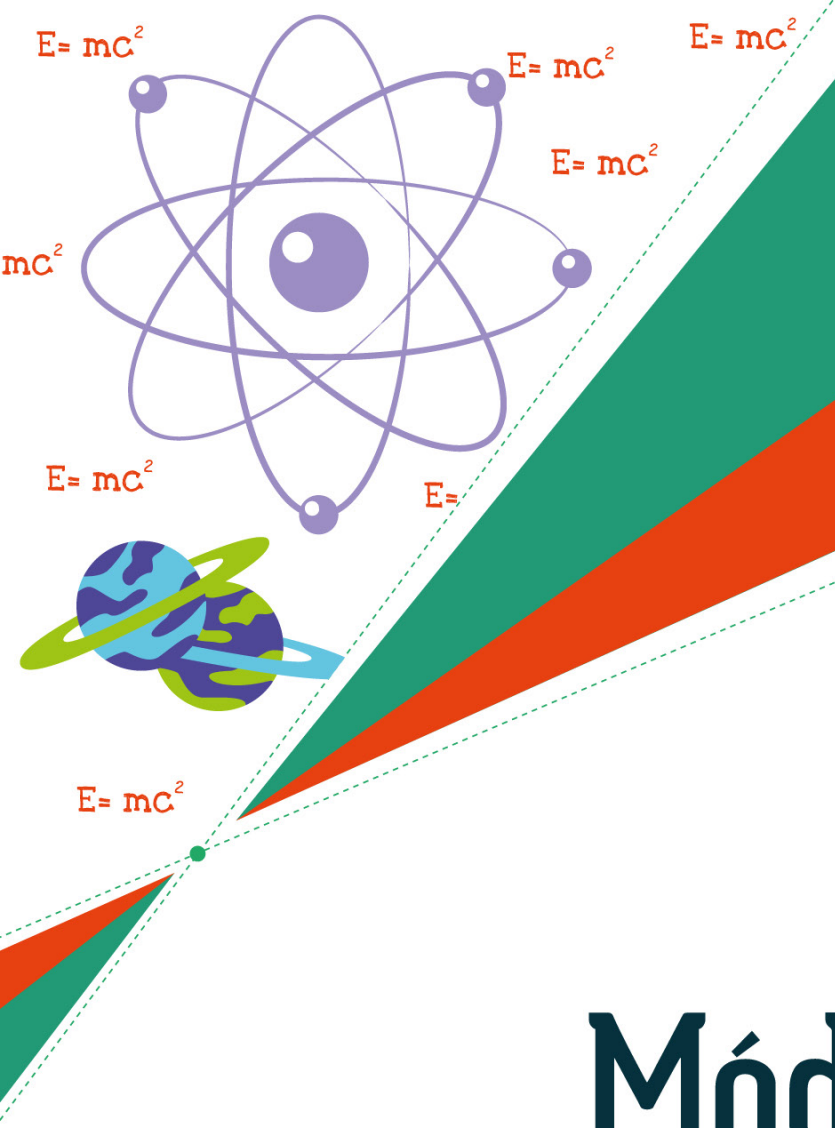


Módulo

Física

FORMARTE

CONTENIDO

I. Preliminares

- Magnitudes y sistemas de medida
- Factores de conversión de unidades

II. Cinemática

- Magnitudes básicas en cinemática
- Movimiento rectilíneo uniforme
- Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
- Movimiento parabólico
- Movimiento semiparabólico

III. Dinámica

- Leyes de newton
- Estática
- Torque y equilibrio rotacional

IV. Trabajo y energía

- Trabajo
- Energía
- Cantidad de movimiento

VI. Gravitación

- Ley de gravitación universal
- Leyes de Kepler

VII. Mecánica de fluidos

- Estática de fluidos
- Dinámica de fluidos

VIII. Termodinámica

- Escalas de temperatura
- Dilatación térmica
- Calor y energía térmica
- Gases ideales
- Leyes de la termodinámica

IX. Movimiento Periódico

- Movimiento armónico simple
- La energía en el movimiento armónico simple

X. Movimiento Ondulatorio

- Características de las ondas
- Fenómenos ondulatorios
- Ondas estacionarias
- Acústica

XI. Óptica

- Naturaleza de la luz
- Óptica geométrica

XII. Electricidad y Magnetismo

- Electrostática
- Circuitos Eléctricos
- magnetismo

PRELIMINARES

Medir es una actividad cotidiana en cualquier grupo de personas y por eso en nuestra cultura la medición ha ocupado el pensamiento de científicos e investigadores a lo largo del desarrollo de la ciencia y de la civilización. Inicialmente nuestro cuerpo fue uno de los referentes de comparación y por ello no es extraño aún escuchar frases como “esa soga mide más o menos 20 codos”. Pero, las necesidades sociales han hecho que tengamos que mudarnos a sistemas de medida que permitan hacer comparaciones más precisas.

MAGNITUDES Y SISTEMAS DE MEDIDA

Como se sabe, medir es comparar una magnitud física con otra que nos sirve de patrón denominada unidad. Se llaman magnitudes físicas porque con ellas es posible describir fenómenos y conceptos con los que describimos tanto al mundo como al universo. Existen dos tipos de magnitudes físicas:

Magnitudes fundamentales: se definen como magnitudes fundamentales: Longitud [L], masa [m] y tiempo [t].

Magnitudes derivadas: son aquellas que se expresan en función de las magnitudes fundamentales, tales como: velocidad, aceleración, presión, fuerza, etc.

Para llevar a cabo las mediciones de las diferentes magnitudes físicas se han creado los siguientes sistemas de medida:

1. Sistema Internacional (SI):

Toma como unidades patrón:
Longitud: metro [m]
Masa: kilogramo ([kg]
Tiempo: segundo [s]

2. Sistema c.g.s:

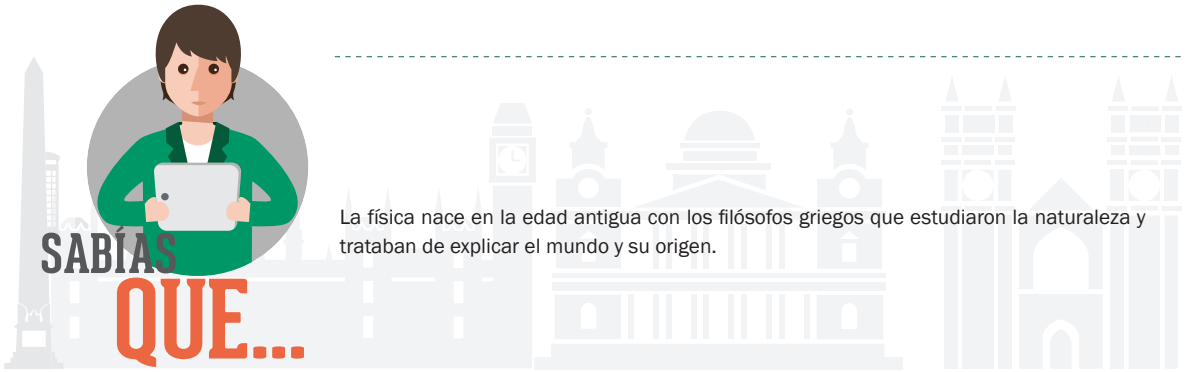
Aquí los patrones de referencia son:

Longitud: centímetro [cm]
Masa: gramo [g]
Tiempo: segundo [s]

3. Sistema Ingles:

Con patrones de referencia:

Longitud: pie [ft]
Masa: pound [lb]
Tiempo: segundo [s]



La física nace en la edad antigua con los filósofos griegos que estudiaron la naturaleza y trataban de explicar el mundo y su origen.

FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Para realizar comparaciones y relaciones entre los diferentes patrones de los diferentes sistemas de medida se definen los factores de conversión. A continuación, se describen las equivalencias que existen entre el sistema internacional y el sistema inglés, siendo estos los más utilizados:

LONGITUD

1 pica (computadora 1/6 in) = 4,233 333 × 10^{-3} m
1 año luz (1. y) = 9.460 73 × 10^{15} m
1 cadena (ch) = 22 yd = 66 ft = 792 in = 20,116 8 m
1 milla (mi) = 1 760 yd= 5 280 ft= 63 360 in = 1 609.344 m
1 fathom= 2 yd = 6 ft = 72 in= 1 , 828 8 m
1 rod (rd) = 5.5 yd= 16,5 ft = 198 in = 5, 029 2 m
1 micro pulgada = 1 × 10^{-6} in = 2, 54 × 10^{-5} m
1 milésima (0. 001 in) = 1 × 10^{-3} in = 2, 54 × 10^{-3} m
1 unidad astronómica (au) = 1,495 979 × 10^{11} m
1 ángstrom (Á) = 1 × 10^{-3} m
1 pica (impresoras) = 4,217 518 × 10^{-3} m
1 pie (ft) 12 in = 0,304 8 m
1 pulgada (in) = 0,025 4 m
1 fermi = 1 × 10^{-15} m
1 punto (impresora) = 3,514 598 × 10^{-4} m
1 micrón(μ) = 1 × 10^{-6} m
1 pársec(pe) = 3,085 678 × 10^{16} m
1 yarda(yd) = 3 ft = 36 in = 0,914 4 m
1 milla, náutica = 1, 852 km = 1 852 m

MASA

1 carat, métrico = 2 × 10^{-4} kg
1 grano = 6, 479 891 kg
1 slug (slug) = 14, 593 9 kg
1 libra (troy) (lb) = 0, 373 241 7 kg
1 onza (oz) = 2 , 834 952 × 10^{-2} kg
1 onza (troy) (oz) = 3, 110 348 × 10^{-2} k
1 ton, métrica (t) 1 000 kg
1 kilometro-fuerza segundo cuadrado por metro ($kgfs^2/m$) = 9, 806 65 kg
1 to. assay (AT) = 2, 916 667 × 10^{-2} kg
1 ton.corta = 2 000 lb = 32 000 oz = 907, 184 7 kg
1 ton, larga = 2 240 lb = 35 840 oz = 1 016,047 kg
1 tonne (llamada " ton métrica") (t) = 1 000 kg
1 pennywight (dwt) = 1, 555 174 × 10^{-3} kg
1 cien peso, corto = 100 lb = 1 600 oz = 45,395 24 kg
1 cien peso,largo = 112 lb = 1 792 oz = 50. 802 35 kg

TIEMPO

1 año = 365 d = 8 760 h = 525 600 min = 31 536 000 s
1 año (sideral) = 3 155 815 × 10^{7} s
1 año (tropical) = 3 155 693 × 10^{7} s
1 día (d) = 24 h = 1 440 min = 86 400 s
1 día (sideral) = 616 409 s
1 hora (h) = 60 min = 3 600 s
1 minuto (min) = 60 s
1 minuto (sideral) = 59, 836 17 s
1 segundo (sideral) = 0, 997 269 6 s

CORRIENTE ELÉCTRICA

1 abampere = 10 A
1 biot (Bi) = 10 A
1 EMU de corriente (abampere) = 10 A
1 ESU de corriente (statampere) = 3 , 335 641 × 10^{-10} A
1 gilbert (Gi) = 0, 795 77 4 7 A
1 statampere = 3, 335 641 × 10^{-10} A

TEMPERATURA TERMODINÁMICA

T/K = T/°C + 273, 15
T/°C = (T/°F - 32) / 1.8
T/K = (T/ °F + 459.67) / 1.8
T/K = (T/°R) / 1.8
T/°C= T/K - 273,15

TECNOLOGÍA Y TRABAJO

1 British thermal $unit_{rr}$ (Btu) = 1, 055 056 × 10^3 J
1 British thermal $unit_{Th}$ (Btu) = 1, 054 350 × 10^3 J
1 British thermal unit (media) (Btu) = 1, 055 87 × 10^3 J
1 British thermal unit (39°F) (Btu) = 1, 059 67 × 10^3 J
1 British thermal unit (59°F) (Btu) = 1, 054 80 × 10^3 J
1 British thermal unit (60°F) (Btu) = 1, 054 68 × 10^3 J

1 caloría$_{rr}$ (cal) = 4, 186 8 J
1 caloría $_{Th}$ (cal) = 4, 184 J
1 caloría (media) (cal) = 4, 190 02 J
1 caloría (15 °C) (cal) = 4, 185 80 J
1 caloría (20 °C) (cal) = 4, 181 90 J
1 electrón voltio (eV) = 1, 602 177 × 10^{-19} J
1 erg (erg) = 1 × 10^{-7} J
1 kilocaloría$_{rr}$ (cal) = 4, 186 8 × 10^{3} J
1 kilocaloría$_{Th}$ (cal) = 4, 184 × 10^{3} J
1 kilocaloría (mean) (cal) = 4, 190 02 × 10^{3} J
1 kilovaltio hora (kwh) = 3,6 × 10^{3} J
1 pie poundal - 4, 214 011 × 10^{-2} J
1 pie libra-fuerza (ft-lbf) = 1, 355 818 J
1 therm (EC) = 1, 055 06 × 10^{8}J
1 therm (U.S) = 1, 054 804 × 10^{8}J
1 tonelada de TNT = 4, 184 × 10^{9}J
1 voltio hora (W.h) = 3 600 J
1 valtio segundo (W.s) = 1 J

En física y en otras ramas de la ciencia, con frecuencia, se trabajan magnitudes con rangos numéricos variables según el contexto, fenómeno que se desee estudiar. Existen para este caso prefijos con potencias de 10 utilizados para escribir la medida de una determinada magnitud físicas. Estos prefijos son:

Multiplo	**10^{15}**	**10^{12}**	**10^{9}**	**10^{6}**	**10^{3}**	**10^{2}**	**10^{-1}**	**10^{-2}**	**10^{-3}**	**10^{-6}**	**10^{-9}**	**10^{-12}**
Prefijo	**peta**	**tera**	**giga**	**mega**	**kilo**	**hecto**	**deci**	**centi**	**mili**	**mi-cro**	**nano**	**pico**
Abreviatura	**P**	**T**	**G**	**M**	**k**	**h**	**d**	**c**	**m**		**n**	**p**

Estos son definidos debido a que en ámbitos tecnológicos es muy importante identificar los contextos en los que se trabaja, donde cobra sentido el hablar de la capacidad de un disco duro no en 150.000.000.000 bits, sino en 150 Gb. Tanto las equivalencias como los prefijos son ampliamente utilizados a la hora de convertir una medida de un sistema a otro.

Ejemplo #1:

El área de un terreno rectangular que mide 10.000 ft x 15.000 ft, en m^2 es:

A. 150 Mm^2
B. 13.935.456 m^2
C. 12,48 Mm^2
D. 100.500.000 ft^2

Componente: mecánica Clásica.

Competencia: uso comprensivo del conocimiento Científico.

Solución:

Para obtener la respuesta en m^2, se puede inicialmente pasar cada medida del terreno rectangular a metros, lo

cual puede hacerse utilizando el factor de conversión 1 ft = 1 pie = 0,3048 m de la siguiente manera:

$$10.000\ ft \times \frac{0,3048\ m}{1\ ft} = 3.048\ m$$

De igual manera,

$$15.000\ ft \times \frac{0,3048\ m}{1\ ft} = 4.572\ m$$

Como el área de un rectángulo se calcula con el producto de la medida de sus dos dimensiones, el área en m^2 es:

$$3.048\ m \times 4.572\ m = 13.935.456\ m^2$$

Lo que corresponde con la opción B.

Observe que las otras opciones de repuesta involucran el prefijo "M" que se lee Mega y equivale a 10^6. Si quisiéramos escribir el área calculada con este prefijo tendríamos que contar 6 cifras a la izquierda en el resultado, dado que su exponente es 6, y allí poner un coma, en tal caso, el resultado debería aparecer como: 13.94 Mm^2.

Otra manera de haber resuelto el problema, consiste en haber calculado el área en ft^2. Es decir,

$$10.000\ ft \times 15.000\ ft = 150.000.000\ ft^2$$

Luego, se debe encontrar un factor de conversión o equivalencia entre ft^2 y m^2 para luego multiplicar el resultado obtenido como área por el factor de conversión.

Ejemplo #2:

Si los geólogos afirman que la edad aproximada de la tierra es unos 141 Ps, lo cual equivale a unos:

A. 4.471 millones de años
B. 2.700 billones de años
C. 14.100 millones de años
D. 141 trillones de años

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento Científico.

Solución:
Para iniciar, observe que las unidades dadas en el problema son "Ps", es decir, Peta segundos o simplemente 10^{15} segundos.

En definitiva, la edad de la tierra es 141 x 10^{15} s, y para poder responder el interrogante, se debe pasar esta unidad a años, lo cual puede realizarse de la siguiente manera:

$$141 \times 10^{15} s \times \frac{1\ min}{60\ s} \times \frac{1\ hora}{60\ min} \times \frac{1\ día}{24\ h} \times \frac{1\ año}{365\ días} = 4.471.080.669\ años$$

Las cantidades sombreadas son los respectivos factores de conversión para pasar desde segundos a años, además, obsérvese que las cantidades equivalentes deben ser colocadas de tal forma que puedan ser canceladas

algebraicamente.
Según el resultado obtenido la respuesta correcta es 4.471 millones de años, que corresponde con la opción A.

Para el estudio de los diferentes fenómenos físicos es necesario trabajar con cantidades que tengan en su naturaleza tanto descripción numérica como descripción numérica y direccional. Estas cantidades son derivadas de la matemática y se denotan como escalares y vectoriales, a continuación, se definirá cada una de ellas y se describirá la diferencia entre ellas.

Cantidades Escalares:

Aquellas cantidades físicas que están descritas mediante un único valor acompañado de su respectiva unidad, este no tiene una dirección. Ejemplos de estas cantidades son: La temperatura, el volumen, la masa y el tiempo transcurrido. Las cantidades escalares responderían a preguntas como ¿cuánto tiempo ha transcurrido desde se empezó una determinada actividad? o ¿cuál es la distancia que hay entre Medellín y Bogotá?

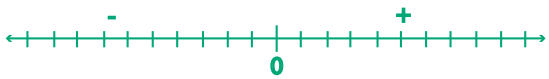
Cantidades Vectoriales:

Aquellas cantidades físicas que requieren tanto de valor (acompañado la unidad apropiada), dirección y sentido para ser descritas. Estas cantidades, se analizan por medio de vectores, que son una de las más importantes herramientas matemáticas para el análisis de fenómenos físicos, con ellos se pueden representar cantidades como el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la fuerza experimentada por un cuerpo, etc. Para ejemplificar este concepto, en el caso del despegue y aterrizaje de un avión es necesario que el piloto conozca la dirección y la magnitud relativa del viento. Ahora imaginemos que estamos siguiendo un juego de instrucciones donde nos piden que nos desplacemos 5 m, a continuación, pensaríamos que la instrucción está incompleta ¿por qué?.

Para representar correctamente un vector se necesita un sistema de coordenadas, especialmente para la determinación de su dirección. Estos constan de dos elementos principales:

- Un punto de referencia llamado origen.
- Un eje o conjunto de ejes con escala para delimitar la magnitud y la dirección.

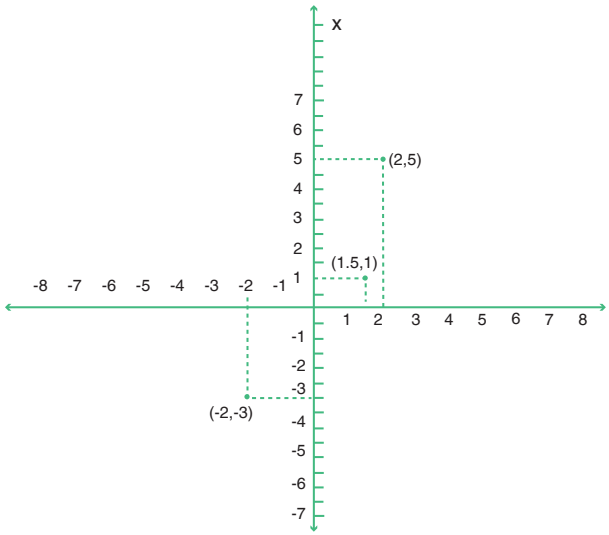
En general, los sistemas coordenados que se usarán se constituyen por una sola dimensión, un solo eje representado tanto de forma horizontal como vertical. En este el cero se denomina como el origen, la dirección es la recta que contiene el sistema coordenado y el sentido se representaría usando los signos + y – dependiendo de la convención establecida, como se muestra a continuación:



Para este caso, si un objeto se ubica en este sistema de referencia a +18 U, quiere decir que su posición es 18 unidades hacía en el sentido positivo desde el origen, y de manera homologa si un objeto se ubica a -5 U.

Otro tipo de sistema coordenado que se puede encontrar son los sistemas rectangulares o cartesianos. Estos constan de dos ejes, usualmente llamados “eje x” (eje de las abscisas) y “eje y” (eje de las ordenadas). Estos dos ejes determinan un plano, y por lo tanto un punto en este sistema coordenado debe ser descrito por un par ordenando (x,y). El punto de intersección entre los dos ejes es el que considera como el punto de origen con coordenadas (0,0). Es importante tener en cuenta que la dirección positiva del eje x parte del origen y va a la derecha, y la parte positiva en y parte del origen y se dirige hacia arriba.

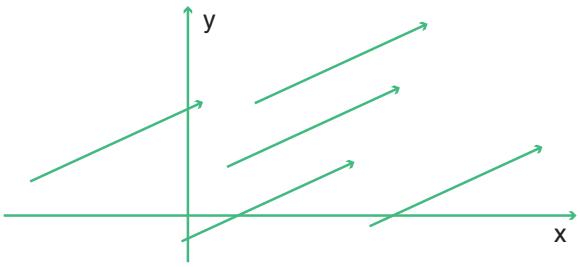
En el gráfico se ilustra la posición de los pares ordenados (2,5), (1.5, 1) y (-2, -3).



Propiedades de los vectores

Igualdad:

La representación gráfica de un vector es una flecha que inicia en el punto de aplicación y que va en la dirección indicada. Para diversos propósitos dos vectores se consideran iguales si poseen la misma magnitud, la misma dirección y el mismo sentido. Tal y como indica la gráfica:

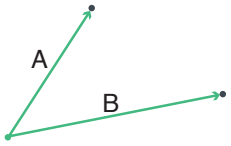


Todos los vectores representan cantidades físicas y cuando se requiere realizar operaciones con estas es necesario realizar vectoriales, surge entonces la pregunta ¿Cómo realizar operaciones con vectores?

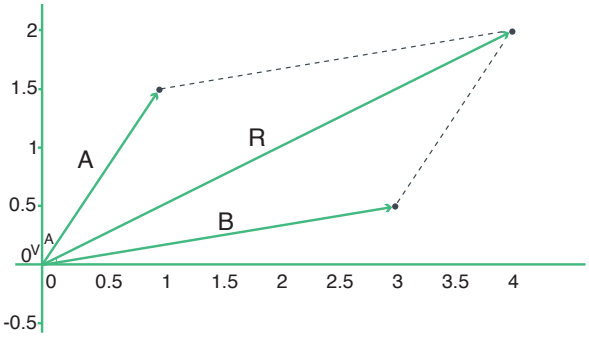
Suma de vectores:

Es posible sumar dos o más cantidades vectoriales siempre y cuando estás sean representaciones de la misma cantidad física y estén en el mismo sistema de medidas. Para esto se requiere que los vectores sean llevados al origen del sistema de coordenadas rectangular, a continuación, se trazan dos vectores paralelos a los originales, de manera que el conjunto resultante forme un paralelogramo. El vector suma corresponde al vector que tiene como punto inicial el origen del sistema coordenado y punto final el vértice opuesto a este.

Se tienen los vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ representados en la siguiente figura:

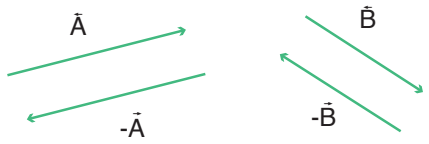


Se busca obtener $\vec{A} + \vec{B}$, y la construcción necesaria para lograrlo se representa a continuación:



Negativo de un vector:

El negativo de un vector, es que aquel que tiene la misma dirección y magnitud que el vector positivo, pero sentido contrario, como muestra la figura:

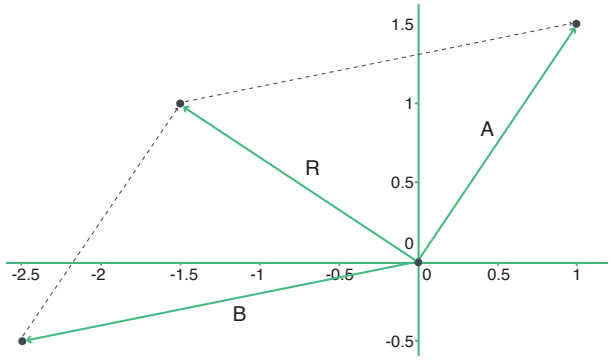


Diferencia de vectores:

Para realizar la diferencia entre dos vectores se aplica la definición del negativo de un vector, es decir, se le cambia el sentido al vector que se quiere restar y se procede a sumarlo de la forma descrita antes en suma de vectores.

Se tienen los vectores $\vec{A}$ y $\vec{B}$ como indica la figura:

se busca obtener es $\vec{A} - \vec{B}$, la construcción necesaria para lograrlo se representa a continuación:

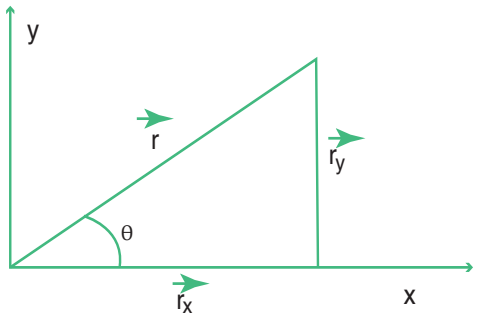


Si un vector $\vec{A}$ es multiplicado por un escalar m, el resultado es otro vector que tiene la misma dirección y sentido que el vector A pero de magnitud m veces $\vec{A}$.

El método gráfico, aunque sencillo y práctico, debe acompañarse de un método analítico, ya que el primero depende de un instrumento de medida y de lo preciso que este sea para no producir errores.

El Método Analítico en las Suma y Diferencia de Vectores:

Este método se fundamenta en la representación de un vector en sus componentes sobre los ejes x e y de un sistema coordenado. Tales componentes se hallan teniendo en cuenta que el vector y sus proyecciones en las direcciones x e y forman un triángulo rectángulo como el que se muestra en la figura:



De la definición de seno y coseno se puede demostrar que las componentes rectangulares del vector están dadas por:

$$r_x = r \cos \theta$$
$$r_y = r \sin \theta$$
$$r^2 = r_x^{\,2} + r_y^{\,2}$$

Se debe tener en cuenta que todo vector r puede escribirse como la suma vectorial de sus componentes, así:

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

Luego, Para realizar la suma de dos vectores expresados en la forma anterior solo se necesita sumar algebraicamente las componentes respectivas al eje x y las respectivas al eje y. Así:

$$\vec{A} + \vec{B} = (A_x\vec{x} + \vec{y}) + (B_x\vec{x} + B_y\vec{y})$$
$$\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x) + \vec{x} + (A_y + B_y)\vec{y}$$

Ejemplo #3:

Una avioneta vuela en dirección norte a 400 Km/h con respecto al viento y este sopla hacia el oriente a una velocidad de 20 Km/h con respecto a la tierra. Si un observador está situado en la tierra observa que:

Componente: Mecánica Clásica.

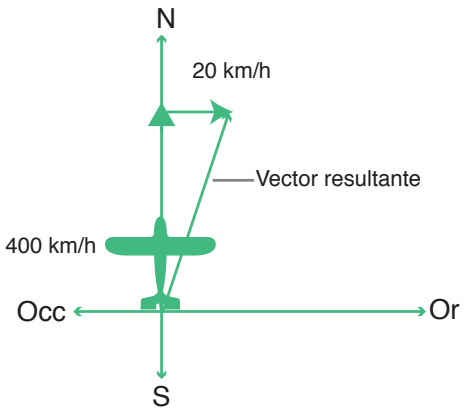
Competencia: Uso comprensivo de conocimiento científico.

A. La avioneta vuela en la dirección norte a más de 400 km/h gracias al viento.
B. La avioneta vuela en dirección noroccidente a menos de 400 km/h por efecto del viento.
C. La avioneta vuela en dirección nororiente a más de 400 km/h por efecto del viento.
D. No es posible determinar la dirección ni la velocidad de la avioneta.

Solución:

Para resolver este problema haremos uso de lo expuesto tanto en el método grafico como en el método analítico para suma de vectores, en vista de que la velocidad es una cantidad vectorial.

Los datos del problema se consignan en la siguiente gráfica, donde se representa la trayectoria y la velocidad resultante de la avioneta gracias al efecto del viento:



El vector resultante permite identificar la dirección y el sentido que tomará el avión con respecto al observador en tierra, la cual es nororiental, analíticamente podemos encontrar su magnitud.

Los vectores $\vec{A}$ y V representan las velocidades de la avioneta y el viento respectivamente, mientras que el vector R es el vector resultante de $\vec{A}$ + V. Matemáticamente se tiene que:

$$\vec{A} = 0\vec{x} + 400\vec{y} \qquad \vec{V} = 20\vec{x} + 0\vec{y}$$

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{V} = (0\vec{x} + 400\vec{y}) + (20\vec{x} + 0\vec{y}) = 20\vec{x} + 400\vec{y}$$

Y la magnitud se puede encontrar como:

$$R = \sqrt{(20)^2 + (400)^2} = \sqrt{160.400} = 400.5\,\frac{km}{h}$$

De lo cual se puede concluir que la opción correcta es la C.

Surge entonces la pregunta: ¿en qué dirección debería volar la avioneta con respecto al viento para que por efecto del mismo, desde la Tierra sea observada como si volara hacia el norte?

El ejemplo anterior es un problema relacionado con el movimiento de cuerpos, problemática que ha sido estudiada en la física ampliamente y que se ha denominado Cinemática.

CINEMÁTICA

Es la rama de la Física que estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar la causa que los origina. Este estudio se realiza a partir de los conceptos de: posición, desplazamiento, distancia recorrida, velocidad, rapidez y aceleración.

MAGNITUDES BÁSICAS EN CINEMÁTICA

Posición:

Cantidad vectorial que indica donde se encuentra ubicado un cuerpo u objeto en cualquier instante. Para indicar una posición, se requiere de un marco de referencia como ya se explicó. (Cantidad vectorial)

Desplazamiento:

Por experiencia sabemos que para que haya desplazamiento de un objeto, este debe haber pasado de una posición inicial a otra final, por lo tanto, en cualquier marco de referencia el desplazamiento se define como la diferencia algebraica entre la posición inicial y la posición final, y se representa simbólicamente así: $\Delta X = X_f - X_i$ siendo X la posición final del objeto y X la posición inicial del mismo. (Cantidad vectorial)

Distancia recorrida:

Se toma como distancia recorrida a la longitud de la línea que representa la trayectoria seguida por un objeto durante su movimiento. Generalmente se simboliza con la letra “d”. (Cantidad escalar)

Velocidad:

Se define como el cambio de posición respecto al tiempo, lo que es lo mismo que la relación entre el desplazamiento y el tiempo empleado en ello. (Cantidad vectorial)

$$V = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

Rapidez:

Se define como la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en ello. (Cantidad escalar)

$$R = \frac{d}{t_f - t_i} = \frac{distancia\ recorrida}{tiempo\ empleado}$$

Aceleración:

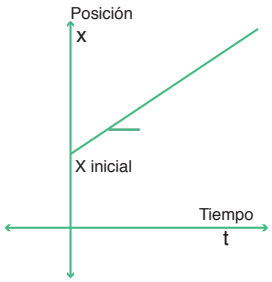
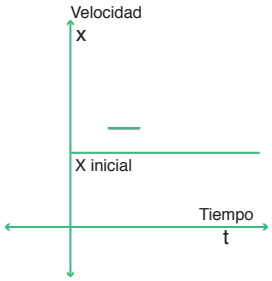
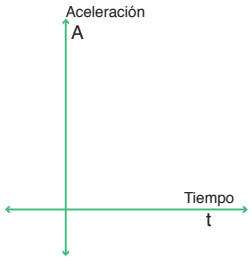
Se define como el cambio de la velocidad en el tiempo. Por lo tanto, si no hay cambio de velocidad no hay aceleración.

$$a = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}$$

Existen en la cinemática dos movimientos característicos. El Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) y el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA). Estos presentan características específicas que se tratan a continuación:

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME

El MRU se caracteriza por ser un movimiento que se realiza en una sola dirección en el eje horizontal, con velocidad y aceleración constantes, además su aceleración tiene valor cero.

