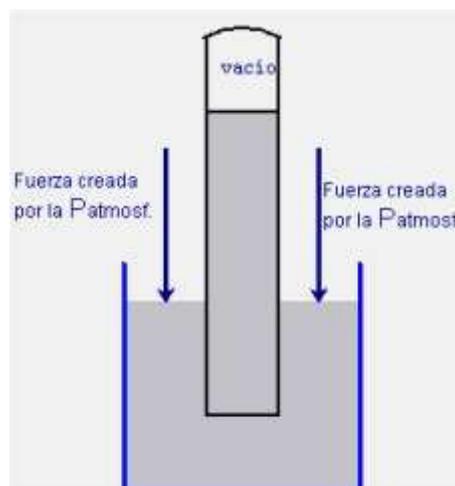
Aparato para medir la presión atmosférica: Barómetro de mercurio

La presión atmosférica se puede medir con un **barómetro de mercurio**, que es, en esencia, el tubo de Torricelli con una escala adosada. El aire atmosférico presiona la superficie del mercurio de la cubeta y el mercurio, en estado líquido (fluido), transmite la presión en todos los puntos (tal como establece el Principio de Pascal). Todos los puntos del mercurio situados a igual altura (A, B, C), tienen igual presión. En C, la presión, que es igual a la presión atmosférica, es capaz de sostener la columna de mercurio encerrada en un tubo. El tubo tiene vacío en la parte superior (si perforáramos el tubo por arriba, el mercurio caería debido a que actúa por arriba la presión del aire).

El aire de la atmósfera crea presiones al nivel del suelo de aproximadamente $1\text{atm} = 101300$ newtons sobre cada cm^2 . Esta presión es capaz de sostener, sobre cada cm^2 de tubo, una columna de masa 1 kg. Al ser muy denso el Hg, una columna con sólo una altura de 76 cm sobre 1 cm^2 de base ya tiene esa masa. Es una presión considerable.

Aparato para medir la presión atmosférica: Barómetro aneroide

La presión atmosférica se puede medir con un **barómetro aneroide**. Con él se mide la compresión que ejerce el aire sobre un depósito de latón herméticamente cerrado. Este depósito al comprimirse tira de una cadena que pasa por un engranaje y mueve una aguja sobre una escala.



La página Web de este tema contiene más información sobre el funcionamiento del barómetro



Fuerza y presión en los fluidos

Tiene dos agujas. La aguja más próxima a la escala (la que es movida por el engranaje y señala el valor de la presión sobre la escala) y la aguja situada por encima de la anterior, que sirve de recordatorio. Esta aguja la puede mover el observador por medio de una rosca situada encima del cristal y se deja posicionada sobre la inferior después de cada lectura, para poder saber, al hacer una nueva lectura horas más tarde, en qué sentido se desplazó la aguja inferior.



Esfera del barómetro aneroide.

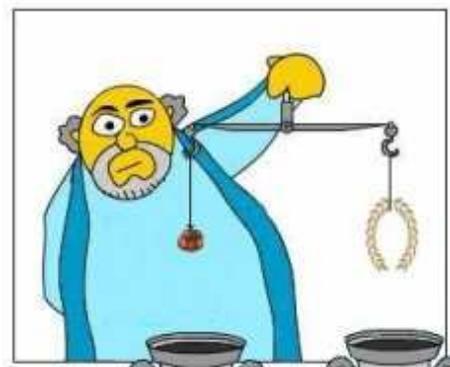
EJERCICIOS RESUELTOS

11. Calcula la masa y el peso de una columna de 77 cm de mercurio de 4 mm² de base sabiendo que la densidad del mercurio es 13.600 kg/m³.
Solución: $m = 0,042 \text{ kg}$; $\text{Peso} = 0,41 \text{ N}$
12. Calcula que altura tendrá la columna de mercurio un día de buen tiempo en el que has visto por la TV que la presión es de 1030 mb.
Solución: $P = 103000 \text{ Pa}$

6. Principio de Arquímedes: Empuje

Enunciado del Principio de Arquímedes

Arquímedes (ver biografía en la página) descubrió que el empuje es el peso del fluido desalojado. El rey quería saber, sin destruir la corona fundiéndola, si el orfebre había empleado todo el oro que le diera para hacerla o por el contrario lo había mezclado con plata. Consultó con Arquímedes y éste, estando en los baños cavilando sobre ello, pensó que la misma masa de dos sustancias distintas no ocupan igual volumen y que seguramente, al meterlas en agua, la más voluminosa soporta un empuje mayor. Y salió a la calle desnudo y gritando ¡Eureka!



Comprobó que al sumergir en agua dos masas iguales, la de oro puro y la de la corona de oro (forma de laurel), recibía más empuje la corona, que tenía por tanto más volumen, y por ello debía tener algo de plata.

Fuerza y presión en los fluidos

Enunciado del Principio

Todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja la parte sumergida del cuerpo.

Razonamiento matemático para el cálculo del empuje

Si el fluido es agua:

Empuje ascendente = peso del agua desalojada

$$F_{\text{empuje}} = m_{\text{agua desalojada}} \cdot g$$

Como la masa desalojada es igual al volumen sumergido del cuerpo por la densidad ($m = V \cdot d$):

$$m_{\text{agua desalojada}} \cdot g = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \cdot 9.81$$

$$F_{\text{empuje}} = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{agua}} \cdot 9.81$$

Origen del empuje

Arquímedes nunca escribió las justificaciones matemáticas con que la física explica hoy su principio. Las caras superior e inferior del cuerpo están sumergidas a distinta profundidad y sometidas a distintas presiones hidrostáticas p_1 y p_2 . Ambas caras tienen la misma superficie, S , pero están sometidas a fuerzas distintas F_1 y F_2 y de distinto sentido.

Si $F_2 > F_1$ y F_2 está dirigida hacia arriba la resultante **E** estará dirigida hacia arriba.

d_f es la densidad del fluido:

$$F_1 = p_1 \cdot S = d_f \cdot g \cdot h_0 \cdot S$$

$$F_2 = p_2 \cdot S = d_f \cdot g \cdot (h_0 + h) \cdot S$$

$$E = F_2 - F_1 = d_f \cdot g \cdot (h_0 + h) \cdot S - d_f \cdot g \cdot h_0 \cdot S =$$

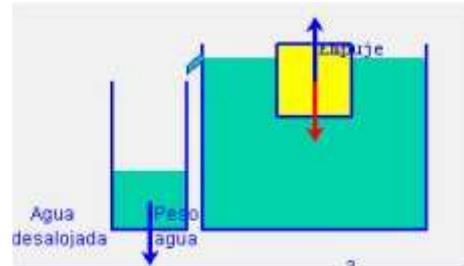
$$d_f \cdot g \cdot S \cdot (h_0 + h - h_0) = d_f \cdot g \cdot S \cdot h = d_f \cdot g \cdot V_{\text{sumergido}}$$

Como la $m_{\text{desalojada}} = d_f \cdot V_{\text{fluido}}$

$$E = m_{\text{desalojada}} \cdot g = \text{Peso fluido desalojado}$$

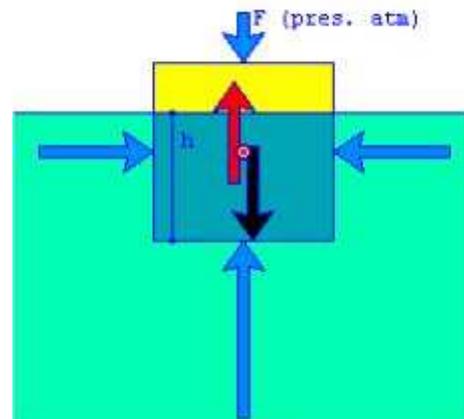
Equilibrio de los sólidos sumergidos

Al introducir un cuerpo en un fluido se produce el estado de equilibrio cuando el empuje iguala al peso. Según sean las densidades del cuerpo y del fluido en el que se sumerge se pueden originar los siguientes casos:



Desaloja igual volumen de agua que el volumen de la parte sumergida del cuerpo. Ésta agua pesa igual que el cuerpo. $V_s = V_{\text{agua desalojada}}$.

Peso agua desalojada = peso del cuerpo.

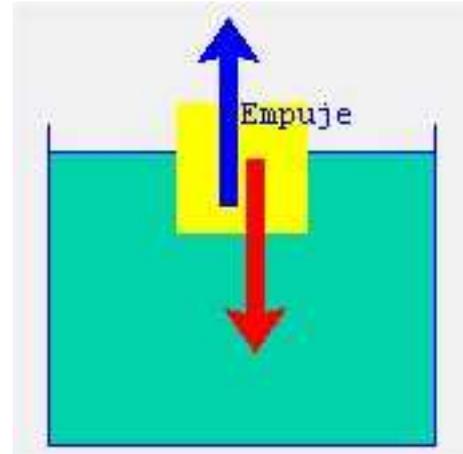


La diferencia de presión en la cara superior e inferior origina el empuje.

El % del volumen que sumerge un cuerpo es igual a la proporción de su densidad respecto a la del líquido en que se sumerge, expresada en %.

Fuerza y presión en los fluidos

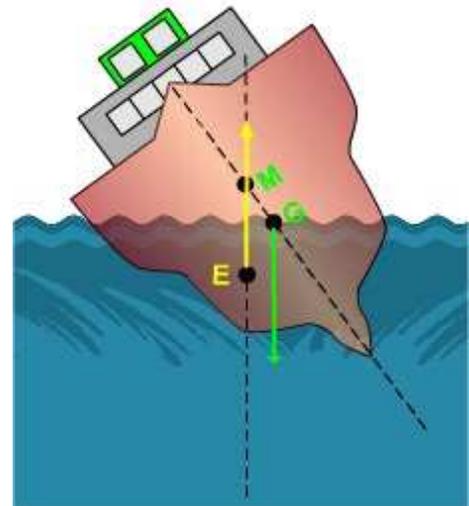
- Si $d_c > d_f$, el peso es mayor que el empuje máximo -que se produce cuando todo el cuerpo está sumergido-. El cuerpo se va al fondo. No produce equilibrio.
- Si $d_c = d_f$, el peso es igual al empuje máximo. El cuerpo queda sumergido y en equilibrio entre dos aguas.
- Si $d_c < d_f$, el peso del cuerpo es menor que el empuje máximo y no se sumerge todo el cuerpo. Sólo permanece sumergida la parte de él que provoca un empuje igual a su peso. Este estado de equilibrio se llama flotación.



Aplicaciones: barcos, globos, etc.

Los barcos flotan porque desplazan un peso de agua que es igual al peso del propio barco. Para que exista equilibrio y no oscilen, además de la igualdad entre el peso del cuerpo y el empuje, se requiere que el centro de gravedad del cuerpo y de la parte sumergida permanezcan sobre la misma vertical. Si el peso y el empuje no están en la dirección vertical se origina un par de fuerzas.

Contempla la animación y observa el Metacentro M y el centro de gravedad. En la página Web dispones de una animación para poder entender como se desplaza el empuje en cada oscilación creando así un par de fuerzas que son las que enderezan el barco. También puedes comprender en la animación como se origina un par que lo vuelca cuando G está por encima de M (ver figura y explicaciones).



Fuerzas peso y empuje

La ascensión de un globo se produce porque la densidad interior es menor que la del aire y el peso del aire desalojado es mayor que la suma del peso del gas interior, la cesta, el lastre y las cuerdas. En la página Web del tema dispones de una escena demostrativa.

Comparando cuánto se hunde un mismo cuerpo en distintos líquidos se puede hallar la densidad de uno relativa al otro, lo que permite construir unos instrumentos de medida llamados densímetros de flotación.

Llevan un lastre de plomo para que se hundan en el líquido y una escala en la que, según hasta donde se hunda, indica la densidad del líquido en el que se sumergen



Densímetro de flotación.

EJERCICIOS RESUELTOS

- 13.** Un cubo de aluminio de 3 cm de arista y densidad $2,7 \text{ g/cm}^3$ se sumerge en agua de densidad 1 g/cm^3 . a) ¿Qué masa tiene el cubo? b) ¿Qué volumen desaloja? c) ¿Qué masa de agua desaloja? d) ¿Cuánto pesa el agua desalojada?
Solución: a) $0,0729 \text{ kg}$; b) 27 cm^3 ; c) 27 g ; d) $0,265 \text{ N}$
- 14.** Un cuerpo de masa 90 g y volumen 120 cm^3 flota en el agua ($d = 1 \text{ g/cm}^3$).
Calcula: a) Peso del cuerpo. b) Volumen sumergido. c) Empuje. d) % del volumen sumergido.
Solución: a) $0,883 \text{ N}$; b) 90 cm^3 ; d) 75%
- 15.** Un cuerpo de masa 240 g y volumen 120 cm^3 se deposita en el agua ($d = 1 \text{ g/cm}^3$).
Calcula: a) La densidad del cuerpo. b) El volumen sumergido. c) El empuje. d) El peso aparente.
Solución: a) 2000 kg/m^3 ; b) 120 cm^3 ; c) $1,175 \text{ N}$; d) $1,175 \text{ N}$
- 16.** Un globo, de volumen 300 m^3 , contiene hidrógeno de densidad $0,09 \text{ g/dm}^3$ y asciende en una masa de aire de densidad $1,29 \text{ kg/m}^3$. La masa de todos sus componentes menos el gas es de 80 kg . Calcula: a) Peso total del globo (gas+materiales). b) La fuerza neta de ascensión (empuje - peso).
Solución: a) masa total = 107 kg y peso 1049 N ; b) $2.747,5 \text{ N}$



Para practicar

- Halla el valor en Pascales de las siguientes medidas de presión: $2,2 \text{ kp/cm}^2$, 2 atm y 1200 mb .
- ¿Qué presión ejercerá sobre el suelo un bloque cúbico de piedra de $0,5 \text{ m}$ de arista que pesa una tonelada? Nota: Volumen = $a \cdot a \cdot a$; Superficie = $a \cdot a$
- Sobre un pistón de superficie 5 cm^2 que comprime agua se deposita una masa de 10 kg . ¿Qué presión soporta el agua?
- ¿Qué presión soporta un submarino que navega a 200 m de profundidad en unas aguas de densidad $1,02 \text{ g/cm}^3$?. Usa $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- ¿En cuánto disminuirá la presión que soporta un submarinista que bucea a 12 m de profundidad cuando entra en el fondo de una cueva marina cuya altura es 4 m ?
- El cristal de un batiscafo tiene una sección de 300 cm^2 . ¿Qué fuerza debe soportar para poder descender hasta los 3 km ? Nota: Densidad del agua del mar 1030 kg/m^3 . Toma como valor de $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Si la presión que alcanza el líquido de frenos de un circuito hidráulico es de 150.000 Pa , ¿cuál será la fuerza ejercida por un pistón de sección 1 cm^2 acoplado a él?
- El émbolo menor de una prensa hidráulica es de 20 cm^2 . ¿Cuál debe ser la sección del émbolo mayor para que al aplicar una fuerza de 180 N en el émbolo pequeño resulten amplificados hasta 3600 N ?
- Una prensa hidráulica tiene unos émbolos de secciones 10 y 200 cm^2 . Si al aplicar una fuerza de 80 N el émbolo pequeño desciende 5 cm ¿cuánto subirá el grande?
- Indica los nombres de los dos gases más abundantes de la atmósfera y las proporciones en que se encuentran. ¿Varía la proporción con la altura?
- La columna de mercurio de un barómetro tiene 79 cm de altura y $0,1 \text{ cm}^2$ de base. ¿Qué altura tendría si tuviera $0,3 \text{ cm}^2$ de base?
- ¿Qué altura alcanza la columna de mercurio de un barómetro cuando la presión atmosférica es de 1024 mb ? Densidad del mercurio 13600 kg/m^3 .
- Dos bolas A y B de 12 g de masa y densidades $A = 2 \text{ g/cm}^3$ y $B = 3 \text{ g/cm}^3$ se sumergen en agua. ¿Qué empuje recibirá cada una?
- Un cubo de metal de 5 cm de arista y densidad $4,3 \text{ g/cm}^3$ se sumerge en agua de densidad 1 g/cm^3 . a) ¿Qué volumen de agua desaloja? b) ¿Qué masa de agua desaloja? c) ¿Cuánto pesa el agua desalojada?
- Un cuerpo de masa 40 g y volumen 160 cm^3 flota en agua dulce ($d = 1 \text{ g/cm}^3$). Calcula: a) Peso del cuerpo. b) volumen sumergido. c) Peso del agua desalojada. d) Empuje. e) % del volumen sumergido.
- Un cuerpo de masa 80 g y densidad $0,5 \text{ g/cm}^3$ se deposita en agua ($d = 1 \text{ g/cm}^3$). Calcula: a) El volumen del cuerpo. b) El volumen sumergido c) El empuje. d) El peso aparente.

Fuerza y presión en los fluidos



Para saber más

La presión en la vida diaria

Tensión arterial y presión arterial

En tu entorno familiar conoces el caso de tus abuelos o de otras personas mayores que controlan su tensión para prevenir derrames cerebrales y accidentes cardiovasculares. Estudia como están relacionados el endurecimiento de las arterias y venas con el colesterol, cómo puedes prevenirlo, consulta en la Web cómo se mide y en qué unidades.

Descompresión de los buceadores: infórmate en la Web

Meteorología. Observa en la Web en un mapa del tiempo las situaciones de altas y bajas presiones, anticiclones y borrascas, y cómo influyen en el tiempo.

Aparatos:

El sifón. Busca información en la Red sobre la utilidad del sifón (puedes mirar debajo del fregadero de la cocina de tu casa) en las instalaciones sanitarias de tu casa.

La bomba aspirante. Entérate en la red de cómo funcionan y qué empuja el agua en esas bombas de balancín (inventadas en el siglo XVII por Otto Guericke) que se ven en las casas antiguas.

Aerostática. Investiga la historia de la navegación aérea, basada en el empuje (Principio de Arquímedes), hasta el invento del avión: los globos, aeróstatos, el Zepeling, etc. Los hermanos Wright, primeros que vuelan en aeroplano, utilizaron la fuerza de sustentación en las alas por la diferente velocidad del aire en la parte superior e inferior (conceptos estudiados en Hidrodinámica).





Recuerda lo más importante

La fuerza y la presión en los fluidos

La presión hidrostática en un punto del interior de un líquido es directamente proporcional a la densidad del fluido, d , a la profundidad, h , y a la gravedad del lugar, g .

$$P = d \cdot g \cdot h$$

Esta presión del interior del líquido crea en las paredes del recipiente una fuerza, perpendicular a las paredes, de valor $F = P \cdot S$.

Principio de Pascal

La presión aplicada a un punto de un fluido estático e incompresible encerrado en un recipiente se transmite íntegramente a todos los puntos del fluido.

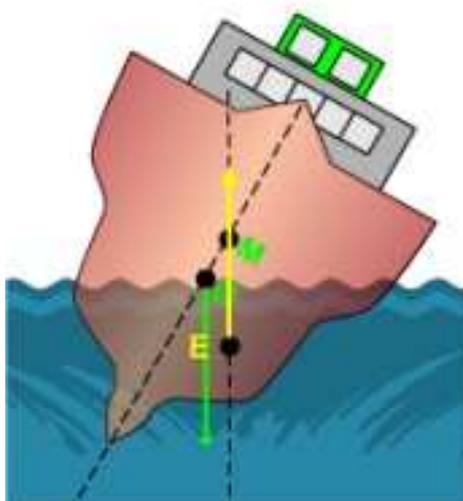
Experiencia de Torricelli

Torricelli demostró que el aire de la atmósfera pesa utilizando un barómetro inventado por él. El peso del aire externo crea una presión en la cubeta y es el que soporta la columna de mercurio y no la atracción del vacío.

Principio de Arquímedes:

El empuje es el peso del fluido desalojado

$$E = V_s \cdot d \cdot g$$





1. Expresa en atmósferas y en Pascales una presión de 1000 mb.
2. ¿Qué presión ejerce sobre el suelo un bloque de masa 500 kg que mide 6x4x2 m cuando se apoya en su cara de 4x2m?
3. Un recipiente cilíndrico lleno de agua tiene una espita de salida de sección 2 cm^2 a 2 m de la superficie. Calcula la fuerza que soporta. Nota.- Densidad del agua 1000 kg/m^3 .
4. Expresa en unidades del S.I la densidad de $2,5 \text{ g/cm}^3$.
5. ¿Qué presión soporta un submarinista sumergido en agua dulce a 35 m de profundidad?.
6. Una botella se encuentra hundida en agua dulce a 24 m de profundidad. Halla la fuerza sobre su tapón de $1,5 \text{ cm}^2$.
7. En un émbolo de 5 cm^2 de una prensa hidráulica se ejerce una fuerza de 40 N. ¿Qué fuerza resultará en el émbolo de 100 cm^2 ?
8. Un cuerpo de masa 200 kg flota en agua dulce. ¿Qué volumen de agua desaloja para mantenerse a flote?. ¿Cuánto vale el empuje?.
9. ¿Cuál es el peso aparente dentro del agua de un cuerpo de 300 g y volumen 50 cm^3 ?
10. ¿Qué % de su volumen sumerge un cuerpo de masa 80g y volumen 100 cm^3 cuando flota en agua dulce?.

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. a) 215.600 Pa; b) 202.600 Pa
c) 118.019,4 Pa
2. $P = 39.200 \text{ Pa}$
3. $P = 19.600 \text{ Pa}$
4. $P = 2.001.240 \text{ Pa}$
5. En nada.
6. $F = 9,09 \cdot 10^4 \text{ N}$
7. $F = 15 \text{ N}$
8. $S = 400 \text{ cm}^2$
9. $x = 0,25 \text{ cm}$
10. N el 79% el O 21%
11. El mismo.
12. $h = 0,74 \text{ m}$
13. $E_A = 0,058 \text{ N}$; $E_B = 0,039 \text{ N}$
14. a) 5 cm³ ; b) 5 g ; c) $F = 0,049 \text{ N}$
15. a) 0,392 N; b) 40 cm³
c) 0,392 N; d) 25 %
16.) 160 cm³; b) 80 cm³
c) 0,784 N; d) cero

Fuerza y presión en los fluidos

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. $P = 100.000 \text{ Pa}$
2. $P = 612,5 \text{ Pa}$
3. $F = 392 \text{ N}$
4. $d = 2.500 \text{ kg/m}^3$
5. $P = 343.000 \text{ Pa}$
6. $F = 35,28 \text{ N}$
7. $F = 800 \text{ N}$
8. $V = 200 \text{ l} = 0,2 \text{ m}^3$; $E = 1960 \text{ N}$
9. $F = 2,45 \text{ N}$
10. 80%

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Comprender la importancia que ha tenido la Astronomía en el desarrollo de la Ciencia
- Comprender el enfrentamiento histórico entre libertad de investigación y dogmatismo.
- Conocer el Principio de Gravitación Universal.
- Explicar con este principio fenómenos como las mareas o el movimiento de los satélites y aplicarlo al cálculo de la masa de los astros.
- Entender la relación entre las propiedades de un astro y el peso de un cuerpo en su superficie.
- Comprender la estructura fundamental del Universo tal como la entendemos hoy en día.
- Valorar los avances científicos en la conquista del espacio

Antes de empezar

1. La revolución de la Astronomía pág. 94
El Universo de los antiguos
El cielo de Ptolomeo
La hipótesis de Copérnico
Galileo confirma a Copérnico
2. La gravitación universal pág. 97
Las leyes de Kepler
El principio de gravitación universal
La aportación de Cavendish
3. Principio de gravitación pág. 103
Variación de la intensidad de la gravedad
La masa de los astros
Movimiento de los satélites
Explicación de las mareas
4. Concepto actual del Universo pág. 109
El Sistema Solar
Otras estrellas
Galaxias
El origen del Universo

Ejercicios para practicar

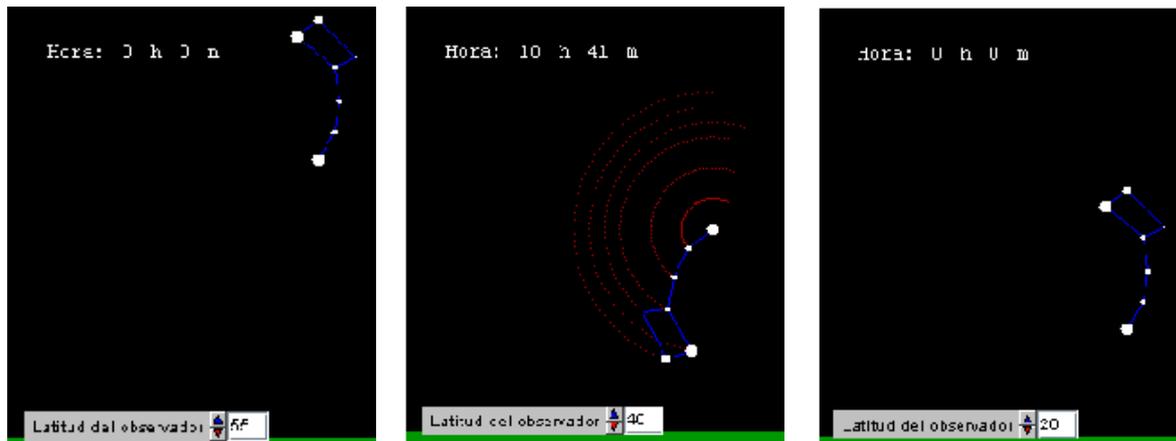
Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Antes de empezar



Investiga

Desde la más remota antigüedad el hombre ha sabido sacar utilidad a la observación del cielo. Las escenas celestes sobre este texto están extraídas de la simulación por ordenador y nos pueden ahorrar mucho trabajo de observación del cielo real, de forma que podemos llegar a las mismas conclusiones que nuestros antepasados rápidamente.

Después de examinarlas, trata de responderte las preguntas siguientes:

- ¿Cómo se mueven las estrellas a lo largo de la noche?
- ¿Por qué hay una que no parece moverse?
- ¿Qué interés tendrá esta estrella para nosotros?
- ¿Por qué las estrellas se ven en posición diferente desde diferentes latitudes?

Para responder a estas preguntas trata de "olvidar" lo que ya sabes por ser un estudiante del siglo XXI. Trata de partir de cero e imaginar qué consecuencias se pueden sacar de estas observaciones. De esta forma estarás en condiciones de comprender cómo veían el cielo nuestros antecesores y valorar su esfuerzo.

1. La revolución de la Astronomía

El Universo de los antiguos

Los primeros astros que atrajeron la atención de nuestros ancestros fueron el Sol y la Luna. Por eso el día solar y el mes lunar (tiempo entre dos lunas llenas) son las unidades de tiempo empleadas en primer lugar por pueblos de cualquier parte del mundo.

Las estrellas fijas y su movimiento nocturno atrajeron después la atención de los hombres. De ellas aprendieron cómo navegar orientándose por la estrella más cercana al centro del movimiento celeste.

Hagamos constar que la Polar no ha sido siempre la misma estrella: hace unos 3000 años, para los egipcios la Estrella Polar era Thuban, de la constelación del Dragón.

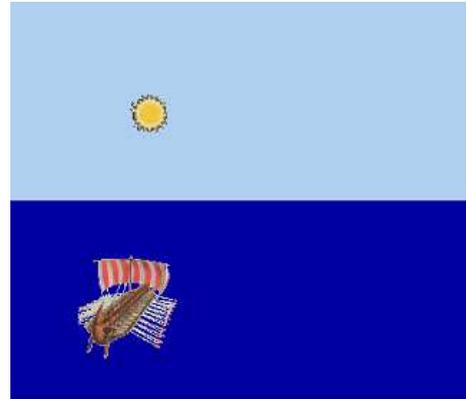
Además observaron que las estrellas cambiaban de posición si viajábamos a lejanas tierras. Sus observaciones de la navegación como se explica a la derecha, les llevaron finalmente a una conclusión clara:

La Tierra era una esfera, rodeada de otra esfera de estrellas girando a su alrededor.

La importancia del zodiaco

Además del movimiento diario de la esfera de las estrellas fijas, nuestros antepasados observaron cómo el Sol cambiaba su posición diaria entre los astros. Su camino, llamado **Eclíptica**, atravesaba las conocidas constelaciones del Zodiaco. Aunque de origen babilónico, su división actual en doce constelaciones procede de los griegos. En la imagen adjunta podemos comprobar cómo se mueve el Sol por el Zodiaco a lo largo del año.

El calendario anual de 12 meses, usado ya por los egipcios; pero mejorado por Julio César, inventor del año bisiesto, es una consecuencia lógica de la observación del movimiento del Sol.



Los fenicios, grandes navegantes de la antigüedad, ya comprendían muy bien la esfericidad de la Tierra. Cuando sus barcos se alejaban, primero desaparecía el casco y finalmente la vela.



El Sol en verano, atravesando la constelación de Leo

Astronomía y gravitación universal

El cielo de Ptolomeo

Aunque los planetas se movían por la eclíptica, lo hacían de una forma irregular. El sabio alejandrino Claudio Ptolomeo explicó este movimiento como podemos ver en el modelo adjunto.

- Los planetas se mueven en círculos perfectos llamados **epiciclos**.
- El centro de los epiciclos sigue un círculo perfecto alrededor de la Tierra, llamado **deferente**.
- El centro de la deferente no coincide con la posición de la Tierra.
- Existe un punto, el **ecuante**, respecto al que el planeta se mueve siempre a la misma velocidad.

En el modelo notamos su obsesión por los círculos perfectos. Es la consecuencia lógica de las ideas sobre el Universo del filósofo griego Aristóteles, anterior a Ptolomeo y gran autoridad en el pensamiento filosófico del mundo grecolatino:

- El mundo **supralunar**, el de los astros, es perfecto y todos los movimientos son circulares.

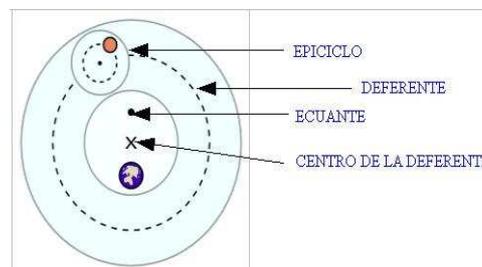
- El mundo **sublunar**, el habitado por los hombres, es imperfecto y todos los objetos se disponen en él según su mayor o menor peso.

La filosofía del Universo de Aristóteles y la astronomía de Ptolomeo dominaron el pensamiento humano hasta el Renacimiento.

La hipótesis de Copérnico

Aunque no el primero en pensarlo (ya lo había hecho Aristarco, sin aceptación en la Grecia clásica), fue Nicolás Copérnico, en el siglo XVI, el que desarrolló una alternativa heliocéntrica al sistema de Ptolomeo.

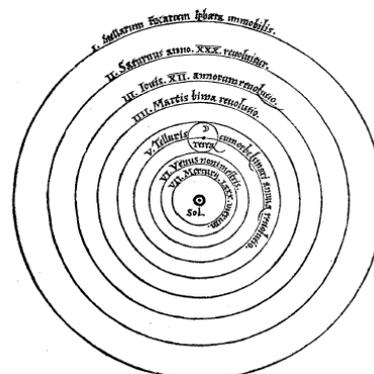
1. El Sol está inmóvil en el centro de las estrellas fijas, que no poseen ningún movimiento.
2. La Tierra y los demás planetas giran en órbitas circulares respecto al Sol.
3. La Tierra tiene además un movimiento de rotación diurno alrededor de su eje.
4. La Luna gira alrededor de la Tierra.



En esta imagen se aprecia la complejidad del modelo de Ptolomeo. Vemos cómo hacen falta varios círculos para describir el movimiento de los planetas. En realidad, cada movimiento curvilíneo se puede describir como una composición de movimientos circulares, aunque en muchos casos es más sencillo no realizar esta descomposición.

A Ptolomeo no le preocupaba si su modelo se ajustaba realmente al Cosmos real, lo que le interesaba era poder predecir con exactitud la posición de los planetas, lo que logró con un margen de precisión muy grande para su época.

En este aspecto, su modelo era tan correcto que permaneció indiscutible por 1500 años.



El dibujo superior, procedente de la obra de Copérnico "De revolutionibus orbium coelestium" ilustra sus ideas.

Astronomía y gravitación universal

Con el modelo copernicano, los movimientos planetarios se explicaban con mayor facilidad; pero la idea de un sistema heliocéntrico, en una época en que comenzaba la reforma protestante, era muy polémica.

En ciertos pasajes bíblicos se afirma la inmovilidad de la Tierra. Si la Tierra se movía alrededor del Sol, se ponía en cuestión esos pasajes. Eso era bordear la herejía.

Por eso, su libro "Sobre las revoluciones de los orbes celestes" fue publicada por un discípulo sólo a la muerte de Copérnico, y con un prólogo, añadido por el discípulo, que explicaba que se trataba sólo de una hipótesis matemática. Es decir, la teoría heliocéntrica sería un truco geométrico para saber dónde están los astros en un momento dado, pero no se pretendía que correspondiera a la realidad física.

A pesar de tales precauciones, esta obra acabó en el índice de libros prohibidos.

Galileo confirma a Copérnico

Aunque Lippershey es el reconocido inventor del telescopio, Galileo Galilei fue el primero en emplearlo para la Astronomía (hacia 1610). En la escena de la derecha se muestra Júpiter y sus satélites como los veía Galileo. Las observaciones con su telescopio le llevaron a las conclusiones siguientes:

1. Al observar el cielo nocturno vio muchas más estrellas que a simple vista. Comprendió que había estrellas que no podíamos ver a simple vista porque estaban demasiado lejos. **Las estrellas están a diferentes distancias, no unidas a una superficie esférica como suponían los pensadores antiguos.**
2. La Luna presentaba montañas, valles y cráteres como la Tierra. **Era un planeta similar al nuestro, no el astro "perfecto" que imaginaba Aristóteles**
3. Venus presentaba fases como la Luna y cambiaba de tamaño. **Evidentemente Venus giraba alrededor del Sol, no de la Tierra.**
4. Júpiter presentaba 4 satélites que giraban a su alrededor. **Era la prueba notoria de que la Tierra no era el centro de todos los giros celestes.**

La explicación más simple y suficiente de un fenómeno es la más probable (idea conocida como "Navaja de Occam")

A veces resulta difícil que este principio se imponga a los prejuicios establecidos: No sólo la teoría heliocéntrica encontró serias dificultades para ser aceptada: en su momento la teoría de la evolución encontró parecidos obstáculos. Ya en el siglo XX, muchos físicos se opusieron durante décadas a la teoría de la Relatividad porque les parecía que contradecía su "sentido común", concepto en el que se suelen esconder muchos prejuicios.



Ahora ya había pruebas objetivas de la tesis heliocéntrica. Sin embargo las circunstancias políticas y religiosas no había cambiado; tras muchos avatares fue condenado por el Santo Oficio, obligado a abjurar de su verdad.

No obstante, a partir de la fecha de su condena, todos los científicos posteriores **sabían** que el sistema heliocéntrico era el correcto

2. La gravitación universal

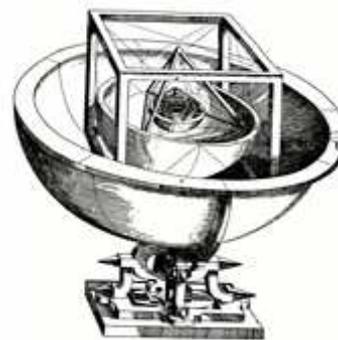
Las leyes de Kepler

Contemporáneo de Galileo, Johannes Kepler también adoptó el modelo heliocéntrico. Al ser luterano y vivir fuera del alcance del Vaticano, pudo desarrollar libremente su investigación. Su hipótesis de partida era que los planetas orbitaban al Sol sobre círculos trazados en esferas perfectas, circunscritas a los poliedros regulares (tetraedro, hexaedro...). Como base de su trabajo tenía los muy precisos datos de observación de Tycho Brahe, el último geocentrista.

Estos datos no casaban con su hipótesis de partida. Tras muchos esfuerzos, su espíritu científico le llevó a aceptar su error inicial:

Las órbitas de los planetas eran elípticas, no circulares.

Finalmente estableció las leyes del movimiento planetario:



En la imagen superior se ilustra el modelo inicial de Kepler.

En su modelo Kepler parte de una esfera exterior, que representa la órbita de Saturno dentro de la cual va inscribiendo sucesivamente: un cubo, la esfera de Júpiter, un tetraedro, la esfera de Marte, un dodecaedro, la esfera de la Tierra, un octaedro y finalmente la esfera de Mercurio.

	<p>1ª Ley</p> <p>Los planetas giran en órbitas elípticas, ocupando el Sol uno de los focos de la elipse.</p>
	<p>2ª Ley:</p> <p>Los vectores de posición de los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales.</p>
$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \text{constante}$	<p>3ª Ley:</p> <p>Los cuadrados de los periodos orbitales de los planetas son proporcionales al cubo de los semiejes mayores de sus órbitas.</p>

La idea de Kepler, en la que el mundo real estaría representando figuras ideales, muy de acuerdo con la filosofía de Platón, parte simplemente del hecho de que vemos cinco planetas en el cielo (mercurio, Venus, Marte Júpiter y Saturno; cantidad que coinciden con el número de poliedros regulares. Esa coincidencia, fruto de que a simple vista no vemos Urano o Neptuno, le parecía que no podía ser casual.

Su teoría era elegante y bella; pero Kepler **nos demostró que no debemos encariñarnos demasiado con nuestras propias ideas si no podemos demostrarlas.**

Se puede considerar un mérito añadido a la memoria de este científico su capacidad para asumir sus propios errores y establecer la primacía de la observación experimental como criterio de la verdad de una hipótesis.

EJERCICIOS RESUELTOS

- Mercurio tiene una velocidad de 60 km/s cuando pasa por el perihelio a 46 millones de kilómetros del Sol. Debemos calcular:
 - Velocidad en el afelio, a 70 millones de kilómetros del Sol.
 - Semieje mayor de su órbita.

Solución: a) Según la 2ª ley de Kepler: $V_{\text{perihelio}} \cdot D_{\text{perihelio}} = V_{\text{afelio}} \cdot D_{\text{afelio}}$

Sustituyendo los datos: $60 \cdot 46 = V_{\text{afelio}} \cdot 70 \rightarrow V_{\text{afelio}} = 60 \cdot 46 / 70 = 32,43 \text{ km/s}$

Nota: No es preciso el cambio de unidades porque los factores de cambio serían los mismos a cada lado de la igualdad.

b) El semieje mayor será la semisuma de la distancia en el perihelio y en el afelio:

$$a = \frac{D_{\text{perihelio}} + D_{\text{afelio}}}{2} = \frac{46 + 70}{2} = 58 \text{ millones de km}$$

- El semieje mayor de la órbita de Marte es de 225 millones de km y su periodo es de 1,9 años. Sabiendo que la órbita de Júpiter es casi circular, ¿cuánto valdrá su radio si el periodo es de 11,9 años?

Solución: El semieje mayor de una órbita circular es su radio, así que aplicando

La 3ª ley de Kepler: $\frac{am^3}{Tm^2} = \frac{aj^3}{Tj^2}$ donde los datos "m" son los de Marte y los "j"

los de Júpiter: $\frac{225^3}{1,9^2} = \frac{aj^3}{11,9^2}$ y despejando **aj= 764,50 millones de km**

- Un satélite geostacionario (siempre sobre el mismo punto del planeta) está a 36000 km sobre la superficie de la Tierra. ¿Qué periodo tiene otro situado a 3600 km de altura? Radio aproximado de la Tierra: 6400 km.

Solución: Suponemos que los dos satélites siguen órbitas circulares de radios:

$R_1 = 36.000 + 6400 = 42400 \text{ km}$ $r_2 = 3600 + 6400 = 10.000 \text{ km}$. Además el periodo del satélite geostacionario es de 24 horas, para estar siempre sobre el mismo punto de la Tierra. Aplicando como antes la 3ª ley de Kepler

$$\frac{42400^3}{24^2} = \frac{10000^3}{T_2^2} \text{ y despejando } T_2 = 2,75 \text{ horas}$$

El principio de gravitación universal

La leyenda dice que Newton descubrió el principio de gravitación universal reflexionando después de ver caer una manzana. La realidad es que Newton estudió concienzudamente los trabajos de Galileo sobre la caída de los cuerpos y de Copérnico y Kepler sobre el movimiento planetario antes de extraer sus propias conclusiones.

¿Qué tomó de Galileo?:

Galileo había estudiado la caída de los cuerpos tal como se estudia a la derecha.

Según los principios de la Dinámica que el mismo Newton había introducido, siempre que un cuerpo posee una aceleración, el cuerpo está sufriendo una fuerza en la misma dirección y sentido.

Es decir que, todos los cuerpos experimentaban una fuerza hacia la Tierra, la fuerza que llamamos peso, dirigida hacia el centro terrestre Resulta lógico pensar que es la Tierra la que ejerce esta fuerza.

Esta fuerza dependería de la masa del cuerpo y, según el principio de acción y reacción, cada cuerpo atraerá a su vez a la Tierra con la misma cantidad de fuerza con la que él es atraído.

¿Qué tomó de Copérnico? Copérnico había establecido el modelo heliocéntrico que Galileo había demostrado. Los planetas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas, muchas veces casi circulares.

Esencialmente es un movimiento similar al de la honda de la derecha. Para que este movimiento se produzca hace falta una fuerza centrípeta:

$$F = \frac{m \cdot v^2}{R}$$
 donde m es la masa del objeto, v es su velocidad y R el radio de la Trayectoria.

La fuerza que actuaba sobre los planetas y que les atraía hacia el Sol debía ser producida por el mismo Sol. Una vez más, aplicando el principio de acción y reacción, esta fuerza debería tener una correspondencia recíproca: **cada planeta debe también atraer al Sol.**



Destaquemos que en el caso que nos ocupa no hay cuerda que transmita la fuerza. **La interacción entre planetas y Sol se produce a través del vacío, sin intermediarios.**

La manzana experimenta una aceleración g similar en cualquier latitud y longitud que nos encontremos. Esta aceleración apunta siempre hacia el centro de la Tierra. Aunque Galileo no podía determinarlo, hoy en día sabemos.



El movimiento de una piedra en una honda es similar al movimiento planetario. Una fuerza central, obliga al objeto a seguir una trayectoria circular.

En el caso de los planetas, la "mano" que empuja la honda es claramente el Sol. La diferencia fundamental es que no hay intermediario, no hay cuerda que transmita la fuerza. Cuando nos encontramos con fuerzas capaces de actuar a distancia, se dice que estamos en un "campo de fuerzas". En este aspecto Newton iba a romper también un viejo prejuicio, pues los pensadores anteriores jamás habían pensado en una acción a distancia.

Astronomía y gravitación universal

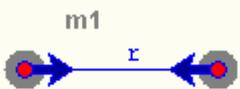
¿Qué tomó de Kepler?

De las leyes de Kepler, Newton dedujo las condiciones matemáticas que debía cumplir la fuerza gravitatoria. De las dos primeras leyes keplerianas se deduce, como se demostrará en cursos superiores de Física, que sobre los planetas actúa una fuerza central, es decir una fuerza dirigida siempre hacia un mismo punto: el Sol.

La tercera ley establecía una relación concreta entre los periodos y los semiejes mayores de las órbitas que la fuerza gravitatoria debía cumplir

Y, finalmente, esta es la síntesis de Newton:

PRINCIPIO DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL
m1= masa cuerpo 1
m2=masa cuerpo 2
r = distancia



Dos cuerpos se atraen con una fuerza proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

G es una constante de proporcionalidad llamada "Constante de gravitación universal"

Con su principio de gravitación universal Newton había encontrado **una ley igual para todos los cuerpos del Universo.**

La barrera entre cielos y Tierra estaba rota. Podíamos suponer que todos los cuerpos del Universo estaban sujetos a las mismas leyes físicas.

Como pronto veremos, el principio de gravitación universal nos permitía llegar a conocer características de los cuerpos celestes que nunca antes el hombre había pensado llegar a conocer. Así, hemos llegado a conocer la masa de planetas, soles y galaxias, a determinar su velocidad y tamaño, a calcular el peso de los cuerpos en su superficie.

Observemos como la nueva fuerza cumple la 3ª ley de Kepler:

Supongamos que m_1 es la masa del Sol, m_2 la de un planeta y r es la distancia entre ellos. Admitiremos que, de forma aproximada, la trayectoria del planeta es circular. La fuerza centrípeta que actúa sobre el planeta es la gravitatoria, así que:

$G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = \frac{m_2 \cdot v^2}{r}$ donde v es la velocidad del planeta:

$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ siendo T el periodo de la órbita. Reemplazando este valor en la expresión anterior, simplificando y agrupando r y T en el mismo lado de la ecuación:

$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot m_1}{4 \pi^2}$ El segundo término de esta ecuación es una constante. Así deducimos que el valor del cubo del radio entre el cuadrado del periodo es una constante.

Las órbitas planetarias no son circulares sino algo elípticas. Cambiando el radio por el semieje mayor de la elipse, obtenemos literalmente la tercera ley de Kepler. Observamos también como la constante depende de la masa solar, de forma que para cada astro habrá una constante diferente entre semiejes y periodos orbitales, dependiendo de la masa del astro central.

EJERCICIOS RESUELTOS

1. La Luna tiene aproximadamente $1/80$ de la masa terrestre, mientras que el Sol es aproximadamente 330.000 veces más masivo que nuestro planeta. Por otro lado, la Luna está a unos 380.000 km de la Tierra y el Sol a 150 millones de km. Comparemos la fuerza que estos dos astros ejercen sobre nuestro planeta.

Solución: Llamaremos M a la masa de la Tierra, de forma que la del Sol será: 330.000 M y la de la Luna $1/80 M$. La distancia entre Tierra y Sol se podrá expresar como $1,5 \cdot 10^8$ km y entre Tierra y Luna: $3,8 \cdot 10^5$ km.

Según el principio de gravitación, la fuerza del sol sobre la tierra será:

$$F_{sol} = G \cdot \frac{330.000M \cdot M}{2,25 \cdot 10^{16}} \text{ y la de la Luna: } F_{luna} = G \cdot \frac{1/80 \cdot M \cdot M}{14,44 \cdot 10^{10}} \text{ dividiendo ambas}$$

expresiones y simplificando obtenemos:

$$\frac{F_{sol}}{F_{luna}} = 173,01$$

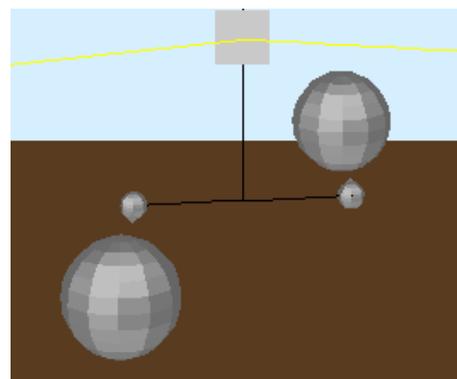
La aportación de Cavendish

¿Por qué no se percibe la fuerza de gravitación entre cuerpos pequeños? La respuesta está en la pequeñez de la constante G .

Cavendish logró medirla mediante el dispositivo de la escena adjunta: dos grandes esferas de plomo atraen a dos pequeñas con muy poca fuerza, pero sí la suficiente para torcer el hilo del que están suspendidas. De este modo un espejo cambia ligeramente la posición de un rayo de luz sobre una pantalla. Así Cavendish pudo medir la fuerza entre las esferas de plomo y calcular G .

La constante de gravitación universal es muy pequeña: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

Su significado físico es la fuerza con que se atraen dos cuerpos de 1 kg de masa situados a 1 m de distancia. Observemos que esta fuerza es tan pequeña que no existe dinamómetro capaz de medirla directamente. El trabajo de Cavendish logró una gran precisión para las posibilidades técnicas del siglo XVII; aunque su experiencia se ha realizado con mejores instalaciones y más precisión, su valor sigue siendo esencialmente correcto.

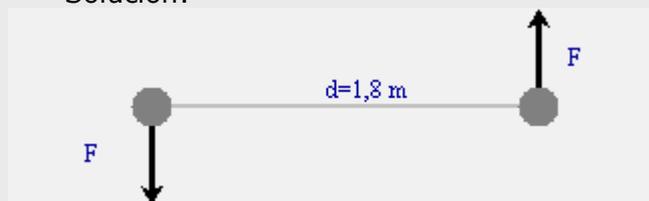


Representación esquemática del aparato de Cavendish. Si se situaba una pantalla a varios metros de distancia, la acción del par de fuerzas era capaz de desviar unos milímetros el punto luminoso sobre la pantalla.

EJERCICIOS RESUELTOS

1. En la experiencia de Cavendish, dos esferas de 150 kg atraían a dos esferas de 0,75 kg, unidas por una varilla de 1,8 m suspendida de un hilo de 0,0003 N·m de módulo de torsión. Si cada par esfera grande - esfera chica está separado 0,5 m y dando por conocido el valor de G, ¿que ángulo girará la varilla?

Solución:



Las fuerzas de las esferas grandes sobre las pequeñas crean un par de fuerzas sobre la varilla.

El significado del módulo de torsión es que el par de fuerzas $F \cdot d$ es igual al módulo de torsión por el ángulo que gira la varilla en radianes.

El valor de cada fuerza es: $F = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{150 \cdot 0,75}{0,25} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ N}$

Como $F \cdot d = M_{\text{torsión}} \cdot \text{ángulo}$

$\text{ángulo} = \frac{3 \cdot 10^{-8} \cdot 1,8}{0,0003} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ radianes}$. Recordando que π radianes son 180° , este

ángulo será de:

$$\text{ángulo} = \frac{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 180}{3,14} = 0,0103^\circ$$

2. Dos bloques de 10 kg situados a 1 m de distancia, reposan sobre una superficie de coeficiente de rozamiento $\mu=0,1$. Compara el valor máximo de la fuerza de rozamiento con la fuerza gravitatoria entre ambos cuerpos

Solución:



La máxima fuerza de rozamiento vale: $F_r = \mu \cdot m \cdot g = 9,8 \text{ N}$

La fuerza gravitatoria entre los dos cuerpos es: $F_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10 \cdot 10}{1} = 6,67 \cdot 10^{-9} \text{ N}$

Para comparar estas fuerzas, nos basta dividir una por la otra:

$$\frac{F_r}{F_g} = 1,45 \cdot 10^9$$

Según esto, el valor máximo de la fuerza de rozamiento es mal de mil millones de veces superior a la fuerza Gravitatoria.

Este hecho nos puede hacer comprender por qué, para que la fuerza de la gravedad sea claramente perceptible, alguno de los cuerpos implicados debe poseer una masa de rango planetario.

3. Consecuencias del principio de gravitación

Variación de la intensidad de la gravedad

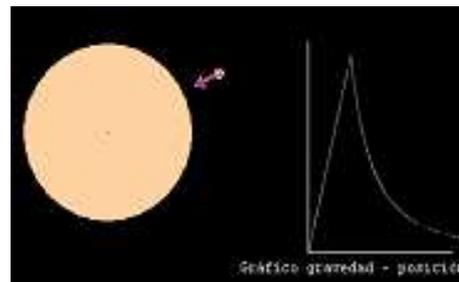
En la quincena 3, dedicada a las fuerzas, aprendimos que el peso de un cuerpo es $P = m \cdot g$ donde m es la masa del cuerpo y g es la intensidad de la gravedad, es decir la fuerza con que la Tierra atrae a un kilogramo de masa. En caída libre en el vacío esta intensidad es idéntica a la aceleración del movimiento. Para Galileo, que estudiaba caídas a pequeñas alturas, g es una constante

Si en la expresión de la fuerza que un cuerpo de masa M ejerce sobre otro de masa m , calculamos la fuerza por unidad de masa, obtenemos:

Si en la expresión de la fuerza que un cuerpo de masa M ejerce sobre otro de masa m , calculamos la fuerza por unidad de masa, obtenemos:

$$g = \frac{F}{m} = \frac{G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}}{m} = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

Donde vemos que g ya no es una constante, sino que depende de la distancia al centro del planeta. A pequeñas alturas sobre la superficie esta variación resulta imperceptible, por lo que es lógico que Galileo no la notara. Como ilustramos en la imagen de la derecha, la realidad es un poco más compleja.



En esta escena vemos como varía la intensidad de la gravedad con la distancia al centro de un planeta. El valor máximo corresponde a la superficie del planeta. En el centro del planeta es nula, como lo será también a infinita distancia del planeta

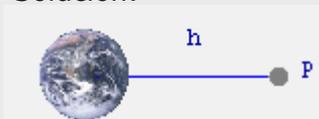
La variación entre la superficie del planeta y el infinito viene dada por la expresión que se demuestra en el texto adjunto.

La variación de la gravedad dentro del planeta no se puede justificar con nuestros conocimientos actuales. Bástenos saber que fue el matemático-físico Gauss quien hizo posible conocer cómo varía la gravedad en el interior de la Tierra.

EJERCICIOS RESUELTOS

1. Sabiendo que el radio de la Tierra es de unos 6400 km y que la gravedad superficial es de 9,8 N/kg, debemos calcular a qué altura sobre la superficie la gravedad será $g'=9$ N/kg

Solución:



La gravedad en la superficie es: $g = G \cdot \frac{M}{R^2}$ siendo M la masa

de la Tierra y R su radio. Del mismo modo, a la altura h : $g' = G \cdot \frac{M}{(R+h)^2}$ Dividiendo

ambas expresiones, simplificando y reemplazando valores, obtenemos:

$$\frac{9}{9,8} = \frac{6400^2}{(6400+h)^2} \text{ Despejando la altura } h \text{ llegamos a } h=278,38 \text{ km}$$

Como vemos, hace falta ascender a cientos de kilómetros para que el descenso de la intensidad de la gravedad empiece a ser apreciable. No es extraño que Galileo no lo percibiera.

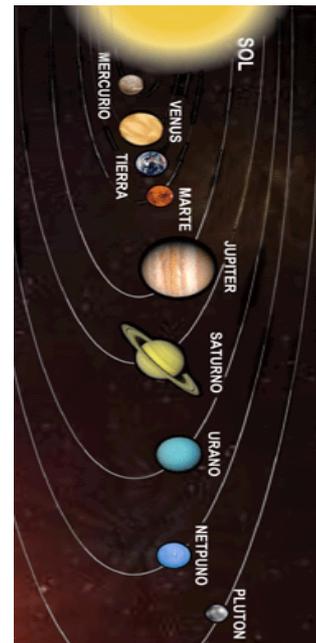
Astronomía y gravitación universal

La masa de los astros

Las nuevas leyes en la Física no sólo explican hechos observados sino que muchas veces pueden aplicarse para obtener nuevos conocimientos no previstos al principio.

El principio de gravitación, por ejemplo, nos permite calcular la masa de un astro si sabemos los efectos que produce sobre otro.

Por ejemplo, podemos calcular la masa de un planeta sabiendo la intensidad de la gravedad en la superficie y su radio:



Para determinar la masa de un planeta nos bastan:

El radio del planeta en Km: **El peso de 1 kg de masa en su superficie en N (valor de g):**

Como la intensidad de la gravedad es:

$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$ donde M es la masa del planeta y R es su radio, despejando:

$$M = \frac{g \cdot R^2}{G} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Estos datos corresponden a los de nuestro planeta, Tierra.

Para determinar la masa de un sol partiremos de los datos orbitales de un planeta en una órbita aproximadamente circular:

Periodo (años): **Radio (10⁶ km):**



Sobre el planeta la fuerza centrípeta es: $F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$

Esta fuerza es realmente la de la gravedad así que

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \text{ Y como } v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$$

$$\text{despejando } M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3}{G \cdot T^2} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

Hagamos notar que dos planetas con igual radio pero diferente gravedad tendrían masas diferentes y también densidades muy diferentes. En nuestro Sistema solar hay claramente dos tipos de planetas, los rocosos con densidades próximas a la terrestre y los gigantes gaseosos (como Júpiter o Saturno) con densidades próximas a las del agua.

Para conocer la densidad de un planeta no es imprescindible medir la gravedad en su superficie.

También es posible medir la masa de un astro a partir de los datos orbitales del movimiento de un satélite.

A continuación empleamos este procedimiento para medir la masa de nuestro Sol.

Observemos que la masa obtenida es cientos de miles de veces mayor que la masa de un planeta como la Tierra.

A esto se debe que los planetas que rodean otras estrellas sean tan difíciles de detectar.

Astronomía y gravitación universal

El peso de los cuerpos es diferente según el planeta en que estemos. Las variables importantes son masa y radio del planeta y la masa del cuerpo.



La intensidad de la gravedad es: $g = G \cdot \frac{M}{R^2}$

donde M es la masa del planeta.

En nuestro caso: $g = 24,37 \text{ N/kg}$
El peso será $P = m \cdot g = 1218,93 \text{ N}$
O bien en kp: $124,38 \text{ kp}$

Igualmente, a partir de la masa de un astro podemos definir sus efectos sobre otro. Veamos, por ejemplo, cómo calcular el peso de un cuerpo de 50 kg de masa en un planeta como Júpiter:

De formas similares a los cálculos aquí realizados, se han calculado masas de planetas, estrellas y aún de galaxias.

En los ejercicios siguientes incluso llegaremos a calcular las características de un agujero negro.

EJERCICIOS RESUELTOS

1. Io es un satélite de Júpiter que gira alrededor del planeta en órbitas casi circulares de 422.000 km de radio con un periodo de 42,5 horas. Determinar la masa de Júpiter.

Solución: Tal como hacíamos al calcular la masa del Sol: $\frac{m \cdot v^2}{R} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$ donde m es

la masa de Io, M es la de Júpiter, R es el radio de la órbita y v es la velocidad de Io:

$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$ siendo T el periodo. De 42,5 horas, es decir: $T = 42,5 \cdot 3600 = 153000 \text{ s}$.

Reemplazando datos, simplificando y despejando M:

$$M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3}{T^2} = 2,85 \cdot 10^{26} \text{ kg}$$

2. El Sol gira alrededor del centro de la galaxia, situado a 30.000 años-luz en unos 200 millones de años. Los científicos han demostrado que ese movimiento depende tan solo de la masa de la galaxia más cercana al centro que el propio Sol. Intentemos calcular esa masa galáctica.

Solución: Cambiemos unidades. 1 año-luz = $300.000.000 \cdot 365,24 \cdot 3600 = 9,467 \cdot 10^{15} \text{ m}$, así que el radio de la órbita solar será $R = 2,84 \cdot 10^{20} \text{ m}$

El periodo del Sol en su movimiento galáctico es

$T = 200.000.000 \cdot 365,24 \cdot 3600 = 6,31 \cdot 10^{15} \text{ s}$

Procediendo como antes, la masa de la galaxia será: $M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3}{T^2} = 3,41 \cdot 10^{41} \text{ kg}$

Observemos que esta masa equivale a cientos de miles de millones de soles

Astronomía y gravitación universal

Movimiento de los satélites

Cuando lanzamos al cielo un satélite artificial, su comportamiento en órbita es similar al de los planetas respecto al Sol. Con la simulación de la versión para ordenador podemos extraer las siguientes conclusiones.

Para cualquier distancia al centro de un planeta hay una velocidad para cual el satélite tiene una órbita circular. Si en la escena usamos una altura inicial de 500 km podremos comprobar que esa velocidad debe ser de unos 7,6 km/s



Para calcularla:

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \quad \text{simplificando}$$

$$\text{y despejando: } v = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}}$$

Si la velocidad se hace mayor la órbita se hace progresivamente elíptica y se aprecian las dos primeras leyes de Kepler.

Cuando la velocidad se hace excesiva, el satélite se escapa. Esto ocurre cuando la velocidad es igual o mayor que:

$$V_{\text{esc}} = \sqrt{2 \cdot G \cdot \frac{M}{R}} \quad \text{es decir, un 41,4\% más de la}$$

velocidad para darle una órbita circular.

En nuestra escena el satélite situado a una altura de 500 km se escapará si la velocidad es mayor de 10,8 km/s

Es muy posible que hayamos oído hablar de agujeros negros. Ahora ya estaríamos capacitados para indicar qué es un agujero negro: se trata de un cuerpo tan denso que la velocidad de escape de él es mayor que la de la luz, de forma que ni la radiación electromagnética puede escapar de su interior.



En la imagen superior vemos una típica trayectoria de satélite alrededor de la Tierra. Su movimiento se atiene exactamente a las mismas leyes que cumplen los planetas cuando giran en torno al Sol.

Si deseamos saber más sobre satélites, podemos bajar Home Planet

(<http://www.fourmilab.ch/homeplanet/>), programa gratuito que sigue el movimiento de cientos de satélites. Además nos muestra el mapa celeste y su evolución a lo largo del día y del año.

En el apartado "Para saber más" de esta quincena se proponen también interesantes programas para el aprendizaje de la Astronomía.

Es importante que recordemos las llamadas velocidades cósmicas.

$$v_{\text{orb}} = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}} \quad v_{\text{esc}} = \sqrt{2 \cdot G \cdot \frac{M}{R}}$$

EJERCICIOS RESUELTOS

1. Un satélite de comunicaciones está en órbita circular geostacionaria. Debemos calcular su altura sobre la superficie terrestre, recordando que el radio de la Tierra es unos 6400 km y la masa del planeta es aproximadamente $6 \cdot 10^{24}$ kg

Solución: El periodo del satélite será de $T=24$ h = $24 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} = 86400 \text{ s}$

La fuerza centrípeta que actúa es la gravitatoria, es decir: $\frac{m \cdot v^2}{R} = G \cdot \frac{M_p \cdot m}{R^2}$ donde M_p

es la masa del planeta, m la del satélite y R el radio de la órbita. Como $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$ podemos sustituir este valor en la expresión anterior, simplificar y despejar R :

$R = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_p \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}} = 4,3 \cdot 10^7 \text{ m} = 43.000 \text{ km}$ Restando el radio de la Tierra, obtenemos que la altura del satélite es aproximadamente $43000 - 6400 = \mathbf{36.600 \text{ km}}$

2. La velocidad de escape de la Tierra es 11,3 km/s ¿Cuál será la velocidad de escape del planeta Júpiter, cuya masa es unas 300 veces la terrestre y un radio 11 veces mayor que el de la Tierra?

Solución: Llamaremos M a la masa de la Tierra y R a su radio. De esta forma, los datos de Júpiter serán $M_j = 300 \cdot M$ y $R_j = 11 \cdot R$. Y las respectivas velocidades de escape serán:

$11,3 = \sqrt{2 \cdot \frac{G \cdot M}{R}}$ y $V_j = \sqrt{2 \cdot \frac{G \cdot 300M}{11R}}$ Dividiendo ambas expresiones y simplificando:

$\frac{V_j}{11,3} = \sqrt{\frac{300}{11}} = 5,22 \rightarrow V_j = 5,22 \cdot 11,3 = \mathbf{59 \text{ km/s}}$

3. Un agujero negro es un cuerpo tan denso que la velocidad de escape es mayor que la de la luz (300.000 km/s). Para estudiarlos es precisa la teoría de la Relatividad; no obstante, calculemos que diámetro tendría desde el punto de vista clásico un agujero negro con la masa de la Tierra ($6 \cdot 10^{24}$ kg).

Solución: La velocidad de la luz: $300.000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Sustituyendo valores en la expresión de la velocidad de escape: $V_{esc} = \sqrt{2 \cdot \frac{G \cdot M}{R}}$

obtenemos: $3 \cdot 10^8 = \sqrt{2 \cdot \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{R}}$ operando y despejando $R = 0,0044 \text{ m}$

Por tanto, el diámetro será $2 \cdot R = 0,0088 \text{ m}$ (algo menos de 1 mm).

Nota: Los cálculos relativistas (los correctos para este caso) difieren de los clásicos en un factor 2. No obstante, con el cálculo clásico nos podemos hacer una idea del increíble grado de condensación que debe alcanzar la materia en uno de estos exóticos objetos. También obtenemos una conclusión correcta: el diámetro de un agujero negro está en proporción directa a su masa. Parecen abundar los agujeros negros de unos pocos km de diámetro, con una masa algo superior a la del Sol.

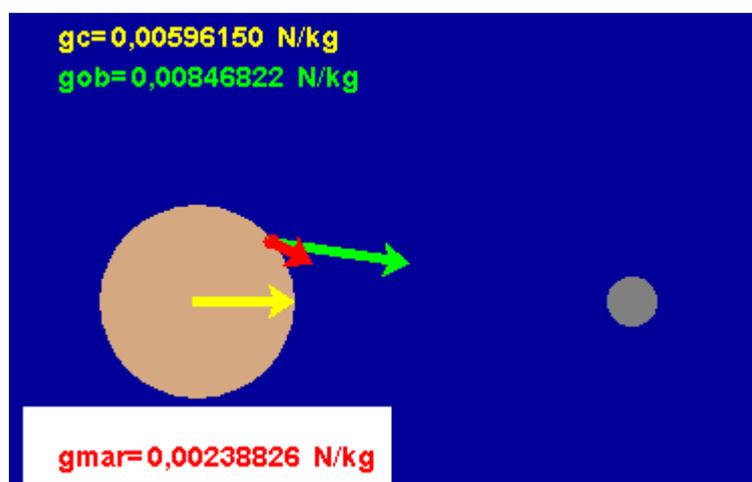
Astronomía y gravitación universal

Explicación de las mareas

Todo el mundo sabe que el nivel del mar asciende y desciende periódicamente. Se trata del fenómeno de la marea. En la escena de la derecha se simulan las mareas

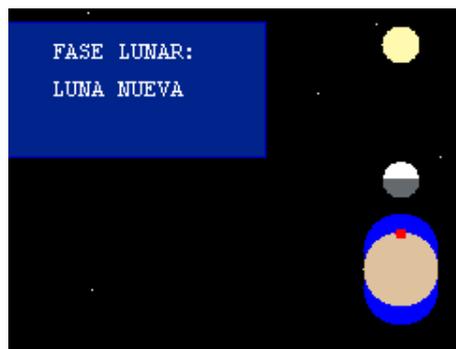
Observando las mareas en un punto de la Tierra podremos justificar estas afirmaciones:

1. Desde un punto de la superficie terrestre observamos normalmente dos pleamares (mareas altas) y dos bajamares cada día.
2. Cuando en un punto hay pleamar la luna está cerca del cenit del observador o en el punto diametralmente opuesto.
3. Las horas de pleamar se van retrasando algo menos de una hora al día debido a los 12° que se traslada la Luna cada día.
4. No todas las pleamares son iguales. Las pleamares mas altas (con mayor coeficiente de marea) se dan cuando la Luna y el Sol están alineados (Luna Llena o Luna Nueva) y las más bajas corresponden a la posición de cuadratura entre Sol, Luna y Tierra (Cuartos Creciente y Menguante).
5. En la marea debe influir la gravedad lunar en mayor grado que la gravedad solar.



En estas observaciones se intuye que la gravedad es responsable del fenómeno. Para comprender de qué forma actúa debemos examinar esta simulación.

La marea que ejerce la Luna sobre la Tierra se debe a la **diferencia entre la gravedad creada por el satélite en la superficie y el centro de nuestro planeta.**



En la escena observamos el Sol, la Luna en fase de luna Nueva y la Tierra con unos abultamientos azules representando la marea alta. El punto rojo representa un observador sobre la superficie de la Tierra. Mientras la Tierra rota, el observador percibe como baja la marea, para alcanzar la marea llena de nuevo a media noche.

A medida que la Luna vaya girando alrededor de la Tierra las mareas altas se desplazan, de forma que cada día la hora de marea alta se retrasa algo menos de una hora. La razón es que, cada día, la Luna da $1/29$ de vuelta a la Tierra, de forma que la hora de marea se adelantará unos $24/29$ de hora.



Cuando la Luna está en cuarto, las fuerzas del Sol y la Luna actúan perpendicularmente. Esto se traduce en un menor nivel de la marea alta.

En esta explicación no hemos tenido en cuenta que la Luna tiene una trayectoria elíptica, lo que altera ligeramente las horas y niveles de marea alta.

4. Concepto actual del Universo

El Sistema Solar

Hoy en día nuestros conocimientos del Sistema Solar abarcan muchos más objetos que los que conocía Galileo: descubrimos los planetas Urano y Neptuno, así como el planeta enano Plutón y miles de asteroides de todos los tamaños, la mayor parte de ellos entre las órbitas de Marte y Júpiter o más allá de Neptuno (en la zona llamada cinturón de Kuiper). Todos estos astros muestran gran variación de tamaños, desde el de guijarros hasta más de 100.000 km de diámetro; y de movimientos, con órbitas de menos de 100 días a cientos de años de periodo.



Mención especial, merecen los cometas, residuos de la formación del sistema solar hace 4700 millones de años, formados sobre todo por hielo y polvo. Uno de ellos sirvió para que Halley, al predecir su retorno según las leyes de Newton, confirmara de forma espectacular la teoría gravitatoria.

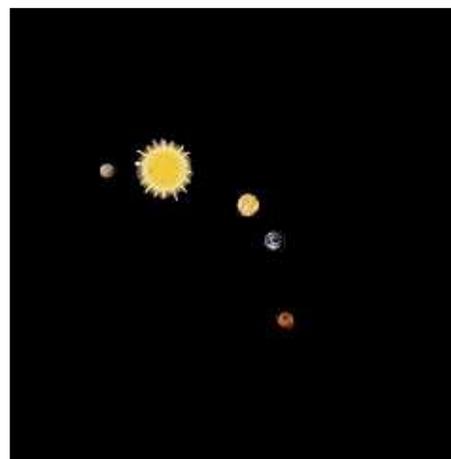
No debemos pensar que nuestro sistema sea único. Hoy en día se conocen decenas de planetas orbitando otras estrellas.

Otras estrellas



En las zonas más oscuras de ella, el gas y polvo que contiene, alcanza la densidad suficiente para que la atracción gravitatoria entre sus partículas tienda a unirlos, haciendo posible el nacimiento de nuevos soles, con o sin planetas alrededor. A medida que la masa de la nebulosa se contrae va girando con mayor rapidez. La fuerza centrífuga resultante tiende a darle forma de disco.

Nuestro Sistema Solar nació hace unos 5000 millones de años en el interior de una nebulosa como la de la



En la imagen vemos el Sol y los llamados planetas interiores o rocosos (Mercurio, Venus, Tierra y Marte). Las proporciones entre ellos son correctas, aunque están muy exageradas respecto al tamaño solar y las distancias entre los astros. Si hubiéramos querido incluir los gigantes Júpiter, Saturno y Neptuno en la misma escala, el dibujo debería ser unas veinte veces mayor.



“Los pilares de la Creación”, lugar de nacimiento estelar. En este tipo de objetos se pueden encontrar los discos de formación de estrellas.

Astronomía y gravitación universal

En la zona central de la nebulosa, donde se acumula casi toda la masa, nace la estrella. En el disco que lo rodea, si no hay circunstancias que lo impidan pueden formarse planetas, asteroides, cometas... incluso, a veces, otras estrellas menores formándose así los sistemas llamados estrellas dobles

Aunque nazcan del mismo modo, las estrellas pueden ser muy diferentes en sus propiedades. Hay ostensibles diferencias de tamaño, temperatura y color.

La masa de la estrella determina su tamaño, color, temperatura y duración.

Galaxias

En 1924 Edwin Hubble, con ayuda de un telescopio de 250 cm de diámetro, demostró que ciertos objetos brumosos eran en realidad **galaxias**, auténticos universos-ísla de **miles de millones de soles, a los que mantiene unidos la fuerza de gravedad común**. Nuestra propia galaxia es similar a la que destaca en la foto, la galaxia de Andrómeda

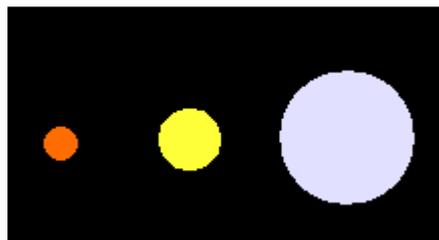
Nuestra galaxia tiene una masa de unos **150.000 millones de soles y un diámetro de más de 100.000 años-luz**

Recordemos que 1 año-luz es la distancia que recorre la luz en un año, aproximadamente 10 billones de km.

Existen muy diferentes tipos de galaxias. Nuestra galaxia y la de Andrómeda son dos galaxias de tipo Sb (espirales de núcleo medio). También hay galaxias de tipo Sa (un gran núcleo) y Sc (de núcleo muy pequeño). Otras galaxias tienen forma elipsoidal.

Algunas galaxias no tienen forma definida y se clasifican como irregulares. La masa total y el estado de movimiento inicial de los gases que dieron origen a una galaxia determinan su forma inicial que puede alterarse posteriormente al interactuar con otras galaxias.

No debemos formarnos una idea estática de las galaxias, no sólo pueden alterar su forma por la interacción cercana de otras; también es posible que una galaxia absorba a otra más pequeña o que dos galaxias similares se fundan en un cuerpo diferente.



En este dibujo se muestran soles de diferentes colores y tamaño. Los astros más masivos tienen una mayor temperatura y su color tiende al azul.



En la foto podemos ver, junto a la galaxia espiral de Andrómeda, dos galaxias elípticas, una casi redonda a la izquierda de Andrómeda (clase E0) y otra a la derecha más oblonga (clase E4). Se trata de galaxias satélites, similares a las que posee nuestra propia galaxia.

Es interesante señalar que Andrómeda se dirige actualmente hacia nuestra propia galaxia, por lo que posiblemente colisionarán dentro de unos miles de millones de años.

El origen del Universo

En 1928 Hubble comprobó algo asombroso, salvo las galaxias de nuestro grupo local, todas presentan un claro efecto Doppler de desplazamiento al rojo proporcional a la distancia de cada galaxia hasta la nuestra.

Descomponiendo la luz blanca con un prisma o una red de difracción se observa el arco iris. Se ha dispersado la luz según su frecuencia: mayor en el color azul y menor en el rojo.

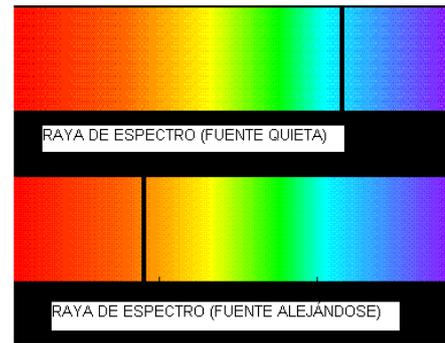
Si dispersamos de esta forma la luz de una estrella o de una galaxia, se observan unas líneas negras en el espectro. Corresponden a la absorción de energía luminosa por sustancias que rodean la fuente luminosa. Estas rayas son características de los diversos elementos y moléculas y nos han permitido identificar los componentes de los astros.

En las galaxias distantes Hubble observó claramente el desplazamiento al rojo que indica que se alejan de nosotros. Más aún, la cuantía del desplazamiento al rojo es aproximadamente proporcional a la distancia a que se encuentra la galaxia, que es tanto como decir que **la velocidad con que se alejan de nosotros es proporcional a esa distancia**.

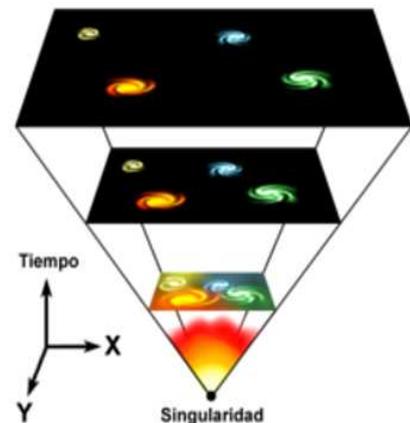
Este fenómeno dio pie a la idea de un Universo en expansión a partir de un estado primitivo de tamaño puntual, densidad infinita y temperatura extremada. El descubrimiento posterior de una radiación de fondo, procedente de esa era inicial y las fotos obtenidas desde satélites espaciales que muestran un Universo más denso, confirman el modelo del Big Bang.

Hoy en día creemos que nuestro Universo nació en una gran explosión hace 13.700 millones de años y parece probable que no se detenga nunca.

En el último decenio los astrofísicos han encontrado huellas de una nueva fuerza fundamental de repulsión entre cuerpos que actuaría a grandes distancias y sería responsable de que la expansión universal se esté acelerando.



En la imagen vemos una raya oscura en el espectro luminoso. Cuando una de estas rayas aparece desplazada respecto a su posición habitual, se debe ordinariamente al efecto Doppler debido al movimiento de la fuente. Si la fuente se aleja de nosotros, la raya espectral se desplaza hacia el rojo.



En este esquema la singularidad indica el punto de densidad infinita y temperatura inimaginable del que pensamos que nació nuestro Universo. En las imágenes superiores se aprecia la expansión del Universo.



Para practicar

1. ¿Qué se sabía del Universo en la antigüedad?

Selecciona las respuestas correctas a cada una de estas preguntas (puede haber más de una correcta en cada caso):

1.1. ¿Qué querían decir cuando hablaban de la esfera de las estrellas fijas?

- a) Que las estrellas se mueven al mismo tiempo que la Tierra, de forma que siempre se encuentran sobre el mismo lugar.
- b) Que las estrellas permanecen siempre quietas, sin ningún movimiento observable.
- c) Que mantienen su posición relativa entre sí pero giran alrededor de la Tierra en algo menos de un día.
- d) Se referían tan solo a que siempre tienen el mismo brillo, no a su movimiento.

1.2. El movimiento de las estrellas durante la noche resultaba importante porque

- a) era una prueba de agudeza visual, ya que apenas se movían en toda la noche.
- b) la estrella más cercana al centro del movimiento permanecía inmóvil marcando el Norte a los navegantes.
- c) las estrellas que se ven cada noche son totalmente diferente de las del día anterior.
- d) varía de velocidad de unos días a otros.

1.3. ¿Tiene el Zodíaco alguna importancia para la Astronomía?

- a) El Zodíaco es un concepto de Astrología, no tiene que ver con la Astronomía.
- b) El Zodíaco es el conjunto de todas las constelaciones del cielo.
- c) Sí, es el conjunto de constelaciones que atraviesa la eclíptica.
- d) Sí, es el conjunto de constelaciones que atraviesan los planetas vistos desde la Tierra.

1.4. ¿Cómo podían apreciar que la Tierra era redonda?

- a) Observando la altura de los astros a diferente latitud.
- b) Viendo a los barcos perderse en el horizonte.
- c) No lo sabían, pensaban que la Tierra era plana.
- d) Navegando alrededor del planeta y volviendo al punto de partida.

1.5. El movimiento de ciertos astros por el Zodíaco era importante porque

- a) el Zodíaco está formado por las estrellas más brillantes.
- b) era una característica común del Sol, la Luna y los cinco planetas visibles a simple vista.
- c) permitía a los navegantes definir la posición Norte.
- d) nos permitía definir el calendario.

2. El Universo de Aristóteles y Ptolomeo.

Selecciona las respuestas correctas a cada una de estas preguntas (puede haber más de una en cada caso)

2.1. ¿Cuáles de estas afirmaciones podrían ser suscritas por estos dos pensadores?

- a) El mundo sublunar es imperfecto, mientras que el supralunar es perfecto.
- b) El mundo supralunar es imperfecto, mientras que el sublunar es perfecto.
- c) Las órbitas de los planetas son elipses perfectas
- d) Las órbitas de los planetas son circulares

2.2. ¿Cuáles de estos conceptos son propios de Ptolomeo?

- a) Epíclidos.
- b) Deferente.
- c) Ecuante.
- d) Antiecuante.
- e) Preferente.
- f) Referente.

2.3. ¿Tuvo alguna importancia el modelo de Ptolomeo?

- a) Sí. Aunque era una teoría compleja, predecía correctamente las posiciones planetarias.
- b) No. El modelo estaba tan alejado de la realidad que no podía realizar predicciones correctas.
- c) Sí, porque es el modelo de sistema planetario que seguimos hoy en día.
- d) No, sólo fue un sistema útil para los astrólogos.

3. El año medio de Venus dura 225 días y la distancia media de la Tierra al Sol es de 150 millones de km. Hay que calcular: a) La distancia media de Venus al Sol (órbita casi circular); b) La razón entre las fuerzas gravitatorias del Sol. Datos: constante $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$; masa solar: $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$; masa Tierra: $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

4. Ganímedes, satélite de Júpiter, gira en una órbita circular de 10.780.000 km. de radio y un periodo de 7,15 días. Si Calixto tiene un periodo orbital un 75% mayor que Ganímedes ¿cuánto valdrá el radio de la órbita de Calixto?

5. El cometa Halley pasa en su perihelio a 85,5 millones de km. del Sol., mientras que el afelio se produce a 5265 millones de km. Si cuando está en el perihelio su velocidad es de 30 km./s, a) ¿cuánto valdrá el semieje mayor de su órbita?; b) ¿qué velocidad tendrá en el afelio?

6. ¿A qué altura sobre la Tierra una persona que tiene 60 kg. de masa pesará únicamente 20 kp? Datos: Radio terrestre: 6400 km.; gravedad superficial: 9,8 N/kg.

7. Calcula el peso en kilopondios sobre la Luna de una persona de 50 kg. de masa. Datos: masa de la Luna: $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$; Diámetro lunar: 3500 km.; $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$.

8. Un astronauta de 80 kg. de masa pesa 50 kp en un planeta de 5.000 km. de radio. ¿Qué masa tiene el planeta? $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$.

9. Un satélite se mueve en órbita circular a 1000 km. de altura. ¿Cuánto tarda en recorrer su órbita? Datos: $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$; radio de la Tierra: 6400 km; gravedad superficial: 9,8 N/kg.

10. Un satélite se mueve en una órbita circular de 10.000 km. de radio y otro tiene una órbita de 10.000 km. de perigeo (punto más próximo a la Tierra) y 20.000 km. de apogeo (punto más distante a la Tierra) ¿Qué relación hay entre los periodos de los dos?

11. La distancia media de la Tierra al Sol es de 150.000.000 km y el periodo es de un año. ¿Cuánto valdrá la velocidad de escape de un satélite para que se escape de la atracción solar desde la órbita terrestre? $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$

Astronomía y gravitación universal

12. Naturaleza de las estrellas. Selecciona las respuestas correctas a cada una de estas preguntas (puede haber más de una respuesta correcta en cada caso):

12.1. ¿Podríamos afirmar que todas las estrellas son iguales?

- a) Sí, sólo se diferencian en el brillo aparente según la distancia a que se encuentran.
- b) No, aunque todas tienen la misma temperatura, se diferencian claramente por su tamaño y color.
- c) No, se pueden diferenciar en tamaño, brillo, temperatura y color.
- d) Sí, las diferencias entre ellas son únicamente efectos ópticos debidos a la atmósfera.

12.2. ¿Existe alguna característica especial que condicione las restantes propiedades estelares?

- a) La composición química.
- b) La distancia a nuestro planeta.
- c) La masa de la estrella.
- d) La galaxia en que se encuentren.

12.3. ¿Cómo condiciona la masa de una estrella su temperatura?