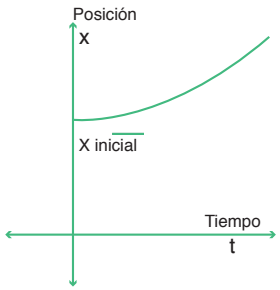
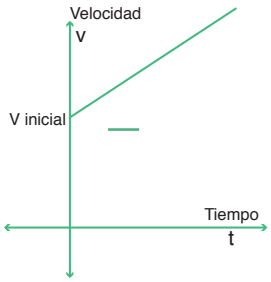
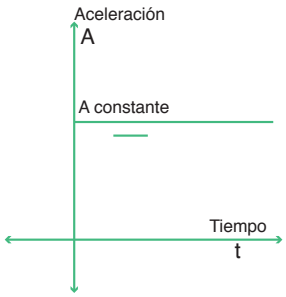
Variable	Características	Ecuación	Gráfica
Posición	Varía linealmente desde una posición inicial que puede ser cero o cualquier otro valor. En la gráfica mostrada la pendiente es positiva siempre que la velocidad sea positiva, si la velocidad fuera negativa, la recta tendría pendiente negativa.	$X_f = X_i + Vt$	
Velocidad	Es constante, dado que realiza desplazamientos iguales en tiempos iguales. Si el desplazamiento es positivo la velocidad será positiva, de lo contario será negativa y su representación gráfica, estaría en la parte negativa del eje vertical.	$V = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$ $V = \frac{x}{t}$	
Aceleración	Es constante e igual a cero.	$V = 0$	

SABÍAS QUE...

La unidad de medida metro está definida como la distancia que recorre una onda electromagnética en el vacío en 1/299792458 partes de un segundo.

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

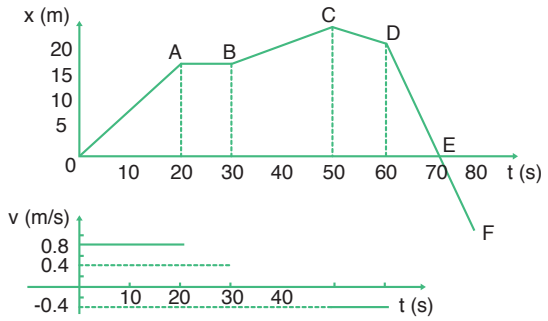
El MRUA se caracteriza por ser un movimiento que se realiza en una sola dirección, puede ser tanto en el eje horizontal como en el vertical. En este movimiento la velocidad varía a un ritmo constante y la aceleración será constante y diferente de cero.

Variable	Características	Ecuación	Gráfica
Posición	Varía cuadráticamente, generando una parábola que parte de la posición inicial. En la gráfica se representa un objeto con aceleración constante y de valor positivo. Recorriendo una mayor distancia en un tiempo cada vez menor.	$X_f = X_f + V_i t + \frac{1}{2} at^2$	
Velocidad	Varía linealmente desde una posición inicial que puede ser cero u otro valor. En la gráfica se representa un objeto con aceleración constante positiva, moviéndose cada vez a mayor velocidad. Si la aceleración fuera negativa la pendiente de la gráfica también lo seria.	$V_f = V_i + at$ $V_f^2 = V_i^2 + 2ax$	
Aceleración	Es constante, dado que realiza cambios de velocidad iguales en tiempos iguales. Si el objeto se mueve cada vez con mayor velocidad la aceleración será positiva (grafica), si el objeto disminuye su velocidad la aceleración será negativa. y su representación gráfica estaría en la parte negativa del eje vertical.	$a = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}$	

Ejemplo #4:

Con base en la siguiente información, responda las preguntas 1 a 5:

Los puntos A (20 s, 16 m), B (30 s, 16 m), C (50 s, 24 m), D (60 s, 20 m), E (70 s, 0 m) y F (80 s, -10 m) muestran seis posiciones consecutivas de un joven en bicicleta en sus tiempos correspondientes.



1. La distancia recorrida por el joven en su bicicleta hasta el punto D fue:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 28 m
B. 18 m
C. 40 m
D. 15 m

Solución:

Para responder esta pregunta debemos tener en cuenta que la distancia total recorrida es la suma de las distancias recorridas en cada trayecto, así:

$$d = (16 - 0) + (16 - 16) + (24 - 16) + (24 - 20)\ 16 + 0 + 8 + 4 = 28m$$

Lo que indica que la respuesta correcta es la opción A.

2. El desplazamiento del joven entre el punto O y el punto D es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 28 m
B. 20 m
C. 15 m
D. 40 m

Solución:

Recordemos que la definición de desplazamiento dice que:

$$\Delta X = X_f - X = 20m - 0m = 20m$$

Lo que indica que la respuesta correcta es la opción B.

3. La rapidez promedio del joven en su bicicleta hasta el punto D fue aproximadamente:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 0,4 m/s
B. 0,5 m/s
C. 0,47 m/s
D. 0,6 m/s

Solución:

Recordando la definición de rapidez se tiene que:

$$R = \frac{d}{t_f - t_i} = \frac{28\ m}{60\ s - 0s} = 0.47\ \mathrm{m/s}$$

Lo que indica que la respuesta correcta es la opción C.

4. La velocidad promedio del joven en su bicicleta hasta el punto D fue aproximadamente de:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: explicación de fenómenos

A. 0,47 m/s
B. 0,33 m/s
C. 0,60 m/s
D. 0,50 m/s

Solución:

La definición de velocidad dice que:

$$V = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{20m - 0m}{60\ s - 0s} = 0.33\ \mathrm{m/s}$$

Lo que quiere decir que la respuesta correcta es la opción B.

5. Del punto E (60 s, 0 m) se deduce que:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. Es un dato incoherente, dado que después de haberse movido durante 60 segundos, la distancia recorrida no puede ser cero metros.
B. No importa cuánto tiempo pase, porque un joven en bicicleta puede quedarse durante 60 segundos en el mismo lugar; por tanto, la distancia recorrida es cero.

C. Después de 60 segundos de que el joven iniciara su movimiento en bicicleta, volvió a la posición donde inició el recorrido.

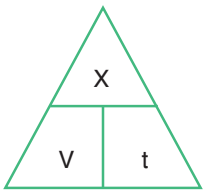
D. Ninguna de las anteriores.

Solución:

Para responder este interrogante hace falta recordar que la gráfica X vs. t representa la posición de un objeto en el tiempo, mas no la distancia recorrida por el objeto en el tiempo. La posición de un objeto se mide a partir de un punto de inicio de recorrido (punto de referencia o punto 0) y a partir de él se mide a qué distancia se encuentra un objeto: ésta será su posición. Eso significa que cuando un objeto esté en un punto de referencia, su posición será 0 metros porque está a 0 metros de distancia del punto de referencia. En este sentido, por ello la respuesta correcta es la opción C.

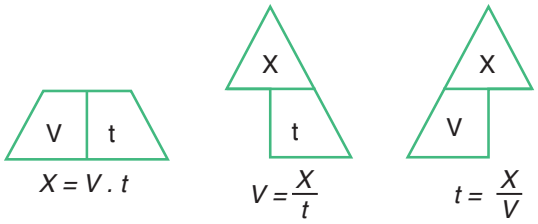
Es posible recordad las ecuaciones del MRU, fácilmente con un triángulo. Recordemos que Posición = (Velocidad) x (Tiempo empleado) o X = V.t

De esta ecuación se puede despejar la posición en función de la velocidad y el tiempo o el tiempo en función de la velocidad y la posición. O basta con recordar el siguiente triángulo:



Al determinar cuál es la variable que se desea calcular, debe borrársela del triángulo, y observar la posición de las otras dos variables restantes. La interpretación se haría de la siguiente manera:

1. Si al borrar la variable por calcular, las otras dos quedan una al frente de la otra, significa que estas deben multiplicarse para encontrar la deseada.
2. Si al borrar la variable por calcular, las otras dos quedan una encima de la otra, estas se deben dividir para encontrarse la deseada.



Ejemplo # 5

Un auto viaja a lo largo de una línea recta con velocidad de 25 m/s. En el momento en que el auto lleva 40 m recorridos, la conductora aplica los frenos de manera que el vehículo acelera a -2m/s2. El tiempo que tarda el auto en detenerse en segundos es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 12
B. 12,5
C. 13
D. 13,5

Solución:

Los datos que son explícitos en el problema son:

$$V = 25\frac{m}{s}\ ,\ a = -2\frac{m}{s^2}$$

Hay que tener en cuenta que la aceleración, puede tomar valores tanto positivos como negativos, siendo negativos cunado el objeto está disminuyendo su velocidad (frenando).

El dato que es implícito en el problema es:

$$V = 0\ \frac{m}{s}$$

Esto en vista de que el auto frenará hasta detenerse completamente la incógnita es el tiempo de frenado. Para encontrar la incógnita es necesario determinar la ecuación que relaciona estas variables, en este caso será:

$$X_f = X_i + Vt$$

a continuación, se reemplazarán los datos conocidos, así:

$$0\ \frac{m}{s}\ 25\ \frac{m}{s} - \left(2\ \frac{m}{s^2}\right) t$$

$$0 = \left(25\ \frac{m}{s}\right) \Big/ \left(2\ \frac{m}{s^2}\right)$$

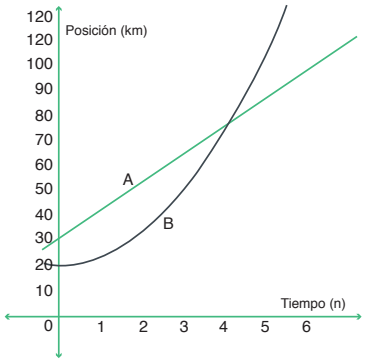
$$0 = 12{,}5\ s$$

Según el resultado obtenido el auto tarda 12.5 s en detenerse totalmente, luego de aplicar los frenos. Por lo tanto, la opción correcta es la B.

Ejemplo #6

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo a la siguiente información:

La gráfica de X vs t, muestra cual es la posición de dos autos A y B en el tiempo.



1. De las siguientes afirmaciones la única correcta con relación a los autos A y B es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Al cabo de 4 horas el auto B tiene la misma velocidad que el auto A.
B. Los autos A y B partieron del mismo lugar.
C. El auto B alcanzó al auto A al cabo de 4 horas.
D. La velocidad del auto A siempre fue en aumento.

Solución:

Recordemos que la gráfica de posición vs tiempo, representa donde se encuentra cada auto con relación a un punto fijo, de lo cual se deduce que cuando han transcurrido 4 horas, la posición de ambos autos es la misma con relación al origen, sin que esto indique que ambos han recorrido la misma distancia. Por lo tanto, la respuesta correcta es la opción C.

2. Con relación a las distancias recorridas por los autos A y B se puede afirmar que:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. Fue mayor la del auto A en 20 Km.
B. Fue mayor la del auto A en 10 Km.
C. Son iguales en vista de que al final de sus recorridos ambos se encuentran a 110 Km del origen.
D. Fue mayor al del auto B en 10 km.

Solución:

Obsérvese que el auto A partió desde los 30 km y llegó hasta los 110 km, lo que indica que la distancia que recorrió es de 80 km, mientras que, el auto B partió desde los 20 km y llegó hasta los 110 km, lo que indica que la distancia que recorrió es de 90 km. Lo anterior indica que fue mayor la distancia recorrida por el auto B en 10 km, la respuesta será la opción D.

Caida Libre:

Cuando un cuerpo se deja caer cerca de la superficie de la tierra este se desplaza verticalmente con una aceleración constante, lo que hace que su velocidad aumente uniformemente en la medida en que avanza el tiempo de caída. Desde este punto de vista, la caída de los cuerpos es un ejemplo más del ya estudiado Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA). Por experiencia, sabemos que cuando dejamos caer una piedra su velocidad aumenta constantemente a medida que desciende, mientras que, si la lanzamos hacia arriba, la piedra se va frenando a medida que asciende, hasta que se detiene en el punto más alto de su trayectoria e invierte el sentido de su movimiento.

Los cuerpos que se encuentran cerca de la superficie experimentan, lo que llamamos aceleración gravitacional (gravedad), la cual representa comúnmente con la letra g, y su valor promedio "cerca de la superficie de la Tierra" es de 9.8 m/s2 en dirección hacia el centro de la tierra.

Para el estudio de caída libre no se tendrá en cuenta el efecto del viento sobre la caída de los cuerpos.

A continuación se presentan los valores de la aceleración gravitacional sobre la superficie de algunos planetas del sistema solar y nuestra luna.

Lugar	g(m/s^2)
Mercurio	2,80
Venus	8,90
Tierra	9,80
Marte	3,70
Jupiter	22,90
Saturno	9,10
Urano	7,80
Neptuno	11,0
luna	1,60

La caída libre, al ser un ejemplo del MRUA, es descrito a través de las ecuaciones que describen este tipo de movimiento, se debe tener en cuenta que el eje de referencia es vertical y no horizontal, como se ejemplificó en el capítulo pasado, y la aceleración es la aceleración gravitacional que se denota por la letra g, como se describe en la siguiente tabla:

Posición	$y_f = y_i + V_i t + \frac{1}{2} g t^2$
Velocidad	$V_f = V_i + gt$ $V_f^2 = V_i^2 + 2gy$

Ejemplo #1

Responda las preguntas 1 a 3 de acuerdo con la siguiente información.

Se lanza verticalmente hacia arriba una pelota en la superficie de la luna, con una velocidad inicial de 16 m/s.

1. El tiempo que tarda la pelota en alcanzar la atura máxima es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 20 s
B. 10 s
C. 15 s
D. 25 s

2. La altura máxima que alcanza la pelota es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 70 m.
B. 82 m
C. 80 m.
D. 90 m.

3. Si el lanzamiento se hubiera efectuado sobre la superficie de la tierra, la razón entre la altura alcanzada en la tierra y la altura alcanzada en la luna sería:

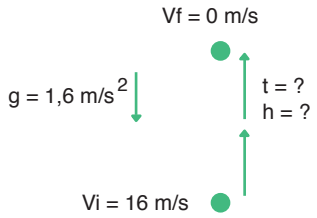
Componente: mecánica Clásica
Competencia: indagación

A. 13,06
B. 6,125
C. 3,12
D. 6,0

Solución:

Cómo el lanzamiento se realiza sobre la superficie de la luna, el valor de g es 1,6 m/s^2. Como la velocidad del movimiento irá disminuyendo hasta hacerse cero en el punto de altura máxima, la gravedad será de sentido contrario al de la velocidad, y de sentido negativo en el eje y, por lo tanto, el valor de la gravedad que debemos utilizar es g = -1,6 m/s^2.

La velocidad final es cero ya que es la velocidad que tiene el cuerpo cuando alcanza su altura máxima.



Para calcular el tiempo que tarda la pelota en llegar a la altura máxima se debe determinar una ecuación que relacione las variables que da el ejercicio con la que se busca:

$$V_f = V_i + gt$$

$$0 = \frac{m}{s} = 16\,\frac{m}{s} + \left(-1{,}6\,\frac{m}{s^2}\right)t$$

Despejando t se tiene que:

$$t = -\left(16\,\frac{m}{s}\right) \Big/ \left(-1{,}6\,\frac{m}{s^2}\right)$$

$$t = 10\ s$$

Luego, como el tiempo que tarda en que su velocidad final sea cero es 10 s entonces la opción correcta para la pregunta 1 es B.

Para calcular la altura máxima se cuenta ahora con el tiempo que tardó en llegar a ella. Así:

$$y_f = y_i + V_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y_f = 0\ \text{m} + \left(16\,\frac{m}{s}\right) + (\ 10\ \text{s}) + \frac{1}{2}\left(16\,\frac{m}{s}\right)(\ 10\ \text{s})^2$$

$$y_f = 80\ m$$

Luego, la opción correcta para la pregunta 2 es la C.

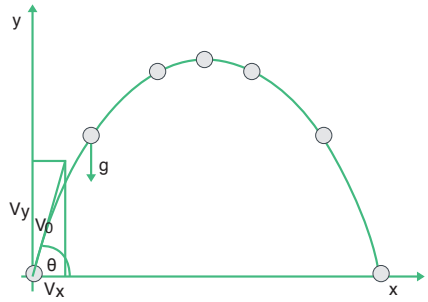
Para responder la pregunta 3, hay que considerar que la razón entre la altura alcanzada en la luna con relación a la que se alcanzaría en la tierra, es la misma razón del tiempo que tardó en llegar a la altura máxima en la luna con relación al que tardaría en la tierra y es la misma relación entre la gravedad de tierra y la gravedad de la luna. Luego:

$$\frac{g_{Tierra}}{g_{Luna}} = \frac{9{,}8\,\frac{m}{s^2}}{1{,}6\,\frac{m}{s}}$$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la opción B.

Hasta ahora se han estudiado movimientos lineales (único eje) horizontales o verticales. Se estudiará, a continuación, la combinación de estos dos movimientos.

MOVIMIENTO PARABÓLICO



En el caso en el que se lanza un objeto con una velocidad inicial Vi y un ángulo θ con respecto a la horizontal. Dicho objeto se ve influenciado únicamente por la fuerza de atracción gravitacional de la tierra, y, por tanto, tiene una componente vertical de aceleración. De esta manera, el movimiento resultante puede analizarse mediante su descomposición en dos direcciones totalmente independientes entre sí: una dirección vertical en la cual el movimiento es de caída libre y una dirección horizontal que es de movimiento rectilíneo uniforme, tal como se expresa a continuación:

$$V_{0x} = V_0 \cos\theta$$

$$V_{0y} = V_0 \sin\theta$$

En la dirección horizontal la aceleración es cero y la componente del vector velocidad V_x es una constante luego: $V_x = V_{0x}$, Así la distancia recorrida en el eje x se puede determinar a traves de la ecuación:

$$x = V_{0x}\, t$$

En la dirección la aceleración es la gravedad, la cooredenada de la posición y la velocidad instantanea serán descritas por las siguientes ecuaciones:

$$y_f = y_i + V_0 \sin\theta\, t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$V_y = y_i + V_0 \sin - gt$$

Tres variables que frecuentemente se analizan en el movimiento parabólico son: La altura máxima que alcanza el objeto, la distancia máxima horizontal, el tiempo que tarda en alcanzar la altura máxima y el tiempo de vuelo. Al combinar las anteriores ecuaciones se obtienen las que permiten calcular estas variables, estas son:

$y_{max} = \dfrac{(V_i \sin\theta)^2}{2g}$	Altura máxima
$x_{max} = \dfrac{V_i^{\,2} \sin 2\theta}{g}$	Alcance máximo horizontal

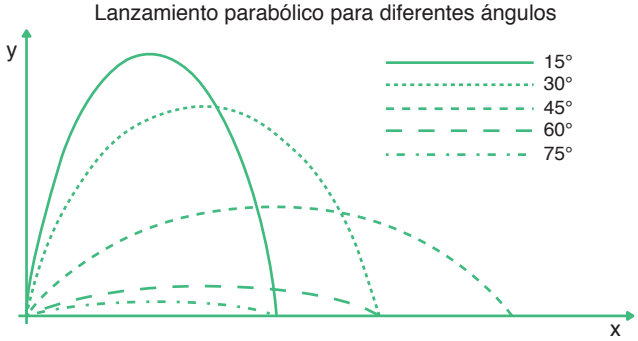
$t_s = \dfrac{V_i \sin\theta}{g}$	Tiempo de subida
$t_v = \dfrac{2V_i \sin\theta}{g}$	Tiempo de vuelo

Para para encontrar el ángulo de inclinación al cual fue lanzado el objeto se utiliza la expresión trigonométrica:

$$\tan\theta = \frac{V_{iy}}{V_{ix}}$$

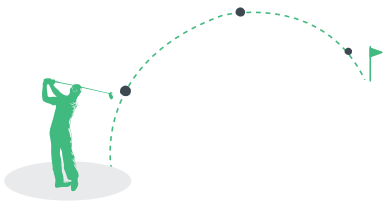
Una de las características más importante del movimiento parabólico, es el hecho de que el alcance horizontal de un proyectil (piedra, pelota, bala etc.) es el mismo para un lanzamiento de 75º que para uno realizado con un ángulo de 15º; asimismo, los ángulos de lanzamiento de 30º y 60º proporcionan el mismo alcance horizontal, como se muestra en la figura y de igual manera para cualquier par de ángulos que sumen 90°. Además el alcance máximo horizontal se logra con un ángulo de 45°.

Lanzamiento parabólico para diferentes ángulos



Ejemplo #2

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo a la siguiente información.



La figura ilustra una jugada de golf que se conoce con el nombre de “hoyo en uno”; Esta consiste en lanzar la pelota bajo una trayectoria parabólica y que en un solo tiro caiga en el hoyo.

En un campeonato de golf, en el hoyo #14, tres jugadores prueban lanzando la pelota con diferentes ángulos, como se indica a continuación:

- El primer jugador hace un lanzamiento con una velocidad de 39,2 m/s a 15º con respecto a la horizontal, sin alcanzar el hoyo en uno.
- El segundo jugador aplica la misma velocidad a la pelota, pero su ángulo fue de 75º.
- El tercer jugador hace un lanzamiento con la misma velocidad de los anteriores pero con ángulo de 45º, acertando el hoyo en uno.

1. Una información adicional sugiere que la pelota lanzada por los dos primeros jugadores cae a la misma distancia; esta afirmación es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: explicación de Fenómenos.

A. Verdadera, porque al haber lanzado las pelotas con la misma velocidad, el alcance horizontal es el mismo para ángulos que suman 90°.
B. Falso, porque, aunque hayan lanzado las pelotas con la misma velocidad, la inclinación inicial con que se lanzaron fueron diferentes.
C. Verdadero, porque al haber lanzado las pelotas con la misma velocidad esto debe garantizar que tengan el mismo alcance horizontal.
D. Falso, porque la aceleración de la gravedad afecta de manera diferente cada lanzamiento.

2. Para que el jugador 3 haya acertado el hoyo en uno, debe haber tirado desde una distancia al hoyo de:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 55,43 m.
B. 14,1 m.
C. 78,4 m.
D. 156,8 m.

Solución:

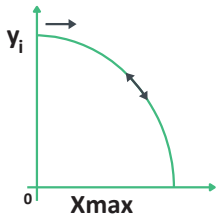
Es claro que cuando se utiliza la misma velocidad inicial para dos tiros, y los ángulos bajo los cuales se realizan suman 90°, el alcance horizontal es el mismo, sin que esto implique que el alcance vertical también sea el mismo. Por lo tanto, la respuesta correcta para la pregunta 1 es la A.

Por otra parte, utilizando la expresión para la distancia horizontal máxima de acuerdo con los datos del lanzamiento del tercer jugador se sabe que si este acertó el hoyo en uno es porque:

$$x_{max} = \frac{V_i^{\,2} \sin 2\theta}{g} = \frac{(39,2\ \mathrm{m/s})^2 \sin 90°}{9{,}8\ \mathrm{m/s^2}} = 156{,}8\ \mathrm{m}$$

La distancia a la que se encontraba el jugador 3 del hoyo fue 156,8 m y la respuesta correcta para la pregunta 2 es la opción D.

MOVIMIENTO SEMIPARABÓLICO



Este tipo de movimiento se presenta cuando un cuerpo es lanzado desde una determinada altura, con una velocidad inicial V_i horizontal, como se muestra en la figura. El objeto al ser lanzado horizontalmente describe una semiparabola mientras desciende. Se utiliza de nuevo las ecuaciones del movimiento uniforme y uniformemente acelerado para describir este movimiento.

$y = y_i - \frac{1}{2} g t^2$	Posición eje y, en el instante t
$v_y = -gt$	Componente V_y
$x = V_{ix} t$	Posición eje x, en el instante t
$t = \sqrt{\frac{2y_i}{g}}$	Tiempo de vuelo
$x_{max} = V_i \sqrt{\frac{2y_i}{g}}$	Alcance horizontal máximo

Ejemplo #3

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo a la siguiente información.

La Marina Colombiana se encuentra realizando una prueba de precisión con un bombardero que deja caer libremente sus bombas, el cual vuela horizontalmente con una velocidad de 275 m/s respecto al suelo. Su altitud es de 2.822,4 metros y el terreno es plano (ignore los efectos de la resistencia del aire).

1. Si el bombardero desea impactar exitosamente en un blanco, deberá soltar la bomba:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. Antes del blando.
B. Justo sobre el blanco.
C. Después de haber pasado el blanco.
D. Ninguna de las anteriores.

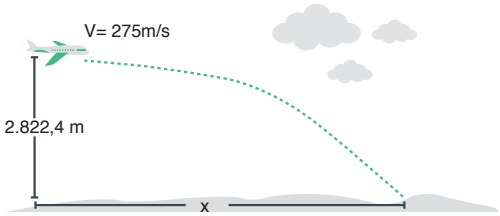
2. La bomba debe ser dejada en caída libre a una distancia de:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: indagación

A. 550,43 m.
B. 6.600 m.
C. 2.000 m.
D. 7.840 m.

Solución:

Para dar justo en el blanco, el bombardero debe soltar la bomba antes del blanco, como indica la gráfica:



Lo que indica que la respuesta correcta para la primera pregunta es la opción A.

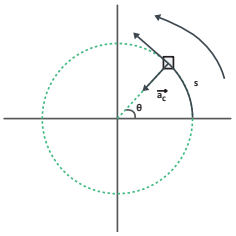
En cuanto a la pregunta 2, hay que calcular el alcance horizontal máximo que tiene el bombardero a su respectiva altitud y velocidad, así:

$$x_{max} = V_i\sqrt{\frac{2y_i}{g}} = (275\ \mathrm{m/s})\sqrt{\frac{2 \times 2.822{,}4\ \mathrm{m}}{9{,}8\ \mathrm{m/s^2}}} = (275\ \mathrm{m/s})\ (24\mathrm{s}) = 6.600\ \mathrm{m}$$

Lo que indica que la respuesta correcta es la opción B.

Hasta ahora sea realizado el estudio del movimiento y como este se describe por su velocidad aceleración, posición, trayectoria, entre otras características. A continuación, se estudiará los cuerpos que se mueven y las causas que genera su movimiento.

MOVIMIENTO CIRCULAR



Se llama Movimiento Circular Uniforme (M.C.U) al movimiento que describe un cuerpo que sigue una trayectoria circular de radio r de tal manera que su rapidez es constante. Para que exista este movimiento debe existir una aceleración que apunta siempre hacia el centro de la trayectoria y se llama aceleración centrípeta, además de otras cantidades físicas que se analizarán a continuación.

En este movimiento dado que el radio de la circunferencia no cambia, se hace necesario especificar la posición angular del cuerpo con respecto a una línea de referencia, como se muestra en la figura. θ es el ángulo que ha recorrido en un tiempo t, la velocidad angular (ω) media se define como el cociente entre ese desplazamiento angular y el tiempo empleado de la siguiente manera:

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

La velocidad tangencial o lineal se define como el arco de circunferencia (s) barrido por unidad de tiempo. Así:

$$s = \theta r \qquad V = \frac{s}{t} = \frac{\theta r}{t} = \omega r$$

La ecuación que relaciona la velocidad angular con la velocidad tangencial es:

$$V=\omega r$$

El periodo (T) es otro concepto que nos permite describir el movimiento circular de un objeto, este se define como el tiempo que toma el objeto para realizar una vuelta completa, se puede estimar como el cociente entre el tiempo (t) que emplea en dar cierto número de vueltas (n), así:

$$T=\frac{t}{n}$$

Al inverso del periodo (T) se le denomina frecuencia (f) y se define como la cantidad de vueltas que da el objeto en un determinado tiempo, este se puede estimar como el número (n) de vueltas que da un cuerpo en un tiempo (t), así:

$$f=\frac{n}{t}$$

Las unidades típicas de la frecuencia son:

$$\frac{vueltas}{segundo}=\frac{revoluciones}{segundo}=\frac{ciclos}{segundo}=\text{Hertz(HZ)}$$

Para relacionar la velocidad angular (ω) con el periodo (T) del objeto se debe tener en cuenta que una vuelta completa representa un ángulo recorrido de 2π rad. Así la expresión que las relaciona es:

$$\omega=\frac{2\pi}{T}$$

Finalmente, para que el objeto permanezca en movimiento circular debe existir siempre una fuerza (Fc) hacia el centro de la trayectoria que es la que causa la aceleración centrípeta (ac), se calculan ambas con las expresiones:

$$\vec{F}=m\vec{a}_c$$

$$a_c=\frac{V^2}{r}=\omega^2 r$$

Ejemplo #4:

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo a la siguiente información.

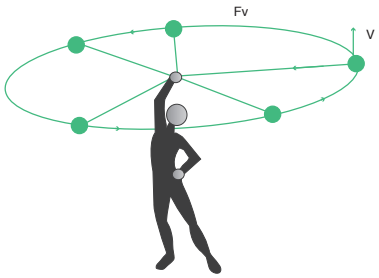


Imagen tomada y modificada de: https://goo.gl/ZeMauG

Un joven se encuentra boleando una roca en una honda a la altura de su cabeza y en el sentido de las manecillas del reloj,

tal y como muestra la figura. La trayectoria es circular y tiene un radio de 2 m, además de que lleva 4 segundos girándola y ha logrado darle 8 vueltas.

1. Si el joven suelta la cuerda justo cuando la cuerda se encuentra sobre su mano derecha, con relación al joven la roca saldrá hacia:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. La derecha.
B. La izquierda.
C. Atrás.
D. Adelante.

2. La velocidad con la que saldrá disparada la roca se encuentra entre:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 7π m/s y 9π m/s
B. 12π m/s y 14π m/s
C. $4{,}5\pi$ m/s y $6{,}5\pi$ m/s
D. 1π m/s y 3π m/s

Solución:

Cuando la roca se encuentra justo sobre la mano derecha del joven y debido a la primera ley de Newton esta saldrá hacia atrás tratando de mantener su trayectoria. Así, la respuesta correcta de la pregunta 1 es la opción C.

Para responder la pregunta 2 debemos tener cuenta que:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{4\ s}{8} = 0{,}5\ \mathrm{S}$$

Luego,

$$V = \omega \mathrm{r} = \frac{2\pi}{T}\mathrm{r} = \frac{2\pi}{0{,}5} = 2 = 8\pi\ \mathrm{m/s^2}$$

La respuesta correcta a la segunda pregunta es la opción A.

DINÁMICA

La dinámica es considerara la parte de la física que estudia las causas que provocan los cambios de estado en el movimiento de los objetos, los factores principales a tener en cuenta para esto son la masa y la fuerza aplicada.

El concepto de fuerza fue descrito originalmente por Arquímedes, pero únicamente en términos estáticos. Galileo Galilei (1564 - 1642) sería el primero en dar una definición dinámica de este concepto. Pero, el primero en formular matemáticamente la moderna definición de fuerza fue Isaac Newton, aunque también usó el término latino vis (fuerza) para otros conceptos diferentes. Además, Isaac Newton postuló que las fuerzas gravitatorias son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los objetos estudiados.

Se define entonces Fuerza como una acción capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo, generando una aceleración y modificando así, la velocidad, la dirección o el sentido del movimiento del cuerpo.

La unidad de fuerza en el Sistema Internacional es el Newton y se representa por N. Un Newton es la fuerza que hay que ejercer sobre un cuerpo de un kilogramo de masa para que adquiera una aceleración de $1\mathrm{m/s^2}$, o sea, $1N = 1kg \times 1\mathrm{m/s^2}$

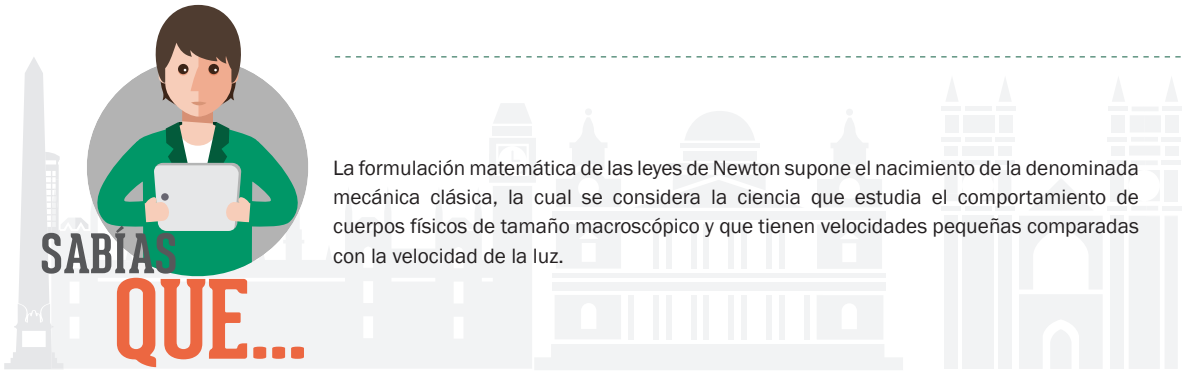
En otros sistemas la fuerza se mide como:

- Sistema Técnico de Unidades
  Kilogramo fuerza o Kilopondio (Kgf)
  Gramo fuerza (gf)
- Sistema Cegesimal de Unidades
  Dina = g x cm/s^2
- Sistema Anglosajón de Unidades
  Poundal KIP
  Libra fuerza (lbf)

Existen dos tipos de fuerza:

- Las fuerzas de contacto, que corresponden a fuerzas que surgen del contacto físico de dos cuerpos.
- Las fuerzas de campo, que no implican contacto, se transmiten gracias a la acción de lo que se conoce como un campo.

A esta temática también están asociadas las que se conocen con el nombre de Leyes de Newton, las cuales son tres.



La formulación matemática de las leyes de Newton supone el nacimiento de la denominada mecánica clásica, la cual se considera la ciencia que estudia el comportamiento de cuerpos físicos de tamaño macroscópico y que tienen velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz.

LEYES DE NEWTON

Primera Ley de Newton

Ley de la Inercia:

La resistencia de un objeto a cualquier intento de cambiar su estado actual se conoce como la inercia, este estado puede ser ya sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta.

Esto implica que el cuerpo mantendrá su estado a menos que sobre él actué una fuerza neta. Matemáticamente esto implica que:

$$\sum \vec{F}=0$$

Segunda Ley de Newton

Proporcionalidad entre fuerza y aceleración:

La segunda ley de Newton establece que, al aplicar una fuerza sobre un cuerpo de una masa específica, se provocará una aceleración en esta masa; siendo así una relación directamente proporcional ya que al aumentar la fuerza también lo hará la aceleración. La expresión matemática para dicha relación es:

$$\vec{F}=\propto \vec{a}$$

De este modo, la segunda ley de Newton se encarga de cuantificar el concepto de fuerza. Dice que la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración que adquiere dicho cuerpo. La constante de proporcionalidad es la masa del cuerpo, de manera que se puede expresar la relación de la siguiente manera:

$$\vec{F}=\mathrm{m}\vec{a}$$

Newton también enunció la anterior relación de la siguiente manera: “La aceleración que adquiere un objeto por efecto de una fuerza total es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza total, tiene la misma dirección que la fuerza total y es inversamente proporcional a la masa del cuerpo considerado”.

Teniendo en cuenta que la fuerza es de carácter vectorial, la fuerza que actúa sobre un cuerpo corresponde a la suma vectorial de las fuerzas individuales que afectan el sistema, esto es:

$$\sum \vec{F}=\mathrm{m}\vec{a}$$

Tercera Ley de Newton

Ley de Acción y Reacción:

Esta ley dice que, si un cuerpo A ejerce una acción sobre otro cuerpo B, éste realiza sobre A otra acción igual y de sentido contrario. Esto es algo que se pude comprobar a diario en numerosas ocasiones. Por ejemplo, cuando queremos dar un salto hacia arriba, empujamos el suelo para impulsarnos. La reacción del suelo es la que nos hace saltar hacia arriba, o si tratamos de martillar una puntilla, esta a su vez ejerce una fuerza sobre el martillo que es de la misma magnitud, pero en el sentido contrario. Hay que resaltar que, aunque el par acción-reacción tengan el mismo valor y sentidos contrarios, no se anulan entre sí, dado que actúan sobre cuerpos distintos.

Doña María se moviliza en un autobús que va hacia el centro de la ciudad con cierta velocidad. Cuando este llega a su destino, Doña María se baja furiosa con el conductor y llama a Gustavo un guarda de transito que se encontraba cerca. Doña María le dice: "Este conductor merece que le hagan una multa por imprudente, puesto que cuando se dispone a frenar lo hace de una manera tan brusca que el tirón que sentí me envió hacia la parte trasera del bus y daño mis zapatos, además de ocasionarme serios raspones". A lo cual Gustavo medita por un segundo, le dice que se calme y le pregunta si el bus estaba reversando, a lo que ella responde que no, entonces Gustavo dice que lo que ella afirma con relación al conductor es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Verdadero, puesto que por la trayectoria que seguía el bus, al frenar ella iría hacia la parte de atrás.
B. Falso, puesto que por la trayectoria que seguía el bus, al frenar ella sentiría un tirón hacía adelante tratando se conservar su trayectoria.
C. Verdadero, puesto por la trayectoria que seguía el bus, al frenar sentiría un tirón hacia atrás, para lo cual cita la ley la inercia de Newton.
D. Falso, puesto que por la trayectoria que seguía el bus, al frenar ella no sentiría tirón alguno, por muy brusca que haya sido la frenada.

Solución:

Si recordamos que la ley de la inercia implica que todo cuerpo mantendrá su estado movimiento, Doña María continuaría desplazándose hacia adelante en el instante en que el bus frena, no hacia atrás como ella afirma. Por lo tanto, la opción correcta es la B.

Se realizará a continuación una descripción de las diferentes fuerzas que típicamente actúan sobre los objetos.

El Peso

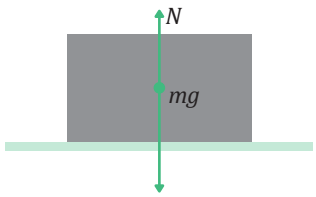
La fuerza que ejerce la Tierra sobre un cuerpo se conoce como el peso del cuerpo (W). En los talleres anteriores se mostró que un cuerpo que cae, lo hace con una aceleración g; por lo tanto, desde el punto de vista de la segunda ley de Newton, el peso del cuerpo está dado por el producto de su masa y la gravedad que experimenta así:

$$W = mg$$

Es importante hacer énfasis en la diferencia entre el peso y la masa de un objeto, siendo la masa una propiedad intrínseca del objeto, en tanto el peso es dependiente de la gravedad por la que se ve afectado este.

La Fuerza Normal

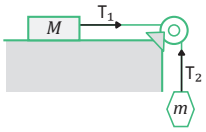
Considere un bloque que se encuentra en reposo sobre una mesa, el peso actúa sobre sobre la mesa y sin embargo, éste no se mueve; por lo tanto, debe haber una fuerza de igual magnitud y en dirección opuesta para que el bloque siga en equilibrio, dicha fuerza es llamada fuerza normal y es aplicada por la mesa sobre el bloque, como se muestra en la siguiente gráfica:



Es importante tener en cuenta que la fuerza normal existirá, únicamente, cuando el objeto este en contacto con la superficie de otro objeto.

La Fuerza de Tensión

Cuando se tira de un cuerpo (una caja, por ejemplo), mediante una cuerda atada a él, la cuerda ejerce una fuerza sobre el objeto, esta fuerza se conoce como tensión. La tensión se transmite a lo largo del elemento de sujeción y tiene la misma dirección que él.

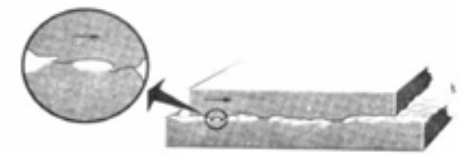


En la figura T_1 y T_2 representan las fuerzas que la cuerda aplica a los cuerpos de masa M y m

En los casos en los que una fuerza de tensión sea aplicada sobre un objeto por una cuerda se considerará a la cuerda como ideal, indicando que esta nunca se romperá y no tendrá carácter elástico, es decir mantendrá la longitud inicial.

La Fuerza de Fricción (Rozamiento)

Surge por contacto entre dos superficies reales debido a las irregularidades (ver figura) que estas presentan (ver figura), las asperezas de las superficies evitan el libre movimiento de un cuerpo. La fricción es entendida como una influencia externa que siempre actúa en dirección opuesta al movimiento y debido a ello si se quiere mover un cuerpo que se encuentra en reposo y la fuerza externa F aplicada no es lo suficientemente grande, el cuerpo permanecerá en reposo.



Existen dos tipos de fuerza de fricción, la estática y la dinámica. Cada una de ellas aparece de acuerdo a la situación de movimiento que tenga un determinado cuerpo. La fuerza de fricción estática existe mientras el cuerpo permanezca en reposo, por otra parte, la fuerza de fricción dinámica aparece sólo cuando el cuerpo se pone en movimiento. Experimentalmente se ha encontrado que estas fuerzas se comportan siguiendo un patrón común, el cual se explica a continuación.

La fuerza de fricción estática existe hasta que el cuerpo sale del reposo y un instante antes de que esto suceda, está alcanza su máximo valor igual a:

$$F_{fe} = \mu_e N$$

Expresión general para la fuerza de fricción.

En cambio, la fuerza de fricción dinámica aparece en el momento en que el cuerpo se pone en movimiento. El sentido de esta fuerza en todo momento es opuesto al sentido de movimiento del cuerpo. El valor de esta fuerza se puede considerar constante y se expresa de la siguiente manera:

$$F_{fd} = \mu_d N$$

Los coeficientes de fricción me y md dependen de las naturalezas de las superficies, presentan valores característicos que varían desde 0 hasta 1, siendo 0 propio de una superficie que no tenga fricción. Es preciso indicar que el coeficiente md es, por lo general, menor que el coeficiente me.

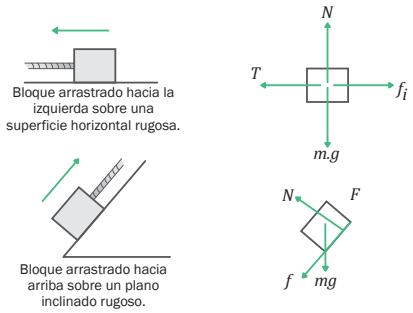
Todas estas fuerzas descritas se representan en un cuerpo por medio de lo que se conoce como un diagrama de cuerpo libre.

Diagrama de Cuerpo Libre

Un diagrama de cuerpo libre debe mostrar todas las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo. Es fundamental que el diagrama de cuerpo libre esté correcto antes de aplicar la Segunda ley de Newton:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

A continuación, se muestra algunos sistemas (izquierda) y los correspondientes diagramas de cuerpo libre (derecha):



Aplicar las Leyes de Newton

A continuación, se muestra un procedimiento simple y sistemático para aplicar las leyes de Newton:

1. Se hace un dibujo simple del problema a analizar.
2. Se trazan ejes coordenados adecuados para la solución del problema; por ejemplo, un eje paralelo a la superficie sobre la que se encuentra el bloque, simplifica el problema de la dirección del movimiento y de la fuerza normal que ejerce la superficie sobre el bloque.
3. Se ubican las fuerzas en el sistema de ejes coordenados, generando así los diagramas de cuerpo libre para los cuerpos que interactúan en el problema.
4. Se realiza la suma vectorial de los vectores en cada uno de los ejes. Se debe reconocer si la fuerza está en sentido positivo o si va en sentido negativo. Luego se aplica la segunda ley de Newton para cada cuerpo y en cada eje, así:

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x$$

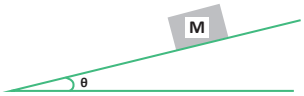
$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y$$

5. Finalmente se tiene una serie de ecuaciones lineales. Es necesario recordar que el número de incógnitas debe ser el mismo número de ecuaciones para que éstas tengan solución. Al resolverlo se verifica que la solución obtenida sea lógica y que proporcione resultados razonables.

Ejemplo #5:

Responda las preguntas 1 a 3 de acuerdo a la siguiente información.

El siguiente dibujo lo realizo un estudiante como tarea para su clase de física, muestra un bloque macizo de masa M, sobre una superficie inclinada un ángulo θ, y coeficiente de fricción μ entre el bloque y el plano inclinado:



Pero cuando cuatro de sus amigos vieron el esquema, dijeron:

1. La normal, la fuerza de fricción y el peso están bien dibujados, pero el sentido de los ejes “x” y “y” está mal definido
2. Todas las fuerzas están bien dibujadas excepto el peso
3. El peso está mal dibujado y la fuerza de fricción es en el sentido contrario del que se muestra en el dibujo
4. Los ejes están bien orientados, dado que al ser un marco de referencia se puede escoger cuál va a ser el sentido positivo

1. De las afirmaciones hechas por los amigos, son correctas:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico

A. 1 y 2
B. Solo 3
C. Solo 2
D. 2 y 4

2. Al hacer la sumatoria de fuerzas en el eje x y en el eje, se determina que la aceleración que experimenta el bloque al deslizarse por el plano inclinado se puede calcular con la expresión:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. $a = gSen\theta$
B. $a = g(\mu Cos\theta - Sen\theta)$
C. $a = \mu gSen\theta - gCos\theta$
D. $a = mgCos\theta$

3. Si el ángulo θ=30°, la masa del bloque es de $1\ kg$, μ=0,05 y g=9,8 m/s^2 , entonces la aceleración que experimenta el bloque es de aproximadamente:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: indagación

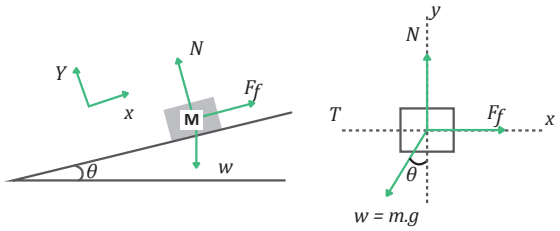
A. 4,9 m/s^2
B. -4,47 m/s^2
C. -8,24 m/s^2
D. 8,48 m/s^2

Solución:

La normal es una fuerza que se dibuja siempre perpendicular a la superficie de apoyo, lo que indica que está dibujada de manera correcta, por su parte, la fuerza de fricción debe dibujarse contraria al movimiento del cuerpo, para lo cual el

cuerpo deberá moverse hacia la izquierda, lo que indica que la fuerza de fricción debe dibujarse hacia la derecha con la misma inclinación del plano, por lo tanto, está correctamente dibujada. El peso W, está mal dibujado por que este siempre actúa de manera perpendicular a la horizontal y el sistema de referencia al ser una convención puede definirse como se desee. la respuesta correcta a la pregunta 1 es la opción D.

Para responder la pregunta 2 es necesario la utilización de lo que se llamó aplicación de las leyes de Newton. A continuación, se muestra el diagrama de cuerpo libre:



Luego,

$$\sum \vec{F}_y = N - mg\cos\theta = 0 \quad (1)$$

$$\sum \vec{F}_x = Ff - mg\sin\theta = m\vec{a}_x \quad (2)$$

De la ecuación (1):

$$N = mg\cos\theta \quad (3)$$

De la ecuación (2):

$$\frac{F_f - mg\sin\theta}{m} = \vec{a}_x \quad (2)$$

$$F_f = \mu N \quad (5)$$

Luego, sustituyendo la ecuación (3) en la ecuación (5):

$$F_f = \mu mg\cos\theta \quad (6)$$

Por último, al sustituir la ecuación (6) en la ecuación (4) resulta:

$$\frac{\mu mg\cos\theta - mg\sin\theta}{m} = \vec{a}_x \quad (7)$$

Factorizando la ecuación (7) y simplificando se obtiene:

$$(\mu\cos\theta - \sin\theta)g = \vec{a}_x$$

La respuesta correcta a la segunda pregunta es la opción B.

Para responde la pregunta 3, es necesario reemplazar los datos en la expresión obtenida en la pregunta 2. Así:

$$\vec{a}_x = (\mu\cos\theta - \sin\theta)g = (0{,}05\cos 30° - \sin 30°)\,9{,}8 = -4{,}47\ m/s^2$$

La respuesta correcta a la tercera pregunta es la opción B.

Se puede conocer los valores de las funciones trigonométricas para ángulos notables de manera sencilla. El proceso consiste en:

1. Poner los números del 0 al 4 como se indica a continuación:

Ángulo	0°	30°	45°	60°	90°
Sen	0	1	2	3	4
Cos	4	3	2	1	0

2. Sacarle raíz cuadrada a cada uno de estos números y dividir por 2:

Ángulo	0°	30°	45°	60°	90°
Sen	$\frac{\sqrt{0}}{2}$	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{4}}{2}$
Cos	$\frac{\sqrt{4}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	$\frac{\sqrt{0}}{2}$

3. Calcular las raíces que sean exactas y simplificar:

Ángulo	0°	30°	45°	60°	90°
Sen	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
Cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

ESTÁTICA

Esta se define como la rama de la física que estudia el equilibrio de fuerzas en un sistema físico, es decir, que se encuentra en equilibrio estático, o que no sufre desplazamientos.

En la estática se considera a los cuerpos como cuerpos rígidos, es decir, como aquellos que no sufren deformaciones por efecto de fuerzas externas aplicadas a ellos.

Para que un cuerpo se encuentre en equilibrio debe suceder que la resultante de la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él sea igual a cero. Esto se cumple siempre y cuando se den dos condiciones: la primera es que el cuerpo esté en equilibrio traslacional, y la segunda que esté en equilibrio rotacional.

Equilibrio Traslacional

Un cuerpo está en equilibrio traslacional cuando la sumatoria de todas las fuerzas que actúan sobre él, es igual a cero, es decir:

$$\sum \vec{F_x} = 0$$

$$\sum \vec{F_y} = 0$$

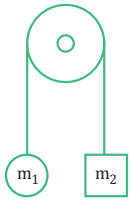
Para realizar un análisis sobre el equilibrio traslacional de un cuerpo se deben seguir los siguientes pasos:

1. Hacer un esquema del problema.
2. Realizar el diagrama de cuerpo libre de cada uno de los cuerpos, colocando todas las fuerzas que actúan sobre el.
3. Plantear las ecuaciones de equilibrio traslacional para cada uno de los cuerpos $\sum F_x = 0$ y $\sum F_y = 0$.

4. Resolver el sistema de ecuaciones obtenido.

Ejemplo #6:

Se conoce como máquina de Atwood a un dispositivo que consta de una polea sin fricción y de masa despreciable de la cual cuelgan distintas masas de forma vertical, como se muestra en la figura:



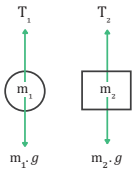
Si $m_1 = 10\ Kg$, entonces, para que el sistema se encuentre en equilibrio debe cumplirse que:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. m_2= 10 Kg.
B. m_2= 15 Kg.
C. m_2= 1 Kg.
D. m_2= 20 Kg.

Solución:

Para que el sistema se encuentre en equilibrio debe cumplirse que las sumatorias de fuerzas en el eje “x” y “y” sea igual a cero. Por lo tanto, procederemos a dibujar el diagrama de cuerpo libre de los elementos del sistema.



Del cuerpo 1 se tiene que:

$$\sum \overrightarrow{F_y} = 0$$

$$\sum \overrightarrow{F_y} = T - m_1 g = 0 \quad T = m_1 g$$

Del cuerpo 2 se tiene que:

$$\sum \overrightarrow{F_y} = 0$$

$$\sum \overrightarrow{F_y} = T - m_2 g = 0 \quad T = m_2 g$$

Como la tensión es la misma en toda la cuerda, se concluye que:

$$T_1 = T_2$$

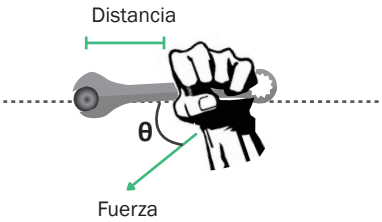
De donde,

$$m_1 g = m_2 g \qquad m_1 = m_2$$

Esto indica que la respuesta correcta es la opción A.

TORQUE Y EQUILIBRIO ROTACIONAL

Cuando se aplica una fuerza sobre un objeto que está unido a un eje de giro se genera un torque, también conocido como momento de torsión. El torque creado por la fuerza depende de la magnitud de esta y del tamaño del brazo (distancia entre el eje de giro y el punto de aplicación de la fuerza).



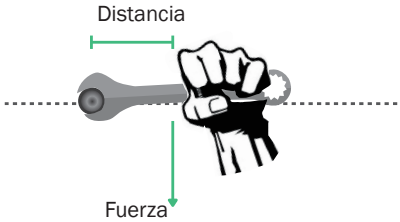
El torque (t) es igual al producto de la fuerza aplicada (F), la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza al punto de rotación y el coseno del ángulo que forman los vectores distancia y fuerza, así:

$$\tau = Fd \sin \theta$$

Las unidades del torque son unidades de fuerza por distancia, comúnmente se expresan en Newton x metro (N.m).

Ejemplo #7:

El torque ejercido sobre el tornillo de la figura, cuando le aplicamos una fuerza de 23 kilogramos fuerza (Kgf) con una llave que mide 100 milímetros en un ángulo de 90° es:



Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 23 Kgf.cm
B. 230 Kgf.mm
C. 2,3 Kgf.cm
D. 2.300 Kgf.mm

Solución:

Sabemos que:

$$\tau = Fd \sin \theta = (23\ kgf)\ (100\ \text{mm})\ \sin \theta = 2300\ gf.mm$$

La respuesta correcta es la opción **D**.

Equilibrio Rotacional

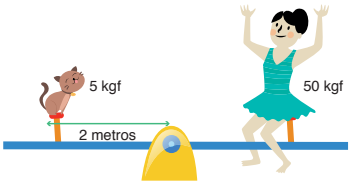
Se dice que un objeto se encuentra en equilibrio rotacional cuando el momento de torsión neto, es decir la sumatoria de todos los torques aplicados, es igual a cero.

En la siguiente figura se observa un sube y baja, para que este se encuentre en equilibrio estático los torques a ambos lados del punto de rotación deben ser iguales.

Se debe tener en cuenta que el torque ejercido por el joven es el producto de su peso y la distancia al punto de rotación. Al tener un peso menor la niña deberá estar más alejada del punto de rotación para que el producto de su peso por la distancia sea igual al del joven, y así equilibrar rotacionalmente el sistema.

El equilibrio rotacional se usa con frecuencia para encontrar fuerzas desconocidas. Las balanzas usadas en las escuelas, gimnasios y consultorios usan el equilibrio rotacional para encontrar la masa de los objetos.

Ejemplo #8:



La distancia del centro del sube y baja a la cual debe sentar el niño, con relación a la del gato para que el sistema esté en equilibrio rotación es:

Componente: mecánica Clásica

Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico

A. 10 veces mayor
B. 2,5 veces mayor
C. 10 veces menor
D. 2,5 veces menor

Solución:

Para responder esta pregunta se debe tener en cuenta que para que haya equilibrio rotacional, el torque que el gato imprime sobre el sube y baja debe ser igual al torque que ejerce el niño.

Matemáticamente esto se escribe así:

$$(5\ kgf)\ (\ 200\ \text{cm}) = (50\ kgf)d$$
$$d = \frac{(\ 5\ kgf)\ (200\ cm)}{50\ kgf} = 20\ \text{cm}$$

La relación entre 20 cm y 200 cm es de un décimo, por tanto, la respuesta correcta es la opción **C**.

TRABAJO Y ENERGÍA

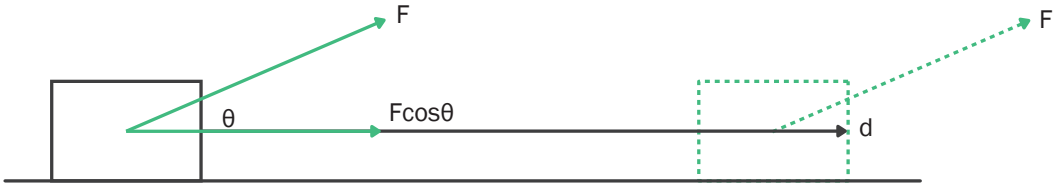
TRABAJO

El concepto de trabajo es tan intuitivo como el concepto de fuerza. Por ejemplo: si una persona levanta un objeto pesado desde el piso hasta cierta altura, se dice que ha realizado un trabajo.

Cuando hay transferencia de energía de un sistema a otro, y quien recibe la energía se ha desplazado, se dice que se ha realizado un trabajo, lo que indica que, el trabajo es un proceso de transferencia de energía, mediante el cual se produce un cambio de posición de uno o varios cuerpos.

El ejemplo anterior sugiere dos cosas:

1. Para realizar un trabajo es necesario aplicar una fuerza, lo cual produce un desplazamiento.
2. El trabajo realizado por una fuerza es proporcional a la magnitud de dicha fuerza y a la distancia que se desplaza el objeto sobre el cual se aplica la fuerza.



De la figura anterior es posible indicar que si un objeto se desplaza una distancia d bajo la acción de una fuerza (F) constante, el trabajo (W) invertido será:

$$W = Fd \cos \theta$$

SABÍAS QUE...

La ley de la conservación de la energía, en sus orígenes, es enunciada por Gottfried Leibniz, quien la plantea desde un sustento metafísico señalando que: "Dios hace que siempre se mantenga constante la cantidad de movimiento". Con esto, las leyes de la mecánica estaban siendo justificadas desde principios elevados.

Se debe tener en cuenta que el ángulo (θ) se forma entre el vector fuerza y la dirección del desplazamiento. Al analizar la ecuación anterior se determina que las unidades del trabajo es el Joule (J), unidad compuesta de la siguiente forma:

$$1J = Nm = kgm^2 / s^2$$

Ejemplo #1:

Una caja de 60 kg se arrastra 30 metros horizontalmente gracias a una fuerza constante de 100 N aplicada en un ángulo de 60° sobre el piso. Entre el piso y la caja se genera una fuerza de fricción de 30 N. El trabajo neto realizado sobre la caja es:

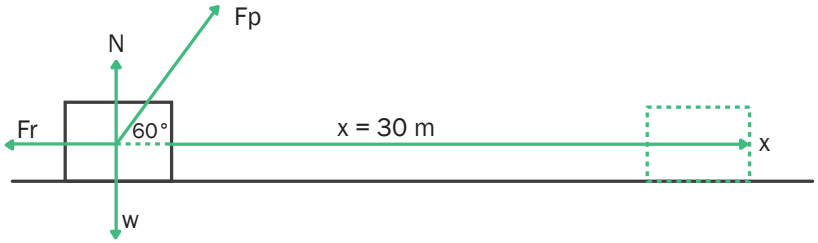
Componente: mecánica Clásica

Competencia: indagación

A. 1.500 J
B. -900 J
C. 600 J
D. - 600 J

Solución:

El esquema del problema se muestra a continuación:



Se observa que hay cuatro fuerzas que actúan simultáneamente sobre la caja, la fuerza aplicada (F_p), la fuerza de fricción (F_r), el peso (mg) y la normal (N). El trabajo efectuado por el peso y la normal es cero, esto porque son perpendiculares al desplazamiento (θ =90°).

El trabajo efectuado por F_p es:

$$W = F_p d \cos\theta = (100\ N)(30\ m)\cos 60° = 3.000 \times 0{,}5\ Nm = 1.500\ J$$

El trabajo efectuado por la fuerza de fricción (F_r) es:

$$W = F_r d \cos\theta = (30\ N)(30\ m)\cos 180° = 900 \times (-1)\ Nm = -900\ J$$

El ángulo entre la fuerza de fricción y el desplazamiento es 180° porque fuerza y desplazamiento apuntan en sentidos opuestas de una misma dirección.

El trabajo neto se puede calcular en dos formas equivalentes:

1. Como la suma algebraica del trabajo efectuado por cada fuerza:

$$W = 1500\ J - 900\ J = 600\ J$$

2. Determinando primero la fuerza neta sobre la caja a lo largo del desplazamiento:

$$F_{neta} = F_p \cos 60° - F = 100\ N \times 0{,}5 - 30\ N = 20\ N$$
$$W = F_{neta}\ d \cos \theta = 600\ Nm = 600\ J$$

Luego de haber determinado el trabajo neto sobre el objeto se puede comprobar que la respuesta correcta a la pregunta es la opción C.

ENERGÍA

La energía, tiene distintas formas de manifestarse, por ejemplo, mecánica, eléctrica, química, atómica, térmica. Una de estas formas de energía puede convertirse en otra o en otras conservando su magnitud. Estrictamente hablando no existe una definición de energía, pero intuitivamente se le considera como aquello que es necesario para poder realizar un trabajo, debido a esto sus unidades son las mismas expuestas para el concepto de trabajo.

Energía Cinética

Se define como la energía asociada al movimiento. Ésta energía depende de la masa y de la velocidad de un cuerpo, siguiendo la ecuación:

$$E_C = \frac{mV^2}{2}$$

Tipos de energía potencial

Gravitacional:

Es la energía potencial asociada a un objeto que se encuentra en cierta posición con respecto a la superficie de la tierra. Para determinarla se debe tener en cuenta la masa (m) del objeto, la aceleración de la gravedad (g) y la altura con respecto a un punto de referencia indicado, así:

$$E_p = mgh$$

Elástica:

La que posee un resorte estirado o comprimido una distancia (x) con constante de rigidez (K) propia de cada resorte, descrita por la ecuación:

$$E_{pe} = \frac{Kx^2}{2}$$

Química:

La que posee un combustible, capaz de liberar calor.

Eléctrica:

La que posee un condensador cargado, capaz de encender una lámpara.

Energía Mecánica

Siempre que se desee aplicar un análisis de energía a cualquier sistema físico en un contexto establecido es necesario tener en cuenta la energía mecánica (Em) del sistema. La energía mecánica se determina como la sumatoria de la energía cinética y la energía potencial de un sistema, así:

$$E_M = E_c + E_p + E_{pe}$$

Teorema del trabajo y la energía:

Se establece que, si una fuerza externa realiza un trabajo, sea positivo o negativo, sobre el sistema la energía mecánica cambiara con el mismo valor de trabajo aplicado, así:

$$W = E_{M\,final} - E_{M\ \text{inicial}}$$

De este teorema se puede concluir que el trabajo realizado por una fuerza constante al desplazar un objeto es igual al cambio de la energía cinética del sistema, así:

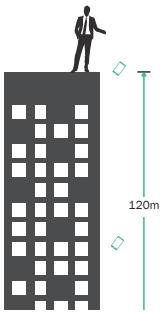
$$W = \frac{mV^2_{\text{final}}}{2} - \frac{mV^2_{\text{inicial}}}{2}$$

El trabajo realizado por una fuerza constante para cambiar la posición vertical de un objeto es igual al cambio de la energía potencial del sistema, así:

$$W = mgh_{\text{final}} - mgh_{\text{inicial}}$$

Ejemplo #2:

Se deja caer un objeto de 2 kg de masa desde la parte alta de un edificio que mide 120m. La energía potencial inicial de este cuerpo y el trabajo realizado por la fuerza gravitacional para llevarlo hasta la base del edificio son respectivamente:



Componente: mecánica Clásica.

Competencia: indagación.

A. 19,6 J y 19,6 J
B. 2.352 J y 2.352 J
C. 1.176 J y 1.176 J
D. 2.000 J y 2.000 J

La energía potencial inicial está dada por:

$$E_p = mgh = (2\ Kg)\ (9{,}8\ \text{m/s}^2)\ (120\ \text{m}) = 2.352\ J$$

El trabajo realizado por la fuerza gravitacional está dado por:

$$W = mgh_f - mgh_i = (2\ kg)\ (9{,}8\ m/s^2)\ (120\ m) - (2kg)\ (9{,}8\ m/s^2)\ (o\ m) = 2.352\ J$$

La respuesta correcta es la opción B.

Conservación de la Energía Mecánica

Si no hay rozamiento la energía mecánica siempre se conserva. En el ejemplo anteriores se puede identificar el hecho de que la energía mecánica inicial del objeto, compuesta completamente por energía potencial gravitacional, se ha mantenido constante, pero cambio de naturaleza al convertirse en energía cinética.

La energía mecánica es una constante para cualquier instante del fenómeno ya que a medida que la energía potencial gravitacional va disminuyendo la energía cinética va aumentando. Debido a esto:

$$E_{M\ \text{final}} = E_{M\ \text{inicial}}$$

Ejemplo #3:

Para el caso del ejemplo anterior, la velocidad con la que el objeto llega al piso esta entre:

Componente: mecánica Clásica.

Competencia: indagación.

A. 48 m/s y 49 m/s
B. 50 m/s y 51 m/s
C. 45 m/s y 46 m/s
D. 47 m/s y 48 m/s

Solución:

Para resolver este problema haremos uso del Principio de la Conservación de la Energía. Así:

$$\frac{mV_f^2}{2} + mgh_f = \frac{mV_i^2}{2} + mgh_i$$

Se sabe que $V = 0\ m/s$, $h = 0\ m$, luego:

$$\frac{(2kg)V_f^2}{2} + (2kg)\ (9{,}8m/s^2)\ (0m) = \frac{(2kg)0^2}{2} + (2kg)\ (9{,}8m/s^2)\ (120m)$$

$$\frac{(2kg)V_f^2}{2} + (2kg)\ (9{,}8m/s^2)\ (120m)(120m)$$

$$V_f^2 = \frac{2(2kg)\ (9{,}8m/s^2)\ (120m)}{2kg}$$

$$V_f^2 = 2(2kg)\ (9{,}8m/s^2)\ (120m)$$

$$V_f = \sqrt{2.352\ m^2/s^2} = 48{,}49\ m/s$$

La respuesta correcta es la opción **A**.

Fuerzas conservativas y no conservativas

Una fuerza es conservativa si el trabajo efectuado por dicha fuerza sobre una partícula que se mueve es independiente de la trayectoria que toma la partícula entre dos puntos. Como consecuencia, al aplicar una fuerza conservativa sobre un cuerpo y desplazarse en una trayectoria cerrada (el cuerpo finaliza en el mismo punto de inicio), el trabajo realizado por dicha fuerza es cero.

En el caso contrario, si la fuerza depende de la trayectoria descrita por la partícula, la fuerza se denomina como no conservativa. Una fuerza es no conservativa si el trabajo efectuado por dicha fuerza aplicada sobre una partícula que se mueve entre dos puntos depende de la trayectoria que describe la partícula. Con una fuerza no conservativa y a partir de un punto inicial es necesario aplicar un trabajo neto para volver a dicho punto; es decir, durante la trayectoria el cuerpo disipa energía.

Potencia

La definición de trabajo no especifica durante cuánto tiempo es necesario aplicar una fuerza para desplazar el cuerpo en una trayectoria. Para determinar dicha cantidad se define lo que se conoce como potencia. La potencia se define como la relación entre el trabajo realizado y el tiempo durante el cual se realizó dicho trabajo.

Matemáticamente se escribe así:

$$Potencia = \frac{Trabajo}{Tiempo} = \frac{W}{t}$$

Las unidades de la potencia en el Sistema Internacional son:

$$\frac{Julio}{Segundo} = \frac{J}{s} = W \text{ (Vatio ó Watt)}$$

CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Es una cantidad vectorial que se define como el producto de la masa de una partícula por su velocidad, se representa con la letra P de la siguiente manera:

$$\vec{p} = m\vec{V}$$

La cantidad de movimiento es un vector que lleva la misma dirección y sentido que el de la velocidad. Las unidades en el sistema internacional son Kgm/s.