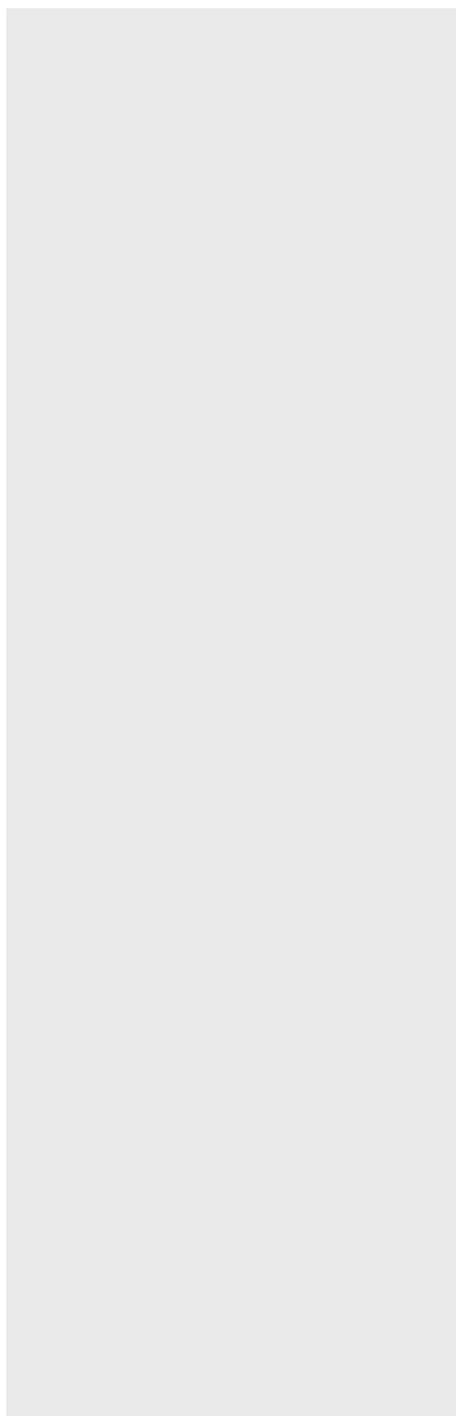
- a) La masa es una propiedad absolutamente independiente de la temperatura, así que no la condiciona en absoluto.
- b) Las estrellas con mayor masa son más difíciles de calentar, por lo que alcanzarán temperaturas menores.
- c) Una mayor masa aumentará la fuerza de gravedad y con ello la velocidad de los átomos lo que eleva la temperatura.
- d) Cuanto mayor es la masa de una estrella, más absorbe la energía de su núcleo y menos temperatura alcanza en la superficie.

12.4. ¿Hay alguna relación entre masa de una estrella y su duración como astro brillante?

- a) Sí, las estrellas masivas gastan su energía mucho más rápidamente, así que acaban antes su vida estelar.
- b) Sí, una masa mayor significa una mayor reserva de energía, por lo tanto las estrellas masivas durarán más.
- c) No hay ninguna relación entre masa y duración de una estrella, del mismo modo que tampoco la hay en el caso de las personas.
- d) No puede haber ninguna relación porque todas las estrellas duran lo mismo: son eternas.

12.5. ¿Cuáles de estas afirmaciones son correctas?

- a) Las estrellas más rojas pueden brillar mucho más tiempo que las azules.
- b) Las estrellas más azules pueden brillar mucho más tiempo que las rojas.
- c) Las estrellas más calientes presentan un color rojizo.
- d) Las estrellas más calientes presentan un color azulado.



13. Cuestiones cosmológicas. Selecciona las respuestas correctas a cada una de estas preguntas (puede haber más de una respuesta correcta en cada caso):

13.1. Según nuestros conocimientos actuales, ¿tiene sentido hablar de un nacimiento del Universo?

- a) Sí, aunque no tenemos ninguna noción sobre el momento en que comenzó a existir.
- b) Sí, se le atribuyen 13.700 millones de años.
- c) Sí se le atribuyen 150.000 millones de años.
- d) No, atribuir un origen al Universo es tan absurdo como atribuir un origen al tiempo.

13.2. ¿Qué pruebas existen de la gran explosión original que dio origen a nuestro Universo?

- a) El alejamiento de las galaxias descubierto por Hubble.
- b) La radiación de fondo de ondas de radio detectables en todas las direcciones.
- c) El número de estrellas, continuamente en aumento, al nacer constantemente en las galaxias.
- d) Ninguna prueba convincente, se trata sólo de una hipótesis filosófica.

13.3. ¿En qué consiste el efecto Doppler aplicado al estudio de las galaxias?

- a) Explica la naturaleza de las galaxias al permitir conocer su contenido.
- b) Explica la desviación al rojo de los espectros de las galaxias como debidos a que se alejan.
- c) Explica la desviación al rojo de los espectros de las galaxias como debidos a que se acercan a nosotros.
- d) Nos lleva a saber que las galaxias se alejan de nosotros con una velocidad proporcional a su distancia.

13.4. ¿Por qué casi todos los científicos han abandonado la teoría del estado estacionario?

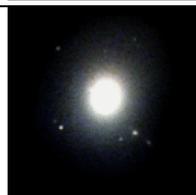
- a) Porque no podía explicar la expansión del Universo.
- b) Las fotos que demuestran que en el pasado las galaxias estaban más próximas.
- c) No es correcto, la teoría del estado estacionario es tan válida como la del Big Bang.
- d) Porque no explica la radiación de fondo, proveniente de la gran explosión.

13.5. ¿Hay algún límite físico al alcance de nuestros telescopios?

- a) No, podemos ir construyendo telescopios cada vez más grandes para llegar a mayores distancias.
- b) El alcance está limitado a 13700 millones de años luz.
- c) Si tuviéramos un telescopio de gran alcance, los objetos más próximos tapanían a los más lejanos como en un bosque.

d) No podemos porque la atmósfera siempre limitará el alcance de nuestros telescopios.

14. Asocia cada galaxia con su tipo:

	A	1- Sc
	B	2- Sa
	C	3- E0
	D	4- Sb
	E	5- E3



Para saber más

Temas complementarios:

El desarrollo del conocimiento cosmológico del hombre es una parte muy importante de nuestro desarrollo científico: No es posible que se pueda estudiar por completo en una quincena.

Te apuntamos a continuación temas de actualidad relacionados con él y algunas direcciones de Internet donde puedes encontrar información asequible:

- Objetos exóticos: quasars (<http://es.wikipedia.org/wiki/Cuasar>), estrellas de neutrones (http://es.wikipedia.org/wiki/Estrella_de_neutrones), agujeros negros (http://es.wikipedia.org/wiki/Agujero_negro)
- Nociones de Teoría de la Relatividad (http://es.wikibooks.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_la_Relatividad_para_Aficionados) y Mecánica cuántica (<http://es.wikipedia.org/wiki/Cu%C3%A1ntica>)
- Ideas sobre la Cosmología del siglo XX1 (http://es.wikipedia.org/wiki/Big_Bang)
- Últimas noticias sobre Astrofísica (<http://agaudi.wordpress.com/category/ciencia/cosmologia/>).
- Especulaciones sobre el fin del Universo (http://es.wikipedia.org/wiki/Destino_%C3%BAltimo_del_Universo)

Existen también algunas revistas especializadas, escritas en castellano y con buen nivel divulgativo. Citaremos como ejemplos Tribuna de Astronomía y Espacio. Indiquemos también que asociaciones de Astronomía como Albireo, Agrupación astronómica de Madrid o Agrupación Astronómica de Sabadell (entre otras) publican regularmente boletines con noticias astronómicas y astrofísicas.

Si deseas practicar la Astronomía

La Astronomía es una actividad apasionante con millones de aficionados en el mundo entero. En contra de lo que muchas personas creen, no es una afición necesariamente cara.



Para comenzar es bueno tener una dirección de Internet donde puedas solucionar tus dudas y ver como trabajan otros aficionados: (<http://www.astrored.org/>).



Un programa de software libre capaz de enseñarnos los objetos celestes de forma realista, para el lugar de la Tierra, fecha y hora que le indiquemos (<http://www.stellarium.org/es/>)



Recuerda lo más importante

La importancia de la Astronomía

El estudio del cielo fue trascendental para poder medir el tiempo y hacer calendarios fiables, algo trascendental para pueblos agrícolas, y para poder orientarse en los largos viajes de los pueblos exploradores y comerciantes.

La cumbre de la Astronomía antigua

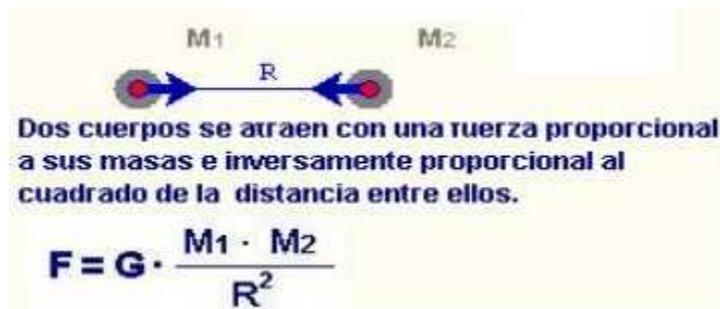
Desde el punto de vista Filosófico, **Aristóteles**, con su mundo perfecto de los astros e imperfecto de los hombres, representa el punto más elaborado de la concepción cosmológica de la antigüedad.

En lo científico, **Ptolomeo**, con sus epiciclos y deferentes fue capaz de predecir con posición el movimiento aparente de los planetas.

En los siglos XVI y XVII, **Copérnico, Galileo, Kepler y Newton** rompen estas concepciones y fundan la Ciencia actual

La síntesis de Newton

Newton tomó como punto de partida el estudio de la caída de los cuerpos de **Galileo**, la teoría geocéntrica de **Copérnico** y las leyes sobre los movimientos elípticos de los planetas de **Kepler**. Sobre estas bases introdujo su famoso principio de gravitación universal:



Esta ley supuso la ruptura de la barrera entre cielos y Tierra: era un principio válido para todos los cuerpos del Universo. Con ella hemos podido predecir el movimiento de los astros, medir su masa y construir satélites meteorológicos, de comunicaciones o de investigación.

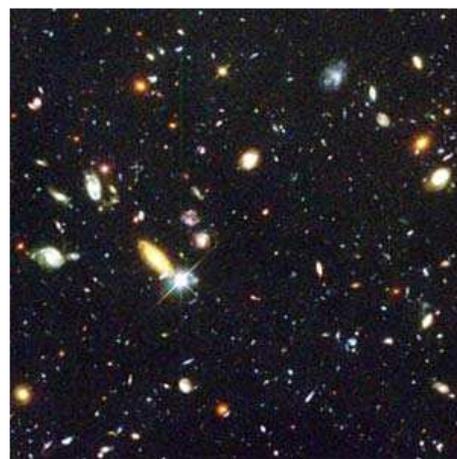


Foto del telescopio espacial Hubble donde aparecen algunas de las más lejanas y viejas galaxias que se conocen

El Cosmos hoy

Sólo la introducción de nuevas teorías físicas como la mecánica relativista y la cuántica, así como de nuevos y muy poderosos telescopios pudieron permitir a los seres humanos superar en el siglo XX el modelo newtoniano. Así pudimos comprender la realidad de un universo en expansión desde hace 13700 millones de años y con un futuro aún incierto.

Autoevaluación



1. ¿Cuál de estas afirmaciones es correcta:
 - 1.- La Estrella polar es la más brillante.
 - 2.- La Estrella Polar es la primera que se ve.
 - 3- Tiene una altura que depende de la longitud del observador.
 - 4- Tiene una altura que depende de la latitud del observador.
2. ¿Cuál de estos científicos estableció primero el sistema geocéntrico: 1-Galileo; 2-Kepler; 3-Copérnico; 4-Ptolomeo
3. Newton estableció el principio de gravitación universal:
 - 1-reflexionando después de ver caer una manzana
 - 2- a partir de los trabajos de Galileo, Copérnico y Kepler
 - 3-deduciéndolo de los propios principios de la Dinámica
 - 4-por casualidad como todos los grandes descubrimientos
4. Compara la fuerza con que se atraen dos masas de 5 kg. separadas 13 m. con la que ejercen dos masas de 23 kg. separadas 144 m.
5. El periodo orbital de un cometa es 5 años, mientras que el semieje mayor de su órbita es 132 millones de km. ¿Cuánto vale el periodo de un cometa cuyo semieje orbital mayor es de 209 millones de km.?
6. Un satélite gira en órbitas circulares de 6991 km. de radio ¿Cuánto vale su periodo orbital? Datos: $G=6,67 \cdot 10^{-11}$; masa de la Tierra: $6 \cdot 10^{24}$ kg.
7. La masa de un planeta es 2,45 veces la terrestre y su radio es 2,05 veces el de la Tierra. ¿Cuántos kilopondios pesará allí un astronauta de 70 kg de masa?
8. Un asteroide pasa a 262 millones de km. del Sol en su afelio y al 10% de esta distancia en el perihelio ¿Si en el perihelio tiene una velocidad de 25 km./s, qué velocidad tendrá en el afelio?
9. Las mareas que se perciben en la Tierra se deben:
 - 1- a la agitación producida por el movimiento terrestre.
 - 2- a la acción de la gravedad lunar sobre la superficie.
 - 3- a la diferencia entre la acción de la gravedad lunar ejercida sobre el centro y un punto de la superficie de la Tierra.
 - 4- a ninguna de las causas anteriores.
10. ¿Cuál de estas causas sugirió que el Universo se expande?:
 - 1- El movimiento de los espectros de las galaxias al rojo.
 - 2- El movimiento de los espectros de las galaxias al azul.
 - 3- El tamaño enorme de las galaxias y su gran velocidad.
 - 4- La investigación sobre las fuerzas intergalácticas.

Soluciones de los ejercicios para practicar

- 1-C
2-B
3-C, B
4-A, B
5-B, D
- 1-A, D
2-A, B, C
3.-A
- a) 108,64 millones de km.
b) 48312,59
- 16,55 días
- a) 2675,25 millones de km.
b) 0,57 km./s
- 4680 km.
- 8,16 kp
- $2,76 \cdot 10^{24}$ kg.
- 6313 s
- 1,84
- 42179,27 m/s
- 1-C
2-C
3-C-
4-A
5-A, D
- 1-B
2-A, B
3-B, D
4-B, D
5-B, C
- A→2
B→3
C→1
D→3
E→4

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. Correcta la 4
2. Correcta la 3
3. Correcta la 2
4. 5,79
5. 9,96 años
6. 1,61 horas
7. 40,8 kp
8. 2,50 km./s
9. Correcta la 3
10. Correcta la 1

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Relacionar trabajo y energía.
- Conocer los tipos de energías que existen.
- Explicar en qué consiste la energía mecánica y reconocer los aspectos en que se presenta.
- Conocer algunas transformaciones de energía que se producen a tu alrededor.
- Explicar la conservación de la energía en los sistemas físicos.
- Conocer las distintas fuentes de energía.
- Comprender el significado de la degradación de la energía.

Antes de empezar

1. La energía pág. 124
La energía a través de la historia
Concepto de energía
Energía cinética
Energía potencial
2. El trabajo pág. 128
Concepto de trabajo
El trabajo y la energía cinética
El trabajo y la energía potencial
El trabajo y la energía mecánica
La potencia
3. Tipos de energías pág. 132
Energía térmica
Energía eléctrica
Energía radiante
Energía química
Energía nuclear
4. Transformaciones de la energía . pág. 134
Transformaciones
Principio de conservación
Degradación de la energía
5. Fuentes de energía pág. 136
Fuentes de energía
Energías renovables
Energías no renovables
Consumo de energía

Ejercicios para practicar

Para saber más

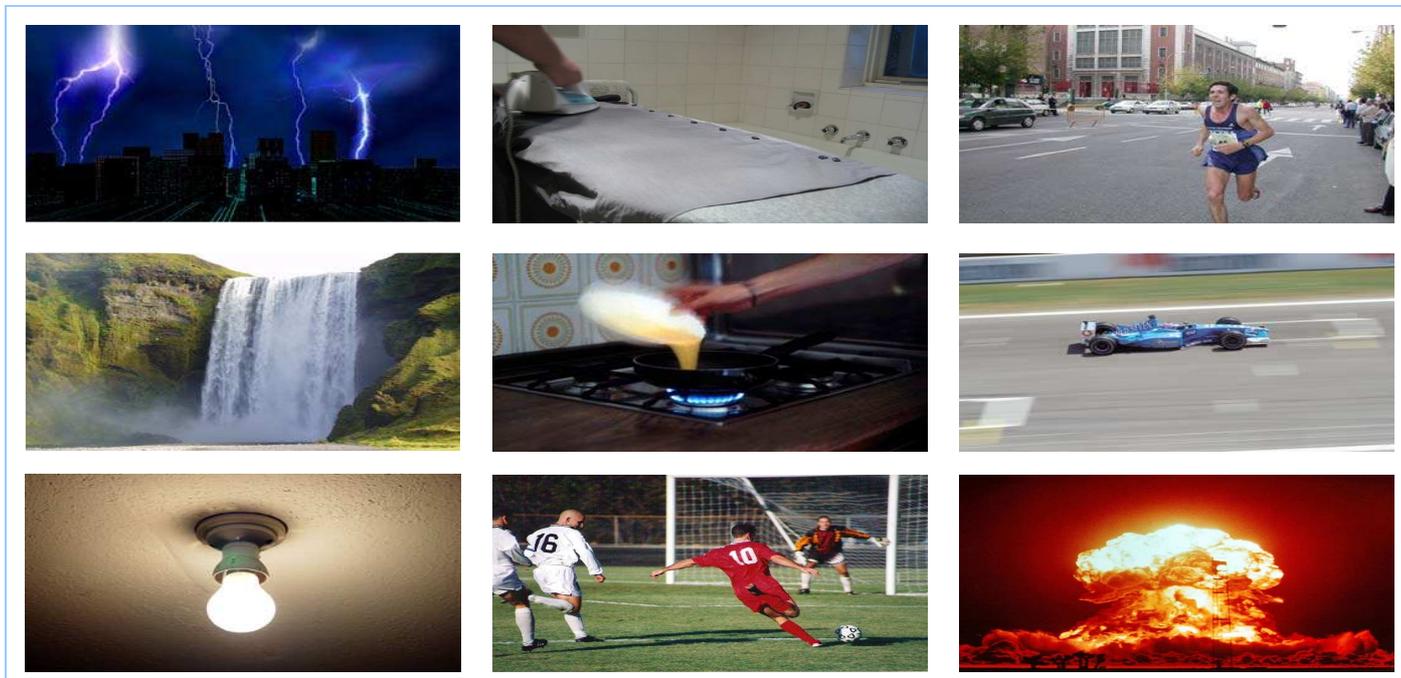
Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Trabajo y energía

Antes de empezar



La energía

En todos estos fenómenos hay algo en común: LA ENERGÍA. La energía se puede manifestar de muy diversas formas: Energía térmica, eléctrica, muscular, potencial, química, cinética, eléctrica, nuclear, etc.

La importancia de la energía es evidente, por ello la humanidad ha ido ingeniando inventos a lo largo de la historia para su utilización de forma eficiente.

Investiga

¿Qué es el efecto invernadero?

¿Qué relación tiene con la energía?

¿Qué acciones habría que tomar para conseguir disminuir este efecto?



Trabajo y energía

1. La energía

La energía a través de la historia

El ser humano, desde sus primeros pasos en la Tierra y a través de la historia, siempre ha buscado formas de utilizar la energía para obtener una mejor calidad de vida.

Para ello ha hecho uso de diversas formas de energía: fuego (energía química), velas y molinos (energía del viento o eólica), ruedas hidráulicas (energía del agua o hidráulica), carbón (energía química), petróleo (energía química), nuclear (energía nuclear), etc.

El **ser humano** siempre ha buscado formas de obtener **energía**.

Históricamente:

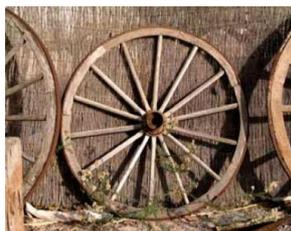
- 350.000 a. C.: El ser humano descubre el fuego. Esto le permitió poder calentarse, cocinar los alimentos y alejar a las bestias.



- 9.000 a. C.: El ser humano domestica animales para poder comer y para utilizarlos como ayuda en el trabajo.



- 3.500 a. C.: El ser humano inventa la rueda. Otra forma de emplear la energía en beneficio propio.



- 2.000 a. C.: El ser humano inventa la vela, una forma de aprovechar la energía eólica para navegar.



- 50 a. C.: El ser humano inventa la rueda hidráulica y el molino de viento, lo que supone una forma de aprovechar la energía hidráulica del agua y la eólica del viento.



- 1.712: Se inventa la máquina de vapor. Esto supone un enorme avance en la Industria y en el transporte.

- 1.900-1.973: Entre 1900 y 1917 el consumo de energía aumenta enormemente, siendo el carbón la principal fuente de energía. Entre 1917 y 1973 disminuye el consumo de carbón y aumenta notablemente el de petróleo. El petróleo, además, era fuente de muchas otras sustancias.

- 1.973-1.985: Fuerte crisis energética: el petróleo comienza a agotarse y se comienzan a usar otras energías: nuclear, hidroeléctrica, eólica, solar, etc.



Concepto de energía

En la naturaleza se observan continuos cambios y cualquiera de ellos necesita la presencia de la energía: para cambiar un objeto de posición, para mover un vehículo, para que un ser vivo realice sus actividades vitales, para aumentar la temperatura de un cuerpo, para encender un reproductor de MP3, para enviar un mensaje por móvil, etc.

La **energía** es la capacidad que tienen los cuerpos para producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.

La energía **no es la causa** de los cambios.

Las causas de los cambios son las interacciones y, su consecuencia, las **transferencias de energía**.

La energía cinética

La **energía cinética** es la energía que tienen los cuerpos por el hecho de estar en **movimiento**. Su valor depende de la masa del cuerpo (m) y de su velocidad (v).

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

La energía cinética se mide en julios (J), la masa en kilogramos (kg) y la velocidad en metros por segundo (m/s).

La energía cinética del viento es utilizada para mover el rotor hélice de un aerogenerador y convertir esa energía en energía eléctrica mediante una serie de procesos. Es el fundamento de la cada vez más empleada **energía eólica**.

La energía cinética es un tipo de energía mecánica. La **energía mecánica** es aquella que está ligada a la posición o al movimiento de los cuerpos. Por ejemplo, es la energía que posee un arco que está tensado o un coche en movimiento o un cuerpo por estar a cierta altura sobre el suelo.

Unidades de energía

- En el Sistema Internacional (S. I.) la energía se mide en **julios (J)**. 1 J es, aproximadamente, la energía que hay que emplear para elevar 1 metro un cuerpo de 100 gramos.

- **Caloría (cal)**: Cantidad de energía necesaria para aumentar 1 °C la temperatura de 1 g de agua. 1 cal = 4,18 J.

- **Kilovatio-hora (kWh)**: Es la energía desarrollada por la potencia de 1000 vatios durante 1 hora. 1 kWh = 3.600.000 J.

- **Tonelada equivalente de carbón: (tec)**: Es la energía que se obtiene al quemar 1000 kg de carbón. 1 tec = 29.300.000 J

- **Tonelada equivalente de petróleo (tep)**: Es la energía que se obtiene al quemar 1000 kg de petróleo. 1 tep = 41900000 J

- **Kilojulio y kilocaloría (kJ y kcal)**: Son, respectivamente, 1000 J y 1000 cal. Se usan con frecuencia debido a los valores tan pequeños de J y cal.



Trabajo y energía

Energía potencial

Es la energía que tienen los cuerpos por ocupar una determinada posición. Podemos hablar de energía potencial gravitatoria y de energía potencial elástica.

La **energía potencial gravitatoria** es la energía que tiene un cuerpo por estar situado a una cierta altura sobre la superficie terrestre. Su valor depende de la masa del cuerpo (m), de la gravedad (g) y de la altura sobre la superficie (h).

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

La energía potencial se mide en julios (J), la masa en kilogramos (kg), la aceleración de la gravedad en metros por segundo al cuadrado (m/s^2) y la altura en metros (m).

Por ejemplo, una piedra al borde de un precipicio tiene energía potencial: si cayera, ejercería una fuerza que produciría una deformación en el suelo.

La **energía potencial elástica** es la energía que tiene un cuerpo que sufre una deformación. Su valor depende de la constante de elasticidad del cuerpo (k) y de lo que se ha deformado (x).

$$E_E = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

La energía potencial elástica se mide en julios (J), la constante elástica en newtons/metro (N/m) y el alargamiento en metros (m).

Por ejemplo, cuando se estira una goma elástica, almacena energía potencial elástica. En el momento en que se suelta, la goma tiende a recuperar su posición y libera la energía. En esto se basa la forma de actuar de un tirachinas.



EJERCICIOS RESUELTOS

1. Calcula la energía cinética de un vehículo de 1000 kg de masa que circula a una velocidad de 120 km/h.

Solución: Se extraen los datos del enunciado. Son los siguientes:

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$v = 120 \text{ km/h}$$

$$E_c = ?$$

Todas las magnitudes deben tener unidades del SI, en este caso es necesario convertir 120 km/h en m/s

$$v = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 33,3 \text{ m/s}$$

Una vez que tenemos todas las magnitudes en el SI sustituimos en la fórmula:

$$E_c = 0,5 \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot 1000 \cdot (33,3)^2 = 554445 \text{ J}$$

2. Calcula la energía potencial de un saltador de trampolín si su masa es de 50 kg y está sobre un trampolín de 12 m de altura sobre la superficie del agua.

Solución: Se extraen los datos del enunciado. Son los siguientes:

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

$$h = 12 \text{ m}$$

$$E_p = ?$$

Todos los datos se encuentran en unidades del SI; por tanto, sustituimos en la fórmula:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 50 \cdot 9,8 \cdot 12 = 5880 \text{ J}$$

3. Convierte las siguientes cantidades de energía a julios:

i. 3000 cal

ii. 25 kWh

Solución: Mediante factores de conversión realizamos los cambios correspondientes:

$$3000 \text{ cal} = 3000 \text{ cal} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} = 12500 \text{ J}$$

$$25 \text{ kWh} = 25 \text{ kWh} \cdot \frac{3600000 \text{ J}}{1 \text{ kWh}} = 90000000 \text{ J}$$

4. Calcula la energía potencial elástica de un muelle que se ha estirado 0,25 m desde su posición inicial. La constante elástica del muelle es de 50 N/m.

Solución: Se extraen los datos del enunciado. Son los siguientes:

$$x = 0,25 \text{ m}$$

$$k = 50 \text{ N/m}$$

$$E_e = ?$$

Todos los datos se encuentran en unidades del SI; por tanto, sustituimos en la fórmula:

$$E_e = 0,5 \cdot k \cdot x^2 = 0,5 \cdot 50 \cdot (0,25)^2 = 1,56 \text{ J}$$

Trabajo y energía

2. El trabajo

Concepto de trabajo

El **Trabajo** es una de las formas de transferencia (cuando dos cuerpos intercambian energía, lo hacen, o bien de forma mecánica, mediante la realización de un trabajo, o bien de forma térmica, mediante el calor) de energía entre los cuerpos. Para realizar un trabajo es preciso ejercer una fuerza sobre un cuerpo y que éste se desplace.

El trabajo, W , depende del valor de la fuerza, F , aplicada sobre el cuerpo, del desplazamiento, Δx y del coseno del ángulo α que forman la fuerza y el desplazamiento.

$$W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$$

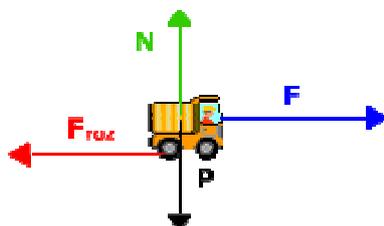
El trabajo, se mide en julios (J) en el SI, la fuerza en newtons (N) y el desplazamiento en metros (m).

El trabajo de la fuerza de rozamiento

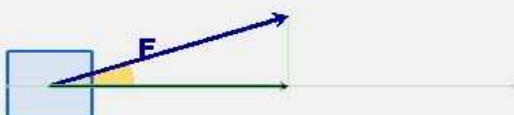
La fuerza de rozamiento es una fuerza que se opone siempre al movimiento. Surge al tratar de desplazar un objeto que se encuentra apoyado sobre otro. Por tanto, siempre formará un ángulo de 180° con el desplazamiento.

$$W_{\text{roz}} = F_{\text{roz}} \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta x = - F_{\text{roz}} \cdot \Delta x$$

El trabajo de la fuerza de rozamiento siempre es negativo. Por eso el rozamiento hace que el cuerpo "gaste" energía cuando se desplace.



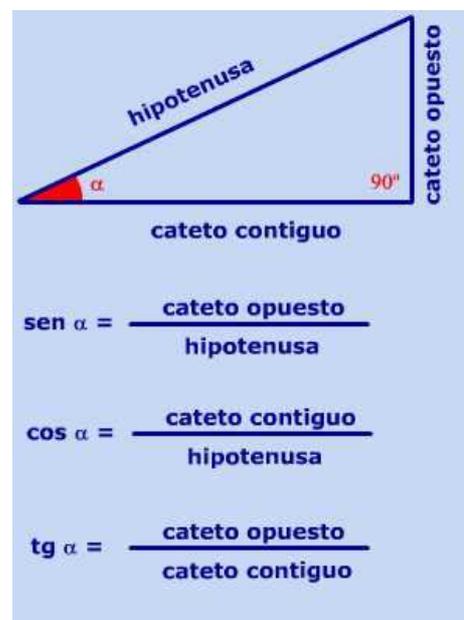
El trabajo es **positivo**, si la dirección de la fuerza y el desplazamiento forman un **ángulo agudo**. Es decir, ángulos entre 0° y 90° .



Coseno de un ángulo ($\cos \alpha$)

En un triángulo rectángulo (aquél que tiene un ángulo de 90°) se definen unas razones entre cada dos lados de dicho triángulo.

Estas razones se denominan **razones trigonométricas** y aparecen definidas en la siguiente imagen:



El coseno de un ángulo se define como el cociente entre el cateto contiguo a ese ángulo y la hipotenusa del triángulo.

Demostración matemática del teorema de las fuerzas vivas

Supongamos que un cuerpo está en movimiento con velocidad v_1 , en una superficie horizontal (Este cuerpo poseerá una energía cinética E_{c1}) y recibe la acción de una fuerza constante, F , que le hace adquirir una cierta velocidad v_2 distinta a la inicial.

El trabajo de la fuerza, F , será:
 $W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$. Al ser una fuerza horizontal, $\alpha = 0$; por tanto, $W = F \cdot \Delta x$

Aplicando la 2ª Ley de Newton a la fuerza: $W = m \cdot a \cdot \Delta x$

Al ser la aceleración constante, pues lo es la fuerza, se aplican las ecuaciones del M.R.U.A. vistas en la quincena 1:

$$v_2 = v_1 + a \cdot t; a = (v_2 - v_1)/t$$

$$\Delta x = v_1 \cdot t + 0,5 \cdot a \cdot t^2$$

Sustituyendo a en Δx :

$$\Delta x = v_1 \cdot t + 0,5 \cdot (v_2 - v_1) \cdot t$$

$$\text{Por tanto: } \Delta x = (v_1 + v_2) \cdot t/2$$

Sustituyendo a y Δx en la expresión del trabajo llegamos a:

$$W = m \cdot a \cdot \Delta x = m \cdot (v_2 - v_1)/t \cdot (v_1 + v_2) \cdot t/2$$

Efectuando las operaciones:

$$W = m \cdot (v_2^2 - v_1^2)/2$$

Que es la expresión matemática del teorema de las fuerzas vivas.

$$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

El trabajo modifica la energía cinética

El trabajo es la forma en que los cuerpos intercambian energía cuando existe una fuerza que provoca un desplazamiento. Por ello, si se realiza un trabajo sobre un cuerpo, se modifica su energía mecánica.

La **variación de la energía cinética a consecuencia del trabajo** recibe el nombre de **Teorema de las fuerzas vivas**.

Teorema de las fuerzas vivas: La variación de energía cinética que experimenta un cuerpo es igual al trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre él.

$$W = \Delta E_c = E_{c2} - E_{c1}$$

El trabajo modifica la energía potencial

De la misma forma que el trabajo puede modificar la energía cinética de un cuerpo, también puede modificar su energía potencial.

Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza vertical que le hace desplazarse en esa misma dirección con velocidad constante, el **trabajo** desarrollado coincide con la **variación de energía potencial** que experimenta el cuerpo.

$$W = \Delta E_p = E_{p2} - E_{p1}$$

Demostración matemática

Si queremos subir un cuerpo desde una altura h_1 hasta otra h_2 , con velocidad constante, debemos ejercer una fuerza F , igual y de sentido contrario al peso del cuerpo.

El trabajo de la fuerza es: $W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$. Como fuerza y subida coinciden en dirección y sentido, $\alpha = 0^\circ$; por tanto, $W = F \cdot \Delta x$

En este caso, $\Delta x = h_2 - h_1$; luego, $W = F \cdot (h_2 - h_1) = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$; por tanto, tenemos que:

$$W = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = E_{p2} - E_{p1}$$

Trabajo y energía

El trabajo de la fuerza peso

La fuerza peso es una fuerza cuyo sentido es vertical y hacia la Tierra. Por tanto, si pretendemos subir un cuerpo, formará un ángulo de 180° con el desplazamiento.

$$W_P = P \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta x = -P \cdot \Delta x = -m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2; \text{ Por tanto: } W_P = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$$

$$W_P = -\Delta E_p$$

El trabajo debido al peso es igual y de signo contrario a la variación de energía potencial del cuerpo.

La potencia y la velocidad

En las máquinas que están destinadas a producir movimiento como, por ejemplo, los coches, es importante relacionar la potencia con la velocidad que son capaces de alcanzar.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{t} = F \cdot v$$

El motor del automóvil es capaz de desarrollar una potencia máxima. La fuerza que proporciona el motor en un instante va a depender de la velocidad a la que se mueva el coche. Cuando queremos ir a alta velocidad, el coche lleva poca fuerza, lo cual no es recomendable para subir carreteras con pendiente. Para estos casos es necesario usar una marcha corta, que proporcione más fuerza a costa de perder velocidad.

El trabajo modifica la energía mecánica

Son innumerables los casos en los que el trabajo modifica, simultáneamente, la energía cinética y la energía potencial de un cuerpo. Es decir, modifica la energía mecánica en su conjunto.

Si sobre un cuerpo actúa una fuerza que provoca cambios en su velocidad y en su posición, el **trabajo** de esa fuerza será igual a la **variación de energía mecánica** que sufre el cuerpo.

$$W = \Delta E_M = (E_{p2} + E_{c2}) - (E_{c1} + E_{p1})$$

El **Trabajo** es una de las formas de transferencia (cuando dos cuerpos intercambian energía, lo hacen, o bien de forma mecánica, mediante la realización de un trabajo, o bien de forma térmica, mediante el calor) de energía

La potencia

La **Potencia** es una magnitud que nos relaciona el trabajo realizado con el tiempo empleado en hacerlo.

Si una máquina realiza un trabajo, no sólo importa la cantidad de energía que produce, sino también el tiempo que tarda en hacerlo. Por ejemplo, decimos que un coche es más potente si es capaz de pasar de 0 a 100 km/h en un menor tiempo.

$$P = \frac{W}{t}$$

La potencia se mide en vatios (W) en el SI, el trabajo en julios (J) y el tiempo en segundos (s).

En el mundo del motor se usa con frecuencia otra unidad para medir la potencia: el caballo de vapor (CV).

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

EJERCICIOS RESUELTOS

5. Explica si realizas, o no, trabajo cuando:
- Empujas una pared
 - Sostienes un libro a 2 metros de altura
 - Desplazas un carrito hacia delante

Solución:

- Al empujar una pared se hace fuerza pero no se produce ningún desplazamiento; por lo cual, el trabajo es nulo.
- Haces una fuerza sobre el libro para sostenerlo pero no se desplaza, por tanto, el trabajo es nulo.
- En este caso hay fuerza y desplazamiento e irán en el mismo sentido y dirección, por lo que el trabajo es positivo y máximo.

6. Una fuerza de 100 N actúa sobre un cuerpo que se desplaza a lo largo de un plano horizontal en la misma dirección del movimiento. Si el cuerpo se desplaza 20 m. ¿Cuál es el trabajo realizado por dicha fuerza?

Solución: Se extraen los datos del enunciado. Son los siguientes:

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

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\Delta x = 20 \text{ m}$$

$$W = ?$$

Todos los datos se encuentran en unidades del SI; por tanto, sustituimos en la fórmula:

$$W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x = 100 \cdot 1 \cdot 20 = 2000 \text{ J}$$

7. Un escalador con una masa de 60 kg invierte 30 s en escalar una pared de 10 m de altura. Calcula:

- El peso del escalador
- El trabajo realizado en la escalada
- La potencia real del escalador

Solución: Se extraen los datos del enunciado. Son los siguientes:

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$t = 30 \text{ s}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

- El peso se calcula mediante la 2ª Ley de Newton $P = m \cdot g = 60 \cdot 9,8 = 588 \text{ N}$
- En la escalada, la fuerza que debe hacer el escalador debe ser igual a su peso y con sentido hacia arriba; por tanto, fuerza y desplazamiento tienen igual dirección y sentido, el ángulo entre ellos es 0° . $W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x = 588 \cdot 1 \cdot 10 = 5880 \text{ J}$
- La potencia se calcula realizando el cociente entre el trabajo realizado y el tiempo empleado: $P = W/t = 5880 / 30$; $P = 196 \text{ W}$

Trabajo y energía

3. Tipos de energía

Energía térmica

La **Energía térmica** se debe al movimiento de las partículas que constituyen la materia. Un cuerpo a baja temperatura tendrá menos energía térmica que otro que esté a mayor temperatura.

Un cuerpo posee mayor cantidad de **energía térmica** cuanto más rápido es el **movimiento** de sus partículas.

La transferencia de energía térmica desde un cuerpo a mayor temperatura (mayor velocidad de sus partículas) hasta un cuerpo a menor temperatura (menor velocidad de sus partículas) se denomina **calor**.



Energía eléctrica

La **Energía eléctrica** es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores. Esta energía produce, fundamentalmente, tres efectos: luminoso, térmico y magnético. Por ejemplo, la transportada por la corriente eléctrica en nuestras casas y que se manifiesta al encender una bombilla.

La **energía eléctrica** se manifiesta como **corriente eléctrica**, mediante movimiento de electrones en un circuito.

La energía eléctrica es muy utilizada, ya que permite su transformación en energía térmica, lumínica, mecánica,...



Energía radiante

La **Energía radiante** es la que poseen las ondas electromagnéticas como la luz visible, las ondas de radio, los rayos ultravioleta (UV), los rayos infrarrojo (IR), etc. La característica principal de esta energía es que se puede propagar en el vacío, sin necesidad de soporte material alguno. Ejemplo: La energía que proporciona el Sol y que nos llega a la Tierra en forma de luz y calor.

La **energía radiante** es energía **electromagnética** que puede viajar en el vacío.

La energía radiante es un conjunto de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz.



Energía química

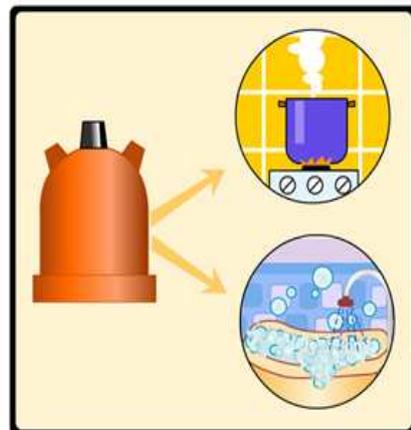
Es la energía que poseen las sustancias químicas y puede ponerse de manifiesto mediante una reacción química.

Las reacciones químicas se clasifican en exotérmicas y endotérmicas.

Una reacción **exotérmica** es aquella que **libera energía**.

Una reacción **endotérmica** es aquella que **absorbe energía**.

La combustión de sustancias como el butano es un ejemplo de reacción exotérmica. La energía liberada se emplea en calentar agua. Por el contrario, las reacciones endotérmicas se emplean cuando se desea enfriar algo.



Energía nuclear

Es la energía que proviene de las reacciones nucleares o de la desintegración de los núcleos de algunos átomos.

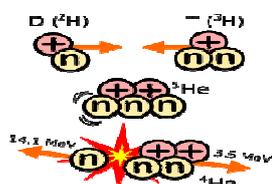
Las reacciones nucleares que liberan energía son: la de **fisión nuclear** y la de **fusión nuclear**.

En estas reacciones se produce energía por la relación de equivalencia existente entre la masa y la energía:

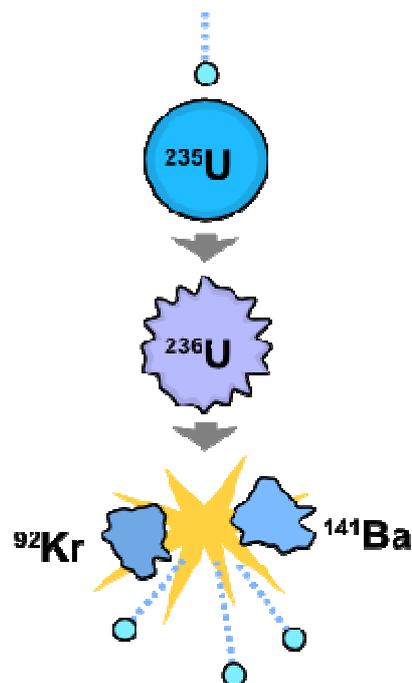
$$E = m \cdot c^2$$

E es la energía, se mide en julios (J), m es la masa y se mide en kilogramos (kg) y c es la velocidad de la luz (300.000.000 m/s)..

La **fusión nuclear** es un proceso en el que 2 átomos pequeños se unen, dando lugar a un átomo más grande y al desprendimiento de gran cantidad de energía. Así obtienen energía las estrellas.



La **fisión nuclear** es un proceso en el que un núcleo de un átomo de uranio o plutonio se rompe en dos núcleos más pequeños, libera neutrones (que rompen otros núcleos) y grandes cantidades de energía.



Trabajo y energía

4. Transformaciones de la energía

Transformaciones de la energía

La **Energía** se encuentra en una constante **transformación**, pasando de unas formas a otras. La energía siempre pasa de formas "más útiles" a formas "menos útiles". La utilidad se refiere a capacidad para poder realizar un trabajo.

Las **transformaciones de energía** están presentes en todos los fenómenos que ocurren en la naturaleza.

Por ejemplo, el motor de un coche produce un cambio de energía química (contenida en la gasolina y liberada en su combustión) en energía cinética.



Principio de conservación de la energía

El **Principio de conservación de la energía** indica que **la energía no se crea ni se destruye; sólo se transforma** de unas formas en otras. En estas transformaciones, la energía total permanece constante; es decir, la energía total es la misma antes y después de cada transformación.

En el caso de la energía mecánica se puede concluir que, en ausencia de rozamientos (si existe rozamiento, parte de la energía se degrada en forma de calor y la energía mecánica del sistema no se conserva) y sin intervención de ningún trabajo externo, la suma de las energías cinética y potencial permanece constante. Este fenómeno se conoce con el nombre de **Principio de conservación de la energía mecánica**.



$$E_m = E_c + E_p = \text{constante}$$



Degradación de la energía. Rendimiento

Unas formas de energía pueden transformarse en otras. En estas transformaciones la energía se **degrada**, pierde calidad. En toda transformación, parte de la energía se convierte en calor o energía térmica.

Cualquier tipo de energía puede transformarse íntegramente en calor; pero, éste no puede transformarse íntegramente en otro tipo de energía. Se dice, entonces, que **el calor es una forma degradada de energía**.

Se define, por tanto, el **Rendimiento** como la relación (en % por ciento) entre la energía útil obtenida y la energía aportada en una transformación.

$$R = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía total}} \cdot 100$$

En cualquier proceso en el que se produce una transferencia de energía, nunca se produce al 100 %. Parte de la energía aplicada se "pierde" debido al rozamiento, a choques, a vibraciones, ...

El rendimiento nos mide la energía útil de un proceso respecto a la energía empleada. Se expresa en % y siempre es menor al 100 %, además no tiene unidades.

Es muy importante que el rendimiento sea alto, ya que de esta forma la energía se emplea en el proceso deseado y no se "pierde" en otras formas de energía menos "útiles", tales como la energía calorífica.

EJERCICIOS RESUELTOS

8. El motor de una lavadora tiene una potencia teórica de 1500 W. Si su rendimiento es del 70 %.
- ¿Cuál es su potencia real?
 - ¿Qué trabajo habrá realizado si ha estado en funcionamiento durante 30 min?

Solución: Se extraen los datos del enunciado. Son los siguientes:

$$R = 75 \%$$

$$P_{\text{teórica}} = 1500 \text{ W}$$

- Se aplica la fórmula del rendimiento: $R = (P_{\text{real}}/P_{\text{teórica}}) \cdot 100$; $P_{\text{real}} = R \cdot P_{\text{teórica}}/100$;
 $P_{\text{real}} = 75 \cdot 1500/100 = 1125 \text{ W}$ es la potencia real de este motor.
- Para calcular el trabajo realizado en 30 min debemos tener en cuenta la potencia real. Por tanto: $P_{\text{real}} = W/t$; $W = P_{\text{real}} \cdot t = 1125 \cdot 1800 = 2025000 \text{ J}$

9. Un cuerpo de cierta masa está en reposo a una altura determinada y se deja caer libremente.
- ¿Qué energía tiene cuando está en reposo a una altura determinada?
 - ¿Qué ocurre con la energía cinética durante la caída?
 - ¿Qué energía tiene cuando llega al suelo?
- Al estar en reposo y a cierta altura toda su energía es Energía potencial gravitatoria.
 - Durante la caída, si no hay rozamiento o se desprecia, la energía mecánica se conserva, luego la energía potencial disminuye y la energía cinética aumenta.
 - Al llegar al suelo la energía potencial es nula, por tanto, toda la energía es cinética, en la misma cantidad que la energía potencial inicial.

5. Fuentes de energía

Una **fente de energía** es cualquier material o recurso natural del cual se puede obtener energía, bien para utilizarla directamente, o bien para transformarla.

Las fuentes de energía se clasifican en dos grandes grupos: **renovables** y **no renovables**; según sean recursos "ilimitados" o "limitados".

Las fuentes de energía también se clasifican en contaminantes (si generan residuos que contaminan, como el carbón o el petróleo) y limpias (si no generan residuos contaminantes, como la eólica o la solar).



Energías renovables

Las **Fuentes de energía renovables** son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden **regenerar** de manera natural o artificial. Algunas de estas fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

Existen varias fuentes de energía renovables, como son:

- Energía mareomotriz (Mareas)
- Energía hidráulica (Embalses y presas)
- Energía eólica (Viento)
- Energía solar (Sol)
- Energía de la biomasa (Vegetación)



Energía mareomotriz

La **Energía mareomotriz** es la producida por el movimiento de las masas de agua, generado por las subidas y bajadas de las mareas, así como por las olas que se originan en la superficie del mar por la acción del viento.

Ventajas: Es una fuente de energía fácil de usar y de gran disponibilidad.

Inconvenientes: Sólo pueden estar en zonas marítimas, pueden verse afectadas por desastres climatológicos, dependen de la amplitud de las mareas y las instalaciones son grandes y costosas.

El coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

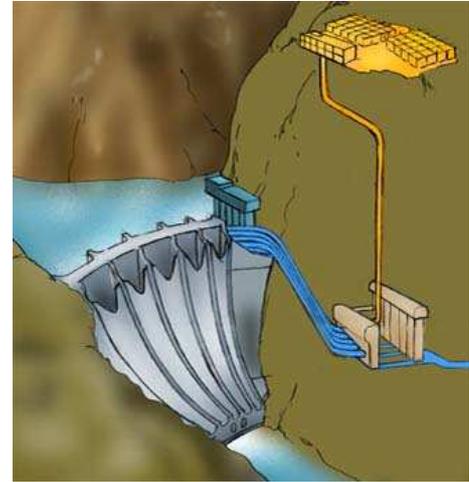


Energía hidráulica

La **Energía hidráulica** es la producida por el agua retenida en embalses o pantanos a gran altura (que posee energía potencial gravitatoria). Si en un momento dado se deja caer hasta un nivel inferior, esta energía se convierte en energía cinética y, posteriormente, en energía eléctrica en la central hidroeléctrica.

Ventajas: Es una fuente de energía limpia, sin residuos y fácil de almacenar. Además, el agua almacenada en embalses situados en lugares altos permite regular el caudal del río.

Inconvenientes: La construcción de centrales hidroeléctricas es costosa y se necesitan grandes tendidos eléctricos. Además, los embalses producen pérdidas de suelo productivo y fauna terrestre debido a la inundación del terreno destinado a ellos.



Energía eólica

La **Energía eólica** es la energía cinética producida por el viento. se transforma en electricidad en unos aparatos llamados **aerogeneradores** (molinos de viento especiales).

Ventajas: Es una fuente de energía inagotable y, una vez hecha la instalación, gratuita. Además, no contamina: al no existir combustión, no produce lluvia ácida, no contribuye al aumento del efecto invernadero, no destruye la capa de ozono y no genera residuos.

Inconvenientes: Es una fuente de energía intermitente, ya que depende de la regularidad de los vientos. Además, los aerogeneradores son grandes y caros.



Trabajo y energía

Energía solar

La **Energía solar** es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por **conversión térmica** (consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido) de alta temperatura (sistema fototérmico) y por **conversión fotovoltaica** (consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica) (sistema fotovoltaico).



Ventajas: Es una energía no contaminante y proporciona energía barata en países no industrializados.

Inconvenientes: Es una fuente energética intermitente, ya que depende del clima y del número de horas de Sol al año. Además, su rendimiento energético es bastante bajo.



Energía de la biomasa

La **Energía de la biomasa** es la que se obtiene de los compuestos orgánicos mediante procesos naturales. Con el término biomasa se alude a la energía solar, convertida en materia orgánica por la vegetación, que se puede recuperar por combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles, como alcohol, metanol o aceite. También se puede obtener biogás, de composición parecida al gas natural, a partir de desechos orgánicos.



Ventajas: Es una fuente de energía limpia y con pocos residuos que, además son biodegradables. También, se produce de forma continua como consecuencia de la actividad humana.

Inconvenientes: Se necesitan grandes cantidades de plantas y, por tanto, de terreno. Se intenta "fabricar" el vegetal adecuado mediante ingeniería genética. Su rendimiento es menor que el de los combustibles fósiles y produce gases, como el dióxido de carbono, que aumentan el efecto invernadero.



Energías no renovables

Las **Fuentes de energía no renovables** proceden de recursos que existen en la naturaleza de forma limitada y que pueden llegar a agotarse con el tiempo. Las más importantes son:

- Combustibles fósiles (Petróleo, carbón y gas natural).
- Energía nuclear (Fisión y fusión nuclear).

Combustibles fósiles

Los **Combustibles fósiles** (carbón, petróleo y gas natural) son sustancias originadas por la acumulación, hace millones de años, de grandes cantidades de restos de seres vivos en el fondo de lagos y otras cuencas sedimentarias.

Ventajas: Es una fuente de energía fácil de usar y de gran disponibilidad.

Inconvenientes: Emisión de gases contaminantes que aceleran el "efecto invernadero" y el probable agotamiento de las reservas en un corto-medio plazo.

El combustible fósil puede usarse quemándolo para obtener energía térmica o movimiento y también puede emplearse para obtener electricidad en centrales termoeléctricas.

Energía nuclear

La **Energía nuclear** es la energía almacenada en el núcleo de los átomos, que se desprende en la desintegración de dichos núcleos.

Una **central nuclear** es una central eléctrica en la que se emplea uranio-235, que se fisiona en núcleos de átomos más pequeños y libera una gran cantidad de energía, la cual se emplea para calentar agua que, convertida en vapor, acciona unas turbinas unidas a un generador que produce la electricidad.

Ventajas: Pequeñas cantidades de combustible producen mucha energía.

Inconvenientes: Se generan residuos radiactivos de difícil eliminación.

Consumo de energía

Las personas empleamos la energía continuamente, para cualquier actividad que realizamos: desde desplazarnos con el coche hasta enfriar los alimentos con el frigorífico. Es responsabilidad de todos el no desperdiciar la energía, teniendo un consumo mucho más responsable: no dejar las luces encendidas, usar la lavadora a carga completa, emplear el transporte público, etc.

Toda la energía que consumimos requiere una obtención y, para ello, hay que contaminar, generar residuos, etc., lo cual provoca daños medioambientales que nos afectan a todos. Uno de los problemas medioambientales más preocupantes es el efecto invernadero. Los países industrializados firmaron en 1997 el protocolo de Kioto para combatirlo.

El **efecto invernadero** es un fenómeno por el cual determinados gases retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Este efecto se está viendo acelerado por la emisión de CO₂ por parte de numerosas centrales energéticas en la combustión de carbón, petróleo o gas natural.

El **protocolo de Kioto** es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de varios gases que aumentan el efecto invernadero y son responsables del calentamiento global del planeta.



Para practicar

1. Un cuerpo transfiere a otro 645,23 cal. ¿Cuántos julios son?
2. Una persona ingiere 1048,37 kcal en su dieta. Expresa esa cantidad de energía en unidades SI.
3. Calcula el trabajo que realizará una fuerza de 392 N que desplaza a un cuerpo unja distancia de 7 m, si entre la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 52° .
4. Calcula el trabajo que realiza la fuerza de rozamiento sobre un cuerpo de 13 kg que se desplaza una distancia de 46 m si el coeficiente de rozamiento entre las superficies es de 0,45.
5. Calcula la energía cinética de un coche de 1294 kg que circula a una velocidad de 58 km/h.
6. Un vehículo de 1104 kg que circula por una carretera recta y horizontal varía su velocidad de 17 m/s a 7 m/s. ¿Cuál es el trabajo que realiza el motor?
7. ¿Qué energía potencial posee una roca de 143 kg que se encuentra en un acantilado de 19 m de altura sobre el suelo?
8. Calcula la energía potencial elástica de un muelle sabiendo que su constante elástica, k , es de 336 N/m y que se ha comprimido 4 cm desde su longitud natural.
9. Calcula el trabajo necesario para subir un cuerpo de 85 kg, a velocidad constante, desde una altura de 11 m hasta una altura de 16 m.
10. Un saltador de pértiga de 65 kg alcanza una velocidad máxima de 8 m/s. Si la pértiga permite transformar toda la energía cinética en potencial:
 - a) ¿Hasta qué altura podrá elevarse?
 - b) ¿Cuál es la energía en el momento de caer a la colchoneta?
 - c) ¿Cuál es su velocidad en ese momento?
11. Una máquina realiza un trabajo de 641 J con un rendimiento del 6 %. Calcula el trabajo útil que realmente se obtiene.
12.
 - a) Calcula el trabajo que realiza el motor de un ascensor en una atracción para subir 1417 kg, que es la masa del ascensor más los pasajeros, hasta una altura de 30 m.
 - b) ¿Cuál es la potencia desarrollada por el motor si tarda en subir 24 s?
13. Un cuerpo de 10 kg cae desde una altura de 20 m. Calcula:
 - a) La energía potencial cuando está a una altura de 10 m.
 - b) La velocidad que tienen en ese mismo instante.
 - c) El trabajo que efectúa cuando llega al suelo.
 - d) La velocidad con que llega al suelo.
14. Un motor realiza un trabajo de 3000 J en 20 s
 - a) ¿Cuál es la potencia del motor?
 - b) ¿En cuánto tiempo desarrollaría el mismo trabajo una máquina de 15 W?



Equivalencia masa-energía

Albert Einstein (1879-1955) estableció, en 1905, el principio de equivalencia masa-energía que se resumía con su famosa ecuación $E = m \cdot c^2$ y que establecía una relación de enorme importancia entre la masa, m , y la energía, E . De tal manera que la energía podría convertirse en masa y la masa en energía. Ello significa que si pudiéramos convertir 1 gramo de materia en su equivalente en energía y la usáramos para encender una bombilla de 1.000 W, ésta permanecería encendida durante un tiempo de 2.853 años. Esta conversión sólo ocurre parcialmente en reacciones nucleares. En las reacciones químicas comunes también se libera energía desapareciendo masa; pero, la energía liberada es tan pequeña que la pérdida de masa es insignificante. Deberían quemarse 2.500.000 litros de gasolina para producir la pérdida de 1 gramo de masa.

La primera bomba atómica que se lanzó ocurrió un 16 de Junio de 1945 en el campo de pruebas de Trinity, cerca de Álamo Gordo (Nuevo Méjico). Poseía una fuerza destructiva de 20 kilotones, es decir, equivalente a 20 toneladas de TNT (dinamita). Esta bomba estaba constituida de uranio, al igual que se lanzaría poco después sobre Hiroshima. Con el nombre de "little Boy" (chico pequeño), sólo necesitó convertir un gramo de masa (aunque toda la bomba como mecanismo pesara cuatro toneladas) para producir una potencia de 12'5 kilotones. Produjo la muerte de 120.000 personas de una población de 450.000 habitantes, causando otros 70.000 heridos.

Para favorecer el uso de las fuentes renovables de energía, la Unión Europea se ha propuesto cubrir para el año 2.010 un millón de tejados de todo el continente con paneles fotovoltaicos. Las células de estos paneles convierten la radiación solar directamente en electricidad, sin consumo de combustibles ni emisiones contaminantes.

Un rayo puede producir 3.750.000.000 kilovatios de energía eléctrica. Alrededor del 75% de esta energía se disipa en forma de calor, elevando la temperatura circundante a unos 15.000 grados centígrados y causando la expansión rápida del aire, lo cual produce ondas de sonido (truenos) que pueden ser oídas a 30 kilómetros de distancia.

La Tierra, recibe luz y calor del Sol. Al calentarse, la Tierra emite este calor en forma de rayos de luz infrarroja y este calor es en parte lanzado al espacio y en parte absorbido por los gases invernadero que evitan que la Tierra se enfríe. Como decía el astrónomo estadounidense Carl Sagan (1934-1996) en su libro "Miles de millones" (1997), "la vida depende de un equilibrio delicado de gases invisibles que son componentes menores de la atmósfera terrestre. Un poco de efecto invernadero es bueno. Ahora bien, si añadimos más gases de éstos, como hemos estado haciendo desde el inicio de la Revolución Industrial, absorberán más radiación infrarroja. Estamos haciendo más gruesa la manta, y con ello calentando más la Tierra". Estos gases se generan, principalmente, por la quema de combustibles fósiles y son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), polifluoruros de carbono (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).



Recuerda lo más importante

La Energía

Es una propiedad de los cuerpos que les permite producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. En el Sistema Internacional se mide en julios (J).

Propiedades de la energía

- La energía se transfiere.
- La energía se almacena y transporta.
- La energía se transforma.
- La energía se degrada.
- La energía se conserva.

Tipos de energía

- Energía cinética: Movimiento.
- Energía potencial: Posición.
- Energía térmica: Movimiento de partículas.
- Energía eléctrica: Movimiento de cargas.
- Energía radiante: Ondas electromagnéticas.
- Energía química: Enlaces químicos.
- Energía nuclear: Núcleos de átomos.

Principio de conservación de la energía mecánica

Si la única fuerza que actúa sobre un cuerpo es su peso, su energía mecánica se mantiene constante.

Fuentes de energía renovables

- Energía mareomotriz.
- Energía hidráulica.
- Energía eólica.
- Energía solar.
- Energía de la biomasa. Δx

Fuentes de energía no renovables

- Carbón.
- Petróleo.
- Gas natural.
- Energía nuclear de fisión.

El Trabajo

Es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro por medio de una fuerza que provoca un desplazamiento. En el SI se mide en julios (J). $W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$

El trabajo modifica la energía cinética.

Al actuar sobre un cuerpo una fuerza que le provoca un desplazamiento en su misma dirección, el trabajo coincide con la variación de energía cinética del cuerpo. $W = \Delta E_c$

El trabajo modifica la energía potencial.

Al actuar sobre un cuerpo una fuerza vertical que le hace desplazarse en esa dirección a velocidad constante, el trabajo coincide con la variación de energía potencial del cuerpo. $W = \Delta E_p$

El trabajo modifica la energía mecánica.

Al actuar sobre un cuerpo una fuerza que le provoca cambios en velocidad y posición, el trabajo coincide con la variación de energía mecánica del cuerpo. $W = \Delta E_m$

La Potencia

Relaciona el trabajo realizado con el tiempo empleado en ello:

$$P = W/t$$

En el SI se mide en vatios (W).

El Rendimiento

Es la relación entre la energía aportada y la energía útil. Se mide en %.



1. Determina el trabajo realizado al empujar, en el sentido de su desplazamiento, durante 5 s, con una fuerza de 36,47 N, un objeto de 5 kg de masa, inicialmente en reposo. Considera despreciables los rozamientos.
2. Se deja caer una pelota de 247 g desde una ventana situada a una altura de 15 m. Calcula la energía mecánica en el punto inicial. Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
3. Las personas consumimos energía que recibimos de los alimentos. ¿Cuál es el consumo energético de una persona de 17 kg al subir hasta una vivienda que está a 9 m de altura.
4. Calcula la potencia de una máquina que realiza un trabajo de 15678 J en 25 s.
5. Una máquina de 843 J teóricos es capaz de hacer un trabajo de 68 J. Calcula el rendimiento en % en la máquina.
6. Convierte 30,16 calorías en julios.
7. Calcula la energía cinética de un cuerpo de 194 kg de masa que se mueve a una velocidad de 29 m/s.
8. Calcula el trabajo realizado por una fuerza de 807 N para desplazar un cuerpo de 20 m. La fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 39° .
9. Un cuerpo de 46 kg cae desde una altura de 11 m. Calcula la velocidad con la que impacta en el suelo.
10. Calcula la energía potencial elástica de un resorte sabiendo que su constante elástica es de 731 N/m y que se ha estirado 35 cm desde su longitud natural.

Trabajo y energía

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. 2697,06 J
2. 4382186,6 J
3. 1690,36 J
4. -2679,41 J
5. 167940,43 J
6. -132480 J
7. 26626 J
8. 0,26 J
9. 4165 J
10. a) 3 m
b) 2080 J
c) 8 m/s
11. 38,46 J
12. a) 416598 J
b) 17358,25 W
13. a) 980 J
b) 14 m/s
c) 1960 J
d) 19,8 m/s
14. a) 150 W
b) 100 s

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. 3325,15 J
2. 36 J
3. 1499 J
4. 627 W
5. 8 %
6. 125,66 J
7. 81577 J
8. 12546 J
9. 14 m/s
10. 44 J

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Diferenciar conceptos como calor, temperatura y energía térmica.
- Explicar cómo se transmite el calor.
- Explicar cómo se mide la temperatura.
- Comprender efectos del calor como la dilatación de los cuerpos y los cambios de estado.
- Medir el calor transmitido entre dos cuerpos.
- Calcular conversiones de energía mecánica en calor y viceversa.

Antes de empezar

1. Aclarando conceptos pág. 148
Energía térmica y temperatura
Energía térmica y calor
Calor y temperatura
Equilibrio térmico
2. Transmisión y efectos del calor pág. 155
Cómo se transmite el calor
La dilatación de los cuerpos
Los cambios de estado
3. El termómetro y la medida del calor . p. 162
Una escala de temperatura
Temperatura absoluta
Calor específico
Buscando el equilibrio
Calor de cambio de estado
4. Equivalencia entre calor y energía . pág. 170
La experiencia de Joule
Fricción y calor
Máquinas y calor

Ejercicios para practicar

Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Recuerda

Antes de empezar, conviene que repases algunos conceptos aprendidos en la quincena anterior:

¿Qué es la energía térmica?

¿Qué es la energía radiante?

¿Qué es el calor?

¿Qué es una caloría?

Si entiendes bien esos conceptos, podrás contestar correctamente estas preguntas:

¿Existe el frío?

Elige la respuesta a cada pregunta



¿Por qué ciertos objetos están fríos al tacto?

¿Qué ocurre en un cuerpo cuando se enfría?

¿Qué es una frigoría?

Si has reflexionado bien sobre estas preguntas te habrás dado cuenta de que:

- El frío no existe. Un cuerpo parece frío cuando la energía térmica de sus partículas es baja.
- Cuando entramos en contacto con un cuerpo con partículas de baja energía térmica, le cedemos energía propia. De ahí la sensación de frío.
- La frigoría no es más que la pérdida de una caloría.

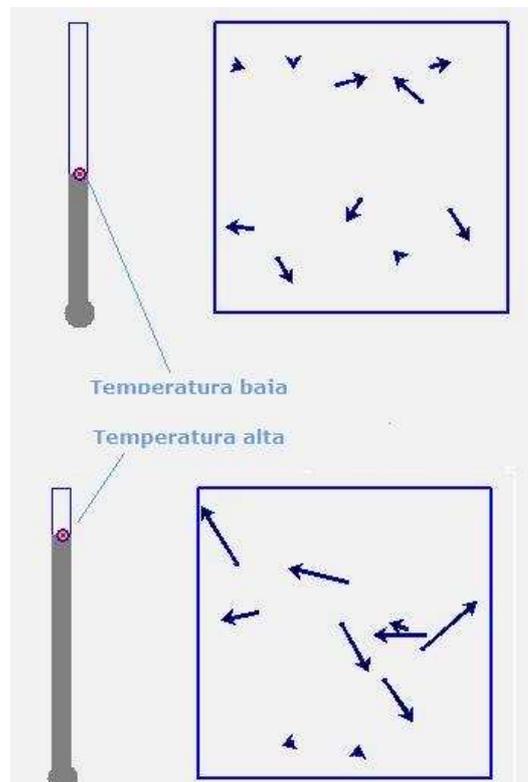
1. Aclarando conceptos

Temperatura y energía térmica

Ya sabemos que la energía térmica se debe al movimiento de las partículas que forman la materia y que la temperatura es una propiedad, medida por los termómetros, que permite diferenciar cuerpos calientes y fríos. ¿Qué relación hay entre estas magnitudes?

Fijémonos en la escena de la derecha y tratemos de contestarnos las siguientes preguntas: ¿Tienen todas las partículas del gas la misma energía? ¿Qué ocurre después de subir o bajar la temperatura (arrastrando el punto rojo) en las partículas del gas? Reflexionando sacarás las siguientes conclusiones:

- **A una temperatura determinada las partículas de un cuerpo tienen diferentes energías (se mueven a diferentes velocidades).**
- **Cuando la temperatura asciende, el conjunto de las partículas se mueven más rápido (tienen más energía), aunque algunas pueden seguir siendo muy lentas.**
- **Cuando la temperatura desciende, el conjunto de las partículas se mueve más lentamente (tienen menos energía), aunque algunas se muevan algo más rápidamente.**
- **Estas ideas son ciertas independientemente del número de partículas.**



En la escena observamos un gas encerrado en un recipiente y un termómetro que nos marca su temperatura. Cada partícula del gas va acompañada de su vector velocidad correspondiente. Cuando la velocidad es pequeña, los vectores velocidad adquieren la forma de letras "v" indicando la dirección del movimiento.

Obviamente, si la temperatura, y por lo tanto la velocidad media de las partículas, es alta, los choques de las partículas con las paredes son más violentos y el gas ejercerá más presión. Aunque no podamos medir directamente la velocidad de las partículas, su presión y la temperatura son sus indicadores macroscópicos.

EJERCICIOS RESUELTOS

Cuestiones rápidas sobre energía térmica y temperatura

1. ¿Qué energía térmica es mayor: la de una piscina con agua a 20 °C o la de un vaso de agua a 25 °C?

- a) La de la piscina.
- b) La del vaso de agua.
- c) Ambas por igual.
- d) No contienen energía térmica, sino calor.

2. ¿Qué energía térmica media es mayor: la de una piscina con agua a 20°C o la de un vaso de agua a 25°C?

- a) La de la piscina.
- b) La del vaso de agua.
- c) Ambas por igual.
- d) Todas las partículas tienen la misma energía.

3. Completa la siguiente frase: Cuando se calienta un gas

- a) Aumenta su temperatura, pero no su energía térmica.
- b) Aumenta su energía térmica, pero no su temperatura.
- c) Aumentan tanto la temperatura como la energía térmica.
- d) El producto de su energía térmica por su temperatura se mantiene constante.

(Para que nos sea útil como aprendizaje, no debemos leer la solución antes de intentar contestar el test)

-----Solución-----

- 1. (a)
- 2. (b)
- 3. (c)

Calor y energía

Calor y energía térmica

Cuando un cuerpo aumenta su energía térmica se está calentando, es decir recibiendo calor. Cuando un cuerpo disminuye su energía térmica se está enfriando, es decir, perdiendo calor. De esta forma, el calor no es más que una forma de denominar a los aumentos y pérdidas de energía térmica.

El calor puede provenir de una conversión de una energía en otra. En la escena de la derecha el calor proviene de la energía química (por combustión). A medida que pasa el tiempo la energía producida por el mechero es absorbida como calor, invirtiéndose en aumentar la energía térmica del gas y, por tanto, su energía térmica media que se reflejará en un aumento de la temperatura observable.

En esta escena utilizamos unidades arbitrarias de calor y energía media porque, dado el gran número de partículas que componen el gas, la energía por partícula es tan pequeña que no resulta interesante medirla en unidades del S.I. Aún así, podemos concluir que:

El calor es la variación de la energía térmica de un cuerpo.

Por lo tanto, el calor no es una magnitud independiente que se pueda "almacenar" en los cuerpos. La magnitud que aumenta o disminuye en un cuerpo es su energía térmica y estas variaciones se reflejarán en la variación de la temperatura.

Más adelante veremos una excepción, un caso en que la absorción de energía en forma de calor no produce una variación de temperatura, aunque sí se traduzca en una variación de la energía interna de un cuerpo.

Otro aspecto interesante que debemos señalar es la dificultad de medir la energía térmica media de las partículas de un cuerpo de forma directa. Para poder medirla de alguna forma necesitamos recurrir a alguna propiedad macroscópica relacionada con ella, como la longitud de la columna de mercurio de un termómetro.



En la escena, un gas se calienta por la acción de un mechero. A medida que pasa el tiempo, el mechero habrá producido más energía que se absorberá por el gas en forma de calor, aumentando su energía térmica media, es decir, su temperatura.

EJERCICIOS RESUELTOS

Cuestiones rápidas sobre energía térmica y calor

1. A igualdad de temperatura, al comparar el agua de una piscina y el de un depósito
 - a) la piscina almacena más calor que el depósito.
 - b) la piscina almacena más energía térmica que el depósito.
2. Cuando un cuerpo cede calor
 - a) absorbe frío en su lugar.
 - b) su energía térmica disminuye.
3. Si dos cuerpos de la misma naturaleza y masa poseen la misma temperatura
 - a) los dos almacenan la misma cantidad de calor.
 - b) los dos almacenan la misma cantidad de energía térmica.
4. Respecto a la energía térmica de un cuerpo podemos decir que
 - a) el calor es idéntico, ya que se trata de dos conceptos sinónimos.
 - b) el calor es una variación de esa energía térmica.

(Para que nos sea útil como aprendizaje, no debemos leer la solución antes de intentar contestar el test)

-----Solución-----

1. (b)
2. (b)
3. (b)
4. (b)

Calor y energía

Calor y temperatura

Aunque en un apartado posterior estudiaremos con algún detalle las escalas termométricas, ya estamos lo suficientemente familiarizados con el termómetro como para poder entender su uso como instrumento de medida del calor ganado o perdido por un cuerpo.

En la escena de la derecha calentamos un recipiente con una cantidad medida de agua. Si registramos la temperatura en diferentes momentos, podemos obtener una **curva de calentamiento** como la que observamos en la parte inferior.

En la gráfica resulta evidente que en el tramo de temperaturas observado, la temperatura varía proporcionalmente con el tiempo. Por lo tanto, suponiendo que la fuente de calor ha actuado de forma similar todo el tiempo, podremos decir que el calor absorbido por el agua es proporcional a la variación de su temperatura.

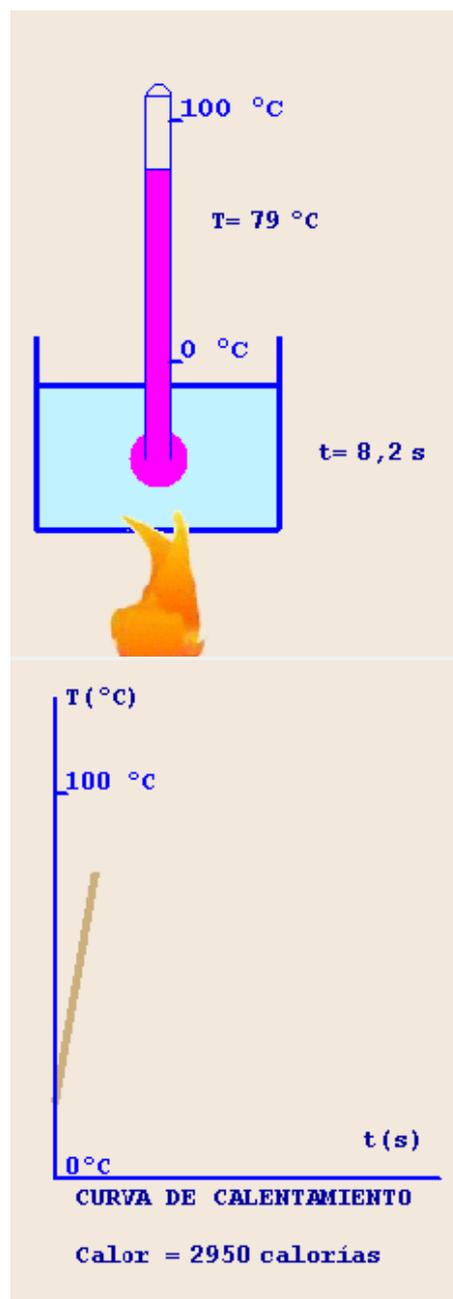
De esta experiencia podemos extraer una definición de la unidad de calor:

La caloría es el calor que hay que suministrar a 1g de agua para que aumente 1 °C su temperatura.

En realidad, la definición oficial describe la caloría como: *la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua destilada de 14,5° a 15,5 ° a nivel del mar (una atmósfera de presión).*

En esta definición se tiene en cuenta que el ascenso de la temperatura con el tiempo no es exactamente igual en todos los tramos de temperatura y que depende de factores como la pureza del agua (por eso debe usarse agua destilada) o la presión del aire.

Conviene que sepamos que la caloría de la que se habla en la alimentación es en realidad la kilocaloría. Si nos dicen que cierta fruta nos proporciona una caloría, en realidad hay que entender que con ella obtenemos 1000 calorías.



Equilibrio térmico

Los dos líquidos de la escena tienen diferentes temperaturas como podemos observar por el diferente nivel de los termómetros. Entre ambos líquidos se producirá un intercambio de energía (**calor**), que pasará del más caliente al más frío hasta que las temperaturas se igualen. Una vez que se haya producido esta igualación podremos decir que el sistema ha alcanzado el **equilibrio térmico**.

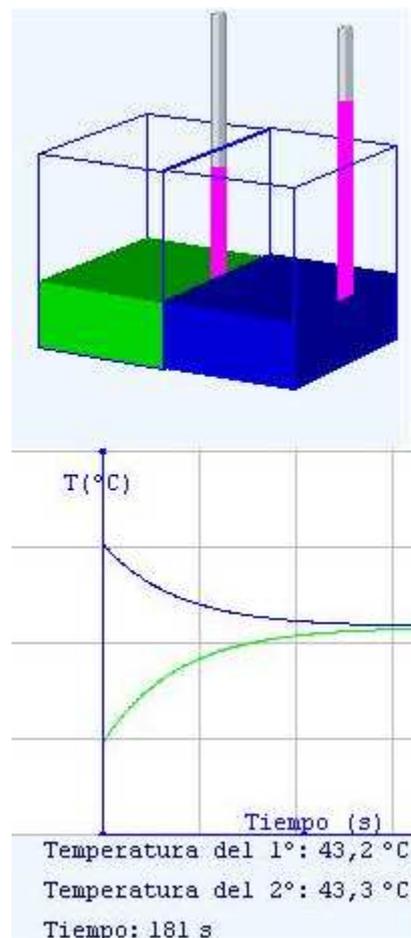
Si trazáramos las respectivas curvas de calentamiento y enfriamiento podríamos comprobar que la temperatura a la que se produce el equilibrio no es necesariamente la media aritmética de las dos temperaturas iniciales. Interviene una propiedad de la naturaleza de los cuerpos (**el calor específico**) de la que hablaremos más adelante.

Si repitiéramos la experiencia varias veces, cambiando masas y temperaturas iniciales de los líquidos, veríamos que se producen cambios en el punto de equilibrio y en el tiempo que tarda en alcanzarse; pero, sin ninguna excepción, el equilibrio se produce finalmente.

También podemos observar otra particularidad interesante, la variación de la temperatura en las dos sustancias es mayor al principio, cuando la diferencia entre las temperaturas es mayor, haciéndose muy lenta al final, cuando las dos temperaturas son similares. Podemos concluir que **el intercambio de calor por unidad de tiempo es proporcional a la diferencia entre las temperaturas de los cuerpos**.

Esta tendencia de los cuerpos al equilibrio es en realidad la base de la medida de temperaturas. Medir la temperatura de un enfermo, por ejemplo, significa lograr que el termómetro alcance el equilibrio térmico con el cuerpo del paciente.

Por otro lado, aunque la proximidad de los cuerpos facilita mucho la posibilidad del equilibrio, la tendencia a alcanzarlo se produce aún a grandes distancias.



Para facilitar la distinción entre los líquidos, el más frío se ha dibujado en color verde y el más caliente en color azul. También se ha respetado el mismo criterio de color en las gráficas. La temperatura inicial de los líquidos era 20 y 80°C respectivamente.

Obsérvese que aún al final de la observación no se había alcanzado el equilibrio perfecto. Cuando la diferencia de temperaturas es pequeña, el intercambio de calor disminuye tanto que el completo equilibrio puede tardar mucho en lograrse.

EJERCICIOS RESUELTOS

Repasando los conceptos básicos

(Hay que rellenar los huecos del siguiente texto)

La energía (1)_____ de un cuerpo depende del grado de agitación de las partículas que lo componen. La energía de cada partícula puede ser muy diferente, pero el valor (2)_____ de esta energía se corresponde con la (3)_____ que marcan los (4)_____ .

El (5)_____ es la forma en que se gana o se pierde energía térmica. La unidad de calor que llamamos (6)_____ es la cantidad de energía que hay que dar a (7)_____ de agua para que su (8)_____ aumente un grado.

Cuando dos cuerpos tienen diferente (9)_____, pasará energía del más caliente al más frío hasta que ambos alcancen el (10)_____.

Palabras que se pueden utilizar

calor caloría equilibrio medio temperatura temperatura temperatura térmica termómetros un gramo

(Para que nos sea útil como aprendizaje, no debemos leer la solución antes de intentar contestar el test)

-----Solución-----

Repasando los conceptos básicos

La energía térmica de un cuerpo depende del grado de agitación de las partículas que lo componen. La energía de cada partícula puede ser muy diferente, pero el valor medio de esta energía se corresponde con la temperatura que marcan los termómetros .

El calor es la forma en que se gana o se pierde energía térmica. La unidad de calor que llamamos caloría es la cantidad de energía que hay que dar a un gramo de agua para que su temperatura aumente un grado.

Cuando dos cuerpos tienen diferente temperatura, pasará energía del más caliente al más frío hasta que ambos alcancen el equilibrio.

2. Transmisión y efectos del calor

Cómo se transmite el calor

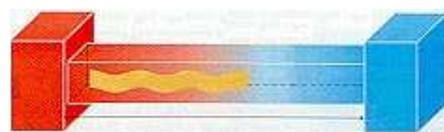
El calor puede propagarse de tres formas: **conducción**, **convección** y **radiación**. En muchos casos los tres medios obran simultáneamente; pero cuando se trata de cuerpos sólidos en contacto predomina la conducción, si se trata de fluidos en contacto predomina la convección y, si se trata de cuerpos distantes entre sí, predomina la radiación.

En el caso de la **conducción**, no todos los cuerpos se comportan igual; los metales son buenos conductores y la lana o la madera transmiten muy mal el calor, por lo que se usan como aislantes. Por eso, cuando tocamos una superficie metálica y otra de madera, ambas a temperatura ambiente, la superficie metálica parece más fría. Como nuestro cuerpo está más caliente, transmitimos continuamente calor que se reparte por todo el metal. Sin embargo, como la madera es mala conductora, en cuanto la tocamos basta con que la superficie en contacto con nuestra mano se equilibre con ella, aunque el resto de la madera continúe aún fría.

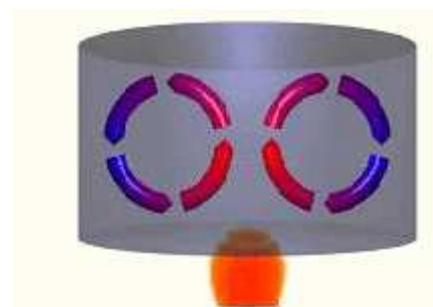
La **convección** es responsable de fenómenos atmosféricos como las tormentas, que se producen cuando existe mucha diferencia de temperatura entre capas inferiores y superiores de la atmósfera. El ascenso del aire húmedo y caliente arrastra el vapor de agua que se condensa al llegar a zonas más frías. También es la convección responsable de las corrientes marinas, que tienden a mezclar el agua caliente de las zonas ecuatoriales con el agua fría de las zonas polares. Cuando calentamos un puchero con agua, la superficie de la olla y el agua en contacto con ella se calientan por conducción directa del calor, pero el agua del interior se calienta sobre todo por convección.

En cuanto a la **radiación**, no tenemos más que acercar las manos a una bombilla (no un tubo fluorescente, basado en otro principio) para comprender el papel calorífico de su emisión. Hagamos constar que la energía radiante se transmite por el vacío, haciendo posible que nos llegue luz y calor del Sol. Todos los cuerpos emiten energía radiante, aunque los cuerpos fríos lo hacen de forma imperceptible, tanto por su baja intensidad de emisión como porque la emisión es de tipo infrarrojo, invisible a nuestros ojos. Las llamadas gafas de visión nocturna son sensibles a este tipo de radiación, haciendo posible ver a seres vivos en un ambiente totalmente oscuro.

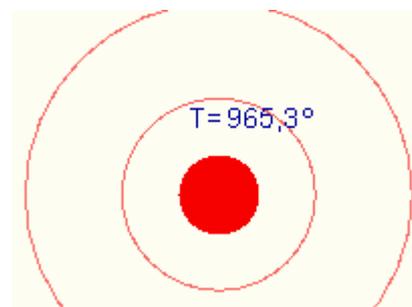
Podríamos preguntarnos ¿si el Sol nos transmite calor por radiación, no tendría que calentarse la Tierra hasta que alcanzara la misma temperatura del Sol?. En realidad esto no ocurre por la propia emisión de radiación por nuestro planeta. Recibimos la misma cantidad de energía solar que emitimos nosotros al espacio, manteniéndose así la temperatura terrestre aproximadamente constante. En el último siglo, la acumulación de los llamados gases de efecto invernadero hace de la Tierra un emisor de energía ligeramente menos eficaz, por lo que la temperatura terrestre tiende a elevarse paulatinamente. En el epígrafe "Para saber más", al final de la quincena, explicamos más detenidamente este problema.



En la **conducción**, el calor fluye de la zona más caliente a la más fría por intercambio de energía entre las partículas en contacto.



En la **convección**, el fluido caliente tiende a mezclarse continuamente con el frío en forma de corrientes de material.



En la **radiación**, los cuerpos emiten parte de su energía térmica como ondas electromagnéticas. Esta emisión se hace normalmente en ondas infrarrojas, invisibles; pero cuando la temperatura es alta, se llega a emitir también radiación visible (el hierro al rojo, por ejemplo).

EJERCICIOS RESUELTOS

¿Cómo se transmite la mayoría del calor en este caso?