La fuerza se relaciona directamente con la variación de la cantidad de movimiento mediante la expresión:

$$F = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Conservación de la cantidad de movimiento

Se puede afirmar que la cantidad de movimiento total de un sistema aislado permanecerá constante en situaciones de interacción de dos o más cuerpos.

Por ejemplo, si dos objetos de masa m_1 y m_2 forman un sistema aislado entonces el momento total del sistema se conserva, matemáticamente esta relación se escribe como sigue:

$$\overrightarrow{P_{i1}} + \overrightarrow{P_{i2}} = \overrightarrow{P_{f1}} + \overrightarrow{P_{f2}}$$

Impulso

El producto de la fuerza a aplicada sobre un objeto y el tiempo que dura esta interacción se conoce como el impulso (I). Este también puede ser determinado a través del cambio en la cantidad de movimiento del objeto estudiado, así:

$$I = Ft$$
$$I = \Delta P = mV_f - mV_i = m(V_f - V_i)$$

Debido a su definición se puede determinar que las unidades del impulso son las mismas de la cantidad de movimiento.

Las colisiones

Una colisión (choque) se define como una interacción cercana entre dos o más objetos. Este fenómeno se estudia a través de los conceptos de conservación de la cantidad de movimiento y energía cinética en el sistema y por el impulso generado sobre cada objeto por la interacción estudiada.

En cualquier caso, de colisión que se estudie las masas involucradas se consideraran como un sistema y debido a esto la cantidad de movimiento lineal se mantendrá constante. Por otra parte, la energía cinética del sistema puede o no mantenerse constante luego de la colisión, esto debido a que existen dos tipos de colisiones: elásticas e inelásticas.

Una colisión elástica se presenta cuando los objetos involucrados no sufren deformaciones permanentes, es decir que no hay intercambio de masa y que los objetos se separaran luego de la colisión. En esta tanto la cantidad de movimiento como la energía cinética del sistema se conservan antes y después.

Una colisión inelástica se presenta cuando los objetos sufren deformaciones permanentes y es debido a esto que la energía cinética total del sistema no se conserva para los instantes antes y después de la colisión. Un caso específico de colisión inelástica se presenta cuando los objetos involucrados permanecen unidos luego de la colisión, se conoce como completamente inelástica.

Ejemplo #4:

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo con la siguiente información.

En el juego de billar las bolas pesan entre 150 g y 170 g. Una bola de 170 g es disparada con una velocidad de 1 m golpeando otra de 153 g, la segunda bola se mueve sobre la misma línea recta después de la colisión se mueve con está sobre la misma recta en la que fue disparada.

1. Si el choque es elástico y la bola disparada después de la colisión se mueve con una velocidad 0,1 m/s, entonces la velocidad de la segunda bola de billar es de:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 0,9 m/s
B. 0,1 m/s
C. 1,1 m/s
D. 1 m/s

2. El impulso dado a la bola colisionada es de:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: indagación.

A. 153 Kgm/s
B. 0,153 Kgm/s
C. 170 Kgm/s
D. No es posible determinarlo

Solución:

Como la colisión es elástica se debe conservar el momento lineal, por lo tanto:

$$\overrightarrow{P_{i1}} + \overrightarrow{P_{i2}} = \overrightarrow{P_{f1}} + \overrightarrow{P_{f2}}$$
$$mV_{i1} + mV_{i2} = mV_{f1} + mV_{f2}$$

Se sustituyen los datos proveídos por el problema, así:

$$(170g)\ (1\ \mathrm{m/s}) + (153g)\ (0{,}1\mathrm{m/s}) + (153g)\ V_{f2}$$

$$V_{f2} = \frac{(170g)\ (1\ \mathrm{m/s}) - (170g)\ (0{,}1\ \mathrm{m/s})}{(153g)}$$

La respuesta correcta es la opción D.

Para responder la pregunta dos es necesario recordar que el impulso es la variación del momento, así:

$$I = \Delta P = m_2 V_{2f} - m_2 V_{2i}$$

$$I = \left(153g \times \frac{1\ kg}{1000\ g}\right)(1\ \mathrm{m/s}) - \left(153g \times \frac{1\ kg}{1000\ g}\right)(0\ \mathrm{m/s}) = 0{,}153\ ^{kg\ \mathrm{m/s}}$$

La respuesta correcta es la opción **B**.

GRAVITACIÓN

LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

La ley de la gravitación universal establece que la fuerza ejercida por un cuerpo de masa m_1 sobre otro con masa m_2, es directamente proporcional al producto de las masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, así:

$$F_{gravitacional} = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

La constante de proporcionalidad (G) es la constante de gravitación universal y su valor en el sistema internacional es:

$$G = 6{,}673 \times 10 - 11\ Nm^2/kg^2$$

Tomando como base la ley de gravitación universal es posible determinar la aceleración debida a la gravedad que experimenta un objeto cerca de la superficie de un planeta con a la siguiente expresión:

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

donde M es la masa del planeta y r se compone del radio (R) del planeta y la altura (h) que tiene el objeto, así:

$$r = R + h$$

Ejemplo #1:

Dos cuerpos de masas M y m interactúan a una distancia r. Si por alguna razón esta distancia se reduce a la mitad, entonces la fuerza gravitacional resultante de la interacción entre estas dos masas:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Disminuye a la mitad.
B. Se duplica.
C. Permanece igual.
D. Se cuadruplica.

Solución:

La fuerza gravitacional es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las masas, al disminuir esta distancia a la mitad, la fuerza debe aumentar, pero con el cuadrado, es decir, se debe cuadriplicar. Matemáticamente sería de la siguiente manera:

$$F_{g\ inicial} = G\frac{m \times m}{r^2}$$

Fuerza Gravitacional posterior a la disminución de la distancia que separa las masas a la mitad:

$$F_{g\,final} = G\frac{M \times m}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = G\frac{M \times m}{\frac{r^2}{4}} = 4G\frac{M \times m}{r^2}\; G\frac{M \times m}{\frac{r^2}{4}} = 4F_{g\,inicial}$$

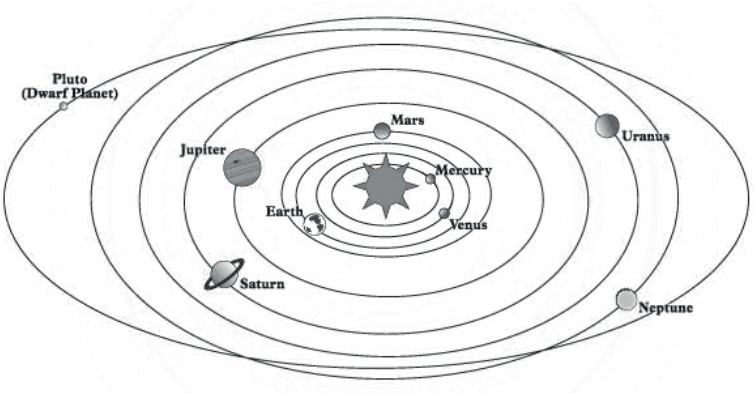
La respuesta correcta es la opción D.

LEYES DE KEPLER

Estas leyes fueron enunciadas por el astrónomo y matemático Johanes Kepler en al año 1609 con el objetivo de describir el movimiento de los planetas alrededor del sol. Estas leyes son tres:

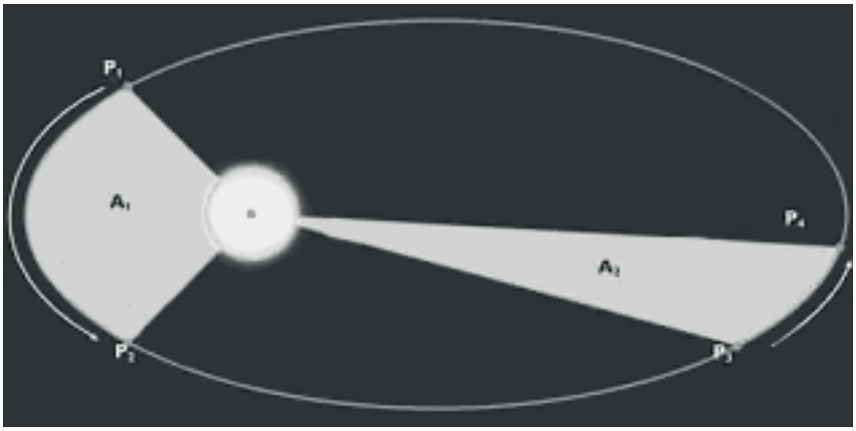
Primera Ley

Todos los planetas se desplazan alrededor del sol en órbitas elípticas y el sol se encuentra ubicado en uno de los focos de cada elipse.



Segunda Ley

El radio vector que une al planeta con el sol, barre áreas iguales en tiempos iguales.



La igualdad entre estas áreas implica la conservación del momento angular (L), es decir:

$$L = mr_1v_1 = mr_2v_2$$

Se puede concluir que cuando el planeta se encuentra en una posición lejana al sol su velocidad es menor que cuando se encuentra en posiciones cercana a este. La posición del planeta más lejana al sol se conoce como afelio y la posición más cerna como perihelio.

Tercera Ley

Enuncia que para cualquier planeta, el cuadrado del periodo orbital (tiempo que se demora en dar una vuelta al sol), es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica. Matemáticamente se escribe de la siguiente manera:

$$\frac{T^2}{L^3} = K = constante$$

Téngase en cuenta que el valor de la constante K de Kepler es 3,98575x 10^{-20} días^2/km^3

La primera teoría que se conoce que trata de explicar el movimiento de los planetas ubica nuestra tierra en el centro del universo y a cada uno de los astros incluyendo el Sol, girando alrededor de la tierra. Esta teoría se conoce con el nombre de teoría geocéntrica. El geocentrismo estuvo vigente en civilizaciones como la babilónica, pero quien planteo la versión completa de esta teoría fue Claudio Ptolomeo en el siglo II en la famosa obra conocida como El Almagesto, en la que introdujo los llamados epiciclos, ecuantes y deferentes, esto le permitió estar en vigor hasta el siglo XVI. fue remplazada por la teoría heliocéntrica, en la que intervinieron Aristarco de Samos, Copérnico y hasta Galileo.

Ejemplo #2:

El movimiento de Júpiter en su órbita ha sido observado durante dos intervalos de tiempo. El primero de 4 días y el segundo de 8 días, con relación a las áreas barridas por el radio vector que une a Júpiter con el sol en estos dos intervalos de tiempo, se puede decir que:

Componente: mecánica Clásica.

Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. Son iguales.
B. La primera es el doble de la segunda.
C. La segunda es el doble de la primera.
D. No se pude determinar.

Solución:

De acuerdo a la segunda ley de Kepler, el área barrida por el radio vector es igual para intervalos de tiempo iguales, por lo tanto, el área barrida en el segundo intervalo de tiempo debe ser el doble de grande, debido a que es el doble de tiempo, se concluye que la respuesta correcta es la opción C.

Ejemplo #3:

Si el periodo de rotación de Mercurio alrededor del sol es de 88 días terrestres entonces la distancia que los separa es de aproximadamente:

Componente: mecánica Clásica.

Competencia: indagación.

A. 57’918.641 Km
B. 13’021.395 Km
C. 26’688.345 Km
D. 50’510.975 Km

Solución:

La tercera Ley de Kepler establece que:

$$\frac{T^2}{L^3} = K \quad L = \sqrt[3]{\frac{T^2}{k}}$$

Remplazando los datos que expone el problema se tiene:

$$L = \sqrt[3]{\frac{(88\ \text{días})^2}{3{,}98575 \times 10^{-20}\frac{\text{días}^2}{km^3}}} = 57918641 km$$

La opción correcta es la opción **A**.

MECÁNICA DE FLUIDOS

El estudio de los modelos de los fluidos, dio lugar a la construcción de la teoría que hoy conocemos como la hidrodinámica (estática y dinámica de fluidos). El proceso de construir está teoría y sus modelos como interés de estudio físico se desarrolló lentamente a través de los siglos XVI a XIX como resultado del trabajo de muchos científicos como: Da Vinci, Galileo, Torricelli, Pascal, Bernoulli, Euler, Navier, Stokes, Kelvin, Reynolds y otros.

Actualmente el diseño virtual de los medios de transporte requiere la aplicación de la mecánica de fluidos, entre estos se incluyen tanto los aviones como barcos, submarinos y automóviles también es necesario realizar estudios en modelo reducido para determinar las fuerzas aerodinámicas y estudiar el flujo alrededor de edificios, puentes y otras estructuras complejas de la ingeniería civil.

Se debe recordar que existen básicamente tres estados en que se puede presentar la materia: sólido, líquido y gaseoso. A continuación, se estudiarán los denominados fluidos ideales o perfectos, es decir, aquellos que se desplazan sin presentar resistencia alguna, y aunque los gases también son considerados fluidos, por el momento se trabajaran únicamente los fluidos líquidos. Para realizar este análisis es necesario tener presente los conceptos de masa, densidad, volumen, peso, fuerza, velocidad y área.

Es preciso resaltar la relación que describe la densidad entre la masa y el volumen de un objeto, así:

$$Densidad\ (\rho) = \frac{masa\ (m)}{volumen\ (v)}$$

De esta expresión se deduce que las unidades de la densidad en el sistema internacional son kg/m^3 y en el c.g.s g/cm^3.

A continuación, se enuncian las densidades de algunos materiales:

Sólidos	g/cm^3	kg/m^3
Aluminio	2,7	2.700
Corcho	0,25	250
Cobre	8,96	8.960
Hierro	0,96	920
Hierro	7,9	7.900
Madera	0,2 - 0,8	200 - 800
Plomo	11,3	11.300
Vidrio	3,0 - 3,6	3.000 - 3.600

Líquidos	g/cm^3	kg/m^3
Acetona	0,79	790
Aceite	0,92	920
Agua de mar	1.025	1.025
Agua destilada	1	1.000
Alcohol etílico	0,79	790
Gasolina	0,68	680
Leche	1,03	11.030
Mercurio	13,6	13.600

SABÍAS QUE...

El tratado *Sidereus nuncius* (Mensajero Sideral), publicado por Galileo Galilei en 1610, fue el primer tratado que se basa en observaciones astronómicas realizadas con un telescopio. Este contiene resultados de la observación de la luna y las lunas de júpiter.

ESTÁTICA DE FLUIDOS

Para entender que es una presión, debe estudiarse el efecto que se resulta de aplicar una misma fuerza sobre diferentes áreas. Por ejemplo, es evidente que no se puede cortar una tajada de pan con la ayuda de un cuchillo si se está utilizando la parte no afilada de la hoja, en cambio, si aplicamos la misma fuerza y utilizamos la parte afilada de la hoja del cuchillo, esta tarea se puede lograr fácilmente. Aunque la fuerza que se aplique sea la misma en ambos casos, lo que debe ser claro es que no es la misma superficie sobre la cual está actuando dicha fuerza, esto en vista de que la parte afilada de la hoja del cuchillo es mucho menor que la parte no afilada.
Situación similar ocurre cuando una persona se para sobre la nieve sin sus esquíes, y a continuación realiza la misma acción, pero con sus esquíes. Se espera que en la primera situación se hunda en la nieve y se le dificulte caminar, en cambio, en la segunda situación, logre perfectamente estar sobre la nieve. Es claro que, en ambas situaciones, la fuerza es la misma y es equivalente al peso del esquiador, pero ha variado el área de contacto con la nieve.
Esta relación entre la fuerza aplicada (F) y el área (A) sobre la cual se aplica dicha fuerza, se denomina presión. Matemáticamente esta relación se expresa:

$$Presión\ (p)=\frac{fuerza\ (F)}{área\ (A)}$$

Si la fuerza está dada en kilogramos fuerza (Kgf) y el área en centímetros cuadrados (cm2), la presión se expresará así:

$$\frac{kgf}{cm^2}$$

Cuando la fuerza se expresa en Newtons (N) y el área en metros cuadrados (m2) la presión se da en pascales (Pa), es decir:

$$\frac{N}{m^2}=Pa$$

Otras unidades de presión que se usan comúnmente son: la libra fuerza sobre pulgada cuadrada (lbf/pulg^2), que se utiliza para indicar la resistencia a compresión del concreto estructural o cuando se inyecta aire a las llantas de un carro; y el milímetro de mercurio (mmHg), que se define como la presión que ejerce una columna de mercurio de 1 milímetro (mm) de altura y se utiliza para indicar la presión atmosférica de un lugar.

La tierra está envuelta por una capa de gases llamada atmósfera y que el peso de éstos actúa sobre los objetos que se encuentran en la superficie terrestre. A este efecto se denomina presión atmosférica y algunas situaciones en la cuales se puede comprobar el efecto de la presión atmosférica son las siguientes:

- Tomar refresco con un pitillo, se logra debido a la fuerza ejercida por la presión atmosférica. Cuando se aspira el aire por el extremo del pitillo, no se está absorbiendo realmente el refresco, sino que, lo que se logra es reducir la presión del aire al interior del pitillo y la presión atmosférica al actuar sobre la superficie del líquido del refresco, lo hace subir por el pitillo, en vista de que es mayor que al interior del pitillo.
- Cuando se cocina con la olla a presión, es imposible abrirla hasta no levantar la válvula. Esto se debe a que la presión ejercida por el vapor de agua en el interior del recipiente, es mayor que la presión atmosférica y al levantar la válvula lo que se logra con el escape del vapor de agua es que se igualen las presiones tanto al interior como al exterior de la olla, logrando así poder abrirla.
- La presión atmosférica tiene un valor de 1.01×10^5 Pa.

Ejemplo # 1:

Si una persona que tiene un peso w se para en un solo pie en vez de en dos, la presión ejercida sobre el suelo:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: explicación de Fenómenos

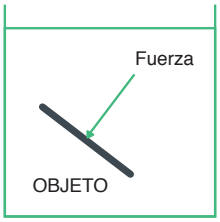
A. Permanece igual.
B. Se duplica.
C. Se reduce a la mitad.
D. No se puede concluir.

Solución:

Inicialmente cuando la persona está apoyada sobre sus dos pies la fuerza de su peso se ve distribuida sobre un área, generando una presión que podemos llamar inicial. Cuando la persona se para sobre un pie el área en la que se distribuye la fuerza es la mitad del área inicial y por ende la presión aumentara al doble de su valor inicial. Debido a esto la respuesta correcta es la opción B.

El principio de Pascal

Al igual que los gases de la atmosfera, los fluidos ejercen fuerzas sobre todos los objetos sumergidos y sobre las paredes de los recipientes que los contienen, esto debido al movimiento desordenado de sus moléculas. En efecto, este movimiento trae como consecuencia que:



- Se produzca una fuerza sobre el objeto, debido a los choques de las moléculas contra él.
- Esta fuerza es normal (perpendicular) a cualquier superficie sumergida. Esto se debe al gran número de choques en todas las direcciones que recibe la superficie. Las componentes de las fuerzas paralelas se anulan entre sí.
- Esta fuerza es la misma cualquiera que sea la inclinación de la superficie, también debido al movimiento completamente desordenado de las moléculas.

Las conocidas maquinas hidráulicas como la bomba, la turbina o el pistón funcionan bajo el principio de ley de Pascal, que indica que un cambio de presión aplicado a un fluido se transmitirá sin alteraciones a través de todo el fluido, mientras este permanezca en reposo.

Se denomina presión hidrostática a la fuerza aplicada sobre la superficie de un objeto sumergido cierta profundidad en un fluido. Esta presión hidrostática aumenta a medida que el objeto esté a una mayor profundidad y se puede determinar con la siguiente expresión:

$$P = P_1 + pgh$$

Donde P es la presión hidrostática, P_i es la presión inicial (puede ser la presión atmosférica cuando se habla de un recipiente abierto), ρ es la densidad del fluido, g es la gravedad y h es la profundidad a la que se encuentra sumergido el objeto.

Ejemplo # 2:

La densidad de la sangre es de 1,1 g/cm³. La diferencia de presión de la sangre entre la cabeza y el corazón de una persona, si se encuentran separados a una distancia de 0,3 m es:

Componente: mecánica Clásica

Competencia: indagación

A. 2,2171 Pa
B. 4,8252 Pa
C. 1,4893 Pa
D. 3,2373 Pa

Solución:

La diferencia de presión se define como:

$$\Delta P = P_2 - P_1 \qquad P_1 = P_i + pgh_1 \qquad P_2 = P_i + pgh_2$$

así:

$$\Delta P = pg\,(h_1 - {}_2)$$

Los datos iniciales del problema son ρ=1,1 gr/cm³ y h = 0,3 m, Es necesario que la densidad del fluido se expresada en el sistema M.K.S así:

$$1{,}1 \times 10^3\ \mathrm{kg}/m^3$$

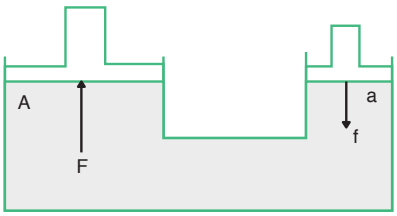
sustituyendo los valores conocidos en la ecuación se tiene:

$$\Delta P = (1{,}1 \times 10^3\ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^3)\,(9{,}81\ \mathrm{m/s}^2)\,(0{,}3\ \mathrm{m}) = 3{,}2373\ N/\ \mathrm{m}^2$$

La respuesta correcta es la opción **D**.

Prensa hidráulica

Debido a que la presión aplicada por un fluido a una profundidad definida es igual en todas las direcciones, especialmente sobre las paredes del contenedor, una aplicación importante es la prensa hidráulica, que se muestra en la figura:



La fuerza (f) se aplica sobre un pequeño pistón de área a, se producirá una presión, así:

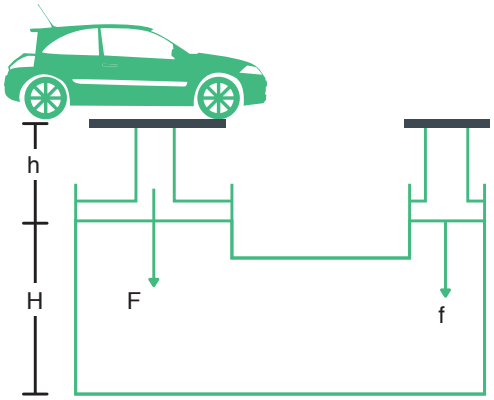
$$P_1 = \frac{f}{a}$$

Esta presión se transfiere, por medio del líquido incompresible, al pistón de área (A) mayor que se encuentra en el otro extremo de la prensa. Debido a esto, las expresiones que describen tanto la presión del segundo pistón y el fenómeno en general son:

$$P_2 = \frac{F}{A} \qquad \frac{F}{A} = \frac{f}{a}$$

Ejemplo #3:

Con base en la siguiente información, responda las preguntas 1 a 3:



En la prensa hidráulica de la figura, el pistón pequeño tiene un área de 0,2 m^2, y el área del pistón mayor es de 2 m^2. H representa el nivel desde el piso hasta la cara inferior del pistón grande y h la distancia desde la cara superior del pistón hasta el nivel de agua.

1. Si el auto que tiene el pistón de la izquierda pesa 20.000 N, la fuerza que hay que ejercer en el pistón pequeño para que el sistema esté en equilibrio es:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: indagación

A. 2.000 N B. 1.000 N C. 10 kg D. 20 kg

2. Si el pistón pequeño baja 0,6 m, entonces de las siguientes afirmaciones la única de la que se tiene certeza respecto al pistón grande es que:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: explicación de fenómenos

A. Sube 0,6 m
B. Sube menos que 0,6 m
C. Sube más de 0,6 m
D. Permanece igual

3. Si la fuerza que se ejerce sobre el pistón pequeño es menor que 2.000 N entonces:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: explicación de fenómenos

A. H disminuye y h aumenta.
B. H aumenta y h disminuye.
C. H disminuye y h disminuye.
D. H disminuye y h permanece constante.

Solución:

Para resolver la primera pregunta se parte de la igualdad que relaciona las presiones en ambos pistones, así:

$$\frac{20.000\ N}{0{,}2\ m^2} = \frac{f}{2\ m^2}$$

Al despejar f el resultado es:

$$f = (0{,}2\ m^2)\left(\frac{20.000\ N}{2\ m^2}\right) = 20.000\ N$$

La respuesta correcta a la primera pregunta es la opción A.

Para la pregunta 2 se debe tener en cuenta que la cantidad de agua que haya desplazado el pistón pequeño al moverse hacia abajo debe ser la misma que se desplaza durante el movimiento del pistón grande hacia arriba. Por lo tanto, como el área del pistón grande es mayor necesitará menos altura para compensar el volumen de agua desplazada por el pistón pequeño. Debido a esto la repuesta correcta es la opción B.

Para la tercera pregunta, se debe reconocer que H depende del nivel de agua bajo el pistón grande; por lo tanto, si el nivel de agua disminuye H disminuirá, o si el nivel de agua aumenta H aumentará. Por su parte, h es constante ya que la longitud de los pistones no cambia. La respuesta correcta es la opción D.

Principio de Arquímedes

Al sumergir parte o la totalidad de un cuerpo en un fluido cualquiera, éste experimenta una fuerza vertical dirigida hacia arriba, que se conoce con el nombre de empuje, y se determina como igual al peso del fluido desplazado.

Matemáticamente, el principio de Arquímedes se puede escribir de la siguiente manera:

$$F_{empuje} = B = (masa_{fluido\ desplazamiento})(\text{gravedad}) =$$

$$\rho_{fluido} V_{sumergido} g$$

Donde ρ es la densidad del fluido, V el volumen del solido sumergido y g es la gravedad (9,81 m/s^2).

Son tres las variables las que intervienen en la fuerza de empuje: la densidad del fluido, el volumen sumergido y la gravedad. Todas las variables se relacionan directamente a la fuerza de empuje generada sobre el objeto sumergido.

De lo anterior, se puede concluir que la velocidad del fluido es menor en las secciones de mayor área transversal y será mayor en las secciones donde el área disminuye.
A este valor se le conoce como el caudal (Q), e indica la cantidad de líquido que pasa en un tiempo determinado por el área plateada, así:

$$Q = \text{Área} \times \text{velocidad} = \frac{volumen}{tiempo}$$

Ejemplo #4:

Una manguera de agua de 1 cm de diámetro tarda 2 minutos en llenar una cubeta de 30 litros. La velocidad (v) a la cual el agua sale de la manguera es aproximadamente: (Recuerde que 1 L = 1.000 cm^3).

Componente: Mecánica Clásica.
Competencia: Indagación.

A. 381,8 cm/s
B. 200,1 cm/s
C. 318,3 cm/s
D. No es posible calcularlo

Solución:

Lo primero que debe ser determinado es el caudal que tiene el fluido en la manguera, así:

$$Q = \frac{30\ L}{120\ s} = 0{,}25\ \frac{L}{s}$$

Con la ecuación que relaciona el caudal con la velocidad del fluido, se puede determinar que:

$$V = \frac{0{,}25 L/S}{A} = \frac{0{,}25 L/s}{\pi\ (0{,}5\ \text{cm})^2} = \frac{250\ cm^3/s}{\pi\ (0{,}5\ \text{cm})^2} = 318{,}3\ \frac{cm}{s}$$

De lo anterior se determina que la respuesta correcta es la opción C.

Ecuación de Bernoulli

En 1.783 el físico suizo Daniel Bernoulli estableció una expresión matemática que relaciona la presión de un fluido ideal con la velocidad y la elevación que este presenta en una tubería. Esta expresión se conoce como la ecuación de Bernoulli, es indicada así:

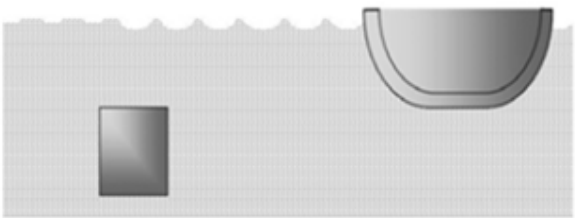
$$P + \rho v + \rho g y = \text{constante}$$

Se puede determinar que la suma de la presión con la energía cinética y la energía potencial, ambas por unidad de volumen, permanece constante a lo largo del movimiento del fluido.

Ejemplo #5:

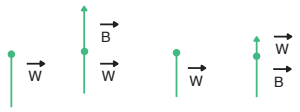
Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo a la siguiente información.

La figura ilustra un cubo de hierro y la coraza de un barco hecha con acero de igual masa que la del cubo.



1. De los siguientes diagramas de fuerza el que corresponde a la fuerza total que actúa sobre el cubo es:

Componente: mecánica Clásica.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.



A. B. C. D.

2. El cubo de hierro se sumerge completamente mientras que el barco queda en equilibrio gracias a que la fuerza de empuje que actúa sobre ambas masas es mayor para el barco debido a que:

Componente: mecánica Clásica
Competencia: explicación de fenómenos

A. El volumen del barco que se encuentra sumergido es mayor que el volumen del cubo.
B. La densidad es mayor para el barco.
C. El peso del barco es mayor.
D. Se reduce la fuerza de atracción gravitacional.

Solución:
El cubo experimenta dos fuerzas que se compensan para mantenerlo en equilibrio estático, la primera es su peso (W) que está dirigido hacia abajo y la segunda es la fuerza de empuje (B) que está dirigida hacia arriba. Debido a lo anterior la respuesta correcta a la primera pregunta es la opción B.

Para determinar por qué la fuerza de empuje sobre el barco es mayor se analizará la expresión que determina el valor de esta fuerza. Para los dos objetos el valor de la gravedad y el de la densidad del fluido son iguales, pero el volumen sumergido del barco es mayor que el volumen total del cubo lo que genera que la fuerza de empuje sobre el barco sea mayor. La respuesta correcta la segunda pregunta es la opción A.

DINÁMICA DE FLUIDOS

La dinámica de fluidos es la parte de la física mecánica que estudia el comportamiento de los fluidos en movimiento. La descripción de este fenómeno es muy compleja y para reducir la dificultad de la temática se deben especificar algunas suposiciones que se indicaran a continuación:

Fluido no viscoso:

En un fluido no viscoso se deprecia la fricción interna que se genera entre capas de fluido que se desplazan una sobre otra. Un objeto que se mueva en un fluido no viscoso no sentirá fuerzas de viscosidad que detengan su movimiento.

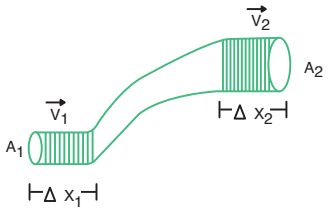
Flujo estable o laminar:

En un flujo laminar se considera que todas las partículas que pertenecen al fluido tienen la misma velocidad.

Fluido incompresible:

Es aquel que posee una densidad que no varía ni con en el tiempo, ni con la profundidad.

Ecuación de Continuidad:



La ecuación de continuidad establece que para un fluido ideal que se mueve a través de una tubería de tamaño no uniforme el producto de la velocidad del fluido y el área transversal de la tubería es una constante, así:

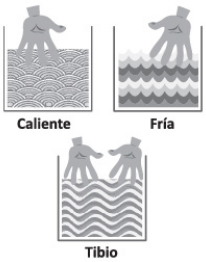
$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

TERMODINÁMICA

La palabra termodinámica viene del griego θερμο-, termo, que significa “calor” y δύναμις, dína- mis, que significa “fuerza” y define como la rama de la física que describe los estados de equili- brio a nivel macroscópico en los cuerpos. En donde el estado de equilibrio se toma como aquel estado hacia “el que todo sistema tiende a evolucionar y caracterizado porque en el mismo todas las propiedades del sistema quedan determinadas por factores intrínsecos y no por influencias externas previamente aplicadas”

Para el estudio de la termodinámica es fundamental la comprensión y diferenciación de los conceptos de temperatura y calor. Para ello, se analizará la siguiente experiencia:

Un estudiante de física llenó tres recipientes, uno con agua caliente, uno con agua fría, y el terce- ro con agua tibia, a continuación, sumergió una de sus manos en el recipiente con agua caliente y la otra en el que contiene agua fría hasta que realmente sintió “calor” y “frío”.



Inmediatamente después sumergió ambas manos en el agua tibia, a continuación, sintió el agua caliente en la mano que antes estaba en el agua fría y simultáneamente sintió el agua fría en la mano que sacó del agua caliente.

Esta experiencia evidencia lo relativo de los términos “caliente” y “frío”, y que nuestros sentidos pueden engañarnos, debido a que percibimos dos sensaciones diferentes de “calor” para una misma temperatura.

Muchos experimentos han demostrado que somos capaces de percibir, a través de nuestro sistema nervioso, diferencias de temperatura muy pequeñas de hasta 0,1 grados con el sentido del tacto. Lo que no podemos lograr con nuestros sentidos es determinar el valor absoluto de la temperatura de un cuerpo, dado que, podemos sentir en forma cualitativa si un objeto está frío o caliente en relación con nuestro cuerpo, pero no podemos recordar, después de un tiempo, qué tan caliente o frío estaba dicho objeto.

Termómetro

Los termómetros son dispositivos con los cuales es posible medir la temperatura de un cuerpo. Al colocar el termómetro en contacto térmico con el objeto existirá un intercambio de energía entre ellos hasta que se encuentre el equilibrio térmico del sistema. La temperatura será la representación macroscópica de la energía interna de un objeto y debido a esto la ley cero de la termodinámica establece que, si dos cuerpos A y B se encuentran en equilibrio térmico con un tercer cuerpo C, entonces los cuerpos A y B se encuentran en equilibrio térmico entre ellos.

Al colocar un trozo de hielo en un recipiente con agua caliente, el hielo se fundirá y el agua en el recipiente disminuirá su temperatura. Aquí existe un contacto térmico ya que el hielo y el agua en el recipiente intercambian energía; después que el hielo se funde completamente en el agua, ambos alcanzan la misma temperatura, luego están en equilibrio térmico.
Este fenómeno es el que se utiliza como principio básico del funcionamiento de un termómetro en el que el cambio de temperatura generará un cambio en las propiedades físicas de un material como las dimensiones de un sólido, el volumen

de un líquido, la presión de un gas o la resistencia eléctrica de un material conductor.
El termómetro más común es el que consiste de un bulbo conectado a un tubo de vidrio, el bulbo se llena con Mercurio el cual se dilata al aumentar la temperatura; dicha reacción puede ser registrada como un cambio en la altura que alcanza la columna de Mercurio al interior del termómetro. Para calibrar las temperaturas registradas por el termómetro se coloca el bulbo del termómetro en contacto térmico con un objeto; por ejemplo, un hielo en agua, el cual tiene una temperatura específica de congelación, posteriormente se calienta el agua hasta empiece a evaporar. En este punto el termómetro alcanzará una temperatura de equilibrio térmico durante la cual ocurre la evaporación del agua. Esto se define por una escala que va del punto de congelación hasta el punto de evaporación.

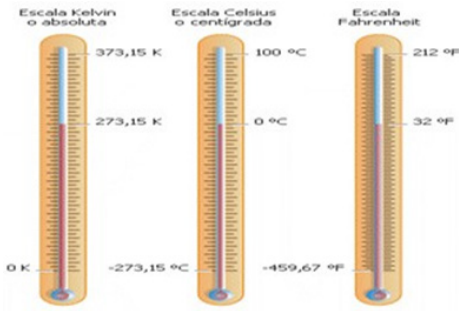
ESCALAS DE TEMPERATURA

Al determinar cualquier escala de temperatura se seleccionan los llamados puntos fijos, que son los de congelación y ebullición del agua a la presión atmosférica normal. En la actualidad se emplean diferentes escalas de temperatura; entre ellas, la escala Celsius o Centígrada, la escala Fahrenheit, la escala Kelvin, la escala Rankine o la escala termodinámica internacional.

En la escala Celsius, el punto de congelación del agua equivale a 0 °C, y su punto de ebullición a 100 °C, esta escala se utiliza en todo el mundo, en particular en el trabajo científico. La escala Fahrenheit se emplea en los países anglosajones para medidas no científicas y en ella el punto de congelación del agua se define como 32 °F y su punto de ebullición como 212 °F. En la escala Kelvin (°K), la escala de temperatura más empleada, el cero se define como el cero absoluto, es decir, -273,15 °C. En la escala Rankine, el punto de congelación del agua equivale a 492 °R, y su punto de ebullición a 672 °R.

Relaciones Matemáticas entre las escalas de temperatura

Pasar de °C a °K	Pasar de °C a °F
$°K = °C + 273{,}15$	$°F = \left(\frac{9}{5}°C\right) + 32$



Ejemplo #1:

Un australiano afirma que la temperatura de su hijo es de 104 °F y que por tanto tienen fiebre. Se considera que una persona tiene fiebre cuando supera los 37 °C, se puede afirmar con certeza que el hijo del australiano:

Componente: termodinámica.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Tiene fiebre porque su cuerpo registra 40 °C.
B. No tiene fiebre porque su cuerpo registra 35 °C.
C. Tiene fiebre porque su cuerpo registra 38 °C.
D. No tiene fiebre porque su cuerpo registra 27° C.

Solución:
Es necesario expresar la temperatura de 104 °F en °C, lo cual se realiza de la siguiente manera:

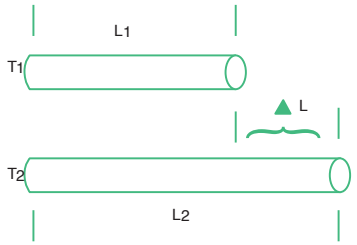
$$104°F = \left(\frac{9}{5}°C\right) + 32$$
$$\frac{5\,(104°F - 32)}{9} = °C$$
$$°C = 40°$$

La respuesta correcta es la opción A.

DILATACIÓN TÉRMICA

Se considera dilatación térmica a la variación de la longitud, el área y el volumen de un cuerpo debido al cambio de temperatura en el mismo. Este fenómeno es de suma importancia para el desarrollo de instrumentos tecnológicos.

Dilatación Lineal



Para un cuerpo en forma de barra, la variación de longitud con la temperatura es proporcional a la longitud original y a la variación de temperatura, así:

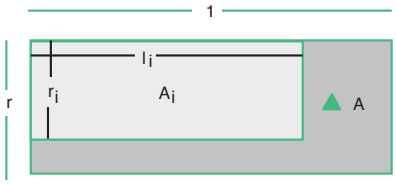
$$\Delta L = L_f - L_i = \alpha L_i \Delta T$$

ΔL es el cambio en la longitud de la barra, L_f es la longitud final de la barra, L_i es la longitud inicial de la barra, ΔT.es la variación de la temperatura y α es el coeficiente de expansión térmica lineal de unidades 1/°C o $°C^{-1}$, este depende del material estudiado.

La siguiente tabla muestra el coeficiente de dilatación térmica lineal de algunos materiales:

Material sólido	Coeficiente de expansión lineal (˚C $^{-1}$)	Material líquido	Coeficiente de expansión volumético (˚C $^{-1}$)
Aluminio	24×10^{-6}	Alcohol etílico	1.12×10^{4}
Latón y bronce	19×10^{-6}	Benceno	1.24×10^{-4}
Cobre	17×10^{-6}	Acetona	1.5×10^{-4}
Vidrio	9×10^{-6}	Glicerina	4.85×10^{4}
Plomo	29×10^{-6}	Mercurio	1.82×10^{4}
Acero	11×10^{-6}	Trementina	9×10^{-4}
Concreto	12×10^{-6}	Gasolina	9.6×10^{-4}
Cinc	29×10^{-6}	Aire (0˚C)	3.67×10^{3}
Oro	14×10^{-6}	Hello (0˚)	3.6665×10^{-3}

Dilatación Superficial



Para un cuerpo con una determinada superficie, la variación del área ΔA con la temperatura es proporcional al área inicial A_i y a la variación de la temperatura, así:

$$\Delta A = A_f - A_i = \Upsilon A_i \Delta T$$

Donde, γ es el coeficiente de dilatación superficial que puede ser aproximado como 2α, así:

$$\Delta A = A_f - A_i = 2\,\alpha\, A_i \Delta T$$

Dilatación Volumétrica o Cúbica

Para un objeto volumétrico (Tridimensional) sus dimensiones cambiaran cuando la temperatura del cuerpo aumente. Este cambio de volumen (ΔV) dependerá del volumen inicial (V_i) y del cambio de la temperatura (ΔT), así:

$$\Delta V = V_f - V_i = \beta V_i \Delta T$$

Donde, β es el coeficiente de dilatación volumétrico que puede ser aproximado como 3α, así:

$$\Delta V = V_f - V_i = 3\alpha V_i \Delta T$$

El agua es un fluido que se comporta de manera extraña. Cuando su temperatura disminuye desde los 4 °C hasta los 0 °C su volumen aumenta en vez de disminuir como es de esperarse, esto implica, que, en un lago, cuando ocurre un descenso en la temperatura el agua se vuelva menos densa y por lo tanto flotará, permaneciendo en la superficie, por lo cual, sólo se congela la capa superficial y no el agua del fondo, permitiendo así, que el agua del fondo mantenga una temperatura cálida para que prevalezca la vida en el mismo.

Ejemplo #2:

Entre las estaciones del Metro Parque Berrio y San Antonio los rieles del metro que son de acero tiene una longitud aproximada de 500 m cuando la temperatura es de 20 ºC. En un día caluroso cuando la temperatura es de 29 ºC la longitud del riel se incrementará en:

Componente: termodinámica.
Competencia: indagación.

A. 4 cm
B. 4,23 cm
C. 4,95 cm
D. 1,03 cm

Solución:

Se sabe que l = 500 m, T =20°C y T =29°C, además, de la tabla se obtiene que para el acero el coeficiente de expansión lineal es $\alpha=16 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$, asi:

$$\Delta L = L_f - L_i = \alpha L_i \Delta T$$

$$\Delta L = (16 \times 10^{-8}\ ^{\circ}C^{-1})\ (500\ m)\ (\ 29\ ^{\circ}C - 20\ ^{\circ}C) = 0{,}0495\ m$$

Por lo tanto, la respuesta correcta es la opción C.

CALOR Y ENERGÍA TÉRMICA

La transferencia de energía térmica se produce por una diferencia de temperatura entre el sistema y sus alrededores, lo cual puede o no cambiar la cantidad de energía térmica en el sistema, esta transferencia de energía es la que se denomina calor, es decir, el calor es energía en tránsito de un sistema a sus alrededores o de un cuerpo a otro.

Para medir el calor se utilizan las calorías (cal) que fue definida como la cantidad de calor que hay que suministrarle a un gramo de agua para que incremente su temperatura de 14,5 ºC a 15,5 ºC a presión atmosférica, por otra parte, Caloría (Cal) utilizada para describir el contenido de energía química en los alimentos es equivalente a 1.000 cal o a una Kcal. Otra unidad térmica es la que se utiliza en el sistema inglés (Btu) o Unidad Térmica Británica, definida como el calor necesario para elevar la temperatura de una 1 lb de agua de 63 ºF a 64 ºF.

Puesto que ahora el calor se reconoce como una forma de energía, James Joule encontró que se puede expresar la siguiente equivalencia: 1 cal= 4,183J.

Mecanismos de transferencia de calor

Conducción: es la transmisión de calor debida a la interacción atómica o molecular de los cuerpos. Esta transferencia se debe a el intercambio de energía cinética de partículas con alta energía al colisionar con partículas de menor energía. Es necesario tener en cuenta las vibraciones de las moléculas de materiales con fuertes enlaces atómicos. La tasa de transferencia de calor permite diferenciar entre dos tipos de materiales los conductores (metales), con alta transferencia de calor, y materiales aislantes (Madera, corcho), con baja tasa de transferencia.

En la imagen se observa una barra que se encuentra en contacto térmico con una flama. La flama actúa como fuente de calor, el aumento de la temperatura de la barra parte desde el punto localizado a las cercanías de la llama y por fenómeno de conducción se distribuirá a toda la barra.

Convección: es un proceso de transferencia de calor típico de los fluidos (líquidos y gases). La transferencia por convección implica que las moléculas del material empiezan a moverse rápidamente y dicho movimiento se va transmitiendo lentamente desde la parte del fluido que está siendo sometida a una temperatura más elevada hasta la parte más alejada del calor. La convección implicara que en el fluido se genere un flujo.

Por ejemplo, al calentar un recipiente con agua en una estufa, las partículas que se encuentran en el fondo del recipiente reciben primero la energía de la llama, las moléculas de agua se vuelven menos densas y por tanto tienden a subir, las más densas tienden a bajar; así estas últimas se calientan y repiten el proceso continuamente, lo mismo sucede con el aire cuando recibe la energía del sol, siempre generando un flujo.

Radiación: es un proceso en el que la transmisión de calor no depende del contacto directo de dos cuerpos, la fuente de calor transmite esta energía través de ondas electromagnéticas. La principal fuente de calor que afecta los ecosistemas terrestres es el sol y la forma en la que este transmite el calor es por radiación térmica.

Capacidad calorífica y calor específico

La capacidad calorífica (C), de una muestra se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de la muestra en un grado Celsius (1 ºC) y sus unidades son J/°C ó cal/°C. La capacidad calórica depende de cada material y relaciona el cambio de la temperatura del material (ΔT) con la energía necesaria para hacerlo (Q), así:

$$Q = \Delta T$$

El calor específico (c) de una sustancia es la capacidad calorífica por unidad de masa de un material. Por lo cual se puede expresar matemáticamente en términos de la capacidad calórica (C) y la masa (m) de la sustancia, así:

$$C = \frac{C}{m}$$

De esta expresión se deduce que las unidades de c son J/kg°C ó cal/g°C .Finalmente, la expresión inicial se puede expresar así:

$$Q = cm\Delta T$$

En la siguiente tabla se presenta el calor específico de algunos cuerpos y sustancias:

Sustancia	Calor específico $\frac{J}{Kg.\,°C}$	$\frac{cal}{g.\,°C}$	Calores específicos molares J/mol. ˚C
Aluminio	900	0,215	24,3
Berilio	1830	0,436	16,5
cadmio	230	0,055	25,9
Cobre	387	0,0924	24,5
Germanío	322	0,077	23,4
Oro Hierro	123 448	0,0305 0,107	25,4 25
Plomo	128	0,0305	26,4
Silicio	703	0,168	19,8
Plata	234	0,056	25,4
Latón	380	0,092	
Madera	1700	0,41	
Vidrio	837	0,2	
Hielo (5 ˚C)	2090	0,5	
Mármol	860	0,21	
Alcohol	2400	0,58	
Mercurio	140	0,033	
Agua (15 ˚C)	4186	1	

Ejemplo #3:

Un lingote metálico de 0,05 kg de masa y cuyo calor específico es 453 J/Kg°C se encuentra a 200 ºC y se introduce en un vaso de laboratorio que contiene 0,4 Kg de agua a 20 ºC. La temperatura final cuando alcanzan el equilibrio es aproximadamente:

Componente: Termodinámica
Competencia: Indagación

A. 110 °C
B. 100 °C
C. 40,5 °C
D. 30,6 °C

Solución:

Se debe tener en cuenta que el cuerpo que se encuentra a mayor temperatura entregará energía al cuerpo que posee menor temperatura hasta que ambos alcancen el equilibrio térmico, para este ejercicio el cuerpo que entrega energía es el lingote que se encuentra a 200°C, asimismo toda energía que pierda el lingote (l) la ganara el agua (a), esto se puede expresar así:

$$Qa = Q_l$$

Luego:

$$C_a m_a \Delta T_a = - c_l m_l \Delta T_l$$

$$C_a m_a (T_{fa} - T_{ia}) = c_l m_l (T_{fl} - T_{il})$$

se ha determinado que la temperatura final del agua y del lingote es la misma, por lo tanto:

$$C_a m_a T_{fa} - C_a m_a T_{ia} = c_l m_l T_{il} - c_l m_l T_{fl}$$

de la expresión es necesario despejar la temperatura final del sistema así:

$$T_f(c_l m_l + C_a m_a) = C_a m_a T_{ia} + c_l m_l T_{il}$$

$$T_f = \frac{C_a m_a T_{ia} + c_l m_l T_{il}}{c_l m_l + C_a m_a}$$

Se debe tener en cuenta que el calor específico del agua es c = 900 J/Kg °C y que el calor específico del lingote es c = 453 J/Kg °C, se sustituyen los valores, así:

$$T_f = \frac{(900\ \mathrm{J}/kg\,^{\circ}C)(0{,}4\ kg)(20\,^{\circ}C) + (453\ \mathrm{J}/kg\,^{\circ}C)(0{,}05\ kg)(200\,^{\circ}C)}{(453\ \mathrm{J}/kg\,^{\circ}C)(0{,}05\ kg) + (900\ \mathrm{J}/kg\,^{\circ}C)(0{,}4\ kg)}$$

La respuesta correcta es la opción D.

Calor latente

En los cambios de fase o de estado (solido-líquido-gas) de un cuerpo es común observar que, aunque hay una transferencia de energía, el cuerpo no aumenta su temperatura. Por ejemplo, cuando el agua está hirviendo, es decir cuando alcanza los 100 ºC por más energía que se le suministre al sistema, éste no pasa de los 100 ºC y la energía adicional que está recibiendo es utilizada para pasar del estado líquido al estado gaseoso.

Todos los cambios de fase o estado conllevan a un cambio en la energía interna del sistema. La energía térmica necesaria para cambiar la fase de una masa dada m, de una sustancia pura es:

$$Q = \mathrm{mL}$$

Donde L recibe el nombre de calor latente y existen dos tipos: calor latente de fusión (L_f), utilizado cuando el cambio de fase es de solidó a líquido y calor latente de vaporización (L_v), que es utilizado cuando el cambio de fase es del líquido a gaseoso.

A continuación, se muestran los calores latentes de fusión y vaporización de algunas sustancias:

Sustancia	**Punto de fusión (˚C)**	**Calor latente de fusión (J/kg)**	**Punto de ebullición (˚C)**	**Calor latente de vaporización (J/kg)**
Hellio	-269,65	$5{,}23 \times 10^{3}$	-268,93	$2{,}09 \times 10^{4}$
Nitrógeno	-209,97	$2{,}55 \times 10^{-4}$	-195,81	$2{,}01 \times 10^{5}$
Oxígeno	-218,79	$1{,}38 \times 10^{-4}$	-182,97	$2{,}13 \times 10^{5}$
Alcohol etílico	-114	$1{,}04 \times 10^{-5}$	78	$8{,}54 \times 10^{5}$
Agua	0	$3{,}33 \times 10^{-5}$	100	$2{,}26 \times 10^{6}$
Azufre	119	$3{,}81 \times 10^{-4}$	444,6	$3{,}26 \times 10^{5}$
Plomo	327,3	$2{,}45 \times 10^{-4}$	1750	$8{,}7 \times 10^{5}$
Aluminio	660	$3{,}97 \times 10^{-4}$	2450	$1{,}14 \times 10^{7}$
Plata	960,80	$8{,}82 \times 10^{-4}$	22193	$2{,}33 \times 10^{6}$
Oro	1063	$6{,}44 \times 10^{-4}$	2660	$1{,}58 \times 10^{6}$
Cobre	1083	$1{,}34 \times 10^{-4}$	1187	$5{,}06 \times 10^{6}$

Ejemplo #4:
La cantidad de energía térmica que se requiere para convertir un gramo de hielo que se encuentra a -30 ºC en vapor a 120 ºC es:

Componente: Termodinámica.
Competencia: Indagación.

A. 3.000 J
B. 3.220,9 J
C. 2.567,2 J
D. 4.690,1 J

Solución:

La cantidad de energía que se requiere para llevar el sistema de -30 °C a 0 ºC se determina de la siguiente forma:

$$Q = cm\Delta T = (1\ \text{cal}/\ \text{g}^{\circ}C)\ (1g)\ (0^{\circ}C - 30^{\circ}C) = 30cal = 30 \times 4{,}186J = 125{,}58J$$

Como en 0ºC se presenta un cambio de estado entonces se requiere hallar la cantidad de energía que se necesita para que el agua cambie de sólido a líquido, la cual se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q = mL_f = (0{,}001\ kg)\ (3{,}33 \times 10^{5\,J} / kg^{\circ}C) = 333\ J$$

Ahora es necesario determinar la engría que se requiere para llevar el sistema hasta los 100 °C, se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q = cm\Delta T = (1\ \text{cal}/\ \text{g}^{\circ}C)\ (1g)\ (100^{\circ}C - 0^{\circ}C) = 100cal = 100 \times 4{,}186J = 418{,}6J$$

Como a 100ºC se presenta de nuevo un cambio de estado entonces se requiere hallar la cantidad de energía que se necesita para que el agua cambie de líquido a gaseoso, la cual se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q = mL_v = (0{,}001\ kg)\ (2{,}26 \times 10^{6\,J} / kg^{\circ}C) = 2.260J$$

finalmente, se debe determinar la energía que se requiere para llevar el gramo de agua ahora en vapor de 100ºC a 120ºC, se puede calcular de la siguiente forma:

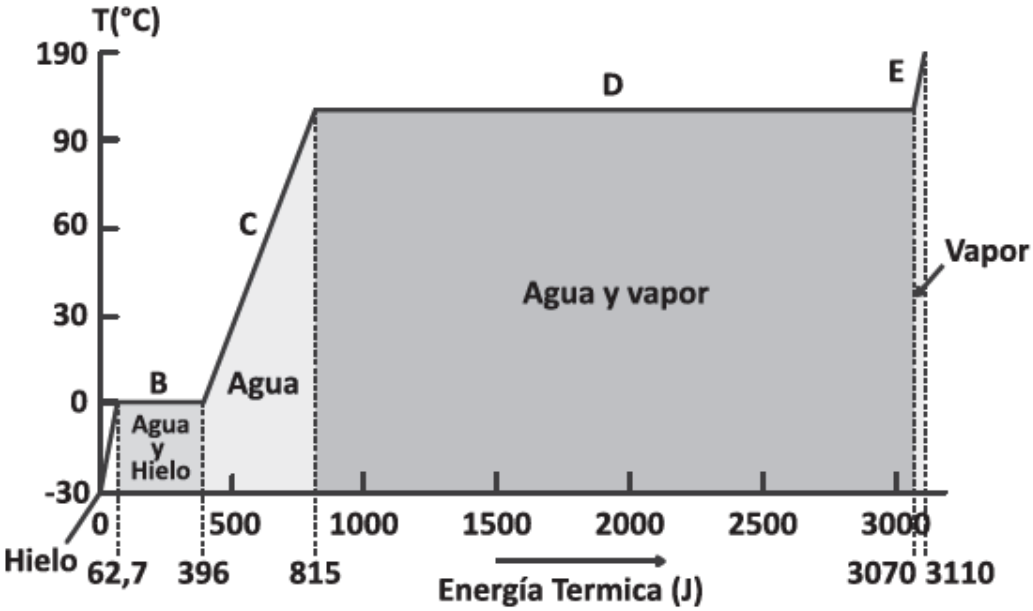
$$Q = cm\Delta T = (1\ \text{cal}/\ \text{g}^{\circ}C)\ (1g)\ (120^{\circ}C - 100^{\circ}C) = 20cal = 20 \times 4{,}186\ J = 83{,}72J$$

La cantidad de energía necesaria para todo el proceso se obtiene sumando la energía que se requería en cada uno de los procesos, así:

$$Q = 125{,}58J + 333J + 418{,}6J + 2.260J + 83{,}72 = 3.220{,}9J$$

La respuesta correcta es la opción B.

El siguiente grafico representa los cambios de temperatura sufridos por el sistema estudiado (agua) a medida que se le introduce energía térmica.



GASES IDEALES

Las propiedades de una masa (m) de gas confinado en un recipiente de volumen (V) a una presión (P) y a temperatura (T) se relacionan mediante la que se conoce como ecuación de estado. Esta se simplifica cuando se trabaja a presiones bajas o cuando la densidad del gas confinado es baja también. A los gases que cumplen con estas condiciones se les llama gases ideales, son gases para los cuales se facilita la predicción de su comportamiento. Resulta, conveniente expresar la cantidad de gas en función del número de moles (n). Un mol de cualquier sustancia es aquella cantidad que contiene un número de Avogadro, NA = 6.022 x 10^{23} de partículas.

El número de moles (n) de una sustancia se relacionan con la masa (m) de la misma por medio de la ecuación:

$$N = \frac{m}{M}$$

Donde M es una cantidad llamada la masa molar de la sustancia cuyas unidades son g/mol.

Al confinar un gas ideal en un recipiente cilíndrico de volumen variable (con un embolo móvil), como se muestra en la figura, es importante reconocer que la masa se mantiene constante y a partir de esto se pueden formular las siguientes leyes:

Ley de Boyle:

Al mantener constante la temperatura del gas, la presión será inversamente proporcional al volumen. Matemáticamente

se puede expresar así:

$$P_i V_i = P_f V_f = Constante$$

Ley de charles:

Al mantener constante la presión del gas, el volumen será directamente proporcional a la temperatura. Matemáticamente se puede expresar así:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} = Constante$$

Del enunciado de estas dos leyes se puede abstraer la ecuación de estado para gases ideales, mencionada anteriormente, esta se expresa de la siguiente manera:

$$PV = nRT$$

Donde P es la presión, V es el volumen, n es el número de moles, T es la temperatura del gas en °K y R es la constante universal de los gases con valor 8,31 J/mol°K.

Ejemplo #5:

En un experimento hecho con un gas confinado en un cilindro con embolo, la temperatura se ha mantenido constante y el volumen se ha disminuido a la mitad lo que se espera que pase con la presión es que:

Componente: termodinámica.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Aumente al doble.
B. Disminuya también a la mitad.
C. Se mantenga constante.
D. No es posible determinarlo.

Solución:

Al Utilizar la Ley de Boyle se establece que:

$$P_i V_i = P_f V_f = Constante$$

Despejando P_i y con:

$$V_f = \frac{V_i}{2}$$

Entonces:

$$P_f = \frac{P_i V_i}{\frac{V_i}{2}} = 2P_i$$

Cuando la temperatura es constante la presión y el volumen son inversamente proporcionales, por lo cual la respuesta correcta es la opción **A**.

LEYES DE LA TERMODINÁMICA

En general se dice que en la termodinámica existen 3 leyes, la Ley Cero que habla del equilibrio térmico y ya fue abordada, la primera que plantea que la energía térmica fluye del sistema con mayor temperatura al sistema de menor temperatura también ya estudiada, pero que será complementada y la tercera que se desarrollará posteriormente.

Primera Ley de la Termodinámica

La primera ley de la termodinámica especifica que el cambio de energía interna (U) de los sistemas se debe, únicamente, al intercambio de calor (Q) y de trabajo (W) con sus alrededores. Esta ley se basa en el principio de conservación de energía entre el sistema y sus alrededores. Matemáticamente, la ecuación que describe la Primera Ley es:

$$\Delta U = \mathrm{Q} - \mathrm{W}$$

Los procesos descritos a continuación se consideran como aplicaciones de la primera ley de la termodinámica.

Proceso Adiabático:

Es un proceso en el cual no entra o sale energía térmica del sistema, es decir Q = 0. Se puede obtener un proceso adiabático ya sea aislando térmicamente el sistema de sus alrededores o efectuando el proceso rápidamente. La expresión que lo describe es:

$$\Delta U = U_f - U_i = \mathrm{W}$$

Expansión Libre Adiabática:

Es un caso especial del proceso adiabático en el cual no se hace trabajo sobre o por el gas. Debido a esto tanto Q como W son iguales a cero, así:

$$\Delta U = 0$$

Se concluye finalmente que la energía interna del sistema permanece constante:

$$U_f = U_i$$

Proceso Isobárico:

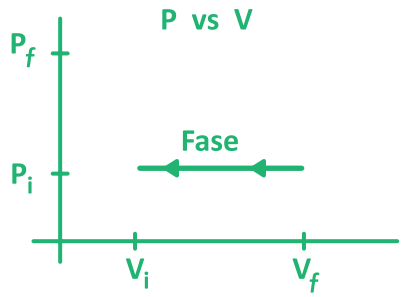
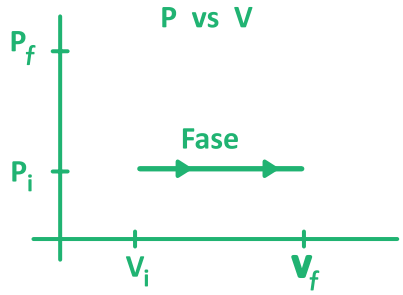
Es un proceso que ocurre a presión (P) constante, donde la energía térmica transferida al sistema y el trabajo efectuado suelen ser diferentes de cero. El trabajo realizado por o sobre el sistema se describe como:

$$\mathrm{W} = P\,(V_f - V_i)$$

Donde P es la presión constante del sistema multiplicada por la diferencia de volumen (V). Así el cambio de la energía interna de un sistema bejo un este proceso se describe como:

$$\Delta U = Q - P\,(V_f - V_i)$$

Para este tipo de procesos se pueden identificar diagramas de Presión (P) vs Volumen (V) como los siguientes:

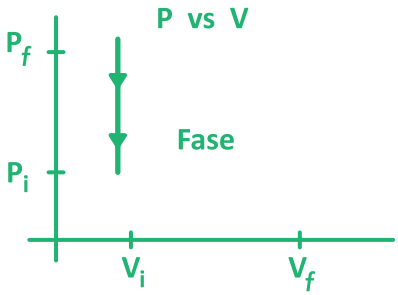
	La gráfica muestra un proceso isobárico en el cual se reduce el volumen de un gas, es decir: $V_f < V_i$
	Esta gráfica muestra un proceso isobárico en el que se incrementa el volumen de un gas, así: $V_f > V_i$

Proceso Isocórico o Isovolumétrico:

Es un proceso que ocurre a volumen (V) constante. De acuerdo a la expresión descrita en los procesos isobáricos para el trabajo (W) si el volumen permanece constante el trabajo tendrá un valor de cero. Luego de la Primera Ley de Termodinámica se expresa así:

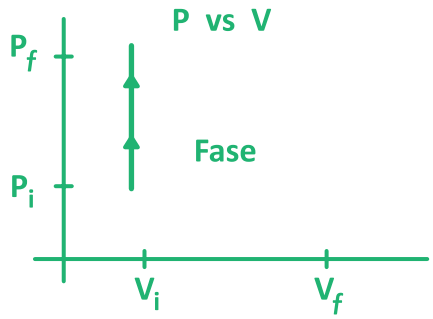
$$\Delta U = U_f - U_i = Q$$

El diagrama P vs V que describe este proceso puede ser de la siguiente forma:

	En esta forma se está reduciendo la presión del sistema a volumen constante.

SABÍAS QUE...

Disminuir la entropía de un sistema de forma local no implica la disminución de la entropía del universo, pues esta última, por el contrario, aumentará, lo cual es consecuente con la segunda ley de la termodinámica.

	Se incrementa la presión a volumen constante.

Proceso Isotérmico:

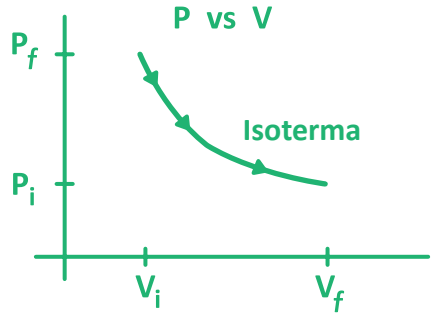
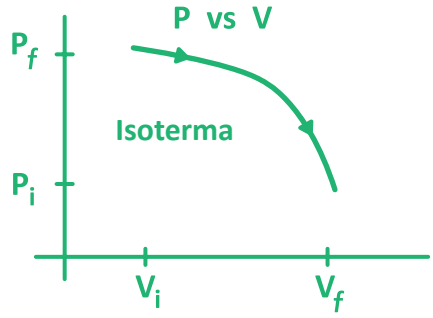
Es un proceso que se lleva a cabo a temperatura constante. La variación de la energía interna del sistema, es decir:

$$\Delta U = U_f - U_i = 0$$

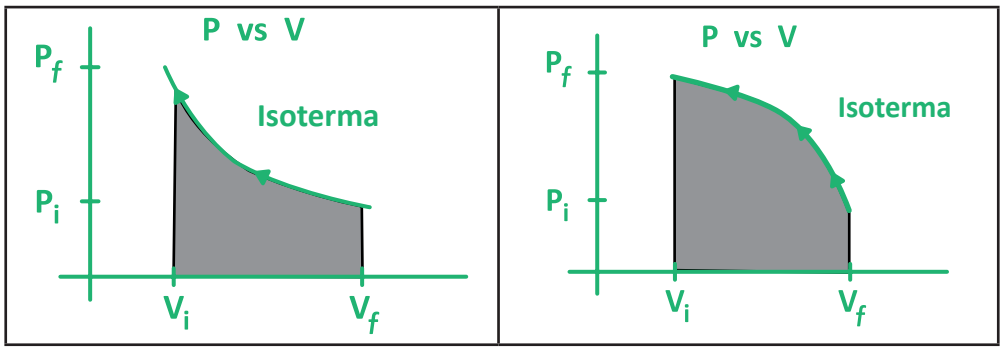
Esto implica que el trabajo realizado por o sobre el sistema es igual al calor que entra o sale del sistema, así:

$$W = Q$$

En este caso la curva que describe el proceso en el diagrama P vs V recibe el nombre de isoterma y puede ser de las siguientes formas:

	Esta gráfica describe un proceso isotérmico en el que se disminuye la presión y aumenta el volumen.
	Esta gráfica también describe un proceso isotérmico de disminución de presión y aumento de volumen en el que se realiza una mayor cantidad de trabajo.

La conclusión sobre el trabajo realizado por los diferentes procesos isotérmicos se debe a que en los diagramas P vs V el área encerrada bajo la curva representa el trabajo realizado por o sobre el sistema. Precisamente en el segundo proceso se ha realizado un trabajo mayor debido a que el área bajo la curva es mayor.



Ejemplo #6:

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo con la siguiente información:

En una olla a presión hay 0.1 m^3 de vapor de agua a una presión de 1 atm (1,01 x 10^5 Pa).

1. Si el vapor se expande a presión constante hasta el doble de su volumen, el proceso realizado puede describirse como un proceso:

Componente: termodinámica.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Isotérmico.
B. Isovolumétrico.
C. Adiabático.
D. Isobárico.