1. El agua de la piscina se enfría durante la noche.

- a) Por conducción
- b) Por radiación
- c) Por convección

2. Mientras funciona el aire acondicionado.

- a) Por conducción
- b) Por convección
- c) Por radiación

3. Al calentar la comida en el microondas.

- a) Por convección
- b) Por radiación
- c) Por conducción

4. Dentro de una nube de tormenta

- a) Por radiación
- b) Por convección
- c) Por contacto

5. El calor que recibimos del Sol

- a) Por convección
- b) Por radiación
- c) Por conducción

6. El calor que recibe una sartén de un fogón eléctrico.

- a) Por convección
- b) Por conducción
- c) Por radiación

-----Solución-----

1. (b) 2. (b) 3. (b) 4. (b) 5. (b) 6. (b)

La dilatación de los cuerpos (I): Los cuerpos sólidos

Variar la temperatura de un cuerpo sólido es lo mismo que alterar la energía de sus partículas, de modo que sus vibraciones se hacen más grandes (si la temperatura aumenta) o más pequeñas (si la temperatura desciende), produciendo variaciones de tamaño. La dilatación puede afectar a su longitud inicial L_0 , a su superficie inicial S_0 , o a su volumen inicial V_0 . En todos los casos la variación es proporcional a la magnitud inicial y al incremento de temperatura ΔT . Estas son las ecuaciones correspondientes:

$$\begin{aligned} L &= L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \\ S &= S_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T) \\ V &= V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta T) \end{aligned}$$

Los **coeficientes de dilatación lineal (α)**, **superficial (β)** y **cúbica (γ)** dependen de la naturaleza del objeto. Se pueden definir como **la variación por unidad de la magnitud correspondiente (longitud, superficie o volumen) cuando la temperatura varía un grado**. Sus unidades son $^{\circ}\text{C}^{-1}$ en los tres casos. Así, por ejemplo, α expresa lo que aumenta o disminuye un metro de longitud de una sustancia cuando sube o baja un grado la temperatura.

Estos coeficientes no son independientes entre sí. De modo aproximado se puede afirmar que, para un mismo cuerpo:

$\beta = 2\alpha$ mientras que $\gamma = 3\alpha$. De esta forma, conociendo el coeficiente de dilatación lineal para una sustancia, podemos determinar automáticamente los coeficientes de dilatación superficial y cúbica.

Como observamos en la tabla de la derecha, los coeficientes de dilatación son en general bastante bajos, haciendo falta considerables variaciones de temperatura para que las alteraciones de tamaños se perciban fácilmente. Por ejemplo, una viga de hormigón de 10 m de longitud aumentaría 1 mm su longitud con un aumento de temperatura de 10 $^{\circ}\text{C}$.

El carácter lineal de la dilatación de muchos cuerpos sólidos (y también de muchos líquidos) hace de la dilatación de las sustancias una excelente propiedad termométrica, es decir podemos comparar las diferentes temperaturas entre cuerpos iguales a partir de una comparación de sus tamaños.

No todos los materiales se comportan de esta forma tan lineal. Si calentamos un trozo de madera se dilatará y si la enfriamos posteriormente se contraerá. Sin embargo, difícilmente volverá a tener el mismo tamaño del principio, aunque la temperatura sí que haya vuelto a su nivel inicial.

Material	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Hormigón	$\sim 1,0 \times 10^{-5}$
acero	$\sim 12 \times 10^{-6}$
Hierro	$\sim 12 \times 10^{-4}$
Plata	$2,0 \times 10^{-5}$
Oro	$1,5 \times 10^{-5}$
Invar	$0,04 \times 10^{-5}$
Plomo	$3,0 \times 10^{-5}$
Zinc	$2,6 \times 10^{-5}$
Aluminio	$2,4 \times 10^{-5}$
Latón	$1,8 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
Vidrio	$\sim 0,7 \times 10^{-5}$
Cuarzo	$0,04 \times 10^{-5}$
Hielo	$5,1 \times 10^{-5}$

concreto 10 acero 11.5 hierro 11.7

En la tabla se registran los coeficientes de dilatación lineal de algunas sustancias. Es fácil percibir que este coeficiente es bastante diferente entre unas y otras, Notemos, por ejemplo como el hierro es capaz de dilatarse 3000 veces más que el cuarzo.

Estas diferencias son las responsables de que, en lugares con cambios extremos en las temperaturas, se produzcan desajustes entre piezas del mobiliario hechas con materiales diferentes (por ejemplo marcos y vidrios de las ventanas).

También hay que tener en cuenta este coeficiente a la hora de diseñar algunos instrumentos de precisión. Un telescopio con óptica de cuarzo se dilatará unas 18 veces menos que otro con lentes de vidrio ordinario y será por tanto mucho más preciso para la observación astronómica ya que se alterará muy poco durante las bajadas nocturnas de temperatura.

EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Determinar el coeficiente de dilatación de un cuerpo, sabiendo que su longitud inicial es de 1 m, pero que se reduce a 0,99902 m cuando su temperatura pasa de 30 °C a 10°C.

Solución:

Despejando el coeficiente a partir de la ecuación: $L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$

obtenemos: $\alpha = \frac{L - L_0}{\Delta T} = \mathbf{0,000048^\circ\text{C}^{-1}}$

Este coeficiente de dilatación es parecido al del hielo, aunque con seguridad nuestra sustancia no podía ser hielo. ¿Adivina el lector por qué?

2.- Si un cuerpo tiene un coeficiente de dilatación $\alpha = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, siendo su longitud 1m a la temperatura de 12°C, determina su longitud a la temperatura de 54°C.

Solución:

El incremento de temperatura es: $\Delta T = 54 - 12 = 43^\circ\text{C}$.

Sustituyendo estos valores en la ecuación: $L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$

Obtenemos: $L = \mathbf{1,0056 \text{ m}}$

Hagamos notar que en este problema hemos usado un cuerpo de un coeficiente de dilatación elevado. Aún así, su dilatación es menor de 6 mm, difícil de detectar a simple vista.

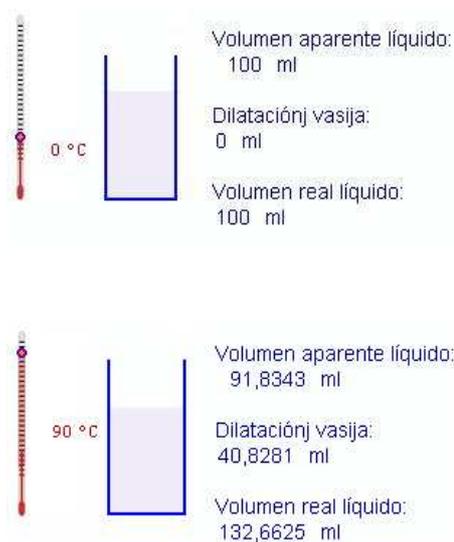
La dilatación de los cuerpos (II): Fluidos

En los líquidos y gases sólo tiene sentido hablar de la dilatación cúbica, puesto que carecen de forma propia y se adaptan a la vasija.

En el caso de los líquidos es preciso que tengamos en cuenta la dilatación del recipiente. El líquido experimentará una dilatación aparente que será igual a la dilatación real menos la del recipiente. Si utilizamos un material con un coeficiente de dilatación mucho más bajo que el del líquido, podremos despreciar la dilatación de la vasija. En caso contrario hay que tenerlo muy en cuenta como ilustramos en la imagen de la derecha.

Es conveniente señalar el fenómeno de la dilatación anómala del agua. Esta sustancia tiene su máxima densidad a 4°C de temperatura. Si enfriamos el agua por debajo de esa temperatura, e incluso la congelamos, su volumen aumenta en vez de disminuir. Una vez que está solidificada se recupera la normalidad, es decir el hielo a -10°C presenta mayor volumen que el hielo a -30°C . Por encima de los 4°C , el agua también se dilata normalmente. Gracias a esta rareza del agua, las profundidades de los mares se encuentran a 4°C (la presión obliga al agua a buscar su temperatura de máxima densidad). También los témpanos de hielo flotan en el agua debido a su dilatación anómala.

Respecto a los gases, su carácter compresible hace que pueda no existir dilatación al aumentar la temperatura. Para colocarnos en una situación comparable a la de líquidos y sólidos debemos mantener el gas a presión constante al subir o bajar la temperatura. El ejemplo típico sería un gas encerrado en un recipiente cilíndrico con un émbolo móvil que pueda ascender o descender según el volumen del gas. En un apartado posterior, al hablar de la temperatura absoluta, volveremos a recordar este proceso a presión constante. En estas circunstancias, todos los gases tienen un coeficiente de dilatación cúbica de aproximadamente $1/273^{\circ}\text{C}^{-1}$.



Entre las dos imágenes la temperatura ha subido 90°C . Mirando por el nivel de la probeta, parece que el volumen del líquido ha disminuido. En realidad lo que ha ocurrido es que el vidrio de la probeta tenía un coeficiente de dilatación mayor que el líquido (suceso no muy común). No es que éste, se haya contraído, sino que el recipiente se ha dilatado más. Teniendo en cuenta esta dilatación del recipiente vemos que el líquido, en realidad, se ha dilatado más de 32 ml.

Por afán didáctico hemos exagerado la dilatación de los dos materiales (el sólido y el líquido), pero las consecuencias teóricas son las mismas que si hubiéramos dado valores más realistas a ambos coeficientes.

Calor y energía

Los cambios de estado

Los témpanos se funden lentamente sin que su temperatura rebase los 0°C aunque el agua en que flota esté más caliente. Estamos ante un **cambio de estado por fusión**. Un caso similar de conservación de la temperatura se presenta cuando hierve el agua (**ebullición**), o cuando un copo de nieve se transforma en vapor de agua (**sublimación**), o en todos los cambios contrarios a los citados (**solidificación, condensación, sublimación inversa**).

Hay una importante norma general que se cumple en todos los cambios de estado: **Durante los cambios de estado el calor recibido o perdido no se emplea en variar la temperatura sino en alterar la estructura interna del cuerpo.** La temperatura a la que se produce un cambio de estado depende de factores como la presión exterior o la pureza de la sustancia implicada. En las llamadas "ollas a presión" se supera ampliamente la presión atmosférica, con lo que la temperatura de ebullición es sensiblemente mayor a los 100°C , permitiendo que los alimentos se cocinen antes. Otro caso totalmente diferente es el de las medidas en previsión de heladas. En tales casos se vierte sal que, al disolverse en el agua, hace bajar su punto de fusión.

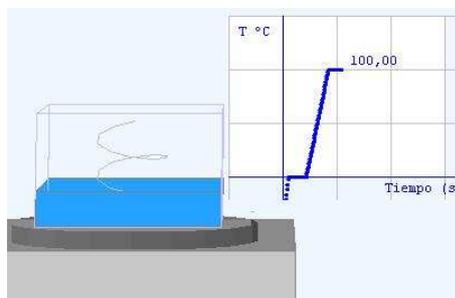
La mayoría de las sustancias tienen puntos de fusión y ebullición determinados, que se convierten en propiedades características de las sustancias. Así por ejemplo, en la destilación de mezclas de alcoholes se pueden identificar cada uno de ellos por las diferentes temperaturas a las que entran en ebullición.

Hay que señalar que pueden existir cambios de estado sin alcanzar la temperatura correspondiente. Tal es el caso de la evaporación del agua líquida que puede producirse a cualquier temperatura, del mismo modo que la condensación del vapor de agua también puede producirse a cualquier temperatura. En estos casos podemos decir que existe un proceso de disolución del agua en la atmósfera con un límite de solubilidad. Mientras no se alcance ese límite, el agua se evaporará hasta que la atmósfera se sature de humedad. Del mismo modo, si el aire está sobresaturado de humedad, se producirá la condensación a cualquier temperatura.



Témpano flotando en el lago Grey (Patagonia chilena).

El témpano alcanza unos 10 m sobre la superficie y cerca de 100 de profundidad en el agua en que flota. A pesar de la temperatura primaveral, el témpano tardaría meses en fundirse totalmente. Obsérvese el color azul típico del hielo que ha estado sometido a grandes presiones y tiene poco aire disuelto en su interior.



En este dibujo vemos la curva de calentamiento de lo que inicialmente fue un bloque de hielo. Los dos tramos horizontales en la gráfica corresponden a los intervalos de tiempo en que el hielo está fundiéndose (a 0°C) y en que el agua está hirviendo (a 100°C).

EJERCICIOS RESUELTOS

Repasando ideas sobre los cambios de estado

Completa las siguientes frases

El cambio de estado de líquido a sólido se denomina

El cambio de estado de gas a líquido se denomina

El cambio de estado de sólido a gas se denomina

Cuando agua a en estado líquido y temperatura de 100°C recibe energía ¿cómo varía su temperatura?

Cuando agua a en estado gaseoso y temperatura de 100°C recibe energía ¿cómo varía su temperatura?

(Trata de contestar antes de leer la solución)

-----Solución-----

El cambio de estado de líquido a sólido se denomina solidificación.

El cambio de estado de gas a líquido se denomina condensación.

El cambio de estado de sólido a gas se denomina sublimación.

Cuando agua en estado líquido y temperatura de 100°C recibe energía, su temperatura se mantiene constante.

Cuando agua a en estado gaseoso y temperatura de 100°C recibe energía, su temperatura aumenta.

3. El termómetro y la medida del calor

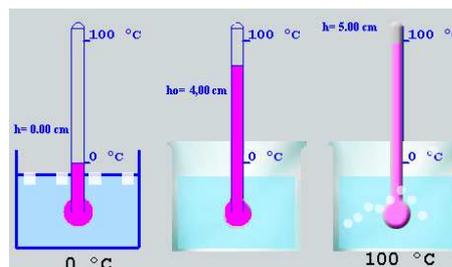
Una escala de temperatura

Cuando hemos hablado de temperatura, se ha utilizado automáticamente la escala con la que estamos más familiarizados, la escala Celsius o centígrada. Aunque suponemos que el lector ya la conoce, en la escena adjunta podemos ver cómo se gradúa un termómetro en esta escala, basándonos en la constancia de la temperatura a lo largo de los cambios de estado.

Además de la Celsius, existen otras escalas. En la escena Réaumur el punto cero es también el de fusión del hielo pero el de ebullición del agua se marca como 80°R , en lugar de ser el punto 100, de modo que para pasar de la escala Celsius a la Réaumur podríamos aplicar la siguiente ecuación: $T_{\text{R}} = 0,8 \cdot T_{\text{C}}$ donde T_{R} es la temperatura Réaumur y T_{C} es la temperatura Celsius. La escala Réaumur, utilizada en otros tiempos en Francia y Alemania, ha sido reemplazada en estos países por la escala Celsius, aunque aún se emplea ocasionalmente en la industria del almíbar y los caramelos.

En la escala Fahrenheit (de uso muy extendido en los países anglosajones), el punto cero se determina por el equilibrio entre una mezcla de agua, hielo y cloruro amónico y el punto 96°F como el correspondiente a la temperatura habitual del cuerpo humano. Para convertir una temperatura Celsius a Fahrenheit aplicaremos: $T_{\text{F}} = 9/5 \cdot T_{\text{C}} + 32$.

En estas escalas la elección del punto cero es arbitraria: el punto de congelación del agua en las escalas Celsius y de Réaumur y el de equilibrio de sal, agua y cloruro amónico en el caso de la Fahrenheit. Podríamos preguntarnos cómo establecer un punto cero con mayor significado físico. En el apartado siguiente veremos cómo lograrlo.



En la escena vemos tres termómetros iguales, sumergidos en diferentes recipientes.

En el primero hay cubitos de hielo en fusión, mientras que en el tercero hay agua hirviendo.

Estos recipientes nos sirven para establecer las marcas de 0°C y 100°C respectivamente, que en nuestro caso van a estar separadas 5 cm.

Como la dilatación de muchas sustancias, el mercurio por ejemplo, es prácticamente lineal con la temperatura, podemos establecer que cada grado equivale a una altura de $5/100 \text{ cm} = 0,5 \text{ mm}$ y podemos establecer la equivalencia entre la altura del mercurio y la temperatura.

Podemos extrapolar los resultados, por encima de los 100°C y por debajo de los 0°C mientras las propiedades de dilatación de la sustancia termométrica sean estables. Un termómetro de mercurio puede ser útil desde -38°C hasta 356°C .

EJERCICIOS RESUELTOS

Completar la siguiente tabla de valores, convirtiendo la temperatura a las escalas en que falta su valor.

TEMPERATURA CELSIUS	TEMPERATURA RÉAUMUR	TEMPERATURA FAHRENHEIT
50 °C		
	50 °R	
		50 °F

Solución: Aplicando las ecuaciones de conversión obtendremos:

TEMPERATURA CELSIUS	TEMPERATURA RÉAUMUR	TEMPERATURA FAHRENHEIT
50 °C	50 °R	122 °F
62,5 °C	50 °R	144,5 °F
10 °C	8 °R	50 °F

Calor y energía

Temperatura absoluta

Pensemos por un momento esta pregunta: ¿Si un cuerpo tiene una temperatura de 2 °C, sus partículas tendrán el doble de energía media que las de un cuerpo a 1 °C? En modo alguno es tal cosa cierta. Para establecer una correspondencia real entre temperatura y energía media de agitación de las partículas hay que establecer el cero de la temperatura en el cero de energía media. Este es el **cero absoluto** y cuando empezamos a contar desde ese punto obtenemos una **escala absoluta**.

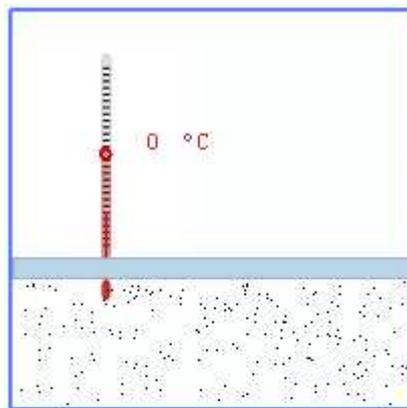
La forma más sencilla de buscar este punto es a partir del coeficiente de dilatación de los gases. Recordemos que, a presión constante, el coeficiente de dilatación cúbica de los gases ideales era: $\gamma = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C}$. Según eso, si un gas ocupa cierto volumen a 0°C, su volumen será cero al alcanzar la temperatura el valor de -273 °C (el valor exacto es en realidad -273,15 °C, sin embargo, en los ejercicios admitiremos su aproximación al número entero).

En los gases reales no se puede producir nunca esta situación porque, sus partículas componentes tienen un tamaño no puntual que impediría alcanzar el volumen cero. En la práctica cualquier gas se licúa al acercarse a temperaturas tan bajas. No obstante, el valor de **-273,15°C sigue siendo el límite inferior de la temperatura, es el cero absoluto**.

Hay una escala absoluta correspondiente a la Celsius; se trata de la escala **Kelvin**, cuya unidad (K) es la adoptada por el S.I. Siempre se cumple que:

$$T_{\text{K(absolute)}} = T_{\text{C(Celsius)}} + 273$$

Existe también una escala absoluta correspondiente a la escala Fahrenheit, se trata de la escala Rankine. En esta escala $T_{\text{R}} = 9/5 \cdot T_{\text{C}} + 491,67$. No obstante, en los ejercicios usaremos como temperatura únicamente la escala Kelvin.



Suponemos el gas ideal encerrado en un recipiente tapado por un émbolo móvil. En su exterior actúa sólo la presión atmosférica, así que, a medida que la temperatura descende, la presión se mantendrá constante y el volumen irá descendiendo paulatinamente, de forma que, al alcanzar el cero absoluto, el volumen del gas ideal sería nulo.

Calor específico

No todas las sustancias aumentan su temperatura igualmente al recibir la misma cantidad de calor. En la imagen adjunta vemos dos curvas de calentamiento de alcohol y agua que permiten ver claramente esta diferencia.

Llamamos **capacidad calorífica** de un cuerpo a la cantidad de calor que hay que darle para que su temperatura ascienda 1°C (se mide en cal/°C).

La capacidad depende tanto de la sustancia de que se trate, como de su masa. Por ello definimos el **calor específico** de un cuerpo como la capacidad calorífica de 1 g de ese cuerpo (se mide en cal/g°C).

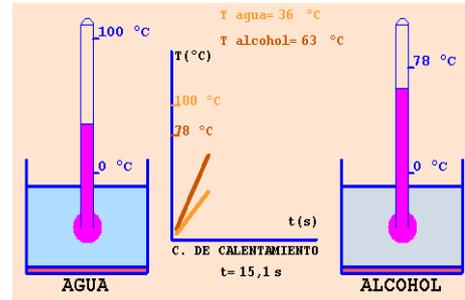
El calor específico sólo depende de la naturaleza del cuerpo. Llamando c a esta nueva magnitud, el calor Q que absorbe una masa m de un cuerpo cuando la temperatura pasa de un valor inicial T_0 a otro valor T_f cumple esta condición:

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

Así vemos que el calor absorbido ($Q > 0$) o emitido ($Q < 0$) por un cuerpo, depende de la masa del cuerpo, de la variación de la temperatura y de la naturaleza del cuerpo (a través del calor específico c). El signo del calor viene dado por los valores de las temperaturas inicial y final.

El calor específico de una sustancia se determina con un aparato conocido como calorímetro, cuyo funcionamiento mostramos en la imagen de la derecha.

Una advertencia importante: En realidad, ni el calor específico de una sustancia es totalmente constante ni las curvas de calentamiento son absolutamente lineales. Sin embargo, en los ejercicios admitiremos que las sustancias con que trabajamos están en un intervalo de temperaturas en que la variación de su calor específico es despreciable.



En la escena superior vemos lo que ocurre al calentar agua y alcohol en iguales condiciones. Observamos que la temperatura del alcohol y el agua se van separando. Tienen diferente **calor específico**.

EL CALORÍMETRO

Es en realidad un termo dotado de termómetro que usamos para medir el calor específico de líquidos. Sólo necesitamos saber el **equivalente en agua** del aparato, es decir, qué masa de agua absorbería tanto calor como él al calentarse. Supondremos que es 100 g.

Termómetro



Termo

Calor empleado en el calorímetro:
 $100 \cdot (20 - 17) = 384$ calorías
 El líquido absorbe: $Q = 2000 - 384 = 1615$
 Y su calor específico será:
 $c = \frac{Q}{m \cdot (T_f - T_0)} = \frac{1615}{600 \cdot (20 - 17)} = 0,70 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$

En la imagen superior se ilustra el uso de un calorímetro. Suponemos que en su interior hay 600g de una sustancia cuya temperatura asciende de 17°C a 20°C al recibir 1615 calorías. Observemos cómo se tiene en cuenta el calor absorbido por el mismo calorímetro.

Calor y energía

Buscando el equilibrio

Ya quedó establecido que la Naturaleza busca el equilibrio térmico. Entre dos cuerpos a diferente de temperatura pasa calor del más caliente al más frío hasta que se igualan las temperaturas.

La temperatura de equilibrio se verá afectada por el calor específico de las sustancias que intervienen. En la imagen adjunta se ve la diferencia entre dos casos aparentemente iguales. En los dos existe la misma cantidad de cada sustancia partiendo de la misma temperatura inicial (20°C el líquido verde y 80°C el cuerpo azul).

Sin embargo, en el primer caso la sustancia verde tiene un calor específico muy bajo, mientras en el segundo es la sustancia azul la que se encuentra en ese caso.

Si realizamos diversos experimentos con diferentes sustancias, masas y temperaturas, se llega a estas conclusiones:

- En todos los casos, la velocidad de transferencia de calor es mayor cuanto mayor es la diferencia de temperaturas. A medida que las temperaturas se aproximan, la transferencia de calor es más lenta.

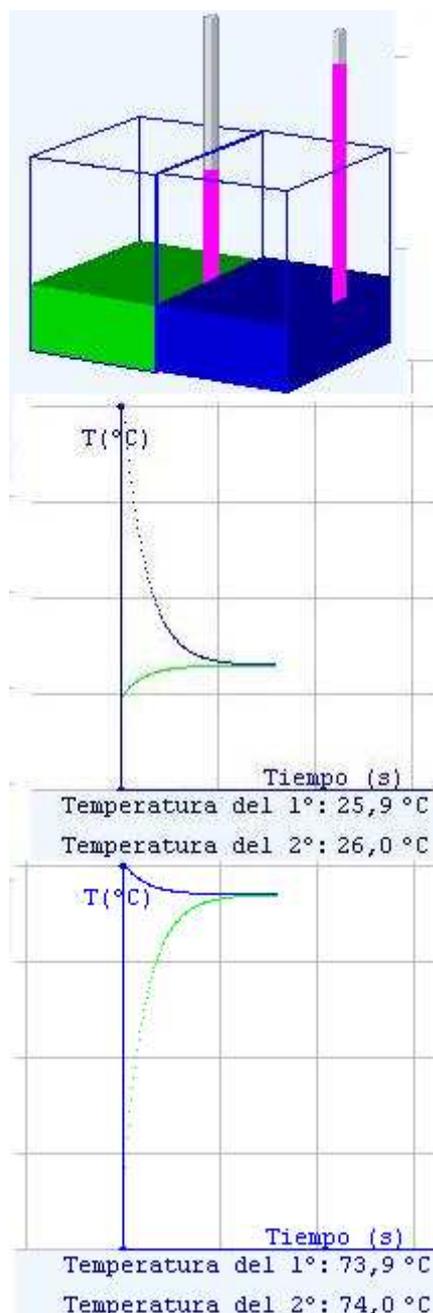
- Si las masas y los calores específicos de las sustancias son iguales, la temperatura de equilibrio es el punto medio entre las dos temperaturas iniciales.

- Si los calores específicos son iguales y las masas son diferentes, la temperatura de equilibrio se desplaza hacia la temperatura de la sustancia de mayor masa.

- Si las masas son iguales y los calores específicos son diferentes, la temperatura de equilibrio se desplaza hacia la temperatura de la sustancia con mayor calor específico.

$m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1) = - m_2 \cdot c_2 \cdot (T_e - T_2)$ donde T_e es la temperatura de equilibrio.

- Si tanto masa como calor específico son diferentes la situación es más compleja. Podemos comprobar que se respeta esta ecuación:



EJERCICIOS RESUELTOS

Mezclamos 800 g de un líquido A de 0,80 cal/g°C de calor específico y temperatura inicial de 72°C con 600 g de agua a 57°C. ¿Cuánto vale la temperatura de equilibrio?

Solución.

Dado que la temperatura del líquido A es mayor que la del agua, su temperatura deberá descender, cediendo una cantidad de calor:

$Q = m \cdot c \cdot (T_e - T_{1A}) = 800 \cdot 0,80 \cdot (T_e - 72)$ Como la temperatura de equilibrio T_e será menor que la temperatura inicial, este calor será negativo.

Por otro lado, el agua absorberá un calor: $Q' = 600 \cdot 1 \cdot (T_e - 57)$ (recordemos que el calor específico del agua es 1 cal/g°C). Este calor será positivo, pues la T_e será mayor que la temperatura inicial del agua.

Si no hay pérdidas al medio ambiente, se debe cumplir que $Q' = -Q$ así que:

$600 \cdot 1 \cdot (T_e - 57) = 800 \cdot 0,80 \cdot (T_e - 72)$ de donde, despejando la temperatura de equilibrio:

$$T_e = 64,74^\circ\text{C}$$

Como vemos, este tipo de ejercicios se reduce a resolver la ecuación:

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1) = - m_2 \cdot c_2 \cdot (T_e - T_2) \quad (1)$$

Este mismo tipo de planteamiento también puede emplearse para calcular el calor específico de un cuerpo, si se conoce el de otro. En ese caso se medirán en primer lugar las masas y temperaturas iniciales de los dos cuerpos, mediremos al final la temperatura de equilibrio y, a partir de la ecuación (1) podremos despejar el valor del calor específico buscado. Ese ha sido el planteamiento al explicar el funcionamiento del calorímetro, aunque en ese caso se tuvo en cuenta la pérdida de calor debida a la absorción por el propio aparato.

Calor y energía

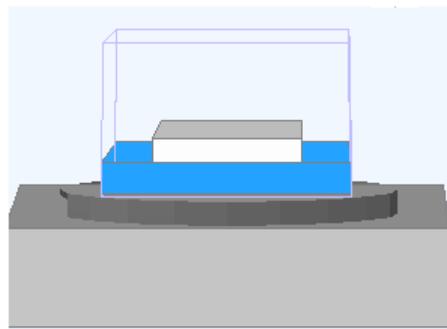
Calor de cambio de estado

Sabemos que cuando un cuerpo se calienta hasta alcanzar su punto de fusión, el calor que reciba en adelante se emplea en cambiar de estado, no en aumentar su temperatura. Llamamos **calor latente de fusión** al calor que hay que dar a cada unidad de masa de una sustancia para que se funda, una vez alcanzada la temperatura adecuada. Tradicionalmente se mide en calorías por gramo (cal/g), aunque la unidad del SI sea J/kg.

Del mismo modo, llamamos **calor latente de ebullición** al calor que hay que dar a cada unidad de masa de una sustancia para que se evapore, una vez alcanzada la temperatura de ebullición. Se utilizan las mismas unidades que en el caso anterior.

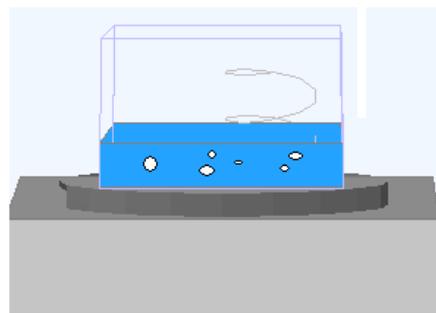
Es fácil encontrar tablas con los calores latentes de fusión y ebullición, aunque no es tan corriente encontrar el calor latente de sublimación. Veamos, a partir del ejemplo del agua, cómo podríamos determinarlo. El calor de fusión del agua es de 80 cal/g, su calor específico es 1 cal/g°C y su calor de ebullición es de 540 cal/g. Si disponemos de 1 g de hielo a 0 °C deberemos comunicarle 80 calorías, para elevarlo hasta 100 °C necesitaríamos 100 calorías más y, finalmente, con otras 540 calorías se evaporaría. Así pues, el calor de sublimación del hielo a 0°C es de 720 cal/g.

Es preciso realizar una advertencia: en la mayoría de las sustancias el punto de fusión y de solidificación coincide, pero no siempre es así. Del mismo modo, no en todos los casos es exactamente igual el calor de fusión y el de solidificación. Por simplicidad, en todos los ejercicios que realicemos en este nivel nos referiremos a casos en que cada punto de cambio de estado es igual en ambas direcciones, al igual que el calor latente de un cambio de estado y su inverso.



En la imagen superior, un bloque de hielo, dentro de un recipiente, se está fundiendo con el calor de un hornillo.

Mientras avanza la fusión, la temperatura del hielo permanece constante. Toda la energía se emplea en romper la estructura cristalina del sólido, liberando a las moléculas de agua de su posición rígida en la red.



Si después de la fusión seguimos calentando el agua hasta llegar a la ebullición, nuevamente la temperatura deja de crecer. Ahora las moléculas se están liberando de la atracción entre ellas que las confina al volumen del líquido para pasar al estado gaseoso. Mientras tanto, la temperatura del agua vuelve a permanecer constante.

EJERCICIOS RESUELTOS

Un cuerpo de 700 g de masa tiene un calor específico de 0,9 cal/g°C y una temperatura inicial de 74°C.

Empleando un horno eléctrico logramos que en 5 minutos alcance los 135°C y empiece la ebullición que dura 9 minutos. Determinemos el calor latente de ebullición de ese cuerpo.

Solución

Para elevar la temperatura hasta el punto de ebullición ha hecho falta un calor de:

$$Q_1 = 900 \cdot 0.9 \cdot (135 - 74) = 38430 \text{ cal}$$

Así sabemos que el horno suministra cada minuto: $38430/5 = 7686 \text{ cal/min}$

Como la ebullición ha durado 9 minutos, el calor que se habrá empleado en ese proceso es:

$$Q_2 = 7686 \cdot 9 = 69174 \text{ cal}$$

Sí que el calor latente de ebullición (por cada gramo) será:

$$c_{\text{eb}} = 69174/700 = 98,8 \text{ cal/g}$$

En esta solución hemos supuesto que no hay pérdidas del horno durante el proceso de ebullición ni durante el calentamiento de la sustancia. Esta es una situación ideal. En la práctica hay que tener en cuenta el equivalente en agua del recipiente, de forma parecida a como se hizo con el calorímetro para calcular el calor específico. Además el recipiente debería mantenerse a presión constante (para no alterar el punto de ebullición) y cerrado de forma que se impidiera la evaporación del líquido antes de llegar al punto de ebullición. Debemos entender que los ejercicios que realizamos en esta unidad son simplificaciones de procesos reales más complejos, con la intención de que adquiramos conceptos claros.

4. Equivalencia entre calor y energía

La experiencia de Joule

Hasta ahora hemos utilizado la caloría para medir las transferencias de energía térmica. ¿A qué valor corresponde esta unidad en energía mecánica? Joule diseñó el complicado aparato que vemos a la derecha para medir este valor con este plan: Al caer la pesa, su energía potencial va disminuyendo transmitiéndose al agua mediante el movimiento de las palas. El agua la acumula como energía térmica, lo que se traduce en un aumento de la temperatura.

De esta forma, la energía potencial perdida por la pesa se convertirá en calor:

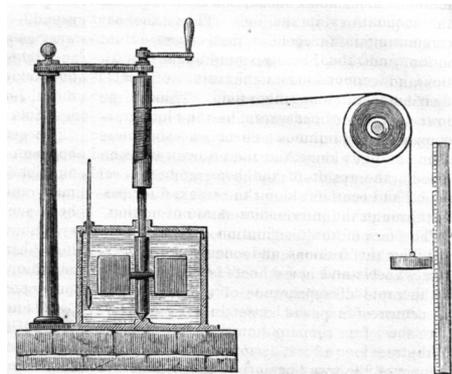
$$\text{masa(pesa)} \cdot g \cdot h = \text{masa(agua)} \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \cdot K$$

Donde el factor K es el número de julios que tiene una caloría (**equivalente mecánico del calor**) y que se puede calcular con facilidad al conocer todos los restantes datos. Invitamos al lector a que calcule este equivalente para diversos valores de la masa de la pesa y la cantidad de agua. Siempre obtendremos el valor **K = 4,18 cal/J**.


$$1 \text{ caloría} = 4,18 \text{ julios}$$

Esta conversión permitía refinar los cálculos necesarios para las máquinas que se iban desarrollando en plena era industrial, además de ser fundamental para justificar el principio de conservación de la energía, del que ya hemos hablado en la quincena anterior.

A partir de este momento se pudo estudiar la eficacia con que las máquinas térmicas convertían el calor obtenido de un combustible en trabajo útil. De forma inversa, la relación de Joule también dio pie para medir el efecto enfriador de los aparatos frigoríficos, que convierten calor en otra forma de energía, robando energía térmica a los cuerpos que deseamos enfriar.



Montaje de Joule según *Harper's New Monthly Magazine*, No. 231, agosto, 1869.

La manivela permite elevar la pesa hasta la altura deseada, que podemos medir por la regla de la derecha.

El sistema de rotor con palas es el que transmite la energía mecánica de la pesa al agua, transformándose en aumento de su energía térmica, es decir en calor. La transferencia de energía se mide por el termómetro que mide la temperatura del agua. El montaje debe ser muy preciso y extremadamente bien lubricado, para impedir que haya pérdidas apreciables de energía por rozamiento en el hilo y los rotores. Además la pesa debe bajar lentamente, para que también sea despreciable la energía cinética adquirida por la polea. Con posterioridad al experimento de Joule se han intentado otros procedimientos para medir conversión de energía en calor, por ejemplo a partir de energía eléctrica. En todos los casos se ha podido verificar la certeza del factor de conversión de Joule.

EJERCICIOS RESUELTOS

1.- Una máquina de Joule se emplea para calentar 500 g de agua que poseen una temperatura inicial de 20°C. La pesa debe caer desde una altura de 2 m. ¿Cuánto debe valer su masa para que la temperatura del agua sea finalmente de 21°C?

Solución

El agua ha recibido una cantidad de calor: $Q = 500 \cdot 1 \cdot (21-20) = 500$ calorías que equivalen a:

$$500 \cdot 4,18 = 2090 \text{ J}$$

Esta energía se ha extraído de la energía potencial de la pesa:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = m \cdot 9,8 \cdot 2 = 19,6 \cdot m = 2090 \text{ J} \text{ De forma que la masa de la pesa:}$$

$$m = 2090 / 19,6 = \mathbf{106,63 \text{ kg}}$$

Como vemos, hace falta una masa considerable en la pesa para que se produzca una subida apreciable en la temperatura del agua. Si utilizamos una masa mucho más pequeña de agua, las pérdidas de calor por transmisión a otras partes de la máquina no serían despreciables.

2.- Un trineo de 200 kg de masa desciende, partiendo del reposo, por una pendiente de hielo de 80 m de desnivel. Al alcanzar el llano, su velocidad es de 11,11 m/s. Calculemos las calorías que se han producido.

Solución.

$$\text{La energía del trineo en la parte superior es: } E_p = m \cdot g \cdot h = 156800 \text{ J}$$

$$\text{La energía cinética al pie de la pendiente es: } E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 12357,37 \text{ J}$$

La energía perdida (convertida en calor) es: $Q = 144442,63 \text{ J} = 34555,65 \text{ cal}$ donde hemos aplicado el factor de conversión de Joule ($1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$).

Observamos que es posible extraer notables cantidades de calor a partir de una fuente fría como el trineo deslizándose sobre el hielo. Fue este hecho de la conversión del trabajo de fricción en calor el factor decisivo para abandonar la idea del calor como un fluido que se almacenaba en los cuerpos calientes.

Calor y energía

Fricción y calor

En el experimento de Joule la energía mecánica de la pesa era convertida en calor debido a la resistencia del agua.

Del mismo modo, el rozamiento de un cuerpo con el suelo le resta energía cinética para convertirla en calor. En la escena adjunta, la fricción del aire puede frenar progresivamente el movimiento de caída de un cuerpo.

En general, las fricciones entre cuerpos, ya sea debida al rozamiento entre superficies o a la oposición de los fluidos al movimiento de objetos en su interior, son formas comunes de convertir energía mecánica en calor, aunque no las únicas (en los circuitos eléctricos, la resistencia juega el mismo papel).



EJERCICIOS RESUELTOS

Debido a la resistencia del aire, un cuerpo de 100 kg de masa en caída libre y vertical hacia la Tierra, no puede alcanzar más de 150 m/s de velocidad. Calculemos la cantidad de calorías que se disipan cada segundo.

Solución

Si la caída es vertical, cada segundo se descienden 150 m y, por tanto, se pierde una energía potencial:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 100 \cdot 9,8 \cdot 150 = 147.000 \text{ J}$$

Esa es la energía convertida en calor y que producirá:

$$Q = 35.167,46 \text{ cal cada segundo.}$$

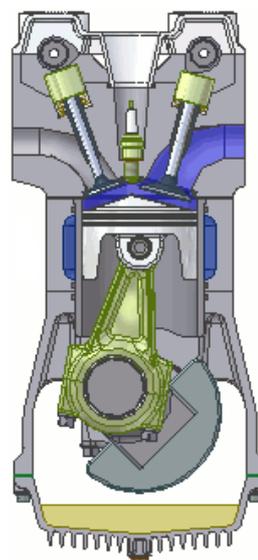
Debido a este calor, la temperatura del cuerpo se elevará hasta la incandescencia en poco tiempo convirtiéndose en una estrella fugaz o un bólido. La mayoría de los cuerpos que caen de esta forma se volatilizan en la atmósfera. Sólo los más grandes y consistentes alcanzan la superficie terrestre (los meteoritos).

Máquinas y calor

En la quincena anterior ya aprendimos que, si bien toda la energía mecánica de un cuerpo se puede convertir en calor, no es posible convertir el calor íntegramente en energía mecánica.

Aún así, gran parte de las máquinas de nuestra sociedad actual actúan convirtiendo parte del calor que se obtiene de una reacción química (la combustión) en energía mecánica. A la derecha vemos un motor de cuatro tiempos: Admisión de combustible, compresión, combustión, expansión y escape de gases quemados.

El rendimiento cualquier máquina térmica viene limitado por la temperatura absoluta T_1 a la que absorbe calor y la temperatura absoluta T_2 de los gases de escape. En el mundo real no podemos alcanzar el rendimiento del caso ideal:



$$\text{Rendimiento} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

EJERCICIOS RESUELTOS

Un motor consume 7 litros cada hora de un combustible que produce 15.000.000 cal por cada litro. La potencia útil del motor es de 11667 w. ¿Qué rendimiento tiene el motor?

Solución

Como cada hora se consumen 7 litros de combustible, en ese tiempo se producen:

$$Q = 7 \cdot 15.000.000 = 105.000.000 \text{ cal}$$

Y en julios, corresponden a: 438.900.000 J

De ellos cada segundo se habrá producido: $438.900.000 / 3600 = 121916,66 \text{ J}$

Comparando con la potencia útil sacamos el rendimiento:

$$R = 11667 / 121916,66 = 0,4 \text{ equivalente al } \mathbf{40\%}$$

Aunque este rendimiento no parezca muy alto, la mayoría de las máquinas térmicas poseen rendimientos sensiblemente más bajos, del orden del 20-30%, a pesar de las continuas mejoras técnicas. El aprovechamiento de la energía térmica no es de los más eficientes.



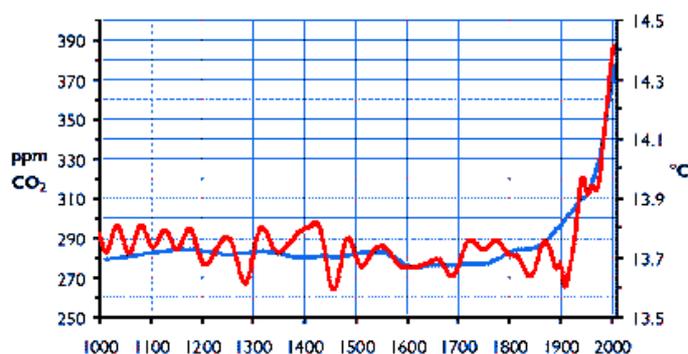
Para practicar

1. En un termómetro leemos una temperatura de 300 K. ¿A qué equivale este valor en la escala Celsius y en la escala Fahrenheit?
2. El hombre está cómodo hasta la temperatura de 30°C. Si en un termómetro leemos que la temperatura es de 90°F, ¿nos sentiremos cómodos?
3. Un cuerpo tiene 200 g de masa y una temperatura de 19°C. Absorbiendo 4407 cal, alcanza los 50°C. ¿Cuál es su calor específico?
4. Cuando mezclamos 208 g de un líquido a 25°C con 205 g de agua a 69°C. La temperatura de equilibrio resulta ser 51,9°C. ¿Qué calor específico tiene el líquido?
5. Una sustancia de masa 344 g y un calor específico de 0,1 cal/g°C está a la temperatura de 2°C. Calcula el calor necesario para que su temperatura alcance los 13°C.
6. Un sólido de 516 g de masa y 0,1 cal/g°C de calor específico se calienta desde los 35°C hasta que se ha fundido totalmente a la temperatura de 86°C.
7. Mezclamos 584 g de una sustancia de calor específico 0,54 cal/g°C, a la temperatura de 77°C, con 451 g de otra sustancia, de calor específico 0,36 cal/g°C y 55°C de temperatura. Determina la temperatura de equilibrio de la mezcla.
8. Mezclamos 552 g de una sustancia líquida de calor específico 0,13 cal/g°C y 17°C de temperatura con 106,65 g de la misma sustancia pero en estado sólido a la temperatura de fusión del cuerpo (6°C) Sabiendo que el calor de fusión es de 50 cal/g, calcular la cantidad de sólido en el momento del equilibrio.
9. Una grúa debe subir un peso de 1300 kg a 44 m de altura. Su motor, del 11% de rendimiento, utiliza un combustible que produce 632476 cal por cada litro. ¿Cuántos litros de combustible ha consumido?
10. Un motor tiene una potencia de 70 kw y un rendimiento del 55%. Determina cuánto calor cede al ambiente en cada hora de trabajo.
11. Un hornillo tarda 10 minutos en fundir totalmente un bloque de 0,75 kg de hielo a 0°C. ¿Cuánto calor cede el hornillo cada segundo? (calor de fusión del hielo 80cal/g)
12. Lanzamos un bloque de madera de 2 kg de masa sobre una superficie metálica. La velocidad inicial del bloque es de 10 m/s y tarda 10 s en detenerse por el rozamiento. ¿Cuánto calor (en calorías) se produce por el rozamiento cada segundo?
13. Con cierto mechero logramos subir la temperatura de 100 g de agua desde 46°C hasta la temperatura de ebullición en 3 minutos ¿Cuánto tiempo tardará en hervir todo el agua?
14. Un cuerpo tiene 1000 g de masa y una temperatura de 20°C. Recibe 83600 J de energía para alcanzar los 40°C. ¿Cuál es su calor específico?
15. Una máquina funciona tomando calor a 327 °C, pero sus gases de escape salen a 27 °C. ¿Cuánta energía se pierde al producir un trabajo útil de 1000 J?



Para saber más

El calentamiento global



La inquietante gráfica superior representa la temperatura media de la superficie terrestre (en rojo) y la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera a lo largo del último milenio. (en azul). Es innegable la tendencia durante el último siglo a crecer ambas magnitudes. Si continúa el proceso, pueden producirse efectos nocivos para el equilibrio ecológico y para el sostenimiento de nuestra sociedad actual. Para comprender este fenómeno debemos preguntarnos:

→¿A qué se debe que la Tierra tenga una temperatura media determinada?

→¿Qué es el efecto invernadero?

→¿Por qué aumenta el dióxido de carbono en la atmósfera?

¿A qué se debe que la Tierra tenga una temperatura media determinada?

Todos los cuerpos emiten energía radiante por estar a cierta temperatura. El Sol, con una superficie a 6000 K emite un gran caudal de energía. Como todos los cuerpos tienden al equilibrio térmico, la Tierra, al recibir la energía radiada por el Sol, adquiere la suficiente temperatura para emitir tanta energía como recibe. Ahora bien la energía que emitimos, depende de la temperatura y de un coeficiente propio de cada cuerpo (Ley de Stephan-Boltzman). Esta ley se expresa así: $E = s \cdot T^4$ donde T es la temperatura absoluta y s es el coeficiente propio del cuerpo emisor.

¿Qué es el efecto invernadero?

Consiste en que la presencia de ciertos gases como el dióxido de carbono en la atmósfera dificulta la emisión de radiación infrarroja, disminuyendo de hecho la constante de emisión de radiación de la Tierra. Para mantener el equilibrio con la radiación proveniente del Sol, el planeta aumenta su temperatura. En el último siglo parece haberlo hecho en cerca de 1°C, pero el proceso se va acelerando, a medida que aumenta el dióxido de carbono atmosférico como vemos en el gráfico inicial.

Más datos en la dirección:

http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero

¿Por qué aumenta el dióxido de carbono?

El consumo de combustibles fósiles produce enormes cantidades de dióxido de carbono que potencia el efecto invernadero. Una organización internacional, el **IPPC**, trata de analizar a fondo el problema y proponer soluciones globales. Podemos consultar esta dirección:

http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Países_por_emisiones_de_dióxido_de_carbono



Recuerda lo más importante

La energía térmica

Es una forma de energía interna de los cuerpos debida a la agitación de las partículas que los componen.

La temperatura

Es la magnitud que nos permite distinguir entre cuerpos calientes y fríos. Es una función de la energía térmica media de las partículas que componen un cuerpo.

El calor

Las variaciones de la energía térmica de los cuerpos se denominan calor. Cuando un cuerpo absorbe calor (variación positiva) aumenta su energía térmica. Cuando el cuerpo emite calor (variación negativa) disminuye su energía térmica.

El equilibrio térmico

Cuando dos cuerpos próximos poseen diferente temperatura, intercambian calor hasta que sus temperaturas se igualan.

Transmisión del calor

El calor se puede transmitir mediante: conducción (intercambio directo de energía por choque de partículas), convección (mezcla de partículas de diferentes temperaturas), radiación (propagación mediante ondas)

Efectos del calor

- **La dilatación de los cuerpos:** Al variar la temperatura, los cuerpos se alteran sus dimensiones, generalmente de acuerdo con la expresión: $L = L_0 + L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ donde α , coeficiente de dilatación lineal, depende de la naturaleza del cuerpo. También existe dilatación superficial (coeficiente $\beta = 2 \cdot \alpha$) y cúbica (con coeficiente $\gamma = 3 \cdot \alpha$). Un caso de dilatación anómala lo ofrece el agua, que tiene su volumen mínimo a 4°C de temperatura.

- **El cambio de estado.** A determinadas temperaturas (puntos de cambio de estado), el calor recibido por una sustancia se emplea en variar su estructura interna, cambiando de estado sin variar su temperatura. Estos puntos dependen de condiciones externas como la presión atmosférica.

Las escalas termométricas

La escala más utilizada es la Celsius en la que damos el valor 0°C al punto de fusión del hielo y el 100°C al de ebullición del agua.

En la escala absoluta Kelvin el origen es el cero absoluto, la temperatura más baja posible, cuyo valor es -273°C. De esta forma la temperatura absoluta es:

$$T \text{ kelvin} = T \text{ celsius} + 273$$

La escala Kelvin es la adoptada en el Sistema Internacional de Unidades.

Otras escalas son la Fahrenheit y la Réaumur.

Midiendo el calor Llamamos caloría al calor necesario para que 1 g de agua aumente 1°C su temperatura. Llamamos calor específico de una sustancia al calor necesario para que 1 g de dicha sustancia aumente 1°C su temperatura. El calor que gana o pierde un cuerpo de masa m y calor específico c , si la temperatura pasa de T_1 a T_2 es:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1).$$

Llamamos **calor latente de cambio de estado** al calor necesario para que 1 g de una sustancia pase de un estado a otro cuando se encuentra a la temperatura apropiada.

Equivalente mecánico del calor

Joule demostró que **1 cal = 4,18 J**. La energía mecánica de un cuerpo se puede transformar íntegramente en calor de acuerdo con esa ley. Un vehículo para esta transformación es en muchos casos la fuerza de fricción que se opone al movimiento de un cuerpo sobre o en el seno de otro.

Las máquinas térmicas

En ellas se transforma calor en trabajo mecánico. Es imposible el rendimiento del 100%.

Autoevaluación



1. Cuatro termómetros marcan respectivamente: 1) 86K, 2) 220 °C, 3) 224 °F, 4) 39 °R. ¿En cuál es mayor la temperatura?
2. ¿Qué cantidad de calor hay que darle a 500 g de agua para que pase de 17 a 70 °C.
3. Cierta gas está a 14 °C de temperatura. Si se duplica la energía de sus moléculas, calcula cuál será su nueva temperatura en grados centígrados.
4. Comunicando 5000 cal a cierto cuerpo de 500 g de masa su temperatura aumenta 18 °C. Determina su calor específico.
5. ¿Qué cantidad de calor hay que comunicarle a 500 g de hielo a 0 °C para convertirlo en agua líquida a 14 °C? (calor de fusión del hielo: 80 cal/g).
6. Para hervir totalmente 550 g de agua a 100 °C necesitamos 290.000 cal. Determina el calor latente de ebullición del agua.
7. Un objeto metálico de forma cúbica aumente su volumen un 7% cuando su temperatura aumenta 70 °C. Determina su coeficiente de dilatación lineal.
8. Mezclamos 800 g de un líquido de 0,31 cal/g°C de calor específico y 78 °C de temperatura con 200 g de agua a 12 °C. ¿Cuál es la temperatura de equilibrio?
9. 120 g de hielo a 0 °C se mezclan con 46 g de agua líquida a 48 °C. Determina cuánto hielo queda sin fundir al alcanzar el equilibrio.
10. En una máquina el combustible produce 110.000 cal a la temperatura de 807 °C. Los gases de escape salen de la máquina a 265 °C. Determinar el máximo de trabajo útil que se ha podido producir.

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. 27°C , $80,6^{\circ}\text{F}$
2. No porque $90^{\circ}\text{F} = 32,2^{\circ}\text{C}$
3. $0,7\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
4. $0,62\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
5. $378,4\text{ cal}$
6. $89835,6\text{ cal}$
7. $69,44^{\circ}\text{C}$
8. 90g de sólido
9. $1,9\text{ l}$
10. $4,93 \cdot 10^7\text{ cal}$
11. 100 cal
12. $2,39\text{ cal}$
13. 30 minutos
14. $1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
15. 1000 J

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. 2
2. 26.500 cal
3. 301°C
4. $0,53\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
5. 47.000 cal
6. 540 cal/g
7. $0,00033^{\circ}\text{C}^{-1}$
8. $48,77^{\circ}\text{C}$
9. $92,4\text{ g}$
10. 308.320 J

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Conocer los distintos modelos atómicos propuestos a lo largo de la historia.
- Identificar las partículas subatómicas y saber relacionarlas con el número atómico y másico.
- Explicar la distribución de los electrones en orbitales atómicos.
- Asociar las propiedades de los elementos con la configuración electrónica de sus átomos.
- Conocer la tabla periódica y su criterio de clasificación.
- Comprender las propiedades periódicas de los elementos.
- Conocer y diferenciar los tipos de enlaces químicos.
- Relacionar las propiedades de las sustancias con sus enlaces.

Antes de empezar

1. Estructura atómica pág. 214
Antecedentes históricos
El electrón
El protón
El neutrón
2. Modelos atómicos pág. 218
Modelo de Thomson
Experimento de Rutherford
Modelo de Rutherford
Modelo de Bohr
Identificación de átomos
Modelo de Schrödinger
Niveles de energía y orbitales
Configuración electrónica
3. La tabla periódica pág. 226
Historia
Tabla periódica actual
Grupos y períodos
Propiedades periódicas
4. El enlace químico pág. 230
Regla del octeto
Enlace covalente
Enlace iónico
Enlace metálico
Enlaces intermoleculares
5. Formulación química pág. 235
Formulación y nomenclatura
Hidruros
Óxidos
Sales binarias

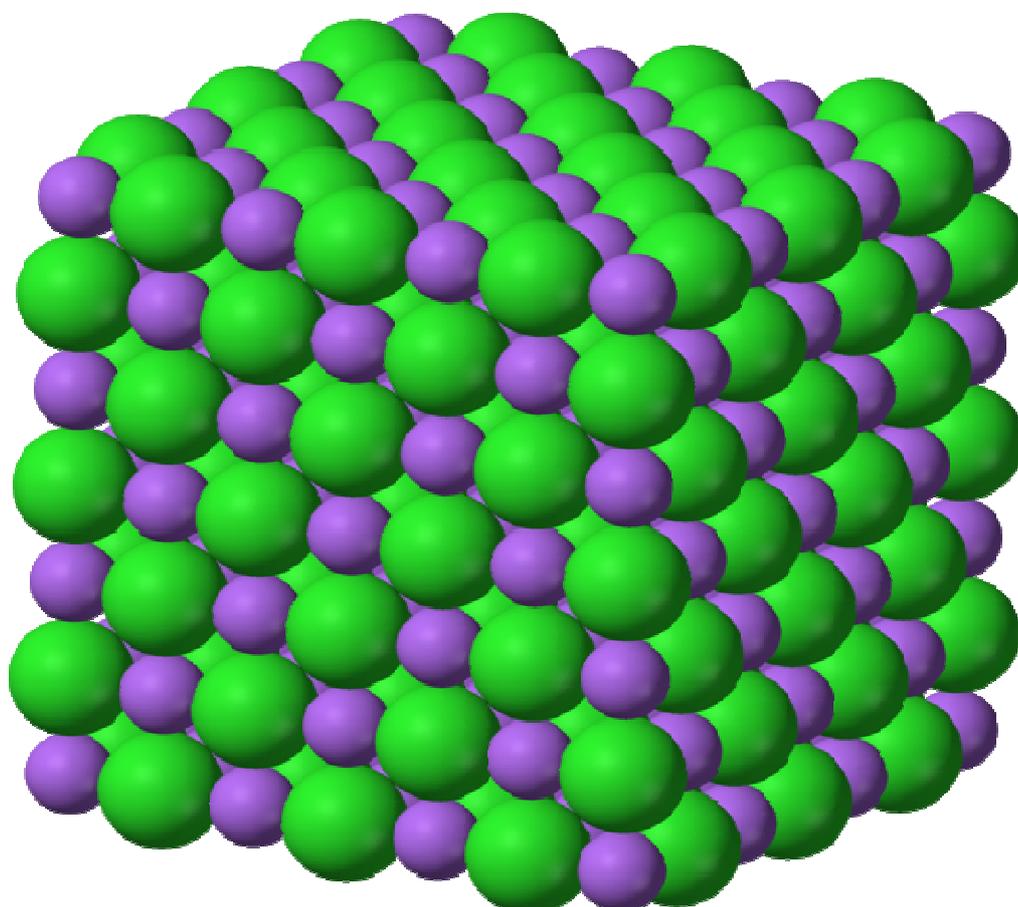
Ejercicios para practicar

Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor



Investiga

¿Quién fue Marie Curie?, ¿en qué campos destacó?, ¿por qué motivo recibió el Premio Nobel de Química?, ¿cuál fue su aportación a la Química?, ¿y a la Física?, ¿qué aplicaciones tuvieron sus descubrimientos?, ¿por qué sus cuadernos de trabajo se guardan en baúles forrados de plomo?



Estructura del átomo y enlaces

1. Estructura atómica

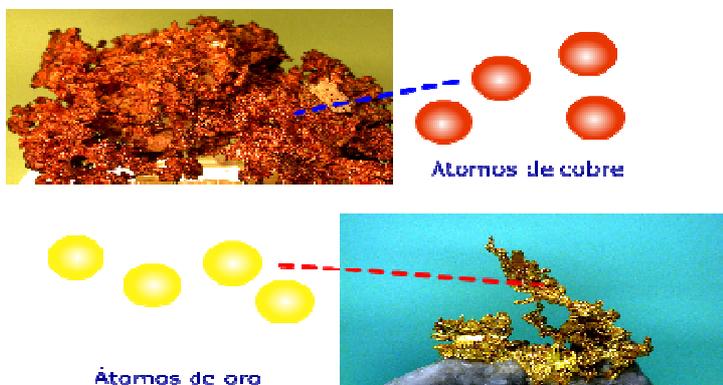
Antecedentes históricos

En el siglo V a.C., Leucipo pensaba que sólo había un tipo de materia. Sostenía, además, que si dividíamos la materia en partes cada vez más pequeñas, acabaríamos encontrando una porción que no se podría seguir dividiendo. Un discípulo suyo, Demócrito, bautizó a estas partes indivisibles de materia con el nombre de átomos, término que en griego significa "que no se puede dividir".

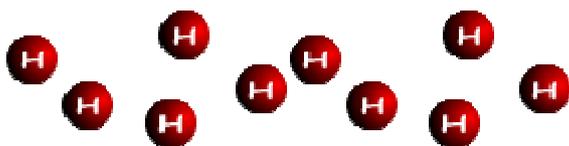
La teoría de Demócrito y Leucipo, en el siglo V antes de Cristo era, sobre todo, una teoría filosófica, sin base experimental. Y no pasó de ahí hasta el siglo XIX.

En 1808, John Dalton publicó su teoría atómica, que retomaba las antiguas ideas de Leucipo y Demócrito. Esta teoría establece que:

1.- La materia está formada por minúsculas partículas indivisibles llamadas **ÁTOMOS**.



2.- Los átomos de un mismo elemento químico son todos iguales entre sí y diferentes a los átomos de los demás elementos.



Todos los átomos del elemento Hidrógeno son iguales entre sí en todas las propiedades: masa, forma, tamaño, etc., y diferentes a los átomos de los demás elementos.

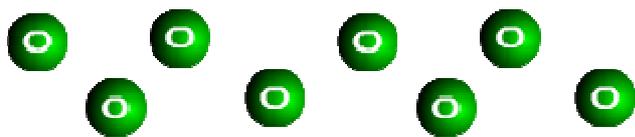
John Dalton (1766 - 1844).
Naturalista, químico, matemático
y meteorólogo británico.



En 1793 inició estudios sobre meteorología, recopilando a lo largo de su vida más de 200.000 anotaciones, y ese mismo año publicó Observaciones y Ensayos de Meteorología. En sus estudios sobre la meteorología desarrolló varios instrumentos de medición y propuso por primera vez que el origen de la lluvia se encuentra en el descenso de la temperatura. En este ámbito estudió también las auroras boreales, y determinó que éstas están relacionadas con el magnetismo de la Tierra.

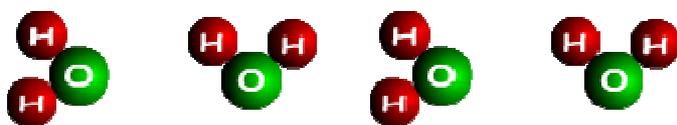
En 1801 enunció la ley de las presiones parciales y la de las proporciones múltiples. En 1805 expuso la teoría atómica en la que se basa la ciencia física moderna. Demuestra que la materia se compone de partículas indivisibles llamadas átomos. También ideó una escala de símbolos químicos, que serán luego reemplazadas por la escala de Berzelius.

Estructura del átomo y enlaces



Todos los átomos del elemento Oxígeno son iguales entre sí en todas las propiedades: masa, forma, tamaño, etc., y diferentes a los átomos de los demás elementos.

3.- Los compuestos se forman al unirse los átomos de dos o más elementos en proporciones constantes y sencillas.

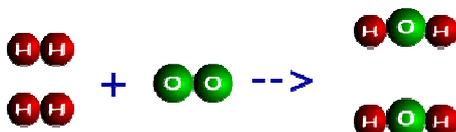


Todas las moléculas del compuesto Agua son iguales entre sí y están formadas por la unión de **2** átomos del elemento **Hidrógeno** y **1** átomo del elemento **Oxígeno**.



Todas las moléculas del compuesto Agua oxigenada son iguales entre sí y están formadas por la unión de **2** átomos del elemento **Hidrógeno** y **2** átomos del elemento **Oxígeno**.

4.- En las reacciones químicas los átomos se intercambian; pero, ninguno de ellos desaparece ni se transforma.



En esta reacción química los átomos de Hidrógeno y los átomos de Oxígeno son iguales al principio y al final. Sólo cambia la forma en que se unen entre sí. El Hidrógeno y el Oxígeno serían los reactivos y el Agua sería el producto que se obtiene.

Los símbolos de Dalton

Para Dalton, cada elemento está formado una clase de átomos, distinto en sus propiedades a los átomos de los demás elementos y, justamente, es esta distinción lo que separa un elemento de otro y los hace diferentes.

Así, asignó a cada elemento conocido un símbolo distinto, su símbolo químico que con posterioridad ha ido cambiando hasta llegar a los modernos símbolos químicos actuales.

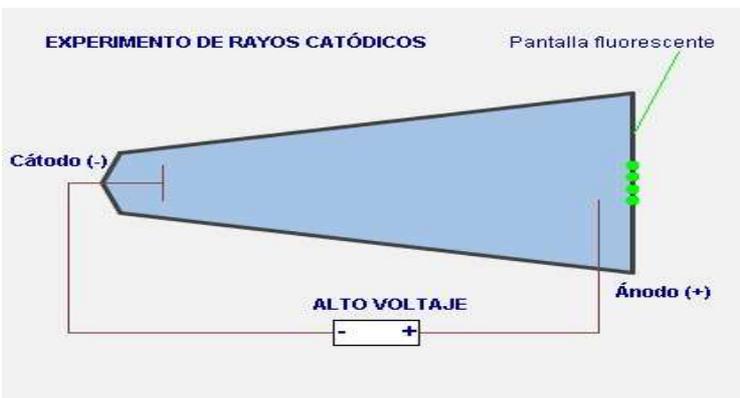
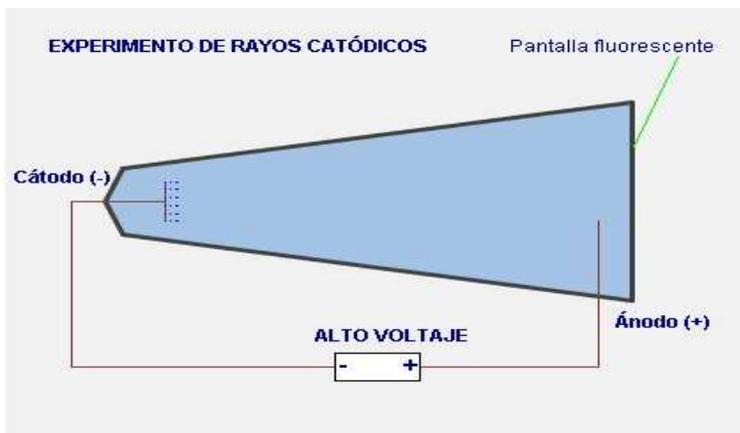
ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	46
	Azote	5		Barres	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	98
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	47		Mercury	167

Estructura del átomo y enlaces

El electrón

Al estudiar los fenómenos eléctricos se llegó a la conclusión de que la teoría de Dalton era errónea y, por tanto, debían existir partículas más pequeñas que el átomo, que serían las responsables del comportamiento eléctrico de la materia.

El físico J. J. Thomson realizó experiencias en tubos de descarga de gases (Tubos de vidrio que contenían un gas a muy baja presión y un polo positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo) por donde se hacía pasar una corriente eléctrica con un elevado voltaje). Observó que se emitían unos rayos desde el polo negativo hacia el positivo, los llamó **rayos catódicos**.



Al estudiar las partículas que formaban estos rayos se observó que eran las mismas siempre, cualquiera que fuese el gas del interior del tubo. Por tanto, en el interior de todos los átomos existían una o más partículas con carga negativa llamadas **electrones**.

Joseph John Thomson (1856 - 1940). Físico británico. Hijo de un librero, Joseph John Thomson estudió en Owens College. En 1870 estudió ingeniería en la Universidad de Manchester y se trasladó al Trinity College de Cambridge en 1876. En 1884 se convirtió en profesor de Física de la Cátedra Cavendish.



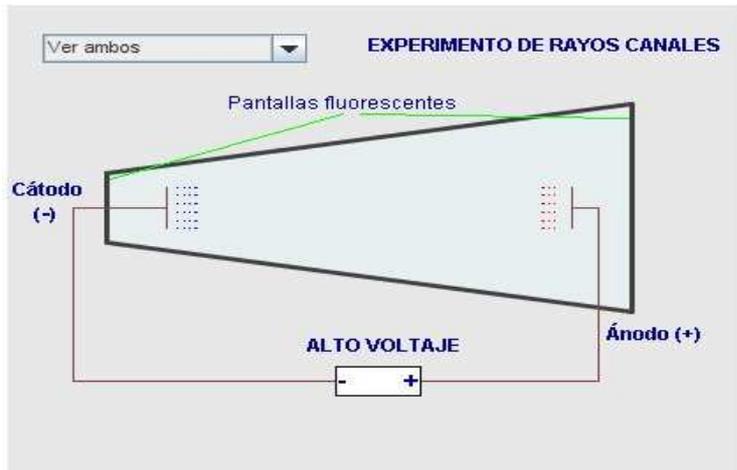
Thomson investigó la naturaleza de los rayos catódicos y demostró que los campos eléctricos podían provocar la desviación de éstos y experimentó su desviación, bajo el efecto combinado de campos eléctricos y magnéticos, buscando la relación existente entre la carga y la masa de las partículas, proporcionalidad que se mantenía constante aun cuando se alteraba el material del cátodo.

En 1906 Thomson recibió el Premio Nobel de Física por su trabajo sobre la conducción de la electricidad a través de los gases. Se le considera el descubridor del electrón por sus experimentos con el flujo de partículas (electrones) que componen los rayos catódicos. Thomson elaboró en 1898 el modelo del "pastel de pasas" de la estructura atómica, en la que sostenía que los electrones eran como 'pasas' negativas incrustadas en un 'puddín' de materia positiva.

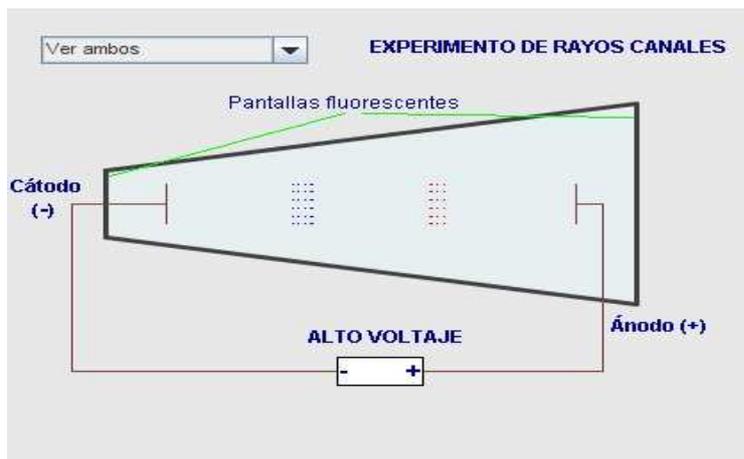
Estructura del átomo y enlaces

El protón

El físico alemán E. Goldstein realizó algunos experimentos con un tubo de rayos catódicos con el cátodo perforado. Observó unos rayos que atravesaban al cátodo en sentido contrario a los rayos catódicos. Recibieron el nombre de rayos canales.



El estudio de estos rayos determinó que estaban formados por partículas de carga positiva y que tenían una masa distinta según cual fuera el gas que estaba encerrado en el tubo. Esto aclaró que las partículas salían del seno del gas y no del electrodo positivo.



Al experimentar con hidrógeno se consiguió aislar la partícula elemental positiva o protón, cuya carga es la misma que la del electrón pero positiva y su masa es 1837 veces mayor.

Los protones y la acidez

En la próxima quincena estudiarás los ácidos. Un ácido es una sustancia que, en medio acuoso, libera protones. Realmente son átomos de hidrógeno que han perdido su electrón (negativo). Por tanto, resulta un átomo con un único protón (positivo) y sin ningún electrón (negativo). Se representa como H^{+1} .



En realidad, no es un protón sólo, ya que ese átomo puede tener algún neutrón, aunque el átomo de hidrógeno más común y de mayor proporción en la naturaleza no tiene neutrones.

Estructura del átomo y enlaces

El neutrón

Mediante diversos experimentos se comprobó que la masa de protones y electrones no coincidía con la masa total del átomo; por tanto, el físico E. Rutherford supuso que tenía que haber otro tipo de partícula subatómica en el núcleo de los átomos.

Estas partículas se descubrieron en 1932 por el físico J. Chadwick. Al no tener carga eléctrica recibieron el nombre de neutrones. El hecho de no tener carga eléctrica hizo muy difícil su descubrimiento.

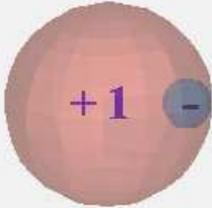
Los neutrones son partículas sin carga y de masa algo mayor que la masa de un protón.

PARTÍCULAS ELEMENTALES DEL ÁTOMO			
Partícula	Símbolo	Masa	Carga
Electrón	e^-	$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ C
Protón	p^+	$1,673 \cdot 10^{-27}$ kg	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ C
Neutrón	n	$1,675 \cdot 10^{-27}$ kg	0

2. Modelos atómicos

Modelo de Thomson

Al ser tan pequeña la masa de los electrones, el físico J. J. Thomson propuso, en 1904, que la mayor parte de la masa del átomo correspondería a la carga positiva, que ocuparía la mayor parte del volumen atómico. Thomson imaginó el átomo como una especie de esfera positiva continua en la que se encuentran incrustados los electrones, más o menos como las uvas pasas en un pudín.



Este átomo tiene una carga positiva de +1

La carga positiva se reparte por todo el átomo

Tiene 1 electrón y su carga negativa es -1

Su carga neta es: $+1 - 1 = 0$

Es un átomo de Hidrógeno

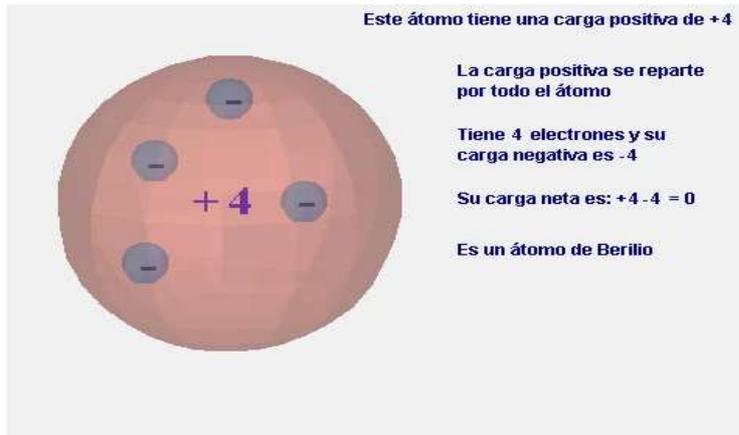
James Chadwick (1891 - 1974). Físico inglés. Hijo de John Joseph Chadwick y Anne Mary Knowles. Fue a la Manchester High School, y estudió en la Universidad de Cambridge.



En 1913 Chadwick empezó a trabajar con Hans Geiger en el Technische Hochschule de Berlín (actual Universidad Técnica de Berlín). También trabajó con Ernest Rutherford.

En 1932, Chadwick realizó un descubrimiento fundamental en el campo de la ciencia nuclear: descubrió la partícula en el núcleo del átomo que pasaría a llamarse neutrón, predicción hecha algunos años antes. Esta partícula no tiene carga eléctrica. En contraste con el núcleo de helio (partículas alfa) que está cargado positivamente y por lo tanto son repelidas por las fuerzas eléctricas del núcleo de los átomos pesados, esta nueva herramienta para la desintegración atómica no necesitaba sobrepasar ninguna barrera electrónica, y es capaz de penetrar y dividir el núcleo de los elementos más pesados. De esta forma, Chadwick allanó el camino hacia la fisión del uranio 235 y hacia la creación de la bomba atómica. Como premio por su descubrimiento se le otorgó la Medalla Hughes de la Royal Society en 1932 y el Premio Nobel de física en 1935. También descubrió el tritio.

Estructura del átomo y enlaces



El modelo de Thomson fue bastante valorado ya que era capaz de explicar los siguientes fenómenos:

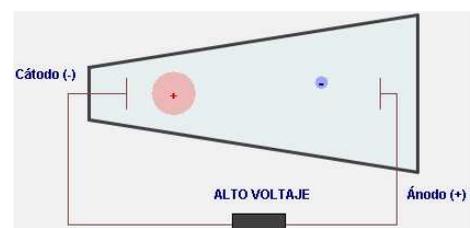
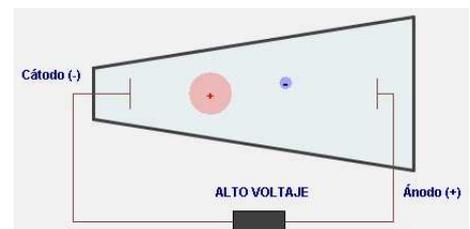
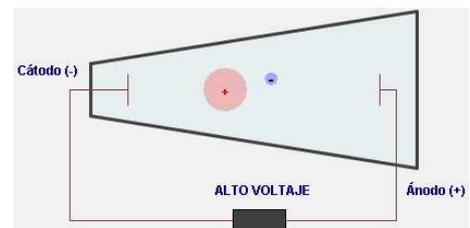
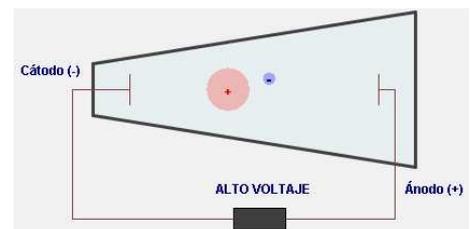
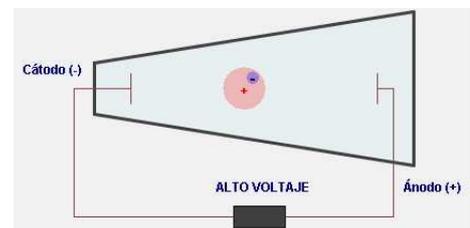
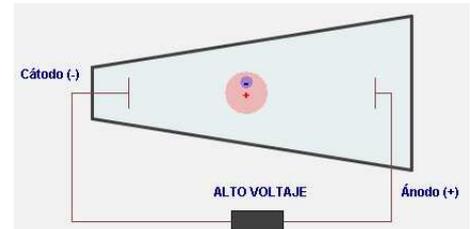
La electrización: el exceso o defecto de electrones que tenga un cuerpo es el responsable de su carga negativa o positiva.

La formación de iones: Un ion es un átomo que ha ganado o perdido uno o más electrones. Los electrones se pierden o se ganan con relativa facilidad, de manera que su número dentro del átomo puede variar, mientras que el número de protones es fijo siempre para cada átomo.

Si un átomo pierde uno ó más electrones adquiere carga neta positiva (catión) y si gana uno ó más electrones adquiere carga neta negativa (anión).



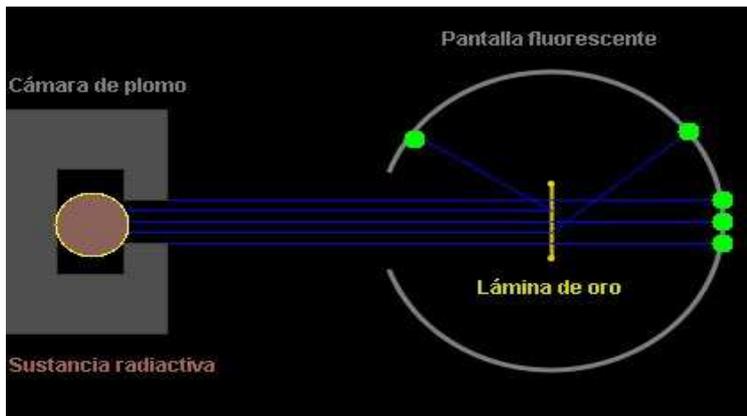
Este modelo del "pudín de pasas" de Thomson era bastante razonable y fue aceptado durante varios años, ya que explicaba varios fenómenos, por ejemplo los rayos catódicos y los canales:



Estructura del átomo y enlaces

Experimento de Rutherford

En 1911, E. Rutherford y sus colaboradores bombardearon una fina lámina de oro con partículas alfa (positivas), procedentes de un material radiactivo, a gran velocidad. El experimento permitió observar el siguiente comportamiento en las partículas lanzadas:



La mayor parte de ellas atravesaron la lámina sin cambiar de dirección, como era de esperar. Algunas se desviaron considerablemente. Unas pocas partículas rebotaron hacia la fuente de emisión.

El comportamiento de las partículas no podía ser explicado con el modelo de Thomson, así que Rutherford lo abandonó y sugirió otro basado en el átomo nuclear.

El Modelo de Rutherford establece que:

El átomo tiene una zona central o núcleo donde se encuentra la carga total positiva (la de los protones) y la mayor parte de la masa del átomo, aportada por los protones y neutrones. Además presenta una zona externa o corteza donde se hallan los electrones, que giran alrededor del núcleo. (Realmente, las partículas del núcleo - protones y neutrones - se descubrieron después de que Rutherford hiciera su modelo. El experimento de Rutherford sólo informaba de la existencia de un núcleo pequeño y positivo).

La carga positiva de los protones es compensada con la carga negativa de los electrones, que se hallan fuera del núcleo. El núcleo contiene, por tanto, protones en un número igual al de electrones de la corteza.

El átomo estaba formado por un espacio fundamentalmente vacío, ocupado por electrones que giran a gran velocidad alrededor de un núcleo central muy denso y pequeño.

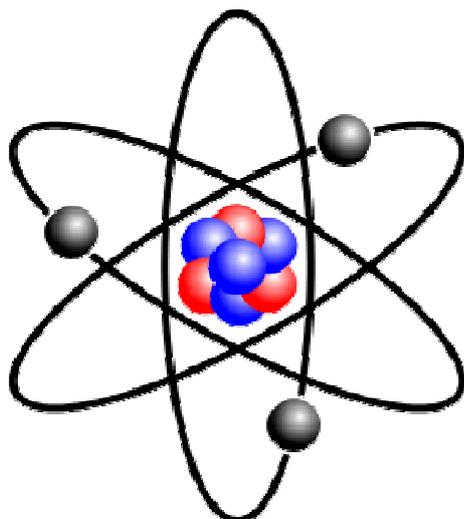
Ernest Rutherford (1871 - 1937). Físico y químico británico. Rutherford destacó muy pronto por su curiosidad y su capacidad para la aritmética. Sus padres y su maestro lo animaron mucho, y resultó ser un alumno brillante tanto en los estudios como en la experimentación.



Por sus trabajos en el campo de la física atómica, Rutherford está considerado como uno de los padres de esta disciplina. Investigó también sobre la detección de las radiaciones electromagnéticas y sobre la ionización del aire producido por los rayos X. Estudió las emisiones radioactivas descubiertas por H. Becquerel, y logró clasificarlas en rayos alfa, beta y gamma. En 1902 Rutherford formuló la teoría sobre la radioactividad natural asociada a las transformaciones espontáneas de los elementos. Colaboró con H. Geiger en el desarrollo del contador Geiger, y demostró (1908) que las partículas alfa son iones de helio (más exactamente, núcleos del átomo de helio) y, en 1911, describió un nuevo modelo atómico (modelo atómico de Rutherford), que posteriormente sería perfeccionado por N. Bohr.

Ganó el Premio Nobel de Química en 1908 por descubrir que la radiactividad iba acompañada por una desintegración de los elementos.

Estructura del átomo y enlaces

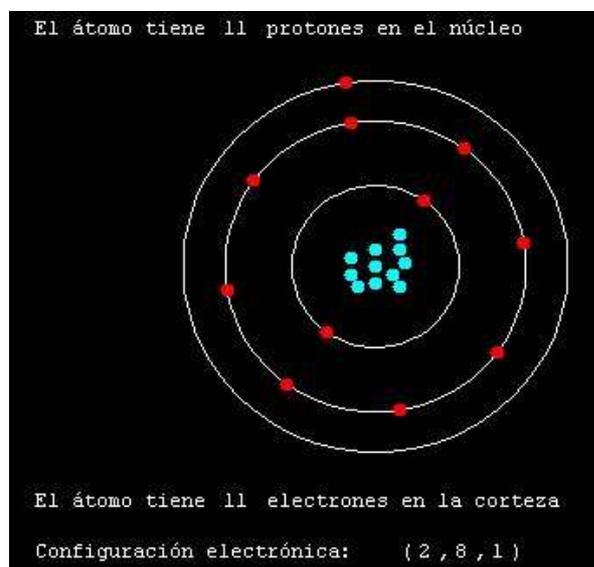


Representación del modelo de Rutherford.

Modelo de Bohr

En la primera mitad del siglo XX se realizaron unos descubrimientos que no podían ser explicados con el modelo de Rutherford. El físico N. Bohr propone un modelo en el que los electrones sólo pueden ocupar ciertas órbitas circulares. Los electrones se organizan en capas y, en cada capa tendrán una cierta energía, llenando siempre las capas inferiores (de menor energía) y después las superiores.

La distribución de los electrones en las capas se denomina configuración electrónica y se realiza de la siguiente manera: La 1ª capa puede contener, como máximo, 2 electrones. La 2ª capa puede contener, como máximo, 8 electrones. Comienza a llenarse una vez que la 1ª ya está completa. La 3ª capa puede contener, como máximo, 18 electrones. Comienza a llenarse una vez que la 2ª capa ya está completa.



Niels Bohr (1885 - 1962). Físico danés. Tras doctorarse en la Universidad de Copenhague en 1911, completó sus estudios en Manchester, Inglaterra a las órdenes de Ernest Rutherford.



Basándose en las teorías de Rutherford, publicó su modelo atómico en 1913, introduciendo la teoría de las órbitas cuantificadas, que en la teoría Mecánica Cuántica consiste en las características que, en torno al núcleo atómico, el número de electrones en cada órbita aumenta desde el interior hacia el exterior. En su modelo, además, los electrones podían caer (pasar de una órbita a otra) desde un orbital exterior a otro interior, emitiendo un fotón de energía discreta, hecho sobre el que se sustenta la Mecánica Cuántica.

En 1916, Bohr comenzó a ejercer de profesor en la Universidad de Copenhague, accediendo en 1920 a la dirección del recientemente creado Instituto de Física Teórica.

En 1922 recibió el Premio Nobel de Física por sus trabajos sobre la estructura atómica y la radiación.

Después de la guerra, abogando por los usos pacíficos de la energía nuclear, retornó a Copenhague, ciudad en la que residió hasta su fallecimiento en 1962.