2. El trabajo efectuado por el vapor en este proceso es:

Componente: termodinámica.
Competencia: indagación.

A. 10.000 J
B. 10.100 J
C. 10.200 J
D. 10.300 J

Solución:

Se plantea que el vapor de agua se expande hasta el doble de su volumen a presión constante. Esta información nos sirve para determinar que se lleva a cabo un proceso isobárico, por lo cual la respuesta correcta es la opción D.

Al determinar que el proceso es un proceso isobárico se concluye que el trabajo efectuado por el sistema se puede determinar con la expresión:

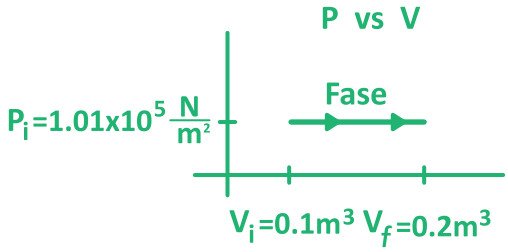
$$W = P\,(V_f - V_i)$$

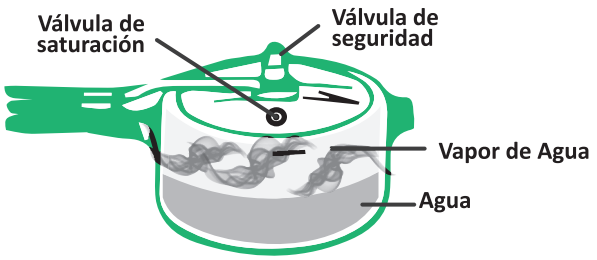
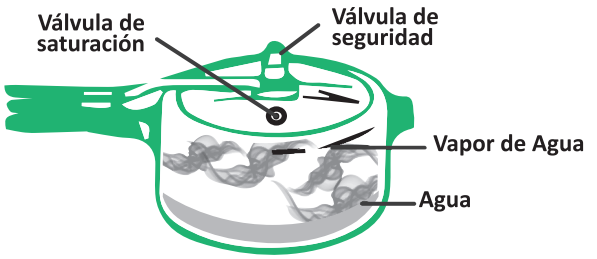
Donde la presión es $P = 1{,}01 \times 10^5\ N/m^2$ y el volumen inicial $V_i = 0{,}2\ m^3$, así el trabajo realizado será:

$$W = (1{,}01 \times 10^5\ N/m^2)\,(0{,}2m^3 - 0{,}1m^3) = 10.100J$$

La respuesta correcta es la opción **B**.

El diagrama P vs V que describe el proceso es el siguiente:



	Olla a presión al comienzo del proceso, mayor cantidad de agua líquida que de vapor de agua.
	Olla a presión al final del proceso, mayor cantidad de vapor de agua que de agua liquida

Segunda Ley de la Termodinámica o Ley de la Entropía

La primera ley de la termodinámica describe como y cuáles son los procesos que generan cambios en la energía interna de un sistema termodinámico, por los intercambios de calor y trabajo con el medio. Esta primera ley falla al determinar cuáles de estos procesos ocurren y cuáles no. De eso se trata la segunda ley, esta permite determinar que procesos ocurrirán de forma espontánea.

Maquina térmica:

Se define una maquina térmica como cualquier dispositivo que tome energía en forma de calor y la utilice para la realización de un trabajo, existen ciertas dificultades con este enunciado ya que no es posible construir una máquina térmica que, operando en un ciclo, convierta todo el calor de entrada en trabajo, siempre se generara una pérdida de energía, también, en forma de calor. Por lo tanto, la expresión que representa el trabajo realizado por la maquina térmica es:

$$W = Q_{entrada} - Q_{salida}$$

$Q_{entrada}$ proviene de un deposito caliente y Q_{salida} se dirigirá a un deposito frio.

Debido a estas pérdidas (Q_{salida}) es que se debe tener en cuenta la eficiencia (e) de una máquina térmica, esta relación al trabajo realizado sobre la energía que se le ha proveído al sistema ($Q_{entrada}$), así:

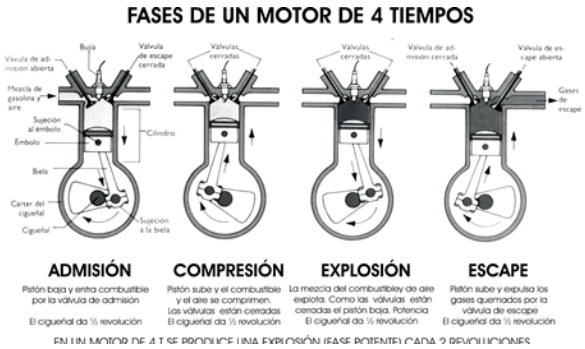
$$E = \frac{W}{Q_{entrada}} = \frac{Q_{entrada} - Q_{salida}}{Q_{entrada}}$$

De lo anterior se puede concluir que una maquina térmica que no presenta perdidas de energía tendrá una eficiencia de 1, únicamente ocurrirá en un caso idealizado.

Ejemplo #7:

La eficiencia de un motor de cuatro tiempos que introduce 2.000 J de calor durante la fase de combustión y pierde 1.500 J en el escape es:

Componente: termodinámica.
Competencia: indagación.



A. 25%
B. 50%
C. 75%
D. 100%

Solución:

La energía que entra al sistema en forma de calor es Q =2.000 J y que la energía que sale del sistema durante el proceso es de Q =1.500 J, por tanto, se puede calcular la eficiencia de la siguiente manera:

$$E = \frac{Q_{entrada} - Q_{salida}}{Q_{entrada}} = \frac{2.000J - 1.500J}{2.000J} = \frac{500J}{2.000J} = 0{,}25$$

El motor de cuatro tiempos tiene una eficiencia del 25%. Es decir, solo el 25% de la energía que ingresa al sistema se convierte en trabajo mecánico. Por lo que la respuesta correcta es la opción **A**.

MOVIMIENTO PERIÓDICO

Se establece que un movimiento es periódico, cuando se repite continuamente en intervalos iguales de tiempo y todas las variables del movimiento (velocidad, aceleración, etc.) toman cada una de ellas el mismo valor para determinados instantes del tiempo.

Los conceptos que se deben introducir para trabajar con un movimiento armónico simple son:

Oscilación:

Es el movimiento efectuado por la partícula desde que parte del punto inicial hasta volver a él, recorriendo todos los puntos de su trayectoria.

Período:

Es el tiempo que tarda la partícula en hacer una oscilación. Se mide en segundos.

Punto de equilibrio:

Es el punto de la trayectoria en el cual, la fuerza recuperadora es nula, la velocidad será máxima y la aceleración cero.

Puntos de retorno:

Son los dos puntos extremos de la trayectoria, donde la velocidad será cero y la aceleración será máxima, en estos puntos el movimiento cambia de sentido.

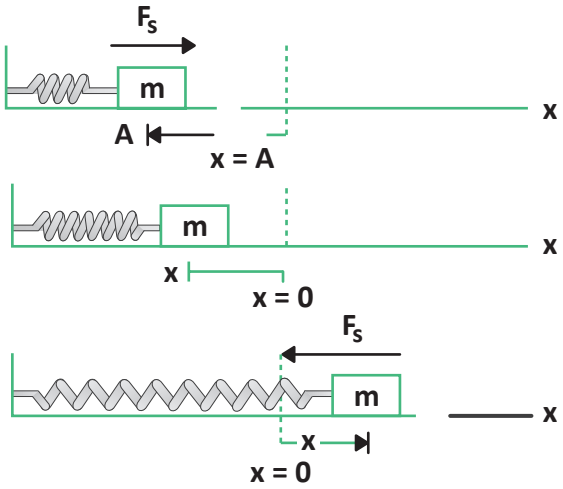
Elongación:

La elongación se representa con la letra x, y es el desplazamiento que tiene una partícula con relación al punto 0 ó de equilibrio. Se mide en metros para el sistema internacional o también se puede medir en centímetros.

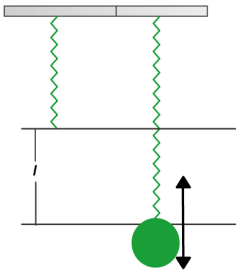
Amplitud:

La Amplitud se representa con la letra A, y es la máxima elongación que puede tener la partícula, también se mide en metros o en centímetros. La distancia entre los dos puntos de retorno es 2A, es decir dos veces la amplitud.

Los anteriores conceptos se representan en la siguiente gráfica, que muestra el movimiento de una masa sujeta a un resorte en una superficie horizontal sin fricción:



MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE



Si tomamos un resorte y de él suspendemos una bola de billar, se observa que el resorte se deforma adquiriendo una longitud mayor. Esto permite intuir que hay una relación directamente proporcional entre la fuerza aplicada (el peso del

En medidas de laboratorio se puede determinar el valor de la gravedad de la tierra utilizando un péndulo simple de longitud conocida, midiendo su periodo y relacionándolo con la frecuencia angular de oscilación. Este método presenta problemas de precisión y, debido a esto, es utilizado de forma académica y no como método científico.

objeto) y la deformación x (del resorte). Se puede describir matemáticamente con la expresión:

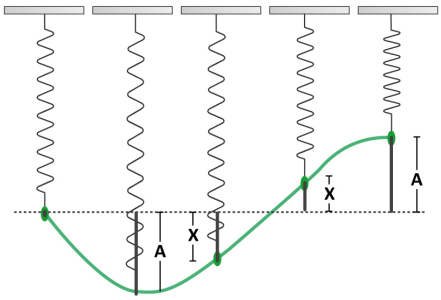
$$E = Kx$$

Donde K representa la constante de elasticidad del resorte, de unidades N/m en el sistema internacional. Cuanto mayor sea esta constante el resorte será más difícil de estirar o comprimir. A esta fuerza se le conoce como fuerza recuperado ya que es la que permite que el sistema continúe en movimiento armónico simple, cambiando tanto su valor como su dirección durante la trayectoria de la masa.
Al analizar el movimiento de la masa por medio de la segunda ley de Newton tenemos que:

$$-Kx = ma$$

La aceleración de la masa es proporcional a la elongación del resorte, es decir a la posición de la masa respecto a la posición de equilibrio.

Para dar inicio a un movimiento armónico simple en este sistema la masa debe ser alejada una distancia de la posición de equilibrio, esta distancia será la amplitud (A), elongación máxima, del movimiento. Cuando la masa se suelte esta empezará a oscilar de forma repetitiva alrededor del punto de equilibrio del sistema como se muestra en la siguiente figura:



El movimiento de la masa obedece a una curva senosoidal y es debido a esto que el movimiento se denomina como movimiento armónico. Este movimiento es un movimiento idealizado ya que no se tienen en cuenta perdidas de energía debidas a la fricción por el contacto con una superficie o a la resistencia del aire al movimiento del objeto.

El sistema masa-resorte puede ser descrito a través del concepto de frecuencia angular (w) que es una medida de cuantas oscilaciones realiza la masa en un espacio de tiempo definido, tiene unidades de rad/s y se determina con la expresión:

$$\omega = \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Donde k es la constante del resorte y m la masa del objeto.

También puede describirse el movimiento a través de su periodo (T) el cual es el tiempo que le toma a la masa el realizar una oscilación, está dado por la relación:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Ecuaciones en el Movimiento Armónico Simple

La posición de la masa con relación al punto de equilibrio del sistema, para un determinado instante de tiempo está relacionado con la amplitud (A), la frecuencia angular (w) y el tiempo (t) de la siguiente forma:

$$x = A\cos(\omega t) \qquad x = A\sin(\omega t)$$

Se trabaja con seno o coseno dependiendo de la posición de la masa en el instante t=0, coseno si esta inicia su movimiento en un punto de retorno o seno si inicia en la posición de equilibrio.

La velocidad (v) de la masa en el instante t también está relacionada con los conceptos antes mencionados, de la siguiente forma:

$$v = -A\omega \sin(\omega t) \qquad x = -A\omega \cos(\omega t)$$

la aceleración (a) de la masa está relacionada con estas variables de la siguiente forma:

$$v = A\omega^2 \cos(\omega t) \qquad x = -A\omega^2 \sin(\omega t)$$

Estas ecuaciones describen matemáticamente el comportamiento cinemático de la partícula que se encuentra en movimiento armónico simple.

LA ENERGÍA EN EL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

Para iniciar el movimiento es necesario realizar un trabajo sobre la masa (m) con el fin de desplazarla de su posición de equilibrio, este trabajo (W) se convierte en energía potencial elástica y dependerá de la amplitud que tenga el movimiento,

Inicialmente el resorte se deforma una longitud igual a la amplitud del movimiento, por lo que se puede determinar que la energía mecánica del sistema será:

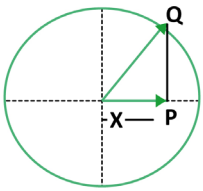
$$E_m = \frac{KA^2}{2}$$

De acuerdo con la ley de conservación de la energía mecánica, la ecuación energética del sistema en cualquier posición de la masa está compuesta por la energía cinética y la energía potencial, así:

$$\frac{KA^2}{2} = \frac{Kx^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

Se considera el movimiento armónico simple como una proyección del movimiento circular.

Suponga que una partícula Q se encuentra en la posición indicada y su proyección P sobre el eje horizontal en punto dado es como se indica la figura:



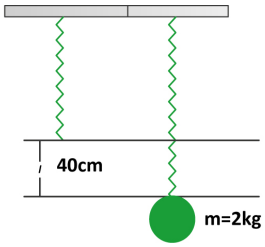
El ángulo barrido por el radio R es θ, al aplicar la relación Cos θ = X/R y despejar X, se obtiene X = RCosθ. Al considerar el eje horizontal se observa que R es la máxima elongación (la amplitud) entonces X = ACosθ, además, en el movimiento circular uniforme la velocidad angular es w = θ/t de donde θ=wt y al sustituir se concluye que X = ACos(wt).

De forma similar se puede concluir también las ecuaciones de velocidad y aceleración.

Ejemplo #1:

La fuerza que se debe hacer sobre un resorte, para deformarlo 20 cm, si se conoce que al suspender de él una masa de 2 Kg, este sufre una deformación de 0,4 m es:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: indagación.



A. 1 kg
B. 10 N
C. 9,8 N
D. 0,4 N

Solución:

Con los datos iniciales que se dan en el ejercicio es necesario determinar la constante del resorte, así:

$$F = \mathrm{Kx} \qquad K = \frac{F}{x}$$

$$K = \frac{(2\ \mathrm{kg})\ (9{,}8\ \mathrm{m/s^2})}{0,4m} = 49\ \mathrm{N/m}$$

Se puede determinar que la fuerza necesaria será:

$$F = \mathrm{Kx}\ (49\ \mathrm{N/m})\ (0,2m) = 9{,}8\ \mathrm{N}$$

La respuesta correcta es la opción C.

Ejemplo #2

Dos cuerpos de igual masa (m) están sujetas a dos resortes de constantes elásticas k y 4k respectivamente, el periodo de oscilación del primer sistema con relación al segundo es:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. El cuádruple.
B. El doble.
C. La cuarta parte.
D. La mitad.

Solución:

El periodo de oscilación del primer sistema está dado por:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

El periodo del segundo sistema con constante de resorte 4k está dado por:

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{4k}} = \frac{1}{2}\left(2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\right) = \frac{1}{2}T_1$$

así:

$$T_1 = 2\,T_2$$

por lo que la respuesta correcta es la opción B.

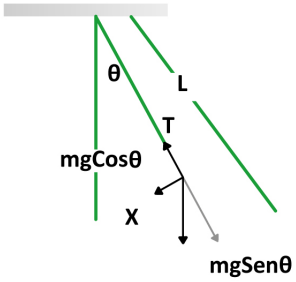
Oscilaciones amortiguadas

Una oscilación amortiguada ocurre cuando una fuerza disipativa, como la fricción o la resistencia del aire, que tiende a llevar al cuerpo al punto de equilibrio, actúa sobre el sistema. La energía mecánica del cuerpo se va reduciendo con el tiempo debido a la presencia de la fuerza no conservativa. En ese caso, el desplazamiento, en función del tiempo de la masa en movimiento oscilatorio, no tiene una forma sinusoidal, sino que dicha forma va reduciendo en su amplitud hasta volverse cero.

Movimiento Pendular

Un péndulo es una masa suspendida de un hilo que se supone de masa despreciable, que oscila en forma periódica.

Para que el movimiento del péndulo sea armónico simple, se debe verificar que la fuerza resultante que actúa sobre él sea una fuerza recuperadora.



Sobre el péndulo actúan las fuerzas T y W = mg, descomponiendo W = mg en el marco de referencia de coordenadas cartesianas, se tiene que la tensión T de cuerda se equilibra con la componente y del peso, así:

$$T - mg\cos\theta = 0$$

Mientras que la fuerza resultante que actúa sobre el péndulo es:

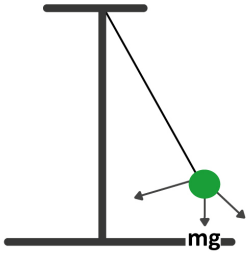
$$F = -mg\sin\theta$$

Siendo esta la fuerza recuperadora que actúa sobre la masa del péndulo, debido a esto el movimiento de un péndulo para pequeñas amplitudes es un movimiento armónico simple.

Leyes del Péndulo

Mediante la experimentación se puede verificar que:

1. El periodo de oscilación de un péndulo es independiente de la masa que oscila.
2. El periodo del péndulo depende de su longitud.



Para el caso de un sistema pendular la frecuencia angular (w) depende exclusivamente de la gravedad (g) y de la longitud del péndulo (L), así:

$$\omega=\sqrt{\frac{g}{L}}$$

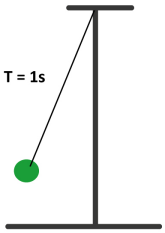
Lo que se puede relacionar con el periodo (T) del péndulo, así:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Ambas expresiones, concuerdan con las determinaciones experimentales indicadas anteriormente, ya que no tienen relación con la masa del objeto.

Ejemplo #3

Se desea construir un péndulo para un reloj que se ubicará en la ciudad de Medellín, de tal forma que cuando el péndulo complete una oscilación se mueva el segundero del reloj. La longitud de este péndulo para que el mecanismo del reloj funcione efectivamente y se pueda medir el tiempo con él es aproximadamente: (g = 9,8 m, π = 3,14).



Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: indagación.

A. 1 m
B. 0,75 m
C. 0,5 m
D. 0,25 m

Solución:

De la información indicada en el ejercicio se puede abstraer que T =1 s. Es necesario entonces determinar la longitud del péndulo para que se cumpla con el periodo determinado, así:

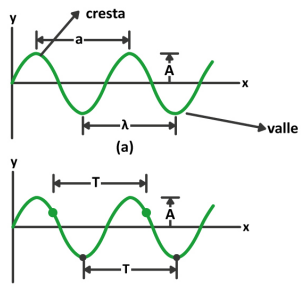
$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$L=\frac{T^2 g}{4\pi^2}=\frac{(1\ s)\ (\ 9{,}8\ \mathrm{m/s^2})}{4(\ 3{,}14)^2}=0{,}25\mathrm{m}$$

La respuesta correcta es la opción **D**.

MOVIMIENTO ONDULATORIO

Una onda es una perturbación que se propaga en el espacio y en el tiempo, esta transporta energía, pero no hay transferencia de masa.



La representación de una onda unidensional se puede hacer mediante una curva sinusoidal, como la que se muestra en la gráfica. Los puntos más altos de las ondas son llamados crestas, los puntos más bajos se llaman valles, y el punto medio entre estos se llama punto de equilibrio.

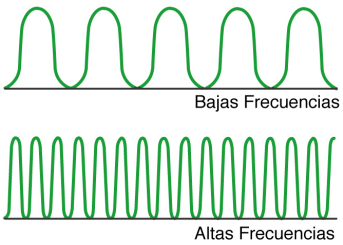
CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS

Periodo (T):

Es el tiempo transcurrido entre dos crestas o dos valles sucesivos.

Frecuencia (f):

Se define como el número de oscilaciones (ciclo completo de la onda) por unidad de tiempo. Si se producen muchas oscilaciones en un segundo estaremos hablando de altas frecuencias, si, por el contrario, son pocas, hablamos de bajas frecuencias. La frecuencia se expresa en hercios Hz, 1 Hz equivale a 1 ciclo/s.



Amplitud (**A**):

Es la máxima distancia que se separa cada partícula de su punto de equilibrio. En el Sistema Internacional se mide en metros (m).

Longitud de Onda (λ):

Se define como la separación que hay entre dos puntos cuyo estado de movimiento es idéntico. La longitud de onda se mide en metros (m).

Clasificación de las Ondas

Según el medio de propagación:

Ondas Mecánicas:

Son aquellas que para desplazarse requieren de un medio elástico que vibre, como las ondas en el agua donde el agua es el medio elástico o el sonido donde el aire es el medio elástico.

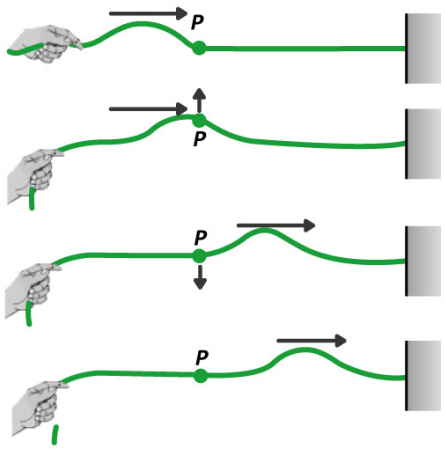
Ondas Electromagnéticas:

Ondas que se propagan en el vacío. Un ejemplo de este tipo de ondas son las ondas de radio.

Según la dirección de propagación:

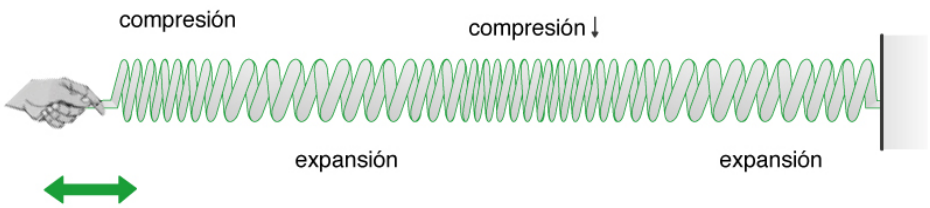
Ondas transversales:

Son aquellas que se caracterizan porque las partículas del medio vibran perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda. Por ejemplo, cuando en una cuerda sometida a tensión se pone a oscilar uno de sus extremos, como se muestra en la siguiente imagen:

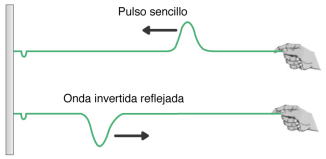
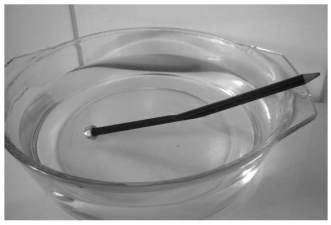
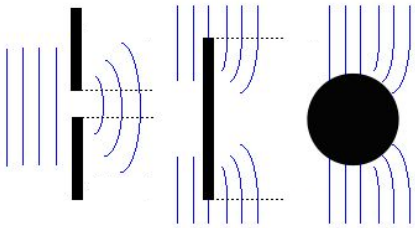


Ondas longitudinales:

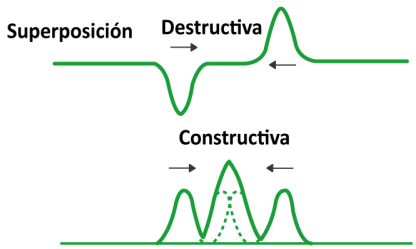
Se caracterizan porque las partículas del medio vibran en la misma dirección de propagación de la onda, como el sonido o una perturbación en un resorte, como se muestra en la siguiente imagen:



FENÓMENOS ONDULATORIOS

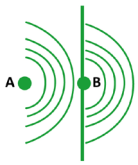
Reflexión: se presenta cuando una onda, al encontrarse con un nuevo medio que no puede atravesar, cambia de dirección, como se representa en la figura.	
Refracción: sucede cuando una onda cambia de dirección al entrar en un nuevo medio en el que viaja a distinta velocidad. Un ejemplo de ello es cuando se sumerge un lápiz en un vaso con agua: el lápiz parece quebrado.	
Difracción: ocurre cuando una onda al topar con el borde de un obstáculo deja de ir en línea recta para rodearlo.	 *Tomado y adaptado de: https://goo.gl/GBqbAj*

En medidas de laboratorio se puede determinar el valor de la gravedad de la tierra utilizando un péndulo simple de longitud conocida, midiendo su periodo y relacionándolo con la frecuencia angular de oscilación. Este método presenta problemas de precisión y, debido a esto, es utilizado de forma académica y no como método científico.

Interferencia: ocurre cuando dos ondas se combinan al encontrase en el mismo punto del espacio. Hay dos tipos de interferencia: • **Interferencia constructiva** ocurre cuando dos ondas que viajan se encuentran en un punto en el espacio e interactúan sumando sus amplitudes. • **Interferencia destructiva** ocurre cuando dos ondas, de pulsos en direcciones opuestas, que viajan se encuentran en un punto en el espacio y se cancelan parcial o totalmente.	

Principio de Huygens

Sucede cuando una fuente perturbadora A, produce ondas en forma circular, al pasar parte de la onda por el orificio B, se propaga al otro lado de los obstáculos como si el punto B fuera una nueva fuente generadora, como se muestra en la siguiente figura:



Velocidad de Propagación de las Ondas

La velocidad de propagación de las ondas, no depende de la amplitud, en cambio depende de la elasticidad y de las características inerciales del medio. La siguiente expresión matemática que relaciona la velocidad (v), la tensión (T) en la cuerda y la masa (m) por unidad de longitud (L) de la cuerda (μ):

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \mu = \frac{m}{L}$$

Ejemplo #4:

Para incrementar la velocidad de una onda en una cuerda, tres estudiantes han presentado tres propuestas:

Componente: eventos ondulatorios.

Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

Estudiante I: incrementar la longitud de la cuerda, manteniendo la masa constante.

Estudiante II: utilizar una cuerda del mismo material, con la misma longitud, pero más delgada.

Estudiante III: incrementar la tensión en la cuerda.

Tienen razón el(los) estudiante(s):

A. Solo el estudiante I
B. Solo el estudiante II.
C. Los estudiantes II y III, solamente.
D. Los tres estudiantes.

Solución:
Al incrementar la longitud de la cuerda dejando la masa constante, se genera una disminución en μ y por ende una disminución en el denominador de la expresión:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

lo que genera un incremento en el cociente y por ende un incremento en la velocidad, esto indica que el estudiante I tienen razón.

Al dejar la longitud constante y utilizar el mismo material en la cuerda, pero con una sección más delgada, se consigue una disminución en la masa, lo que como efecto logra también una disminución en μ y por ende, un incremento en la velocidad. Esto indica que el estudiante II también tiene la razón.

Al cambiar la tensión de la cuerda, la velocidad de la onda también aumentara ya que según la ecuación estos son directamente proporcionales. La respuesta correcta a la pregunta es la opción D.

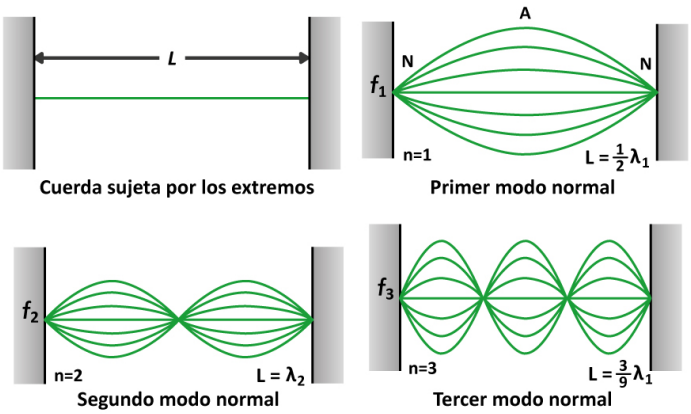
ONDAS ESTACIONARIAS

Son aquellas ondas en las cuales, ciertos puntos de la onda llamados nodos, permanecen inmóviles. En este tipo de ondas, las posiciones donde la amplitud es máxima se conocen como antinodos, los cuales se forman en los puntos medios entre dos nodos.

Se forman ondas estacionarias en las cuerdas de instrumentos musicales que se puntean, se golpean o se tocan con un arco, así como en el aire de un tubo de órgano y en el de una botella de gaseosa cuando soplamos sobre su boca. Se pueden crear ondas estacionarias tanto en las ondas transversales como en las longitudinales.

Si se sujeta por los extremos una cuerda tensa y se produce una onda en esta la onda se propaga hasta un extremo donde se refleja creando ondas que se desplazan en ambas direcciones, las ondas, incidente y reflejada, se combinan dando como resultado una suma algebraica de las ondas. En este fenómeno es importante tener en cuenta la velocidad de porpagacion de la onda.

Cuando se hace vibrar una cuerda de longitud L sujeta por los extremos, se producen ondas estacionarias las cuales tienen puntos nodales estacionarios. Dependiendo de su longitud, existen cierto número de patrones naturales de vibración que se conocen como modos normales, los cuales poseen frecuencias características. En la siguiente figura se ilustra los primeros modos normales para una cuerda:



Para la caracterización de los diferentes modos de oscilación se debe tener en cuenta tanto la longitud de onda como la frecuencia de la onda estacionaria generada. Así para cada modo de vibración se tendrá:

Modo de vibración	Longitud de onda	Frecuencia
1	$\lambda = 2L$	$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{2L}$
2	$\lambda = L$	$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{L}$
3	$\lambda = \frac{2L}{3}$	$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{3V}{2L}$
n	$\lambda = \frac{2L}{n}$	$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{nV}{2L}$

Ejemplo #5:

En una cuerda sujeta de los dos extremos, la frecuencia del cuarto armónico en relación a la frecuencia del primer armónico es:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. La mitad.
B. el cuádruple.
C. la cuarta parte.
D. No es posible determinarlo.

Solución:

Se puede usar la expresión:

$$f = \frac{nV}{2L}$$

con n=1 para determinar la frecuencia del primer armónico, así:

$$f_1 = \frac{V}{2L}$$

Luego con n=4 para el cuarto armónico, así:

$$f_4 = \frac{4V}{2L} = 4f_1$$

La respuesta correcta es la opción **B**.

ACÚSTICA

La acústica es la rama de la física que se encarga de estudiar el sonido, el infrasonido y ultra- sonido, en otras palabras, estudia las ondas mecánicas que se propagan a través de la materia en sus diferentes estados.

Sonido

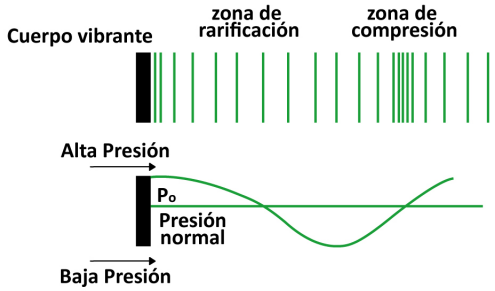
La Real Academia del Lenguaje lo define como la sensación producida en el oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos. Dicho movimiento vibratorio es el que hace posible la detección por parte del oído.

El sonido es una onda, que se desplaza en el espacio y en el tiempo, y como necesita de un medio para desplazar entonces es una onda mecánica. se puede desplazar en cualquier medio elástico, como el aire, el agua, el acero, etc. en el vacío las ondas sonoras no se propagan.

El sonido es una onda longitudinal porque las partículas del medio vibran en la dirección de propagación de las ondas.

La frecuencia audible por los seres humanos está comprendida en un intervalo que de 20 a 20000 Hz. Con base en esto las ondas de frecuencia inferior a 20 Hz se llaman infrasónicas y las ondas que presentan una frecuencia mayor a 20 kHz se llaman ultrasónicas.

Cuando los cuerpos vibran comprimen el aire de sus alrededores, produciendo una serie de pulsos de compresión y de rarificación que forma una onda, la cual se transmite a través del aire alejándose de la fuente y que pude llegar hasta el oído humano.



Los sonidos que el oído puede percibir dependen de la variación de presión que experimenta el aire al transmitirlos, es así como la máxima variación de presión que el oído puede tolerar es de 28 $\mathrm{N/m^2}$.

Como la velocidad de propagación de una onda depende de las características del medio y cada medio tiene características diferentes, entonces la velocidad del sonido va a depender del medio en el que se desplace. Para el caso de fluidos (líquidos o gases) la velocidad del sonido depende de modulo volumétrico (β) del fluido y de la densidad (ρ) del mismo, de la siguiente manera:

$$V = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$$

El modulo volumétrico se define como la razón entre el cambio de la presión (ΔP) que es capaz de generar una deformación volumétrica ($\Delta V/Vi$), así:

$$\beta = \frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}} = \frac{\Delta PV}{\Delta V}$$

A continuación, se presenta una tabla de la velocidad del sonido en diferentes medios.