Estructura del átomo y enlaces

Identificación de átomos

La identidad de un átomo y sus propiedades vienen dadas por el número de partículas que contiene. Lo que distingue a unos elementos químicos de otros es el número de protones que tienen sus átomos en el núcleo. Este número se llama Número atómico y se representa con la letra Z . Se coloca como subíndice a la izquierda del símbolo del elemento correspondiente.

El Número másico nos indica el número total de partículas que hay en el núcleo, es decir, la suma de protones y neutrones. Se representa con la letra A y se sitúa como superíndice a la izquierda del símbolo del elemento. Representa la masa del átomo medida en una, ya que la de los electrones es tan pequeña que puede despreciarse.

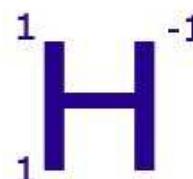
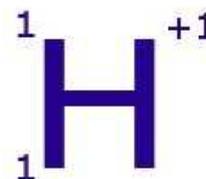
El símbolo tiene número atómico $Z = 1$. Por tanto, quiere decir que ese átomo tiene 1 protón en el núcleo. Es Hidrógeno.

El símbolo tiene número másico $A = 2$. Por tanto, quiere decir que ese átomo tiene 2 partículas en el núcleo, entre protones y neutrones. Como $Z = 1$, tiene 1 protón y $A - Z = 2 - 1 = 1$ neutrón.

El número atómico nos indica también el número de electrones que tiene el átomo en su corteza (si es neutro). En este caso, en la parte superior derecha no aparece ninguna carga, por ello es neutro y tiene el mismo número de protones que de electrones: 1 electrón.

Un catión es un átomo con carga positiva. Se origina por pérdida de electrones y se indica con un superíndice a la derecha. El símbolo de este átomo nos dice que tiene carga $+1$, esto indica que ha perdido un electrón. Este átomo tiene $Z = 1$, si fuera neutro tendría 1 electrón, al ser positivo lo ha perdido y, por ello, tiene 0 electrones.

Un anión es un átomo con carga negativa. Se origina por ganancia de electrones y se indica con un superíndice a la derecha. El símbolo de este átomo nos dice que tiene carga -1 , esto indica que ha ganado 1 electrón. Este átomo tiene $Z = 1$, si fuera neutro tendría 1 electrón; al tener carga -1 ha ganado otro; por tanto, tiene 2 electrones.



Modelo mecano-cuántico

El físico E. Schrödinger estableció el modelo mecano-cuántico del átomo, ya que el modelo de Bohr suponía que los electrones se encontraban en órbitas concretas a distancias definidas del núcleo; mientras que, el nuevo modelo establece que los electrones se encuentran alrededor del núcleo ocupando posiciones más o menos probables, pero su posición no se puede predecir con exactitud.

Se llama **orbital** a la región del espacio en la que existe una probabilidad elevada (superior al 90 %) de encontrar al electrón.

Si representamos con puntos las distintas posiciones que va ocupando un electrón en su movimiento alrededor del núcleo, obtendremos el orbital. La zona donde la nube de puntos es más densa indica que ahí es más probable encontrar al electrón.

El modelo mecano-cuántico del átomo es un modelo matemático basado en la Ecuación de Schrödinger. Las soluciones son unos números llamados números cuánticos. Se simbolizan de la siguiente forma:

n: Número cuántico principal. Toma valores desde enteros positivos, desde $n = 1$ hasta $n = 7$. Nos indica la energía del orbital y su tamaño (cercanía al núcleo).

l: Número cuántico secundario o azimutal. Toma valores desde 0 hasta $(n-1)$. Nos indica la forma y el tipo del orbital.

- Si $l = 0$ el orbital es tipo s. (Se presentan de 1 en 1).
- Si $l = 1$ el orbital es tipo p. (Se presentan de 3 en 3).
- Si $l = 2$ el orbital es tipo d. (Se presentan de 5 en 5).
- Si $l = 3$ el orbital es tipo f. (Se presentan de 7 en 7).

m: Número cuántico magnético. Toma valores desde $-l$ hasta $+l$ pasando por 0. Nos indica la orientación espacial del orbital.

s: Número cuántico de spin. Toma valores $-1/2$ y $1/2$. Nos indica el giro del electrón en un sentido o el contrario.

Por ejemplo, si $n = 1$ entonces $l = 0$ sólo hay un orbital, el 1s. Si $n = 2$, tenemos $l = 0$ (1 orbital 2s) y $l = 1$ (3 orbitales 2p). Si $n = 3$, tenemos $l = 0$ (1 orbital 3s), $l = 1$ (3 orbitales 3p) y $l = 2$ (5 orbitales 3d). Si $n = 4$, tenemos $l = 0$ (1 orbital 4s), $l = 1$ (3 orbitales 4p), $l = 2$ (5 orbitales 4d) y $l = 3$ (7 orbitales 4f).

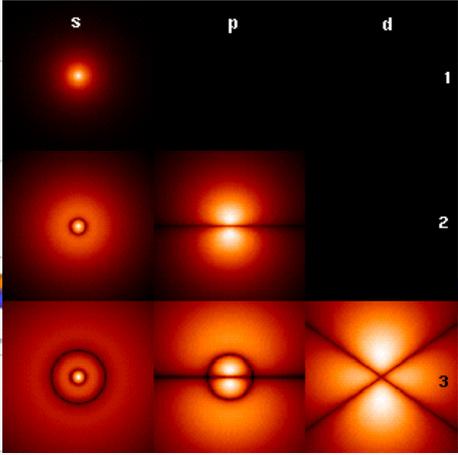
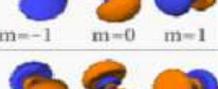
Erwin Schrödinger (1887 - 1961). Físico austriaco.



En 1926 publicó una serie de artículos que sentaron las bases de la moderna Mecánica Cuántica ondulatoria, y en los cuales elaboró su famosa ecuación diferencial, que relaciona la energía asociada a una partícula microscópica con la función de onda descrita por dicha partícula. Dedujo este resultado tras utilizar la hipótesis de De Broglie, enunciada en 1924, según la cual la materia y las partículas microscópicas, éstas en especial, son de naturaleza dual y se comportan a la vez como onda y como cuerpo. La ecuación de Schrödinger da como resultado funciones de onda, relacionadas con la probabilidad de que se dé un determinado suceso físico, tal como puede ser una posición específica de un electrón en su órbita alrededor del núcleo.

Compartió el Premio Nobel de Física del año 1933 con Paul Dirac por su contribución al desarrollo de la mecánica cuántica.

Estructura del átomo y enlaces

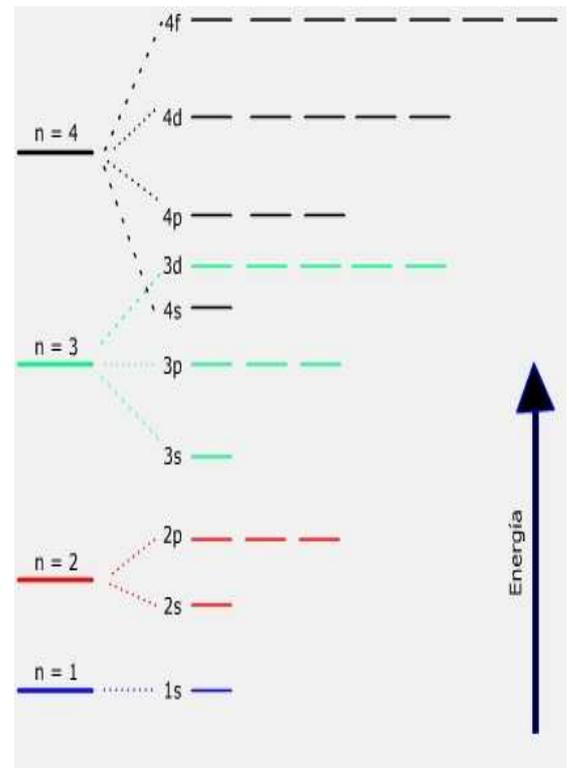
	s ($l=0$)	p ($l=1$)	d ($l=2$)	f ($l=3$)
n=1	 m=0			
n=2	 m=0	 m=-1 m=0 m=1		
n=3	 m=0	 m=-1 m=0 m=1	 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2	
n=4	 m=0	 m=-1 m=0 m=1	 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2	
n=5	 m=0	 m=-1 m=0 m=1	 m=-2 m=-1 m=0 m=1 m=2	
n=6	 m=0	 m=-1 m=0 m=1		
n=7	 m=0			

Niveles de energía y orbitales

En un átomo los electrones ocuparán orbitales de forma que su energía sea la menor posible. Por ello se ordenan los orbitales en base a su nivel energético creciente.

La energía de los orbitales para átomos de varios electrones viene determinada por los números cuánticos n y l . En la figura de la derecha se muestran los orbitales de los 4 primeros niveles de energía (desde $n = 1$ hasta $n = 4$) y su orden de energía. Puede verse que la energía de los orbitales no coincide exactamente con el orden de los niveles. Por ejemplo, el subnivel $4s$ tiene una menor energía que el $3d$.

Todos los orbitales de un mismo tipo que hay en un nivel tienen igual energía; por eso se colocan a la misma altura.



Configuración electrónica

La configuración electrónica de un átomo es el modo en que están distribuidos los electrones alrededor del núcleo de ese átomo. Es decir, cómo se reparten esos electrones entre los distintos niveles y orbitales.

La configuración electrónica de un átomo se obtiene siguiendo unas reglas:

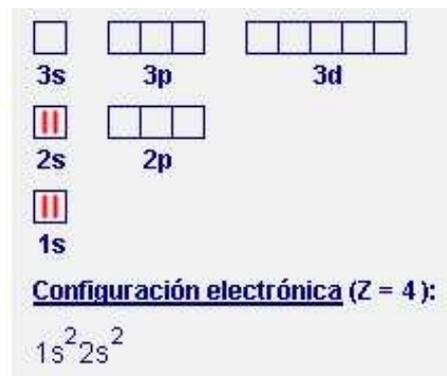
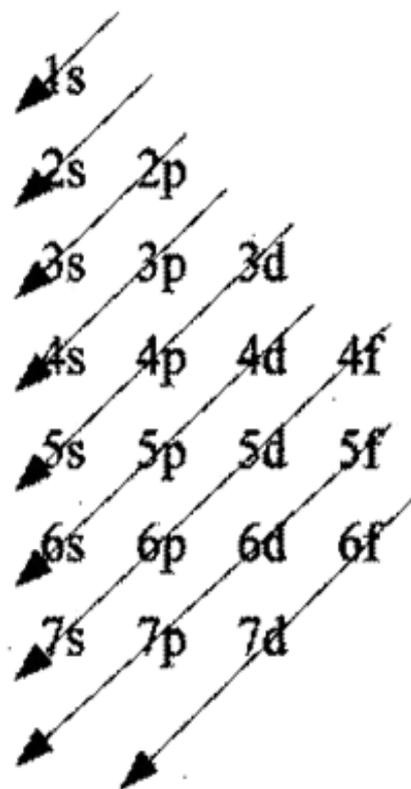
- 1.- En cada orbital sólo puede haber 2 electrones.
- 2.- Los electrones se van colocando en la corteza ocupando el orbital de menor energía que esté disponible.
- 3.- Cuando hay varios orbitales con la misma energía (3 orbitales p, por ej.) pueden entrar en ellos hasta $3 \cdot 2 = 6$ electrones.

Para recordar el orden de llenado de los orbitales se aplica el diagrama de Möeller que puedes ver en la imagen de la derecha. Debes seguir el orden de las flechas para ir añadiendo electrones. (No todos los elementos cumplen esta regla).

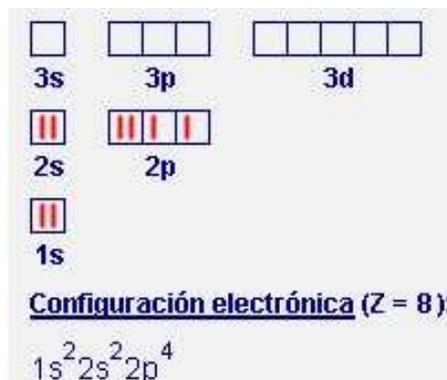
Para representar la configuración electrónica de un átomo se escriben los nombres de los orbitales (1s, 2p, etc.) y se coloca como superíndice el número de electrones que ocupan ese orbital o ese grupo de orbitales.

El litio tiene número atómico $Z = 3$, esto quiere decir que tiene 3 electrones en su corteza. Siguiendo el diagrama de Möeller nos encontramos el orbital 1s, en él caben 2 electrones: $1s^2$. Nos queda por situar 1 electrón que irá al siguiente orbital: $2s^1$. Por tanto, la configuración electrónica del litio es: $1s^2 2s^1$.

El oxígeno tiene número atómico $Z = 8$, esto quiere decir que tiene 8 electrones en su corteza. Siguiendo el diagrama de Möeller nos encontramos el orbital 1s, en él caben 2 electrones: $1s^2$. Nos quedan 6 electrones por situar: 2 entrarán en el orbital 2s: $2s^2$ y los 4 restantes se situarán en los 3 orbitales 2p, donde pueden entrar hasta 6 electrones como máximo, si hay menos pues se colocan los que haya: $2p^4$. Su configuración es: $1s^2 2s^2 2p^4$.



Configuración electrónica del berilio.



Configuración electrónica del oxígeno.

3. La tabla periódica

Historia

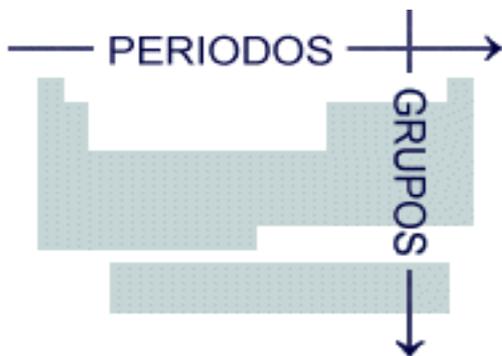
La historia de la tabla periódica está marcada principalmente por el descubrimiento de los elementos químicos. Elementos como oro, plata, hierro o cobre eran conocidos desde la antigüedad; sin embargo, no fue hasta los siglos XVIII y XIX cuando se descubren la mayoría de los restantes elementos, ya que mejoran las técnicas de trabajo científico.

La aparición de gran cantidad de elementos hizo que se pusieran de manifiesto semejanzas en propiedades, masas relacionadas o comportamientos químicos parecidos. Estas semejanzas empujaron a los químicos a buscar algún tipo de clasificación, de tal manera que se facilitase su conocimiento y descripción, y se impulsara el descubrimiento de nuevos elementos.

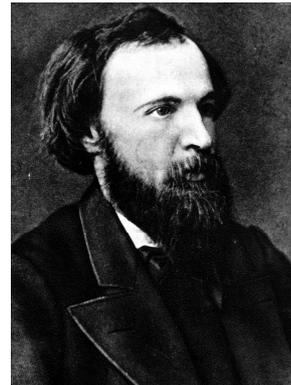
La tabla periódica actual o sistema periódico está basada en la propuesta por D. Mendeleiev en 1869. En ella, los elementos se encuentran ordenados, de izquierda a derecha, por valores crecientes de sus números atómicos (Z). Además de esto, los elementos aparecen distribuidos en filas y columnas.

Existen 7 filas horizontales que se denominan períodos y 18 columnas verticales que se denominan grupos.

Los elementos también se clasifican en: metales (sus átomos tienden a perder electrones y formar cationes), no metales (sus átomos tienden a ganar electrones y formar aniones) y semimetales (sus átomos se transforman con dificultad en iones positivos) de acuerdo con sus propiedades para ganar o perder electrones.



Dimitri Mendeleiev (1834 - 1907). Químico ruso, padre de la tabla periódica de los elementos. Desde joven se destacó en Ciencias en la escuela, no así en ortografía. Un cuñado suyo exiliado por motivos políticos y un químico de la fábrica le inculcaron el amor por las ciencias.



Se graduó en 1855 como el primero de su clase. Presentó la tesis Sobre volúmenes específicos para conseguir la plaza de maestro de escuela, y la tesis Sobre la estructura de las combinaciones silíceas para alcanzar la plaza de cátedra de química en la Universidad de San Petersburgo. A los 23 años era ya encargado de un curso de dicha universidad.

Entre sus trabajos destacan los estudios acerca de la expansión térmica de los líquidos, el descubrimiento del punto crítico, el estudio de las desviaciones de los gases reales respecto de lo enunciado en la ley de Boyle-Mariotte y una formulación más exacta de la ecuación de estado. Pero su principal logro investigador fue el establecimiento del llamado sistema periódico de los elementos químicos, o tabla periódica, gracias al cual culminó una clasificación definitiva de los citados elementos (1869) y abrió el paso a los grandes avances experimentados por la Química en el siglo XX.

Estructura del átomo y enlaces

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq	Uuh	Uuc		

Lantánidos	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actínidos	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Metales
No metales
Semimetales

Grupos y períodos

La colocación de los elementos en la tabla periódica se hace teniendo en cuenta la configuración electrónica.

En cada período aparecen los elementos cuyo último nivel de su configuración electrónica coincide con el número del período, ordenados por orden creciente de número atómico. Por ej., el período 3 incluye los elementos cuyos electrones más externos están en el nivel 3;

Na (Z = 11): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.

Al (Z = 13): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

En cada grupo aparecen los elementos que presentan el mismo número de electrones en el último nivel ocupado o capa de valencia. Por ejemplo, todos los elementos del grupo 13 contienen 3 electrones en su capa más externa y el último electrón queda en un orbital p;

B (Z = 5): $1s^2 2s^2 2p^1$.

Al (Z = 13): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq	Uuh	Uuc		

Lantánidos	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actínidos	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Configuración electrónica (Z = 11): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ Período: 3
 Grupo: 1 (s^1)
 ALCALINOS

Colocación del sodio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq	Uuh	Uuc		

Lantánidos	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actínidos	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Configuración electrónica (Z = 13): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ Período: 3
 Grupo: 13 (p^1)
 TÉRREOS

Colocación del aluminio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq	Uuh	Uuc		

Lantánidos	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actínidos	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Configuración electrónica (Z = 5): $1s^2 2s^2 2p^1$ Período: 2
 Grupo: 13 (p^1)
 TÉRREOS

Colocación del boro

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq	Uuh	Uuc		

Lantánidos	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actínidos	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Configuración electrónica (Z = 13): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ Período: 3
 Grupo: 13 (p^1)
 TÉRREOS

Colocación del aluminio

Estructura del átomo y enlaces

Períodos: En la tabla periódica los elementos están ordenados de forma que aquellos con propiedades químicas semejantes, se encuentren situados cerca uno de otro.

Los elementos se distribuyen en filas horizontales, llamadas periodos. Pero los periodos no son todos iguales, sino que el número de elementos que contienen va cambiando, aumentando al bajar en la tabla periódica.

El primer periodo tiene sólo dos elementos, el segundo y tercer periodo tienen ocho elementos, el cuarto y quinto periodos tienen dieciocho, el sexto periodo tiene treinta y dos elementos, y el séptimo no tiene los treinta y dos elementos porque está incompleto. Estos dos últimos periodos tienen catorce elementos separados, para no alargar demasiado la tabla y facilitar su trabajo con ella.

El periodo que ocupa un elemento coincide con su última capa electrónica. Es decir, un elemento con cinco capas electrónicas, estará en el quinto periodo. El hierro, por ejemplo, pertenece al cuarto periodo, ya que tiene cuatro capas electrónicas.

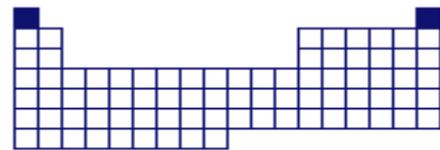
Grupos: Las columnas de la tabla reciben el nombre de grupos. Existen dieciocho grupos, numerados desde el número 1 al 18. Los elementos situados en dos filas fuera de la tabla pertenecen al grupo 3.

En un grupo, las propiedades químicas son muy similares, porque todos los elementos del grupo tienen el mismo número de electrones en su última o últimas capas.

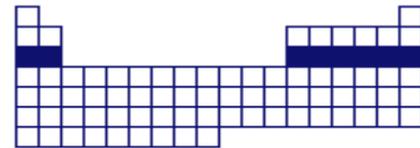
Así, si nos fijamos en la configuración electrónica de los elementos del primer grupo, el grupo 1 o alcalinos:

Elemento	Símbolo	Última capa
Hidrógeno	H	$1s^1$
Litio	Li	$2s^1$
Sodio	Na	$3s^1$
Potasio	K	$4s^1$
Rubidio	Rb	$5s^1$
Cesio	Cs	$6s^1$
Francio	Fr	$7s^1$

La configuración electrónica de su última capa es igual, variando únicamente el periodo del elemento.



Período 1 (2 elementos)



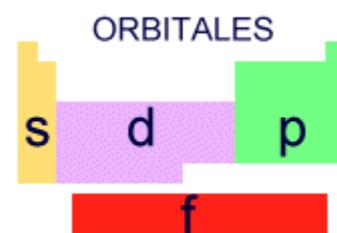
Período 3 (8 elementos)



Período 4 (18 elementos)

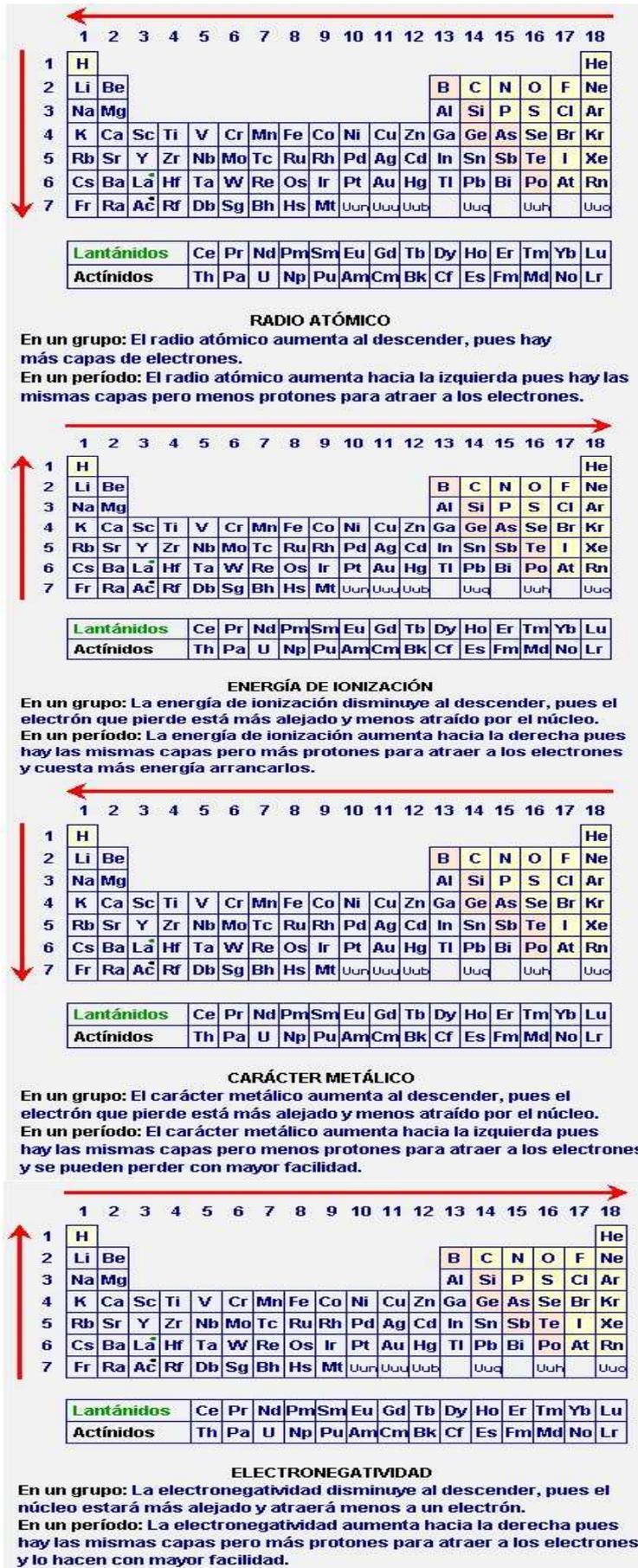


Período 6 (32 elementos)



- GRUPOS PRINCIPALES
- ELEMENTOS DE TRANSICIÓN
- ELEMENTOS DE TRANSICIÓN INTERNA

Estructura del átomo y enlaces



Propiedades periódicas

La utilidad de la Tabla Periódica reside en que la ordenación de los elementos químicos permite poner de manifiesto muchas regularidades y semejanzas en sus propiedades y comportamientos. Por ejemplo, todos los elementos de un mismo grupo poseen un comportamiento químico similar, debido a que poseen el mismo número de electrones en su capa más externa (estos electrones son los que normalmente intervienen en las reacciones químicas).

Existen, por tanto, muchas propiedades de los elementos que varían de forma gradual al movernos en un determinado sentido en la tabla periódica, como son: radio atómico, energía de ionización, carácter metálico y electronegatividad.

Radio atómico: Es la distancia que existe entre el núcleo y la capa de valencia (la más externa).

Energía de ionización: Es la energía necesaria para separar totalmente el electrón más externo del átomo en estado gaseoso.

Carácter metálico: Un elemento se considera metal, desde un punto de vista electrónico, cuando cede fácilmente electrones y no tiene tendencia a ganarlos.

Electronegatividad: Es la tendencia que tienen los átomos a atraer hacia sí los electrones en un enlace químico.

4. El enlace químico

Regla del octeto

Casi todas las sustancias que encontramos en la naturaleza están formadas por átomos unidos. Las fuerzas que mantienen unidos los átomos en las distintas sustancias se denominan enlaces químicos.

Los átomos se unen porque, al estar unidos, adquieren una situación más estable que cuando estaban separados. Esta situación suele darse cuando el número de electrones que poseen los átomos en su último nivel es igual a 8, estructura que coincide con la de los elementos del grupo 18 o gases nobles. Los gases nobles tienen muy poca tendencia a formar compuestos y suelen encontrarse en la naturaleza como átomos aislados.

Los átomos se unen para formar enlaces porque así consiguen que su último nivel tenga 8 electrones, la misma configuración electrónica que los átomos de los gases nobles. Este principio recibe el nombre de **regla del octeto**.

Enlace covalente

El **enlace covalente** se produce cuando se combinan entre sí dos átomos de elementos no metálicos. Los no metales necesitan ganar electrones para alcanzar la configuración de gas noble y el único modo de hacerlo, entre ellos, es compartiendo electrones; es decir:

El enlace covalente se da entre átomos que comparten electrones. Estos electrones son atraídos por los núcleos de los dos átomos.

G. N. Lewis propuso representar los enlaces usando los símbolos de los elementos y puntos para los electrones de valencia. El par de electrones compartidos se representa por una raya entre los átomos:



Gilbert N. Lewis (1875 - 1946). Físicoquímico estadounidense, famoso por su trabajo llamado Estructura de Lewis o diagramas de puntos. Desarrolló un intenso trabajo en cuestiones relativas principalmente a la Química, publicando numerosos artículos con los resultados de sus investigaciones.



En 1908 publicó el primero de varios artículos sobre la Teoría de la relatividad, en el cual dedujo la relación masa-energía por un camino distinto que Einstein.

En 1916 formuló la idea que un enlace covalente consiste en un par de electrones compartidos y creó el término molécula impar cuando un electrón no es compartido. Sus ideas fueron desarrolladas por Irving Langmuir y sirvieron de inspiración para los estudios de Linus Pauling.

En 1923, formuló la teoría del par electrónico para las reacciones ácido - base.

Propuso también la teoría del octeto o regla del octeto.

Murió a los 70 años de un ataque cardíaco mientras se encontraba trabajando en su laboratorio en Berkeley.

Estructura del átomo y enlaces

En la notación de Lewis se representan por puntos los electrones de valencia del átomo, es decir, los electrones más externos de orbitales s y p.

Hidrógeno

Notación de Lewis

H: 1s¹



En la notación de Lewis del Hidrógeno, sólo hay 1 electrón externo, el que está en el orbital 1s y, por tanto, se representa con el símbolo del elemento, H, y un punto a su alrededor.

Oxígeno

Notación de Lewis

O: 1s²2s²2p⁴



En la notación de Lewis del Oxígeno, hay 6 electrones externos, 2 que están en el orbital 2s y 4 en los orbitales 2p; por tanto, se representa con el símbolo del elemento, O, y 6 puntos alrededor.

Hidrógeno con Oxígeno



El átomo de Oxígeno tiene 6 electrones externos. El átomo de Hidrógeno tiene 1 electrón externo. Para tener configuración del gas noble Ne, el Oxígeno necesita ganar 2 electrones. Para tener configuración del gas noble He, el Hidrógeno necesita ganar un electrón. La solución está en unirse un átomo de Oxígeno con 2 átomos de Hidrógeno. Así el Oxígeno tiene 8 electrones y cada Hidrógeno 2 electrones en su última capa.

La fórmula de esta sustancia es H₂O

Hidrógeno con Nitrógeno

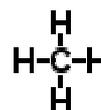


El átomo de Nitrógeno tiene 5 electrones externos. El átomo de Hidrógeno tiene 1 electrón externo. Para tener configuración del gas noble Ne, el Nitrógeno necesita ganar 3 electrones. Para tener configuración del gas noble He, el Hidrógeno necesita ganar un electrón. La solución está en unirse un átomo de Nitrógeno con 3 átomos de Hidrógeno. Así el Nitrógeno tiene 8 electrones y cada Hidrógeno 2 electrones en su última capa.

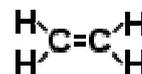
La fórmula de esta sustancia es NH₃

Si dos átomos de no metal se aproximan, ambos intentarán arrebatarse al otro electrones para completar su capa de valencia con ocho electrones. Como ninguno tiene tendencia a soltar electrones, los compartirán. Se ha formado un enlace covalente.

En el enlace covalente los átomos se unen dos a dos, compartiendo dos, cuatro o seis electrones y recibiendo el nombre de enlace simple, enlace doble o enlace triple. Cuanto mayor sea el número de electrones compartidos, mayor será la fortaleza del enlace.



Enlace simple (se comparte 1 electrón de cada átomo).



Enlace doble (se comparten 2 electrones de cada átomo).



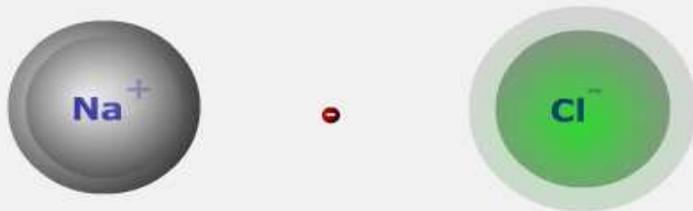
Enlace triple (se comparten 3 electrones de cada átomo).

Estructura del átomo y enlaces

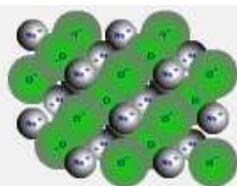
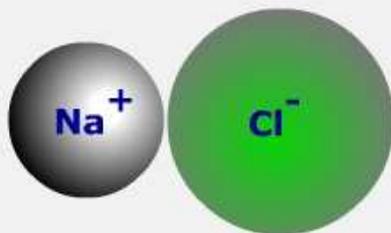
La formación del cloruro sódico, NaCl, ocurre de la siguiente forma:

Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ----> Na^+ : $1s^2 2s^2 2p^6$
Le sobra 1 electrón para tener estructura del gas noble Ne. Al perder el electrón forma un catión Na^+ .

Cl: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ----> Cl^- : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
Le falta 1 electrón para tener estructura del gas noble Ar. Al ganar el electrón forma un anión Cl^- .



El sodio, Na, pierde su electrón más externo y el cloro, Cl, lo gana. Se origina un catión Na^+ y un anión Cl^- . La atracción entre ambos iones es de naturaleza electrostática y muy fuerte, con lo cual se acercarán entre sí formando el enlace iónico.



Los cationes y los aniones se colocan en posiciones cercanas y de forma ordenada, dando lugar a un cristal iónico. Por este motivo, el enlace iónico es fuerte. Las sustancias iónicas son sólidas a temperatura ambiente y presentan puntos de fusión y de ebullición elevados.

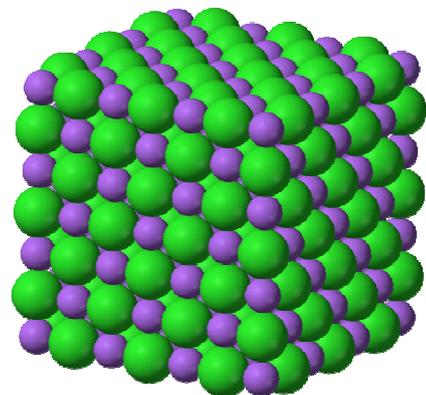
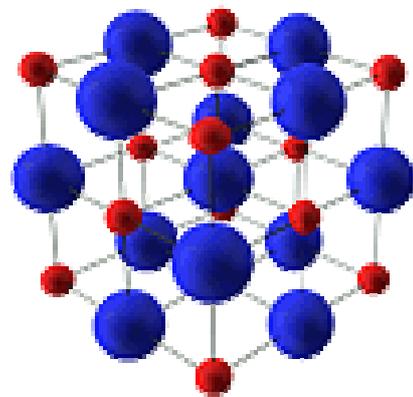


Enlace iónico

El **enlace iónico** se produce cuando se combinan un metal y un no metal. El metal alcanza la configuración electrónica de gas noble perdiendo electrones (convirtiéndose en catión). El no metal gana electrones (convirtiéndose en un anión). Es decir:

El enlace iónico se da entre iones de distinto signo, ya que las cargas de distinto signo se atraen.

En un compuesto iónico, la fórmula sólo nos indica la proporción en la que se encuentran los átomos. En el enlace iónico no se forman moléculas aisladas. Los compuestos iónicos son sólidos cristalinos.

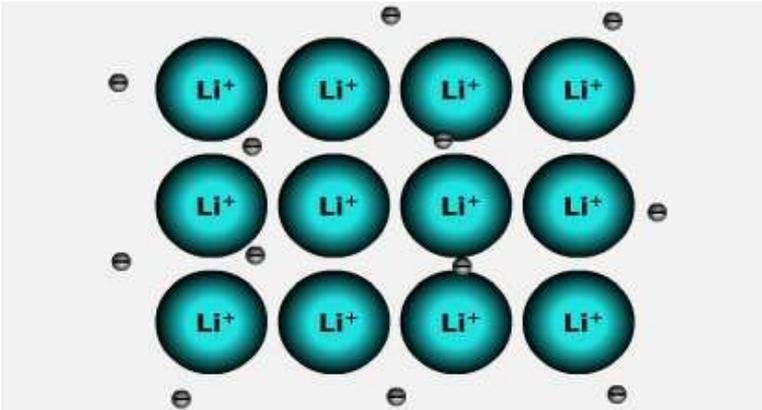
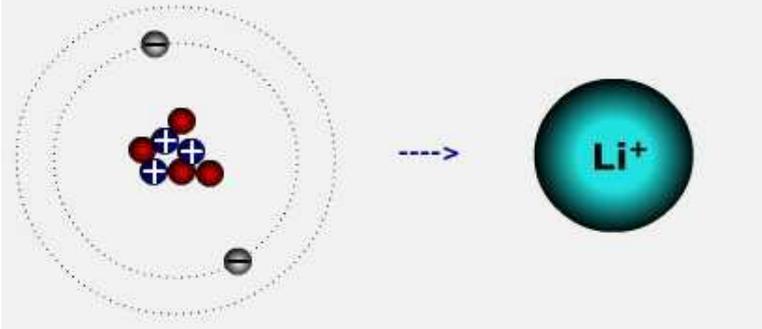


Estructura del átomo y enlaces

La formación del enlace metálico en el litio, Li, ocurre de la siguiente forma:

Li: $1s^2 2s^1$
Le sobra 1 electrón para tener estructura del gas noble He.

-----> Li^+ : $1s^2 2s^2 2p^6$
Al perder el electrón forma un catión Li^+ .



Los átomos del metal pierden los electrones necesarios para tener estructura externa de gas noble y quedan cargados positivamente. Los electrones se quedan moviéndose entre los átomos positivos formando una "nube" de carga negativa que mantiene unidos a los átomos positivos. Esto da lugar a una red metálica.

Enlace metálico

El **enlace metálico** se produce cuando se combinan metales entre sí. Los átomos de los metales necesitan ceder electrones para alcanzar la configuración de un gas noble. En este caso, los metales pierden los electrones de valencia y se forma una nube de electrones entre los núcleos positivos.

El enlace metálico se debe a la atracción entre los electrones de valencia de todos los átomos y los cationes que se forman.

Este enlace se presenta en el oro, la plata, el aluminio, etc. Los electrones tienen cierta movilidad; por eso, los metales son buenos conductores de la electricidad. La nube de electrones actúa como "pegamento" entre los cationes. Por esta razón casi todos los metales son sólidos a temperatura ambiente.



Estructura del átomo y enlaces

Enlaces intermoleculares

Al estudiar el enlace covalente en las sustancias moleculares hemos visto los enlaces que se dan en el interior de las moléculas, es decir, los intramoleculares. Por ejemplo, en la molécula de agua, entre el oxígeno y los dos hidrógenos.

También hay que tener en cuenta la existencia de fuerzas que unen las diferentes moléculas de agua: las fuerzas intermoleculares.

Las fuerzas intermoleculares son las fuerzas de atracción existentes entre las moléculas de las sustancias covalentes. No son enlaces, suelen ser mucho más débiles que las intramoleculares.

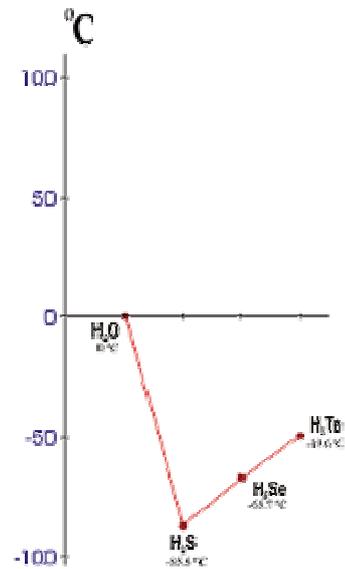
Las fuerzas intermoleculares pueden ser de dos clases: Fuerzas de Van der Waals (Fuerzas de naturaleza electrostática. Bastante débiles) y Enlaces de hidrógeno (Fuerzas entre un átomo de hidrógeno y átomos muy pequeños y muy electronegativos, tales como: nitrógeno, oxígeno y flúor).

El enlace de hidrógeno en el agua

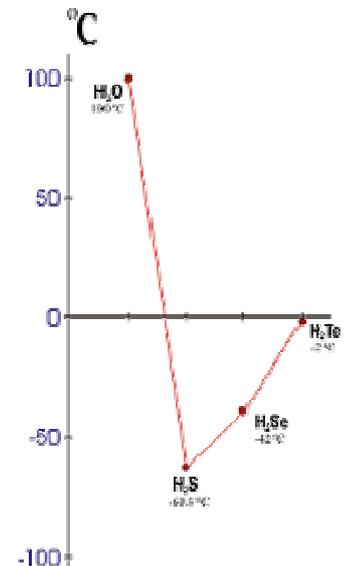
Las fuerzas intermoleculares en el agua son mucho mayores de lo que cabría esperar de su composición. Esto puede ponerse de manifiesto si se estudian los puntos de fusión o de ebullición de los hidruros de los anfígenos. El punto de fusión del agua es mucho más alto de lo que debería y lo mismo ocurre con su punto de ebullición, lo que indica que hay una fuerza intermolecular muy intensa entre las moléculas de agua.

El enlace o puente de hidrógeno se produce cuando hay un enlace covalente entre el hidrógeno y el flúor, el oxígeno o el nitrógeno. La polaridad de este enlace, junto con el poco tamaño de los átomos que hace que se puedan acercarse mucho, permiten al hidrógeno fluctuar de una molécula a otra, aumentando su unión.

El puente de hidrógeno es una fuerza intermolecular muy común en las sustancias biológicas y es responsable de muchas de las propiedades y la estructura tridimensional de las biomoléculas, como proteínas o ácidos nucleicos. De hecho, es la formación de puente de hidrógeno lo que da su estructura al ADN y ocasiona que la base citosina esté siempre enfrentada con la molécula de guanina y la de timina con la adenina en la doble hélice del ADN.



Puntos de fusión de los hidruros del grupo del oxígeno. (El agua debería congelar a **menos de -100 °C**).



Puntos de ebullición de los hidruros del grupo del oxígeno. (El agua debería hervir a **menos de -50 °C**).

5. Formulación química

Formulación y nomenclatura

En química se emplean una serie de fórmulas para representar a los compuestos. Se sigue el criterio universal de la IUPAC. Para formular se deben conocer los conceptos de valencia (capacidad que posee un átomo para combinarse con otro. El átomo de hidrógeno se toma como referencia, ya que tiene valencia 1) y de número de oxidación (es el número de electrones que un átomo puede captar o ceder – total o parcialmente – al formar un compuesto. Es negativo si gana electrones y positivo si los pierde). (Los números de oxidación de los elementos más comunes los puedes ver en la tabla periódica de la derecha).

Al formular un compuesto binario (dos elementos) se escribe en primer lugar el elemento situado más a la izquierda del sistema periódico (menos electronegativos), y en 2º lugar el situado a la derecha (más electronegativo). Las valencias se intercambian colocándolas como subíndices y simplificando, teniendo en cuenta que el número 1 no se escribe y que en la fórmula final sólo pueden aparecer números enteros.

Prefijos

Mono-: 1 átomo.

Di-: 2 átomos.

Tri-: 3 átomos.

Tetra-: 4 átomos.

Penta-: 5 átomos.

Hexa-: 6 átomos.

Hepta-: 7 átomos.

Octa-: 8 átomos.

Nona-: 9 átomos.

Deca-: 10 átomos.

Prefijos y nomenclaturas

Además de los nombres de los elementos y sus símbolos, la IUPAC es el organismo encargado de establecer las normas y reglas por las que deben regirse la escritura de las fórmulas de los compuestos químicos y cómo han de nombrarse. Lo que se llama formulación y nomenclatura de las sustancias químicas.

La IUPAC admite una única fórmula para cada compuesto químico, hay una única formulación. Sin embargo la misma IUPAC admite dos nomenclaturas, dos formas de nombrar las distintas sustancias, la nomenclatura sistemática y la nomenclatura de Stock. Para algunos compuestos admite, además, nombres tradicionales.

La nomenclatura sistemática, y en parte la nomenclatura de Stock, se basa en el empleo de prefijos que indican la cantidad de átomos o agrupaciones de átomos presentes en la fórmula y que, al formular, aparecen como subíndices.

Una fórmula química consta siempre de los símbolos químicos de los elementos que forman la molécula de la sustancia y un subíndice que indicará el número de átomos que la forman, si no aparece ningún subíndice, se entenderá que hay un átomo. Si el subíndice se coloca tras un paréntesis, afectará a todos los elementos incluidos en él.

Estructura del átomo y enlaces

Hidruros

Los **hidruros metálicos** son combinaciones del hidrógeno con un metal. En estos compuestos el hidrógeno siempre actúa con número de oxidación **-1**.

Se formulan colocando primero el símbolo del metal y después el del hidrógeno e intercambiando las valencias, que se colocan como subíndices. Ejemplo: MgH_2 .

Nomenclatura de Stock: Se nombran con la palabra hidruro seguida del nombre del metal e indicando entre paréntesis el número de oxidación, en números romanos, sólo en caso de tener más de un número. Ejemplo: PbH_2 sería el Hidruro de plomo (II).

Nomenclatura Sistemática: Se nombran indicando el número de átomos de hidrógeno con los prefijos mono-, di-, tri-, tetra-, etc., seguido del nombre del metal. Ejemplo: PbH_2 sería el Dihidruro de plomo.

Los **hidruros no metálicos** son las combinaciones del hidrógeno con un metal (halógenos, grupo 17, y anfígenos, grupo 16). En estos compuestos el hidrógeno siempre actúa con número de oxidación **+1**.

Se formulan colocando primero el símbolo del hidrógeno y después el del no metal. se intercambian las valencias, que se colocan como subíndices. Ejemplo: H_2S .

Nomenclatura Sistemática: Se nombran añadiendo el sufijo -uro al nombre del no metal, seguido de las palabras de hidrógeno. Ejemplo: HCl sería el Cloruro de hidrógeno.

Nomenclatura Tradicional: Se nombran con la palabra ácido seguida del nombre del no metal acabado en -hídrico. Ejemplo: HCl sería el Ácido clorhídrico.

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

HIDRURO DE SODIO

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

DIHIDRURO DE MERCURIO

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA TRADICIONAL:

ÁCIDO SULFÚRICO

NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

SULFURO DE HIDRÓGENO

Estructura del átomo y enlaces

Óxidos

Los **óxidos** son combinaciones del oxígeno con otro elemento, metal o no metal. En estos compuestos el oxígeno siempre actúa con número de oxidación **-2**.

Se formulan colocando primero el símbolo del elemento (metal o no metal) y después el del oxígeno e intercambiando las valencias, que se colocan como subíndices, y simplificando siempre que sea posible. Ejemplo: CO₂.

Nomenclatura de Stock: Se nombran con la palabra óxido seguida del nombre del metal o no metal e indicando entre paréntesis el número de oxidación, en números romanos, sólo en caso de tener más de un número. Ejemplo: PbO₂ sería el Óxido de plomo (IV).

Nomenclatura Sistemática: Se nombran indicando el número de átomos de oxígeno con los prefijos mono-, di-, tri-, tetra-, etc., seguido del prefijo con los átomos del elemento y el nombre del elemento. Ejemplo: PbO₂ sería el Dióxido de plomo.

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

ÓXIDO DE PLATA

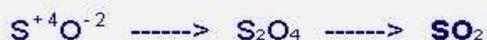
FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

ÓXIDO DE DIPLATA

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

ÓXIDO DE AZUFRE(IV)

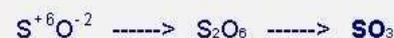
FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

DIÓXIDO DE AZUFRE

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

ÓXIDO DE AZUFRE(VI)

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

TRIÓXIDO DE AZUFRE

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

ÓXIDO DE CLORO(III)

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

TRIÓXIDO DE DICLORO

Estructura del átomo y enlaces

Sales binarias

Las **sales binarias** son combinaciones de un no metal con un metal u otro no metal.

Se formulan colocando primero el símbolo del metal y después el del no metal e intercambiando las valencias, que se colocan como subíndices, y simplificando siempre que sea posible. Ejemplo: MgCl_2 . En el caso en que se unan dos no metales, se colocarían, de izquierda a derecha, según esta ordenación:

B, Si, C, Sb, As, P, N, Te, Se, S, I, Br, Cl, F.

Nomenclatura de Stock: Se nombran añadiendo el sufijo -uro al nombre del elemento situado a la derecha, seguido del nombre del elemento que aparece a la izquierda e indicando su número de oxidación entre paréntesis y en números romanos, sólo si hay más de uno. Ejemplo: PbCl_2 sería el Cloruro de plomo (II).

Nomenclatura Sistemática: Se nombran indicando el número de átomos de cada elemento con los prefijos mono-, di-, tri-, etc., y añadiendo el sufijo -uro al nombre del elemento situado a la derecha de la fórmula. Ejemplo: FeCl_3 sería el Tricloruro de hierro.

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

FLUORURO DE HIERRO (II)

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

DIFLUORURO DE HIERRO

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

SULFURO DE SODIO

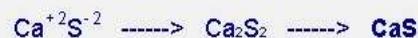
FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

SULFURO DE DISODIO

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

SULFURO DE CALCIO

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA SISTEMÁTICA:

SULFURO DE CALCIO

FORMULACIÓN:



NOMENCLATURA DE STOCK:

CLORURO DE ALUMINIO



Para practicar

1. Un elemento tiene número atómico 92 y número másico 235:
 - a) ¿Cuántos protones tiene un átomo de este elemento?, b) ¿Cuántos neutrones tendrá?, c) ¿Cuántos electrones tendrá?
2. Indica la configuración electrónica de un elemento que tiene de número atómico:
 - a) 40, b) 79, c) 3, d) 17, e) 93
3. Indica grupo y periodo de un elemento que tiene de número atómico:
 - a) 49, b) 91, c) 35, d) 19, e) 6
4. Indica, en orden cronológico, las distintas clasificaciones que se realizaron sobre los elementos a lo largo de la historia.
5. Qué enlace se formará si se unen átomos de los siguientes elementos:
 - a) Potasio e Hidrógeno.
 - b) Sodio y Flúor.
 - c) Hidrógeno y Cloro.
 - d) Flúor y Flúor.
 - e) Sodio.
6. Formula los siguientes compuestos:
 - a) Disulfuro de plomo.
 - b) Óxido de yodo (VII).
 - c) Óxido de dipotasio.
 - d) Trihidruro de oro.
 - e) Dióxido de carbono.
 - f) Ácido sulfhídrico.
 - g) Amoníaco.
 - h) Sulfuro de aluminio.
 - i) Bromuro de oro (I).



Para practicar

7. Nombra los siguientes compuestos mediante nomenclatura sistemática:

- a) N_2O
- b) HI
- c) CO_2
- d) CrH_3
- e) BaO
- f) NH_3
- g) KCl
- h) Na_2S
- i) K_2O

8. Nombra los siguientes compuestos mediante nomenclatura de Stock:

- a) FeCl_3
- b) PtCl_4
- c) Li_2O
- d) PbO_2
- e) MgH_2
- f) N_2O
- g) BeH_2
- h) NaCl
- i) CaS

Para saber más



Curiosidades científicas sobre los elementos químicos

El **fósforo**, P, fue descubierto en 1669 por Hennig Brand siguiendo este procedimiento: Recogió cierta cantidad de orina y la dejó reposar durante dos semanas. Luego la calentó hasta el punto de ebullición y quitó el agua, quedando un residuo sólido. Mezcló un poco de este sólido con arena, calentó la combinación fuertemente y recogió el vapor que salió de allí. Cuando el vapor se enfrió, formó un sólido blanco y cerúleo. Este sólido era fósforo. ¡Curiosamente, aquella sustancia **brillaba** en la oscuridad! Se le puso el nombre de fósforo, que en griego quiere decir "**portador de luz**". (La luminiscencia del fósforo se debe a que se combina espontáneamente con el aire en una combustión muy lenta).



La **datación radiométrica** consiste en averiguar el tiempo transcurrido desde la muerte de un organismo vivo, basándose en la vida media de algunos átomos radiactivos. La más famosa es la del **carbono-14**, ya que el carbono se toma de la atmósfera y se incorpora a los tejidos vivos constantemente. Cuando el organismo muere, el carbono-14 comienza a desintegrarse, teniendo una vida media de 5730 años. Estimando cuánto se ha desintegrado el carbono-14 se puede dar una idea de cuánto tiempo hace de la muerte de ese organismo.

El **cloro** es uno de los elementos químicos más contaminantes: Es un veneno mortal si es arrojado al mar o a los ríos. Basta ver las inmediaciones de algunas fábricas papeleras que utilizan cloro para blanquear el papel. Además, una sola molécula de cloro lanzada a la atmósfera destruye más de 9.000 moléculas de ozono, el gas que nos protege de las radiaciones negativas del Sol.

Los mineros del **cobre** en Alemania encontraban de vez en cuando cierto mineral azul que no contenía cobre (la mena de cobre suele ser azul). Los mineros descubrieron que este mineral en particular les hacía **enfermar** (pues contenía arsénico, cosa que desconocían). Por tanto, bautizaron a este maligno elemento como "**cobalto**", nombre que las leyendas alemanas asignan a un **malévolo espíritu** de la tierra. En la década de 1730, un médico sueco llamado Jorge Brandt empezó a interesarse por la química de este mineral (la mena azul que no contenía cobre). Lo calentó con carbón vegetal y finalmente lo redujo a un metal que se comportaba como el hierro. Era atraído por un imán: la primera sustancia diferente al hierro que se había encontrado que poseyera esta propiedad. Quedaba claro que no se trataba de hierro, puesto que no formaba una oxidación de tono pardorrojizo, como lo hacía el hierro. Brandt decidió que debía de tratarse de un nuevo metal, que no se parecía a ninguno de los ya conocidos. Lo llamó cobalto y ha sido denominado así a partir de entonces.





Recuerda lo más importante

Modelos atómicos

Modelo de Thomson: Esfera positiva con electrones incrustados.

Modelo de Rutherford: Núcleo positivo y con casi toda la masa y electrones girando alrededor.

Modelo de Bohr: Núcleo positivo y los electrones girando en determinadas órbitas.

Modelo mecano-cuántico: Los electrones se encuentran en orbitales. Se llama **orbital** a la región del espacio en la que existe una probabilidad elevada (superior al 90 %) de encontrar al electrón. Existen 4 tipos: s, p, d, f.

Estructura atómica

El átomo es una estructura con un núcleo muy pequeño en relación al tamaño total del átomo. En el núcleo hay protones y neutrones y en la corteza se encuentran los electrones.

Identificación de átomos

- **Número atómico (Z):** N^o de protones de un átomo.

- **Número másico (A):** N^o de protones + N^o de neutrones de un átomo.

Distribución de electrones en un átomo

Se llama configuración electrónica de un átomo al modo en que están distribuidos los electrones alrededor del núcleo, de ese átomo, en niveles y orbitales. La energía de los orbitales no coincide exactamente con el orden de los niveles. El diagrama de Möeller describe el reparto.

El enlace químico

Enlace covalente: Se da entre átomos que comparten electrones. NO METAL con NO METAL.

Enlace iónico: Se da entre iones de distinto signo. METAL con NO METAL.

Enlace metálico: Se produce entre los cationes del metal y los electrones de valencia desprendidos. METAL con METAL.

La tabla periódica

Incluye todos los elementos químicos conocidos. Existen **7 períodos** y **18 grupos**. La colocación de un elemento químico en una casilla concreta depende de su configuración electrónica.

Las **propiedades periódicas** de los elementos químicos, son aquéllas que podemos estudiar con la posición del elemento en la Tabla periódica.

Formulación y nomenclatura química

Hidruros metálicos: Combinaciones de H y Metal. El H actúa con n^o de oxidación -1. Ejemplo: NaH.

Hidruros no metálicos: Combinaciones de H y un No metal. El H actúa con n^o de oxidación +1. Ejemplo: HCl.

Óxidos: Combinaciones de O con un Metal o un No metal. El O actúa con n^o de oxidación -2. Ejemplo: CO₂.

Sales binarias: Combinaciones de un Metal o un No metal con un No metal. Ejemplo: NaCl.

Autoevaluación



1. El átomo de número atómico 7 tiene de configuración electrónica $1s^2 2s^2 2p^3$. Indica el número de electrones de valencia que posee ese átomo.
2. Un átomo neutro tiene la siguiente configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$. Indica el número atómico (Z) de este átomo.
3. Un átomo de un elemento tiene de configuración electrónica $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$. ¿A qué grupo de la tabla pertenece?
4. El elemento de número atómico 20, ¿en qué período de la tabla se encontrará?
5. Selecciona entre los siguientes elementos aquél que tenga mayor electronegatividad: Flúor, sodio, cloro y carbono.
6. Al combinarse los átomos de sodio (un metal alcalino) con los átomos de yodo (un no metal del grupo de los halógenos), lo más normal es que entre ellos se forme un enlace
7. Indica el nombre del compuesto de fórmula FeO.
8. Indica la fórmula del compuesto Fluoruro de potasio.
9. Un átomo con 8 protones, 10 neutrones y 10 electrones es un: a) Cation con carga +2, b) Cation con carga +1, c) Anion con carga -1, d) Anion con carga -2.
10. El modelo en el que los electrones giran en la corteza del átomo en órbitas definidas, es el modelo de

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. a) 92, b) 143, c) 92
2. a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^2$
b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^9$
c) $1s^2 2s^1$ d) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
e) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^2 5f^5$
3. a) Período 5 y Grupo 13, b) Período 7 y Elementos de transición interna,
c) Período 4 y Grupo 17, d) Período 4 y Grupo 1, Período 2 y Grupo 14.
4. a) Metales y no metales, b) Triadas, c) Octavas, d) Tabla de Mendeleiev y Meyer.
5. a) Iónico, b) Iónico, c) Covalente, d) Covalente, e) Metálico.
6. a) PbS_2 , b) I_2O_7 , c) K_2O , d) AuH_3 , e) CO_2 , f) H_2S g) NH_3 h) Al_2S_3 , i) $AuBr$.
7. a) Óxido de dinitrógeno, b) Ioduro de hidrógeno, c) Dióxido de carbono,
d) Trihidruro de cromo, e) Óxido de bario, f) Trihidruro de nitrógeno,
g) Cloruro de potasio, h) Sulfuro de disodio, i) Óxido de dipotasio.
8. a) Cloruro de hierro (III), b) Cloruro de platino (IV), c) Óxido de litio,
d) Óxido de plomo (IV), e) Hidruro de magnesio, f) Hidruro de berilio
g) Óxido de nitrógeno (I), h) Cloruro de sodio, i) Sulfuro de calcio.

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. 5
2. 14
3. 15
4. 4
5. Flúor
6. Iónico
7. Óxido de hierro (II)
8. KF
9. Anión con carga -2
10. Bohr

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Diferenciar los cambios químicos de los físicos.
- Conocer las principales características de las reacciones químicas y su notación correcta.
- Saber que existen diferentes tipos de reacciones y reconocer algunos de ellos.
- Comprender y utilizar correctamente las magnitudes y leyes básicas necesarias para realizar cálculos en las reacciones químicas.
- Conocer y comprender los conceptos básicos de la estequiometría.
- Interpretar correctamente las relaciones cuantitativas que se establecen entre los reactivos y productos de una reacción.
- Resolver correctamente los problemas relacionados con las relaciones cuantitativas de las reacciones.

Antes de empezar

1. Iniciación a las reac. químicas pág. 248
El cambio químico
Reactivos y productos
Notación y ajuste
Ley de conservación de la masa
Energía en las reacciones químicas
Velocidad de las reacciones
Teoría de colisiones
2. Tipos de reacciones químicas pág. 257
Reacciones ácido-base
Reacciones redox
Reacciones de precipitación
Reacciones de complejación
3. Magnitudes y leyes básicas pág. 261
Masa atómica y masa molecular
Mol y número de Avogadro
Concentración en las disoluciones
Leyes de los gases ideales
4. Estequiometría pág. 265
Relaciones de masa
Relaciones de volumen
Reactivo limitante y en exceso
Pureza
Rendimiento
Análisis estequiométrico completo

Ejercicios para practicar

Para saber más

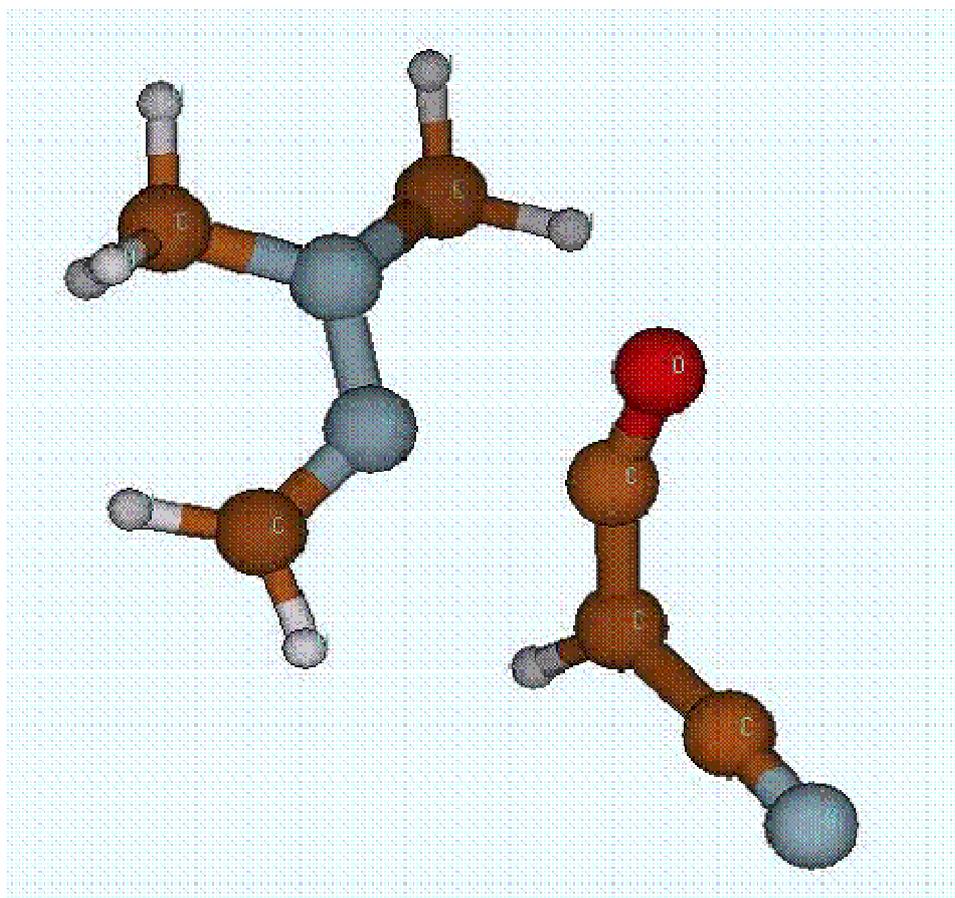
Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Transformaciones químicas

Antes de empezar



Recuerda

Hay muchos términos o conceptos que hemos estudiado anteriormente relacionados con las reacciones químicas o que nos sirven para comprenderlas. Para repasarlos vamos a emplear el juego *fyq 10x10*, basado en el concurso de TV, ¿Quién quiere ser millonario?.

La primera pregunta es:

Las partículas más pequeñas que intervienen en una reacción química sin descomponerse se llaman:

A: Átomos

B: Moléculas

C: Sólidos iónicos

D: Sólidos metálicos

Respuesta correcta: A

Investiga

La policía científica (o CSI), cuando quiere saber si una sustancia es, o no, sangre, pone unas gotas de un líquido transparente en un bastoncillo, se toca con él la muestra y si se pone morado se trata de sangre. ¿Qué tipo de sustancia se ha usado?, ¿ocurrirá este fenómeno sólo con la sangre?, ¿cuál es la explicación científica se este fenómeno?.

Transformaciones químicas

1. Iniciación a las reacciones químicas

El cambio químico

En primer lugar diferenciaremos entre cambios químicos y cambios físicos.

Cambios físicos: no hay rotura ni formación de enlaces químicos. No cambia la naturaleza de la sustancia.

Ej: luz, sonido, movimiento, fuerza, cambios de estado...

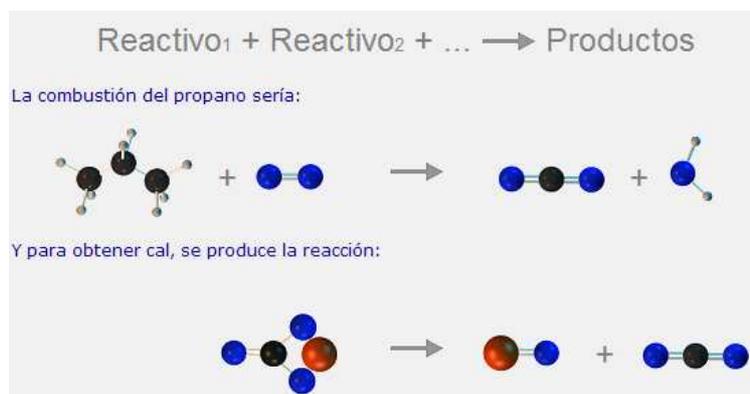
Cambio químico: se dan cuando se producen reacciones químicas, es decir, cuando los átomos rompen sus enlaces y forman otros nuevos. Cambia la naturaleza de la sustancia.

Ej: combustión, oxidación, descomposición...

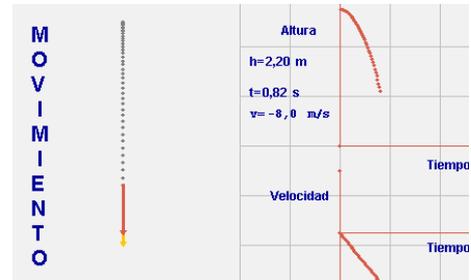
En las reacciones químicas se **rompen** y se **forman enlaces químicos**, cambiando así la naturaleza de las sustancias.

Ejemplos de reacciones químicas podrían ser por ejemplo la combustión del propano o la obtención de cal a partir de carbonato de calcio.

En una reacción química unos compuestos, llamados reactivos, se combinan y se transforman en otras sustancias químicas, llamadas productos. Para indicarlo, se escriben las fórmulas químicas de los reactivos, con el signo de adición entre ellas, una flecha que señala hacia la derecha, y las fórmulas químicas de los productos, también separadas por el signo de sumar:



Ejemplos de cambios físicos son: movimientos, fuerzas y cambios de estado.



Ejemplos de cambios químicos son: combustiones, oxidaciones y desnaturalizaciones.



Transformaciones químicas

Reactivos y productos

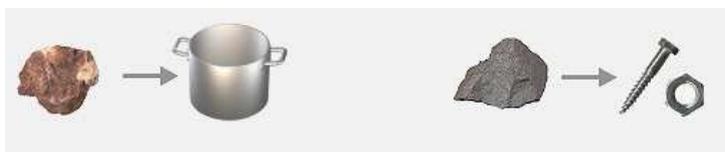
Las reacciones químicas son procesos en los que los átomos rompen sus enlaces químicos y forman otros nuevos, cambiando la naturaleza de las sustancias que intervienen.

En toda reacción química unas sustancias llamadas reactivos se transforman en otras llamadas productos. Al ser los reactivos y productos sustancias diferentes tienen propiedades distintas: color, olor, sabor, densidad, viscosidad, punto de fusión, etc.

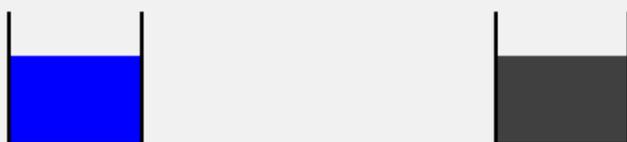
Los reactivos se escriben a la izquierda y los productos a la derecha y en medio una flecha.

Reactivos -----> Productos

Ejemplos de reactivos y productos de reacciones químicas podrían ser la conversión de diferentes minerales de hierro o aluminio en sus correspondientes productos manufacturados.

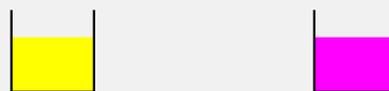


REACTIVOS 1 → PRODUCTOS 1



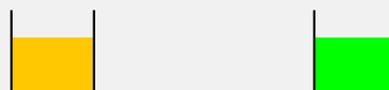
Cada reactivo tiene una naturaleza diferente con propiedades diferentes. Los productos a los que dan lugar son diferentes con propiedades diferentes.

REACTIVOS 2 → PRODUCTOS 2



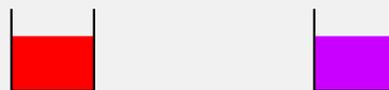
Cada reactivo tiene una naturaleza diferente con propiedades diferentes. Los productos a los que dan lugar son diferentes con propiedades diferentes.

REACTIVOS 3 → PRODUCTOS 3



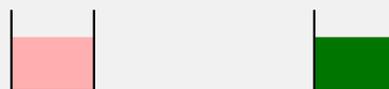
Cada reactivo tiene una naturaleza diferente con propiedades diferentes. Los productos a los que dan lugar son diferentes con propiedades diferentes.

REACTIVOS 4 → PRODUCTOS 4



Cada reactivo tiene una naturaleza diferente con propiedades diferentes. Los productos a los que dan lugar son diferentes con propiedades diferentes.

REACTIVOS 5 → PRODUCTOS 5



Cada reactivo tiene una naturaleza diferente con propiedades diferentes. Los productos a los que dan lugar son diferentes con propiedades diferentes.

Transformaciones químicas

Notación y ajuste

En una reacción química se puede indicar: el **estado de agregación** de los reactivos y productos, la temperatura, presión y la presencia de **catalizadores** o **inhibidores**, así como la energía que la reacción absorbe o cede (exotérmica o endotérmica). Además toda reacción química debe estar ajustada.

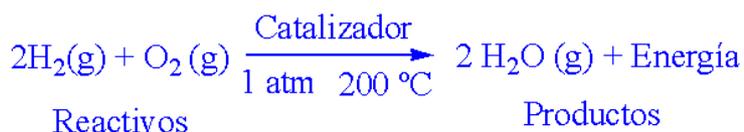
El **estado de agregación** de productos y reactivos se indica poniendo detrás de cada sustancia y entre paréntesis las letras: sólido...(s), líquido...(l), gas...(g), disolución...(ac).

Catalizador. Pequeña cantidad de sustancia capaz de acelerar la velocidad de la reacción.

Inhibidor. Sustancia que retarda la velocidad de la reacción.

TODA REACCIÓN QUÍMICA DEBE ESTAR AJUSTADA

Debe haber el mismo número y tipo de átomos en los reactivos y en los productos. Las reacciones se ajustan mediante los coeficientes estequiométricos. Son números que se colocan delante de las fórmulas de reactivos y productos y multiplican el valor del número de átomos de la sustancia a la que preceden. Dos formas de determinarlos son: por tanteo y por el método de los coeficientes indeterminados. La notación de una reacción ajustada puede quedar de la siguiente forma:



Ej. de reacciones ajustadas:



Coeficiente 1

Coeficiente 2

Coeficiente 3



Coeficiente 1

Coeficiente 2

Coeficiente 3



Coeficiente 1

Coeficiente 2

Coeficiente 3

Transformaciones químicas

Notación y ajuste

Existen varios métodos para ajustar ecuaciones químicas. Se empleará el de los coeficientes indeterminados o variables. Para ello, se asigna una incógnita a cada una de las fórmulas que aparecen en la ecuación química. Por ejemplo:



Para cada elemento se establece una ecuación, que iguala los átomos de ese elemento en los reactivos y en los productos:

Elemento	Reactivos	Productos
Na	$a \cdot 2 = c \cdot 1$	
C	$a \cdot 1 = d \cdot 1$	
O	$a \cdot 3 = d \cdot 2 + e \cdot 1$	
H	$b \cdot 1 = e \cdot 2$	
Cl	$b \cdot 1 = c \cdot 1$	

Aparece un sistema indeterminado que hay que resolver. Pero se resuelve por tanteo, asignando, a una de las incógnitas, un valor. Si se hace que $b = 2$ las ecuaciones quedan:

Na	$a \cdot 2 = c \cdot 1$
C	$a \cdot 1 = d \cdot 1$
O	$a \cdot 3 = d \cdot 2 + e \cdot 1$
H	$2 \cdot 1 = e \cdot 2$
Cl	$2 \cdot 1 = c \cdot 1$

Y por tanto, $a = 1$, de la primera ecuación, y $d = 1$ de la segunda. Ya conocemos todas las incógnitas y podemos escribir la ecuación ajustada:

Na	$a \cdot 2 = 2 \cdot 1$
C	$a \cdot 1 = d \cdot 1$
O	$a \cdot 3 = d \cdot 2 + 1 \cdot 1$

Si se hace que $b = 2$, resulta $e = 1$, $c = 2$, $a = 1$ y $d = 1$. La ecuación es:



Ej. de reacciones ajustadas:



Coeficiente 1

Coeficiente 2

Coeficiente 3

Coeficiente 4



Coeficiente 1

Coeficiente 2

Coeficiente 3

Coeficiente 4

Nota: En los ajustes de reacciones químicas los coeficientes pueden ser fracciones.

Normalmente a la hora de ajustar las reacciones químicas los coeficientes suelen tomarse los de menor valor entero posible.

Si todos los coeficientes de una reacción química ajustada se multiplican o dividen por un mismo número, la reacción seguirá estado ajustada. Este procedimiento es muy empleado para simplificar o reducir el valor de los coeficientes de una reacción química.

Transformaciones químicas

Ley de conservación de la masa

Como hemos comentado en el apartado anterior, las reacciones tienen que estar ajustadas, y por tanto hay el mismo número y tipo de átomos en los reactivos y en los productos. Si los átomos son los mismos (sólo ha cambiado su forma de unirse), tendrán la misma masa los reactivos (suma de las masas de todos los reactivos) que los productos (suma de las masas de todos los productos).

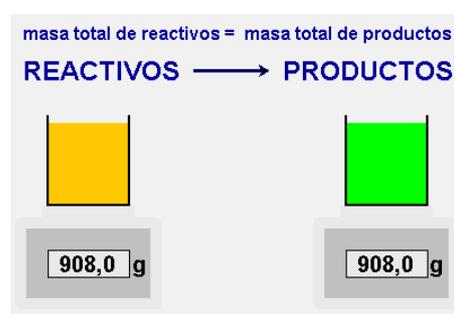
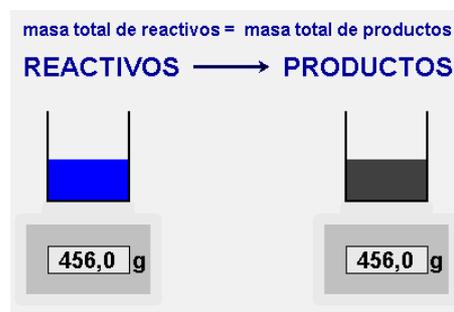
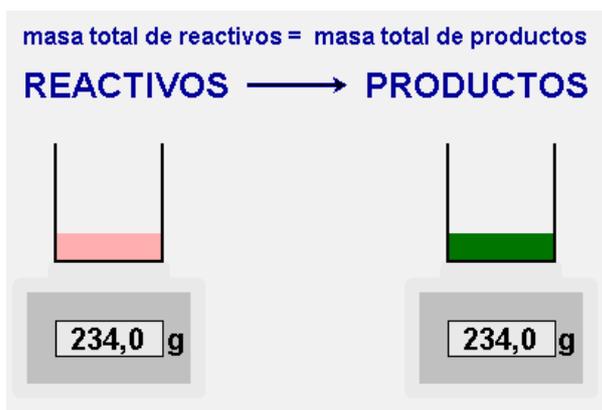
Este fenómeno es conocido como ley de conservación de la masa de Lavoisier o primera ley ponderal, en honor a su descubridor.

Ley de conservación de la masa

masa reactivos = masa productos

En una transformación química, una sustancia o grupo de sustancias se convierte en otra u otras sustancias. Es lo que se llama una reacción química. Las sustancias que hay inicialmente se llaman reactivos y las que aparecen tras la reacción reciben el nombre de productos. Cuando se quema la gasolina, en el motor de un automóvil, inicialmente se tiene oxígeno O_2 , presente en el aire, e hidrocarburos C_8H_{18} , presentes en la gasolina, son los reactivos. Tras la reacción química se han formado dos nuevas sustancias: dióxido de carbono CO_2 y agua H_2O , que son los productos, que aparecen tras la reacción.

Pero la aparición, y correspondiente desaparición, de sustancias, la conversión de una sustancia en otra, no significa que la masa desaparezca. Al quemar la gasolina del motor, la masa de gasolina y oxígeno que se queman es exactamente igual a la masa de dióxido de carbono y agua que aparecen en la combustión.



Antoine Laurent Lavoisier (1776 - 1856). Químico francés, padre de la química moderna. Orientado por su familia en un principio a seguir la carrera de derecho, recibió una magnífica educación en el Collège Mazarino, en donde adquirió no sólo buenos fundamentos en materia científica, sino también una sólida formación humanística. Presentó a la Academia los resultados de su investigación en 1772, e hizo hincapié en el hecho de que cuando se queman el azufre o el fósforo, éstos ganan peso por absorber «aire», mientras que el plomo metálico formado tras calentar el plomo mineral lo pierde por haber perdido «aire». La ley de conservación de la masa o primera ley Ponderal lleva su nombre.

Transformaciones químicas

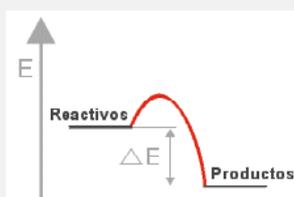
Energía en las reacciones químicas

En toda reacción química se absorbe o desprende energía (normalmente en forma de calor o luz). Esto se debe a que al romperse y formarse enlaces se gasta y se gana energía respectivamente. Atendiendo a los aspectos energéticos las reacciones se clasifican en:

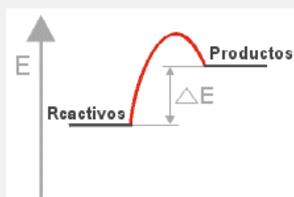
Cuando se produce una reacción química, los enlaces que unen los átomos deben romperse y formarse otros nuevos. Las moléculas se rompen y se forman moléculas nuevas, diferentes de las que había anteriormente.

Para poder romper los enlaces existentes, es necesario suministrar una energía, la energía de activación, que permite que la transformación química comience.

Si los productos de la reacción tienen menos energía que los reactivos, variación de energía < 0 , la propia reacción producirá energía y continuará por sí sola: es una reacción exotérmica. Pero para iniciarla seguirá siendo necesario suministrar la energía de activación. Así, para encender una cerilla, basta frotarla con el rascador. Una vez iniciada la combustión, ésta continuará, pero se necesita frotar para que la cerilla encienda.



Si los productos tienen más energía que los reactivos, variación de energía > 0 , la reacción no produce energía, sino que la consume y es necesario suministrar energía constantemente para que la reacción tenga lugar, en caso contrario, se detiene: es una reacción endotérmica. Por eso, al cocinar, se debe mantener los alimentos sobre el fuego, en el momento en que dejan de calentarse, la reacción se detiene y los alimentos quedan crudos.



Exotérmicas (desprenden energía, se les asocia signo negativo). La energía liberada en los nuevos enlaces que se forman es mayor que la empleada en los enlaces que se rompen.

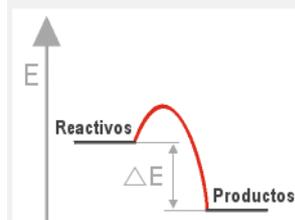
Al reaccionar el butano, C_4H_{10} , con oxígeno, O_2 , se produce agua, H_2O , dióxido de carbono, CO_2 , y calor, tanto calor que se esa reacción se emplea para calentar agua o cocinar. Se ha producido la combustión del butano, llamada así por la aparición de llamas:



Lo mismo ocurre cuando se quema madera, carbón o gasolina. Se trata de reacciones químicas en las que se desprende gran cantidad de calor.



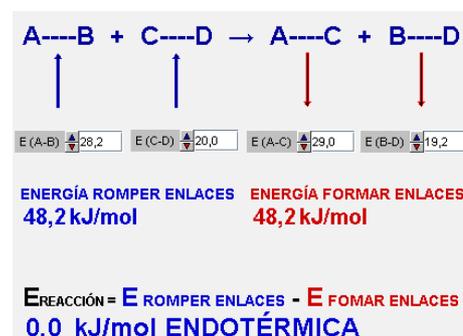
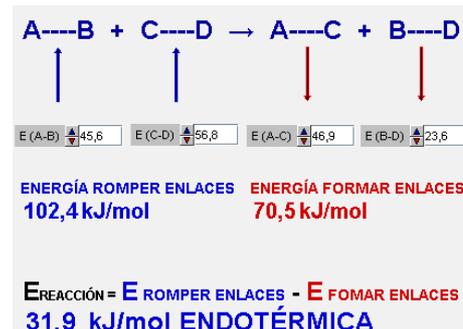
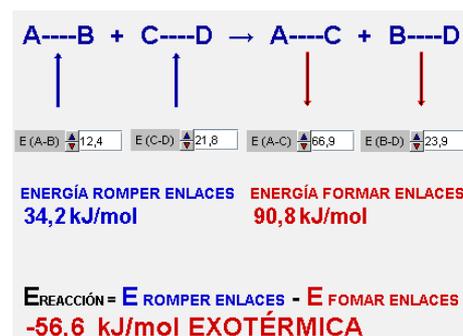
Otras reacciones no desprenden tanta cantidad de calor, pero sí liberan calor. Por ejemplo, al disolver sal en agua o cuando el hierro se oxida, se produce una reacción que también libera calor, aunque no aparece llama.



Si en una reacción química se desprende calor, se dice que es exotérmica.

La mayoría de las reacciones químicas son exotérmicas, aunque las más conocidas son aquellas que liberan, a su vez, llamas. No todas las reacciones exotérmicas van acompañadas de llamas, pero todas las reacciones que desprenden llamas son exotérmicas.

Ejemplos de cálculos de energía de reacción a través de la energía de los enlaces que se rompen y se forman:



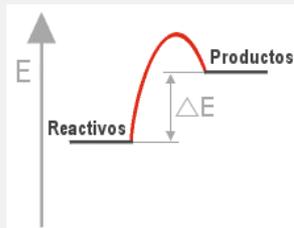
Transformaciones químicas

Energía en las reacciones químicas

Endotérmicas (absorben energía, se les asocia signo positivo). La energía absorbida en los enlaces que se rompen es mayor que la desprendida en los enlaces que se forman.

Algunas reacciones, al producirse, liberan calor. Así, cuando se disuelve cloruro de amonio, NH_4Cl , se nota claramente como se enfría el vaso en el que se ha disuelto e, incluso, condensan pequeñas gotas de agua en él. Otro tanto ocurre en la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno para formar óxido de nitrógeno(II), el ambiente en que se produce la reacción se enfría porque la reacción absorbe calor. Otro ejemplo es la obtención de metales, como aluminio o hierro, son procesos endotérmicos que requieren un aporte continuo de energía.

En las reacciones endotérmicas, la energía de los reactivos es menor que la energía de los productos, la variación de energía es positiva. Por eso, para poder pasar de los primeros a los segundos se necesita un suministro continuo de energía. Cuando se deja de dar energía, la reacción se detiene. Si en una reacción química se absorbe calor, se dice que es endotérmica



Conociendo las energías de los enlaces de los reactivos y de los productos, se puede calcular la energía de reacción mediante la siguiente expresión:

Energía de reacción

$$E_r = E_{\text{romper enlaces}} - E_{\text{formar enlaces}}$$

Un ejemplo de cálculo de energía de reacción podría ser el siguiente:

$$\text{A} \text{---} \text{B} + \text{C} \text{---} \text{D} \rightarrow \text{A} \text{---} \text{C} + \text{B} \text{---} \text{D}$$

↑ ↑ ↓ ↓

$E(\text{A-B}) = 25,2$ $E(\text{C-D}) = 22,2$ $E(\text{A-C}) = 31,4$ $E(\text{B-D}) = 24,8$

ENERGÍA ROMPER ENLACES **ENERGÍA FORMAR ENLACES**
47,4 kJ/mol **56,2 kJ/mol**

$E_{\text{REACCIÓN}} = E_{\text{ROMPER ENLACES}} - E_{\text{FORMAR ENLACES}}$
-8,8 kJ/mol EXOTÉRMICA

Ejemplos de cálculos de energía de reacción a través de la energía de los enlaces que se rompen y se forman:

$$\text{A} \text{---} \text{B} + \text{C} \text{---} \text{D} \rightarrow \text{A} \text{---} \text{C} + \text{B} \text{---} \text{D}$$

↑ ↑ ↓ ↓

$E(\text{A-B}) = 28,2$ $E(\text{C-D}) = 20,5$ $E(\text{A-C}) = 29,4$ $E(\text{B-D}) = 28,5$

ENERGÍA ROMPER ENLACES **ENERGÍA FORMAR ENLACES**
48,7 kJ/mol **57,9 kJ/mol**

$E_{\text{REACCIÓN}} = E_{\text{ROMPER ENLACES}} - E_{\text{FORMAR ENLACES}}$
-9,2 kJ/mol EXOTÉRMICA

$$\text{A} \text{---} \text{B} + \text{C} \text{---} \text{D} \rightarrow \text{A} \text{---} \text{C} + \text{B} \text{---} \text{D}$$

↑ ↑ ↓ ↓

$E(\text{A-B}) = 42,8$ $E(\text{C-D}) = 20,5$ $E(\text{A-C}) = 29,4$ $E(\text{B-D}) = 28,5$

ENERGÍA ROMPER ENLACES **ENERGÍA FORMAR ENLACES**
63,3 kJ/mol **57,9 kJ/mol**

$E_{\text{REACCIÓN}} = E_{\text{ROMPER ENLACES}} - E_{\text{FORMAR ENLACES}}$
5,4 kJ/mol ENDOTÉRMICA

$$\text{A} \text{---} \text{B} + \text{C} \text{---} \text{D} \rightarrow \text{A} \text{---} \text{C} + \text{B} \text{---} \text{D}$$

↑ ↑ ↓ ↓

$E(\text{A-B}) = 42,8$ $E(\text{C-D}) = 15,1$ $E(\text{A-C}) = 29,4$ $E(\text{B-D}) = 28,5$

ENERGÍA ROMPER ENLACES **ENERGÍA FORMAR ENLACES**
57,9 kJ/mol **57,9 kJ/mol**

$E_{\text{REACCIÓN}} = E_{\text{ROMPER ENLACES}} - E_{\text{FORMAR ENLACES}}$
0,0 kJ/mol EQUIENERGÉTICA

Velocidad de las reacciones químicas

Las reacciones químicas se dan a una determinada velocidad, unas son más rápidas que otras. Esto depende fundamentalmente de los siguientes factores: naturaleza de la sustancia (unas sustancias rompen y forman sus enlaces con más facilidad que otras), temperatura (normalmente a mayor temperatura mayor velocidad tendrá la reacción), grado de división (cuanto más divididos estén los reactivos mayor velocidad de reacción), catalizadores (sustancias que aceleran la reacción), inhibidores (sustancias que retardan la reacción), concentración de reactivos (mayor velocidad de reacción a mayor concentración).

Es importante resaltar, que la velocidad de una reacción no está relacionada directamente con su energía de reacción, es decir, que una reacción puede ser rápida y ser exotérmica o endotérmica y viceversa. El estudio de la velocidad de reacción tiene que hacerse mediante experimentos.

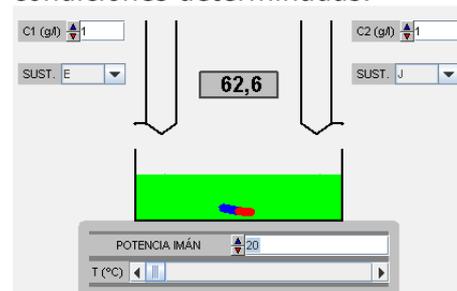
Velocidad de reacción

Medida relacionada con el tiempo que tardan los reactivos en transformarse en productos.

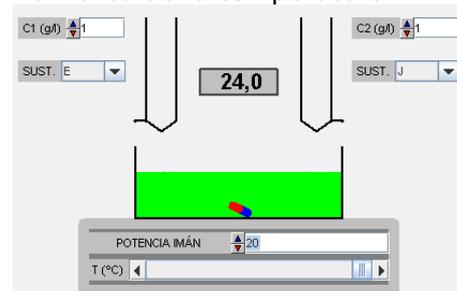


Ejemplo de cómo afectan los distintos factores a la velocidad de reacción. Se indica el tiempo de reacción en segundos.

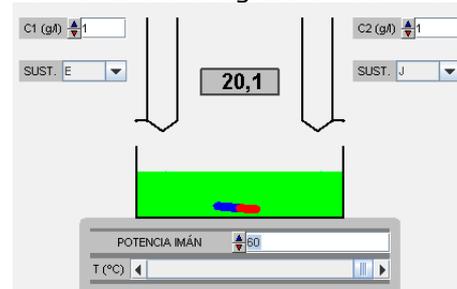
Reacción entre C y D en unas condiciones determinadas.



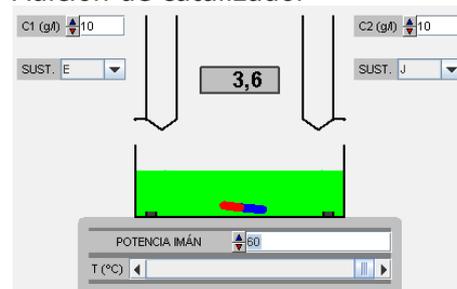
Aumento de la temperatura



Aumento de la agitación del imán



Adición de catalizador



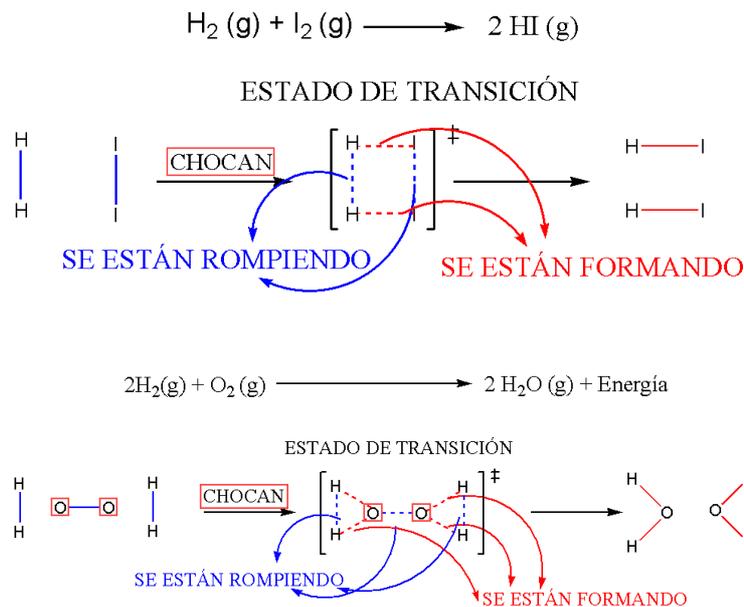
Transformaciones químicas

Teoría de colisiones

Modelo que permite explicar como ocurren las reacciones químicas a nivel atómico (**mecanismo de reacción**).

Esta teoría postula que: los reactivos tienen que chocar (se producirán más choques cuanto más concentrados estén los reactivos y a más temperatura se produzca la reacción), con una orientación (disposición espacial de los reactivos) adecuada y energía suficiente.

Cuando el choque es eficaz se debilitan unos enlaces y se empiezan a formar otros. La especie característica donde esto ocurre se llama estado de transición o complejo activado. Esta especie es el "punto intermedio" entre productos y reactivos.



Esta teoría permite explicar entre otras cosas: el mecanismo, la conservación de la masa y la energía y velocidad de la reacción. Como limitación esta teoría no explica todos los tipos de reacciones.

Colisión eficaz
TEORÍA DE COLISIONES

A

|

B

C

|

D

Las condiciones para que una colisión sea efectiva son las siguientes:

- Orientación adecuada
- Energía suficiente

Orientación: Favorable
Energía: Alta

TEORÍA DE COLISIONES

$\left[\begin{array}{cc} A & - & C \\ | & & | \\ B & - & D \end{array} \right]^\ddagger$

ESTADO DE TRANSICIÓN

Las condiciones para que una colisión sea efectiva son las siguientes:

- Orientación adecuada
- Energía suficiente

Orientación: Favorable
Energía: Alta

TEORÍA DE COLISIONES

A — C

B — D

Las condiciones para que una colisión sea efectiva son las siguientes:

- Orientación adecuada
- Energía suficiente

Orientación: Favorable
Energía: Alta

Colisión no eficaz
TEORÍA DE COLISIONES

A

|

B

C

|

D

Las condiciones para que una colisión sea efectiva son las siguientes:

- Orientación adecuada
- Energía suficiente

Orientación: Desfavorable
Energía: Baja

TEORÍA DE COLISIONES

A

|

B

C

|

D

Las condiciones para que una colisión sea efectiva son las siguientes:

- Orientación adecuada
- Energía suficiente

Orientación: Desfavorable
Energía: Baja

TEORÍA DE COLISIONES

A

|

B

C

|

D

Las condiciones para que una colisión sea efectiva son las siguientes:

- Orientación adecuada
- Energía suficiente

Orientación: Desfavorable
Energía: Baja

2. Tipos de reacciones químicas

Reacciones ácido-base

Son reacciones en las que una sustancia llamada ácido cede protones a una sustancia llamada base. Cuando un ácido cede un protón, se convierte en su base conjugada (ya que podría volver a aceptarlo) y cuando una base acepta un protón se convierte en su ácido conjugado, ya que podría volver a cederlo.

Aquellos ácidos o bases que tiene mucha tendencia a ceder o aceptar protones se llaman ácidos o bases fuertes, y si tienen poca tendencia a cederlos o aceptarlos se llaman ácidos o bases débiles.

Las reacciones **ácido base** son reacciones de transferencia de **protones**.

La fortaleza y debilidad de un ácido o una base depende de la sustancia con la que reaccione. Un ácido fuerte reacciona mejor con una base fuerte, mientras que un ácido débil reacciona muy poco con una base débil.

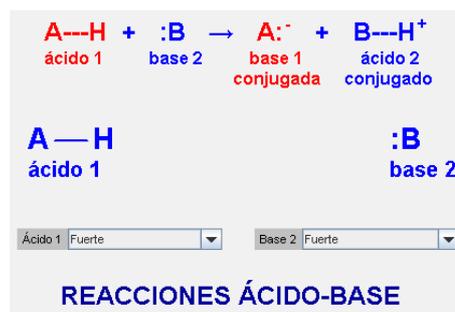
Una sustancia que puede ceder o aceptar protones, dependiendo de con quien reaccione, se llama **anfótera** o **anfiprótica**.

El pH es una medida de la fortaleza de los ácidos o las bases cuando están disueltos en agua. La escala de pH va de 0 a 14, siendo el 7 el estado neutro, por debajo de siete un medio ácido y por encima básico. Puede medirse con el pH-metro, mediante papel de pH o con indicadores.

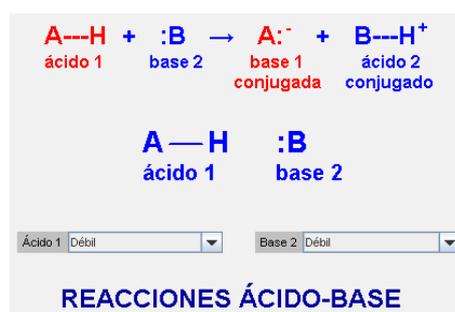
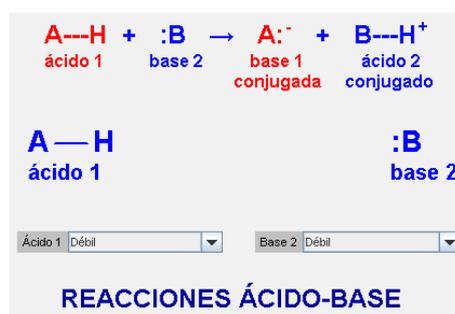
pH escala (0-14) que mide si un medio acuso es ácido y básico

Muchos ácidos como el sulfúrico, clorhídrico, nítrico o acético y bases como la sosa cáustica, la cal o el bicarbonato, son de gran importancia industrial y económica.

Reacciones entre ácido fuerte y base fuerte



Reacciones entre ácido débil y base débil



Transformaciones químicas

Reacciones ácido-base

Algunas sustancias presentan propiedades similares:

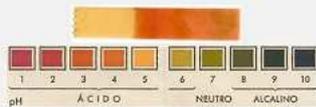
- Tienen un sabor ácido característico.
- Disuelven los metales a la vez que desprenden hidrógeno.
- Cambia el color de algunas sustancias, llamadas indicadores.
- Pierden sus propiedades cuando se mezclan con bases.

Las sustancias que tienen esas propiedades se denominan ácidos.

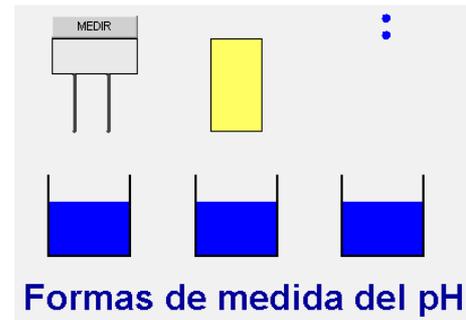
Por regla general, los ácidos tienen un átomo de hidrógeno en su molécula, aunque pueden tener más de uno, y al disolverse en agua lo liberan como un ión hidrógeno positivo, quedando el resto de la molécula como anión:



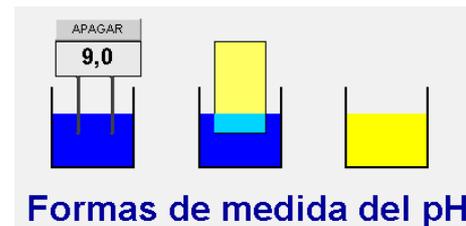
Para medir la acidez de una sustancia se emplea la escala de pH, que va de uno a 14. Si el pH = 7, la sustancia es neutra. Cuanto menor sea el pH, más ácida es la sustancia. pH = 1 es más ácido que pH = 5.



Medida del pH de diferentes disoluciones utilizando pH-metro, papel de pH y diferentes indicadores.



Formas de medida del pH



Formas de medida del pH

Se llaman bases o álcalis a algunas sustancias con propiedades opuestas a los ácidos:

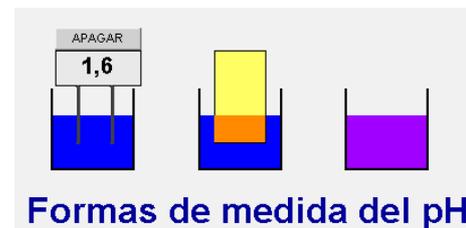
- Son untuosas al tacto.
- Devuelven a los indicadores el color que les cambió el ácido.
- Al mezclarse con los ácidos, ambos pierden sus propiedades.

Por regla general, las bases tienen un grupo oxidrilo en su molécula (OH⁻), aunque pueden tener más de uno, y al disolverse en agua lo liberan, quedando el resto de la molécula como catión:

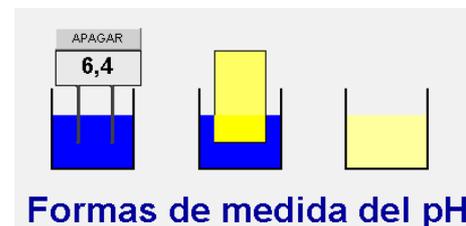


Cuando una sustancia es básica, su pH es mayor que siete.

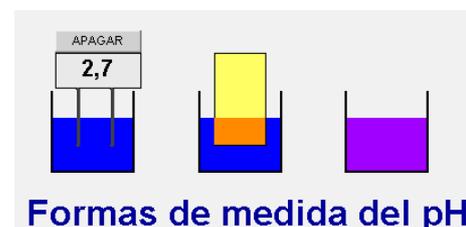
1 < pH < 7 Ácido
pH = 7 Neutro
7 < pH < 14 Alcalino



Formas de medida del pH



Formas de medida del pH



Formas de medida del pH

Reacciones redox

Son reacciones en las que una sustancia, reductor cede electrones a otra sustancia, oxidante. Cuando un reductor cede un electrón se convierte en su oxidante conjugado y cuando una oxidante acepta un electrón se convierte en su reductor conjugado.

Aquellos reductores que tiene mucha tendencia a ceder electrones se llaman fuertes, y si tienen poca débiles. Aquellos oxidantes que tiene mucha tendencia a aceptar electrones se llaman fuertes, y si tienen poca se llaman débiles

Los oxidantes y reductores fuertes tienen conjugados débiles y viceversa. La fortaleza y debilidad de estos depende de la sustancia con la que reaccione. Un reductor fuerte reacciona mucho mejor con un oxidante fuerte, mientras que un reductor débil reacciona muy poco con un oxidante débil.

Las reacciones **redox** son reacciones de transferencia de **electrones**.

Una de las reacciones redox más importantes son las reacciones de combustión. En ellas, una sustancia gana electrones, el oxígeno (oxidante), mientras que otra, el combustible (reductor) lo pierde.

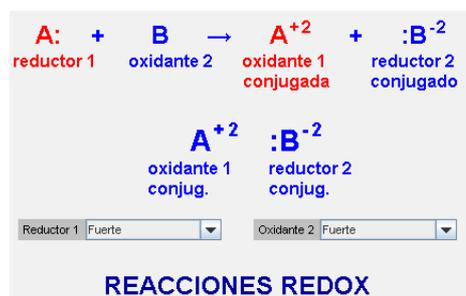
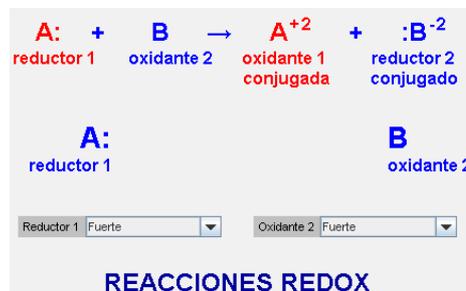
El oxígeno, que forma el 21 % de la atmósfera, es una sustancia muy reactiva. Produce reacción química exotérmica con casi todas las sustancias conocidas. La reacción de cualquier sustancia con el oxígeno recibe el nombre de oxidación y es exotérmica, es decir, desprende calor.

Las sustancias de origen biológico, como la madera, las grasas o el azúcar, también se combinan con el oxígeno y se oxidan. Pero en estos casos la reacción es tan exotérmica que se produce, además de calor, la emisión de luz: una llama. Por eso, estas reacciones reciben el nombre especial de combustión.

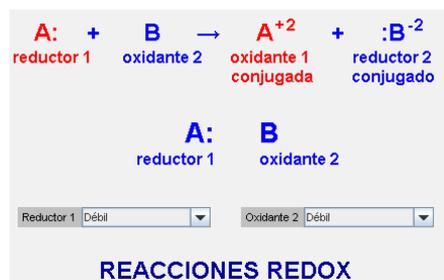
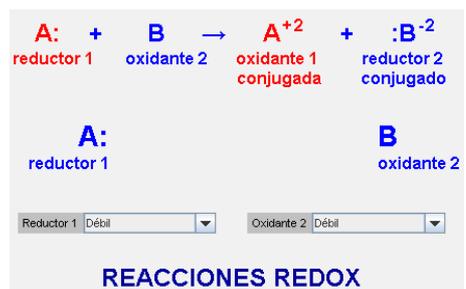
En la combustión, los productos que se producen siempre son dióxido de carbono y agua.



Reacciones entre oxidante fuerte y reductor fuerte



Reacciones entre oxidante débil y reductor débil



Transformaciones químicas

Reacciones de precipitación

Son reacciones en las que se forma un **producto insoluble** (no se disuelve) en el medio, normalmente agua.

Cuando una sustancia iónica, se pone en un disolvente (normalmente agua), sus iones pueden separarse (disolverse) o permanecer juntos (no se disuelve). Esto depende de la naturaleza del soluto y del disolvente, temperatura, grado de división del soluto y otros factores (efecto salino, efecto del ión común, reacciones secundarias)...

Se producirá una reacción de precipitación, cuando al mezclar sustancias iónicas, los iones existentes en el medio tienden a estar unidos, formando un sólido iónico o precipitado.

Las reacciones de **precipitación** son reacciones en las que se forma un **producto insoluble**.

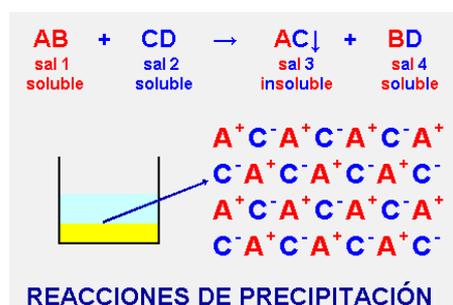
Reacciones de complejación

Son reacciones en las que un metal o ion central tienden a unirse o complejarse con distintas sustancias químicas llamadas ligandos, formando lo que se llaman complejos o compuestos de coordinación.

Al número de ligandos que rodean al ión central se le llama número de coordinación. Normalmente van desde 2 hasta 14, aunque los más usuales son 4 y 6

Se dice que un complejo es fuerte cuando es difícil de separar al metal y los ligandos. Se dice que el complejo es débil o lábil, cuando el complejo se disocia con facilidad. Lo fuerte o débil que sea un complejo depende de varios factores, siendo el factor fundamental la naturaleza del metal y de los ligandos.

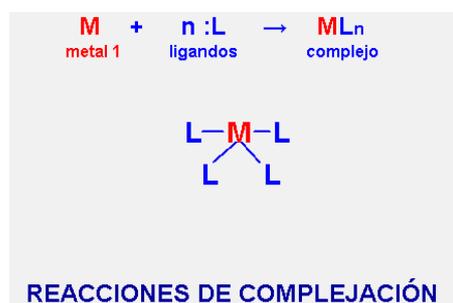
Las reacciones de **complejación** son reacciones en las que se forma un producto **complejo**, formado por un **átomo metálico central** al que se unen los **ligandos**.



$Ni + O_2 \rightarrow NiO_2$ (A)	$N_2 + 2O_2 \rightarrow N_2O_4$ (F)	ÁCIDO-BASE
$AgNO_3 + NaBr \rightarrow AgBr + NaNO_3$ (B)	$2HI + Ca(OH)_2 \rightarrow CaI_2 + 2H_2O$ (G)	
$HCl + KOH \rightarrow KCl + H_2O$ (C)	$PbSeO_4 + KI \rightarrow PbI_2 + K_2SeO_4$ (H)	REDOX
$HClO_4 + NaOH \rightarrow NaClO_4 + 2H_2O$ (D)	$Ag_2SO_4 + RbBr \rightarrow AgBr + Rb_2SO_4$ (I)	PRECIPITACIÓN
$C_4H_8 + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$ (E)		

Solución.

ÁCIDO-BASE: (C), (D), (G)
REDOX: (A), (E), (F)
PRECIPITACIÓN: (B), (H), (I)

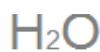
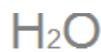


3. Magnitudes y leyes básicas

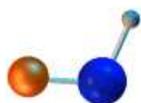
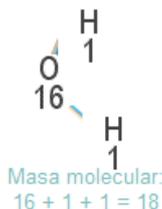
Masa atómica y masa molecular

Masa atómica. Vienen recogidas en la tabla periódica. Puede expresarse en unidades de masa atómica (uma) o en gramos (masa atómica molar). Cuando se expresa en uma nos referimos a la masa de un sólo átomo, mientras que si se hace en gramos la masa atómica hace referencia al Número de Avogadro (N_A) de átomos. Ej: $Ma(H) = 1$, $Ma(C) = 12$, $Ma(N) = 14$, $Ma(O) = 16$.

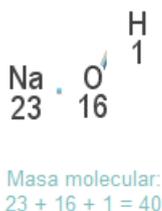
Masa molecular. Se calcula mediante la suma de las masas atómicas de los átomos que constituyen la molécula. Puede expresarse en uma o en gramos (masa molecular molar). Cuando se expresa en uma nos referimos a la masa de una molécula, mientras que si se hace en gramos la masa molecular se refiere al N_A (el Número de Avogadro contiene siempre la cantidad de $6,023 \cdot 10^{23}$ partículas) de moléculas. Ej: $Mm(H_2O) = 18$, $Mm(H_2) = 2$, $Mm(HNO_2) = 47$.



Agua



Hidróxido de sodio



Ejemplos de cálculos de masas moleculares.

ELEMENTO Y MA	Nº		
H 1,008	2	EJEMPLO 3 H₂SO₄	
S 32,066	1		
O 15,999	4		
	0,000	0	MASA MOLECULAR 98,078
	0,000	0	
	0,000	0	
	0,000	0	

$$2 \text{ H} = 2 \times 1,008 = 2,016$$

$$1 \text{ S} = 1 \times 32,066 = 32,066$$

$$4 \text{ O} = 4 \times 15,999 = 63,996$$

$$Mm (\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,078$$

ELEMENTO Y MA	Nº		
C 12,011	1	EJEMPLO 6 CO₂	
O 15,999	2		
	0,000	0	MASA MOLECULAR 44,009
	0,000	0	
	0,000	0	
	0,000	0	

$$1 \text{ C} = 1 \times 12,011 = 12,011$$

$$2 \text{ O} = 2 \times 15,999 = 31,998$$

$$Mm (\text{CO}_2) = 44,009$$

Transformaciones químicas

Mol y Número de Avogadro

Mol. Un mol es la cantidad de sustancia que contiene el número de Avogadro de partículas (átomos, moléculas, iones, electrones, etc). El número de Avogadro (N_A) vale $6,023 \cdot 10^{23}$ partículas.

La masa de un mol de átomos es la masa atómica expresada en gramos (masa molar: Se mide en g/mol). Mientras que la masa de un sólo átomo es la masa atómica expresada en una.

La masa de un mol de moléculas es la masa molecular expresada en gramos (masa molar: Se mide en g/mol). Mientras que la masa de una molécula es la masa molecular expresada en una.

La relación es: un mol contiene el número de Avogadro de partículas y su masa es su masa atómica o molecular expresada en gramos.

Ejemplos:

1 mol de átomos de carbono contiene $6,023 \cdot 10^{23}$ átomos de carbono y su masa molar es de 12 g/mol

1 mol de átomos de oxígeno contiene $6,023 \cdot 10^{23}$ átomos de oxígeno y su masa molar es de 16 g/mol

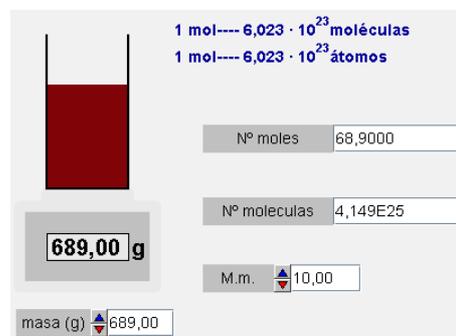
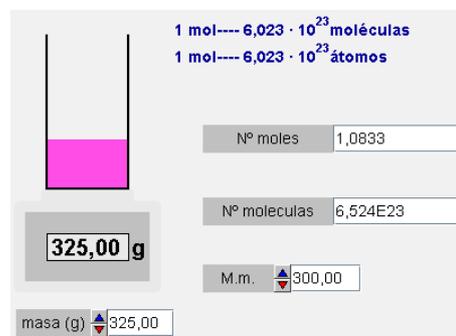
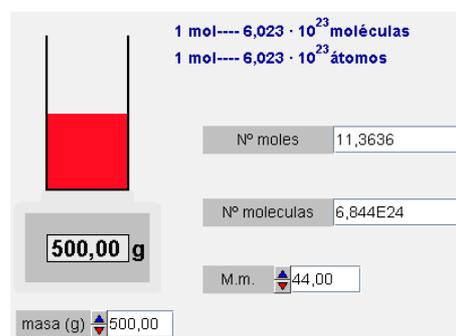
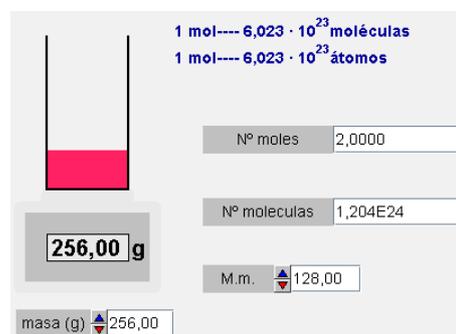
1 mol de átomos de nitrógeno contiene $6,023 \cdot 10^{23}$ átomos de nitrógeno y su masa molar es de 14 g/mol

1 mol de moléculas de agua contiene $6,023 \cdot 10^{23}$ moléculas de agua y su masa molar es de 18 g/mol

1 mol de moléculas de amoníaco contiene $6,023 \cdot 10^{23}$ moléculas de amoníaco y su masa molar es de 17 g/mol

1 mol de moléculas de dióxido de carbono contiene $6,023 \cdot 10^{23}$ moléculas de dióxido de carbono y su masa molar es de 44 g/mol

En la columna de la derecha se exponen ejemplos en los que para ciertos compuestos de los que se conoce su masa molecular, se establece la relación entre la masa de la sustancia (en la balanza), el número de moles y el número de moléculas.



Concentración en las disoluciones

Disolución. Mezcla homogénea que tiene dos componentes uno minoritario, el soluto, y otro mayoritario el disolvente.

Algunas formas de expresar la concentración (proporción o cantidad de soluto que hay en una determinada cantidad de disolución) de las disoluciones son:

% en masa. Cantidad en gramos de soluto por cada 100 gramos de disolución. Ej. 3% en masa significa que hay 3 g de soluto por cada 100 g de disolución

% en volumen. Cantidad en mililitros de soluto por cada 100 mililitros de disolución. Ej. 3% en volumen significa que hay 3 ml de soluto por cada 100 ml de disolución.

g/L. Cantidad en gramos de soluto por cada litro (1000 mililitros) de disolución. Ej. 3 g/L significa que hay 3 g de soluto por cada litro (1000 ml) de disolución

Molaridad. Número de moles de soluto por cada litro de disolución (moles/litro). Ej. 2,5 M (2,5 molar), significa que hay 2,5 moles de soluto en cada litro de disolución.

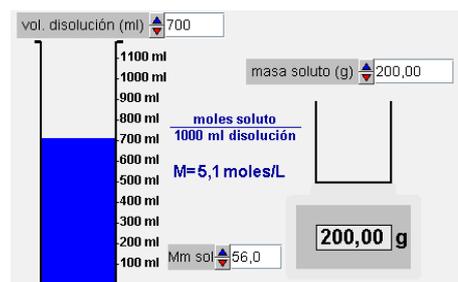
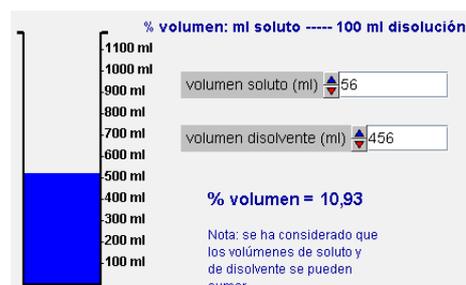
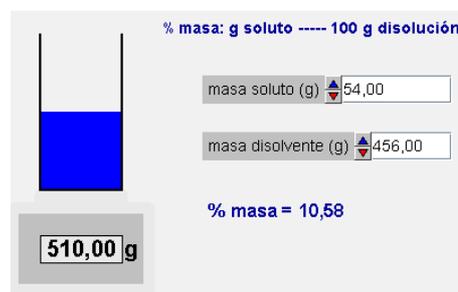
Ejemplos de ejercicios pueden ser los siguientes:

¿Qué volumen de disolución, en litros, con una concentración de 1 M, se pueden preparar con 37 moles de NaCl?

Solución: 37 L

¿Qué volumen de concentración 1,6 M, hay que tomar para preparar 482 cc de concentración 0,2 M?

Solución: 60.25 cc



Transformaciones químicas

Leyes de los gases ideales

Un gas ideal es un modelo, consistente en un conjunto de partículas que se mueven libremente, que no experimentan atracción entre ellas y que cumplen las siguientes leyes.

Nombre de la ley	Magnitud constante	Expresión de la ley
Ley de Boyle	Temperatura	$P_a \cdot V_a = P_d \cdot V_d$
Ley de Charles	Presión	$V_a \cdot T_a = V_d \cdot T_d$
Ley de Gay-Lussac	Volumen	$P_a \cdot T_a = P_d \cdot T_d$
Ley general	---	$P_a \cdot V_a / T_a = P_d \cdot V_d / T_d$
Ley general	$R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$	$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$
Ley de Dalton	Temperatura y volumen	$P_T = P_a + P_b + P_c$

P: presión, V: volumen, T: temperatura, n: n^o moles, R: cte gases

Los gases ideales cumplen la **hipótesis de Avogadro** que establece que "una **cantidad de cualquier tipo de gas**, en un **mismo volumen**, a la **misma temperatura** y la **misma presión**, contiene el **mismo número de moléculas**, independientemente del tipo de gas que sea.

Se sabe que en condiciones normales (0°C y 1 atm), 1 mol de gas ideal (que contiene el número de Avogadro de moléculas), ocupa 22,4 litros, independientemente del tipo de gas que haya dentro del recipiente.

Las leyes de Boyle y Mariotte y de Charles y Gay-Lussac relacionan la presión, el volumen y la temperatura de un gas de dos en dos, por parejas. Sin embargo, es posible deducir una ley que las incluya a las tres: la ley de los gases perfectos.

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1 \quad \frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1} \quad \frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$$

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}$$

Según esta ley, es el producto de la presión, volumen e inverso de la temperatura lo que permanece constante en los gases y a partir de ella podemos deducir el resto de las leyes de los gases ideales estudiadas anteriormente.

Ejemplo de cálculo de magnitudes gaseosas. Primero tenemos las condiciones iniciales del gas, segundo modificamos dos de sus magnitudes y finalmente obtenemos el valor de la magnitud que queremos determinar.

DATOS INICIALES DEL GAS

P1 (atm)

V1 (L)

T1 (K)

DATOS FINALES DEL GAS

Determinar

DATOS INICIALES DEL GAS

P1 (atm)

V1 (L)

T1 (K)

DATOS FINALES DEL GAS

Determinar

P2 (atm)

T2 (K)

DATOS INICIALES DEL GAS

P1 (atm)

V1 (L)

T1 (K)

DATOS FINALES DEL GAS

Determinar

P2 (atm)

V2 (L)

T2 (K)

Amadeo Avogadro (1776 - 1856). Químico y físico italiano, nacido en Turín.

Estableció en 1811, «dos volúmenes iguales de cualquier gas, a la misma T y P, contienen el mismo número de moléculas». Cuando Avogadro presentó esta hipótesis no fue aceptada y tuvieron que pasar 50 años hasta que, fuera aceptada, fecha en la que Avogadro ya había fallecido.

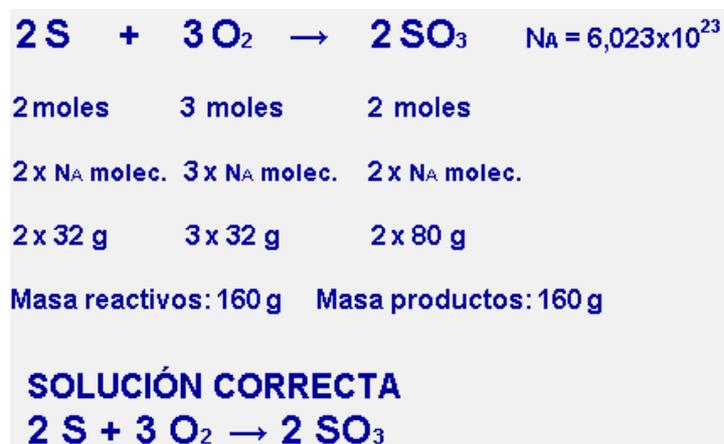
4. Estequiometría

Relaciones de masa

A la parte de la química que estudia los cálculos numéricos cuantitativos relativos a las cantidades de las sustancias que intervienen en una reacción química se le denomina estequiometría (literalmente significa contar algo que no se puede dividir).

En una reacción química, la relación cuantitativa entre las sustancias que intervienen viene dada por los coeficientes estequiométricos, de manera que la relación entre los moles de las sustancias es la misma que la de los coeficientes estequiométricos.

Teniendo en cuenta la relación entre moles, moléculas y masa, donde un mol siempre tiene el número de Avogadro de partículas y su masa es la masa molar, las relaciones estequiométricas serían como las que se muestran en los siguientes ejemplos:



Para la reacción de formación de agua a partir de oxígeno e hidrógeno, vamos a partir de 50 g de oxígeno y vamos a determinar las relaciones estequiométricas de los moles, gramos y moléculas de todas las demás sustancias que intervienen en la reacción.

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	DATOS
2 moles 1 mol 2 moles	gramos
2 x N _A molec. N _A x molec. 2 x N _A molec.	REACTIVO 2
2 x 2 g 32 g 2 x 18 g	
Masa reactivos: 36 g Masa productos: 36 g	

50	moles
	moléculas
	gramos

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	DATOS
2 moles 1 mol 2 moles	gramos
2 x N _A molec. N _A x molec. 2 x N _A molec.	REACTIVO 2
2 x 2 g 32 g 2 x 18 g	
Masa reactivos: 36 g Masa productos: 36 g	

6,25	1,562	3,125	moles
1,882E24	9,41E23	1,882E24	moléculas
6,25	50	56,25	gramos

Repetimos el ejercicio anterior pero en este caso, partiendo de 3 moles de hidrógeno:

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	DATOS
2 moles 1 mol 2 moles	moles
2 x N _A molec. N _A x molec. 2 x N _A molec.	REACTIVO 1
2 x 2 g 32 g 2 x 18 g	
Masa reactivos: 36 g Masa productos: 36 g	

3			moles
			moléculas
			gramos

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	DATOS
2 moles 1 mol 2 moles	moles
2 x N _A molec. N _A x molec. 2 x N _A molec.	REACTIVO 1
2 x 2 g 32 g 2 x 18 g	
Masa reactivos: 36 g Masa productos: 36 g	

3	1,5	3	moles
1,806E24	9,034E23	1,806E24	moléculas
6	48	54	gramos

Transformaciones químicas

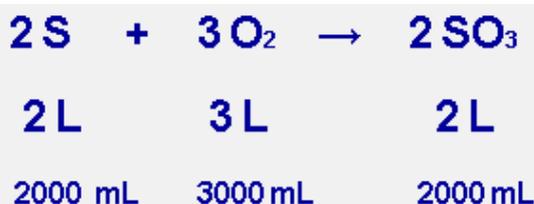
Relaciones de volumen

Cuando todos los reactivos y productos sean **gases** en las mismas condiciones de presión y temperatura, se cumple que la relación entre los volúmenes de las sustancias que intervienen es la expresada por los coeficientes estequiométricos.

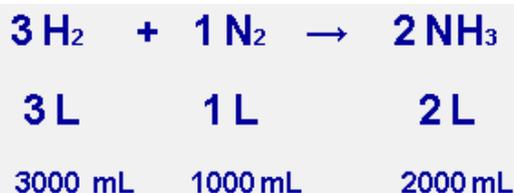
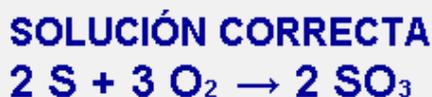
Cuando se habla de volúmenes nos referimos a cualquier unidad (litros, mililitros, metros cúbicos...).

Nota importante. Recordar que la relación entre moles y volúmenes de gases ideales viene dada por $PV=nRT$. Por lo tanto, en general un mol no equivale a un litro. Un mol de gas ideal en condiciones normales ocupa 22,4 L.

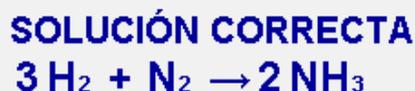
Ejemplos de este tipo de relaciones pueden ser:



Todas las sustancias que intervienen son gases que están a la misma presión y a la misma temperatura



Todas las sustancias que intervienen son gases en están a la misma presión y a la misma temperatura



Para la reacción de formación de agua a partir de oxígeno e hidrógeno, vamos a partir de 10 L de oxígeno y vamos a determinar las relaciones estequiométricas de los moles, y litros de todas las demás sustancias que intervienen en la reacción.

2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O	DATOS
2 litros		1 litro		2 litros	REACTIVO 2
					litros
					moles
					PRESIÓN 1
					TEMPERATURA 273
REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T					

2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O	DATOS
2 litros		1 litro		2 litros	REACTIVO 2
20		10		20	litros
0,893		0,446		0,893	moles
					PRESIÓN 1
					TEMPERATURA 273
REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T					

Repetimos el ejercicio anterior pero en este caso, partiendo de 5 litros de hidrógeno a 3 atm y 500 K:

2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O	DATOS
2 litros		1 litro		2 litros	REACTIVO 1
5					litros
					moles
					PRESIÓN 3
					TEMPERATURA 500
REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T					

2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O	DATOS
2 litros		1 litro		2 litros	REACTIVO 1
5		2,5		5	litros
0,365		0,182		0,365	moles
					PRESIÓN 3
					TEMPERATURA 500
REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T					

Transformaciones químicas

Reactivo limitante y en exceso

Cuando los reactivos no se encuentran en proporciones estequiométricas, al producirse la reacción completa uno de los reactivos se consumirá totalmente y se llama **reactivo limitante**, mientras que de otro sobrará cierta cantidad y se llama **reactivo en exceso**.

Nota importante. La determinación de las cantidades de productos deben realizarse a partir del reactivo limitante o de la parte que reacciona del reactivo en exceso (la parte que no reacciona del reactivo en exceso no da lugar a productos).

Partimos, por ejemplo, de 3 moles de azufre y de 4 de oxígeno para formar trióxido de azufre. Calcular el reactivo limitante, el reactivo en exceso y la cantidad no consumida del mismo, y la cantidad de productos obtenidos. Calcular todas las cantidades en moles y gramos

2 S	+	3 O₂	→	2 SO₃	DATOS
2 moles		3 moles		2 moles	moles
2 x 32 g		3 x 32 g		2 x 80 g	
<input type="text" value="3"/>		<input type="text" value="4"/>	cantidades iniciales		
					moles
					gramos

2 S	+	3 O₂	→	2 SO₃	DATOS
2 moles		3 moles		2 moles	moles
2 x 32 g		3 x 32 g		2 x 80 g	
<input type="text" value="3"/>		<input type="text" value="4"/>	cantidades iniciales		
Exceso					
0,33 moles					
Limitante					
<input type="text" value="2,666"/>		<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="2,666"/>	moles	
<input type="text" value="85,333"/>		<input type="text" value="128"/>	<input type="text" value="213,333"/>	gramos	

Ejemplo. Inicialmente partimos de 15 g de azufre y de 9 de oxígeno. Calcular el reactivo limitante, el reactivo en exceso y la cantidad no consumida del mismo, y la cantidad de productos obtenidos. Calcular todas las cantidades en moles y gramos.

2 S	+	3 O₂	→	2 SO₃	DATOS
2 moles		3 moles		2 moles	gramos
2 x 32 g		3 x 32 g		2 x 80 g	
<input type="text" value="15"/>		<input type="text" value="9"/>	cantidades iniciales		
					moles
					gramos

2 S	+	3 O₂	→	2 SO₃	DATOS
2 moles		3 moles		2 moles	gramos
2 x 32 g		3 x 32 g		2 x 80 g	
<input type="text" value="15"/>		<input type="text" value="9"/>	cantidades iniciales		
Exceso					
9 g					
Limitante					
<input type="text" value="0,187"/>		<input type="text" value="0,281"/>	<input type="text" value="0,187"/>	moles	
<input type="text" value="6"/>		<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="15"/>	gramos	

Ejemplo. Inicialmente partimos de 9 g de azufre y de 15 de oxígeno. Calcular el reactivo limitante, el reactivo en exceso y la cantidad no consumida del mismo, y la cantidad de productos obtenidos. Calcular todas las cantidades en moles y gramos.

2 S	+	3 O₂	→	2 SO₃	DATOS
2 moles		3 moles		2 moles	gramos
2 x 32 g		3 x 32 g		2 x 80 g	
<input type="text" value="9"/>		<input type="text" value="15"/>	cantidades iniciales		
					moles
					gramos

2 S	+	3 O₂	→	2 SO₃	DATOS
2 moles		3 moles		2 moles	gramos
2 x 32 g		3 x 32 g		2 x 80 g	
<input type="text" value="9"/>		<input type="text" value="15"/>	cantidades iniciales		
Limitante					
Exceso					
1,5 g					
<input type="text" value="0,281"/>		<input type="text" value="0,421"/>	<input type="text" value="0,281"/>	moles	
<input type="text" value="9"/>		<input type="text" value="13,5"/>	<input type="text" value="22,5"/>	gramos	

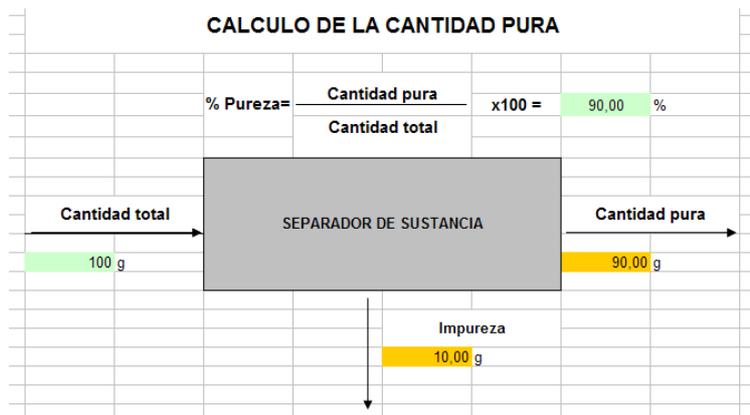
Transformaciones químicas

Pureza

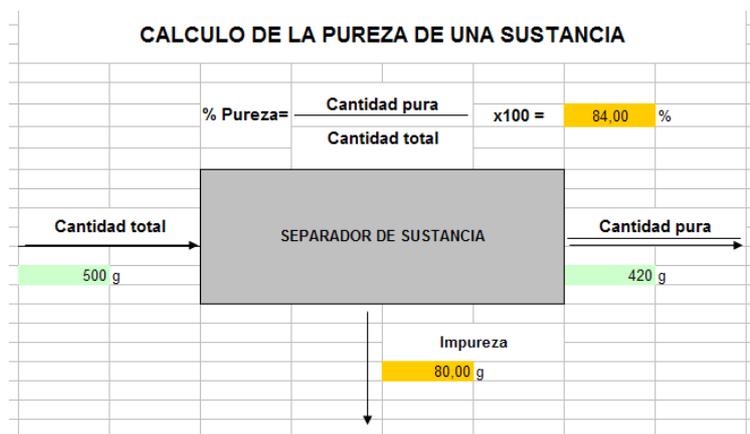
Los reactivos que intervienen en las reacciones químicas, pueden contener impurezas, es decir, que parte de los reactivos son sustancias que no reaccionarán en la reacción que estamos estudiando. Para diferenciar la parte de reactivo que sí reaccionará (parte pura) de la que no (parte impura), se define el % de pureza:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Cantidad totalmente pura}}{100/\text{Cantidad total de sustancia}}$$

Ejemplo: Una sustancia con un 90 % de pureza, tiene en cada 100 g totales de sustancia, 90 g de sustancia pura y 10 g de otras sustancias diferentes (impurezas). Esto puede apreciarse en el siguiente ejercicio.



Ejemplo: Una sustancia de 500 g, tiene en cada 420 g de sustancia pura. Calcular la cantidad pura y el % de pureza.



Ejemplo gráfico: Una sustancia con un 80 % de pureza, tiene en cada 200 g totales de sustancia. Calcular la cantidad de sustancia pura e impura.

% PUREZA = $\frac{\text{CANTIDAD PURA}}{\text{CANTIDAD TOTAL}} \times 100$

masa total (g)

CANTIDAD PURA: 160 g

CANTIDAD IMPURA: 40 g

inici | Pureza | | limpiar

Ejemplo gráfico: Una sustancia con un 30 % de pureza, tiene en cada 750 g totales de sustancia. Calcular la cantidad de sustancia pura e impura.

% PUREZA = $\frac{\text{CANTIDAD PURA}}{\text{CANTIDAD TOTAL}} \times 100$

masa total (g)

CANTIDAD PURA: 225 g

CANTIDAD IMPURA: 525 g

inici | Pureza | | limpiar

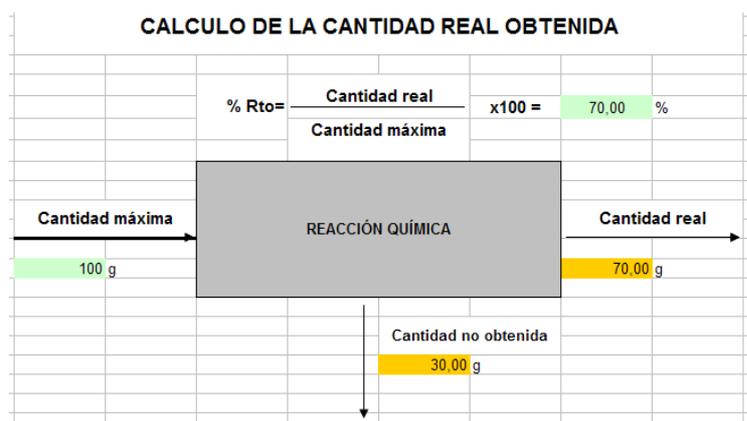
Transformaciones químicas

Rendimiento

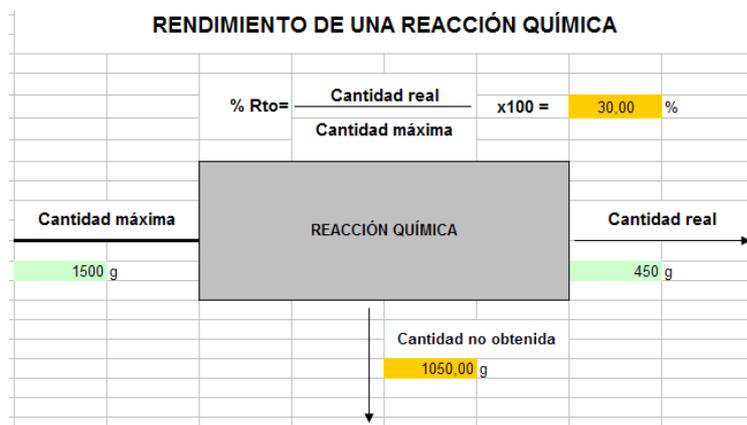
Normalmente en las reacciones químicas no se obtiene toda la cantidad de producto que se podría obtener, debido a pérdidas diversas. Por ello se define el % de rendimiento. Una reacción ideal tendrá un rendimiento del 100 %, en las reacciones reales el rendimiento será inferior.

% Rendimiento = Cantidad real de producto x 100/Cantidad máxima de producto obtenible

Ejemplo. Una reacción que tenga un 70 % de rendimiento, significa que de cada 100 g que se podrían haber obtenido como máximo, sólo se han obtenido 70 g



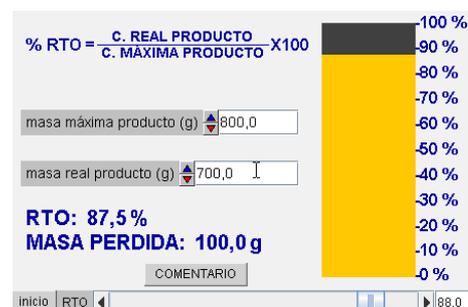
Ejemplo: Si sobre una cantidad máxima de producto de 1500 g, se obtienen 450 g. Calcular la cantidad perdida y el % de rendimiento.



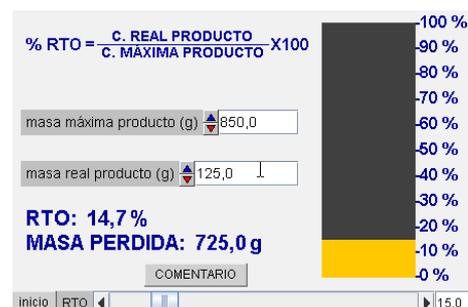
Ej. gráfico: En una reacción se podrían obtener un máximo de 380 g de producto, pero tras realizar el proceso se obtienen 240 g. Calcular el rendimiento de la reacción.



Ejemplo gráfico: En una reacción con un rendimiento del 88 % se obtienen 700 g de producto. Calcular la cantidad máxima de producto que podría haberse obtenido.



Ej. gráfico: Cantidad máxima 850 g, cantidad real 125 g ¿Rendimiento?



Transformaciones químicas

Análisis estequiométrico completo

Vamos a considerar el caso completo, es decir, una reacción, en la que tengamos reactivo limitante y en exceso, que los reactivos no sean puros y que la reacción no sea ideal (rendimiento menor del 100%).

Para la resolución de estos casos conviene seguir una serie de pasos que detallamos en la escena que se abre al pulsar el enlace.

Los cálculos presentados en este capítulo sobre las reacciones químicas se realizan mediante reglas de tres y los pasos que se deben dar para resolver los problemas son los siguientes:

CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS (PASOS)

1. AJUSTAR LA REACCIÓN
2. ÍNDICAR LAS RELACIONES MOLARES (O VOLUMÉTRICAS)
3. ÍNDICAR LAS RELACIONES MOLECULARES
4. ÍNDICAR LAS RELACIONES DE MASA
5. COMPROBAR CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE LAVOISIER
6. DETERMINAR CANTIDAD PURA DE LOS REACTIVOS (% PUR)
7. DETERMINAR REACTIVO LIMITANTE Y EN EXCESO
8. CALCULAR LAS CANTIDADES DE REACTIVOS Y DE PRODUCTOS A PARTIR DE LOS DATOS INICIALES Y DE LAS RELACIONES ESTABLECIDAS
9. APLICAR EL RENDIMIENTO DE LAS CANTIDADES DE PRODUCTO OBTENIDAS

Esquema general para la resolución completa de problemas estequiométricos.

2 S + 3 O₂ → 2 SO₃ DATOS

0	0	moles	
%PUR 0	%PUR 0		
0	0	0	0
Limitante	Limitante		
0	0	0	0
0	0	0	0
		%RTO 0	
			moles
			gramos

Ejemplo. Para la formación del trióxido de azufre partimos de 20 g de azufre (70 % pureza) y de 10 de oxígeno (90 % pureza). Si el rendimiento es del 60 %, realizar todos los cálculos estequiométricos de relativos a la reacción.

2 S + 3 O₂ → 2 SO₃ DATOS

20	10	gramos	
%PUR 70	%PUR 90		
14	9	0,112	9
Exceso	Limitante		
8 g			
0,187	0,281	0,187	moles
6	9	15	gramos
		%RTO 60	

Ejemplo. Realizar los mismos cálculos pero partiendo de 5 moles de azufre y 6 moles de oxígeno, con la misma pureza y rendimiento.

2 S + 3 O₂ → 2 SO₃ DATOS

5	6	moles	
%PUR 70	%PUR 90		
3,5	5,4	2,1	168
Limitante	Exceso		
	0,15 moles		
3,5	5,25	3,5	moles
112	168	260	gramos
		%RTO 60	

Ejemplo. Realizar los mismos cálculos pero partiendo de 5 moles de azufre y 6 moles de oxígeno, con pureza y rendimiento del 100 % en todos los casos.

2 S + 3 O₂ → 2 SO₃ DATOS

5	6	moles	
%PUR 100	%PUR 100		
5	6	4	320
Exceso	Limitante		
1 moles			
4	6	4	moles
128	192	320	gramos
		%RTO 100	



Para practicar

- Decir si los fenómenos relacionados son predominantemente físicos o químicos.
 - Pila funcionando,
 - formación de estalactita,
 - fundición de oro,
 - aparece el arcoiris,
 - uso de combustibles,
 - radio funcionando,
 - estufa eléctrica,
 - análisis de sangre,
 - lluvia,
 - alimento que se estropea.
- Dados ciertos reactivos, elegir los productos que fundamentalmente se obtendrán al reaccionar entre sí.
 - Madera y aire,
 - hierro y oxígeno,
 - oro y aire,
 - vinagre y limón,
 - sodio metálico y agua,
 - vino al aire,
 - mosto en barril,
 - animal muerto,
 - gasolina en combustión,
 - fruta pelada al aire.
- Ajustar las reacciones químicas que aparecen en el ejercicio.
 - $\text{Ti} + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO}_2$
 - $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$
 - $\text{Ag} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}$
 - $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Dada la masa de los reactivos, calcular la masa de los productos.
 - 234 g,
 - 456 g,
 - 123 g,
 - 678 g,
 - 89 g.
- Dados los valores de la energía de los enlaces, determinar el valor de la energía de reacción, e indicar si son exotérmicas o endotérmicas.

$$\text{A} \text{---} \text{B} + \text{C} \text{---} \text{D} \rightarrow \text{A} \text{---} \text{C} + \text{B} \text{---} \text{D}$$

$E_{\text{A-B}} = 126,2 \text{ kJ/mol}$ RESPUESTA
 $E_{\text{C-D}} = 752,6 \text{ kJ/mol}$ COMPROBAR
 $E_{\text{A-C}} = 673,0 \text{ kJ/mol}$
 $E_{\text{B-D}} = 792,0 \text{ kJ/mol}$

$$\text{A} \text{---} \text{B} + \text{C} \text{---} \text{D} \rightarrow \text{A} \text{---} \text{C} + \text{B} \text{---} \text{D}$$

$E_{\text{A-B}} = 202,7 \text{ kJ/mol}$ RESPUESTA
 $E_{\text{C-D}} = 435,6 \text{ kJ/mol}$ COMPROBAR
 $E_{\text{A-C}} = 81,6 \text{ kJ/mol}$
 $E_{\text{B-D}} = 501,4 \text{ kJ/mol}$

Transformaciones químicas



Para practicar

6. Indicar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones.
- a) La velocidad de una reacción química no depende de la temperatura.
 - b) Un determinado catalizador acelera la velocidad de cualquier reacción.
 - c) Los conservantes de los alimentos son inhibidores de reacción.
 - d) Siempre que las moléculas de reactivos colisionan se forman productos.
 - e) La teoría de colisiones permite explicar la ley de conservación de la masa.
 - f) La teoría de colisiones permite explicar el mecanismo de todas las reacciones.
 - g) Normalmente, a mayor temperatura mayor velocidad de reacción.
 - h) La concentración de los reactivos no afecta a la velocidad de reacción.
 - i) La naturaleza de los reactivos afecta a la velocidad de reacción.
 - j) El grado de división de los reactivos afecta a la velocidad de reacción.
7. Clasificar las siguientes reacciones dentro de la categoría que le corresponde.

$\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}_2$ <p>(A)</p>	$\text{N}_2 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ <p>(F)</p>	ÁCIDO-BASE
$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ <p>(B)</p>	$\text{H}_2\text{S} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>(G)</p>	
$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ <p>(C)</p>	$\text{PbSO}_4 + \text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ <p>(H)</p>	REDOX
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{LiOH} \rightarrow \text{LiSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>(D)</p>	$\text{AgNO}_3 + \text{RbBr} \rightarrow \text{AgBr} + \text{RbNO}_3$ <p>(I)</p>	
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>(E)</p>		PRECIPITACIÓN



Para practicar

8. Calcular las masas moleculares de las siguientes sustancias:
 - a) C_2H_2 , b) C_6H_6 , c) $CaSO_4$, d) $Ba(OH)_2$, e) $CsCl$, f) Br_2S .

9. Calcular:
 - a) El número de moles y de moléculas que hay en 204,1 g de una sustancia cuya masa molecular es de 774,5.
 - b) El número de moléculas y la masa que hay en 7 moles de una sustancia cuya masa molecular es de 643,5.
 - c) El número de moles y de moléculas que hay en 547,4 g de una sustancia cuya masa molecular es de 841,1.

10. Calcular la concentración molar de una disolución que contiene:
 - a) 114,9 g de soluto de peso molecular 194,8 y 734,0 ml de disolvente.
 - b) 15,9 g de soluto de peso molecular 148,9 y 457,0 ml de disolvente.

11. Calcular:
 - a) El número de moles de un gas, cuyo volumen es de 18,4 litros, temperatura 598,0 K y presión 361,2 atm.
 - b) El volumen ocupado por un gas, que tiene 742,3 moles, temperatura 408,0 K y presión 867,4 atm.
 - c) La presión que ejerce un gas, cuyo volumen es de 90,2 litros, temperatura 532,0 K y 446,9 moles.
 - d) La temperatura que tiene un gas, que contiene 943,3 moles, presión 28,3 atm y volumen 78,7 litros.
 - e) El número de moles de un gas, cuyo volumen es de 76,4 litros, temperatura 488,0 K y presión 710,6 atm.

12. Calcula la pureza de la sustancia que presenta 859,6 g de sustancia pura y 477,9 g de impurezas.

13. Calcula el rendimiento de una reacción en la que se obtiene una cantidad real de producto de 288,4 g sobre una cantidad máxima de 384,7 g.

Transformaciones químicas



Para practicar

14. Realizar los cálculos de los siguientes problemas:

$2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ 2 moles 3 moles 2 moles 2 x NA molec. 3 x NA molec. 2 x NA molec. 2 x 32 g 3 x 32 g 2 x 80 g Masa reactivos: 160 g Masa productos: 160 g	DATOS <input type="text"/> <input type="text"/>
moles moléculas gramos CALCULAR	
Suponiendo reacción ideal, calcular los moles, moléculas y gramos de todas las sustancias que intervienen partiendo de 242,5 g de azufre	

$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 1 mol 2 moles 1 mol 2 moles NA mc. 2 x NA mc. NA mc. 2 x NA mc. 16 g 2 x 32 g 44 g 2 x 18 g Masa reactivos: 80 g Masa productos: 80 g	DATOS <input type="text"/> <input type="text"/>
moles moléculas gramos CALCULAR	
Suponiendo reacción ideal, calcular los moles, moléculas y gramos de todas las sustancias que intervienen partiendo de 727,9 g de metano	

15. Realizar los cálculos de los siguientes problemas:

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 2 litros 1 litro 2 litros	DATOS <input type="text"/>
litros moles	
PRESIÓN <input type="text" value="476.5"/> TEMPERATURA <input type="text" value="756.6"/>	
REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T CALCULAR	
Suponiendo reacción ideal, calcular los litros y moles de todas las sustancias que intervienen partiendo de 162,6 litros de hidrógeno, estado el gas a 476,5 atm y 756,6 K	

$3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ 3 litros 1 litro 2 litros	DATOS <input type="text"/>
litros moles	
PRESIÓN <input type="text" value="104"/> TEMPERATURA <input type="text" value="709.6"/>	
REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T CALCULAR	
Suponiendo reacción ideal, calcular los litros y moles de todas las sustancias que intervienen partiendo de 917,2 litros de nitrógeno, estado el gas a 104,0 atm y 709,6 K	

16. Calcular la cantidad de moles y gramos de agua que se obtendrán si partimos de 90,4 g de hidrógeno (70 % de pureza) y de 214,1 g de oxígeno (15 % pureza). El rendimiento de la reacción es del 44 %.

17. En la reacción de combustión del propano con oxígeno, se obtiene dióxido de carbono y agua. Calcular la cantidad de moles y gramos de productos que se obtendrán si partimos de 654 moles de propano (29 % de pureza) y de 623,6 moles de oxígeno (63 % pureza). El rendimiento de la reacción es del 39 %.

18. En la reacción de combustión del metano con oxígeno, se obtiene dióxido de carbono y agua. Calcular la cantidad de moles y gramos de productos que se obtendrán si partimos de 486,7 moles de metano (45 % de pureza) y de 96,2 moles de oxígeno (46 % pureza). El rendimiento de la reacción es del 10 %.

19. En la reacción de combustión del metano con oxígeno, se obtiene dióxido de carbono y agua. Calcular la cantidad de moles y gramos de productos que se obtendrán si partimos de 663,1 g de metano (90 % de pureza) y de 170,9 g de oxígeno (92 % pureza). El rendimiento de la reacción es del 57 %.



Curiosidades científicas

En este apartado vamos a exponer algunas curiosidades relacionadas con las reacciones químicas. Si te interesa el tema puedes buscar el fundamento de las mismas.

El ácido del estómago es tan fuerte que sin su capa de mucosidad, el estómago se digeriría a sí mismo.

Científicos rusos desenterraron a orillas del río Beresovka, en Siberia, el cadáver congelado de un mamut, animal extinguido desde hace 10.000 años. Su carne estaba en tan buen estado que, tras ser descongelada, fue cocinada y comida por los investigadores en un banquete de celebración.

Si usted huele el compuesto buril seleno mercaptán, seguramente no lo olvidará nunca. Su aroma recuerda a un cóctel de huevo podrido, ajo, cebolla, gas de cloaca y col descompuesta, y está considerado como el más penetrante que existe.

Gracias a su dieta rica en salmón y baja en colesterol los Inuits raramente sufren enfermedades cardíacas.

Una rana venenosa adulta de la especie colombiana "Dardo Dorado" posee toxinas como para matar 1.000 humanos.

Carlos II de Inglaterra se envenenó mientras usaba mercurio en sus experimentos.

La sensación de ardor que se tiene al comer chile mexicano se debe a una sustancia llamada capsicina. El mejor remedio para esto es el helado.

En Israel en la época contemporánea de Jesús, cuando una mujer era acusada de adúltera, era conducida al templo. Allí los sacerdotes luego de observarla cuidadosamente, le daban a beber un brebaje denominado "Las aguas amargas", que consistía en un veneno muy poderoso. Si era una mujer bella, le daban el brebaje solamente, sobrevivía y quedaba sirviendo durante un tiempo en el templo, en caso de no ser agraciada, le daban el mismo brebaje mezclado con cal viva, esto producía que lastimase la mucosa del estómago y entonces sí, el veneno cumplía con su efecto mortal.

En cada paso que damos imprimimos en el suelo, a través de la suela del zapato, miles de millones de moléculas olorosas de ácido butírico, que pueden ser rastreadas fácilmente por un perro.

Los científicos han descubierto que los perros pueden oler la presencia del autismo en los niños.

Existen organismos capaces de sobrevivir en temperaturas de hasta 133°C.

El porcentaje de mortalidad por la mordedura de la serpiente mamba negra es del 95%.

Cada vaca doméstica emite aproximadamente 105 libras (47,6 Kg) de metano al año.

Transformaciones químicas



Recuerda lo más importante

Iniciación a las reacciones químicas

- En las reacciones químicas se rompen y se forman enlaces químicos, cambiando así la naturaleza de las sustancias.

Reactivos -----> Productos

- Toda reacción química debe estar **ajustada**.

- Ley de conservación de la masa:

Masa total de reactivos = Masa total de productos

- Energía de reacción:

$$E_{\text{reacción}} = E_{\text{romper enlaces}} - E_{\text{formar enlaces}}$$

- **Velocidad de reacción.** Depende de: la naturaleza de la sustancia, temperatura, grado de división, catalizadores, inhibidores, concentración de reactivos.

- **Teoría de colisiones.** Para que se produzca reacción las colisiones de los reactivos deben de ser eficaces, con energía suficiente y orientación adecuada.

Tipos de reacciones químicas

- Acido-base. pH (0-14) mide si un medio es ácido y básico

- Redox.

- Precipitación.

- Complejación.

Magnitudes y leyes básicas

- **Masa atómica y masa molecular.**

- **1 mol de átomos ---- NA de átomos**

1 mol moléculas ---- NA de moléculas

- **Concentración de las disoluciones:** % masa, g/L, Molaridad, % volumen.

- **Hipótesis de Avogadro.** Todos los gases ideales, con igual V, T y P, tienen el mismo número de moléculas

Estequiometría

- En una reacción química, las **relaciones cuantitativas de masa y volumen** vienen dadas por los **coeficientes estequiométricos**.

- **Reactivo limitante** es el que se consume totalmente en una reacción.

- **Reactivo en exceso** es el que no se consume totalmente y sobra parte de él.

- **% Pureza** = Masa reactivo puro x 100/Masa total reactivo

- **% Rendimiento** = Cantidad real producto x 100/Cantidad máxima producto

Autoevaluación



1. En una reacción química refaccionan 432,3 g de reactivos, ¿Qué cantidad de productos se formarán?.
2. En una reacción la energía necesaria para romper los enlaces de los reactivos es de 589,9 J mientras que la liberada en los enlaces formados en los productos es de 128,6 J. Calcular la energía de reacción.
3. Ajustar la siguiente reacción:
$$\text{C}_{10}\text{H}_{22} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
4. Calcular el número de gramos que hay en 200 moles de agua.
5. Calcular la molaridad de una disolución que tiene 10 moles de soluto en 4 litros de disolución.
6. Calcular el número de moles de un gas ideal que se encuentra en un volumen de 27 L a una presión de 3 atm y a una temperatura de 400 K.
7. Calcular la cantidad pura de una sustancia cuya masa es de 78 g y su pureza del 57%.
8. Calcular los moles de agua que se pueden obtener a partir de 100 moles de hidrógeno y 37 moles de oxígeno. Suponiendo reacción ideal.
9. Calcular los litros de HI que se pueden obtener a partir de 12 litros de hidrógeno y 23 litros de yodo. Todas las sustancias son gaseosas a la misma presión y temperatura.
10. Calcular los moles de agua que se pueden obtener a partir de 2 moles de hidrógeno y 4 moles de oxígeno, siendo el rendimiento de la reacción el 78 %.

Transformaciones químicas

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. Cambios físicos: c, d, f, g, i. Cambios químicos: a, b, e, h, j
2. a) Serrín y humo, b) hierro oxidado, c) sin reacción, d) gas y otros, e) óxido de sodio, f) vinagre, g) vino, h) descomposición, i) energía y gases, j) fruta podrida.
3. a) $\text{Ti} + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO}_2$ b) $4 \text{Fe} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$ c) $4 \text{Ag} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag}_2\text{O}$
d) $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ e) $\text{CH}_3\text{OH} + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
4. a) 234 g, b) 456 g, c) 123 g, d) 678 g, e) 89 g.
- 5.



E_{A-B} = 126,2 kJ/mol

RESPUESTA -586,1

E_{C-D} = 752,6 kJ/mol

NUEVO

E_{A-C} = 673,0 kJ/mol

E_{B-D} = 792,0 kJ/mol

CORRECTO

**E_{REACCIÓN} = E_{ROMPER ENLACES} - E_{FOMAR ENLACES}
-586,1 kJ/mol EXOTÉRMICA**



E_{A-B} = 202,7 kJ/mol

RESPUESTA 55,4

E_{C-D} = 435,6 kJ/mol

NUEVO

E_{A-C} = 81,6 kJ/mol

E_{B-D} = 501,4 kJ/mol

CORRECTO

**E_{REACCIÓN} = E_{ROMPER ENLACES} - E_{FOMAR ENLACES}
55,4 kJ/mol ENDOTÉRMICA**

6. Verdaderas: c, e, g, i, j. Falsas: a, b, d, f, h.
7. Ácido-Base: c, d, g. Redox: a, e, f. Precipitación: b, h, i
8. a) 28,054, b) 78,114, c) 136,142, d) 171,284, e) 168,358, f) 191,874.
9. a) 0,2635 moles y $1,587 \cdot 10^{23}$ moléculas, b) 4504,5 g y $4,216 \cdot 10^{24}$ moléculas, c) 0,6508 moles y $3,919 \cdot 10^{23}$ moléculas
10. a) 0,8 M, b) 0,23 M.
11. a) 135,5 moles, b) 28,6 L, c) 216,1 atm, d) 28,7 K, e) 1356,7 moles.
12. 64,2 %
13. 74,5 %

Transformaciones químicas

Soluciones de los ejercicios para practicar

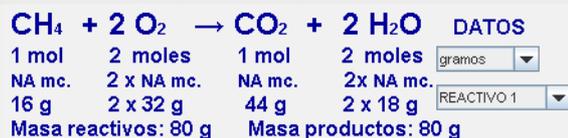
14.



<input type="text" value="7,578"/>	<input type="text" value="11,367"/>	<input type="text" value="7,578"/>	moles
<input type="text" value="4,564E24"/>	<input type="text" value="6,846E24"/>	<input type="text" value="4,564E24"/>	moléculas
<input type="text" value="242,5"/>	<input type="text" value="363,75"/>	<input type="text" value="606,25"/>	gramos

NUEVO

Suponiendo reacción ideal, calcular los moles, moléculas y gramos de todas las sustancias que intervienen partiendo de 242,5 g de azufre



<input type="text" value="45,493"/>	<input type="text" value="90,987"/>	<input type="text" value="45,493"/>	<input type="text" value="90,987"/>	moles
<input type="text" value="2,74E25"/>	<input type="text" value="5,48E25"/>	<input type="text" value="2,74E25"/>	<input type="text" value="5,48E25"/>	moléculas
<input type="text" value="727,9"/>	<input type="text" value="2911,6"/>	<input type="text" value="2001,725"/>	<input type="text" value="1637,775"/>	gramos

NUEVO

Suponiendo reacción ideal, calcular los moles, moléculas y gramos de todas las sustancias que intervienen partiendo de 727,9 g de metano

15.



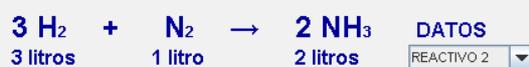
<input type="text" value="162,6"/>	<input type="text" value="81,3"/>	<input type="text" value="162,6"/>	litros
<input type="text" value="1248,829"/>	<input type="text" value="624,414"/>	<input type="text" value="1248,829"/>	moles

PRESIÓN TEMPERATURA

REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T

NUEVO

Suponiendo reacción ideal, calcular los litros y moles de todas las sustancias que intervienen partiendo de 162,6 litros de hidrógeno, estado el gas a 476,5 atm y 756,6 K



<input type="text" value="2751,6"/>	<input type="text" value="917,2"/>	<input type="text" value="1834,4"/>	litros
<input type="text" value="4918,03"/>	<input type="text" value="1639,343"/>	<input type="text" value="3278,686"/>	moles

PRESIÓN TEMPERATURA

REACTIVOS Y PRODUCTOS GASEOSOS A IGUAL P Y T

NUEVO

Suponiendo reacción ideal, calcular los litros y moles de todas las sustancias que intervienen partiendo de 917,2 litros de nitrógeno, estado el gas a 104,0 atm y 709,6 K

16. H₂O: 0,883 moles y 15,896 g.

17. CO₂: 91,93 moles y 4044,3 g. H₂O: 122,57 moles y 2206,34 g.

18. CO₂: 2,212 moles y 97,35 g. H₂O: 4,425 moles y 79,65 g.

19. CO₂: 1,399 moles y 61,61 g. H₂O: 2,8 moles y 50,41 g.

Transformaciones químicas

Soluciones de los ejercicios de autoevaluación

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. 432.3 g
2. 461.3 J
3. $b = 33/2$ (15.5) $c = 10$ $d = 11$
4. 3600 g
5. 2.5 M
6. 2.47 moles
7. 44.46 g
8. 74 moles
9. 24 L
10. 1.56 moles

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Saber que estudia la química orgánica o química del carbono.
- Conocer el origen y una breve historia de esta parte de la química.
- Reconocer la importancia de la química del carbono, tanto por número de compuestos, como por la utilidad de los mismos.
- Conocer las principales características de las sustancias orgánicas.
- Estudiar las características de los principales elementos que componen las sustancias orgánicas, especialmente del átomo de carbono.
- Analizar la combinación y tipos de enlaces de los elementos en los compuestos orgánicos como grupos funcionales y cadenas hidrocarbonadas.
- Iniciarse en la formulación y nomenclatura de los compuestos orgánicos.
- Sentar las bases generales que permitan estudios posteriores de esta rama de la química.

Antes de empezar

1. Introducción a la química orgánica p. 284
 Reseña histórica
 Importancia química orgánica
 Propiedades de los compuestos orgánicos
2. Elementos en Química Orgánica p. 287
 Elementos básicos
 El átomo de carbono
 Hidrógeno y heteroátomos
 Concepto de grupo funcional
 Clasificación en grupos funcionales
3. Normas generales de formulación p. 292
 Estructura de los compuestos orgánicos
 Prefijos que indican nº carbonos
 Prefijos que indican repetición
 Prioridad de los grupos funcionales
 Pasos para nombrar compuestos
 Pasos para formular compuestos
4. Formulación de compuestos pág. 300
 Hidrocarburos
 Halógenos y nitrocompuestos
 Ácidos carboxílicos
 Ésteres
 Ámidas primarias
 Nitrilos
 Aldehídos
 Cetonas
 Alcoholes
 Aminas primarias
 Éteres

Ejercicios para practicar

Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Antes de empezar



Recuerda

Los elementos de los compuestos orgánicos se unen fundamentalmente mediante enlaces covalentes. Para saber como se unen los átomos es muy importante conocer su configuración electrónica. Para repasarlos vamos a emplear el juego fyq de par en par, basado en el concurso de TV, "Pasapalabra"

Emparejar la configuración con sus correspondientes elementos:

1:Azufre 2: Oxígeno 3: Hidrógeno 4: Flúor 5: Boro
6: Silicio 7:Cloro 8: Carbono 9: Nitrógeno

A: $1s^2 2s^2 2p^6 2s^2 2p^4$ B: $1s^2 2s^2 2p^1$ C: $1s^1$ D: $1s^2 2s^2 2p^6 2s^2 2p^5$
E: $1s^2 2s^2 2p^6 2s^2 2p^2$ F: $1s^2 2s^2 2p^2$ G: $1s^2 2s^2 2p^5$ H: $1s^2 2s^2 2p^3$
I: $1s^2 2s^2 2p^4$

Respuestas correctas: 1-A, 2-I, 3-C, 4-G, 5-B, 6-E, 7-D, 8-F. 9-H

Investiga

Cuando se quiere determinar la antigüedad de restos de seres vivos, telas, muebles u otros cuerpos u objetos, se emplea la denominada técnica de datación mediante la prueba del carbono-14. ¿En qué consiste esta prueba?, ¿se puede datar cualquier sustancia con ella?, ¿hay límite de tiempo dentro del cuál se puede detectar la antigüedad de las muestras con fiabilidad?.

La química del carbono

1. Introducción a la química orgánica

Reseña histórica

La química desde sus inicios en el siglo XVIII y XIX, se divide en dos grandes ramas: química orgánica y química inorgánica.

Química orgánica: Se asoció a la química de los seres vivos y sustancias relacionadas con ellos. Se pensaba que las sustancias orgánicas sólo las podían sintetizar los seres vivos porque para preparar compuestos orgánicos se necesitaba algo que sólo poseían los seres vivos la fuerza vital.

Química inorgánica: Se asoció a las sustancias inertes. Comprendía al resto de la química distinta a la química relacionada con los seres vivos.

La **química orgánica** se llama también química de los compuestos del **carbono** (no necesariamente de los seres vivos), estudiando la **preparación, reactividad, propiedades y estructuras** de estos tipos de compuestos.

Ejemplos de sustancias orgánicas e inorgánicas son:

SUSTANCIA	TIPO
Mármol	Inorgánica
Sangre	Orgánica
Alcohol	Orgánica
Agua	Inorgánica
Árbol	Orgánica
Piedra	Inorgánica
Mosca	Orgánica
Tiza	Inorgánica
Ordenador	Inorgánica
Persona	Orgánica

F. Wöhler sintetiza una sustancia orgánica (urea) a partir de sustancias inorgánicas. Destruye la teoría de la fuerza vital. Kolbe y Berthelot sintetizan otras sustancias como etanol (alcohol) o ácido acético (vinagre) a partir de sustancias inorgánicas. Kekulé, Van't Hoff y Le Bel, entre otros, descubren la tetravalencia del carbono, su forma de unirse, su distribución espacial en los compuestos, ect.



Friedrich Wöhler (1800-1882). Pedagogo y químico alemán, nació en Eschersheim (hoy parte de Fráncfort sobre el Main) y falleció en Gotinga.



Friedrich August Kekule von Stradonitz (1829 -1896) fue un químico orgánico alemán. Nació en Darmstadt y falleció en Tessin (Alemania).

Importancia de la química orgánica

La química orgánica es básica en: investigación (bioquímica, medicina, farmacología, alimentación, etc.), química industrial, combustibles fósiles, etc. Los compuestos orgánicos son mucho más numerosos que los inorgánicos. Destacaremos los siguientes:

Sustancias de interés biológico. Los bioelementos (elementos químicos que forman parte de los seres vivos en mayor proporción) se agrupan en moléculas comunes a todos los seres vivos o principios inmediatos: nucleótidos, aminoácidos, monosacáridos, ácidos grasos. También lo son: drogas, medicinas, venenos, insecticidas, conservantes...

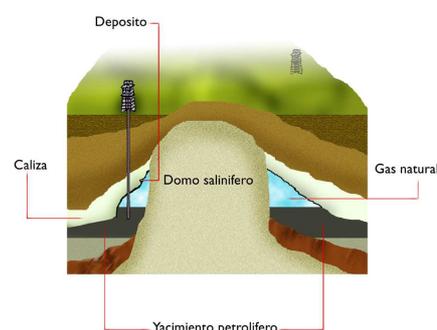
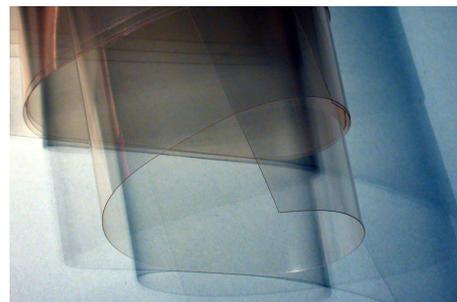
Sustancias de interés industrial. Los polímeros, formados por unidades iguales que se repiten, monómeros, al unirse entre sí en gran cantidad. Existen polímeros naturales y artificiales. Se usan como: plásticos, textiles, pegamentos, aislantes, formicas, vidrio orgánico... Otras sustancias orgánicas de interés industrial son: detergentes, cosméticos, perfumes, aditivos...

Sustancias de interés energético. La combustión de petróleo, carbón, gas natural o madera, permiten la obtención de energía aprovechable y de materias primas.

El petróleo es una sustancia aceitosa, oscura, de olor característico y menos densa que el agua. Químicamente es, fundamentalmente, una mezcla de hidrocarburos, aunque contiene también cantidades variables de azufre, nitrógeno y otros elementos. Formado a partir de microorganismos acuáticos, animales y plantas, se encuentra empapando calizas y areniscas en formaciones sedimentarias.

El petróleo está formado por miles de compuestos químicos diferentes y se clasifica en función de su densidad, siendo de mayor calidad cuanto menor sea su densidad, ya que implica que abundan los hidrocarburos con pocos átomos de carbono y se puede extraer de él una mayor cantidad de combustibles.

Extraído mediante pozos petrolíferos, el petróleo es una sustancia básica en la industria moderna. De él se extraen no sólo combustibles, sino materias primas para la elaboración de detergentes, fibras sintéticas, plásticos...



La química del carbono

Propiedades fundamentales de los compuestos orgánicos

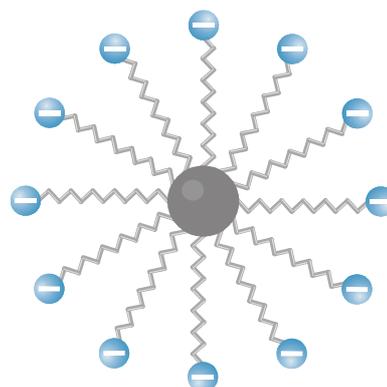
Las principales propiedades de los compuestos orgánicos se recogen a continuación:

- Forman parte de los seres vivos o de las sustancias relacionadas con ellos, (contienen CHONPS).
- Sus enlaces intramoleculares son covalentes y los intermoleculares puentes de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals.
- La mayoría son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos.
- La mayoría se desnaturalizan por el calor y arden con facilidad.
- Sus reacciones suelen ser lentas al tener que romper enlaces muy estables.
- En sus reacciones se suelen producir reacciones secundarias y rendimientos variables.
- Sus reacciones pueden ser catalizadas por encima.



A continuación proponemos un ejemplo de clasificación de sustancias según sus propiedades:

Solubles en agua (A)	Forman enlaces metálicos (F)	S. ORGÁNICAS
Catálisis enzimática (B)	Sus reacciones pueden ser catalizadas (G)	
Contienen básicamente: C,H,O,N (C)	Contienen enlaces químicos (H)	AMBAS
Solubles en disolventes orgánicos (D)	Pueden reaccionar químicamente (I)	
Resistentes al calor (E)		S. INORGÁNICAS



Soluciones:

Sustancias orgánicas: (B), (C), (D)

Ambas: (G), (H), (I)

Sustancias inorgánicas: (A), (E), (F)

2. Elementos en Química Orgánica

Elementos básicos de los compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos tienen como elemento fundamental al carbono, elemento tetravalente (que forma cuatro enlaces covalentes) que puede formar cadenas de longitud y ramificación variable. Estas cadenas, además suelen contener hidrógeno. De aquí que los compuestos orgánicos estén formados por cadenas hidrocarbonadas (de carbono e hidrógeno).