GASES		LÍQUIDOS EN 25°C		SÓLIDOS	
Material	***v(m/s)***	**Material**	***v(m/s)***	**Material**	***v(m/s)***
Hidrógeni (0°C)	1286	Glicerina	1904	Diamante	12000
Helio (0°C)	972	Agua de mar	1533	Vidrio	5640
Aire (20°C)	340	Agua	1493	Acero	5130
Aire (0°C)	331	Mercurio	1450	Aluminio	5100
		Keroseno	1324	Latón	4700
		Alcohol	1143	Cobre	3560
				Oro	3240
				Resina	2680
				Plomo	1322
				Caucho	1600

La velocidad de propagación del sonido también se puede calcular con la relación entre la longitud de onda (λ) y el periodo de la onda (T), así:

$$V=\frac{\lambda}{T}$$

Ejemplo #6:

Carlos ha visto caer un rayo a lo lejos, el cual escucha a los 4 segundos. Al hacer un cálculo rápido concluyó que el rayo cayó a una distancia de:

Componente: Eventos ondulatorios.
Competencia: Indagación.

A. 1.360 m
B. 343 m
C. 1 Km
D. 1.252 m

Solución:

La velocidad del sonido en el aire a temperatura de 20 °C es de $340\ m/s$. En el instante en que cayó el rayo se generó un estruendo que viaja a esta velocidad en todas las direcciones, al cabo de 4 s el sonido ha alcanzado la posición de Carlos. Es necesario determinar la distancia que ha viajado el sonido así:

$$d = Vt = (340\ m/s)\ (4s) = 1.360\ m$$

La respuesta correcta es la opción A.

Fenómenos Acústicos

Reflexión:

Cuando la onda sonora choca contra un obstáculo, la onda cambia de dirección de propagación, un ejemplo de esto es el eco.

Refracción:

Cuando una onda sonora cambia de medio de propagación se produce una variación en la velocidad de propagación. Por ejemplo, cuando una persona se encuentra sumergida en una piscina percibirá el sonido con una mayor velocidad que si estuviera fuera de ella.

Difracción:

Cuando la onda sonora bordea un obstáculo o pasa a través de una abertura se produce un cambio en la curvatura de la onda. La siguiente gráfica es un ejemplo de la difracción en ondas en el agua.

Interferencia:

Cuando en un punto del espacio se encuentran dos o más ondas sonoras, en dicho punto la amplitud de la onda es igual a la suma algebraica de las amplitudes de las ondas incidentes.

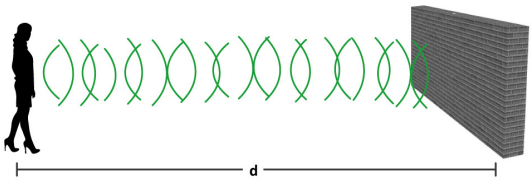
Ejemplo #7:

La distancia a la que debe estar parada una persona para que diferencie el eco del sonido emitido es:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: indagación.

A. 10 m.
B. 17 m.
C. 15 m.
D. 34 m.

Solución:



Para que el eco pueda ser distinguido del sonido inicial el tiempo entre la emisión del sonido y la detección del eco debe ser de 0,1 s, la velocidad del sonido determinada en este caso es de 340 m/s, así:

$$x = Vt = (340\ m/s)\ (0{,}1s) = 34\ m$$

Se debe tener en cuenta que el sonido ha viajado hasta la pared y ha regresa, es decir el doble de la distancia de la persona hasta la pared. Debido a esto la persona se encuentra a una distancia de 17 m, se concluye que la repuesta correcta es la opción B.

Cualidades del Sonido

Existen unas cualidades del sonido que permiten distinguir un sonido de otro, en la audición se distinguen tres cualidades del sonido: tono, intensidad y timbre.

Tono o Altura:

Es la característica del sonido por la cual una persona distingue sonidos graves o agudos. El tono está relacionado con la frecuencia del sonido, cuanto mayor sea la frecuencia más agudo es el sonido y si la frecuencia es baja el sonido es grave.

Intensidad:

Es la característica del sonido por la cual el oído distingue sonidos fuertes y sonidos débiles, o que tan cerca o que tan lejos está la fuente sonora. Existen dos tipos de intensidades:

La intensidad física (I):

Está relacionada con la cantidad de energía que transporta una onda sonora, en la unidad de tiempo, a través de una unidad de superficie, tomada perpendicularmente a la dirección en que se propaga. La relación matemática que permite encontrar la intensidad física es:

$$Intensidad\ (\mathrm{I}) = \frac{Potencia}{Área} = \frac{P}{A}$$

$$P = \frac{Energía}{Tiempo} = \frac{E}{t}$$

Se puede determinar que las unidades de la intensidad física son:

$$\mathrm{I} = \frac{J}{m^2 s} = \frac{W}{m^2}$$

Intensidad Auditiva (B):

Corresponde a la sensación percibida por el oído humano, depende tanto de la intensidad física como de otros factores característicos del aparato auditivo.
La intensidad auditiva se mide en beles (b) o en decibeles (db) y es proporcional al logaritmo decimal de la relación entre la intensidad física (I) del sonido que se quiere medir y la intensidad ($I0 = 10^{-12}\ W/m^2$) del sonido mínimo audible para los humanos, así:

$$\mathrm{B} = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\mathrm{B} = 10\log \frac{I}{I_0}$$

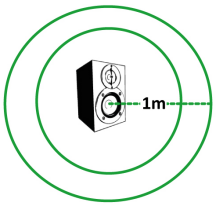
Timbre:

Si dos objetos diferentes emiten simultáneamente sonidos del mismo tono e intensidad podemos diferenciar el sonido producido por cada uno, se relaciona con la calidad que se le atribuye al sonido.

Ejemplo #8:

Un minicomponente de sonido convencional, puede emitir sonidos con una frecuencia de hasta 600 Watios. La intensidad física que se registra a 1 m de distancia con relación a la que se registra a 2 m de distancia del minicomponente es:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.



A. El cuádruple
B. La cuarta parte
C. La mitad
D. El doble

Solución:

Se sabe que:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{600W}{4\pi r^2}$$

La Intensidad es inversamente proporcional al cuadrado del radio, por tanto, si el radio aumenta al doble la intensidad disminuye a la cuarta parte.

La respuesta correcta es la opción B.

Efecto Doppler

Cuando un observador percibe el sonido que se origina en una fuente que se encuentra en movimiento, el observador percibirá un cambio aparente en la frecuencia del sonido: Este cambio dependerá de la dirección de movimiento de la fuente, el observador percibirá un aumento en la frecuencia del sonido cuando la fuente se acerca a él y una frecuencia menor cuando la fuente se aleja. Es importante reconocer que el observador puede encontrarse en movimiento también.

La relación matemática que permite relacionar la frecuencia percibida por el observador con las velocidades de ambos es:

$$f_0 = f\left(\frac{V \pm V_0}{V \pm V_f}\right)$$

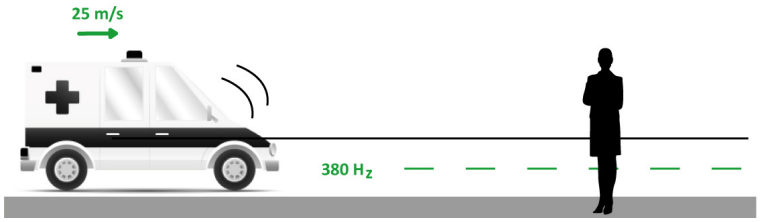
En la expresión anterior f_o es la frecuencia percibida por el observador, f es la frecuencia del sonido al ser emitido por la fuente, V es la velocidad del sonido en el medio que se indique, V_o la velocidad del observador y V_f será la velocidad de la fuente. El signo de las velocidades está asociado con la dirección de movimiento así:

Velocidad de la fuente	+	Se aleja del observador
	-	Se acerca del observador
Velocidad del observador	+	Se acerca a la fuente
	-	Se aleja de la fuente

Ejemplo #9:

Responda las preguntas 1 y 2 de acuerdo con la siguiente información.

Una ambulancia que emite un sonido con una frecuencia de 380 s^{-1} se acerca con una velocidad de 25 m/s a un observador en reposo que se encuentra parado en un andén.



1. La expresión que permite calcular la frecuencia que percibe el observador es:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. $f_0 = f\left(\dfrac{V}{V - V_f}\right)$

B. $f_0 = f\left(\dfrac{V}{V + V_f}\right)$

C. $f_0 = f\left(\dfrac{V + V_0}{V}\right)$

D. $f_0 = f\left(\dfrac{V - V_0}{V}\right)$

2. La frecuencia que percibe el observador, con relación a la original es aproximadamente:

Componente: eventos ondulatorios
Competencia: indagación

A. 7 % menor
B. 7 % mayor
C. 12 % mayor
D. 12 % menor

Solución:

Partiendo de la expresión:

$$f_0 = f\left(\frac{V \pm V_0}{V \pm V_f}\right)$$

reconociendo que la velocidad del observador es cero, la expresión será reducida a:

$$f_0 = f\left(\frac{V}{V \pm V_f}\right)$$

Finalmente se debe tener en cuenta que la fuente se acerca al observador y por esto se selecciona el signo negativo, así:

$$f_0 = f\left(\frac{V}{V - V_f}\right)$$

Lo que indica que la respuesta correcta de la primera pregunta es la opción A.

Al remplazar los datos conocidos en esta expresión:

$$f_0 = 380Hz\left(\frac{340\text{m/s}}{340\text{m/s} - 25\text{m/s}}\right) = (380Hz)(1{,}07)$$

Del anterior resultado, se observa que el factor que multiplica la frecuencia original es mayor que 1 y justo el 0,07 que es la cantidad que está por encima de 1 multiplicada por 100 % (0,07 x 100% = 7 %) es el porcentaje en que se incrementa.

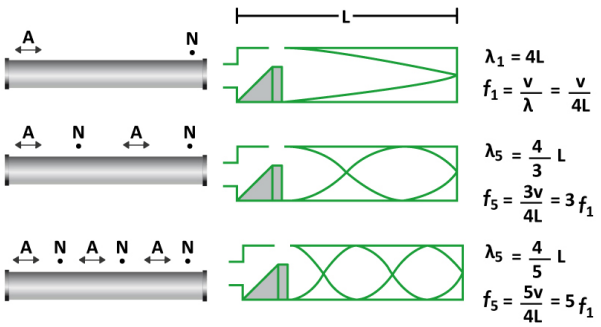
Esto quiere decir que la respuesta correcta es la opción B.

Tubos Sonoros

De la misma forma que es posible generar ondas estacionarias en cuerdas, es posible generar ondas estacionarias longitudinales de un gas al interior de un tubo; pero en general, un tubo debe tener un orificio por el cual entre un soplido de aire el cual causa la vibración. Estas ondas se crean debido a la interferencia entre ondas sonoras que viajan en direcciones opuestas.
Existen dos casos en los que es posible crear este fenómeno:

Tubo cerrado en un extremo, abierto en el otro:

En este caso el extremo cerrado del tubo actúa como un nodo para la onda estacionaria, en tanto el extremo abierto formara un antinodo (punto de amplitud máxima de la onda). Los primeros modos normales para este tipo de tubos se representan a continuación:

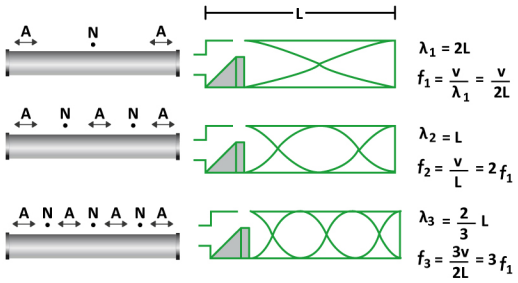


De la misma forma que en el caso de la cuerda, es posible determinar una relación entre la longitud del tubo con los valores de longitud de onda y con los valores de frecuencia para cada modo normal de vibración. Así:

$$\lambda = \frac{4L}{nf} = \frac{nV}{4L} \text{ donde } n = 1,3,5 \ldots$$

Tubo Abierto en ambos extremos:

En un tubo abierto en sus dos extremos estos funcionaran como antinodos para la onda estacionaria, variando así los valores de longitud de onda y de frecuencia de los modos de vibración respecto a los de un tubo cerrado. Los primeros modos se representan en la siguiente figura:



Al igual que en el caso anterior se puede determinar las expresiones para longitud de onda y frecuencia para cada módulo, así:

$$\lambda = \frac{2L}{nf} = \frac{nV}{2L} \text{ donde } n = 1,3,5 \ldots$$

Ejemplo #5

Un tubo abierto de 0,5 m de longitud emite un sonido al doble de la frecuencia fundamental. Entonces, esta frecuencia es:

Componente: eventos ondulatorios.

Competencia: indagación.

A. 340 s^{-1}
B. 400 s^{-1}
C. 580 s^{-1}
D. 680 s^{-1}

Solución:

Del segundo armónico (doble de la frecuencia fundamental) se determina que L = λ, por lo que λ = 0,5 m, luego la frecuencia es:

$$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{340 \text{m/s}}{0,5 \text{ m}} = 680 \text{s}^{-1}$$

La respuesta correcta es la opción **D**.

ÓPTICA

En la actualidad, parte del desarrollo tecnológico se enmarca en los instrumentos ópticos de alta tecnología, telescopios, microscopios, cámaras digitales, etc. Todos estos adelantos están precedidos por una gran pregunta: ¿por qué se ven los objetos que nos rodean?

Inicialmente, algunos griegos trataron de responder ésta pregunta afirmando que la percepción sólo era posible por medio del tacto; ellos opinaban que de los ojos salían una especie de tentáculos invisibles que se dirigían hacia el objeto que miraban Pero, desde la misma Grecia antigua se expresó también que la luz proviene de los cuerpos, y en esta medida los cuerpos fueron clasificados en dos clases: los que emiten su propia luz que fueron llamados fuentes de luz y los que la reflejan la luz que fueron llamados reflectores.

Se ha indagado sobre la naturaleza de luz para poder responder a la pregunta inicial y hasta la actualidad han surgido cinco teorías que tratan de explicar el comportamiento y naturaleza de la luz, las cuáles son: la ondulatoria de Huygens, la electromagnética de Maxwell, la de los cuantos de Planck, la mecánica ondulatoria de Broglie, y la corpuscular de Newton. Las cuales se describen brevemente a continuación:

Tomado con modificaciones de: https://goo.gl/HtVnTH

NATURALEZA DE LA LUZ

Teoría Ondulatoria

Explica las leyes de la reflexión y la refracción, define la luz como un movimiento ondulatorio del mismo tipo que el sonido. Como las ondas se trasmiten en el vacío, supone que las ondas luminosas necesitan un medio ideal para propagarse el cual se llama ETER que se encuentra presente tanto en el vacío como en los cuerpos materiales.

La dificultad fundamental que presenta esta teoría es precisamente la hipótesis de la existencia del éter dado que se tienen que equiparar las vibraciones luminosas a las vibraciones elásticas transversales de los sólidos, y no transmitiendo por tanto vibraciones longitudinales. Existe, pues, una contradicción en la naturaleza del éter, ya que por un lado debe ser un sólido incompresible y por otro no debe oponer resistencia al movimiento de los cuerpos.

Esta teoría no fue aceptada debido al gran prestigio de Newton quien ya había formulado la teoría corpuscular. Tuvo que pasar más de un siglo para que se tomara nuevamente en consideración la "Teoría Ondulatoria". Los experimentos de Young (1.801) sobre fenómenos de interferencias luminosas, y los de Fresnel sobre difracción fueron decisivos para que se tomaran en consideración los estudios de Huygens y para la explicación de la teoría ondulatoria.

Teoría Corpuscular

Supone que la luz está compuesta por una serie de corpúsculos o partículas emitidos por los manantiales luminosos, los cuales se propagan en línea recta y que pueden atravesar medios transparentes, y pueden ser reflejados por materias opacas. Esta teoría explica: la propagación rectilínea de la luz, la refracción y reflexión, pero no puede explicar los llamados anillos de Newton (Irisaciones en las láminas delgadas de los vidrios), el cual es explicado por la teoría ondulatoria, además de que tampoco explica los fenómenos de interferencia y difracción de la luz.

Teoría Electromagnética

Esta teoría fue planteada en 1865 y descubre que la perturbación del campo electromagnético puede propagarse en el espacio a una velocidad que coincide con la de la luz en el vacío, equi- parando por tanto las ondas electromagnéticas con las ondas luminosas. Veinte años después Hertz comprueba que las ondas hertzianas de origen electromagnético tienen las mismas pro- piedades que las ondas luminosas, estableciendo definitivamente la identidad de ambos fenómenos. Esta teoría no da explicación a: fenómenos por absorción o emisión, fenómenos fotoeléctricos y emisión de luz por cuerpos incandescentes, por ello fue necesario volver a la teoría corpuscular como hizo Planck en 1.900.

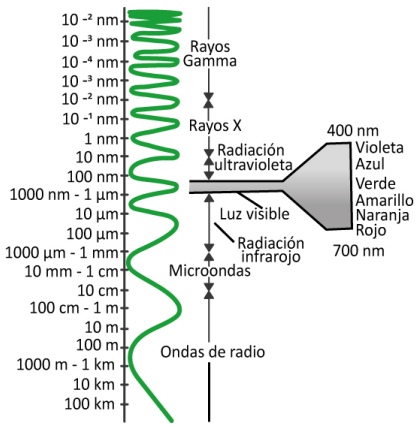
Teoría de los Cuantos

Esta teoría establece que los intercambios de energía entre la materia y la luz, sólo son posibles por cantidades finitas (cuantos), átomos de luz, que posteriormente se denominarán fotones. Esta teoría tropieza con el inconveniente de no poder explicar los fenómenos de tipo ondulatorio como: interferencias o difracción. Se encuentra nuevamente con dos hipótesis contradictorias, la teoría electromagnética y la teoría de los cuantos. Luego en 1924 aparece la teoría de la mecánica ondulatoria.

Mecánica Ondulatoria

Esta teoría establece la naturaleza corpuscular de la luz en su interacción con la materia (procesos de emisión y absorción) y la naturaleza electromagnética en su propagación.

La luz es energía que se propaga en forma de ondas transversales electromagnéticas cuyas frecuencias se encuentran en ciertos intervalos determinados. La velocidad con la que se propaga la luz en el vacío tiene un valor constante de 300.000 Km/s aproximadamente y fue medida por Michelson, empleando un interferómetro, trabajo por el cual ganó el premio Nóbel de Física en 1.907. El espectro electromagnético se pude dividir dependiendo las longitudes de onda emitidas, tal división se muestra en la siguiente gráfica:



A la derecha se muestran los valores para las longitudes de onda y a la izquierda aparece su clasificación, la parte más significativa del espectro es lo que se conoce como luz visible que se encuentra en el orden de los 400 a 700 nanómetros y comprende la zona del espectro electromagnético que puede ser detectado por nuestra vista; para cada determinada longitud de onda en el espectro visible se encuentra un color, como se presenta en a la siguiente tabla:

Color	Longitud	Frecuencia
Rojo	625-740 nm	480-450 THz
Naranja	590-625 nm	501-480 THz
Amarillo	565-590 nm	530-510 THz

Color	Longitud	Frecuencia
Verde	520-565 nm	580-530 THz
Cian	500-520 nm	600-580 THz
azul	450-500 nm	670-600 THz
Añil	430-450 nm	700-670 THz
Violeta	380-430 nm	790-700 THz

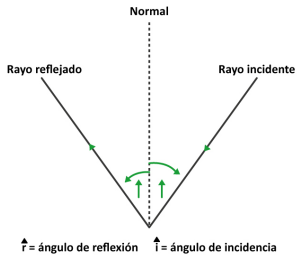
Para lograr la detección de la radiación electromagnética fuera del rango de luz visible ha sido necesario el desarrollo de herramientas tecnológicas que interactúen con radiación de estas longitudes de onda. Las ondas electromagnéticas presentan fenómenos análogos a los de las ondas mecánicas, fenómenos que permiten que podamos desarrollar aparatos ópticos y comprender la naturaleza de la luz.

ÓPTICA GEOMÉTRICA

Esta óptica define a la luz como rayos (líneas rectas) que se desplazan en una dirección fija, estos interactúan con las interfaces que se encuentran en su camino generando diferentes fenómenos.

Reflexión de la Luz

Este fenómeno se da cuando el rayo se encuentra con una interfaz que separa dos entre dos medios, lo que provocara que rebote, sin cambiar de medio. El rayo incidente y el rayo reflejado forman el mismo ángulo con la normal de la superficie (una línea perpendicular a la superficie reflectante en el punto de incidencia). Los ángulos que forman los rayos incidente y reflejado con la normal se denominan respectivamente ángulo de incidencia y ángulo de reflexión.



Se debe tener en cuenta que las superficies rugosas reflejan la luz en muchas direcciones, y en este caso se habla de reflexión difusa.

La aberración cromática es un defecto óptico generado por el objetivo de una cámara y se manifiesta como formas irregulares en el color de los objetos observados. Cada color que compone el espectro de luz visible tiene una longitud de onda diferente, lo que provoca que cada uno siga una trayectoria distinta cuando pasa por una lente, formando así un caso de aberración.

Espejos

Un espejo es un dispositivo óptico, generalmente de vidrio, con una superficie lisa y pulida, que forma imágenes mediante la reflexión de los rayos de luz.

Para el desarrollo de la teoría de los espejos es necesario introducir algunos términos preliminares.

Campo del espejo:

Porción del entorno que se refleja en el espejo, determinada por el tamaño del espejo y la posición del observador.

Imagen Real:

Imagen que se forma con los rayos reflejados por el espejo, donde realmente se interceptan.

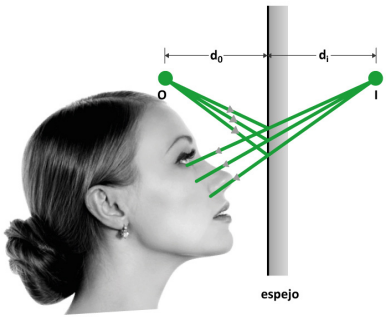
Imagen Virtual:

Imagen que se forma con la proyección de los rayos reflejados por el espejo, donde parece que se interceptan.

- d_0= distancia del objeto al espejo
- h_0= tamaño del objeto
- d_i= distancia del espejo a la imagen
- h_i= tamaño del objeto.

Espejo plano

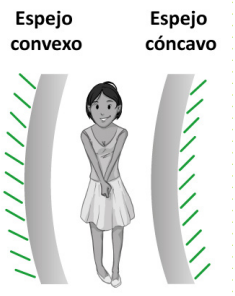
Se deben analizar los rayos generados en el objeto y que inciden en el espejo, estos serán reflejados con un ángulo igual al ángulo de incidencia, como lo describe el fenómeno de reflexión Los rayos reflejados no coincidirán en un punto en el espacio, pero sus proyecciones (líneas punteadas) si lo harán formando así la imagen del objeto, para este caso detrás del espejo. La situación se representa en la próxima imagen:



Espejo Esféricos

Un espejo esférico se define como la porción de un casquete esférico que se denomina espejo cóncavo si la superficie reflectora es la interna y convexo si es la superficie externa.

Los espejos esféricos tienen elementos claves para la formación de las imágenes en ellos, estos elementos son:



Centro de curvatura:

Punto del espacio que está a igual distancia de cualquiera de los puntos del espejo. Se representa con la letra C.

Radio de curvatura:

Distancia del centro de curvatura a cualquier punto del espejo, Se representa con la letra r.

Vértice del Espejo:

Punto medio del espejo. Se representa con la letra V.

Eje principal:

Recta que pasa por el centro de curvatura y el vértice del espejo.

Plano focal:

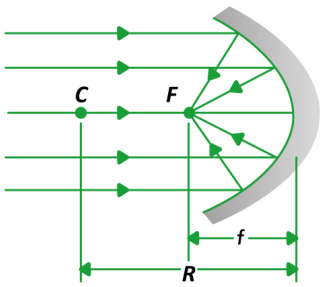
Plano perpendicular al eje principal situado a una distancia de r/2 del espejo.

Foco:

Punto de intersección del plano focal y el eje principal.

Distancia focal:

Distancia que hay desde el foco hasta el vértice del espejo.



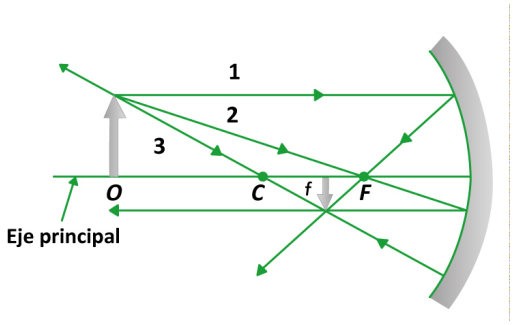
Al igual que para los espejos planos el fenómeno de reflexión es altamente importante para la formación de imágenes en los espejos esféricos.

Rayos Principales en Espejos Esféricos

La determinación del tamaño y de la posición de la imagen generada por los espejos esféricos se realiza a través de un diagrama de rayos, en este se toman en consideración los rayos principales. Para un espejo cóncavo los rayos principales son definidos a continuación:

1. Rayo 1: Incide de forma paralela al eje principal, se refleja hacia el foco (F)
2. Rayo 2: Incide en el espejo pasando por el foco (F) y se refleja paralelo al eje principal.
3. Rayo 3: Rayo que incide en el espejo pasando por el centro de curvatura (R), se refleja por el mismo camino.

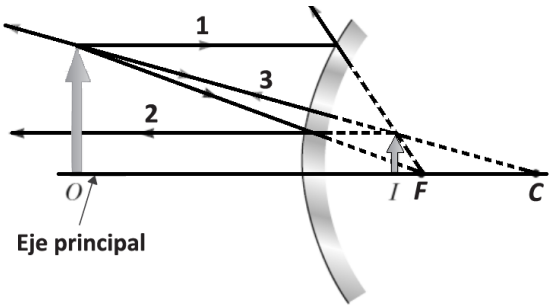
Se deben trazar los rayos principales desde el punto superior del objeto y determinar el punto donde se interceptan, para imágenes reales, o la intercepción de las proyecciones en el caso de imágenes virtuales. La siguiente imagen ilustra el procedimiento:



En el caso de un espejo convexo los rayos principales son:

1. Rayo 1: Incide de forma paralela al eje principal y se refleja, su proyección pasa por el foco (F) del espejo.
2. Rayo 2: Incide en el espejo con dirección al foco (F) del espejo y se refleja paralelo al eje principal.
3. Rayo 3: Incide en el espejo con dirección al centro de curvatura (C) del espejo y se refleja sobre sí mismo.

En la siguiente imagen se ilustra el procedimiento para un espejo convexo:



Para los espejos esféricos la determinación la posición, la orientación, el tipo y el tamaño de la imagen formada por un objeto toma diferentes valores que varía dependiendo de la posición de este, como se presenta en la siguiente tabla:

ESPEJO CONCAVO				
Objeto	**Imagen**			
Posición	Tipo	Posición	Orientación	Tamaño relativo
$> d_o > 2f$	Real	$< d_i < 2f$	Invertida	Disminuida
$d_o = 2f$	Real	$d_i = 2f$	Invertida	Mismo tamaño

$f < d_o < 2f$	Real	$< d_i < 2f$	Invertida	Aumentada
$d_o = f$				
$d_o < f$	Virtual	$d_i > d_o$	Derecha	Aumentada
ESPEJO CONVEXO				
Objeto	Imagen			
Posición	Tipo	Posición	Orientación	Tamaño relativo
Cualquier lugar	Virtual	$\|d_i\|>\|f\|$	Derecha	Disminuida

Geométricamente se puede encontrar una expresión para determinar la ubicación de una imagen formada por un espejo esférico, esta depende de la distancia focal y la distancia del objeto al vértice del espejo, así:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_0}+\frac{1}{d_i}$$

Esta ecuación se conoce como la fórmula de Descartes y es aplicable para ambos tipos de espejos circulares. Adicionalmente, es posible demostrar que el tamaño de la imagen (h_i) y el tamaño del objeto (h_o) están directamente relacionados con la distancia a la que estén la imagen (d_i) y el objeto (d_o) , de la siguiente manera:

$$\frac{h_0}{h_i}=\frac{d_0}{d_i}$$

A partir de este par de ecuaciones es posible determinar fácilmente tamaño y posición de la imagen de un objeto.

Ejemplo #1:

Si la imagen de un objeto se encuentra a 50 cm de un espejo cóncavo, que tiene una distancia focal de 20 cm, entonces el objeto se encuentra situado aun una distancia del espejo de:

Componente: eventos ondulatorios.
Competencia: indagación.

A. 1/4 m
B. 1/3 m
C. 1/2 m
D. 0,2 m

Solución:

Se deben reemplazar los datos dados por el problema en la ecuación indicada, así:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_0}+\frac{1}{d_i}$$

Al despejar la distancia del objeto (d_o):

$$\frac{1}{d_0}=\frac{1}{f}+\frac{1}{d_i}$$

Y al remplazar los datos queda que:

$$\frac{1}{d_0}=\frac{1}{0{,}2\ \mathrm{m}}=\frac{1}{0{,}5\ \mathrm{m}}=\frac{0{,}5\ \mathrm{m}-0{,}2\ \mathrm{m}}{0{,}1\ \mathrm{m}^2}=\frac{0{,}3\ \mathrm{m}}{0{,}1\ \mathrm{m}^2}=3\mathrm{m}^{-1}$$

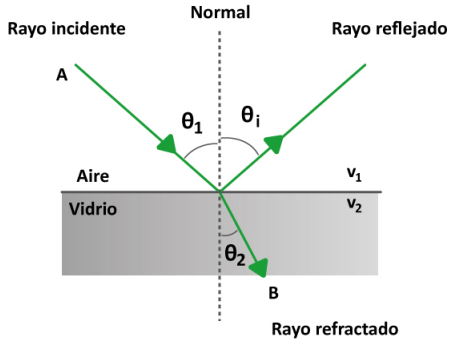
Luego, como

$$\frac{1}{d_0}=3\mathrm{m}^{-1} \qquad d_0=\frac{1}{3}\ \mathrm{m}$$

Así la respuesta correcta es la opción B.

Refracción de la Luz

Un haz de luz incide en una interfaz que separa dos medios y formando un ángulo de incidencia (θ_1) con respecto a la normal de la superficie. La luz, al llegar al segundo medio, sufre un cambio conocido como refracción en el cual la velocidad con la que se propaga la luz cambia; la luz refractada forma un ángulo de refracción (θ_2) determinado por el ángulo de incidencia y por la razón entre las velocidades de propagación en cada uno de los medios. El fenómeno se representa en la siguiente figura:



La velocidad de la onda depende exclusivamente del medio en el cual este se propaga y al relacionarlo con el cambio de medio que sufre en el fenómeno de difracción se plantea la expresión que se conoce como la ley de Snell:

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{V_2}{V_1}$$

al relacionar la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio se define el índice de refracción (n), este es específico para cada material, se defina por la expresión:

$$n=\frac{C}{V}$$

Apoyados en el concepto del índice de refracción a ley de Snell toma la forma:

$$n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$$

A continuación, se presentan los índices de refracción de algunos materiales:

MATERIAL	ÍNDICE DE REFRACCIÓN
Vacío	1
Aire (*)	1,0002926
Agua	1,3330
Acetaldehído	1,35
Solución de azúcar (30%)	1,38
1-Butanol	1,399
Glicerina	1,473
Heptanol	1,423
Solución de azúcar (80%)	1,52
Benceno (a 20°C)	1,501
Metanol (a 20°C)	1,329
Cuarzo	1,544
Vidrio (corriente)	1,52
Disulfuro de carbono	1,6295
Cloruro de sodio	1,544
Diamante	2,42
* en condiciones normales de presión y temperatura (1 bar y 0°C)	

Ejemplo #2:

Un rayo de luz blanca incide desde el aire con un ángulo de 30°sobre una lámina de vidrio. Para el ángulo θ_2 que forma, en el interior del vidrio, la componente roja del rayo, se cumple que: (Nota: $n_2 = 1{,}612$)

Componente: eventos ondulatorios.

Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. $\text{Sen}\ \theta_2 \approx 1{,}612$
B. $\text{Sen}\ \theta_2 \approx 0{,}15$
C. $\text{Sen}\ \theta_2 \approx 0{,}12$
D. $\text{Sen}\ \theta_2 \approx 0{,}31$

Solución:

De la Ley de Snell se cumple que:

$$n_1 = \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

Reemplazando los datos dados por el ejercicio, $n_1 = 1$, $\theta_1 = 30°$ y $n_2 = 1{,}612$ se tiene:

$$1 \sin 30° = (1{,}612) \sin\theta_2$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sin 30°}{1{,}612} = \frac{0{,}5}{1{,}612} = 0{,}31$$

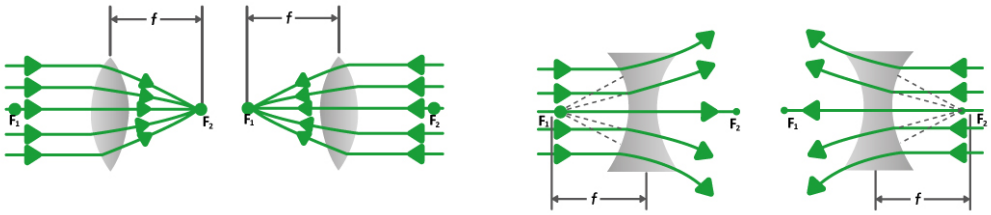
La respuesta correcta es la opción **D**.