Además de estos átomos los compuestos orgánicos pueden contener otros átomos, denominados heteroátomos, siendo los más frecuentes: oxígeno, nitrógeno, halógenos, azufre y fósforo, aunque pueden contener otros elementos.

Los elementos más frecuentes en los compuestos orgánicos son: **C, H, O, N, P, S, X.**

Ejemplos de elementos frecuentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos:

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

CARBONO (C)

ORGÁNICA

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

OXÍGENO (O)

ORGÁNICA

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

ORO (Au)

INORGÁNICA

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

CALCIO (Ca)

INORGÁNICA

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

BARIO (Ba)

INORGÁNICA

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

FLÚOR (F)

ORGÁNICA

ELEMENTOS EN QUÍMICA ORGÁNICA

Determinar si el siguiente elemento aparece predominantemente en sustancias orgánicas o inorgánicas:

HIDRÓGENO (H)

ORGÁNICA

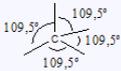
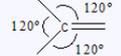
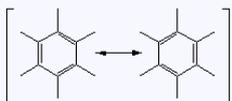
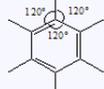
La química del carbono

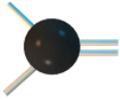
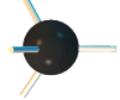
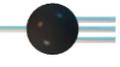
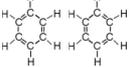
El átomo de carbono

El carbono tiene seis protones y seis electrones ($Z=6$). Sus isótopos naturales son: C-12 (99 %), C-13 (1%), C-14 (trazas).

Su configuración electrónica muestra que hay 4 electrones en su última capa ($1s^2 2s^2 2p^2$), faltándole otros 4 para completarla (configuración de capa completa $1s^2 2s^2 2p^6$). Para ello, podría ganar o perder 4 electrones, "y esto sería demasiado" Por ello, el carbono tiende a compartir 4 electrones mediante enlaces covalentes. Los tipos de enlaces pueden ser: simples (comparten un par de electrones), dobles (comparten dos pares), triples (comparten tres pares) y aromáticos, que son "enlaces especiales", que pueden considerarse intermedios entre los enlaces simples y dobles.

El carbono forma cuatro enlaces covalentes, de tipo: **simple, doble, triple o aromático.**

Numero y tipo de enlace	Representación	Geometría
4 simples		Tetraédrica ($109,5^\circ$) 
1 doble y 2 simples		Triangular (120°) 
2 dobles		Lineal (180°) 
1 triple y 1 simple		Lineal (180°) 
Aromático 3 simples y "2 medios dobles" (enlaces dobles reales mezcla entre las dos estructuras)		Hexágono regular (120°) 

	
Simple	Doble
	
Triple	Aromático

Ejemplos sobre el número de enlaces que forma el átomo de carbono:

Nº DE ENLACES DEL CARBONO

Un átomo de carbono forma:
Enlaces triples: 0
Enlaces dobles: 0
Enlaces simples: 4

¿Además de estos enlaces, cuantos enlaces más con átomos de hidrógeno podría formar este átomo de carbono?

0

Nº DE ENLACES DEL CARBONO

Un átomo de carbono forma:
Enlaces triples: 0
Enlaces dobles: 0
Enlaces simples: 3

¿Además de estos enlaces, cuantos enlaces más con átomos de hidrógeno podría formar este átomo de carbono?

1

Nº DE ENLACES DEL CARBONO

Un átomo de carbono forma:
Enlaces triples: 1
Enlaces dobles: 0
Enlaces simples: 1

¿Además de estos enlaces, cuantos enlaces más con átomos de hidrógeno podría formar este átomo de carbono?

0

Nº DE ENLACES DEL CARBONO

Un átomo de carbono forma:
Enlaces triples: 0
Enlaces dobles: 1
Enlaces simples: 0

¿Además de estos enlaces, cuantos enlaces más con átomos de hidrógeno podría formar este átomo de carbono?

2

Hidrógeno y heteroátomos

El hidrógeno es el segundo elemento fundamental en los compuestos orgánicos. Sólo posee un electrón y dada su configuración electrónica sólo puede formar un enlace covalente simple.

Al resto de los átomos que no son carbono o hidrógeno se les denomina heteroátomos. Los más comunes son: oxígeno, nitrógeno, halógenos, azufre, fósforo y nitrógeno (aunque pueden contener otros).

Los compuestos orgánicos están formados por **carbono, hidrógeno y heteroátomos**.

El número, tipo y geometría de enlaces que forman los átomos que se unen al carbono dependen de su configuración electrónica, y se recogen en la siguiente tabla:

Átomos	Configuración	nº y tipo de enlaces	Geometría
H	1s ¹	1 simple	Lineal (180°) 
F, Cl, Br, I	ns ² np ⁵	1 simple	Lineal (180°) 
O, S, Se, Te	ns ² np ⁴	2 simples	Angular (105°) 
		1 doble	Lineal (180°) 
N, P	ns ² np ³	3 simples	Pirámide trigonal (107°) 
		1 doble y 1 simple	Angular (115°) 
		1 triple	Lineal (180°) 
Si, Ge	ns ² np ²	4 simples	Tetraédrica (109,5°) 

Cuanto mayor es el orden de enlace (triple:3, doble:2, simple: 1), menor es la longitud del enlace.

Cuando un compuesto orgánico contiene en su estructura uno o más elementos metálicos, se le denomina compuesto "organometálico".

Nº DE ENLACES DE LOS ELEMENTOS

Determinar el número de enlaces que deben formar los siguientes elementos:

FLÚOR (F)

1

Nº DE ENLACES DE LOS ELEMENTOS

Determinar el número de enlaces que deben formar los siguientes elementos:

BORO (B)

3

Nº DE ENLACES DE LOS ELEMENTOS

Determinar el número de enlaces que deben formar los siguientes elementos:

OXÍGENO (O)

2

Nº DE ENLACES DE LOS ELEMENTOS

Determinar el número de enlaces que deben formar los siguientes elementos:

COLORO (Cl)

1

Nº DE ENLACES DE LOS ELEMENTOS

Determinar el número de enlaces que deben formar los siguientes elementos:

HIDRÓGENO (H)

1

La química del carbono

Concepto de grupo funcional

Grupo funcional. Conjunto de átomos, enlazados de una determinada forma, que presentan una estructura y propiedades físico-químicas determinadas que caracterizan a los compuestos orgánicos que los contienen.

Ej. Grupo funcional alcohol: -O-H

Ej. Grupo funcional éter: -O-

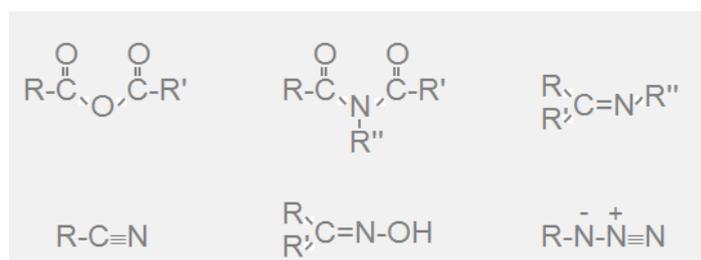
Ej. Grupo funcional amina primaria: -NH₂.

Un compuesto orgánico presenta cadenas de carbono e hidrógeno a las que se pueden unir o insertar uno o más grupos funcionales:

En un compuesto pueden existir varios grupos funcionales. Sus propiedades físicas y químicas vendrán determinadas fundamentalmente por ellos.

Existen muchos grupos funcionales, grupos de átomos que pueden sustituir al hidrógeno en una cadena de hidrocarburos y estos grupos pueden aparecer conjuntamente en una misma cadena carbonada, de ahí la gran diversidad de compuestos orgánicos. Y es que el carbono, junto con apenas otros 10 elementos, forma más sustancias distintas que los restantes 90 elementos de la tabla periódica.

Existen gran variedad de grupos funcionales. Algunos ejemplos son los siguientes:



Sus nombres de izquierda a derecha son: anhídrido, imida, imina, nitrilo, oxima, azida.

En la columna de la derecha se presentan los nombres y las fórmulas de algunos grupos funcionales.

GRUPOS FUNCIONALES

Elegir el nombre correcto del siguiente grupo funcional:

-COOH

AC. CARBOXÍLICO

GRUPOS FUNCIONALES

Elegir el nombre correcto del siguiente grupo funcional:

-O-

ÉTER

GRUPOS FUNCIONALES

Elegir el nombre correcto del siguiente grupo funcional:

-OH

ALCOHOL

GRUPOS FUNCIONALES

Elegir el nombre correcto del siguiente grupo funcional:

-CONH₂

AMIDA

Clasificación en grupos funcionales

Los grupos funcionales se pueden clasificar por el tipo de elementos que los constituyen en:

Hidrocarburos: C, H

Tipo	Nombre Grupo funcional	Fórmula desarrollada	Fórmula abreviada	Nombre como principal	Nombre como sustituyente
H I D R O C A R B U R O S	Alcanos		C_nH_{2n+2}	-ano	-ilo
	Alquenos		C_nH_{2n}	-eno	-enilo
	Alquinos		C_nH_{2n-2}	-ino	-inilo
	Aromáticos		C_6H_6	-benceno	fenil-

Halógenos: C, H, F, Cl, Br, I

Tipo	Nombre Grupo funcional	Fórmula desarrollada	Fórmula abreviada	Nombre como principal	Nombre como sustituyente
H A L O G E N O S	Flúor	-F	R-F	---	fluoro-
	Cloro	-Cl	R-Cl	---	cloro-
	Bromo	-Br	R-Br	---	bromo-
	Yodo	-I	R-I	---	yodo-

Oxigenados: C, H, O

Tipo	Nombre Grupo funcional	Fórmula desarrollada	Fórmula abreviada	Nombre como principal	Nombre como sustituyente
O X I G E N A D O S	Alcohol	-OH	R-OH	-ol	hidroxi-
	Éter	-O-	R-O-R ₁	-eter	-oxi
	Aldehidos		R-CHO	-al	formil-
	Cetonas		R-CO-R ₁	-ona -cetona	oxo-
	Ácidos carboxílicos		R-COOH	ácido -oico	carboxi-
	Ésteres		R-COO-R ₁	-ato de -ilo	-oxicarbonil -oiloxi

Nitrogenados: C, H, N

Tipo	Nombre Grupo funcional	Fórmula desarrollada	Fórmula abreviada	Nombre como principal	Nombre como sustituyente
N I T R O G E N A D O S	Nitrocompuestos		R-NO ₂	---	nitro-
	aminas	-NH ₂	R-NH ₂	-amina	amino-
	nitrilos	-C≡N	R-C≡N	-nitrilo	ciano-
	amidas		R-CONH ₂	-amida	carboxamido-

Principales grupos funcionales: ac. carboxílico, éster, amida, nitrilo, aldehído, cetona, alcohol, amina, éter, nitro, halógenos, aromático, alqueno y alquino

Ejemplo de clasificación de grupos funcionales:

CETONA -CO- (A)	AC. CARBOXÍLICO -COOH (F)	HIDROCARBUROS Y HALÓGENADOS
NITRO NO ₂ (B)	FLUOROALCANO -F (G)	
ALQUENO -C=C- (C)	NITRILLO -CN (H)	OXIGENADOS
ALCOHOL -OH (D)	ALQUINO -C≡C- (I)	NITROGENADOS
AMINA -NH ₂ (E)		

Soluciones:

Hidrocarburos: (C), (G), (I)

Oxigenados: (A), (D), (F)

Nitrogenados: (B), (E), (H)

Nota: Aunque los compuestos orgánicos presentan una gran variedad de grupos funcionales, en este tema nos limitaremos a estudiar los presentados en este capítulo, que son los grupos funcionales básicos en química orgánica.

La química del carbono

3. Normas generales de formulación

Estructura de los compuestos orgánicos

Un compuesto orgánico, presenta cadenas de carbono e hidrógeno a las que se pueden unir o insertar, uno o más grupos funcionales.

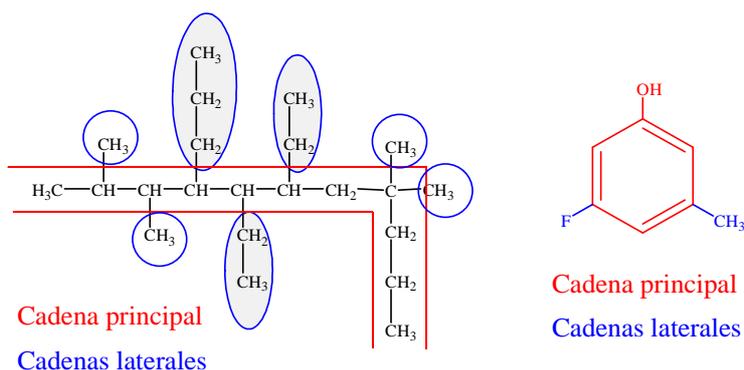
Tanto los grupos funcionales como las cadenas, se clasifican en principales y en no principales o laterales. A la hora de nombrar los compuestos se citan primero las cadenas laterales (C.L.) y al final la principal (C.P.).

cadenas laterales (C.L.) + cadena principal (C.P.)

El grupo funcional principal están necesariamente en la cadena principal, mientras que los no principales están o son cadenas laterales o sustituyentes, es decir, no principales.

En la siguiente figura se presentan dos compuestos orgánicos, indicándose en rojo la cadena principal de los mismos y en azul las laterales.

Estructuras de los compuestos orgánicos



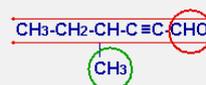
En la columna de la derecha se presentan ejemplos de compuestos orgánicos, indicando la cadena principal y las laterales de los mismos.

ESTRUCTURA DE COMPUESTOS

EJEMPLO Nº 1

CON DETALLE

Los compuestos orgánicos poseen una cadena principal y el resto son cadenas laterales o sustituyentes. Se marcan en:
- Rojo la cadena principal
- Verde laterales o sustituyentes.



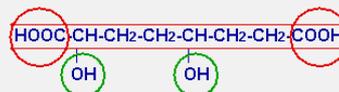
-CHO es el grupo funcional principal.
-CH3 es la cadena lateral.

ESTRUCTURA DE COMPUESTOS

EJEMPLO Nº 2

CON DETALLE

Los compuestos orgánicos poseen una cadena principal y el resto son cadenas laterales o sustituyentes. Se marcan en:
- Rojo la cadena principal
- Verde laterales o sustituyentes.



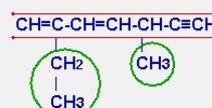
-COOH son los grupos funcionales principales.
-OH son grupos funcionales no principales o sustituyentes.

ESTRUCTURA DE COMPUESTOS

EJEMPLO Nº 3

CON DETALLE

Los compuestos orgánicos poseen una cadena principal y el resto son cadenas laterales o sustituyentes. Se marcan en:
- Rojo la cadena principal
- Verde laterales o sustituyentes.



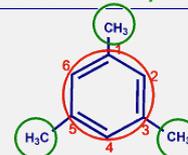
-Los dobles y triples enlaces pueden considerarse los grupos principales.
-CH3 y CH2-CH3 son las cadenas laterales.

ESTRUCTURA DE COMPUESTOS

EJEMPLO Nº 4

CON DETALLE

Los compuestos orgánicos poseen una cadena principal y el resto son cadenas laterales o sustituyentes. Se marcan en:
- Rojo la cadena principal
- Verde laterales o sustituyentes.



El anillo es la cadena y grupo principal.
-CH3 son las cadenas laterales.

Prefijos que indican nº carbonos

El número de átomos de carbonos de una cadena de un compuesto orgánico, se indica mediante los prefijos que se recogen en la tabla que aparece en el enlace de inferior.

Cuando la cadena de carbonos es cíclica, se antepone al prefijo que indica el número de carbonos la palabra ciclo.

Si el número de carbonos es elevado, se indica secuencialmente los prefijos empezado por las unidades, después las decenas y finalmente las centenas.

Ej. 569 carbonos = nonahexacontapentahecta; nona (9 átomos) + hexaconta (60 átomos) + pentahecta (500 átomos)

En la siguiente tabla se recogen los principales prefijos que hacen referencia al número de carbonos:

Nº C	Prefijo	Nº C	Prefijo	Nº C	Prefijo	Nº C	Prefijo
1	Meta-	11	Undeca-	21	H eneicos-	40	Tetraconta-
2	Eta-	12	Dodeca-	22	D ocos-	50	Pentaconta-
3	Propa-	13	Trideca-	23	T ricos-	60	Hexaconta-
4	Buta-	14	Tetradeca-	24	T etra-	70	Heptaconta-
5	Penta-	15	Pentadeca-	25	Pentacos-	80	Octaconta-
6	Hexa-	16	Hexadeca-	26	Hexacos-	90	Nonaconta-
7	Hepta-	17	Heptadeca-	27	Heptacos-	100	Hecta-
8	Octa-	18	Octadeca-	28	Octacos-	200	Dihecta-
9	Nona-	19	Nonadeca-	29	Nonacos-	300	Trihecta-
10	Deca-	20	Eicosa-	30	Triaconta-	400	Tetrahecta-

A continuación se relacionan algunos ejemplos:

PREFIJOS. NÚMERO DE CARBONOS

¿Qué número de átomos de carbono contiene la cadena de un compuesto según el prefijo?:

PENTACONTA-

50

PREFIJOS. NÚMERO DE CARBONOS

¿Qué número de átomos de carbono contiene la cadena de un compuesto según el prefijo?:

DONONACONTA-

92

PREFIJOS. NÚMERO DE CARBONOS

¿Qué número de átomos de carbono contiene la cadena de un compuesto según el prefijo?:

HENHEPTACONTA-

71

PREFIJOS. NÚMERO DE CARBONOS

¿Qué número de átomos de carbono contiene la cadena de un compuesto según el prefijo?:

HENEICOSA-

21

PREFIJOS. NÚMERO DE CARBONOS

¿Qué número de átomos de carbono contiene la cadena de un compuesto según el prefijo?:

PENTATRIACONTA-

35

La química del carbono

Prefijos que indican repetición

Quando un grupo funcional (principal o no), o una cadena lateral se repite, una o más veces, se debe anteponer a su nombre un prefijo que indique tal repetición.

Quando lo que se repite es una cadena lateral que a su vez contiene a otras cadenas laterales, se empleará un prefijo diferente al anterior, que para diferenciarlo del anterior denominaremos prefijo especial.

Estos prefijos que indican repetición se recogen en la siguiente tabla:

Número	Prefijo (C.L.) Sencillas	Prefijo Especial (C.L.) Complejas
2	di-	bis-
3	tri-	tris-
4	tetra-	tetrakis-
5	penta-	pentakis-
6	hexa-	hexakis-
7	hepta-	heptakis-
8	octa-	octakis-
9	nona-	nonakis-
10	deca-	decakis-

A continuación se relacionan algunos ejemplos:

PREFIJOS. REPETICIÓN

¿Qué número de veces se repite el elemento que va precedido por el prefijo?:

OCTA-

8

PREFIJOS. REPETICIÓN

¿Qué número de veces se repite el elemento que va precedido por el prefijo?:

HEPTADECAKIS-

17

PREFIJOS. REPETICIÓN

¿Qué número de veces se repite el elemento que va precedido por el prefijo?:

PENTADECAKIS-

15

PREFIJOS. REPETICIÓN

¿Qué número de veces se repite el elemento que va precedido por el prefijo?:

NONADECA-

19

PREFIJOS. REPETICIÓN

¿Qué número de veces se repite el elemento que va precedido por el prefijo?:

UNDECA-

11

PREFIJOS. REPETICIÓN

¿Qué número de veces se repite el elemento que va precedido por el prefijo?:

TRI-

3

Prioridad de los grupos funcionales

Cuando en los compuestos orgánicos hay grupos funcionales, sólo uno de ellos es principal y el resto son sustituyentes o cadenas laterales

El grupo funcional debe de cumplir dos requisitos para serlo:

1. Debe estar en la cadena principal del compuesto.
2. Debe ser el grupo funcional de mayor prioridad

La prioridad de los grupos funcionales se indica a continuación:

Orden	Grupo funcional	Fórmula desarrollada	Fórmula abreviada	Nombre como principal	Nombre como sustituyente
1°	Ácidos carboxílico		R-COOH	ácido -oico	carboxi-
2°	Éster		R-COO-R ₁	-ato de -ilo	-oxicarbonil -oiloxi
3°	amida		R-CONH ₂	-amida	carboxamido-
4°	nitrilo	-C≡N	R-C≡N	-nitrilo	ciano-
5°	Aldehido		R-CHO	-al	formil-
6°	Cetona		R-CO-R ₁	-ona -cetona	oxo-
7°	Alcohol	-OH	R-OH	-ol	hidroxi-
8°	amina	-NH ₂	R-NH ₂	-amina	amino-
9°	Éter	-O-	R-O-R ₁	-eter	-oxi
---	Flúor	-F	R-F	---	fluoro-
---	Cloro	-Cl	R-Cl	---	cloro-
---	Bromo	-Br	R-Br	---	bromo-
---	Yodo	-I	R-I	---	yodo-
---	Nitrocompuesto		R-NO ₂	---	nitro-

En la columna de la derecha se presentan ejemplos de grupos funcionales, en los que se compara la prioridad relativa de los mismos. El grupo de mayor prioridad aparece con la palabra prioridad a la derecha.

PRIORIDAD. GRUPOS FUNCIONALES

¿Cuál de los siguientes grupos funcionales presenta mayor prioridad?:

AMINA
-NH₂

PRIORIDAD

HALÓGENO
-X (X=F, Cl, Br, I)

PRIORIDAD. GRUPOS FUNCIONALES

¿Cuál de los siguientes grupos funcionales presenta mayor prioridad?:

CETONA
-CO-

NITRIL
-CN

PRIORIDAD

PRIORIDAD. GRUPOS FUNCIONALES

¿Cuál de los siguientes grupos funcionales presenta mayor prioridad?:

AC. CARBOXÍLICO
-COOH

PRIORIDAD

ÉTER
-O-

PRIORIDAD. GRUPOS FUNCIONALES

¿Cuál de los siguientes grupos funcionales presenta mayor prioridad?:

ALCOHOL
-OH

PRIORIDAD

AMINA
-NH₂

PRIORIDAD. GRUPOS FUNCIONALES

¿Cuál de los siguientes grupos funcionales presenta mayor prioridad?:

AMIDA
-CONH₂

ÉSTER
-COO-

PRIORIDAD

La química del carbono

Pasos para nombrar compuestos

Para nombrar los compuestos orgánicos se deben seguir los siguientes pasos:

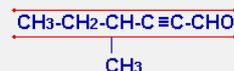
1. Elegir la cadena principal del compuesto.

1. La cadena principal debe de tener al grupo funcional principal (este puede repetirse dentro de la cadena principal y la cadena deberá contenerlo al mayor número de veces posible). Sólo un tipo de grupo funcional es principal el resto son no principales (sustituyentes), el principal es el que esté más arriba de la tabla de prioridades antes estudiada.
2. Se toma como cadena principal aquella que tenga mayor número de enlaces no sencillos o insaturaciones (dobles o triples enlaces).
3. La cadena principal será la que presente mayor número de átomos de carbono (cadena más larga).
4. Se elige como principal la cadena que contenga el máximo número de dobles enlaces.
5. La cadena que tenga el mayor número de cadenas laterales (sustituyentes o radicales) será la principal.
6. La cadena principal será aquella cuyos radicales tengan los localizadores más bajos (en la cadena principal, la cifra que resulta de unir los números que indican la posición de las cadenas laterales, en el orden de aparición de estas, sería la menor que se podría obtener si hiciéramos lo mismo con las otras posibles cadenas).

2. Numerar la cadena principal.

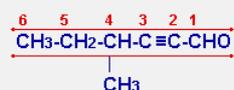
1. El sentido de numeración de dicha cadena principal será aquel que asigne la posición menor al grupo funcional que actúe como principal (en caso de haberlo). Si el grupo principal se repite, el sentido de numeración debe ser aquel que asigne los localizadores más bajos a estos grupos funcionales principales.
2. Se debe comenzar a numerar por aquel carbono de forma que se asignen los localizadores más bajos a las insaturaciones (dobles o triples enlaces).
3. Si coincide la misma mínima posición para las insaturaciones, se da preferencia a los dobles enlaces sobre los triples.
4. La cadena principal se debe empezar a numerar por aquel carbono de tal forma que se asignen los números más bajos a los carbonos con cadenas laterales (independientemente de la naturaleza de estas).
5. Se elige como carbono inicial aquel mediante el cual se dé la posición más baja a aquel radical que se nombre antes por orden alfabético.

PASO N° 1: Elegir la cadena principal del compuesto.



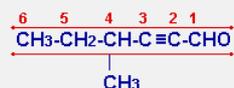
- (1) Cadena con el grupo funcional principal.
- (2) Más insaturaciones.
- (3) Más átomos de carbono.

PASO N° 2: Numerar la cadena principal del compuesto.



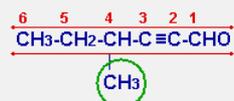
- (1) Se comienza por este extremo porque se le da el número más bajo al grupo funcional principal.

PASO N° 3: Nombrar la cadena principal del compuesto.



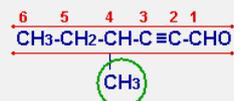
Hex-2-inal. Hex: 6 carbonos, 2-in- (triple en C2), al (aldehído como grupo principal)

PASO N° 4: Nombrar y numerar las cadenas laterales o sustituyentes.



4-Metil. Cadena lateral de 1 átomo de carbono en la posición 4.

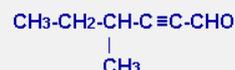
PASO N° 5: Ordenar las cadenas laterales o sustituyentes en orden alfabético.



4-Metil. Sólo hay esta cadena lateral.

PASO N° 6: Proponer el nombre del compuesto completo.

4-METILHEX-2-INAL



Pasos para nombrar compuestos

3. Nombrar la cadena principal.

La cadena principal se nombra de forma completa indicando los siguientes aspectos (si no tiene alguno de los siguientes elementos simplemente no se ponen):

- Número de dobles enlaces: pref. (nº dobles) + en (nº dobles).
- Posición/es de los triples enlaces: (localizador/es), loc.(pos. triples).
- Número de triples enlaces: pref. (nº triples) + in (nº triples).
- Posición/es de los grupos funcionales principales: (localizador/es), loc.(pos. G.F.P.).
- Número de grupos funcionales principales: pref. (nº G.F.P.) + suf. (nº G.F.P.) (tabla de prioridades).

Pref. (nº C) + loc.(pos. dobles) + pref. (nº dobles) + en (nº dobles) + loc.(pos. triples) + pref. (nº triples) + in (nº triples) + loc.(pos. G.F.P.) + pref. (nº G.F.P.) + suf. (G.F.P.)

Si la cadena principal no tiene ni dobles, ni triples enlaces, ni grupos funcionales principales, la forma de indicar el nombre de la cadena principal (que tiene enlaces simples): Pref. (nº C) + ano

Nota: Los números se separan de las letras con guiones y se separan entre sí por comas.

4. Nombrar y numerar las cadenas laterales o sustituyentes.

Las cadenas laterales salen de la principal, y no pueden tener grupos funcionales principales, pero si pueden tener a su vez otras cadenas laterales y éstas otras y así sucesivamente.

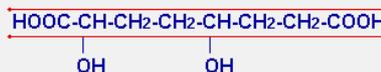
A) Elegir la "cadena principal" de la cadena lateral de acuerdo con las siguientes reglas en orden sucesivo:

1. La "cadena principal" de la cadena lateral debe comenzar por el carbono unido a la cadena principal.
2. Mayor número de dobles y triples enlaces (insaturaciones).
3. Mayor número de carbonos.
4. Mayor número de dobles enlaces.
5. Mayor número de cadenas laterales.
6. Localizadores más bajos en sus cadenas laterales.

B) Numerar la "cadena principal" de la cadena lateral de acuerdo con las siguientes reglas en orden sucesivo" (los números se priman para distinguir los de la cadena principal)

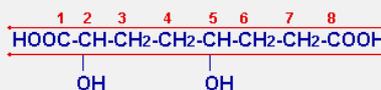
1. El carbono unido a la cadena principal debe ser el carbono número.
2. Se numera desde el carbono 1 hasta el otro extremo. En caso de ser cíclica, se sigue el sentido que asigne menor numeración a dobles y triples enlaces, en caso de igualdad menor numeración a los dobles enlaces y si la igualdad persiste se busca la que de menor numeración a las cadenas laterales.

PASO Nº 1: Elegir la cadena principal del compuesto.



(1) Cadena que contiene al grupo funcional principal más veces (-COOH, dos veces).

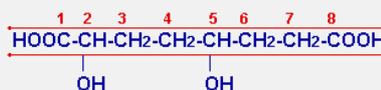
PASO Nº 2: Numerar la cadena principal del compuesto.



(1) El grupo funcional principal obtiene la misma numeración por ambos extremos.

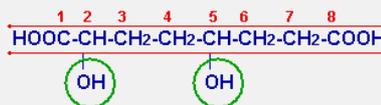
(4) Asignación de localizadores más bajos a las cadenas laterales (2 y 5).

PASO Nº 3: Nombrar la cadena principal del compuesto.



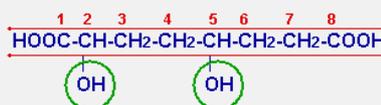
Octanodioico. Octano 8 carbonos, dioico dos grupos funcionales principales -COOH

PASO Nº 4: Nombrar y numerar las cadenas laterales o sustituyentes.



2,5-Dihidroxi. Dos cadenas laterales alcohol en las posiciones 2 y 5.

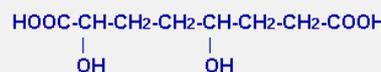
PASO Nº 5: Ordenar las cadenas laterales o sustituyentes en orden alfabético.



2,5-Dihidroxi. Sólo hay grupos alcohol.

PASO Nº 6: Proponer el nombre del compuesto completo.

ÁCIDO 2,5-DIHIROXIOCTANODIÓICO



La química del carbono

Pasos para nombrar compuestos

C) Nombrar la cadena lateral (suponiendo que no tenga otras cadenas laterales).

- N° carbono de la cadena lateral: Pref. (n° C).
- Posición/es de los dobles enlaces: (localizador/es), loc.(pos. dobles).
- N° dobles enlaces: pref. (n° dobles) + en (n° dobles).
- Posición/es de los triples enlaces: (localizador/es), loc.(pos. triples).
- N° triples enlaces: pref. (n° triples) + in (n° triples).
- Sufijo -il: el sufijo -il indica que se trata de una cadena lateral (o radical).

Pref. (n° C) + loc.(pos. dobles) + pref. (n° dobles) + en (n° dobles)+ loc.(pos. triples) + pref. (n° triples) + in (n° triples) + il

5. Ordenar las cadenas laterales o sustituyentes en orden alfabético.

Se escribe el nombre de las cadenas laterales simples y complejas ordenadas en orden alfabético teniendo en cuenta las siguientes reglas:

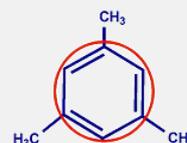
- Si una c. lateral simple se repite, en vez de repetir su nombre, lo que se hace es utilizar los prefijos numerales di, tri, tetra, penta, etc. Ejemplo. Si hay tres cadenas laterales etil, no se escribe etil tres veces, sino que se pone trietil.
- Si una c. lateral compleja (que tiene a su vez otras cadenas laterales), en vez de repetir su nombre, lo que se hace es utilizar los pref. numerales especiales bis, tris, tetrakis, pentakis, etc. y entre paréntesis el nombre completo de la cadena lateral. Ej. Si hay dos c. laterales 2-metilpropil, no se escribe 2-metilpropil dos veces, sino que se pone bis(2-metilpropil).
- Cuando las cadenas laterales son sencillas (no tienen otras cadenas laterales), el orden alfabético se establece mediante la primera letra distinta de los prefijos de repetición, di, tri, tetra, etc.
- Para las cadenas laterales complejas (que tienen otras cadenas laterales), se toma la primera letra del radical para establecer el orden alfabético. Los prefijos especiales bis, tris, tetrakis, nunca se tienen en cuenta a la hora de establecer el orden alfabético.
- Si dos cadenas laterales tienen las mismas letras, se utilizan los números para establecer el orden (el que presente el primer número más pequeño va primero).

6. Proponer el nombre del compuesto completo.

C. Laterales en orden alfabético + C. Principal

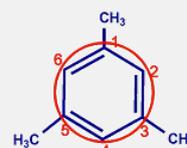
- Cadenas laterales: Pref. (n° C) + loc.(pos. dobles) + pref. (n° dobles) + en (n° dobles)+ loc.(pos. triples) + pref. (n° triples) + in (n° triples) + il
- Cadena principal: Pref. (n° C) + loc.(pos. dobles) + pref. (n° dobles) + en (n° dobles)+ loc.(pos. triples) + pref. (n° triples) + in (n° triples) + loc.(pos. G.F.P.) + pref. (n° G.F.P.) + suf. (G.F.P.)
- Cadena principal con sólo enlaces simples: Pref. (n° C) + ano

PASO N° 1: Elegir la cadena principal del compuesto.



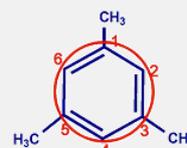
(1) Cadena con el grupo funcional principal (benceno).

PASO N° 2: Numerar la cadena principal del compuesto.



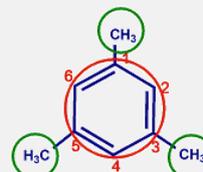
(4) Hay que comenzar por un carbono que contenga una cadena lateral, ya que se da la numeración más baja: 1, 3, 5.

PASO N° 3: Nombrar la cadena principal del compuesto.



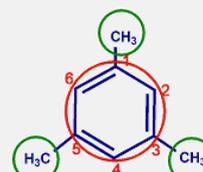
Benceno. Nombre propio de la cadena principal.

PASO N° 4: Nombrar y numerar las cadenas laterales o sustituyentes.



1,3,5-Trimetil. Tres cadenas laterales de 1 átomo de carbono en posiciones 1, 3 y 5.

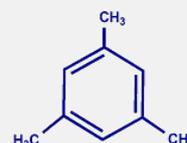
PASO N° 5: Ordenar las cadenas laterales o sustituyentes en orden alfabético.



Metil. Sólo hay un tipo de cadena lateral.

PASO N° 6: Proponer el nombre del compuesto completo.

1,3,5-TRIMETILBENCENO



Pasos para formular compuestos

Para formular los compuestos orgánicos se deben seguir los siguientes pasos:

1. Escribir el esqueleto de la cadena principal (carbonos sin los hidrógenos).
2. Se numera esta estructura comenzando por un extremo cualquiera (en caso de cadena principal lineal), o por un carbono determinado (en caso de ciclo como cadena principal).
3. Se van situando las cadenas laterales en sus posiciones respectivas y se completan sus esqueletos con los hidrógenos necesarios (cada carbono debe establecer 4 enlaces).
4. Se sitúan los dobles y triples enlaces y el grupo o grupos principales existentes.
5. Se completa el esqueleto de la cadena principal con los hidrógenos precisos.

A continuación se detallan mediante ejemplos los pasos a seguir para formular compuestos:

PASO N° 1: Escribir el esqueleto de la cadena principal (carbonos sin hidrógenos).	PASO N° 2: Numerar la cadena principal comenzando por un extremo cualquiera, en caso de que sea lineal, o por un carbono determinado en caso de que sea cíclica.
ÁCIDO 2,5-DIHIIDROXIOCTANODIÓCO	ÁCIDO 2,5-DIHIIDROXIOCTANODIÓCO
C-C -C -C -C -C -C -C	$ \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ C-C & -C \end{array} $

PASO N° 3: Colocar las cadenas laterales en sus correspondientes posiciones, teniendo cuidado de que todos los enlaces estén correctamente puestos.	PASO N° 4: Situar los dobles y triples enlaces y el grupo o grupos principales en la cadena principal.
ÁCIDO 2,5-DIHIIDROXIOCTANODIÓCO	ÁCIDO 2,5-DIHIIDROXIOCTANODIÓCO
$ \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ C-C & -C \\ & & & & & & & \\ OH & & & & OH & & & \end{array} $	$ \begin{array}{cccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ HOOC-C & -C & -C & -C & -C & -C & -C & -COOH \\ & & & & & & & \\ OH & & & & OH & & & \end{array} $

PASO N° 5: Completar el esqueleto de la cadena principal con los hidrógenos que sean necesarios.

ÁCIDO 2,5-DIHIIDROXIOCTANODIÓCO

$$\begin{array}{cccccccc}
 HOOC-CH-CH_2-CH_2-CH-CH_2-CH_2-COOH \\
 | & & & & | & & & \\
 OH & & & & OH & & &
 \end{array}$$

PASO N° 1: Escribir el esqueleto de la cadena principal (carbonos sin hidrógenos).

4-METILHEX-2-INAL

$$C - C - C - C - C - C$$

PASO N° 2: Numerar la cadena principal comenzando por un extremo cualquiera, en caso de que sea lineal, o por un carbono determinado en caso de que sea cíclica.

4-METILHEX-2-INAL

$$\begin{array}{cccccc}
 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\
 C & -C & -C & -C & -C & -C
 \end{array}$$

PASO N° 3: Colocar las cadenas laterales en sus correspondientes posiciones, teniendo cuidado de que todos los enlaces estén correctamente puestos.

4-METILHEX-2-ENAL

$$\begin{array}{cccccc}
 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\
 C & -C & -C & -C & -C & -C \\
 & & | & & & \\
 & & CH_3 & & &
 \end{array}$$

PASO N° 4: Situar los dobles y triples enlaces y el grupo o grupos principales en la cadena principal.

4-METILHEX-2-ENAL

$$\begin{array}{cccccc}
 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\
 C & -C & -C & -C & =C & -CHO \\
 & & | & & & \\
 & & CH_3 & & &
 \end{array}$$

PASO N° 5: Completar el esqueleto de la cadena principal con los hidrógenos que sean necesarios.

4-METILHEX-2-ENAL

$$\begin{array}{cccccccc}
 CH_3-CH_2-CH-CH=CH-CHO \\
 | \\
 CH_3
 \end{array}$$

La química del carbono

4. Formulación y nomenclatura de compuestos orgánicos

Hidrocarburos

Sólo contienen carbono e hidrógeno. Constan de una cadena principal (cíclica o lineal) y las laterales.

- Nombre de la cadena principal
- Pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + o
- Pref. (nºC) + ano (si no hay dobles ni triples)

- Nombre de las cadenas laterales
- Pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + il
- Pref. (nºC) + il (si no hay ni dobles ni triples)

Los alcanos se pueden clasificar según:



Ejemplos de formulación y nomenclatura de los distintos tipos de hidrocarburos se exponen a continuación:

ALCANOS

nº C.P. nº Carb. CL loc. C. L.

ENLACES SIMPLES C-C

CH₃-CH₂-CH-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃
|
CH₂
|
CH₃

3-ETILOCTANO

ALQUENOS

nº C.P. nº Carb. CL loc. C. L.

ENLACES DOBLES C=C loc. DOBLE

CH₃-CH₂-C=CH-CH₂-CH₂-CH₃
|
CH₃

3-METILHEPT-3-ENO

ALQUINOS

nº C.P. nº Carb. CL loc. C. L.

ENLACES TRIPLES C≡C loc. TRIPLE

CH₃-C≡C-CH-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃
|
CH₃

4-METILDEC-2-INO

Hidrocarburos

Alcanos (sin dobles ni triples enlaces).

Los compuestos formados por una cadena de carbono, unidos siempre mediante enlace simple, y átomos de hidrógeno completando los cuatro enlaces del carbono, se denominan alcanos. Al escribir la fórmula de un alcano, como en la mayoría de los compuestos orgánicos, no basta indicar el número y la clase de los átomos, es necesario indicar, la mayoría de las veces el orden en que se unen.

En los alcanos se emplea el prefijo que indica el número de carbonos con la terminación -ano. La fórmula empírica de este tipo de compuestos es C_nH_{2n+2} .

Alquenos (dobles enlaces).

Cuando la cadena de carbono contiene un doble enlace entre dos átomos de carbono continuos se denomina alqueno. Evidentemente no hay ningún alqueno con un único átomo de carbono, pero sí con dos. Para nombrarlos, se emplea el prefijo que indica el número de carbonos con la terminación -eno. En los alquenos se debe indicar el carbono donde empieza el doble enlace, procurando que le corresponda el número más bajo posible.

La fórmula empírica del alqueno tiene dos hidrógenos menos que la del alcano C_nH_{2n} .

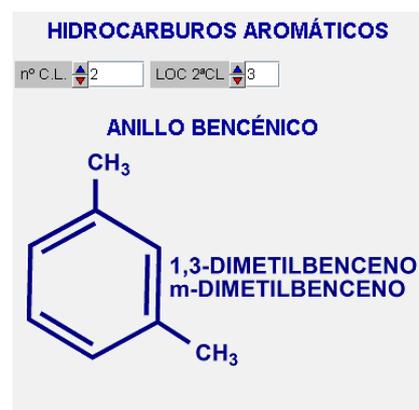
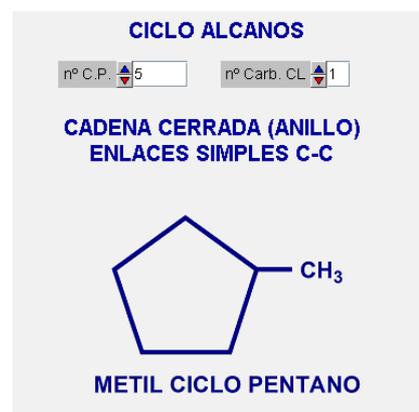
Alquinos (triples enlaces).

Si la cadena de carbono contiene un triple enlace se trata de un alquino. Como en los alquenos, la menor cadena de carbono con un triple enlace tendrá dos átomos de carbono. Para nombrarlos se emplea el sufijo -ino.

Los alquinos, cuando tienen un triple enlace, poseen dos hidrógenos menos que los alquenos y cuatro hidrógenos menos que los correspondientes alcanos, por lo que su fórmula empírica general es C_nH_{2n-2} .

Alquinos (triples enlaces).

El benceno como grupo principal (cadena principal), se nombra como benceno, y si es como cadena lateral como fenil-. Si el benceno tiene cadenas laterales en las posiciones 1,2, se pueden cambiar los números 1 y 2 por orto (o-), si las cadenas laterales están en las posiciones 1,3, se pueden cambiar los números 1 y 3 por meta (m-), y si cadenas laterales están en las posiciones 1,4, se pueden cambiar los números 1 y 4 por para (p-).



La química del carbono

Halógenos y nitrocompuestos

Hidrocarburos que contienen halógenos o al grupo nitro. Son siempre cadenas laterales o sustituyentes. Se colocan uno de los siguientes prefijos delante del nombre de la cadena principal, indicando su posición (localizador) y repetición (prefijo de repetición si es necesario):

-F (Flúor-)
-Cl (Cloro-)
-Br (bromo-)
-I (bromo-)
-NO₂ (nitro-)

Ejemplos de formulación y nomenclatura de estos compuestos son:

HALÓGENOS Y NITROCOMPUESTOS

nº C.P. G.F. FLUOR loc. G.F.

GRUPO FUNCIONAL: F, Cl, Br, I, NO₂

CH₃
|
F

1-FLUORMETANO

HALÓGENOS Y NITROCOMPUESTOS

nº C.P. G.F. CLORO loc. G.F.

GRUPO FUNCIONAL: F, Cl, Br, I, NO₂

CH₃-CH-CH₂-CH₂-CH₃
|
Cl

2-CLOROPENTANO

HALÓGENOS Y NITROCOMPUESTOS

nº C.P. G.F. BROMO loc. G.F.

GRUPO FUNCIONAL: F, Cl, Br, I, NO₂

CH₃-CH₂-CH₂-CH-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃
|
Br

4-BROMOOCCTANO

HALÓGENOS Y NITROCOMPUESTOS

nº C.P. G.F. YODO loc. G.F.

GRUPO FUNCIONAL: F, Cl, Br, I, NO₂

CH₃-CH₂-CH-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃
|

3-YODOHEPTANO

HALÓGENOS Y NITROCOMPUESTOS

nº C.P. G.F. NITRO loc. G.F.

GRUPO FUNCIONAL: F, Cl, Br, I, NO₂

CH₃-CH-CH₂-CH₂-CH₃
|
NO₂

2-NITROPENTANO

Ácidos carboxílicos

Contienen el grupo -COOH . Cuando actúan como grupo principal se ponen como primera palabra "ácido" y se termina con el sufijo **-oico**.

Ácido pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + pref. (nº -COOH) + oico

Ácido pref. (nºC) + an + pref. (nº -COOH) + oico

Cuando el -COOH no actúa como grupo principal, se pone el prefijo **carboxi-** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

El ácido metanoico recibe el nombre de ácido fórmico, ya que es el causante del picor que producen las mordeduras de las hormigas. Sin dudar, el ácido carboxílico más importante es el ácido etanoico, que se llama normalmente ácido acético y es el ácido presente en el vinagre. El ácido acético se obtiene por oxidación del etanol, para uso alimentario, o por oxidación del eteno, para usos industriales. Como los alcoholes, los ácidos carboxílicos son solubles en agua.

Ejemplos de formulación y nomenclatura de ácidos carboxílicos son:

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -COOH

H-COOH

ÁCIDO METANÓICO
ÁCIDO FÓRMICO

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -COOH

$\text{COOH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

ÁCIDO HEXANÓICO
ÁCIDO CAPRÓICO

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -COOH

$\text{COOH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$

ÁCIDO OCTANODIÓICO
ÁCIDO SUBÉRICO

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -COOH

COOH-COOH

ÁCIDO ETANODIÓICO
ÁCIDO OXÁLICO

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -COOH

$\text{COOH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

ÁCIDO PENTANÓICO
ÁCIDO VALÉRICO

La química del carbono

Ésteres

Contienen el grupo R-COO-R'. Cuando actúan como principal el nombre de la cadena R se termina con el sufijo **-ato** de **nombre de la cadena R' como cadena lateral**.

Pref. (n°C) + loc.(pos. dobles) + pref (n° dobles) + en (n° dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (n° triples) + in (n° triples) + pref. (n° -COO-) + ato de nombre de R'

Pref. (n°C) + an + pref. (n° -COO-) + ato de nombre de R'

Cuando el grupo -COO- no es principal, se pone el prefijo **-oxicarboni** o **-oiloxi** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

Los **ésteres** son compuestos que provienen de la unión de un ácido carboxílico y un alcohol, mediante un proceso llamado **esterificación** durante el cual los grupos oxidrilos del ácido carboxílico y el alcohol se unen liberando agua:



El proceso inverso, en el que un éster se rompe para formar un ácido carboxílico y un alcohol, empleando sosa, se conoce como **saponificación**, es el empleado para fabricar jabones, ya que los jabones son sales de los ácidos carboxílicos:



Los ésteres se nombran cambiando el sufijo **ico** del ácido por **ato**, se añade la preposición **de** y se nombra el radical que originó el alcohol. Los etanoatos suelen nombrarse **acetatos**:

Ácido	Alcohol	Éster
HCOOH	HOCH ₃	HCOO-CH ₃
HCOOH	HOCH ₂ -CH ₃	HCOO-CH ₂ -CH ₃
CH ₃ -COOH	HOCH ₃	CH ₃ -COO-CH ₃
CH ₃ -COOH	HOCH ₂ -CH ₃	CH ₃ -COO-CH ₂ -CH ₃
CH ₃ -CH ₂ -COOH	HOCH ₃	CH ₃ -CH ₂ -COO-CH ₃

Ejemplos de formulación y nomenclatura de ésteres se presentan en la columna de la derecha:

ÉSTERES

n° C.P. n° C. C.L.

GRUPO FUNCIONAL: -COO-

H-COO-CH₃

METANOATO DE METILO
FORMIATO DE METILO

ÉSTERES

n° C.P. n° C. C.L.

GRUPO FUNCIONAL: -COO-

CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-COO-CH₂
 |
 CH₂
 |
 CH₂
 |
 CH₃

OCTANOATO DE BUTILO
CAPROATO DE BUTILO

ÉSTERES

n° C.P. n° C. C.L.

GRUPO FUNCIONAL: -COO-

CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-COO-CH₂
 |
 CH₂
 |
 CH₃

HEXANOATO DE PROPILO
CAPROATO DE PROPILO

Ámidas primarias

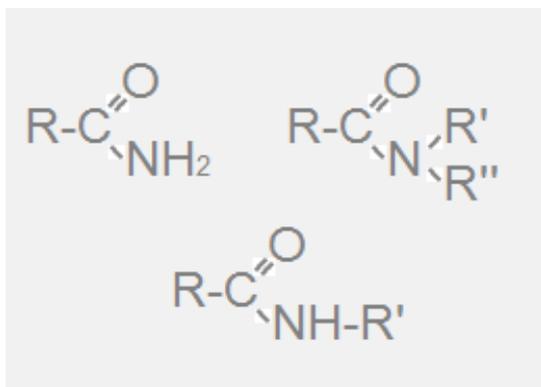
Contienen el grupo $-\text{CONH}_2$. Cuando actúan como grupo principal se termina el nombre del compuesto con el sufijo **-amida**.

Pref. (nº C) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + pref. (nº $-\text{CONH}_2$) + amida

Pref. (nº C) + an + pref. (nº $-\text{CONH}_2$) + amida

Cuando el $-\text{CONH}_2$ no actúa como grupo principal, se pone el prefijo **carbamoil-** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

Si en un ácido carboxílico sustituimos el grupo oxidrilo por un grupo amina se obtiene el grupo amida. Las amidas pueden ser primarias (que son las que estudiaremos en este tema), cuando el nitrógeno está unido a dos hidrógenos, secundarias, cuando el nitrógeno está unido a un hidrógeno y a una cadena carbonada, o terciaria, cuando el nitrógeno ha sustituido los dos hidrógenos por cadenas de átomos de carbono. EN la figura se exponen ejemplos de los distintos tipos de amidas.



Ejemplos de formulación y nomenclatura de amidas primarias se presentan en la columna de la derecha:

AMIDAS PRIMARIAS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: $-\text{CONH}_2$

$\text{CONH}_2\text{-CH}_2\text{-CONH}_2$

PROPANODIAMIDA
MALONAMIDA

AMIDAS PRIMARIAS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: $-\text{CONH}_2$

$\text{CONH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CONH}_2$

BUTANODIAMIDA
SUCCINAMIDA

AMIDAS PRIMARIAS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: $-\text{CONH}_2$

$\text{CONH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CONH}_2$

OCTANODIAMIDA
SUBERAMIDA

La química del carbono

Nitrilos

Contienen el grupo -CN. Cuando actúan como grupo principal se termina el nombre del compuesto con el sufijo **-nitrilo**.

Pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + pref. (nº -CN) + nitrilo

Pref. (nºC) + an + pref. (nº -CN) + nitrilo

Cuando el -CN no actúa como grupo principal, se pone el prefijo **ciano-** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

Los nitrilos o cianuros son sustancias en las que, en uno de los extremos de la cadena de carbono, hay un triple enlace entre un átomo de carbono y un átomo de nitrógeno. El radical R puede ser una cadena de carbono o un hidrógeno.

Los nitrilos cuando actúan como grupo principal, utilizan la terminación -nitrilo al final del nombre de la cadena principal. Cuando el grupo R-CN no es el grupo principal, se utiliza la palabra ciano para designarlo.

Los nitrilos o cianuros son en la mayoría muy tóxicos, por lo que deben de ser manejados con mucho cuidado en el laboratorio.

El cianuro de hidrógeno era el gas usado en la cámara de gas para ejecutar a persona. Muchos cianuros han sido usado como potentes venenos a los largo de la historia.

Ejemplos de formulación y nomenclatura de nitrilos o cianuros se presentan en la columna de la derecha:

NITRILOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -CN

H-CN

METANONITRILO
FORMONITRILO

NITRILOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -CN

CN-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃

OCTANONITRILO
CAPRILONITRILO

NITRILOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -CN

CN-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CN

HEXANODINITRILO
ADIPONITRILO

Aldehídos

Contienen el grupo -CHO. Cuando actúan como grupo principal se termina el nombre del compuesto con el sufijo **-al**.

Pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + pref. (nº -CHO) + al

Pref. (nºC) + an + pref. (nº -CHO) + al

Cuando el -CHO no actúa como grupo principal, se pone el prefijo **formil-** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

Los aldehídos son sustancias en las que, en uno de los extremos de la cadena de carbono, hay un doble enlace entre un átomo de carbono y un átomo de oxígeno. El radical R puede ser una cadena de carbono o un hidrógeno.

Cuando se escriben las fórmulas sin desarrollar, cabe el riesgo de confundir un grupo alcohol con el grupo aldehído. Para evitar esta confusión, en los aldehídos se escribe en último lugar el átomo de oxígeno: R-CHO, mientras que en los alcoholes se escribe en último lugar el hidrógeno: R-COH.

Los aldehídos son lábiles, es decir, sustancias muy reactivas y se convierten con facilidad en ácidos, por oxidación, o en alcoholes, por reducción y se disuelven con facilidad en agua.

El metanal recibe el nombre comercial de formaldehído, formalina o formol. Muy usado en la industria como desinfectante.

El etanal también es conocido comercialmente como acetaldehído es un producto intermedio importante en la fabricación de plásticos, disolventes y colorantes.

Ejemplos de formulación y nomenclatura de aldehídos se presentan en la columna de la derecha:

ALDEHÍDOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -CHO

CHO-CH₃

ETANAL
ACETALDEHÍDO

ALDEHÍDOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -CHO

CHO-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃

OCTANAL
CAPRILALDEHÍDO

ALDEHÍDOS

nº C.P. nº G.F.

GRUPO FUNCIONAL: -CHO

CHO-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CHO

HEXANODIAL
ADIPALDEHÍDO

La química del carbono

Cetonas

Contienen el grupo -CO- . Cuando actúan como grupo principal se termina el nombre del compuesto con el sufijo **-ona**.

Pref. (nº C) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + loc.(pos. -CO-) + pref. (nº -CO-) + ona

Pref. (nº C) + an + loc.(pos. -CO-) + pref. (nº -CO-) + ona

Cuando el -CO- no actúa como grupo principal, se pone el prefijo **oxo-** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

Otra forma de nombrar las cetonas es considerarlas como la unión de dos radicales al átomo de carbono que tiene el doble enlace con el oxígeno, fórmula R-CO-R' , se nombra cada uno de los radicales, alfabéticamente, y se añade la palabra cetona. Por ejemplo la butanona se llama también etil metil cetona.

En las cetonas hay un doble enlace entre un átomo de carbono y un átomo de oxígeno en el interior de la cadena de carbonos, no en uno de los extremos, como ocurría en los aldehídos. Las cetonas deben tener, al menos, tres átomos de carbono.

La propanona o dimetil cetona se conoce con el nombre comercial de acetona, muy empleada como disolvente en las pinturas de uñas.

Las cetonas no son tan lábiles como los aldehídos, no se disuelven fácilmente en agua, pero son buenos disolventes de compuestos orgánicos.

Ejemplos de formulación y nomenclatura de cetonas se presentan en la columna de la derecha:

CETONAS

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -CO-

$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

PENTANO-2-ONA
METIL PROPIL CETONA

CETONAS

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -CO- LOC. 2

$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

HEPTANO-2,4-DIONA

CETONAS

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -CO-

$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

PENTANO-2-ONA
METIL PROPIL CETONA

Alcoholes

Los alcoholes contienen el grupo -OH. Cuando actúan como grupo principal se termina el nombre del compuesto con el sufijo **-ol**.

Pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + loc.(pos. -OH) + pref. (nº -OH) + ol

Pref. (nºC) + an + loc.(pos. -OH) + pref. (nº -OH) + ol

Cuando el -OH no actúa como grupo principal, se pone el prefijo **hidroxi-** con su localizador (y prefijo de repetición si es necesario) en orden alfabético delante del nombre de la cadena principal.

Los alcoholes son compuestos que tienen unida a la cadena de carbonos el radical **-OH** u **oxidrilo**.

El metanol se conoce también como alcohol de madera o alcohol de quemar, habiéndose usado para adulterar bebidas.

El etanol recibe también el nombre de alcohol etílico, que es el alcohol de las bebidas y el empleado en farmacia. La fórmula general de un alcohol puede escribirse de la siguiente forma: R-OH.

Algunas propiedades diferencian muy claramente los hidrocarburos de los alcoholes. Para empezar, mientras que los hidrocarburos, alcanos, alquenos y alquinos con menos de 6 ó 7 carbonos son gases a temperatura ambiente, los alcoholes son líquidos, como el metanol o el etanol.

Además, tanto los alcanos, como los alquenos y los alquinos son insolubles en agua. No ocurre así con los alcoholes. Los que pertenecen a cadenas de carbono cortas, de hasta 4 ó 5 átomos de carbono, son perfectamente solubles en agua y los mayores son algo solubles.

Ejemplos de formulación y nomenclatura de alcoholes se presentan en la columna de la derecha:

ALCOHOLES

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -OH

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

ETANOL
ALCOHOL ETÍLICO

ALCOHOLES

nº C.P. nº G.F. LOC. 1 LOC. 2

GRUPO FUNCIONAL: -OH

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{OH} \qquad \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$$

OCTANO-1,6-DIOL

ALCOHOLES

nº C.P. nº G.F. LOC. 1 LOC. 2

GRUPO FUNCIONAL: -OH

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \qquad \qquad \qquad | \\ \text{OH} \qquad \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$$

HEXANO-1,4-DIOL

Éteres

Contienen un átomo de oxígeno unido a dos átomos de carbono mediante enlaces simples R-O-CP. Los consideraremos cadenas laterales o sustituyentes. Se colocan delante del nombre de la cadena principal, indicando su posición (localizador) y repetición (prefijo de repetición si es necesario), empleando el sufijo **-oxi** al final de su nombre:

Pref. (nºC) + loc.(pos. dobles) + pref (nº dobles) + en (nº dobles)+ loc.(pos. triples) + pref (nº triples) + in (nº triples) + oxi

Pref. (nºC) + oxi (si no hay ni dobles ni triples)

También se emplea el prefijo **oxa-**, que indica que un grupo -O- ha sustituido a un grupo -CH₂-.

Los éteres son compuestos que tienen dos cadenas de carbono unidas entre sí a través de un átomo de oxígeno R-O-R'. Es como un alcohol en el que se cambia el hidrógeno del grupo oxidrilo por una cadena de carbonos.

Otra forma de llamar a los éteres es de forma análoga a las cetonas: si las cadenas son iguales, el éter se nombra empezando con el prefijo di, a continuación el nombre del radical que constituye ambas cadenas, y la palabra éter. Si las cadenas no son iguales, se nombran ambos radicales, en orden alfabético, y separados, y a continuación la palabra éter.

El dietil éter es conocido con el nombre comercial de éter, que se usa como disolvente y se empleaba, incluso en el siglo pasado, como anestésico quirúrgico.

Como los alcoholes, los éteres con cadenas con pocos carbonos son solubles en agua, pero los que tienen cadenas de 8 ó 10 carbonos no se disuelven en agua, pero sí en hidrocarburos.

Ejemplos de formulación y nomenclatura de éteres se presentan en la columna de la derecha:

ÉTERES

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -O-

CH₃-CH₂-O-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃

**ETOXIBUTANO
BUTIL ETIL ÉTER
3-OXAHEPTANO**

ÉTERES

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -O- LOC. 2

CH₃-CH₂-O-CH₂-O-CH₂-CH₃

3,5-DIOXAHEPTANO

ÉTERES

nº C.P. nº G.F. LOC. 1

GRUPO FUNCIONAL: -O-

CH₃-CH₂-O-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃

**ETOXIBUTANO
BUTIL ETIL ÉTER
3-OXAHEPTANO**

La química del carbono



Para practicar

1. Decir si las sustancias relacionadas son predominantemente orgánicas o inorgánicas:
 - a) Bicarbonato de sodio, b) animal muerto, c) joya de oro, d) pelo de persona, e) lejía, f) agua fuerte, g) aguarrás, h) mesa de madera, i) agua mineral, j) ensalada.
2. Indicar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
 - a) Hay mayor cantidad de compuestos inorgánicos que de orgánicos.
 - b) Los compuestos orgánicos suelen resistir bien el calor.
 - c) La mayor parte de los plásticos se extrae del petróleo.
 - d) Los compuestos orgánicos suelen contener cualquier elemento.
 - e) Muchas sustancias orgánicas tienen interés energético e industrial.
 - f) Todos los polímeros que existen son orgánicos.
 - g) Muchas reacciones orgánicas son catalizadas por enzimas.
 - h) Cualquier elemento de la Tabla Periódica puede ser un bioelemento.
 - i) Las reacciones orgánicas suelen ser lentas.
 - j) Los enlaces internos de los compuestos orgánicos son covalentes.
3. Decir si los elementos que se relacionan, pertenecen o no a los elementos habituales en química orgánica. Nota: sabemos que todos los elementos de la Tabla Periódica pueden formar compuestos inorgánicos. Por ello, en este ejercicio, pedimos que se marquen como orgánicos aquellos elementos que frecuentemente forman parte de los compuestos orgánicos:
 - a) Sodio, b) carbono, c) oxígeno, d) plomo, e) nitrógeno, f) azufre, g) silicio, h) cloro, i) litio, j) itrio.
4. Determinar el número de enlaces que deben formar los siguientes elementos:
 - a) Carbono, b) flúor, c) oxígeno, d) azufre, e) nitrógeno.
5. Proponer el nombre correcto de los cinco grupos funcionales que se proponen en el ejercicio:
 - a) $-\text{CO}-$ b) $-\text{F}$
 - c) $-\text{COOH}$ d) $-\text{COO}-$
 - e) $-\text{CHO}$



Para practicar

6. Clasificar las siguientes sustancias dentro de la categoría que le corresponde:

$\text{CH}_3\text{-OH}$ (A)	H-CONH_2 (F)	HIDROCARBUROS Y HALÓGENADOS	
CCl_4 (B)	$\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$ (G)		OXIGENADOS
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ (C)	$\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ (H)		
$\text{CH}_3\text{-CN}$ (D)	$\text{CH}_3\text{-COOH}$ (I)		NITROGENADOS
C_6H_6 (E)			

7. Indicar el número de átomos de carbono que se corresponde los siguientes prefijos:

a) Meta-, b) tripentaconta-, c) undeca-, d) hexa-, e) nonaoctaconta-.

8. Indicar el número de veces que se repite un grupo según los siguientes prefijos:

a) Tris-, b) tri-, c) undeca-, d) hexakis-, e) nonadeca-.

9. Indicar el grupo funcional que presenta mayor prioridad de cada pareja:

a) Cetona-aldehído, b) alcohol-nitro, c) ácido carboxílico-amida, d) éster-amina, e) flúor-éter.

10. Nombrar los siguientes compuestos:

a) F-CH=CH-F , b) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COO-CH}_2\text{-F}$, c) $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CONH}_2$, d) $\text{HO-C}\equiv\text{CH-NH}_2$

11. Nombrar los siguientes compuestos:

a) Prop-1-enilbenceno, b) 3-metilbutanonitrilo, c) ciclo prop-2-enol, d) ácido 3-nitro-2-oxopropanoico.



Curiosidades científicas

Citaremos algunas curiosidades relativas a la Química Orgánica. Puedes buscar y ampliar información sobre aquellas que te hayan llamado especialmente la atención.

El ácido del estómago es tan fuerte que sin su capa de mucosidad, el estómago se digeriría a sí mismo.

El metano, gas de los pantanos o formeno, en las minas de carbón suele formar mezclas explosivas con el aire, llamadas gas grisú. El peligro del gas grisú no sólo se debe a los efectos explosivos, sino también al enrarecimiento del aire por escasez de oxígeno (asfixia), y por la formación del monóxido de carbono (CO) que es altamente tóxico.

Los americanos, acusaron a los españoles en 1898 de colocar una mina en su acorazado Maine, fondeado en La Habana, comenzando así la guerra de Cuba y la pérdida de la colonia española. Los españoles lo desmintieron una y otra vez pero fue inútil. Posiblemente el hundimiento se debió a un accidente provocado por la combustión espontánea de las carboneras del barco, tal y como revelan estudios recientes llevados a cabo por militares norteamericanos.

El etino o acetileno, da una llama tan luminosa y caliente que se usaba en las lámparas antiguas de combustión. Cuando arde en oxígeno (soplete oxi-acetilénico) produce elevadas temperaturas (3.000 °C), y se emplea para soldar y cortar láminas de acero de hasta de 23 cm de espesor.

El ser humano comparte el 99.8% de su ADN con otros humanos. Sin embargo con los chimpancés sólo comparte el 98'4% y con los gorilas el 98'3%.

Según la Biblia (Éxodo 2:3), el primer arma química (negro de carbón) fue usada por Moisés contra los egipcios.

Muchos hidrocarburos bencénicos policíclicos son carcinogénicos. En 1775 Sir Percival Scott, cirujano del hospital St. Bartholomew de Londres, observó que los deshollinadores de chimeneas eran propensos a cánceres escrotales. El Benzo[a]pireno, se produce normalmente en la combustión de materia orgánica (motores de los automóviles, calefacciones, incineradoras de basuras, incendios forestales, humo de los cigarrillos, carne asada...). La liberación anual en la atmósfera, sólo en USA, es de 1300 ton.

Los fullerenos son macromoléculas de carbono individuales, con estructuras cerradas formadas por varias decenas de átomos de carbono únicamente. En 2001 James Gimzewski, de IBM, Zurich, entró en el libro Guinness de los records por haber construido la calculadora más pequeña del mundo. Su tamaño fue de unos pocos nanómetros y consiste en un ábaco hecho con 10 moléculas de fullereno que pueden moverse con la punta de un microscopio de efecto túnel. Proporcionalmente, esto sería equivalente a mover un balón de fútbol con la punta de la torre Eiffel.

El etileno, eteno o gas oleificante se emplea entre otras cosas como: anestésico, en gran escala para la maduración de frutas, exhibe propiedades semejantes a las hormonas acelerando el crecimiento de varios tubérculos, también se emplea en la preparación de insecticidas y asfaltos.

Hace más de 15.000 años ya se utilizaba el carbón vegetal para hacer pinturas rupestres.



Recuerda lo más importante

Introducción a la química orgánica

- Química Orgánica = Química de los compuestos del **carbono**.
- **Importancia:** bioquímica, medicina, farmacología, plásticos, alimentación, nuevos materiales, textiles, perfumería, detergentes, análisis (clínicos, aguas, forenses mediambientales...), pesticidas, herbicidas, combustibles fósiles, polímeros, etc.
- Los compuestos orgánicos tienen **propiedades** características en cuanto a su composición, estructura y reactividad.

Elementos en Química Orgánica

- Los enlaces intramoleculares de los compuestos orgánicos son fundamentalmente **covalentes**.
- Los tipos de enlaces de los compuestos orgánicos son: **simples, dobles, triples** y **aromáticos**.
- Los elementos más frecuentes en los compuestos orgánicos y el número de enlaces que forman son: **C (4), H (1), O (2), N (3), P (3), S (2), F(1), Cl (1), Br (1), I(1)**.
- **Grupo funcional:** Conjunto de átomos, enlazados de una determinada forma, que presentan una estructura y propiedades físico-químicas determinadas que caracterizan a los compuestos orgánicos que los contienen.
- Partes de un compuesto orgánico: **grupos funcionales** y **cadena hidrocarbonada** (principal y laterales).

Formulación y nomenclatura de comp. orgánicos

- El número de carbonos de una cadena se indica mediante un **prefijo**.
- Cuando un grupo funcional, cadena o sustituyente se repite, se indica mediante un **prefijo**.
- Los grupos funcionales tienen una determinada prioridad en los compuestos orgánicos y su presencia se indican con **prefijos y sufijos** en el nombre del compuesto.
- Los principales grupos funcionales son: ac. carboxílico, éster, amida, nitrilo, aldehído, cetona, alcohol, amina, éter, nitro, halógenos, aromático, alqueno y alquino.

Reglas para nombrar compuestos orgánicos

1. Elegir la **cadena principal** del compuesto.
2. Numerar la **cadena principal**.
3. Nombrar la **cadena principal**.
4. Nombrar y numerar las **cadena laterales**.
5. Ordenar **alfabéticamente** las **cadena laterales**.
6. Proponer el **nombre del compuesto completo**.

Reglas para formular compuestos orgánicos

1. Escribir el **esqueleto** de la **cadena principal**.
2. Numerar los carbonos de la **cadena principal**.
3. Colocar las **cadena laterales**.
4. Poner los **dobles, triples enlaces** y **grupos funcionales principales** en la **cadena principal**.
5. Completar con **hidrógenos** el esqueleto de la cadena.

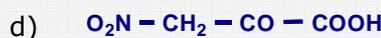
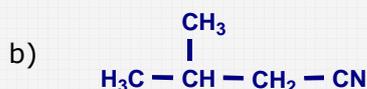
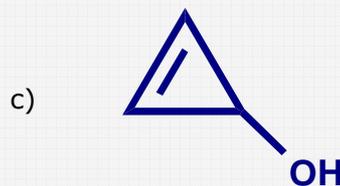
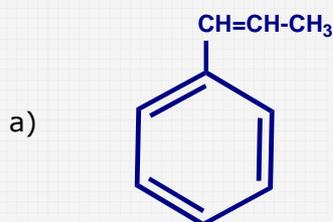
Autoevaluación



1. Un átomo de carbono está unido a 3 grupos funcionales mediante tres enlaces simples ¿A cuántos átomos de hidrógeno deberá unirse este átomo para completar todos sus enlaces?.
2. Un átomo de carbono forma un enlace doble y un enlace simple ¿Cuántos enlaces simples le faltan por formar a este átomo de carbono?.
3. Un átomo de nitrógeno forma cero enlaces dobles y un enlace simple ¿Cuántos enlaces simples le faltan por formar a este átomo de nitrógeno?.
4. Un átomo de oxígeno forma un enlace doble y cero enlaces simples ¿Cuántos enlaces simples le faltan por formar a este átomo de oxígeno?.
5. Tenemos un alcano lineal de 9 átomos de carbono. ¿Cuál es el nombre de dicho compuesto?.
6. En un compuesto orgánico, una cadena lateral, grupo funcional o sustituyente se repite 5 veces. ¿Con qué prefijo se indica tal repetición en el nombre del compuesto?.
7. En un compuesto orgánico, una cadena lateral ramificada o compleja se repite 3 veces. ¿Con qué prefijo "especial" se indica tal repetición en el nombre del compuesto?.
8. Tenemos un anillo de benceno disustituido (dos sustituyentes), estando uno de ellos en posición la 1 y otro en la 4. ¿Qué prefijo se puede utilizar como localizador de estos sustituyentes?.
9. Dado el siguiente hidrocarburo C_4H_8 . ¿Cuántas insaturaciones contiene dicho compuesto?.
10. Dado el siguiente hidrocarburo C_6H_{14} . ¿Cuántos compuestos estructuralmente diferentes pueden obtenerse a partir de esta fórmula empírica?.

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. Orgánicas: b, d, f, g, h, j. Inorgánicas: a, c, e, f, i.
2. Verdaderas: c, e, g, i, j. Falsas: a, b, d, f, h.
3. Suelen formar parte de los compuestos orgánicos: b, c, e, f, h.
4. a) 4, b) 1, c) 2, d) 2, e) 3.
5. a) Cetona, b) flúor, c) ácido carboxílico, d) éster, e) aldehído.
6. Hidrocarburos: B, E, G. Oxigenados: A, H, I. Nitrogenados: C, D, F.
7. a) 1, b) 53, c) 11, d) 6, e) 89.
8. a) 3, b) 3, c) 11, d) 6, e) 19.
9. a) Aldehído, b) alcohol, c) ácido carboxílico, d) éster, e) éter.
10. a) Difluoretano, b) Propanoato de fluorometilo, c) But-2-enamida, d) 2-aminoetanol.
- 11.



Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. a 1 átomo de hidrógeno
2. 1 enlace simple
3. 2 enlaces simples
4. 0 enlaces simples
5. Nonano
6. Penta
7. Tris
8. Para
9. Una insaturación
10. 4 compuestos diferentes

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Relacionar la formación de una onda con la propagación de una perturbación de un lugar a otro...
- Clasificar las ondas según la dirección de vibración y el medio de propagación.
- Identificar y relacionar las magnitudes que caracterizan a las ondas.
- Reconocer las distintas cualidades del sonido.
- Conocer los fenómenos relacionados con la reflexión del sonido.
- Comprender las leyes de la refracción y la reflexión de la luz.
- Conocer el efecto de dispersión de la luz.
- Conocer los aspectos básicos de la naturaleza y propagación de la luz.

Antes de empezar

1. El movimiento ondulatorio pág. 182
Movimiento vibratorio
Concepto de onda
Tipos de ondas
Características de las ondas
2. Fenómenos ondulatorios pág. 186
Reflexión de las ondas
Refracción de las ondas
Difracción de las ondas
Interferencia de las ondas
3. El sonido: Una onda longitudinal ... p. 188
¿Cómo se produce el sonido?
Velocidad de propagación
Propiedades del sonido
Cualidades del sonido
Contaminación acústica
Aplicaciones de ondas sonoras
4. La luz: Una onda transversal pág. 198
Naturaleza de la luz
Propagación de la luz
Reflexión de la luz
Refracción de la luz
Dispersión de la luz. Espectro
El espectro electromagnético

Ejercicios para practicar

Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Las ondas

Antes de empezar



Recuerda

Los terremotos se forman por un movimiento brusco del terreno que libera energía en forma de ondas. Repasa qué tipo de ondas son y cómo se propagan y en qué medio. Puedes ver su explicación en el proyecto Biosfera pulsando en el botón adjunto.

Investiga

¿Cómo podrías calcular la distancia a la que se encuentra una tormenta de forma sencilla? Ten en cuenta que la velocidad de la luz es de 300.000 km/s y la del sonido 340 m/s. Se puede considerar que la luz (relámpago) llega casi instantáneamente y el sonido (trueno) tarda un tiempo acorde a su velocidad.

1. El movimiento ondulatorio

Movimiento vibratorio

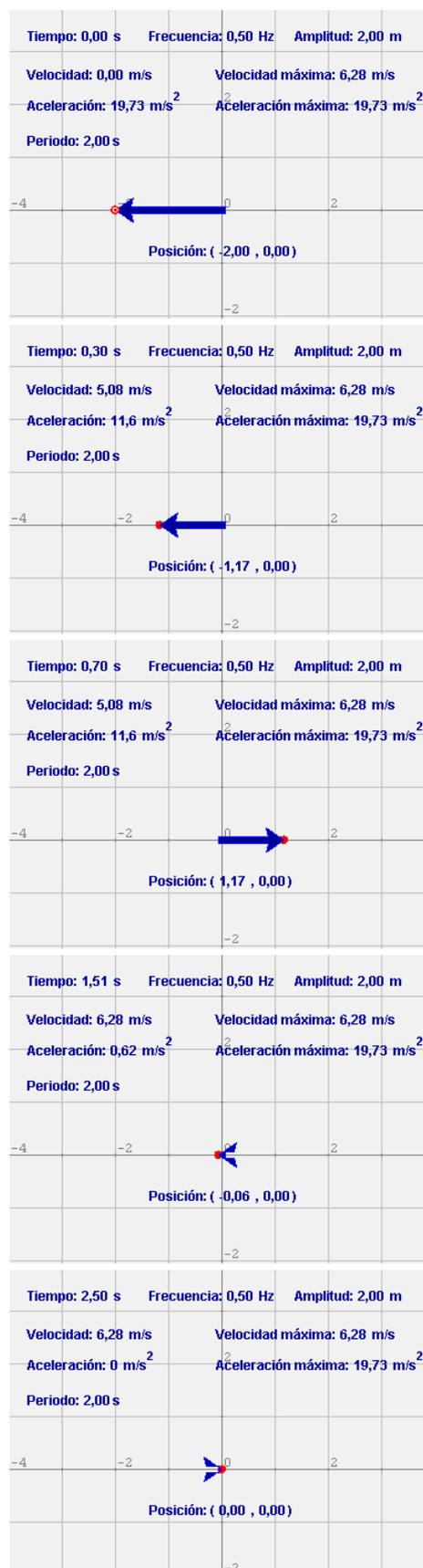
Consideraremos un cuerpo puntual. Cuando ese cuerpo se mueve en línea recta en torno a una posición de equilibrio se dice que tiene un **movimiento vibratorio u oscilatorio**. Si además siempre tarda el mismo tiempo en completar una oscilación y la separación máxima de la posición de equilibrio es siempre la misma decimos que se trata de un **movimiento vibratorio armónico simple (mvas)**.

Las magnitudes y unidades S.I. que definen un movimiento vibratorio son las siguientes:

- **Elongación.** Posición que tiene en cada momento la partícula vibrante respecto de la posición de equilibrio. Se suele representar mediante la letra x o y . Unidad S.I.: m.
- **Amplitud.** Máxima distancia de la partícula vibrante respecto de la posición de equilibrio. Se representa mediante la letra A . Unidad S.I.: m.
- **Periodo.** Tiempo que tarda la partícula vibrante en realizar una oscilación completa. Se nota por la letra T y es una magnitud inversa a la frecuencia. $T=1/f$. Unidad S.I.: s.
- **Frecuencia.** Número de vibraciones que se producen en la unidad de tiempo (en un segundo, un minuto, una hora... Se nota por la letra f y es una magnitud inversa al periodo. $f=1/T$. Unidad S.I.: Hz.
- **Velocidad de vibración.** Velocidad que lleva la partícula vibrante en cada momento. Se simboliza por la letra v . Unidad S.I.: m/s
- **Aceleración de vibración.** Aceleración que lleva la partícula vibrante en cada momento. Se representa mediante la letra a . Unidad S.I.: m/s^2 .

Aunque no estudiaremos cuantitativamente este movimiento, si diremos que en la posición de equilibrio la velocidad es máxima y la aceleración nula y que en los extremos la aceleración es máxima y la velocidad nula.

A la izquierda se expone un ejemplo de mvas, con $T=0,5$ s, $f= 2.0$ Hz, $A = 2$ m. Se ilustran varias posiciones para las que se indican sus correspondientes magnitudes.



Concepto de onda

Cuando una vibración o perturbación originada en una fuente o foco se propaga a través del espacio se produce una onda. En particular nos centraremos en las ondas armónicas ideales, que son aquellas en las que la vibración que se transmite es armónica simple en todos sus puntos.

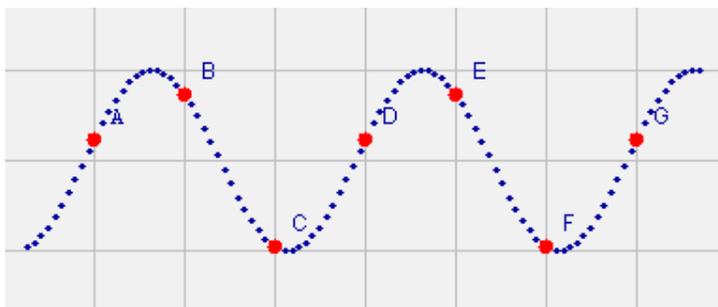
Este tipo de perturbación la produce un foco emisor o fuente de forma continua y se transmite a través de un espacio o medio capaz de transmitirla.

Conviene destacar que en los fenómenos ondulatorios, se transmite la vibración o perturbación y la energía que lleva asociada, pero no hay transporte de materia. Esto quiere decir que una onda transporta energía a través del espacio sin que se desplace la materia.

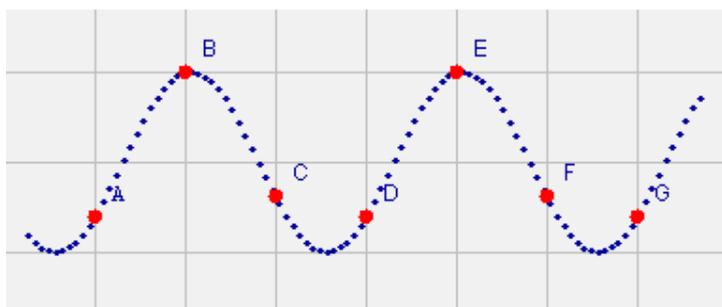
Ejemplos de ondas son: las olas del mar, el sonido, la luz, las ondas sísmicas, la vibración de una cuerda, etc.

A continuación veremos varias "fotografías" de una onda armónica en distintos instantes. En rojo se representan algunos puntos vibrantes que actúan como testigos a la hora de identificar la posición de esas partículas en los diferentes momentos.

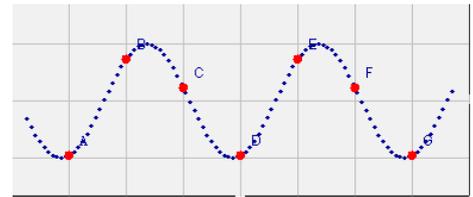
Instante 1.



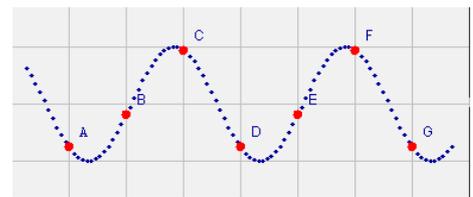
Instante 2.



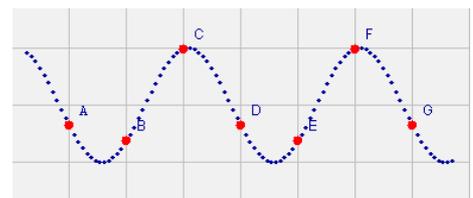
Instante 3.



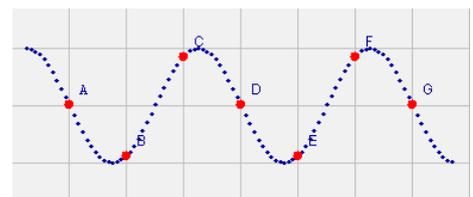
Instante 4.



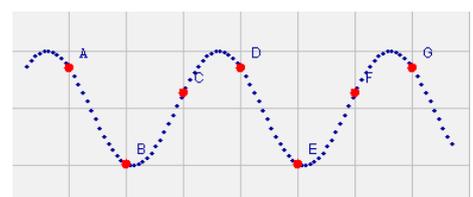
Instante 5.



Instante 6.



Instante 7.



Las ondas

Tipos de ondas

Las ondas se pueden clasificar de diferentes formas. A continuación veremos algunas de ellas:

A) Según la dirección de vibración de las partículas y de propagación de la onda.

Longitudinales. Son aquellas en que las partículas vibran en la misma dirección en la que se propaga la onda. Ej. El sonido, ondas sísmicas.

Transversales. Son aquellas en las que las partículas vibran perpendicularmente a la dirección en la que se propaga la onda. Ej. La luz, onda de una cuerda.

B) Según la dimensión de propagación de la onda.

Unidimensionales. Las que se propagan en una sola dimensión. Ej. Vibración de una cuerda.

Bidimensionales. Las que se propagan en dos dimensiones. Ej. Onda en la superficie del agua.

Tridimensionales. Las que se propagan en tres dimensiones. Ej. Luz, sonido. Ejemplos de ondas son: olas del mar, sonido, luz, ondas sísmicas, vibración de una cuerda, etc.

C) Según el medio que necesitan para propagarse.

Mecánicas. Necesitan propagarse a través de la materia. Ej. El sonido, olas del mar.

Electromagnéticas. No necesitan medio para propagarse, se pueden propagar en el vacío. Ej. La luz, calor radiante.

A) Vibración-propagación

Longitudinales Transversales

B) Dimensión propagación

Unidimensionales

Bidimensionales

Tridimensionales

C) Medio propagación

Mecánicas Electromagnéticas

Onda longitudinal, la vibración de las partículas (punto rojo) se produce en la misma dirección que la propagación de la onda.

ONDA DE SONIDO EN EL AIRE

ONDA EN UN MUELLE

Onda transversal, la vibración de las partículas (punto rojo) se produce en dirección perpendicular a la propagación de la onda.

PROPAGACIÓN DE UNA ONDA A TRAVÉS DE UNA CUERDA

Onda unidimensional, el medio en el que se propaga la onda es fundamentalmente unidimensional (cuerda).

PROPAGACIÓN DE UNA ONDA A TRAVÉS DE UNA CUERDA

Onda bidimensional, el medio por el que se propaga la onda (tela de la bandera), es básicamente bidimensional.

Onda tridimensional, el medio por el que se propaga la onda (espacio), es tridimensional.

Onda mecánica, el agua es el medio en el que se propaga la onda.

Ondas electromagnéticas. El aparato genera ondas electromagnéticas (polarizadas vibración del campo eléctrico y magnético en una dirección y no polarizadas la vibración de los campos eléctricos y magnéticos se produce en todas direcciones).

Características de las ondas

Magnitudes y unidades S.I. que definen una onda son:

Elongación (y): Distancia de cada partícula vibrante a su posición de equilibrio. Unidad S.I.: m.

Amplitud (A): Distancia máxima de una partícula a su posición de equilibrio o elongación máxima. Unidad S.I.: m.

Ciclo u oscilación completa: Recorrido que realiza cada partícula desde que inicia una vibración hasta que vuelve a la posición inicial. Unidad S.I.: m.

Longitud de onda (λ): Distancia mínima entre dos partículas que vibran en fase, es decir, que tienen la misma elongación en todo momento. Unidad S.I.: m.

Número de onda (n): Número de longitudes de onda que hay en la unidad de longitud. $\lambda = 1/n$. Unidad S.I.: 1/m ó m^{-1} .

Velocidad de propagación (v): Velocidad con la que se propaga la onda. Espacio recorrido por la onda en la unidad de tiempo. Unidad S.I.: m/s.

Periodo (T): 1) Tiempo en el que una partícula realiza una vibración completa. 2) Tiempo que tarda una onda en recorrer el espacio que hay entre dos partículas que vibran en fase. $T = 1/f$. Unidad S.I.: s.

Frecuencia (f): 1) N° oscilaciones de las partículas vibrantes por segundo. 2) N° oscilaciones que se producen en el tiempo en el que la onda avanza una distancia igual a λ . $f = 1/T$. Unidad S.I.: (Hz=ciclos/s).

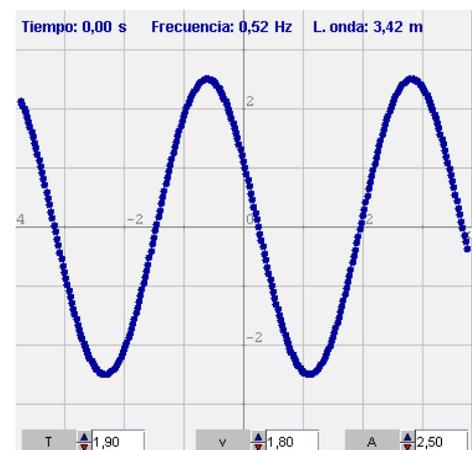
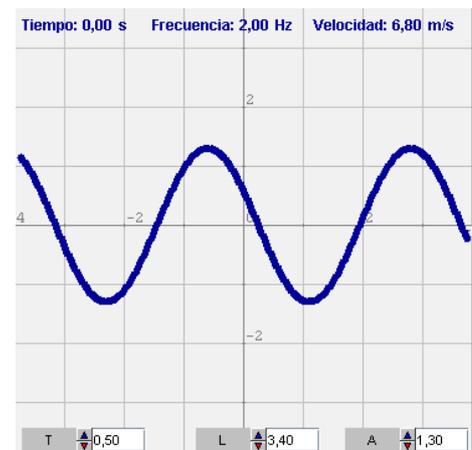
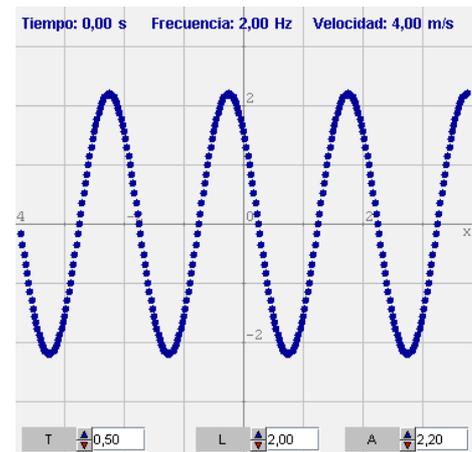
La relación entre v , λ , f y T es: $\lambda = v \cdot T = v/f$. Sabemos que en un movimiento a velocidad constante se cumple que el espacio es igual a la velocidad por el tiempo.

$$s = v \cdot t$$

Si consideramos que espacio recorrido es la longitud de onda λ , por definición, el tiempo necesario para hacerlo será el periodo. Por lo tanto, sustituyendo en la expresión anterior tenemos:

$$\lambda = v \cdot T = v/f$$

A continuación representaremos ondas de las que se han medido diferentes magnitudes de la misma.



Las ondas

2. Fenómenos ondulatorios

Reflexión de las ondas

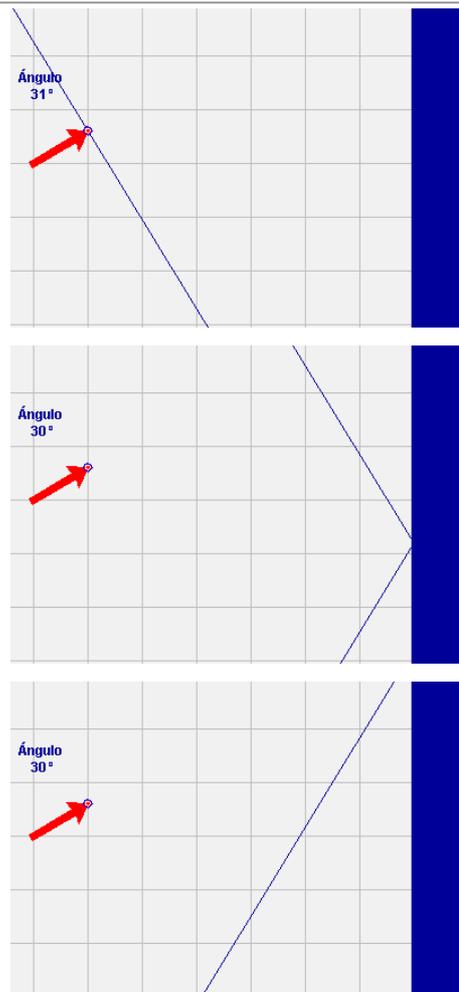
Se denomina reflexión de una onda al cambio de dirección que experimenta ésta cuando choca contra una superficie lisa y pulimentada sin cambiar de medio de propagación. Si la reflexión se produce sobre una superficie rugosa, la onda se refleja en todas direcciones y se llama difusión.

En la reflexión hay tres elementos: rayo incidente, línea normal o perpendicular a la superficie y rayo reflejado. Se llama ángulo de incidencia al que forma la normal con el rayo incidente y ángulo de reflexión al formado por la normal y el rayo reflejado.

Las leyes de la reflexión dicen que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión y que el rayo incidente, reflejado y la normal están en el mismo plano.

Ejemplos típicos de reflexión se producen en espejos, en superficies pulidas, en superficies de líquidos y cristales, etc.

A la izquierda se ilustra una onda que experimenta el fenómeno de reflexión.



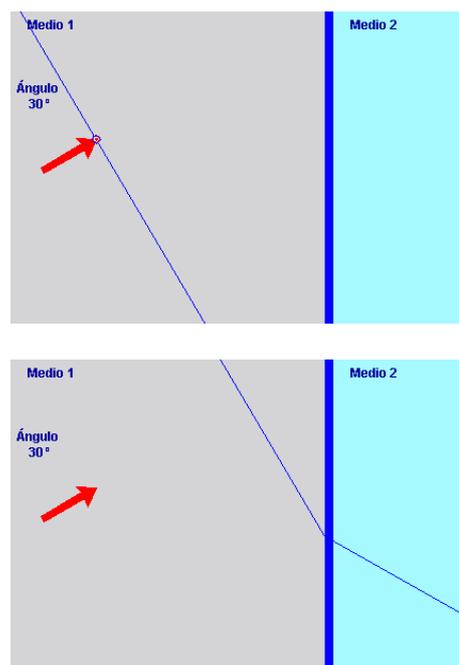
Refracción de las ondas

Se denomina refracción de una onda al cambio de dirección y de velocidad que experimenta ésta cuando pasa de un medio a otro medio en el que puede propagarse. Cada medio se caracteriza por su índice de refracción.

En la refracción hay tres elementos: rayo incidente, línea normal o perpendicular a la superficie y rayo refractado. Se llama ángulo de incidencia al que forma la normal con el rayo incidente y ángulo de refracción al formado por la normal y el rayo refractado.

Cuando la onda pasa de un medio a otro en el que la onda viaja más rápido, el rayo refractado se acerca a la normal, mientras que si pasa de un medio a otro en el que la onda viaja a menos velocidad el rayo se aleja de la normal.

A la izquierda se ilustra una onda que experimenta el fenómeno de refracción.



Difracción de las ondas

Se denomina difracción de una onda a la propiedad que tienen las ondas de rodear los obstáculos en determinadas condiciones. Cuando una onda llega a un obstáculo (abertura o punto material) de dimensiones similares a su longitud de onda, ésta se convierte en un nuevo foco emisor de la onda.

Esto quiere decir, que cuando una onda llega a un obstáculo de dimensión similar a la longitud de onda, dicho obstáculo se convierte en un nuevo foco emisor de la onda. Cuanto más parecida es la longitud de onda al obstáculo mayor es el fenómeno de difracción.

Cuando la abertura u obstáculo y la longitud de onda son de tamaño muy diferente, el fenómeno de difracción se hace imperceptible.

A la izquierda se ilustra una onda que experimenta el fenómeno de difracción.

Interferencias de las ondas

Se denomina interferencia a la superposición o suma de dos o más ondas. Dependiendo fundamentalmente de las longitudes de onda, amplitudes y de la distancia relativa entre las mismas se distinguen dos tipos de interferencias:

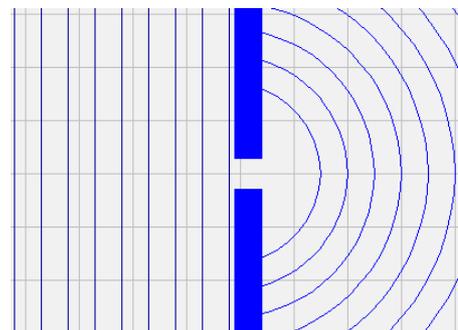
Constructiva: se produce cuando las ondas chocan o se superponen en fases, obteniendo una onda resultante de mayor amplitud que las ondas iniciales.

Destrucción: es la superposición de ondas en antifase, obteniendo una onda resultante de menor amplitud que las ondas iniciales.

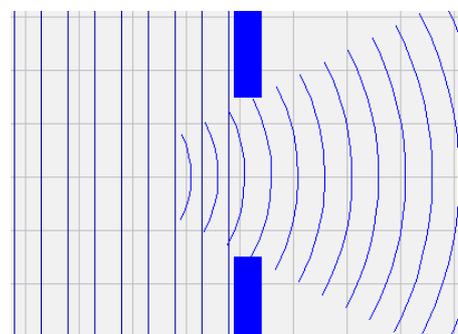
Normalmente, las interferencias destructivas generan ruidos desagradables y normalmente deben ser eliminadas, mientras que las constructivas suelen obtenerse voluntariamente.

A la izquierda se ilustran varios procesos de interferencias. Superponemos la onda superior a la inferior y observamos que la onda resultante puede ser de mayor amplitud (interferencia constructiva), o menor (interferencia destructiva).

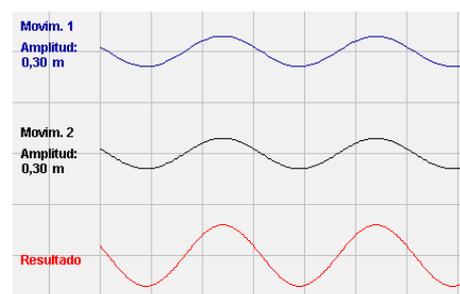
Abertura similar a λ .



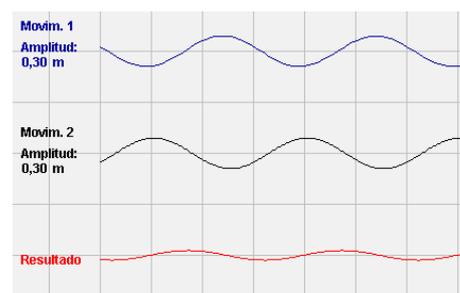
Abertura diferente a λ .



Interferencia constructiva.



Interferencia destructiva.



Las ondas

3. El sonido: Una onda longitudinal

¿Cómo se produce el sonido?

Son ondas longitudinales que se producen como consecuencia de una compresión del medio a lo largo de la dirección de propagación.

El sonido, se propaga únicamente en medios materiales que hagan de soporte de la perturbación, por tanto, no se propaga en el vacío.

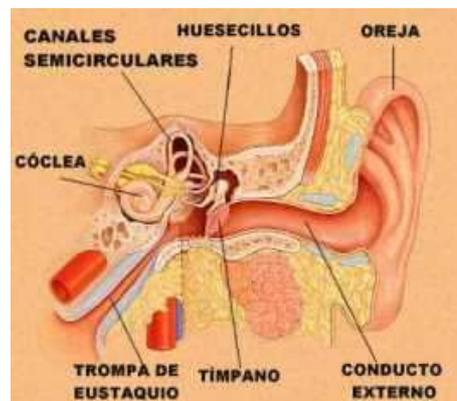
Para que haya sonido deben de existir varios elementos:

- Un foco emisor que produzca las vibraciones.
- Un medio material elástico que las propaga.
- Un detector, que en el caso de los seres humanos y el resto de los animales es el oído.

Las cuerdas vocales, la guitarra, una moto, un avión...emiten un sonido cuando vibran. Para que estas vibraciones sean percibidas por nuestros oídos es necesario un medio elástico que lo transmita.



Cuando las ondas viajeras alcanzan el oído externo, penetran por el conducto auditivo y llegan al tímpano que vibra en sintonía con la onda. El tímpano transmite la vibración a varios huesecillos en cadena (martillo, yunque y estribo) y a continuación, a través de endolinfa, la vibración llega al caracol y de ahí al cerebro.

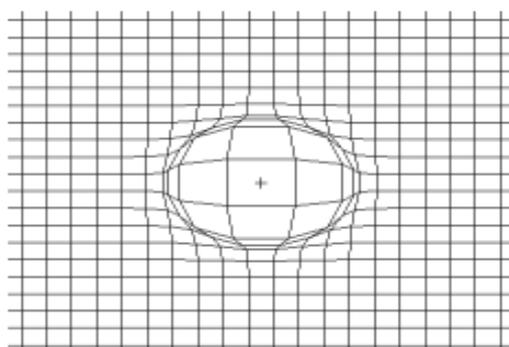
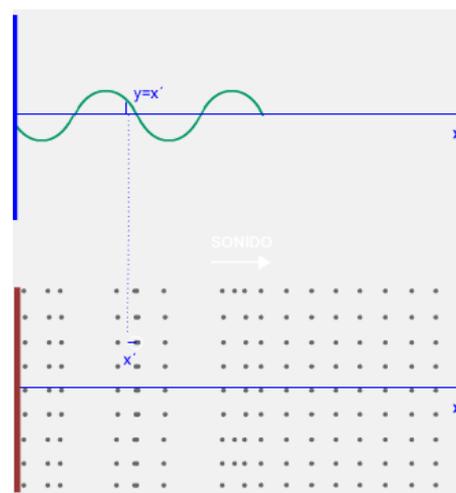
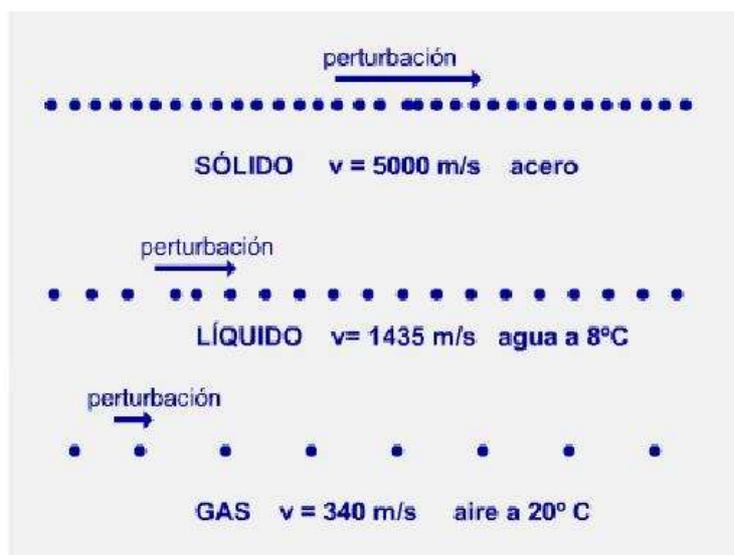


Velocidad de propagación

El sonido, a diferencia de otras "perturbaciones" que se propagan en medios materiales, lo hace tridimensionalmente, es decir la "perturbación" llega a cualquier punto del espacio.

Por ser una onda mecánica, la rapidez de su propagación depende del medio de propagación elástico. La velocidad de propagación de la perturbación, dependerá de la proximidad de las partículas del medio y de sus fuerzas de cohesión. Así, la velocidad de propagación será mucho mayor en los sólidos que en los líquidos, y sobre todo, que en los gases.

A la presión normal de 1 atm y 20°C, en un ambiente seco, la velocidad del sonido es de 5600 m/s en el acero, 1460 m/s en el agua y 340 m/s en el aire.



Las ondas

Cualidades del sonido

Los sonidos se diferencian unos de otros por sus cualidades fundamentales:

- Intensidad sonora
- Tono
- Timbre
- Resonancia
- Reflexión: Eco y reverberación
- Refracción

Cualidades del sonido: Intensidad

Como todo movimiento ondulatorio, el sonido transporta energía que depende de la vibración que lo produzca.

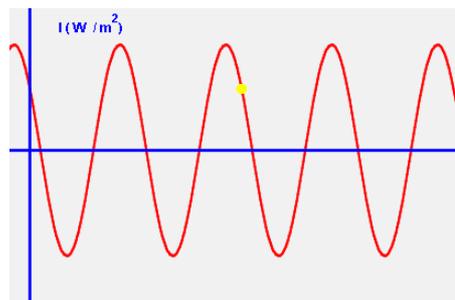
La intensidad sonora, I , se define como la energía transmitida por la onda sonora que atraviesa la unidad de superficie en cada unidad de tiempo. En el S.I se mide en J/m^2s o W/m^2 .

Cuanto mayor sea la amplitud de la onda, **A** , mayor será su intensidad. Por lo tanto el sonido se oirá más fuerte.

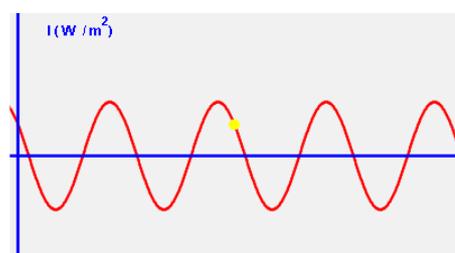
La sonoridad es la cualidad del oído que le permite distinguir entre los sonidos fuertes y débiles.

La unidad de sonoridad es el belio, **B** , pero generalmente se expresa en decibelios, **dB**.

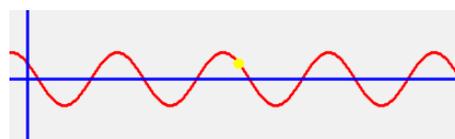
El nivel cero de sonoridad corresponde a una intensidad física de $10^{-12} W/m^2$, mínima sonoridad que percibe el oído humano normal. Este valor recibe el nombre de umbral de sonoridad y equivale a un sonido puro de 100 Hz.



Sonido fuerte



Sonido medio



Sonido débil

Sonoridad (dB)	Sonido de referencia
0	Umbral de sonoridad
20	Conversación en voz baja
40	Ruido a intensidad media
60	Conversación en voz alta
100	Tráfico intenso
120	Avión al despegar, perforadora, sierras mecánicas...

Cualidades del sonido: Tono

Una cualidad importante del sonido es el Tono, o lo que es lo mismo la **Frecuencia** con la que vibran las partículas del medio. Dicha frecuencia determina que un sonido sea **Agudo** o **Grave** según su valor.

- Sonidos graves: 20 a 256 Hz.
- Sonidos medios de 256 a 2.000 Hz.
- Sonidos agudos de 2.000 a 16.000 Hz.

La velocidad del sonido es constante para cualquier frecuencia, por lo tanto, la longitud de onda, λ de los sonidos agudos es menor que la de los graves, ya que:

$$v = \lambda \cdot f$$

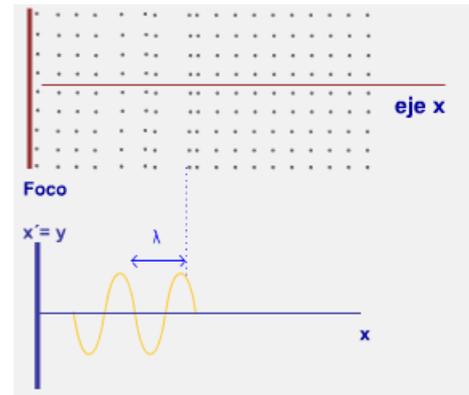
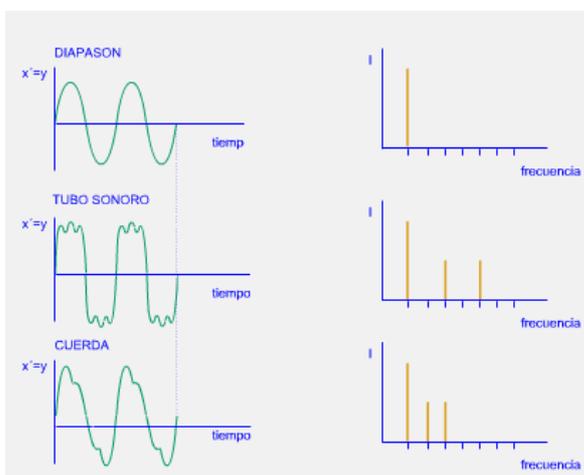
A mayor frecuencia, menor longitud de ondas y viceversa.

El oído humano no es sensible a los sonidos inferiores a 20 Hz (infrasonidos) ni a los sonidos superiores a 20.000 Hz (ultrasonidos).

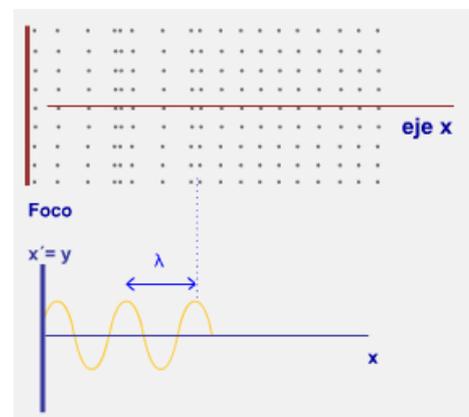
Cualidades del sonido: Timbre

A través del timbre somos capaces de diferenciar, dos sonidos de igual frecuencia fundamental o (tono), e intensidad. El **timbre** es la cualidad del sonido que permite distinguir la misma nota musical (frecuencia) producida por dos instrumentos musicales distintos, por los armónicos que acompañan al tono fundamental. Los armónicos son como rizados de la onda fundamental y su frecuencia es múltiplo entera de ella.

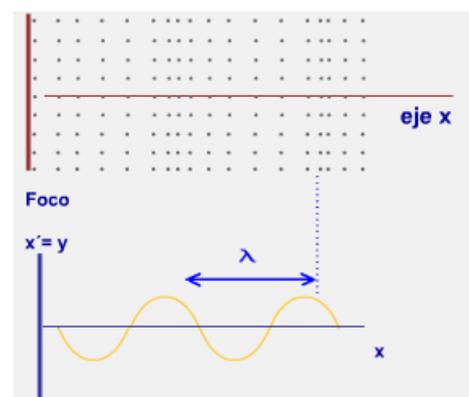
En la ilustración consideraremos la misma frecuencia o "tono" (300 Hz) emitido por un diapasón, un tubo sonoro y una cuerda de guitarra (estos últimos con un "timbre" característico").



Frecuencia de 800 Hz



Frecuencia de 500 Hz



Frecuencia de 250 Hz

Las ondas

Cualidades del sonido: Resonancia

La resonancia acústica, consiste en la vibración de un objeto inducido por otro próximo a él. Por ejemplo, el cristal de las ventanillas de un coche vibra cuando pasa un camión.

La razón es que algún sonido del ruido que emite el camión al pasar oscila con la misma frecuencia que el cristal es capaz de hacerlo.

¿Cómo se puede romper una copa con la voz? El sonido de la voz "golpea" la copa y la hace vibrar en resonancia.

Si mantenemos el sonido de la voz en el tiempo la copa recibe cada vez más "golpes", es decir recibe una onda con la misma frecuencia con la que está oscilando, pero la amplitud de oscilación aumenta en cada empujón y llega a romper la copa.

La resonancia se produce también si una frecuencia es múltiplo de la otra.

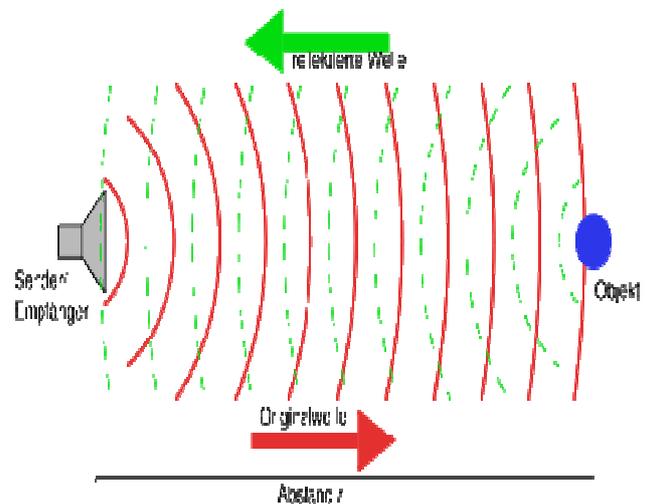
Cualidades del sonido: Reflexión

Una onda se refleja (rebota) cuando topa con un obstáculo que no puede traspasar ni rodear.

No todas las ondas sonoras tienen el mismo comportamiento. Las bajas frecuencias tienen una longitud de onda muy grande, por lo que son capaces de rodear la mayoría de obstáculos (difracción), sin embargo, las altas frecuencias no rodean los obstáculos, se reflejan (reflexión).

En la reflexión, el ángulo de la onda reflejada es igual al ángulo de la onda incidente, de modo que si una onda sonora incide perpendicularmente sobre la superficie reflectante, vuelve sobre sí misma.

En acústica esta propiedad de las ondas es aprovechada para aislar y dirigir el sonido de un auditorio mediante altavoces o placas reflectoras.



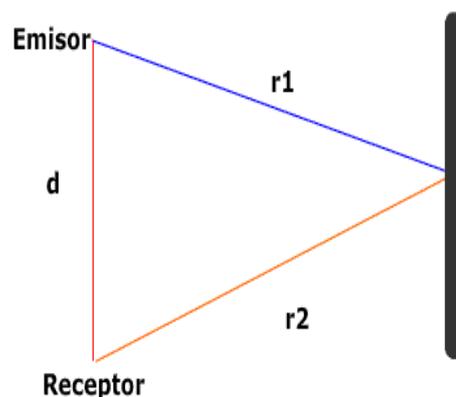
Cualidades del sonido: Eco

Como todo movimiento ondulatorio, el sonido se refleja y vuelve al mismo medio elástico después de chocar contra superficies reflectoras. Si el sonido es intenso y la superficie reflectora está lo suficientemente alejada un mismo observador puede percibir, por separado, el sonido emisor y el reflejado. A este fenómeno se le llama **eco**.

Para oír el eco es necesario que ambos sonidos estén separados en el tiempo por 0,1 s (límite del oído humano para poder oír dos sonidos sucesivos). En este tiempo el sonido recorre 34 m, diferencia mínima que debería de haber entre el camino directo y el camino reflejado para poder oír el eco.

De tal forma que:

$$r_1 + r_2 - d \geq 34 \text{ m}$$



Cualidades del sonido: Reverberación

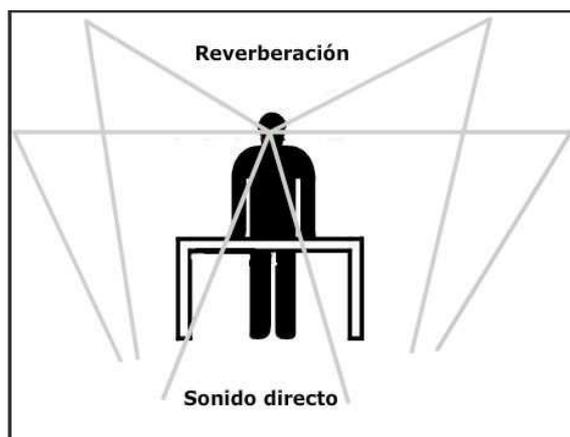
La **reverberación** es un fenómeno derivado de la reflexión del sonido.

Se produce en lugares cerrados amplios y vacíos.

Consistente en una ligera prolongación del sonido una vez que se ha extinguido el original, debido a las ondas reflejadas. Estas ondas reflejadas sufrirán un retardo no superior a 0,1 s. Cuando el retardo es mayor ya no hablamos de reverberación, sino de eco.

En salas de conciertos, teatros y cines se emplean materiales absorbentes para evitar la reverberación.

Sin embargo, una ausencia de reverberación resta sonoridad y calidad a la música. De ahí que las salas se diseñen de forma adecuada para conseguir la mejor audición.



Las ondas

Cualidades del sonido: Refracción

La refracción es el fenómeno por el cual las ondas sonoras cambian de velocidad y dirección cuando pasan de un medio a otro diferente.

La refracción también puede producirse dentro de un mismo medio, cuando las características de éste no son homogéneas, cuando de un punto a otro aumenta o disminuye la temperatura.

Por ejemplo, por la noche, el aire cercano a la superficie terrestre está más frío que el que está a mayor altura. Un sonido producido en la superficie se refracta hacia las capas superiores donde su velocidad es mayor. Una reflexión devuelve el sonido al suelo permitiendo que sea oído a grandes distancias.

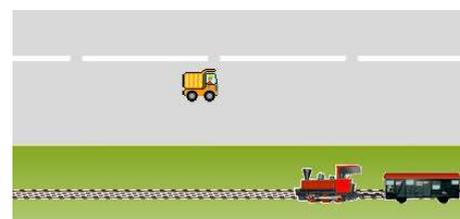
A diferencia de lo que ocurre en la reflexión, en la refracción, el ángulo refractado no es igual al de incidencia.

Efecto Doppler

Un tren circula por un tramo de vía recta paralelo a una carretera a 90 Km/h hace sonar su silbato con una frecuencia de 500 Hz. En sentido contrario, acercándose al tren, circula un automóvil a 72 km/h. ¿Con qué frecuencia oírás el conductor del coche el silbato del tren?

Este efecto fue estudiado por Cristian Doppler, consiste en la variación del tono de cualquier tipo de onda emitida o recibida por un objeto en movimiento.

$$f = \frac{v_s - v_o}{v_s - v_e} f'$$



El tono de un sonido emitido por una fuente que se aproxima al observador es más agudo que si la fuente se aleja.

Christian Andreas Doppler (Salzburgo, 29 de noviembre de 1803 – Venecia, 17 de marzo de 1853) fue un matemático y físico austríaco principalmente conocido por su hipótesis sobre la variación aparente de la frecuencia de una onda observada por un observador en movimiento relativo frente al emisor. A este efecto se le conoce como efecto Doppler.

Christian Doppler nació en el seno de una familia austriaca de albañiles establecidos en Salzburgo desde 1674. El próspero negocio familiar permitió construir una elegante casa en la Hannibal Platz (actualmente Makart Platz) en Salzburgo que se conserva en la actualidad y en la que nació Christian Doppler. Debido a problemas de salud no pudo seguir la tradición familiar.



Christian Doppler estudió física y matemáticas en Viena y Salzburgo. En 1841 comenzó a impartir clases de estas materias en la Universidad de Praga. Un año más tarde, a la edad de 39 años, publicó su trabajo más conocido en el que hipotetizaba sobre el efecto Doppler. Durante sus años como profesor en Praga publicó más de 50 artículos en áreas de matemáticas, física y astronomía. Durante este tiempo no tuvo gran éxito como profesor o como matemático con la notable excepción de la admiración hacia sus ideas profesada por el eminente matemático Bernard Bolzano.

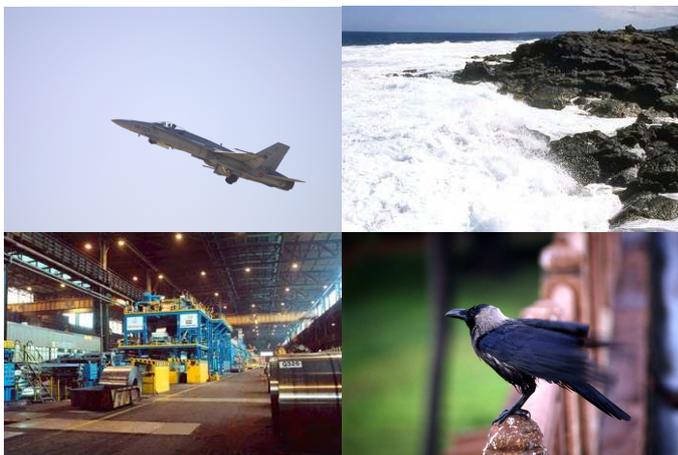
Su carrera como investigador en Praga fue interrumpida por la revolución de marzo de 1848 y Doppler tuvo que dejar la ciudad trasladándose a Viena. En 1850 fue nombrado director del Instituto de Física Experimental de la Universidad de Viena pero su siempre frágil salud comenzó a deteriorarse. Poco después, a la edad de 50 años, falleció de una enfermedad pulmonar mientras intentaba recuperarse en la ciudad de Venecia.

Las ondas

Contaminación acústica

Se llama **contaminación acústica** al exceso de sonido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas si no se controla adecuadamente.

El término **contaminación acústica** hace referencia al ruido excesivo y molesto, provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas. Un sonido molesto que puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos para una persona o grupo de personas.



Según la OMS (organización Mundial de la Salud) se considera los 50 dB como el límite superior deseable. En España, se establece los 55 dB como nivel de confort acústico. Por encima de este nivel, el sonido resulta pernicioso para el descanso y la comunicación.

Sonoridad (dB)	Sonido de referencia
0	Umbral de sonoridad
20	Conversación en voz baja
40	Ruido a intensidad media
60	Conversación en voz alta
100	Tráfico intenso
120	Avión al despegar, perforadora, sierras mecánicas...

Aplicaciones de las ondas sonoras

Las ondas sonoras tienen muchas y variadas aplicaciones en la actualidad.

Música: producción de sonido en instrumentos musicales y sistemas de afinación de la escala.

Electroacústica: tratamiento electrónico del sonido, incluyendo la captación (micrófonos y estudios de grabación), procesamiento (efectos, filtrado, compresión, etc.) amplificación, grabación, producción (altavoces) etc.

Acústica fisiológica: estudia el funcionamiento del aparato auditivo, desde la oreja a la corteza cerebral.



Acústica fonética: análisis de las características acústicas del habla y sus aplicaciones.

Arquitectura: tiene que ver tanto con diseño de las propiedades acústicas de un local a efectos de fidelidad de la escucha, como de las formas efectivas de aislar del ruido los locales habitados.

El **sonar**, acrónimo de Sound Navigation And Ranging, navegación y alcance por sonido, es una técnica que usa la propagación del sonido bajo el agua (principalmente) para navegar, comunicarse o detectar otros buques.

Contaminación acústica: Ampliación

El sonar puede usarse como medio de localización acústica funcionando de forma similar al radar, con la diferencia de que en lugar de emitir señales de radiofrecuencia se emplean impulsos sonoros. De hecho, la localización acústica se usó en aire antes que el radar, siendo aún de aplicación el SODAR (la exploración vertical aérea con sonar) para la investigación atmosférica.

El término «sonar» se usa también para aludir al equipo empleado para generar y recibir el sonido. Las frecuencias usadas en los sistemas de sonar van desde las infrasónicas a las ultrasónicas



La **ecografía, ultrasonografía o ecosonografía** es un procedimiento de imagenología que emplea los ecos de una emisión de ultrasonidos dirigida sobre un cuerpo u objeto como fuente de datos para formar una imagen de los órganos o masas internas con fines de diagnóstico. Un pequeño instrumento "similar a un micrófono" llamado **transductor** emite ondas de ultrasonidos. Estas ondas sonoras de alta frecuencia se transmiten hacia el área del cuerpo bajo estudio, y se recibe su eco.

El transductor recoge el eco de las ondas sonoras y una computadora convierte este eco en una imagen que aparece en la pantalla.



La litotricia es una técnica utilizada para destruir los cálculos que se forman en el riñón, la vejiga, los uréteres o la vesícula biliar. Hay varias formas de hacerla, aunque la más común es la litotricia extracorpórea (por fuera del cuerpo) por ondas de choque. Las ondas de choque se concentran en los cálculos y los rompen en fragmentos diminutos que luego salen del cuerpo en forma natural durante la micción.

El telémetro ultrasónico se basa en la emisión de un ultrasonido que se refleja en el blanco y el telémetro recibe el eco. Por el tiempo transcurrido y la fase del eco, calcula la distancia al blanco.

Las ondas

4. La luz: Una onda transversal

Naturaleza de la luz

La luz es una forma de energía emitida por los cuerpos y que nos permite percibirlos mediante la vista. Los objetos visibles pueden ser de dos tipos:

- **Objetos luminosos:** Son los que emiten luz propia, como una estrella o una bombilla. La emisión de luz se debe a la alta temperatura de estos cuerpos.
- **Objetos iluminados:** Son los que reflejan la luz que reciben, como una mesa o una pared. Estos objetos no son visibles si no se proyecta luz sobre ellos.

La luz que procede de un objeto visible se transmite mediante un movimiento ondulatorio hasta llegar a nuestros ojos. Desde allí se envía un estímulo al cerebro que lo interpreta como una imagen.

La **luz** consiste en una forma de energía, emitida por los objetos luminosos, que **se transmite mediante ondas electromagnéticas** y es capaz de estimular el sentido de la vista.

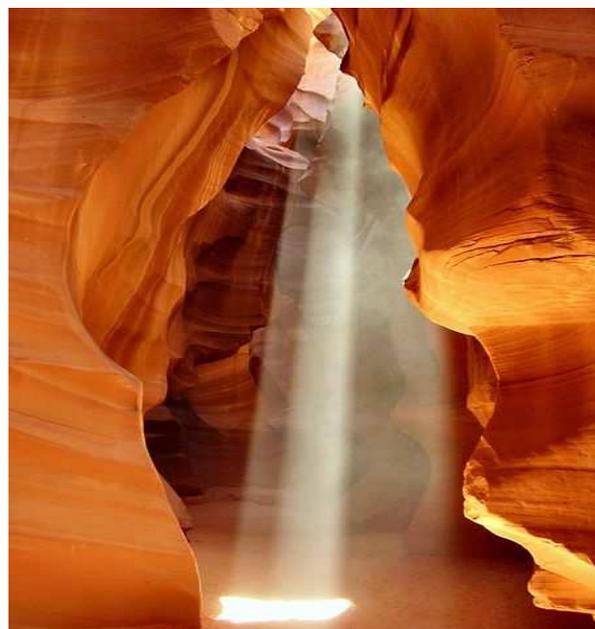
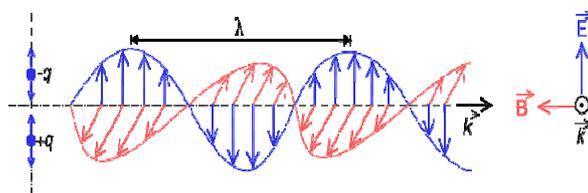
Las ondas electromagnéticas son transversales, pues las vibraciones de los campos eléctrico y magnético se producen en dirección perpendicular a la dirección de propagación.

Las ondas electromagnéticas no requieren medio material para su propagación. Por eso, la luz del Sol llega a la Tierra después de recorrer una gran distancia en el vacío.

Ampliación: Naturaleza de la luz.

En el siglo XVII, Newton consideraba la luz como una corriente rectilínea de pequeñas partículas materiales emitidas por los cuerpos luminosos. Ello explicaba la propagación rectilínea de la luz. También explicaba la reflexión mediante rebote de esas partículas sobre la superficie.

A principios del siglo XIX se confirmó la teoría de que la luz se comportaba como una onda. Había un problema, ¿cómo se transmitía por el vacío si el sonido - que era otra onda - no lo hacía? Esto fue "resuelto" suponiendo que se transportaban en un medio invisible llamado éter.



Actualmente se acepta que la luz tiene doble naturaleza: se comporta como materia en movimiento (tiene naturaleza de partícula) y como onda que marcha asociada a la materia (tiene naturaleza ondulatoria). El carácter material de la luz ha sido confirmado por numerosos experimentos, como el "efecto fotoeléctrico" de Einstein, el cual llamó fotones a las partículas de luz. Esta teoría explica el porqué la luz se puede transmitir por el vacío, mediante movimiento de los fotones.

Propagación de la luz

La luz se puede propagar en el vacío o en otros medios. La velocidad a la que se propaga depende del medio.

En el vacío (o en el aire) es de $3 \cdot 10^8$ m/s; en cualquier otro medio su valor es menor.

Esta velocidad viene dada por una magnitud llamada **índice de refracción**, n , que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en ese medio. No tiene unidades y su valor es siempre mayor que 1.

$$n = \frac{c}{v}$$

n es el índice de refracción, c es la velocidad de la luz en el vacío y v es la velocidad de la luz en el medio (ambas en m/s).

Según su comportamiento ante la luz, los medios se pueden clasificar en:

- **Transparentes:** Dejan pasar una gran parte de la luz que les llega y permiten ver los objetos a través de ellos. Ejemplos: Agua, aire y vidrio.
- **Opacos:** No dejan pasar la luz. Ejemplos: Madera y metal.
- **Translúcidos:** Sólo dejan pasar una parte de la luz que reciben. Los objetos visibles se muestran borrosos a través de ellos. Ejemplos: Vidrio esmerilado y algunos plásticos

La luz es una onda que se propaga en las tres direcciones del espacio. Para estudiar sus efectos se emplean líneas perpendiculares a las ondas, que indican la dirección de propagación. Es lo que denominamos **rayos**.

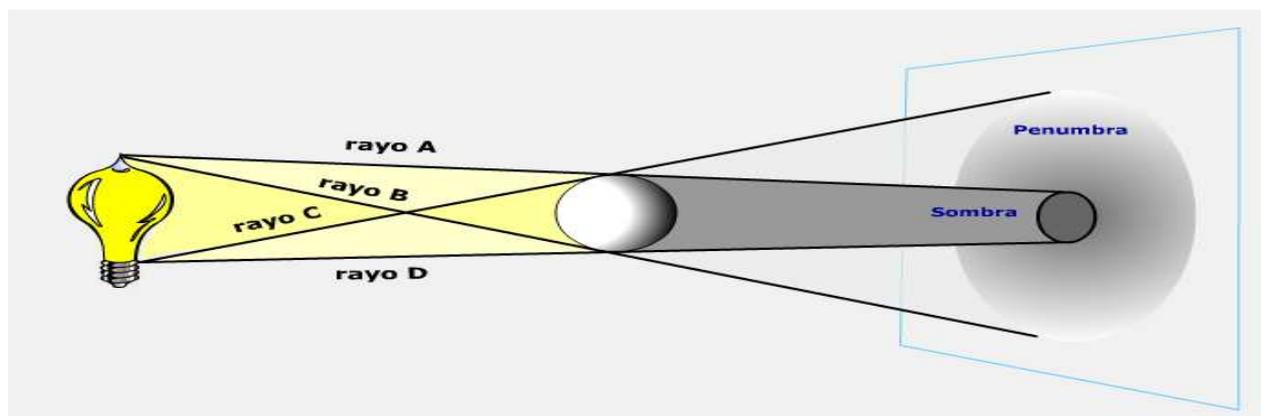
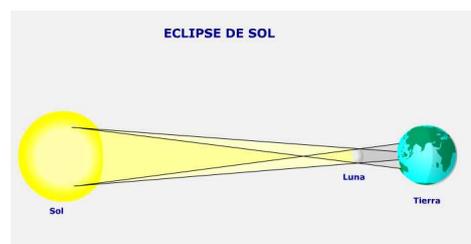
En un medio que sea homogéneo, la luz se propaga en línea recta, lo cual explica la formación de sombras y penumbras. Por ello, cuando iluminamos un objeto con un foco grande y observamos la imagen en una pantalla podemos distinguir:

- Zona de **sombra**, que no recibe ningún rayo.

- Zona de **penumbra**, que recibe sólo parte de los rayos.

- Zona **iluminada**, que recibe todos los rayos que proceden del foco de luz.

De esta forma se pueden explicar el eclipse de Sol y el eclipse de Luna.



Las ondas

Reflexión de la luz

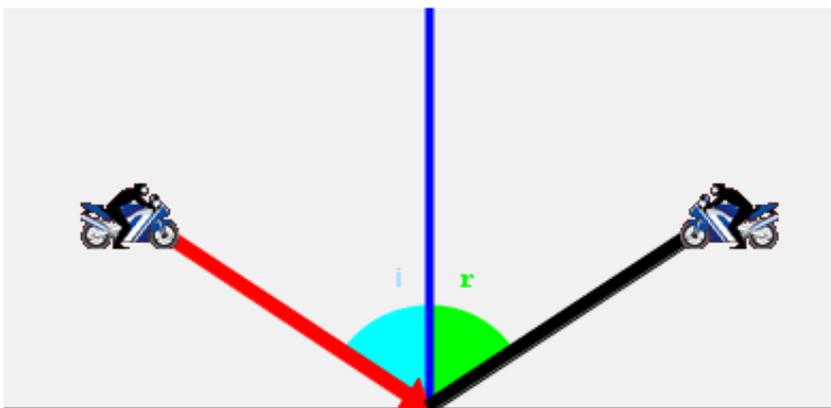
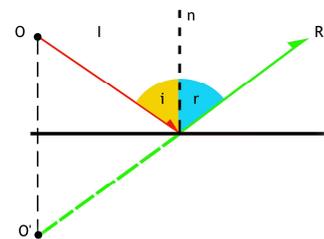
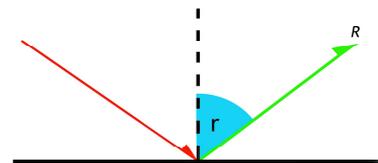
A menudo observamos nuestra imagen reflejada sobre la superficie del agua o sobre superficies metálicas pulidas. Este fenómeno se conoce como **reflexión**.

Es como si la luz rebotara al llegar a la superficie y volviera a través del medio original. Para explicar este fenómeno se emplean las **leyes de la reflexión**:

1.- El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en el mismo plano.

2.- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión: $i = r$.

- **Rayo incidente:** rayo que llega a la superficie.
- **Rayo reflejado:** rayo que refleja la superficie.
- **Normal:** es la perpendicular a la superficie del espejo en el punto donde toca el rayo incidente.
- **i :** ángulo de incidencia, el que forma el rayo incidente con la línea normal o perpendicular a la superficie.
- **r :** ángulo de reflexión, el que forma el rayo reflejado con la normal.



Refracción de la luz

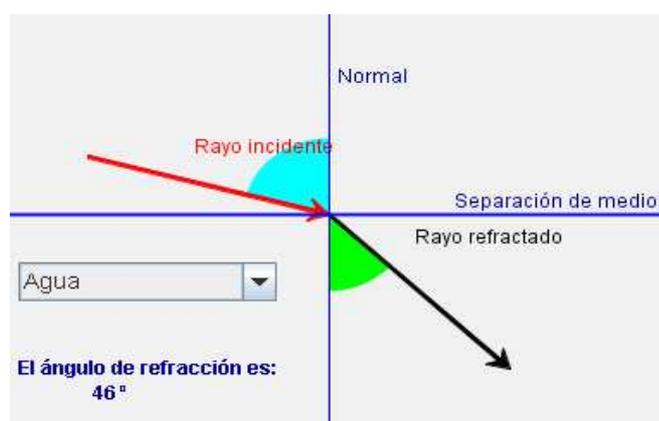
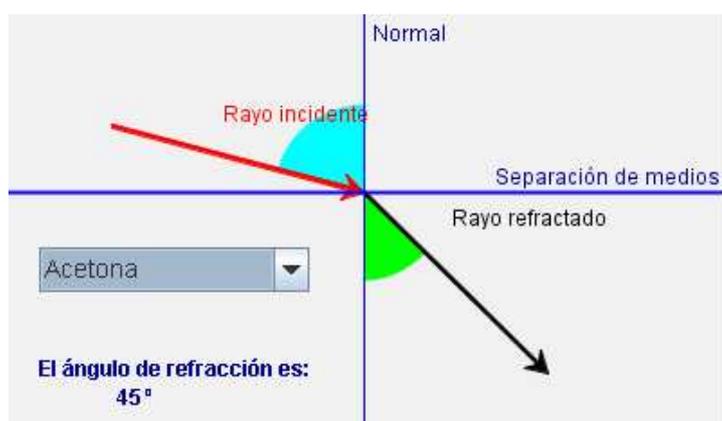
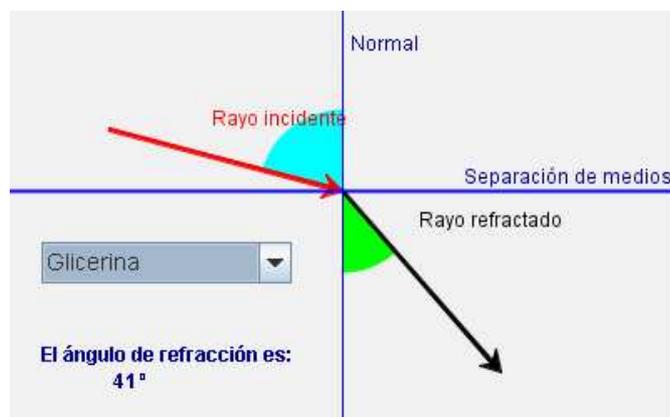
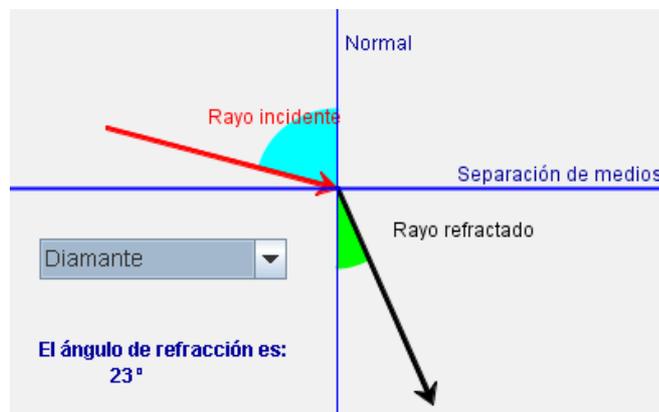
Cuando la luz pasa de un medio a otro, su velocidad cambia. Eso hace que pueda variar la dirección del rayo (si no incide de forma perpendicular). El fenómeno se llama **refracción**. La dirección del rayo en el nuevo medio se explica mediante las **leyes de la refracción**:

- 1.- El rayo incidente, el rayo refractado y la normal están en el mismo plano.
- 2.- El ángulo de incidencia y el de refracción están relacionados por la expresión:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r.$$

n_1 es el índice de refracción del primer medio y n_2 del segundo. i es el ángulo de incidencia y r el de refracción. Si la luz pasa de un medio de menor índice de refracción a otro de mayor índice de refracción (por ejemplo, del aire al agua) se acerca a la normal, y cuando la luz pasa de un medio de mayor índice de refracción a otro de menor índice de refracción (por ejemplo, del agua al aire) se aleja de la normal.

Para un ángulo de incidencia de 75° :



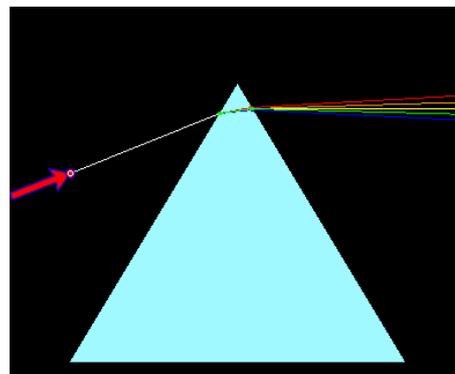
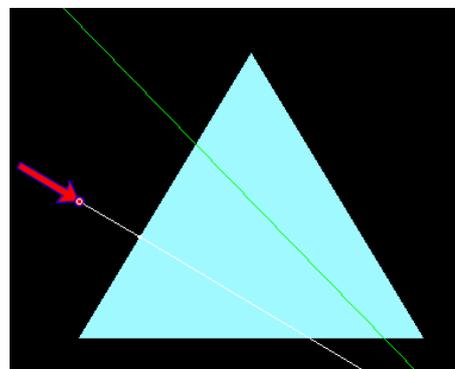
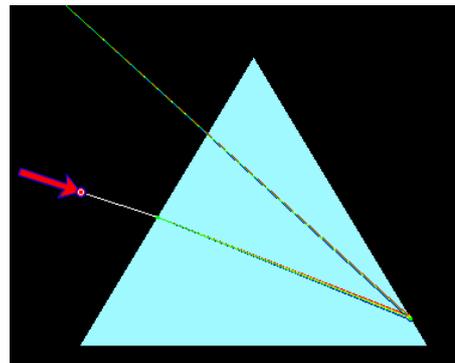
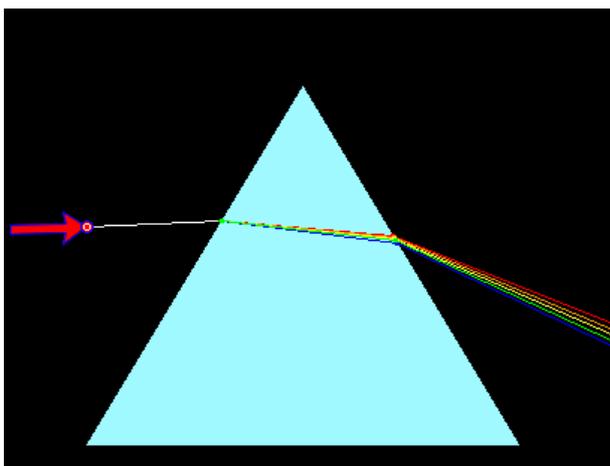
Las ondas

Dispersión de la luz

Conocemos como **luz blanca** a la que proviene del Sol. En algunas circunstancias, esa luz se descompone en varias franjas de colores llamadas **arco iris**. En realidad la luz blanca está formada por toda una gama de longitudes de onda, cada una correspondiente a un color, que van desde el rojo hasta el violeta.

Como el índice de refracción de un material depende de la longitud de onda de la radiación incidente, si un rayo de luz blanca incide sobre un prisma óptico, cada radiación simple se refracta con un ángulo diferente. La **dispersión** de la luz consiste en la separación de la luz en sus colores componentes por efecto de la refracción.

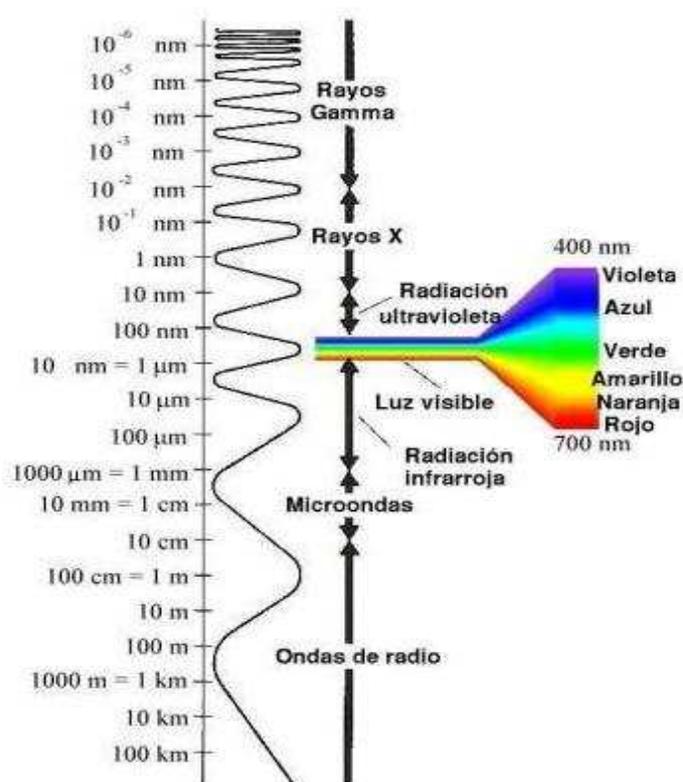
Así, las distintas radiaciones que componen la luz blanca emergen separadas del prisma formando una sucesión continua de colores que denominamos **espectro** de la luz blanca.



El espectro electromagnético

El **espectro** es el análisis de las distintas radiaciones sencillas que componen la radiación total que nos llega de un cuerpo. Por ejemplo, al color rojo le corresponde una longitud de onda de 400 nm y al color violeta le corresponde otra de 700 nm. Las personas podemos ver la luz, una radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre esos dos valores. Sin embargo, existen ondas electromagnéticas con mayor o menor longitud de onda como los rayos X, la radiación ultravioleta o la infrarroja.

El **espectro electromagnético** es el conjunto de ondas electromagnéticas ordenadas en función de su energía. De mayor a menor energía (o de menor a mayor longitud de onda) tenemos:



- **Rayos gamma:** Se producen en desintegraciones de átomos de materiales radiactivos. Es una radiación ionizante, capaz de penetrar la materia. Muy energética
- **Rayos X:** Son radiaciones muy penetrantes, con longitud de onda menor a la luz visible. Pueden provocar daños celulares en tejidos vivos.
- **Ultravioleta:** Es una radiación emitida por el Sol. La más energética es absorbida por la capa de ozono, llegando a la Tierra la menos energética.
- **Visible:** Es la radiación que podemos percibir a través del sentido de la vista.
- **Infrarrojo:** Es la radiación que emiten todos los objetos calientes, desde el carbón incandescente hasta los radiadores.
- **Microondas:** Es producida por las rotaciones de moléculas. Es poco energética.
- **Ondas de radio:** Son las de menor energía. Se generan alimentando una antena con corriente alterna.



Para practicar

- Indicar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
 - Las ondas transportan energía y materia.
 - Todas las ondas que existen son armónicas.
 - El sonido es una onda mecánica.
 - La luz es una onda mecánica.
 - La vibración de una cuerda transmite una onda unidimensional.
 - Al aumentar el periodo de una onda aumenta su frecuencia.
 - Al aumentar la longitud de onda disminuye el número de onda.
 - La longitud de onda no tiene ninguna relación matemática con el periodo.
 - En una onda, la elongación no puede ser mayor que la amplitud.
 - Las partículas vibrantes de una onda están aceleradas.
- Calcular la frecuencia de una onda cuyo periodo es de 23 s.
- Calcular el periodo de una onda cuya frecuencia es de 4,2 Hz.
- Calcular la longitud de onda, sabiendo que su frecuencia es de 4,2 Hz y su velocidad de propagación de 958,9 m/s.
- Calcular la velocidad de propagación de una onda, sabiendo que su frecuencia es de 4,2 Hz y la longitud de onda es de 38,1 m.
- Calcular el número de onda, sabiendo que la longitud de onda es de 38,1 m.
- Calcular la longitud de onda, sabiendo que su periodo es de 39,0 s y su velocidad de propagación de 958,9 m/s.
- Calcular la velocidad de propagación de una onda, sabiendo que su periodo es de 39,0 s y la longitud de onda es de 38,1 m.
- Calcular el periodo de una onda, sabiendo que su velocidad de propagación es de 958,9 m/s y la longitud de onda es de 38,1 m.
- Calcular la frecuencia de una onda, sabiendo que su velocidad de propagación es de 538,0 m/s y la longitud de onda es de 51,5 m.
- Calcular el número de onda, sabiendo que su frecuencia es de 83,3 Hz y su velocidad de propagación es de 197,5 m/s.
- Calcular el número de onda, sabiendo que su periodo es de 13,0 s y su velocidad de propagación es de 197,5 m/s.



Para practicar

13. Clasificar los siguientes fenómenos ondulatorios dentro de la categoría que le corresponde:

Meter un lápiz en un vaso de agua (A)	Oír dos cadenas de radio a la vez (F)	REFLEXIÓN y DIFUSIÓN
Mirarse en el espejo (B)	Ver el brillo de un metal (G)	
Hablan varias personas a la vez (C)	Descomposición de la luz al pasar (H) por un prisma	REFRACCIÓN
Inhibidor de frecuencias (D)	Ver una moneda en el fondo de (L) una piscina	
Observar el color de un objeto (E)		INTERFERENCIAS

14. Indicar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- La reflexión y la refracción son el mismo fenómeno.
- El ángulo de incidencia y de reflexión son el mismo fenómeno.
- Las ondas pueden interferirse entre sí.
- La refracción se produce cuando una onda pasa a otro más opaco.
- La luz experimenta el fenómeno de interferencia.
- La difracción se observa siempre que una onda tropieza con un obstáculo.
- Pueden existir interferencias constructivas.
- El ángulo de incidencia y de refracción tienen siempre el mismo valor.
- Cuando la luz choca contra una superficie rugosa experimenta difusión.
- Se puede producir simultáneamente la reflexión y la refracción.



Para practicar

15. Indicar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- a) El sonido se propaga tanto en medios materiales como en el vacío.
- b) La rapidez de propagación del sonido no depende del medio de propagación.
- c) Cuanto mayor sea la amplitud de la onda, el sonido se oirá más fuerte.
- d) Los sonidos graves tienen menor longitud de onda que los agudos.
- e) El timbre permite distinguir dos sonidos con la misma frecuencia.
- f) El ángulo reflejado es el doble que el incidente.
- g) Para oír eco, el sonido reflejado y el incidente deben estar separados 0,1s.
- h) La reverberación es una cualidad del sonido relacionada con la refracción.
- i) Cuando un medio no es homogéneo se puede producir refracción.
- j) El tono de una onda varía con el movimiento de un objeto.

16. Si una persona está situada a más de 17 m de un acantilado grita fuertemente ¿recibirá el eco de su voz?

17. Cuánto tiempo tardará en oírse el eco de un ruido si el foco emisor está a 645 m. Velocidad del sonido 340 m/s.

18. Los límites inferior y superior del sonido audible por el ser humano son 20-20.000Hz. Calcula la longitud de onda en el aire. $v_{\text{aire}} = 340 \text{ m/s}$

19. Calcular la velocidad de propagación de una onda, sonora si su frecuencia es de 96,6 Hz y su longitud de onda es de 54,0 m.

20. El sonar de un barco registra el eco de la onda emitida hacia el fondo 5 s después. Calcular la profundidad del mar en ese punto. $v_{\text{agua}} = 1480 \text{ m/s}$.

21. Calcula la velocidad de la luz en un medio de índice de refracción 2, 21. Dato: Velocidad de la luz en el vacío = 300000000 m/s.

22. Un rayo de luz pasa del aire a otro medio ($n = 2,74$). Si el ángulo de incidencia es 28° , calcula el valor del ángulo de refracción.

Para saber más



Curiosidades sobre la luz

El **cielo es azul** y el **sol amarillo** porque la luz del sol, que es blanca, al llegar a la atmósfera se dispersa, siendo la luz azul dispersada con mayor facilidad por las moléculas del aire. El sol es amarillo ya que este es el color resultante de quitarle a la luz blanca el componente azul.

En un día soleado es fácil ver un **arco iris** en el chorro de una manguera de jardín: bastará colocarse de forma que el Sol esté a nuestra espalda pero ilumine las gotas de agua.

El fenómeno es el mismo que produce en el cielo un arco iris natural, pero el Sol, en lugar de incidir sobre una cortina de agua cercana, lo hace sobre una lluvia lejana, y el arco de bandas de colores se forma a una escala mucho mayor. Vemos el arco iris porque las innumerables gotas de agua actúan como diminutos prismas y espejos.

Cuando un rayo de luz entra en cada gota, se refracta y se descompone en todos los colores del espectro; luego se refleja en la superficie de la gota y llega hasta nuestros ojos.

Como la luz de cada color se refracta según un ángulo ligeramente distinto, vemos bandas bien definidas, desde el violeta al rojo, pasando por el verde y el amarillo. La luz nos llega siguiendo los ángulos de refracción desde innumerables gotas esparcidas por el cielo, y vemos el arco iris como una curva continua.

Curiosidades sobre el sonido

El rumbo de un avión en vuelo a velocidad inferior a la del sonido (340 m/s) se irradia en todas las direcciones.

La velocidad del sonido respecto al avión es menor en el sentido de movimiento del avión, mayor en el otro. El sonido está acompañado por una onda de presión, pero el avión queda fuera. Al aumentar su velocidad, el avión se aproxima más a las ondas que ha generado. Cuando alcanza la velocidad del sonido todas las ondas están superpuestas con el avión, el cual se enfrenta a una barrera de presión.

La onda de choque se propaga también hacia el suelo, por lo que desde tierra se percibe a veces desdoblada en un primer bang, debido a la proa del avión y, en un segundo, debido a la cola.





Recuerda lo más importante

El movimiento ondulatorio

Es la propagación de un movimiento vibratorio a través de un medio. La perturbación originada se llama **onda**, y mediante ella se transmite energía de un punto a otro del medio sin que exista transporte de materia.

Características de las ondas

- **Amplitud (A):** Es el valor máximo que se desplaza una partícula del medio de su posición de equilibrio mientras vibra.
- **Longitud de onda (λ):** Distancia mínima entre dos puntos en el mismo estado de vibración.
- **Período (T):** Tiempo que tarda un punto del medio en completar una vibración.
- **Frecuencia (f):** Número de vibraciones que se producen en un segundo.
- **Velocidad de propagación (v):** Distancia que avanza la onda por unidad de tiempo.

Tipos de ondas

- Según las **dimensiones de propagación:** Unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales.
- Según el **tipo de medio en el que se propagan:** Mecánicas y electromagnéticas.
- Según la **dirección en que vibran las partículas del medio:** Longitudinales y transversales.

El sonido

El sonido es una forma de energía provocada por la vibración de un cuerpo que se propaga mediante ondas mecánicas. Las cualidades del sonido son:

- **Intensidad:** Se regula con el control de volumen y permite identificarlo como sonido fuerte o débil. El nivel máximo se llama **umbral de audición**. se mide en **decibelios (dB)**.
- **Tono:** Permite distinguir los sonidos agudos de los graves.
- **Timbre:** Permite diferenciar entre sonidos de la misma frecuencia y de la misma amplitud producidos por distintos instrumentos.

La luz

La luz es una forma de energía emitida y/o reflejada por los cuerpos y que se transmite mediante **ondas electromagnéticas**.

El **índice de refracción** de un medio (n) es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en ese medio.

$$n = c/v$$

En un medio homogéneo, la luz se propaga en línea recta.

Leyes de la reflexión:

- 1) Rayo incidente, rayo reflejado y normal están en el mismo plano.
- 2) El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Leyes de la refracción:

- 1) Rayo incidente, rayo refractado y normal están en el mismo plano.
- 2) Ley de Snell: $n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$.

Autoevaluación



1. Una partícula que presenta un m.v.a.s. tiene una frecuencia de 90,82 Hz. Calcular con tres decimales el periodo de dicha partícula.
2. Una onda se propaga con una velocidad de 77,22 m/s y con una frecuencia de 90,82 Hz. ¿Qué longitud de onda presenta dicha onda?
3. Calcular el número de onda sabiendo que $\lambda = 0,85 \text{ m}^{-1}$.
4. Una onda se propaga con una velocidad de 77,22 m/s y con una longitud de onda de 3,89 m. ¿Qué periodo dicha onda?
5. El índice de refracción de un medio es 1,02. Determina la velocidad de la luz, en m/s, en dicho medio.
6. Un rayo de luz láser, que viaja por el aire, incide con un ángulo de 39° respecto a la normal sobre la superficie de un material cuyo índice de refracción es 1,85. Calcular el ángulo de refracción.
7. Un rayo luminoso incide desde el aire sobre un líquido formando con la normal un ángulo de 61° . Si el ángulo de refracción es 29° , calcula el índice de refracción del líquido.
8. Si la frecuencia de un sonido en el aire es 1070 Hz. Calcula su longitud de onda. $v_{\text{sa}} = 340 \text{ m/s}$.
9. El sónar de un barco escucha el eco 6,3 s después de emitir la señal. ¿A qué profundidad está el objeto? $v_{\text{sagua}} = 1480 \text{ m/s}$.
10. Si entre el emisor y el receptor hay 18 m, entre el emisor y la pared hay 43 m y entre el receptor y la pared hay 47 m ¿Oír el receptor el eco producido?

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. Verdaderas: c, e, g, i, j. Falsas: a, b, d, f, h.
2. 0.043 Hz.
3. 0,028 s.
4. 228,30 m.
5. 160,02 m/s.
6. 0,026 m⁻¹.
7. 37397,10 m.
8. 0,97 m/s.
9. 0.039 s.
10. 10,446 Hz.
11. 0,424 m⁻¹.
12. 0,00038948 m⁻¹.
13. REFLEXIÓN: B, E, G. REFRACCIÓN: A, H, I. INTERFERENCIAS: C, D, F.
14. Verdaderas: b, c, e, g, i, j. Falsas: a, d, f, h.
15. Verdaderas: c, e, g, i, j. Falsas: a, b, d, f, h.
16. Si, oirá El eco.
17. 1,89 s.
18. 17 m y 0,017 m respectivamente.
19. 5.162,40 m/s.
20. 7.446 m.
21. 135.746.606 m/s.
22. 9°.

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. 0,011 s.
2. 7013,12 m.
3. 1,17 m⁻¹.
4. 19,85 s.
5. 294.117.647 m/s
6. 19°
7. 1,80
8. 0,31 m
9. 9.324 m
10. Comprobar la condición de eco

No olvides enviar las actividades al tutor ►

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Los hidrocarburos y su importancia como recursos energéticos. Reacciones de combustión
- Las reacciones de polimerización. Usos y aplicaciones de polímeros.
- Macromoléculas: importancia en los seres vivos.
- Los efectos de la industria química: El problema del incremento del efecto invernadero, la lluvia ácida, vertidos... Causas y medidas para su prevención.
- El papel de la química en la comprensión del origen y desarrollo de la vida.

Antes de empezar

1. Los hidrocarburos pág. 322
Petróleo
Gas Natural
Carbón
Reacción de combustión

2. Polímeros pág. 326
Reacción de polimerización
Propiedades
Tipos de polímeros

3. Biopolímeros pág. 329
Polímeros naturales
Azúcares
Lípidos
Proteínas
Ácidos nucleicos

4. Industria química pág. 340
Petróleo
Detergentes
Fibras
Plásticos
Siliconas

5. Efecto de la industria química pág. 348
Emisión de gases contaminantes
Eutrofización
Lluvia ácida
Vertidos
Reciclaje

Ejercicios para practicar

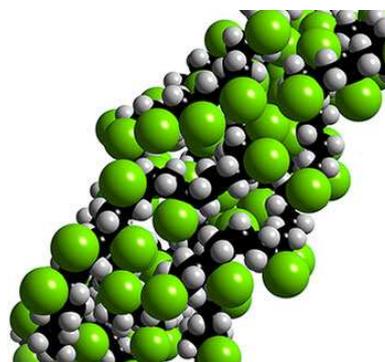
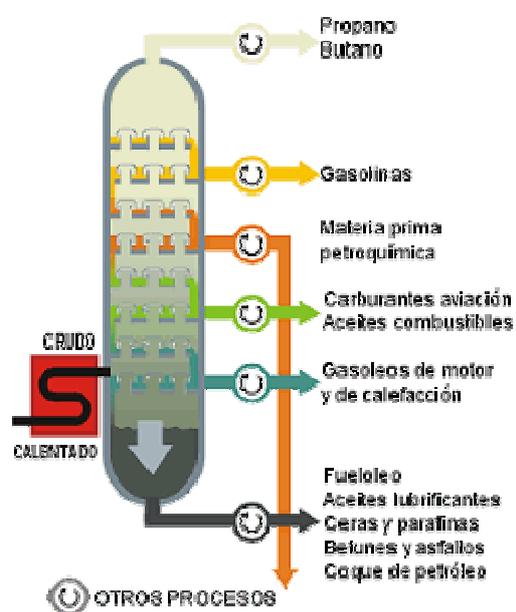
Para saber más

Resumen

Autoevaluación

Actividades para enviar al tutor

Antes de empezar



Recuerda

En esta quincena es necesario que recuerdes bien los conceptos expuestos en la quincena 11. También puedes ver estos contenidos en el proyecto Ulloa.

Compuestos del Carbono

1. Los hidrocarburos como fuentes de energía

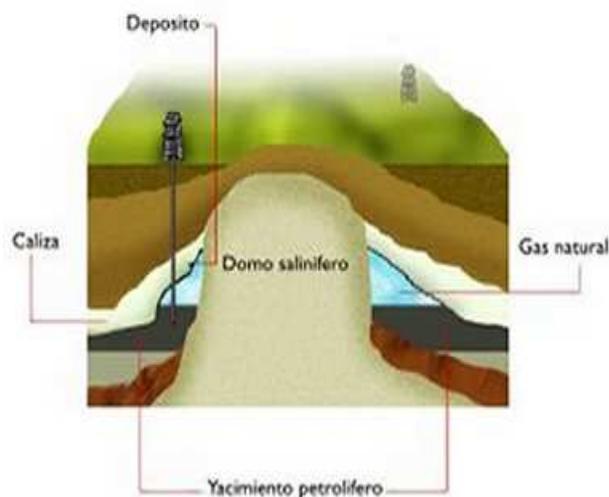
El petróleo

El petróleo o aceite de roca (pétreo y óleo), es una roca líquida, de color oscuro, oleaginosa e inflamable, de composición muy variada, sobre todo hidrocarburos, que se extrae de los estratos superiores de la litosfera. Se origina por acumulación de plancton marino que se transforma, por bacterias, en **ambiente anaerobio**.

En cuencas sedimentarias con alta sedimentación, como un delta de un río, por ejemplo, el **plancton** muerto se deposita mezclándose con capas de limos y arcillas. El enterramiento del plancton es muy rápido y así se crean las condiciones anaerobias para que las bacterias puedan actuar. Estas transformaciones dan lugar a una mezcla rica en hidrocarburos, llamada **sapropel**. Éste se transforma en petróleo cuando aumenta la presión y la temperatura.

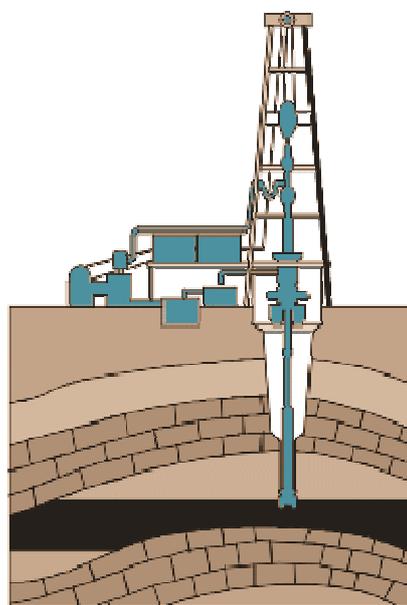
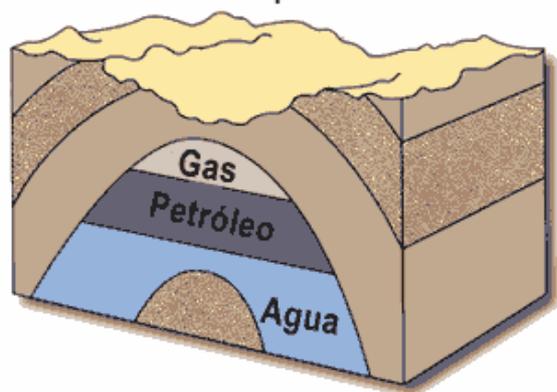
En los yacimientos petrolíferos suelen encontrarse capas de gas natural, petróleo y agua salada, pero todos están separados, formando capas debido a su diferencia de densidades.

El petróleo queda confinado en una roca porosa llamada **roca almacén**. Allí se acumula porque es retenido por rocas impermeables, llamadas **rocas de cobertura**.



Mediante perforaciones de hasta 7000 metros, tanto en tierra firme como en el mar, se puede extraer el petróleo para ser utilizado como fuente de energía, lubricante, para hacer asfalto, plásticos o pinturas

Localización Típica del Petróleo

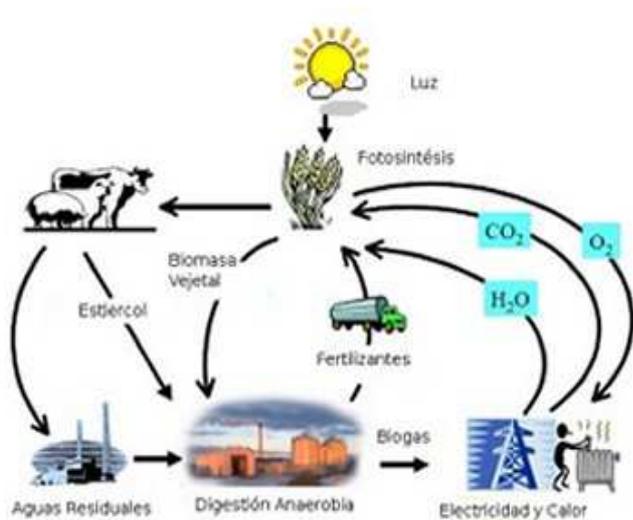


Gas natural

El **gas natural** es una mezcla de gases que se encuentra frecuentemente en yacimientos acompañando al petróleo o en depósitos de carbón.

Aunque su composición varía en función del yacimiento del que se extrae, está compuesto principalmente por metano entre el 90-95% y suele contener otros gases como nitrógeno, etano, CO_2 , H_2S , butano, propano, mercaptanos y trazas de hidrocarburos más pesados.

Puede obtenerse también en las plantas de tratamiento de restos orgánicos (depuradoras de aguas residuales urbanas, plantas de procesado de basuras, de alpechines, de vinazas de vino etc.). El gas obtenido así se llama biogás.



El gas natural que se obtiene debe ser procesado para su uso comercial o doméstico. Algunos de los gases que forman parte del gas natural extraído se separan de la mezcla porque no tienen capacidad energética (nitrógeno o CO_2) o porque pueden depositarse en las tuberías usadas para su distribución debido a su alto punto de ebullición.



El vapor de agua se elimina porque a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente y presiones altas forma hidratos de metano que pueden obstruir los gasoductos.

Los compuestos de azufre también son eliminados para evitar corrosión y olores perniciosos, así como para reducir las emisiones de compuestos causantes de lluvia ácida. Para uso doméstico, al igual que al butano, se le añaden trazas de compuestos de la familia de los mercaptanos entre ellos el metil-mercaptano, para que sea fácil detectar una fuga (olor) de gas y evitar una explosión.



Compuestos del Carbono

Carbón

El carbón es un tipo de roca formada en zonas pantanosas, por la descomposición de restos vegetales. Esta descomposición es llevada a cabo por bacterias anaerobias, es decir, que viven en ambientes pobres en oxígeno.

Sobre los restos vegetales habitualmente se depositan limos o arcillas que aumentan el ambiente anaeróbico, facilitando el enriquecimiento en carbono de los sedimentos. Generalmente se intercalan capas carboníferas y capas de otras rocas sedimentarias.



Desde siempre se ha utilizado el carbón para obtener energía calorífica. En la actualidad existen grandes centrales, donde se utiliza el lignito para obtener energía eléctrica.

Tipos de Carbón:

Turba: Roca en la que se pueden distinguir bien los restos vegetales. Contiene menos de un 60% de carbono, lo que hace que tenga bajo poder calorífico.



Lignito: Se forma por compresión de la turba. Se puede distinguir algún resto vegetal. Contiene entre un 60 y un 75% de carbono.



Hulla: Se origina por compresión del lignito. Tiene entre un 75 y un 90% de carbono



Antracita: Se forma a partir de la hulla. Contiene hasta un 95% de carbono, lo que le confiere un elevado poder calorífico. Es el carbón de mejor calidad.



Reacción de combustión

Las sustancias de origen biológico, como el carbón, el petróleo o el gas natural, se combinan con el oxígeno y se oxidan produciendo dióxido de carbono y agua. Es una reacción exotérmica que desprende luz y calor al arder



El CO₂ producido se acumula en la atmósfera causando el **efecto invernadero**, por lo tanto, es necesario encontrar un equilibrio entre la energía producida y la masa de CO₂ emitida. Se deben usar combustibles que proporcionen la mayor cantidad de energía con la menor emisión de CO₂.

Butano

La reacción química de combustión que tiene lugar es:



Cuando se quema 1 mol de butano se liberan 2876 kJ y como 1 mol de butano son 58 g entonces la energía obtenida por gramo de combustible quemado es:

1289,6 kJ

Cuando se quema 1 mol de butano se produce 176 g de CO₂, por lo tanto la energía producida por gramo de butano quemado y CO₂ liberado a la atmósfera:

423,8 kJ

El CO₂ contamina la atmósfera produciendo el efecto invernadero

Propano

La reacción química de combustión que tiene lugar es:



Cuando se quema 1 mol de propano se liberan 2218 kJ y como 1 mol de propano son 44 g entonces la energía obtenida por gramo de combustible quemado es:

1310,4 kJ

Cuando se quema 1 mol de propano se produce 132 g de CO₂, por lo tanto la energía producida por gramo de propano quemado y CO₂ liberado a la atmósfera:

436,8 kJ

El CO₂ contamina la atmósfera produciendo el efecto invernadero

Metano

La reacción química de combustión que tiene lugar es:



Cuando se quema 1 mol de metano se liberan 1022 kJ y como 1 mol de metano son 16 g entonces la energía obtenida por gramo de combustible quemado es:

1661,4 kJ

Cuando se quema 1 mol de metano se produce 44 g de CO₂, por lo tanto la energía producida por gramo de metano quemado y CO₂ liberado a la atmósfera:

603,2 kJ

El CO₂ contamina la atmósfera produciendo el efecto invernadero

Compuestos del Carbono

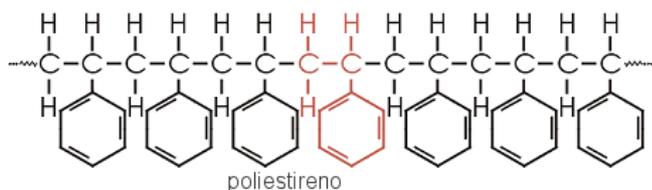
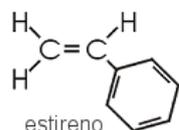
2. Polímeros

Reacción de polimerización

Los polímeros naturales, por ejemplo la lana, la seda, la celulosa, etc., se han empleado profusamente y han tenido mucha importancia a lo largo de la historia. Sin embargo, hasta finales del siglo XIX no aparecieron los primeros polímeros sintéticos, como por ejemplo el celuloide.

Los primeros polímeros que se sintetizaron se obtenían a través de transformaciones de polímeros naturales. En 1839 Charles Goodyear realiza el vulcanizado del caucho. El nitrato de celulosa se sintetizó accidentalmente en el año 1846 por el químico Christian Friedrich Schönbein y en 1868, John W. Hyatt sintetizó el celuloide a partir de nitrato de celulosa.

El primer polímero totalmente sintético se obtuvo en 1909, cuando el químico belga Leo Hendrik Baekeland fabrica la baquelita a partir de formaldehído y fenol. Otros polímeros importantes se sintetizaron en años siguientes, por ejemplo el poliestireno (PS) en 1911 o el policloruro de vinilo



(PVC) en 1912.

En 1922, el químico alemán Hermann Staudinger comienza a estudiar los polímeros y en 1926 expone su hipótesis de que se trata de largas cadenas de unidades pequeñas unidas por enlaces covalentes. Propuso las fórmulas estructurales del poliestireno y del polioximetileno, tal como las conocemos actualmente, como cadenas moleculares gigantes, formadas por la asociación mediante enlace covalente de ciertos

grupos atómicos llamados "unidades estructurales".

Este concepto se convirtió en "fundamento" de la química macromolecular sólo a partir de 1930, cuando fue aceptado ampliamente. En 1953 recibió el Premio Nobel de Química por su trabajo.

Cuando una sustancia o varias de pequeño tamaño se combinan repetidamente para originar un compuesto de elevada masa molecular, las moléculas iniciales reciben el nombre de **monómeros** mientras que sus uniones se llaman **polímeros**

Se llama polimerización al proceso por el que los monómeros se unen entre sí para formar la macromolécula de polímero.

Los polímeros naturales o sintéticos pueden ser según su composición: **homopolímeros**, formados a partir de un único monómero, o **heteropolímeros**, polímeros formados por más de un monómero.



Propiedades

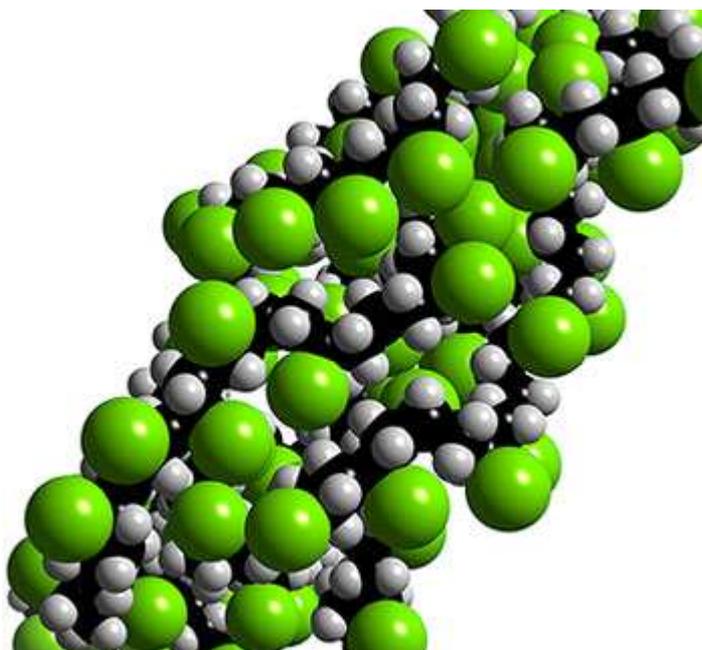
Las propiedades de los polímeros dependen:

- Del monómero (o los monómeros) que los forman.
- De los enlaces que se constituyan en la macromolécula.

De ahí que algunos polímeros sintéticos sean rígidos como el PVC empleado en la construcción, resistentes como el nailon (nylon), inalterables como el teflón y flexibles como el celofán.

En las propiedades de los polímeros influye decisivamente el tamaño de las macromoléculas, y de ahí la importancia de la ley de **Staudinger**.

El tamaño no sólo depende del monómero empleado, también influye el método de fabricación empleado, las condiciones de presión y temperatura en las que se fabricó y las técnicas de elaboración empleadas.



Ley de Staudinger:

Staudinger demostró que los monómeros que forman un polímero se unen entre sí mediante enlaces químicos ordinarios, y no por una mera yuxtaposición física. También descubrió la relación entre la masa molecular de un polímero con su viscosidad. Sus descubrimientos fueron importantes para el desarrollo de los plásticos y las fibras sintéticas.

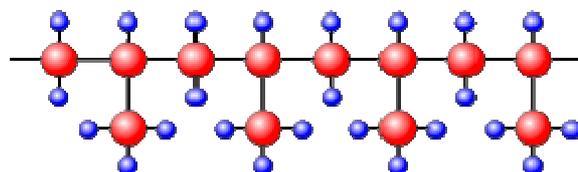
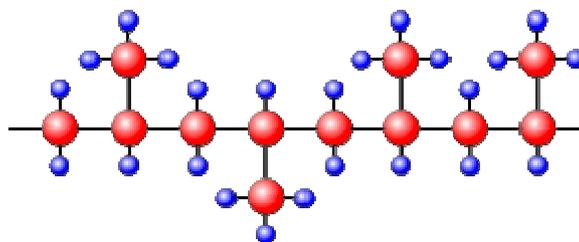
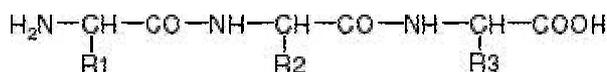


Compuestos del Carbono

Tipos de polímeros

Varios son los parámetros en los que basar una clasificación de polímeros.

- a) Según la cadena que los forman:
 - Hidrocarburos poliméricos: Cadenas con enlaces C-C
 - Poliéster y poliamidas: Cadenas con enlaces C-O o C-N
 - Siliconas: Cadenas con enlace Si-O
- b) Por su comportamiento:
 - Termoplásticos: Moldeables con el calor
 - Termoestables: No moldeables con el calor
 - Elastómeros: Soportan grandes deformaciones
- c) Por su composición química y en el tipo de monómeros:
 - Homopolímero: Formados por un monómero.
 - Copolímero o heteropolímero: Formados por varios monómeros
- d) Por su cadena:
 - Lineales: Con una única cadena
 - Ramificados: De la cadena principal salen cadenas secundarias
- e) Según la disposición de los sustituyentes:
 - Atáctico: Sustituyentes se distribuyen al azar.
 - Isotáctico: Los sustituyentes están en un lado de la cadena.
 - Sindotáctico : Los sustituyentes se alternan.



3. Biopolímeros

Polímeros naturales

La vida consiste fundamentalmente en un conjunto de reacciones químicas interconectadas que se desarrollan en unas condiciones suaves, en el interior de los seres vivos.

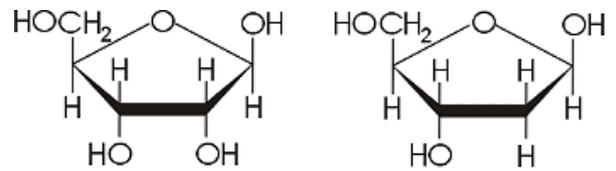
Son las características de las sustancias orgánicas las que permiten la existencia de vida.

Las sustancias biológicas se diferencian de las inorgánicas en su variedad y su complejidad.

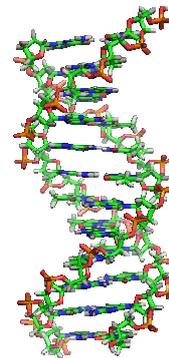
La mayoría de las sustancias orgánicas están formadas por la repetición de unos componentes básicos, monómeros, que se unen repetidamente: son macromoléculas.

Las sustancias orgánicas se agrupan en cuatro grandes tipos: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

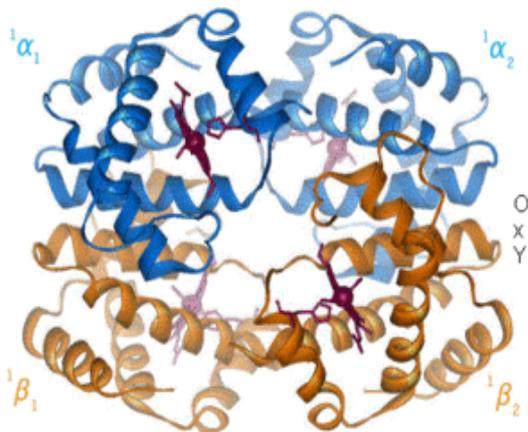
Con excepción de los lípidos, cuya estructura química es muy diversa, los restantes grupos están formados, principalmente, por polímeros.



Azúcares



ADN



Proteína



Lípido

Compuestos del Carbono

Azúcares

Los azúcares, glúcidos o hidratos de carbono, son biomoléculas orgánicas formadas por C, H y O, aunque además, en algunos compuestos también podemos encontrar N y P. Sus funciones:



Combustible: los monosacáridos se pueden oxidar totalmente, obteniendo unas 4 KCal/g.

Reserva energética: el almidón y el glucógeno son polisacáridos que acumulan energía en su estructura, guardan la energía excedente para usarla en momentos de necesidad.

Formadores de estructuras: la celulosa o la quitina son polisacáridos que otorgan estructura resistente al organismo que las posee.

Los azúcares se clasifican en:

- Monosacáridos
- Ósidos
 - Disacáridos
 - Polisacáridos
- Heterósidos

Los Monosacáridos

Los monosacáridos son sustancias **blancas**, con **sabor dulce**, **cristalizable y soluble** en agua. Se oxidan fácilmente, transformándose en ácidos, por lo que se dice que poseen **poder reductor** (cuando ellos se oxidan, reducen a otra molécula).

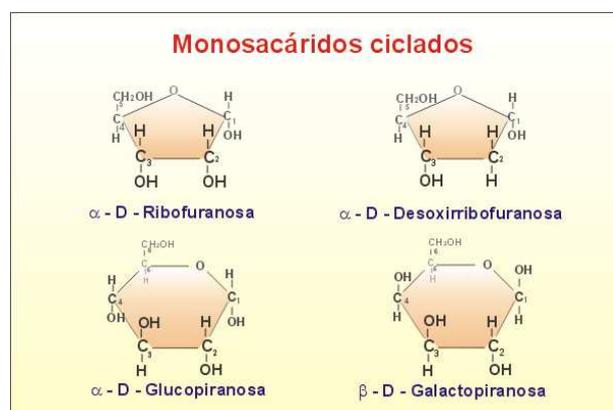
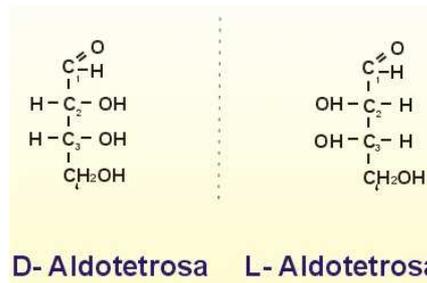
Químicamente son polialcoholes, es decir, cadenas de carbono con un grupo -OH cada carbono, en los que un carbono forma un grupo **aldehído** o un grupo **cetona**.

Se clasifican atendiendo al grupo funcional (aldehído o cetona) en **aldosas**, con grupo aldehído, y **cetosas**, con grupo cetónico



Cuando aparecen **carbonos asimétricos**, presentan distintos tipos de **isomería**.

Algunos de ellos pueden presentar su **estructura ciclada**



Los ósidos

Los Ósidos son Glúcidos formados por varios monosacáridos. La unión de monosacáridos se realiza a través de un enlace especial que libera una molécula de agua y que se llama enlace **O-glucosídico**, ya que un monosacárido se une al siguiente a través de un **Oxígeno**.

Se llaman **Holósidos** a los ósidos formados por varios monosacáridos. Se denominan **Heterósidos** a los ósidos formados por monosacáridos y otras moléculas **distintas** a los Glúcidos, como pueden ser lípidos, que forman glucolípidos, o prótidos, que pueden formar glucoproteínas, entre otros.

Los Holósidos se clasifican en **Oligosacáridos** y en **Polisacáridos**.

Oligosacáridos

Los oligosacáridos son Glúcidos formados por un número pequeño de monosacáridos, entre 2 y 10. Se denominan **Disacáridos**, si están compuestos por **dos** monosacáridos, **Trisacáridos**, si están compuestos por **tres** monosacáridos, **Tetrasacáridos**, si están compuestos por **cuatro** monosacáridos y así sucesivamente.

Los disacáridos se forman por la unión de dos monosacáridos. Para nombrar el disacárido, se utiliza más el nombre común ya que el nombre químico es muy complejo.

Polisacáridos

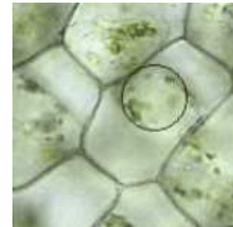
Los polisacáridos son polímeros de monosacáridos, unidos mediante enlace O-glucosídico. Cuando los monosacáridos que forman la molécula son todos iguales, el polisacárido formado se llama **Homopolisacárido**. Cuando los monosacáridos que forman la molécula son distintos entre sí, es decir, de más de un tipo, el polisacárido formado se llama **Heteropolisacárido**.

Los polisacáridos no tienen sabor dulce, no cristalizan y no tienen poder reductor.

Su importancia biológica reside en que pueden servir como reserva energética.

Almidón

Aparece en células vegetales. Es un **homopolisacárido** con función de **reserva energética**, formado por dos moléculas, que son polímeros de glucosa, la amilosa y la amilopectina.



Glucógeno

Es un **homopolisacárido** con función de **reserva energética** que aparece en **animales** y hongos. Se acumula en el tejido muscular esquelético y en el hígado.

Celulosa

Es un **homopolisacárido** formado por glucosas. Es típico de paredes celulares vegetales, aunque también la pueden tener otros seres, incluso animales. Su importancia biológica reside en que otorga resistencia y dureza. Confiere **estructura** al tejido que la contiene. Las cadenas de celulosa se unen entre sí, mediante puentes de Hidrógeno, formando fibras más complejas y más resistentes.

Quitina

Es un **homopolisacárido** con función **estructural**. Se encuentra en exoesqueletos de artrópodos y otros seres, ya que ofrece gran resistencia y dureza.



Compuestos del Carbono

Lípidos

Los lípidos son **biomoléculas orgánicas** formadas por **Carbono, Hidrógeno** y **Oxígeno**, que pueden aparecer en algunos compuestos el Fósforo y el Nitrógeno. Constituyen un grupo de moléculas con composición, estructura y funciones muy diversas, pero todos ellos tienen en común varias características:

- **No se disuelven en agua**, formando estructuras denominadas micelas.
- **Se disuelven en disolventes orgánicos**, tales como cloroformo, benceno, aguarrás o acetona.
- **Son menos densos que el agua**, por lo que flotan sobre ella.
- **Son untuosos al tacto.**

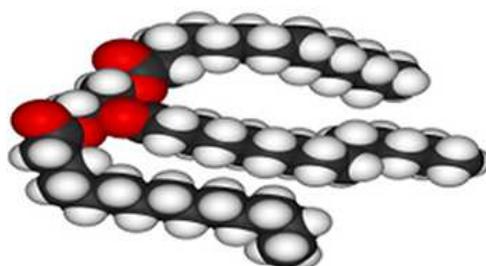


Los lípidos se ordenan en los siguientes grupos moleculares:

- Ácidos grasos
- Acil-glicéridos (Grasas)
- Céridos
- Fosfoglicéridos y esfingolípidos
- Esteroides
- Isoprenoides
- Prostaglandinas



En esta unidad prestaremos especial atención a los ácidos grasos y a los acil-glicéridos o grasas.



Los ácidos grasos

Los ácidos grasos son moléculas formadas por cadenas de carbono que poseen un **grupo carboxilo** como grupo funcional. El número de carbonos normalmente es de número par. En la naturaleza abundan los ácidos grasos formados por cadenas de 16 a 22 átomos de carbono.

La parte que contiene el grupo carboxilo presenta polaridad en agua ya que al ser un ácido es capaz de ceder un protón en contacto con el agua. El resto de la molécula no presenta polaridad y es una estructura hidrófoba. Como la cadena **apolar** es mucho más grande que la parte **polar**, la molécula no se disuelve en agua.

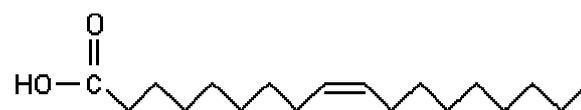
Los ácidos grasos se clasifican en **saturados** e **insaturados**. Los **ácidos grasos saturados** tienen todos los enlaces entre los átomos de carbono simples, sin ningún doble enlace, lo que proporciona a la molécula una estructura rectilínea. Este tipo de ácido es más común en los animales. Por ejemplo: el ácido palmítico, el ácido esteárico, el ácido mirístico o el ácido lignocérico.

Los enlaces entre los carbonos son **enlaces simples**, con la misma distancia entre ellos (1,54 Å) y el mismo ángulo (110°). Esta circunstancia permite la unión entre varias moléculas mediante **fuerzas de Van der Waals**. Cuanto mayor sea la cadena (más carbonos), mayor es la posibilidad de formación de estas interacciones débiles. Por ello, a temperatura ambiente, los ácidos grasos saturados suelen encontrarse en **estado sólido**.

Los **ácidos grasos insaturados** son ácidos carboxílicos de cadena larga con uno o varios dobles enlaces entre los átomos de carbono. Están presentes en algunas grasas vegetales (por ejemplo el aceite de oliva o de girasol) y en la grasas de los pescados azules.

La posición de la insaturación (doble enlace) se indica con la letra griega omega, ω , y un número. El número designa en qué enlace, contando desde el grupo carboxílico se encuentra la insaturación.

En ellos pueden aparecer **enlaces dobles o triples** entre los carbonos de la cadena. La distancia entre los carbonos no es la misma que la que hay en los demás enlaces de la molécula, ni tampoco los ángulos de enlace (123° para enlace doble, 110° para enlace simple). Esto origina que las moléculas tengan más problemas para formar uniones mediante fuerzas de Van der Waals entre ellas. Por ello, a temperatura ambiente, los ácidos grasos insaturados suelen encontrarse en **estado líquido**.



Ácido oleico



Ácido mirístico

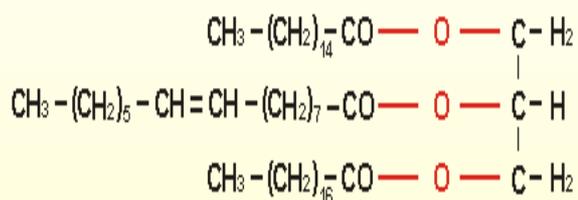


Ácido esteárico

Compuestos del Carbono

Las grasas o acil-glicéridos

Los acil-glicéridos o **grasa**, son ésteres en los que uno, dos o tres ácidos grasos (iguales o distintos) se unen a una molécula de glicerina, formando monoglicéridos, (si se une un ácido graso) diglicéridos (si se unen dos ácidos grasos) y triglicéridos (si se unen tres ácidos grasos) respectivamente. Las grasas están presentes en muchos organismos, y tienen funciones tanto estructurales como metabólicas.



El tipo más común de grasa es aquél en que tres ácidos grasos están unidos a la molécula de glicerina, recibiendo el nombre de **triglicéridos** o **triacilglicéridos**. Los triglicéridos sólidos a temperatura ambiente son denominados **grasas**, mientras que los que son líquidos son conocidos como **aceites**.

Mediante una **hidrogenación catalítica**, los aceites se tratan para obtener mantecas o grasas hidrogenadas.

Todas las grasas son insolubles en agua, pero flotan en el agua ya que tienen menor densidad que ésta.

Grasas saturadas:

Están formadas mayoritariamente por ácidos grasos saturados. Se encuentran en el tocino, en el sebo, en las mantecas de cacao o de cacahuete, etc. Es sólida a temperatura ambiente.

Las grasas formadas por ácidos grasos de cadena de más de 8 átomos de carbono, como los ácidos láurico, mirístico y palmítico, se consideran que elevan los niveles de colesterol en sangre. Sin embargo, las grasas saturadas basadas en el esteárico tienen un efecto neutro.

Grasas insaturadas:

Están formadas por ácidos grasos insaturados como el oleico o el palmitoleico. Son líquidas a temperatura ambiente y se las conocen como aceites. Son grasas insaturadas el aceite de oliva, de girasol, de maíz.

Son las más beneficiosas para el cuerpo humano y algunas contienen ácidos grasos que son **nutrientes esenciales**, ya que el organismo no puede fabricarlos y el único modo de conseguirlos es mediante ingestión directa.

Las grasas insaturadas pueden ser:

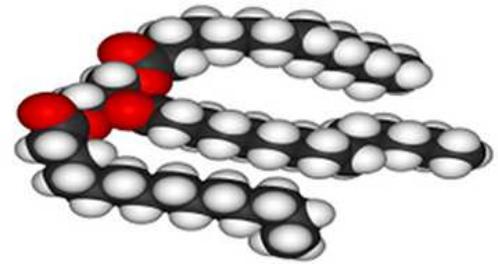
Grasas monoinsaturadas. Reducen los niveles de "colesterol malo". Se encuentran en el aceite de oliva, el aguacate, y algunos frutos secos.

Grasas poliinsaturadas: Formadas por ácidos grasos de las series ω -3 y ω -6. Los efectos de estas grasas sobre los niveles de colesterol dependen de la serie a la que pertenezcan. Así pues, las grasas ricas en ácidos grasos ω -6 reducen los niveles de las lipoproteínas LDL y HD. Sin embargo, las ricas en ω -3 tienen un efecto más reducido, si bien disminuyen los niveles de triacilglicéridos. Estas grasas se encuentran en la mayoría de los pescados azules (bonito, atún, salmón, etc.), semillas oleaginosas y algunos frutos secos (nuez, almendra, avellana, etc.).



Importancia de las grasas

- Actúan como **combustible energético**. Son moléculas muy reducidas que, al oxidarse totalmente, liberan mucha energía (9 Kcal/g).
- Funcionan como **reserva energética**. Acumulan mucha energía en poco peso. Comparada con los glúcidos, su combustión produce más del doble de energía. Los animales utilizan los lípidos como reserva energética para poder desplazarse mejor. ¿Aguantarían nuestras articulaciones el peso del cuerpo si acumulásemos la energía en forma de glúcidos?
- Sirven como **aislantes térmicos**. Conducen mal el calor. Los animales de zonas frías presentan, a veces, una gran capa de tejido adiposo.
- Son buenos **amortiguadores mecánicos**. Absorben la energía de los golpes y, por ello, protegen estructuras sensibles o estructuras que sufren continuo rozamiento.



Triglicérido



El aceite no se disuelve en agua



Compuestos del Carbono

Proteínas

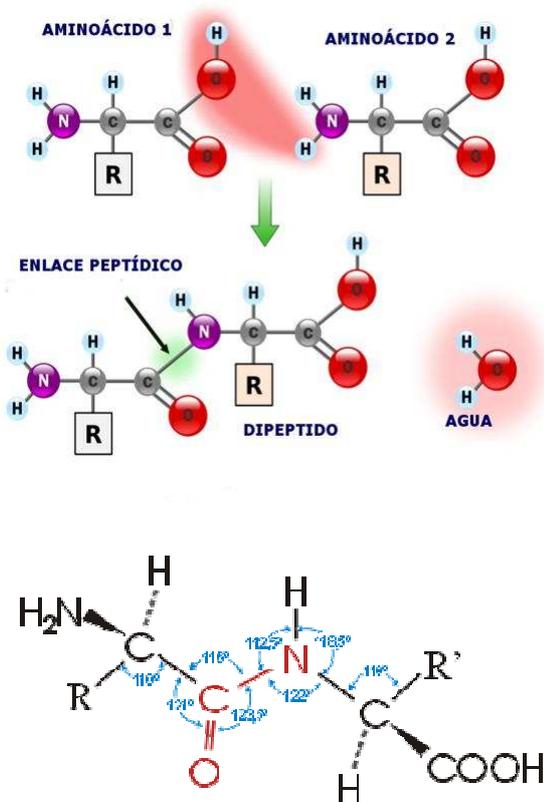
Los prótidos son biomoléculas orgánicas. Están formados por C, H, O y N. En ocasiones aparecen P y S.

A diferencia de los polisacáridos, donde únicamente un monómero se repite gran cantidad de veces, en las proteínas se tienen 20 monómeros distintos (aminoácidos).



Aminoácidos, el equilibrio depende del pH

Las proteínas se forman por la unión de aminoácidos, mediante un enlace llamado enlace peptídico originando polímeros de estructura compleja.



Estas moléculas cumplen muchas y variadas funciones en los seres vivos.

- Estructural: Forman parte del pelo, lana.
- Respiratoria: Transporte y almacenamiento de oxígeno.
- Enzimática: Catálisis biológica, reacciones de síntesis, oxidación, hidrólisis.
- Anticuerpos: Defensa del organismo frente a virus y bacterias.
- Hormonal: Regulación del metabolismo.
- Nucleoprotéica: Transmisión de la herencia.

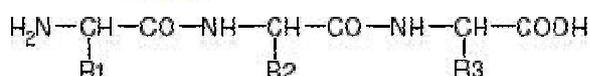
La estructura es la responsable de las distintas **funciones** que son esenciales para los seres vivos. Distinguimos cuatro niveles de complejidad.

- Estructura primaria
- Estructura secundaria
- Estructura terciaria
- Estructura cuaternaria



Estructura primaria

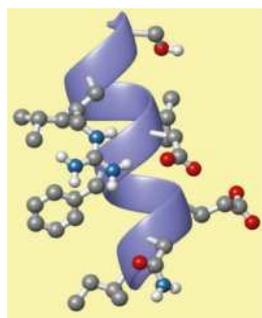
Consiste en la **secuencia de aminoácidos** que la componen, ordenados desde el primer aminoácido hasta el último. El **primer aminoácido** tiene siempre **libre el grupo amina**, por lo que se le da el nombre de **aminoácido n-terminal**. El **último aminoácido** siempre tiene **libre el grupo carboxilo**, por lo que se denomina **aminoácido c-terminal**. Para determinar la secuencia no basta con saber los aminoácidos que componen la molécula; hay que determinar la **posición exacta** que ocupa cada aminoácido. La estructura primaria determina las demás estructuras de la proteína.



Estructura secundaria

La estructura secundaria de una proteína es un nivel de organización que adquiere la molécula, dependiendo de cómo sea la secuencia de aminoácidos que la componen. La rigidez del enlace peptídico, la capacidad de giro de los enlaces establecidos con el carbono asimétrico y la interacción de los radicales de los aminoácidos con la disolución en la que se encuentra, lleva a plegar la molécula sobre sí misma. Las conformaciones resultantes pueden ser la estructura en **α -hélice**, la **b-laminar** y la **hélice de colágeno**.

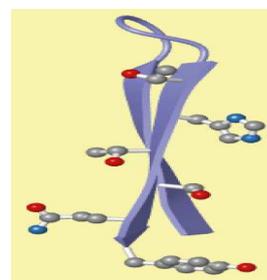
α -hélice: Es una estructura helicoidal dextrógira, es decir, que las vueltas de la hélice giran hacia la derecha. Adquieren esta conformación las proteínas que poseen un elevado número de **aminoácidos con radicales grandes o hidrófilos**, ya que las cargas ya que las cargas interactúan con las moléculas de agua que la rodean.



α -hélice

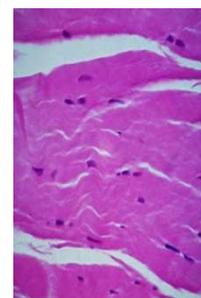
La estructura se estabiliza, gracias a la gran cantidad de **puentes de hidrógeno** que se establecen entre los aminoácidos de la espiral.

b-laminar: También se denomina hoja plegada o lámina plegada. Es una estructura en forma de **zig-zag**, forzada por la rigidez del enlace peptídico y la **apolaridad de los radicales** de los aminoácidos que componen la molécula. Se estabiliza creando **puentes de hidrógeno** entre distintas zonas de la misma molécula, doblando su estructura. De este modo adquiere esa forma plegada.



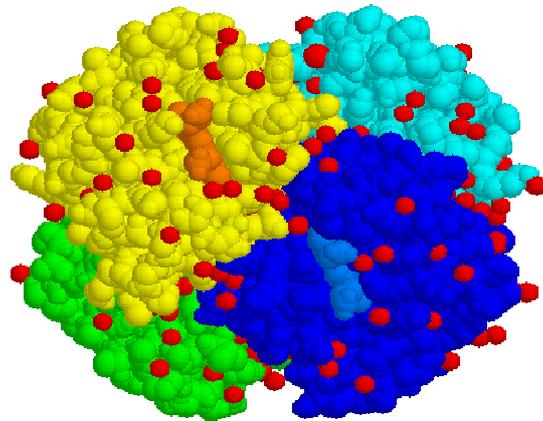
Hélice de colágeno: Es una estructura helicoidal, formada por **hélices más abiertas y rígidas** que en la estructura de α -hélice. Esto es debido a la existencia de gran número de aminoácidos **Prolina** e **Hidroxirolina**. Estos aminoácidos tienen una estructura ciclada, en forma de anillo, formando una estructura, también rígida, en el carbono asimétrico, lo que le imposibilita girar.

En algunas ocasiones, las proteínas no adquieren ninguna estructura, denominándose a esta conformación, **estructura al azar**



Estructura terciaria

La estructura terciaria es la forma que manifiesta en el espacio una proteína. Depende de la estructura de los niveles de organización inferiores. Puede ser una conformación redondeada y compacta, adquiriendo un aspecto globular. También puede ser una estructura fibrosa y alargada. La conformación espacial de la proteína condiciona su función biológica. Las proteínas con forma globular reciben el nombre de **esferoproteínas**. Las proteínas con forma filamentososa reciben el nombre de **escleroproteínas**.



Estructura cuaternaria

Cuando varias proteínas se unen entre sí, forman una organización superior, denominada estructura cuaternaria. Cada proteína componente de la asociación, conserva su estructura terciaria. La unión se realiza mediante gran número de enlaces débiles, como puentes de Hidrógeno o interacciones hidrofóbicas.



Propiedades de las proteínas

Las propiedades que manifiestan las proteínas dependen de los grupos radicales de los aminoácidos que las componen.

- **Solubilidad:** los radicales de los aminoácidos permiten a las proteínas interactuar con el agua. Si abundan radicales **hidrófobos**, la proteína será poco o nada soluble en agua. Si predominan los radicales **hidrófilos**, la proteína será soluble en agua.

- **Especificidad:** aparece como consecuencia de la **estructura tridimensional** de la proteína. La especificidad puede ser **de función**, si la función que desempeña depende de esta estructura, o **de especie**, que hace referencia a la síntesis de **proteínas exclusivas** de cada especie.

- **Desnaturalización:** la conformación de una proteína depende del **pH** y de la **temperatura** de la disolución en la que se encuentre. Cambiando estas condiciones, también puede cambiar la estructura de la proteína. Esta pérdida de la conformación estructural natural se denomina desnaturalización. El cambio de pH produce cambios en las interacciones electrostáticas entre las cargas de los radicales de los aminoácidos. La modificación de la temperatura puede romper puentes de Hidrógeno o facilitar su formación. Si el cambio de estructura es **reversible**, el proceso se llama **renaturalización**.

Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son grandes moléculas constituidas por la unión de monómeros, llamados nucleótidos. Los ácidos nucleicos son el ADN y el ARN.

El ADN (Ácido DesoxirriboNucleico). Es el tipo de molécula más compleja que se conoce. Su secuencia de nucleótidos contiene la información necesaria para poder controlar el metabolismo un ser vivo.

El ADN es el lugar donde reside la información genética de un ser vivo. En la célula aparecen cuatro tipos de ARN, con distintas funciones, que son el ARN mensajero, el ARN ribosómico, el ARN transferente y el ARN heteronuclear. ARN mensajero, que contiene la información, copiada del ADN, para sintetizar una proteína.

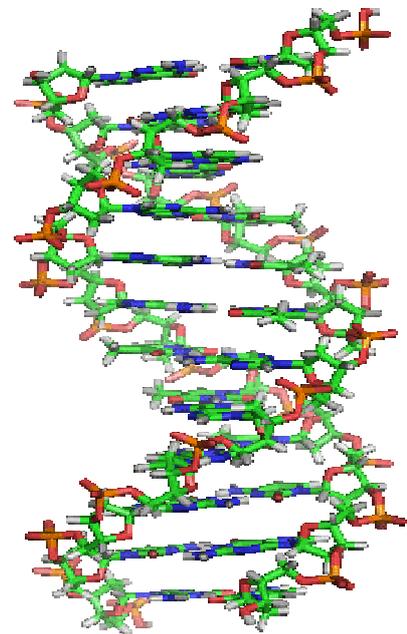
Los nucleótidos son moléculas que se pueden presentar libres en la Naturaleza o polimerizadas, formando ácidos nucleicos. También pueden formar parte de otras moléculas que no son ácidos nucleicos, como moléculas portadoras de energía (ATP) coenzimas.

Los nucleótidos se forman por la unión de una base nitrogenada, una pentosa y uno o más ácidos fosfóricos. La unión de una pentosa y una base nitrogenada origina un nucleósido, y su enlace se llama N - glucosídico. Por ello, también un nucleótido es un nucleósido unido a uno o más ácidos fosfóricos.

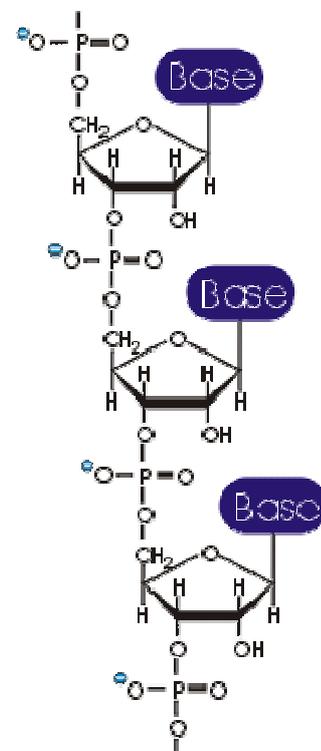
Las bases nitrogenadas pueden ser:

- Púricas: adenina, guanina.
- Pirimidínicas: citosina, timina y uracilo.

Las pentosas pueden ser Ribosa, que forma nucleótidos libres y los nucleótidos componentes del ARN, y Desoxirribosa, que forma los nucleótidos componentes del ADN.



Doble hélice de ADN



Nucleótido

Compuestos del Carbono

4. La industria química

El petróleo

El petróleo natural o crudo, tal como sale del yacimiento, no tiene aplicación inmediata. Para aprovecharlo se lleva a cabo en las refinerías una serie de procesos físicos:

- Refino
- Craqueo

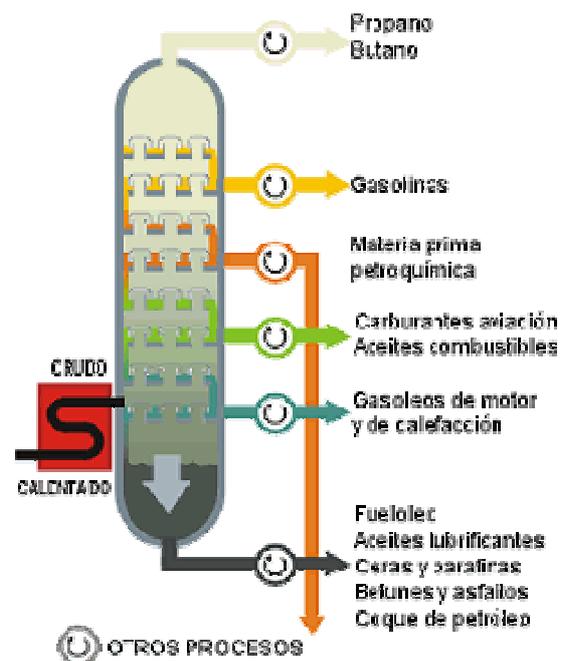
La petroquímica es una rama de la industria química que obtiene productos utilizando como materias primas fracciones petrolíferas procedentes de las refinerías, tales como: gas natural, naftas y gasóleos. Las nuevas sustancias obtenidas por la industria petroquímica incluyen: los plásticos comunes como el PVC o poliestireno, fibras sintéticas como el nailon, pegamentos, pinturas, colorantes, cosméticos, medicamentos...

El refino

Una primera etapa consiste en la destilación fraccionada.

El crudo se calienta a 400 °C en un horno. Al hervir, los gases pasan a las columnas de destilación, donde se irán separando los distintos componentes según los diferentes puntos de ebullición; cuanto mayor sea la molécula, mayor será su punto de ebullición. De este modo se obtienen: gases, gasolina, queroseno, gasóleo, lubricantes, fuel y alquitrán.

El queroseno fue la primera sustancia que se logró separar del petróleo, y sustituyó al aceite de ballena como combustible en las lámparas. Y en 1895, con la aparición de los primeros vehículos, se separó la gasolina.



El craqueo

Cuando se destila petróleo crudo se obtienen las mismas cantidades parecidas de gases, gasolina, queroseno, etc. Para obtener mayores cantidades de gasolina se realiza una transformación química de las fracciones más pesadas de la destilación mediante un proceso llamado craqueo.

Consiste en transformar dichas fracciones en fragmentos más pequeños a altas temperaturas y en presencia de un catalizador.

El craqueo es importante por dos razones fundamentales: convierte las fracciones menos útiles del petróleo en gasolina y produce hidrocarburos insaturados como los alquenos. Por ejemplo, el eteno obtenido por este procedimiento es la materia prima para fabricar nuevas sustancias como los plásticos.

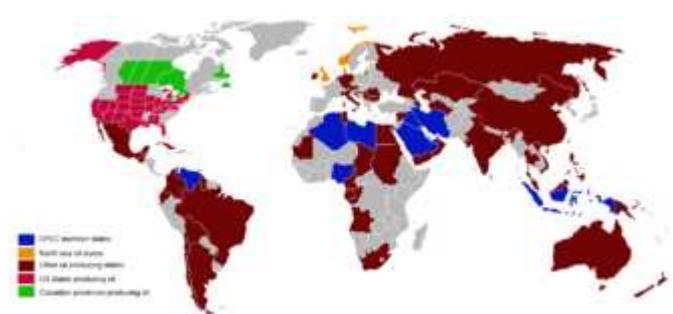


La industria petrolera clasifica el petróleo crudo:

- Según su lugar de origen, West Texas Intermediate" o "Brent")
- Por su densidad API (*American Petroleum Institute*) en ligero, medio, pesado y extrapesado.
- Por su contenido en azufre: dulce, contiene relativamente poco azufre, o ácido que contiene mayores cantidades de azufre.

Crudos de referencia

- **Brent Blend**, compuesto de quince crudos procedentes de campos de extracción en los campos del Mar del Norte. La producción de crudo de Europa, África y Oriente Medio sigue la tendencia marcada por los precios de este crudo.
- West Texas Intermediate (WTI) para el crudo estadounidense.
- Dubai se usa como referencia para la producción del crudo de la región Asia-Pacífico.
- Tapis (de Malasia), usado como referencia para el crudo ligero del Lejano Oriente.
- Minas (de Indonesia), usado como referencia para el crudo pesado del Lejano Oriente.



La OPEP (Organización de Países productores de Petróleo) intenta mantener los precios de su Cesta entre unos límites superior e inferior, subiendo o bajando su producción. Esto crea una importante base de trabajo para los analistas de mercados. La Cesta OPEP, es más pesada que los crudo Brent y WTI.

Compuestos del Carbono

La caña de azúcar: la mejor alternativa al petróleo

MIGUEL G. CORRAL (Enviado especial)

SAO PAULO (BRASIL).- Los camiones llegan en una fila interminable a la planta de tratamiento de la caña de azúcar de Sertãozinho, en el estado brasileño de São Paulo. La barahúnda que producen apenas es audible cuando se acercan a la enorme trituradora sobre la que vuelcan las 60 toneladas de caña que transportan como si nada.

El proceso genera 85 litros de bioetanol de cada tonelada de caña de azúcar cosechada. Pero viendo la cantidad de este producto agrícola que llega en sólo unos minutos a la planta, se llega a comprender que en Brasil el 45% de los carburantes que se usan para el transporte provengan de la caña de azúcar.

Hace tan solo unos meses esta cifra hubiera provocado la admiración de los políticos y ecologistas de todo el mundo. Sin embargo, la subida de precio de los alimentos y los últimos informes negativos sobre estos combustibles han generado el rechazo y la desconfianza de la sociedad.



La última zancadilla se la ha dado la UE tras estudiar un análisis de la Agencia para los Combustibles Renovables de Reino Unido, llamado Informe Gallagher, en el que se recomienda frenar los objetivos de estos carburantes verdes para 2020 hasta que se pueda asegurar su sostenibilidad. Han pasado en pocos

meses de ser parte de la solución para el cambio climático a convertirse en el foco de todas las críticas.

El único independiente

Sin embargo, no todos los biocombustibles tienen la misma responsabilidad en la crisis alimentaria global. Un reciente estudio secreto del Banco Mundial, publicado por The Guardian, aseguraba que el impacto de estos carburantes puede suponer el 75% del aumento de precio del maíz y el trigo.

Pero dicho informe excluía de esa cifra al sustituto vegetal de la gasolina producido a partir de caña de azúcar. De hecho, este producto es la única materia prima agrícola que no ha aumentado de precio desde 2006, mientras el aumento medio del resto de alimentos ha sido del 83% en el mismo periodo.

La enorme superficie agrícola susceptible de ser cultivada con caña de azúcar permite regular muy bien la oferta y la demanda tanto del azúcar como del etanol. Sólo los campos de caña de la planta de Sertãozinho ocupan 240.000 hectáreas, un territorio equivalente a la de la provincia de Álava.

"En Brasil, el 1% de la tierra cultivable produce casi el 50% del combustible que se consume en el país", asegura Marcos S. Jank, presidente de la Asociación de la Industria Brasileña de la Caña de Azúcar (UNICA), "y hay una superficie de terrenos degradados siete veces mayor que sirve para el cultivo de caña".

Compuestos del Carbono

Además del bioetanol que mezcla con sus gasolinas la petrolera Esso, por ejemplo, del procesado de la caña también se obtiene el edulcorante usado por Coca-Cola para sus refrescos o la viñaza, un residuo de la caña de azúcar con el que se produce electricidad suficiente para cubrir el 3% de la demanda total de Brasil, un país con más de 180 millones de habitantes.

"La energía de la biomasa se usa en la época seca cuando el combustible es utilizable, así que es una fuente complementaria a la hidroeléctrica, que alcanza su máximo durante la época de lluvias", dice Jank, frente a las amplias vistas de São Paulo que ofrecen las oficinas centrales de UNICA.

La cosecha no cesa durante los 12 meses del año. Distintas variedades de caña adaptadas a las condiciones El ciclo de vida del bioetanol de caña de azúcar emite cerca de un 85% menos de CO₂ que las gasolinas procedentes del petróleo, según datos extraídos de informes del Worldwatch Institute y de la Agencia Internacional de la Energía. El bioetanol producido a partir de cereales en Europa o Estados Unidos genera un 30% menos de carbono que la gasolina y el producido a partir de remolacha en la Unión Europea tiene un 45% de reducción.

Por este motivo, algunos de los países que más bioetanol importan han apostado por el biocombustible de caña. Suecia, la segunda nación más verde del mundo según un informe de las universidades de Yale y Columbia, mezcla por ley la gasolina con un 20% de bioetanol.

Para asegurarse de que dicho combustible procede de cultivos sostenibles y que no contribuye a la deforestación, **exige a las empresas productoras un certificado ambiental**, que verifica después un organismo independiente sueco. Y lo mismo hacen otros países como Suiza o Reino Unido. Su objetivo es marcar a la UE el camino a seguir para sustituir al petróleo.

Fuente:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2008/07/18/ciencia/1216372968.html>



Cosecha de caña de azúcar. Gracias en parte al uso de etanol, Brasil ha reducido su dependencia de petróleo extranjero.



Autobús noruego que usa bioetanol como combustible

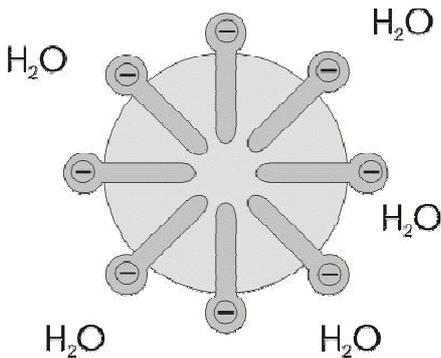


Gasolinera brasileña que expende bioetanol

Detergentes

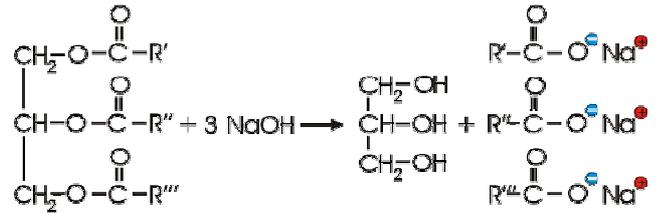
Compuestos del Carbono

Los detergentes, como los jabones, son sustancias cuya molécula es en un extremo hidrófoba, que repele el agua, y en el otro extremo hidrófila. Forma pequeñas micelas, pequeñas esferas, con la parte hidrófila hacia el exterior, en cuyo interior se disuelve la grasa y la suciedad, consiguiendo limpiar las superficies.

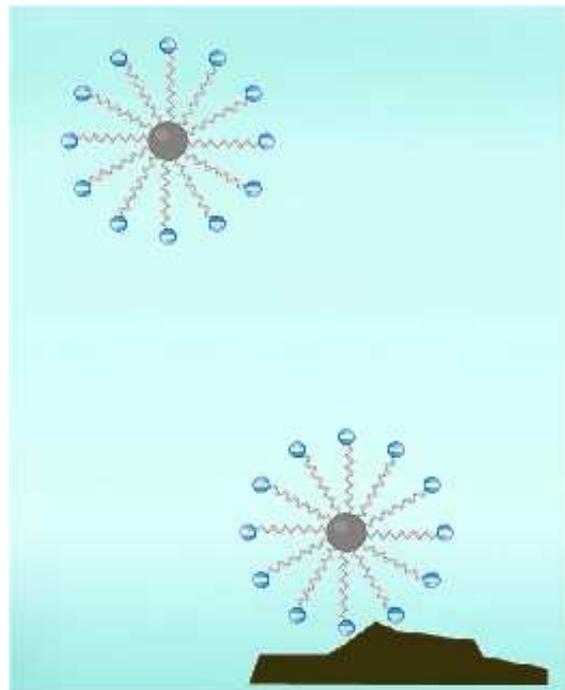
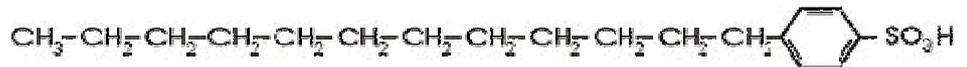


Micela

Desarrollados durante las guerras mundiales, por la escasez de grasas para fabricar jabón, el principal componente de los detergentes es el sulfonato sódico de un alquilbenceno con una cadena de diez a catorce átomos de carbono, componente que se obtiene a partir del petróleo. Los detergentes son activos incluso cuando el agua contiene gran cantidad de sales.



Los detergentes suelen ser más efectivos en aguas con muchos iones calcio y magnesio, aguas duras. Son sales de ácidos sulfónicos.



Fibras

Los ésteres de la glicerina, 1,2,3 propanotriol, en medio básico liberan el polialcohol y forman una sal del ácido carboxílico: el jabón.

Las fibras son polímeros y, normalmente, formadas por los mismos monómeros que los

plásticos. Mientras que en plásticos el polímero se emplea en láminas más o menos delgadas. En las fibras, el polímero se pasa a través de pequeñas toberas y se endurece, con lo que se consiguen pequeños hilos.

Una vez obtenidas las fibras, se trenzan para obtener hilos del grosor necesario y se tejen en telares. Las telas se emplean para el corte y confección de prendas de vestir.

Algunas fibras, como la fibra de vidrio, se emplean solas o mezcladas con plásticos para la obtención de otros materiales empleados para la elaboración de recipientes, cascos de embarcaciones o para la transmisión de datos.

Las fibras textiles son polímeros que reúnen una serie de propiedades: resistencia a la abrasión, estabilidad frente a los cambios de temperatura, poca labilidad frente a los agentes químicos y facilidad para realizar mezclas estables con colorantes.

Las fibras sintéticas están formadas por polímeros artificiales de gran longitud, hasta 10000 unidades de monómero, y lineales, para permitir la existencia de fuerzas intermoleculares entre las distintas cadenas, y así facilitar la formación de hilos.

Las fibras artificiales suelen emplearse en adición con fibras naturales, para mejorar las propiedades de éstas.

Las poliamidas son un tipo de polímero que contiene enlaces de tipo amida. Las poliamidas se pueden encontrar en la naturaleza, como la lana o la seda, y también en ser sintéticas, como el nailon o el Kevlar.

Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo. El poliéster termoplástico más conocido es el PET.



Se tienen registros de la utilización de fibras de vidrio en el Antiguo Egipto, hace más de 2.000 años. La fibra de vidrio es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra. Sus principales propiedades son: buen aislamiento térmico, inerte ante ácidos, soporta altas temperaturas. Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, le han dado popularidad en muchas aplicaciones industriales. Las características del material permiten que la fibra de vidrio sea moldeable con mínimos recursos, la habilidad artesana suele ser suficiente para la construcción de piezas de bricolaje, kayak, cascos de veleros, terminaciones de tablas de surf o esculturas, etc. La fibra de vidrio, también es usada para realizar los cables de fibra óptica utilizados en las telecomunicaciones para transmitir señales lumínicas, producidas por, láser o LEDs.



Compuestos del Carbono

Plásticos

Se denomina genéricamente plásticos a los polímeros con una relación resistencia/densidad alta, con buenas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico y resistente al ataque de los ácidos y los álcalis.

En su mayor parte, los plásticos son hidrocarburos o derivados halogenados, los de mayor interés industrial son:

- Polietileno
- Policloruro de vinilo
- Baquelita
- Caucho



Aunque los plásticos son polímeros artificiales obtenidos a partir del petróleo, el primer plástico se obtuvo de la celulosa, el celuloide, para sustituir al marfil en la fabricación de bolas de billar. Los plásticos pueden ser:

Termoplásticos: funden con el calor y pueden adaptarse a la forma que se desee.

Termoestables: una vez fabricados, no pueden ser fundidos y moldeados de nuevo.

Hoy día los tipos de plásticos y sus aplicaciones son enormes, bolsas recubrimientos aislantes para cables eléctricos, vasos de un solo uso, cañerías para el agua potable...Es imposible imaginar el mundo moderno sin plásticos.

Polietileno: A alta presión se obtiene un polímero tenaz, estable y resistente que se emplea en bolsas y para empaquetado. A baja presión el polímero que se obtiene es cristalino con un punto de fusión más elevado por lo que su uso es más variado



Policloruro de vinilo: El homopolímero es inestable y frágil, pero con pequeñas cantidades de otros monómeros se obtienen polímeros de propiedades diversas que lo hacen el plástico más usado: envases, tuberías, recubrimientos y ventanas.



Baquelita: Se trata de un copolímero de metanal y fenol. Fue el primer polímero artificial sintetizado. Empleado antiguamente en asideros de herramientas, teléfonos o instrumentos de cocina, pero su alto coste ha ido disminuyendo su uso.



Caucho: Se trata de un polímero natural del isopreno con todos los enlaces dobles en isómero cis. Su propiedad más característica es la elasticidad. En 1839 Goodyear descubrió la vulcanización, que da termoestabilidad y resistencia a la abrasión. La escasez del caucho natural llevó al desarrollo de cauchos sintéticos a partir del isopreno como del neopreno.



Siliconas

Las siliconas son polímeros inorgánicos en los que la cadena principal no está formada por átomos de carbono enlazados sino por átomos de silicio y oxígeno alternos unidos a radicales orgánicos, normalmente metilo o fenilo.

Las propiedades de las siliconas dependen de los radicales sustituyentes, sin embargo son todas insolubles en agua, incoloras, inertes, inodoras y con elevado punto de inflamación.

Las siliconas con radicales sencillos, tipo metilo o etilo, suelen ser líquidas y se emplean como lubricantes o como hidrófugos. Con de mayor tamaño forman resinas resistentes y elásticas, llamadas a veces caucho de silicona, que se emplean como selladores y aislantes eléctricos.

La silicona se sintetizó por primera vez en 1938. Deriva del cuarzo y al ser calentado en presencia de carbón produce silicona elemental. Dependiendo de posteriores procesos químicos, la silicona puede tomar una variedad de formas físicas que incluyen aceite, gel y sólido.

Por su versatilidad ha sido usado con éxito en múltiples productos de consumo diario. Tal es el caso de lacas para el cabello, cremas humectantes, protectores solares y labiales.

Dada su baja reactividad ha sido ampliamente usada en la industria farmacéutica en confección de cápsulas para facilitar la ingestión de algunos medicamentos y en antiácidos.

También es una sustancia comúnmente usada como lubricante en la superficie interna de las jeringas y botellas para la conservación de derivados de la sangre y medicamentos intravenosos.

Los marcapasos y las válvulas cardíacas usan recubrimientos de silicona. Las articulaciones artificiales (rodillas, caderas), catéteres para quimioterapia, sistemas de drenaje, implantes de testículos o mamas se fabrican con silicona.



Implantes de silicona



5. Efectos de la industria química

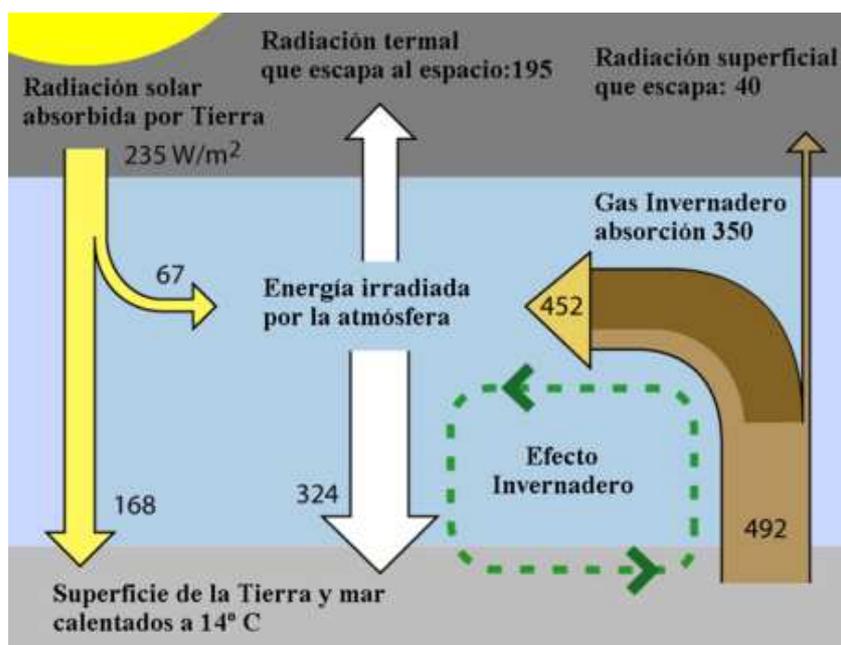
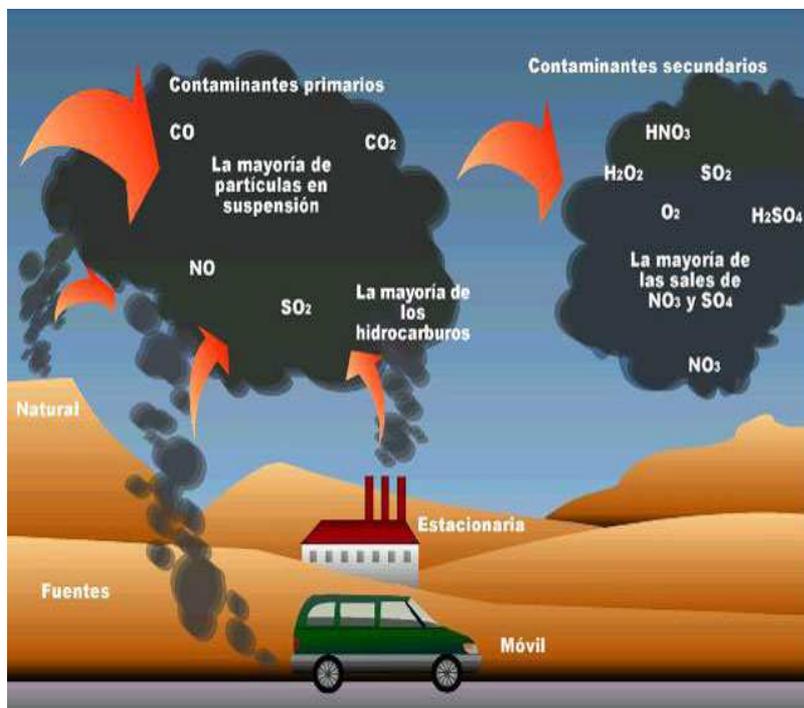
Emisión de gases contaminantes

La actividad industrial produce la emisión de una gran cantidad de gases contaminantes a la atmósfera; vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono y CFCs (clorofluorocarburos).

Estos gases son los responsables de la calidad del aire que respiramos. Una concentración elevada de gases contaminantes pueden producir enfermedades respiratorias e incluso la muerte a los seres vivos de la zona.

Dos efectos de la acumulación de estos gases en la atmósfera son:

- El agujero de la capa de ozono
- Efecto invernadero



Compuestos del Carbono

Eutrofización

La **lluvia ácida** se forma cuando el vapor de agua de la atmósfera se combina con los óxidos de nitrógeno, azufre y carbono, (emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman combustibles fósiles), produciendo ácido sulfúrico, nítrico y carbónico. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida.

Los contaminantes atmosféricos que dan origen a la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, trasladándolos los vientos cientos o miles de kilómetros antes de precipitar en forma de rocío, lluvia, granizo, nieve o niebla. Cuando la precipitación se produce, puede provocar importantes deterioros en el ambiente lejos del lugar donde fueron emitidos.

La acidificación de las aguas de lagos, ríos y mares dificulta el desarrollo de vida acuática en estas aguas, lo que aumenta en gran medida la mortandad de peces.

También afecta a la vegetación, ya que produce daños importantes en zonas forestales y acaba con microorganismos fijadores de Nitrógeno.

La lluvia ácida, es corrosiva, y puede corroer construcciones e infraestructuras. Puede afectar a monumentos y edificios construidos en mármol o piedra caliza ya que disuelve, el carbonato de calcio, CaCO_3 , provocando el "mal de la piedra".

Otro efecto indirecto muy importante es que los protones, H^+ , procedentes de la lluvia ácida arrastran cationes de hierro, calcio, aluminio, plomo o zinc del suelo. Como consecuencia, se produce un empobrecimiento en ciertos nutrientes esenciales y el denominado *estrés en las plantas*, que las hace más vulnerables a las plagas.



Entre las medidas que se pueden tomar para reducir la emisión de los contaminantes precursores de éste problema tenemos las siguientes:

- Reducir el nivel máximo de azufre en las gasolinas
- Disminuir la emisión de SO_x y NO_x .
- Promover el uso de gas natural en industrias y vehículos de automoción.
- Uso de catalizadores.
- Construir más sistema de transporte eléctrico (trenes, coches...)
- Limitar el uso de abonos y sustancias químicas en los cultivos.



Vertidos

Los vertidos de petróleo o de sus derivados son un problema grave de contaminación del medio ambiente por la actividad humana.

Aunque, algunas bacterias y mohos son capaces de degradar de forma natural los hidrocarburos. Estos microorganismos pueden utilizarse para limpiar fondos marinos, playas o agua.

Sin embargo, estos microorganismos son seres vivos, por lo que necesitan unas determinadas condiciones de vida. La variación en la temperatura del agua, las corrientes marinas, las diferencias de concentraciones salinas del mar o la necesidad de nutrientes concretos son factores limitantes para su desarrollo.

En los laboratorios se intenta crear cepas que puedan trabajar a temperaturas muy bajas o que sus necesidades nutricionales se adapten al medio marino en el que van a desarrollar.

Una marea negra es la masa oleaginosa; mezcla de hidrocarburo y agua, que se crea cuando se produce un vertido de hidrocarburos en el medio acuático. Es una forma de contaminación muy grave, pues no sólo invade el hábitat de las especies donde se produce el vertido, sino que en su dispersión alcanza igualmente otras zonas (costas y playas) alterando gravemente o destruyendo la vida a su paso. La limpieza, depuración y regeneración de las zonas afectadas generan grandes costes económicos y a veces se necesitan años para recuperarse del desastre.



Compuestos del Carbono

Lo que el 'Prestige' se llevó...

EL ACCIDENTE

por BEGOÑA P. RAMÍREZ

<http://www.elmundo.es/especiales/2002/11/ecologia/prestige/relato.html>

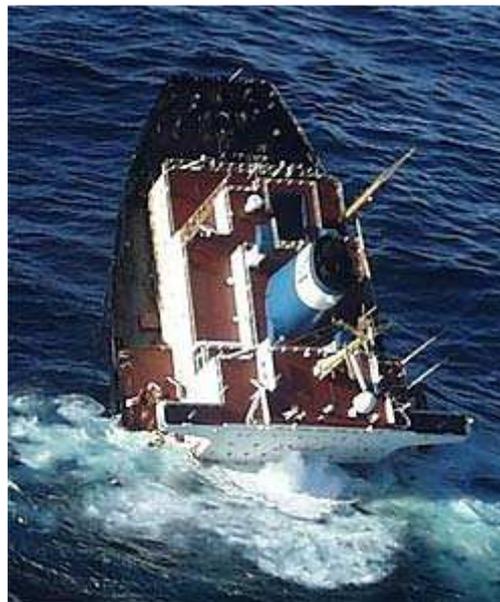
Un viejo petrolero con bandera de Bahamas que transportaba **77.000 toneladas de fuel de Letonia a Gibraltar** fue a morir frente a las costas gallegas un día de tormenta de 2002. Pero el del 'Prestige' fue más que un simple naufragio, de los muchos que dieron su nombre a la Costa da Morte.

Lo que empezó como una incidencia más del temporal que azotó España en noviembre de 2002 terminó convertido en la mayor **catástrofe económica y ecológica** sufrida en España —aún quedan restos en los acantilados más inaccesibles y bajo los fondos marinos donde no se pudo limpiar—; también en una pesadilla para el Gobierno español y para el PP a las puertas de unas elecciones. Y en la mayor crisis de los 14 años de Manuel Fraga en el Ejecutivo gallego.

El 'Prestige', pese a su nombre, dejó sin faena a miles de marineros y mariscadores de la **primera región pesquera de la Unión Europea**. El temporal —olas de seis metros y vientos de hasta 50 nudos— hirió de muerte al barco, de 26 años de antigüedad y armador y capitán griegos, escorándolo a estribor el 13 de noviembre. Salvamento Marítimo rescató a sus 27 tripulantes, mientras el barco escupía una mancha de crudo de cinco millas de longitud. Fueron sólo las primeras toneladas.

Un año después, las cifras oficiales certificaban que el 'Prestige' derramó sobre las costas de Galicia y el Cantábrico, desde las islas Cíes hasta Bretaña y el litoral meridional del Reino Unido, **un total de 63.000 toneladas de petróleo**. El 'Exxon Valdez', que se hundió en Alaska en 1989, vertió 50.000 toneladas; el 'Erika', naufragado frente a la costa francesa en 1999, dejó escapar 'sólo' 10.000

toneladas; el 'Mar Egeo', hundido bajo la mismísima Torre de Hércules, depositó 70.000 toneladas de crudo en la boca del puerto de A Coruña en 1992.



El 'Prestige' se hundió el 19 de noviembre de 2002, seis días después del accidente. (AP).



Chapapote



Para practicar

1. Responde a las siguientes preguntas sobre el petróleo.

- Las características del petróleo son
 - a) Líquido claro, sin olor, denso y oleaginoso
 - b) Líquido oscuro, olor fuerte, poco denso y oleaginoso
 - c) Líquido claro, oleaginoso, olor fuerte y denso
 - d) Líquido oscuro, oleaginoso, olor suave y poco denso
- El petróleo se suele encontrar
 - a) Sobre una capa de gases
 - b) Bajo una capa de agua
 - c) Entre una capa de gases y otra de agua
 - d) Entre dos capas de agua
- La roca que retiene el petróleo se denomina
 - a) Roca cobertura
 - b) Roca almacén
 - c) Roca madre
 - d) Roca petrolífera
- El petróleo se forma a partir de
 - a) Plancton
 - b) Conchas marinas
 - c) Restos vegetales
 - d) Restos animales

2. Responde a las siguientes preguntas sobre el gas natural.

- El gas natural se suele encontrar
 - a) Bajo una capa de agua en el interior de la tierra
 - b) En las capas altas de la atmosfera
 - c) Entre dos capas de agua de agua salada
 - d) En yacimientos acompañando al petróleo o en depósitos de carbón.
- El gas natural es
 - a) Una mezcla de gases de alto peso molecular.
 - b) Una mezcla de gases de bajo peso molecular medio.
 - c) Una mezcla de gases de bajo peso molecular.
- El biogás se obtiene
 - a) Por la degradación de la materia inorgánica en presencia de aire
 - b) Por la degradación de la materia orgánica en presencia de aire
 - c) Por la degradación de la materia inorgánica en ausencia de aire
 - d) Por la degradación de la materia orgánica en ausencia de aire
- El gas natural se forma a partir de
 - Restos vegetales
 - Restos animales
 - Restos minerales
 - Conchas marinas

Compuestos del Carbono

3. Responde a las siguientes preguntas sobre el carbón.

- El carbón se forma a partir de
 - a) Restos vegetales
 - b) Restos animales
 - c) Conchas marinas
 - d) Plancton
- Completa la siguiente frase:
El ambiente_____ es el necesario para que se forme el carbón.
- Relaciona para cada tipo de carbón el rendimiento energético que produce

Antracita	Poco
Hulla	Mucho
Turba	Muy poco
Lignito	Bastante

4. Responde a las siguientes preguntas sobre los combustibles.

- ¿Qué combustible emite a la atmósfera la mayor cantidad de dióxido de carbono por cada 100 g de combustibles quemados?
Propano
Butano
Metano
- ¿Qué combustible produce la mayor cantidad de energía por cada 100 g quemados?
- ¿Cuáles son los dos mejores combustibles?
Metano
Propano
Butano

5. Con los siguientes monómeros, construye varios homopolímero y heteropolímeros.



6. Relaciona cada polímero con su imagen.



TEFLÓN

Compuestos del Carbono



PVC

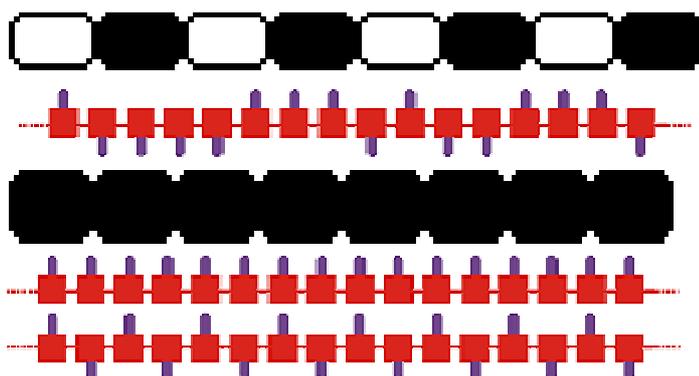


NYLON



CELOFAN

7. Relaciona cada polímero con su cadena:



isotáctico

homopolímero

sindotáctico

atáctico

copolímero

8. Completa las siguientes frases:

La vida consiste fundamentalmente en un conjunto de reacciones químicas interconectadas que se desarrollan en unas condiciones , en el interior de los seres vivos.

Son las características de las sustancias las que permiten la existencia de vida.

Las sustancias se diferencian de las inorgánicas en su variedad y su complejidad. La mayoría de las sustancias están formadas por la repetición de unos componentes básicos, , que se unen repetidamente: son .

Las sustancias orgánicas se agrupan en cuatro grandes tipos: , lípidos, y ácidos . Con excepción de los , cuya estructura química es muy diversa, los restantes grupos están formados, principalmente, por polímeros.

Compuestos del Carbono

9. Contesta las siguientes preguntas sobre los azúcares.

- Los azúcares están formados por
 - a) C, N y O.
 - b) C, H y O
 - c) C, H y P
- Son reserva de energía el...
 - a) Almidón y la lactosa
 - b) Almidón y la celulosa
 - c) Almidón y el glucógeno
- Tienen funciones estructurales la
 - a) Celulosa y quitina
 - b) Quitina y fructosa
 - c) Celulosa y maltosa
- El rendimiento energético de los azúcares es:
 - a) 8 kcal/g
 - b) 4 kcal/g
 - c) 4 kJ/g
- Los azúcares forman ciclos de 5 o 6 carbonos unidos por un enlace...
 - a) Peptídico
 - b) Hemiacetálico
 - c) Glicosídico

10. Relaciona cada definición con su función.

Forman parte del pelo, lana, plumas, músculos y piel.	Respiratoria
Transporte y almacenamiento de oxígeno	Hormonal
Catálisis biológica, reacciones de síntesis, oxidación e hidrólisis	Nucleoproteica
Defensa del organismo frente a virus y bacterias	Estructural
Regulación del metabolismo	Enzimática
Transmisión de la herencia	Anticuerpo

11. Relaciona cada temperatura con su fracción destilada.

20 °C	Gasóleo de automoción y calefacción
150°C	Fuelóleo, aceites, betunes, coque de petróleo
200°C	Combustibles aviación. Kerosenos
300°C	Materia prima para la industria petroquímica
370°C	Gasolinas
400°C	Propano y butano

Compuestos del Carbono

12. Completa el siguiente párrafo.

Cuando se destila petróleo crudo se obtienen las [] cantidades de gases, gasolina, queroseno, etc.

Para obtener [] cantidades de gasolina se realiza una transformación química de las fracciones más [] de la destilación mediante un proceso llamado [].

Consiste en transformar dichas fracciones en fragmentos más [] a [] temperaturas y en presencia de un [].

El craqueo es importante por dos razones fundamentales: convierte las fracciones menos útiles del petróleo en [] y produce hidrocarburos [] como los alquenos. Por ejemplo, el [] obtenido por este procedimiento es la materia prima para fabricar nuevas sustancias como los [].

13. Responde a las siguientes preguntas.

- Los detergentes, como los jabones, son sustancias cuya molécula es en un extremo hidrófoba, que ...
 - a) repele el agua
 - b) repele la suciedad
- Las micelas son:
 - a) pequeñas esferas, con la parte hidrófila hacia el exterior, en cuyo interior se disuelve la grasa y la suciedad, consiguiendo limpiar las superficies
 - b) pequeñas esferas, con la parte hidrófoba hacia el exterior, en cuyo interior se disuelve la grasa y la suciedad, consiguiendo limpiar las superficies
- Los detergentes son:
 - a) derivados de grasas animales
 - b) derivados del petróleo
 - c) derivados de grasas vegetales

Compuestos del Carbono

14. Completa el siguiente párrafo:

Las fibras textiles son polímeros que reúnen una serie de propiedades: resistencia a la , estabilidad frente a los cambios de , poca frente a los agentes químicos y facilidad para realizar mezclas estables con .

Las fibras sintéticas están formadas por polímeros artificiales de gran , hasta 10000 unidades de monómero, y , para permitir la existencia de fuerzas entre las distintas cadenas, y así facilitar la formación de hilos.

15. Contesta a las siguientes preguntas:

- De las siguientes sustancias indica los plásticos
 - a) Polietileno
 - b) Nailon
 - c) Polietileno
 - d) Kevlar
 - e) Baquelita
- El caucho es un polímero natural del:
 - a) Geraniol
 - b) Limoneno
 - c) Isopreno
- El primer polímero artificial fue:
 - a) Baquelita
 - b) Celuloide
 - c) Rayón
- Los termoplásticos:
 - a) Una vez fabricados, no pueden ser fundidos y moldeados de nuevo
 - b) Funden con el calor y pueden adaptarse a la forma que se desee.

16. Rellena los huecos en blanco de este párrafo con las siguientes pistas: medio ambiente, enfermedades, atmósfera, desaparecer, cáncer, ozono, ultravioletas, agujeros, moléculas de ozono, CFCs.

En las capas altas de la se encuentra una capa formada por gas . Esta capa nos protege de los rayos del sol. y sin ella los seres vivos del planeta morirían. Estos rayos UVA producen en los ojos, en la piel y favorecen la aparición de otro tipo de enfermedades. También provocarían cambios en el , aumentando las poblaciones de algunos seres vivos y haciendo a otros. Las sustancias que provocan esta contaminación son los llamados que provocan la destrucción de las y haciendo sobre esta capa grandes , uno en el polo norte y otro en el sur.

17. Con los siguientes trozos de frase, construye un párrafo lógico que exprese los efectos de la contaminación sobre el agua.

proliferación de algas
también con una enorme
que les dan
se vuelven turbias,
Las aguas
y olores fétidos;
con abundante espuma
en su superficie
contaminadas
verdosa.
una fuerte coloración

18. Rellena los huecos en blanco de este párrafo con las palabras siguientes: CFC, NO, aluminio, dañan, desaparecer, destrucción, lluvia ácida, mercurio, muchos, negativo, ozono, rayos ultravioleta, sprays, síntesis, ultravioleta, vegetales, ácido nítrico, ácido sulfúrico, medio ambiente, enfermedades, atmósfera, desaparecer, cáncer, ozono, ultravioletas, agujeros, moléculas de ozono, CFCs.

El oxígeno y el vapor de agua de la atmósfera atacan al NO₂ y al SO₂ y forman el [] y el [] que disueltos en gotas de agua dan [] .

Esta puede caer a [] kilómetros del foco contaminante. Los daños que ocasionan son:

- Dañan a los [] impidiendo su correcto funcionamiento y su función fotosintética.
- Hace [] la vida de ríos y lagos por aumentar la acidez.
- Favorecen la [] de compuestos muy perjudiciales como el aluminio y el mercurio.
- También [] los monumentos de piedra.

Otro efecto [] de la contaminación atmosférica es la [] de la capa de [] que rodea a la tierra y filtra los rayos [] procedentes del sol. El óxido nítrico ([]) procedente de reactores de los aviones, los [] de los [] , de aparatos de aires acondicionados y de frigoríficos destruyen el ozono facilitando que los [] lo atraviesen y lleguen a los seres vivos, produciendo entre otros efectos el [] de piel.



Para saber más

La Industria Química aplica los conocimientos químicos a la producción de forma económica de materiales y productos químicos con el mínimo impacto adverso sobre el medio ambiente.

Las industrias químicas se clasifican en:

- Industrias químicas de base
- Industrias químicas de transformación

Las industrias químicas de base trabajan con materias primas naturales, mientras que las industrias de transformación fabrican productos a partir de los productos elaborados por las industrias químicas de base. Las industrias de base se sitúan cerca de los lugares en que se producen las materias primas y toman los materiales necesarios para su funcionamiento del entorno que las rodea. Las industrias de transformación convierten los productos elaborados por las industrias de base en nuevos productos que pueden salir directamente al mercado o pueden ser utilizados por otras industrias. Por ejemplo: El petróleo extraído de los pozos petrolíferos se transforma en gasolina en las refinerías y se distribuye a las gasolineras para su consumo.

Hoy en día, todos los procesos químicos se estudian cuidadosamente en laboratorios y se desarrollan en plantas piloto.

Estos procesos no se implantan a gran escala hasta que no queda demostrada su efectividad y rentabilidad.

El paso del laboratorio a la fábrica es la base de la industria química. Las industrias químicas actuales reúnen en un solo proceso continuo las distintas operaciones unitarias que en el laboratorio se realizan de forma independiente.

Estas operaciones unitarias son las mismas sea cual sea la naturaleza del material que se procesa.

Algunos de estas operaciones unitarias son la trituración y molienda de las materias sólidas, el transporte de fluidos, la destilación de las mezclas de líquidos, la filtración, la sedimentación, la cristalización de los productos y la extracción de materiales.

Los productos químicos inorgánicos fabricados más importantes son: ácido sulfúrico, vidrio, aluminio, cobre, hierro, acero, amoníaco, abonos nitrogenados y sosa solvay.

Los productos orgánicos más importantes son los derivados de las industrias cuya materia prima es el carbón o el petróleo y como derivados de éstas las industrias obtienen: combustibles, plásticos, resinas sintéticas, detergentes.





Recuerda lo más importante

- Los hidrocarburos son una **fuentes de energía** o renovable, de todos ellos, el gas natural es el de menor impacto medioambiental.
- Se llama polimerización al proceso por el que los **monómeros** se unen entre sí para formar la macromolécula de **polímero**. Los polímeros pueden ser: **homopolímero**, formados por un único monómero, o **heteropolímeros**, formados por más de un monómero.
- Las propiedades de los polímeros dependen: Del monómero (o los monómeros) que los forman y de los enlaces que se constituyen en la macromolécula. Se clasifican:
 - . Según la cadena que los forman
 - . Por su comportamiento frente al calor y deformaciones
 - . Por su composición química y en el tipo de monómeros
 - . Por la disposición de los monómeros que lo forma
- Los **polímeros** pueden ser **naturales o sintéticos**.
- Las macromoléculas biológicas o polímeros naturales son:
 - . Los azúcares
 - . Los lípidos
 - . Las proteínas
 - . Los ácidos nucleicos
- Los polímeros sintéticos son:
 - . Plásticos
 - . Fibras
 - . Siliconas
- La **petroquímica** es una rama de la industria química que obtiene productos utilizando como materias primas fracciones petrolíferas procedentes de las refinerías, tales como: gas natural, naftas y gasóleos.
- Las nuevas sustancias obtenidas por la industria petroquímica incluyen: los plásticos comunes como el PVC, poliestireno, fibras sintéticas como el nailon, pegamentos, pinturas, colorantes, cosméticos, medicamentos...
- La industria química causa efectos negativos sobre el medio ambiente. Es responsable del "efecto invernadero", de la "eutrofización de mares y ríos", vertidos y mareas negras y "**de la lluvia ácida**"
- Además, la industria química produce gran cantidad de residuos, por lo que es necesario el **reciclaje**. Desde el punto de vista ecológico, es la única medida posible que tiene una sociedad si quiere evitar un aumento en el consumo de energía y de la contaminación. Además, el reciclaje evita el almacenamiento, con sus correspondientes costes, de todo tipo de residuos.

Autoevaluación



1. Los polímeros formados por un sólo monómero se llaman:
2. Cuando los sustituyentes de un polímero se distribuyen al azar, se dice que es:
3. Las siliconas son polímeros inorgánicos en los que la cadena principal está formada por átomos de...
4. Los detergentes son sales de ácidos...
5. El Carbón con mayor poder calorífico es:
6. El combustible fósil con menor impacto medioambiental es:
7. No es un polímero natural el...
8. Los lípidos no ...
9. El Kevlar es un tipo de...
10. La estructura primaria de una proteína es una cadena formada por:

Soluciones de los ejercicios para practicar

1. Responde a las siguientes preguntas sobre el petróleo.

- Líquido oscuro, olor fuerte, poco denso y oleaginoso
- El petróleo se suele encontrar: Entre una capa de gases y otra de agua
- La roca que retiene el petróleo se denomina: Roca almacén
- El petróleo se forma a partir de: Plancton

2. Responde a las siguientes preguntas sobre el gas natural.

El gas natural se suele encontrar: En yacimientos acompañando al petróleo o en depósitos de carbón.

- El gas natural es: Una mezcla de gases de baja masa molecular.
- El biogás se obtiene: Por la degradación de la materia orgánica en ausencia de aire
- El gas natural se forma a partir de: Restos vegetales

3. Responde a las siguientes preguntas sobre el carbón.

- El carbón se forma a partir de : Restos vegetales
- Completa la siguiente frase

El ambiente **anaerobio** es el necesario para que se forme el carbón.

- Relaciona para cada tipo de carbón el rendimiento energético que produce

Antracita	Mucho
Hulla	Bastante
Turba	Poco
Lignito	Muy poco

Compuestos del Carbono

4. Responde a las siguientes preguntas sobre los combustibles.

Metano, Metano y Propano y Butano

6. Relaciona cada polímero con su imagen.

CELOFAN, NYLON, PVC y TEFLÓN

7. Relaciona cada polímero con su cadena.

Copolímero, atáctico, homopolímero, isotáctico y sindotáctico

8. Completa las siguientes frases:

Suaves, orgánicas, biológicas, orgánicas, monómeros, macromoléculas, glúcidos, proteínas, nucleicos y lípidos.

9. Contesta las siguientes preguntas sobre los azúcares.

C, H y O; Almidón y el glucógeno; Celulosa y quitina ; 4 kcal/g y Hemiacetalico.

10. Relaciona cada definición con su función.

Estructural, Respiratoria, Enzimática, Anticuerpo, Hormonal y Nucleoprotéica.

11. Relaciona cada temperatura con su fracción destilada.

Propano y butano, Gasolinas, Materia prima para la industria petroquímica, Combustibles aviación. Kerosenos, Gasóleos de automoción y calefacción y Fuelóleo, aceites, betunes, coque de petróleo.

12. Completa el siguiente párrafo.

Mayores, pesadas, craqueo, pequeños, altas, catalizador, gasolina, insaturados, eteno y plásticos.

13. Responde a las siguientes preguntas.

Repele el agua; pequeñas esferas, con la parte hidrófila hacia el exterior, en cuyo interior se disuelve la grasa y la suciedad, consiguiendo limpiar las superficies y derivados del petróleo.

14. Completa el siguiente párrafo.

Temperatura, labilidad, colorantes, longitud, lineales, intermoleculares.

15. Contesta a las siguientes preguntas:

Polietileno, Baquelita; Isopreno; Celuloide y Funden con el calor y pueden adaptarse a la forma que se desee.

16. Rellena los huecos en blanco de este párrafo:

En las capas altas de la **atmósfera** se encuentra una capa formada por gas **ozono**. Esta capa nos protege de los rayos **ultravioletas** del sol. y sin ella los seres vivos del planeta morirían. Estos rayos UVA producen **enfermedades** en los ojos, **cáncer** en la piel y favorecen la aparición de otro tipo de enfermedades. También provocarían cambios en el **medio ambiente**, aumentando las poblaciones de algunos seres vivos y haciendo **desaparecer** a otros. Las sustancias que provocan esta contaminación son los llamados **CFCs** que provocan la destrucción de las **moléculas de ozono** y haciendo sobre esta capa grandes **agujeros**, uno en el polo norte y otro en el sur.

17. Con los siguientes trozos de frase, construye un párrafo lógico que exprese los efectos de la contaminación sobre el agua.

Las aguas contaminadas se vuelven turbias, con abundante espuma en su superficie y olores fétidos; también con una enorme proliferación de algas que les dan una fuerte coloración verdosa.

18. Rellena los huecos en blanco de este párrafo.

El oxígeno y el vapor de agua de la atmósfera atacan al NO₂ y al SO₂ y forman el **ácido nítrico** y el **ácido sulfúrico** que disueltos en gotas de agua dan **lluvia ácida**.

Esta puede caer a **muchos** kilómetros del foco contaminante. Los daños que ocasionan son:

- Dañan a los **vegetales** impidiendo su correcto funcionamiento y su función fotosintética.
- Hace **desaparecer** la vida de ríos y lagos por aumentar la acidez.
- Favorecen la **síntesis** de compuestos muy perjudiciales como el aluminio y el mercurio.
- También **dañan** los monumentos de piedra.

Otro efecto **negativo** de la contaminación atmosférica es la **destrucción** de la capa de **ozono** que rodea a la tierra y filtra los rayos **ultravioleta** procedentes del sol. El óxido nítrico (**NO**) procedente de reactores de los aviones, los **CFC** de los **sprays**, de aparatos de aires acondicionados y de frigoríficos destruyen el ozono facilitando que los **rayos ultravioleta** lo atraviesen y lleguen a los seres vivos, produciendo entre otros efectos el **cáncer** de piel.

Compuestos del Carbono

Soluciones AUTOEVALUACIÓN

1. Homopolímero
2. Atáctico
3. Silicio
4. Sulfónicos
5. Antracita
6. Gas natural
7. Rayón
8. Se disuelven en agua
9. Fibra
10. Aminoácidos

No olvides enviar las actividades al tutor ►