Aplicación de las Leyes de Refracciones a Lentes

Una lente es un cuerpo transparente que está delimitado por dos superficies esféricas o por una superficie plana y una esférica, se clasifican en dos tipos: lentes convergentes y divergentes. Como forma práctica para diferenciarlas se pueden diferenciar ya que las lentes convergentes son más gruesas en la parte central que en los extremos; mientras que, las lentes divergentes son más angostas en estas partes.

Las lentes delgadas son utilizadas en diferentes dispositivos tecnológicos como medio para la captura de imágenes. Existen diferentes características que diferencia una lente de otra, estas son:

- Centro de curvatura (C): son los centros (C_1 y C_2) de las circunferencias que determinan cada una de las superficies del lente.
- Radio de curvatura (R): Son los radios (R_1 y R_2) que corresponden a las circunferencias que determinan las superficies de las lentes.
- Foco (F): Es el punto donde inciden todos los rayos que inciden paralelos al eje principal al ser refractados por la lente. La siguiente grafica representa los focos de lentes delgadas tanto divergentes como convergentes.



La ecuación del fabricante de lente, como es conocida, relaciona la distancia focal (f) de la lente, con el índice de refracción (n) del material que la compone y con los radios de curvatura (R1 y R2) de las dos superficies, de la siguiente forma:

$$\frac{1}{f} = (n_1 - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

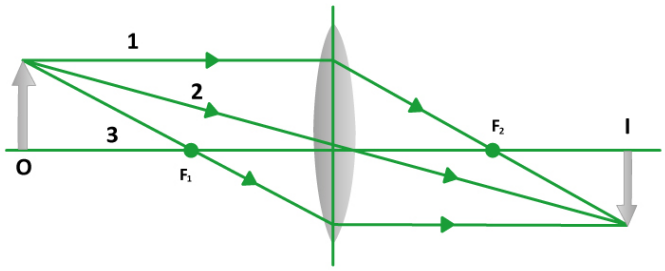
Esta expresión puede usarse tanto para determinar los radios de curvatura que se necesitan para obtener una distancia focal deseada, como para determinar los radios de una lente a la cual se le conoce su distancia focal.

Rayos Principales para lentes delgadas:

Al igual que para la generación de imágenes con espejos esféricos, es necesario determinar los rayos principales también para las lentes.

Para lentes convergentes:

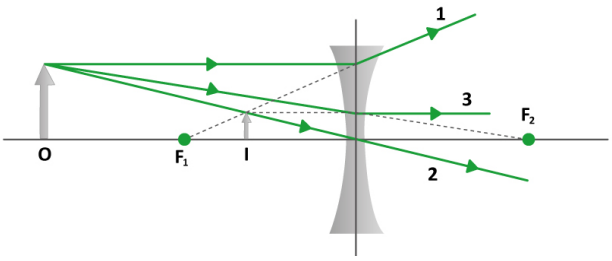
1. Rayo 1: Incide paralelo al eje principal y se refracta pasando por el foco.
2. Rayo 2: Incide pasando por el centro de la lente y continua en line recta.
3. Rayo 3: Incide pasando por el primer foco y se refracta paralelo al eje principal.



Como se muestra en la figura anterior, la imagen se forma a partir de un punto del objeto, se trazan los rayos principales y se determina el punto donde estos se intercepten luego de ser refractados.

Para lentes divergentes:

1. Rayo 1: Incide paralelo al eje principal y se refracta en una dirección tal que su prolongación pasa por el foco.
2. Rayo 2: Incide por el centro de la lente y continua en line recta.
3. Rayo 3: Incide en dirección del foco y se refracta paralelo al eje principal.



De la figura anterior se pude determinar que la imagen generada por las lentes divergentes es conformada por la proyección (líneas punteadas) de los rayos principales, esto genera una imagen de tipo virtual.
El tipo de imagen que se genera por las lentes tanto convergentes como divergentes depende de la posición del objeto, como se representa en la siguiente tabla:

LENTE CONCAVO				
Objeto	**Imagen**			
Posición	Tipo	Posición	Orientación	Tamaño relativo
$> d_o > 2f$	Real	$< d_i < 2f$	Invertida	Disminuida
$d_o = 2f$	Real	$d_i = 2f$	Invertida	Mismo tamaño
$f < d_o < 2f$	Real	$< d_i < 2f$	Invertida	Aumentada
$d_o = f$				
$d_o < f$	Virtual	$d_i > d_o$	Derecha	Aumentada
LENTE CONVEXO				
Objeto	**Imagen**			
Posición	Tipo	Posición	Orientación	Tamaño relativo
Cualquier lugar	Virtual	$\|d_i\|>\|f\|$	Derecha	Disminuida

Al igual que en caso de los espejos esféricos, también se cumplen las expresiones:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_0}+\frac{1}{d_0} \qquad \frac{h_0}{h_i}=\frac{d_0}{d_i}$$

Ejemplo #3:

Un objeto de 10 cm de altura, está situado 40 cm delante de una lente delgada convergente de distancia focal 15 cm. Entonces, el tamaño de la imagen se calcular con:

Componente: eventos ondulatorios.

Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. $\frac{10}{d_i}=\frac{40}{\left(\frac{1}{15}+\frac{1}{40}\right)}$

B. $\frac{d_i}{10}=40\left(\frac{1}{15}+\frac{1}{40}\right)$

C. $\frac{10}{d_i}=\frac{40}{15}-1$

D. Ninguna de las anteriores.

Solución:

Partiendo de la expresión y despejando la distancia del objeto (d_i):

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f}-\frac{1}{d_0}$$

Sustituyendo la expresión anterior en la expresión:

$$\frac{h_0}{h_i}=d_0\frac{1}{d_i}$$

Se obtiene

$$\frac{h_0}{h_i}=d_0\left(\frac{1}{f}+\frac{1}{d_0}\right)$$

Se reemplazan los datos conocidos:

$$\frac{10}{h_i}=40\left(\frac{1}{15}-\frac{1}{40}\right)$$

$$\frac{10}{h_i}=\frac{40}{15}-1$$

La respuesta correcta es la opción **C**.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

ELECTROSTÁTICA

Es la rama de la física que estudia los efectos que se producen debido a la interacción de cuerpos cargados eléctricamente. La carga eléctrica es una propiedad de la materia a la cual se le atribuyen los fenómenos electrostáticos que se presentan en forma de atracciones y repulsiones entre los cuerpos que la poseen.

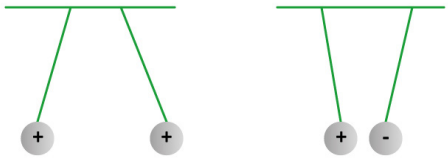
Al igual que la masa, la carga eléctrica es una propiedad fundamental de los cuerpos pero que es de mayor importancia para partículas elementales de la materia. Por convención, la carga eléctrica tiene dos signos: positiva (+) y negativa (-). Las cargas eléctricas se encuentran presentes en todas las partículas que conforman la materia, las cuales se conocen como átomos, éstos a su vez están conformados por tres tipos de partículas fundamentales: el protón de carga positiva, el electrón de carga negativa, y una partícula llamada neutrón que no posee carga efectiva; los átomos poseen ciertas características importantes que se muestran a continuación:

1. Todo átomo tiene un núcleo de carga positiva que está rodeado de electrones de carga negativa.
2. Los electrones tienen una carga y una masa definida.
3. El núcleo se compone de protones y neutrones, los primeros son portadores de cargas de igual magnitud a la de los electrones, pero positiva, y una masa de unas 2.000 veces la del electrón.
4. Los átomos tienen tantas cargas positivas como negativas; por lo tanto, su carga neta es cero.

Dos cuerpos igualmente cargados (dos electrones o dos protones) se repelen cuando interaccionan; mientras que, si las cargas son de signo contrario (electrón-protón), experimentan una atracción. A esta regla general se le conoce como regla fundamental de la electrostática y se enuncia así:

Dos cuerpos con cargas de igual signo (positivo ó negativo) se repelen, en tanto que cargas opuestas se atraen.

En la siguiente figura se ilustran dos esferas las cuales poseen un exceso de carga positiva o negativa, aquí se muestra la forma en la que se repelen o atraen estas cargas.



Tipos de materiales

No todos los materiales se comportan de la misma manera al ser cargados, es necesario entonces clasificar los materiales en términos de su respuesta a la capacidad de conducir cargas eléctricas.

Conductores:

Son materiales en los cuales la carga eléctrica puede moverse fácilmente, esto se debe a que poseen una gran cantidad de electrones libres en sus átomos; por ejemplo, el cobre y la plata. En ellos la carga eléctrica se distribuye uniformemente por toda la superficie.

Aislantes:

Son materiales en los que los átomos no poseen electrones libres ya que están fuertemente ligados al núcleo, lo que dificulta su movimiento; un ejemplo de estos es el caucho. Estos materiales no son capaces de distribuir las cargas y debido a esto pueden generar cargas puntuales o localizadas en áreas específicas de su superficie.

Ejemplo #1:

Una esfera de acero cargada positivamente cuelga de la pared por medio de un nailon (aislante), de la misma forma, otra esfera de acero cargada en la misma magnitud, pero negativamente pende de la pared. Se observa que las dos esferas se atraen debido a que poseen cargas de signo contrario, si las esferas llegaran a tocarse sucedería que:

Componente: eventos electromagnéticos.
Competencia: explicación de fenómenos.

A. Ambas esferas se quedan unidas.
B. Ambas esferas quedan neutras.
C. La esfera cargada positivamente pasa toda su carga a la otra esfera.
D. La esfera cargada negativamente pasa toda su carga a la otra esfera.

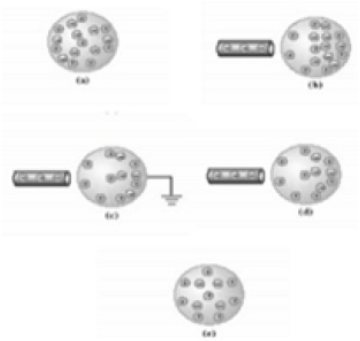
Solución:

Cuando estas dos esferas se pongan en contacto, se comportarán como un solo cuerpo y como son conductoras, la carga eléctrica presente en ambas se distribuirá uniformemente por toda la superficie. Como tienen la misma cantidad de carga negativa y positiva, al distribuirse, cada una queda con la misma cantidad de ambas, por lo tanto, se neutralizan. Lo que indica que la respuesta correcta es la opción B.

Interacción entre Cargas

Una barra de caucho cargada negativamente se acerca a una esfera metálica sin carga. Se generará una fuerza repulsiva sobre las cargas negativas de la esfera y una fuerza atractiva sobre las cargas positivas. Esto generará que las cargas negativas de la esfera se acumulen en la parte contraria de la esfera, al conectar está a una conexión a tierra, la esfera queda con un exceso de carga positiva. A este proceso se conoce como carga por inducción.

La fuerza eléctrica entre un electrón y un protón es 39 órdenes de magnitud mayor que la fuerza gravitacional entre ellos, eso es un 1 seguido de 39 ceros veces mayor. Debido a esto, se da prioridad a la fuerza eléctrica a la hora de estudiar fenómenos atómicos, más que la fuerza gravitacional.



Otro método de carga es el que se conoce como carga por conducción. Un objeto cargado negativamente (por ejemplo, la misma barra de caucho) se pone en contacto con una esfera neutra, algunos electrones de la barra se transfieren a la esfera y al retirarla, la esfera queda con un exceso de carga negativa.

Ley de Coulomb

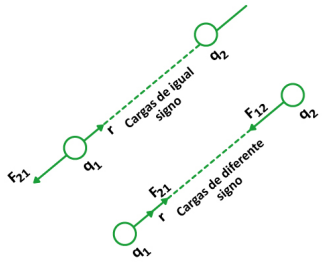
El físico francés Charles Coulomb describió cuantitativamente, basándose en experimentos, la forma en la que se atraen o se repelen dos cuerpos cargados, esto se conoce como Ley de Coulomb.

La ley se refiere a que la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas puntuales es directamente proporcional al producto de las magnitudes de las cargas e inversamente proporcional a la distancia entre ellas; esto es:

$$F_e = K\frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

Donde $K=9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$ y es la constante de proporcionalidad conocida como constante de Coulomb.

De la expresión se observa que la fuerza es mayor cuando las cargas son más grandes y disminuye cuando la separación entre las cargas aumenta. En la siguiente gráfica se representan las fuerzas que experimentaran dos cargas que interactúan sean de igual signo o de signo contrario.



Es de anotar que la carga eléctrica de un electrón o un protón es $1{,}602 \times 10^{-19}$ Coulombios, y solo se diferencian en su signo.

Ejemplo #2:

Dos electrones se encuentran separados inicialmente a una distancia r. Si posteriormente esta distancia se incrementa al doble, lo que se espera de la fuerza de repulsión debido a su interacción es que:

Componente: eventos electromagnéticos.

Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

A. Disminuya a la cuarta parte.
B. Aumente al doble.
C. Disminuya a la mitad.
D. No se puede determinar.

Solución:

De la expresión:

$$F_e = K\frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

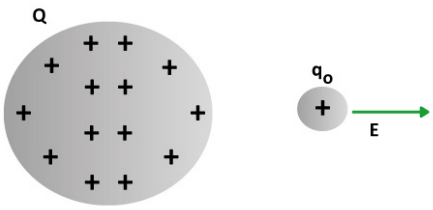
se determina que la fuerza experimentada por las cargas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, por lo tanto, si la distancia de separación se incrementa al doble la fuerza debe disminuir a la cuarta parte, lo que indica que la respuesta correcta es la opción A.

Campo eléctrico (E)

La fuerza de atracción y repulsión, debida a la ley de Coulomb, es una fuerza en la cual no existe ningún contacto físico entre las cargas, sino que dicha fuerza se transmite gracias a la acción de lo que se conoce como un campo eléctrico. Este se define como una región del espacio donde al poner una carga está experimentara una fuerza, sea de atracción o repulsión. El campo eléctrico se puede determinar a partir de la fuerza que se ejerce sobre una carga de prueba positiva localizada en el punto del espacio, de la siguiente manera:

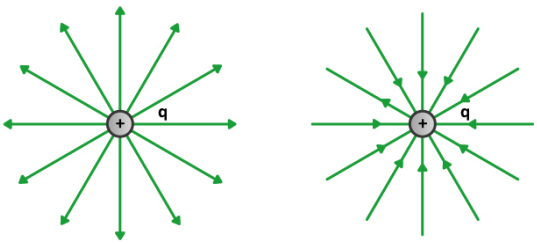
$$E = \frac{F_e}{q_{prueba}}$$

Al igual que la fuerza, el campo eléctrico es una cantidad vectorial que tiene la dirección de la fuerza eléctrica que se ejerce sobre la carga de prueba positiva, las unidades de campo eléctrico son los Newton por Coulomb, es decir, N/C.



Una forma de representar un campo eléctrico es mediante lo que se conoce como las líneas de campo eléctrico o líneas de fuerza las cuales son líneas imaginarias tangentes a la dirección del campo eléctrico en cada uno de sus puntos, el campo es más fuerte en las regiones en las cuales las líneas están más próximas, mientras que se hace más débil cuando están más separadas; para trazar las líneas de campo hay que tener en cuenta que todas ellas debe originarse en una carga positiva (fuente) y terminar en una carga negativa (sumidero).

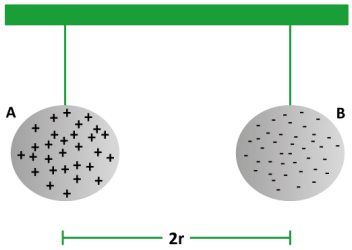
Para cargas puntuales aisladas, las líneas de campo se representan de la siguiente manera:



Ejemplo #3:

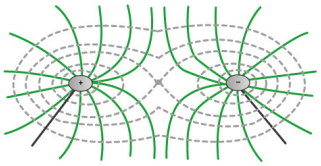
Las esferas A y B, están hechas de un material conductor y se encuentran suspendidas por medio de un par de cables aislantes. Las esferas están separadas a una distancia de $2r$ y sus cargas son $q_A = 5q$ y $q_B = -5q$.

Componente: eventos electromagnéticos.
Competencia: uso comprensivo del conocimiento científico.

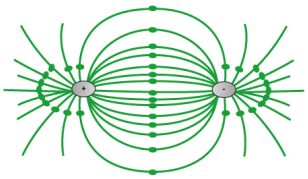


El diagrama que ilustra las líneas de campo debidas a la interacción entre las cargas de las esferas es:

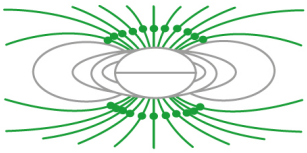
A.



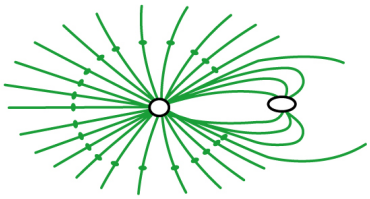
B.



C.



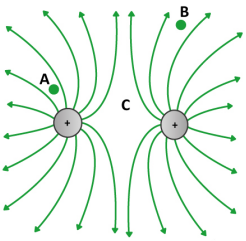
D.



Solución:

Todas las líneas de campo deben originarse en una carga positiva y terminar en una carga negativa, para lo cual, la única opción que cumple con ello es la opción **B**.

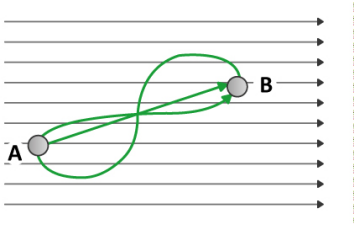
En el caso en que las cargas hubieran sido ambas positivas el diagrama sería el siguiente:



Si las cargas hubieran sido ambas negativas, el diagrama seria el mismo, pero con las flechas entrando.

Potencial Eléctrico

Una carga de prueba (+q) se pone en un campo eléctrico y experimenta una fuerza F que causará un desplazamiento de la carga. Es posible indicar que la fuerza (F) realiza un trabajo (W) sobre la carga q para llevarla de un punto A hasta un punto B. dicho trabajo ejercido sobre la carga se define como diferencia de potencial, es decir, $V_B - V_A$. Este no depende de la trayectoria solo del desplazamiento de la carga.



El trabajo que realiza el campo para llevar una carga q desde A hasta un punto B es:

$$W_{AB} = F_m\,(r_B - r_A)$$

Donde es la fuerza F_m es la ejerce una carga Q sobre un punto medio (r_m); la fuerza en dicho punto es:

$$F_m = K\frac{Q \times q}{r_m^2}$$

Por lo que el trabajo está dado por:

$$W_{AB} = K\frac{Q \times q}{r_m^2}\,(r_B - r_A)$$

Además, si la distancia media r_m es aproximadamente igual a r_A y r_B , matemáticamente, el trabajo hecho por una carga puntual y la diferencia de potencial o voltaje están dados por:

$$W_{AB} = KQq\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} = KQ\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

También se puede expresar la diferencia de potencial en términos del campo eléctrico así:

$$V_B - V_A = Ed$$

Siendo d la distancia entre los puntos A y B.

Las unidades en que se mide el Potencial Eléctrico y la Diferencia de Potencial, son el voltio (V) y se define como la diferencia de potencial existente entre dos puntos A y B de tal manera que hay que realizar un trabajo de 1 Julio (J) para trasladar una la carga de un Culombio de A hasta B.

$$\frac{Nm}{C} = \frac{Kgm^2}{Cs^3}$$

Ejemplo #4:

Se pone una carga Q = 2 C en un campo eléctrico constante de $10\ \mathrm{Nm/C}$, como se ilustra en la figura, la carga se desplaza 1 m. La diferencia de potencial es de:

Componente: eventos electromagnéticos.
Competencia: indagación.

A. 100 V
B. 0 V
C. 10 V
D. 50 V

Solución:

La diferencia de potencial o voltaje se puede calcular en términos del campo eléctrico y la distancia que separa los puntos A y B respectivamente así:

$$V_B - V_A = Ed$$

Luego:

$$V_B - V_A = (10\ \mathrm{N/C})\ (\ 1\mathrm{m}) = 10\ \mathrm{N/C} = 10\ \mathrm{V}$$

Lo que indica que la respuesta correcta es la opción C.

Corriente

En un conductor los electrones se encuentran en movimiento aleatorio, pero al aplicar una diferencia de potencial en los extremos del conductor, las cargas negativas del conductor tienden a moverse en sentido contrario a la dirección del campo eléctrico. Al aplicar un campo eléctrico en el interior del conductor éste actuará sobre las cargas libres poniéndolas en movimiento y estableciendo una corriente eléctrica.
Se define la intensidad de corriente a la cantidad total de cargas (Q) que pasan por una sección transversal del conductor en la unidad de tiempo (t), así:

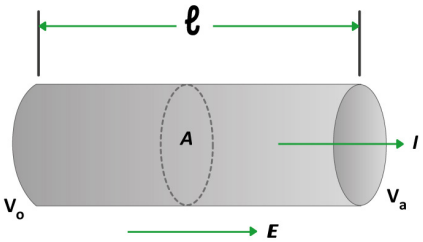
$$I = \frac{\mathrm{Q}}{t}$$

Cuyas unidades son Coulomb por segundo, es decir, C/s , unidad que se conoce como Amperio que se simboliza con la letra A .

Para que una corriente aparezca en un circuito es necesario además de un generador de voltaje, la presencia de un conductor. La corriente que circula depende de varios factores relacionados con las propiedades del conductor, así como sus dimensiones. Todos los materiales se oponen al paso de la corriente eléctrica a través de ellos, dicha propiedad se conoce como resistencia eléctrica.

Los resistores se representan en un circuito eléctrico por medio del siguiente símbolo:

Resistencia de un Alambre



Al aumentar la longitud (L) de los conductores, la intensidad de la corriente disminuye proporcionalmente, lo que significa que la resistencia aumenta con la longitud del conductor; mientras que, la intensidad de la corriente aumenta cuando se incrementa el área (A) de la sección transversal del conductor. La resistencia del conductor se encuentra con la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

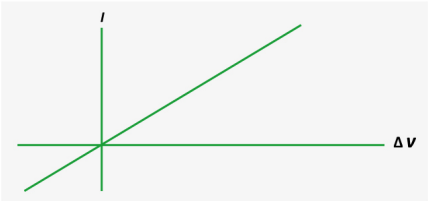
Donde el término ρ es una constante la cual se conoce como resistividad y será una propiedad del material del cual esté constituido el conductor.

Ley de Ohm

Al aplicar una diferencia de potencial (voltaje) sobre un material conductor se generará una corriente eléctrica. La ley de ohm indica que, al aumentar el valor del voltaje, el valor de la intensidad de corriente también aumentara conforme a la siguiente expresión:

$$V = IR$$

Los materiales que cumplen con esta relación se conocen como materiales Óhmicos y generan la siguiente grafica de V vs I:



Se puede establecer que la unidad de la resistencia es Voltio sobre Amperio, que se conoce como Ohmio y se representa por la letra Ω.

Ejemplo #5:

En un circuito eléctrico que cumple la Ley de Ohm, si el voltaje suministrado se duplica al igual que la resistencia eléctrica, se espera de la corriente en el circuito que:

Componente: eventos electromagnéticos-
Competencia: uso comprensivo del Conocimiento Científico-

A. Se incremente.
B. Se reduzca.
C. Se mantenga igual.
D. No es posible determinarlo.

Solución:

En la expresión:

$$I=\frac{V}{R}$$

Se duplica el voltaje y la resistencia, así la expresión pasaría a ser:

$$I=\frac{2V}{2R} \quad I=\frac{V}{R}$$

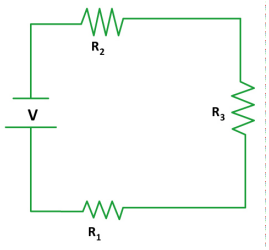
Lo que indicaria que la corriente eléctrica en el circuito bajo las modificaciones descritas no cambia, es decir, que la respuesta correcta es la opción C.

CIRCUITOS ELÉCTRICOS

A continuación, se analiza como es el funcionamiento de un circuito simple constituido por un generador o fuente de diferencia de potencial y resistores en diversas configuraciones.

Resistencias en serie

Cuando en un circuito la corriente eléctrica que sale de la fuente pasa por un resistor y sin dividirse entra en al próximo, así hasta regresar a la fuente, se dice que los resistores están conectados en serie. La siguiente figura muestra tres resistencias conectadas en serie:



Es posible reemplazar las tres resistencias conectada por una sola, conocida como resistencia total o equivalente, esto gracias a la aplicación de la ley de ohm. Como la corriente es la misma para todas las resistencias, el valor de las caídas de potencial sobre cada resistencia es:

$$V_1 = IR_1 \qquad V_2 = IR_2 \qquad V_3 = IR_3$$

La suma de estas tres cantidades V,V y V es igual a la diferencia de potencial aplicada sobre el circuito. Así:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Reemplazando las expresiones anteriores:

$$V = IR_1 + IR_2 + IR_3$$
$$V = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

Finalmente, la resistencia equivalente está dada por:

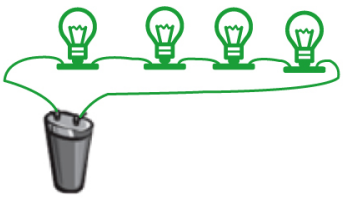
$$R_{equivalente} = R_1 + R_2 + R_3$$

Lo que en conclusión significa que, varias resistencias se encuentran conectadas en serie pueden ser reeemplazadas por una resisitencia equivaltente a la suma de las resisitencias aneriores.

Ejemplo #6:

Cuatro bombillas de resistencia R=300 Ω se conectan a un generador de voltaje de 125 V como muestra la figura.

Si se desea mantener la misma corriente en el circuito con una sola bombilla, esta debe tener una resistencia de:



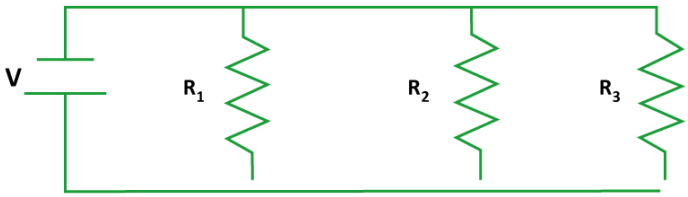
Componente: eventos electromagnéticos.
Competencia: indagación.

A. 1.200 Ω
B. 300 Ω
C. 1.500 Ω
D. 75 Ω

Solución:

Para los circuitos en serie las resistencias pueden ser cambiadas por una sola que es la suma algebraica de las resistencias presentes en el circuito, por lo tanto, 4 x 300 Ω=1.200 Ω , lo que indica que la respuesta correcta es la opción A.

Resistencias en paralelo



Las resistencias mostradas en la figura corresponden a resistencias conectadas en paralelo. Al estar unidas las tres resistencias por el mismo punto de conexión, todas se encuentran sometidas a la misma diferencia de potencial. En cada una de las intersecciones de las resistencias la corriente del sistema se debe dividir, siendo mayor para las resistencias más pequeñas.

Como la diferencia de potencial en cada una de las resistencias es V, la intensidad (I) del flujo que circula por cada resistencia se determinara por las expresiones:

$$I_1=\frac{V}{R_1}\quad I_2=\frac{V}{R_2}\quad I_3=\frac{V}{R_3}$$

La corriente total del circuito es a la suma de las corrientes que pasan por cada resistencia, así:

$$I=I_2+I_2+I_3$$

$$I=\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}$$

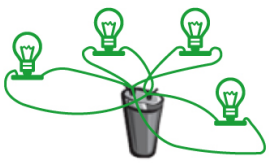
$$\frac{V}{R_{equivalente}}=V\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

Finalmente, la expresión de la resistencia equivalente para un circuito en paralelo es:

$$\frac{1}{R_{equivalente}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

Ejemplo #7:

Cuatro bombillas de resistencia R = 300 Ω se conectan a un generador de voltaje de 125 V como muestra la figura. Si se desea mantener el mismo voltaje en el circuito con una sola bombilla, esta debe tener una resistencia de:



Componente: eventos electromagnéticos.
Competencia: indagación.

A. 1.200 Ω
B. 300 Ω
C. 1.500 Ω
D. 75 Ω

Solución:

Para los circuitos en paralelo las resistencias pueden ser cambiadas por una sola que verifique que el inverso de su valor sea igual a la suma de los inversos de las resistencias en paralelo conectadas al circuito.

Esto es,

$$\frac{1}{R_{equivalente}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{300\ \Omega} + \frac{1}{300\ \Omega} + \frac{1}{300\ \Omega} = \frac{4}{300\ \Omega}$$

Donde:

$$R_{equivalente} = \frac{300\ \Omega}{4} = 75\ \Omega$$

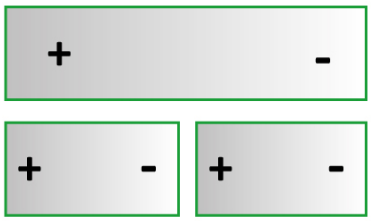
lo que indica que la respuesta correcta es la opción D.

MAGNETISMO

Se le conoce como magnetismo a la propiedad exhibida por ciertos materiales, conocidos como imanes, de atraer otro cuerpo ambos en estado eléctrico neutro.

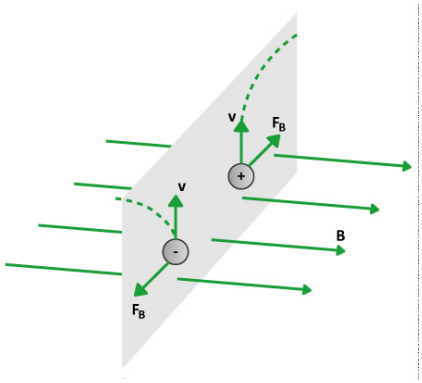
Los imanes que ejercen fuerzas uno sobre el otro son similares a dos cargas eléctricas que ejercen fuerzas de atracción y de repulsión, dependiendo de los extremos de los imanes que se aproximen. La intensidad de sus interacciones depende de la distancia que separa cada imán, el análogo a la carga eléctrica en la teoría magnética se conoce como polo magnético y, por lo tanto, a este se le atribuye la fuerza magnética.

Por ejemplo, si se deja colgar un imán de barra de un cordel funcionará como una brújula, un extremo apunta hacia el norte y el otro apunta hacia el sur; así, el extremo que apunta hacia el norte se denomina polo norte y el que apunta al sur se conoce como polo sur. Al aproximar el polo norte de un imán al polo norte de otro imán se repelerán, de igual forma ocurre si se aproximan dos polos sur; pero al aproximar dos opuestos se atraerán. Aunque los polos magnéticos son similares a las cargas es importante anotar que las cargas eléctricas se pueden encontrar aisladas, mientras que los polos magnéticos no es posible encontrarlos aislados; es decir, siempre que exista un polo norte debe existir un polo sur. Como se muestra en la figura si se divide un imán por la mitad es de esperarse que los polos queden aislados, sin embargo, esto no ocurre, cada trozo se convierte en un imán con sus respectivos polo norte y sur.



Campo Magnético

Dos cargas eléctricas interactúan debido al campo eléctrico formado por ambas; asimismo, si la carga se encuentra en movimiento, ésta modifica el espacio generando un campo magnético lo que significa que los campos magnéticos son generados por cargas en movimiento y dichas cargas en movimiento interactúan con el campo magnético de otras cargas en movimiento. El campo magnético en cada punto del espacio se representa por el vector $\vec{B}$ al igual que en el caso de la fuerza eléctrica ejercida por el campo eléctrico, la magnitud de dicho campo está dada por la fuerza que hace un polo magnético sobre una carga en movimiento.



La fuerza que ejerce un campo magnético sobre una carga que se desplaza con velocidad v está dada por la relación matemática:

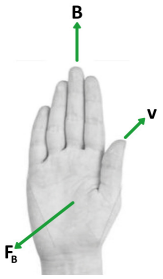
$$F = q\,VB \sin \theta$$

Donde θ es el ángulo que existe entre los vectores que representan la velocidad de la carga y la dirección del campo magnético. De esta expresión, se puede decir que la magnitud del campo magnético es:

$$B = \frac{F}{qV \sin \theta}$$

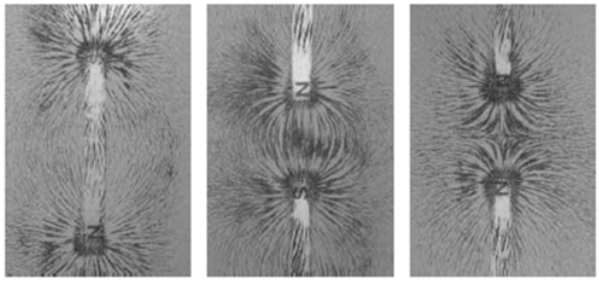
La unidad en la que se presenta el campo magnético se conoce como Teslas (T), la mayoría de imanes tienen un campo magnético de tan sólo 2 o 3 T los cuales son valores altos comparados con el campo magnético generado por la tierra que es de tan solo $0{,}5 \times 10^{-4}$ T.

La dirección en la que un campo magnético $\vec{B}$ ejerce una fuerza sobre una carga en movimiento está determinada por la regla de la mano derecha:



Mantenga la mano derecha abierta y coloque los dedos en la dirección del campo magnético B con el pulgar apuntando en la dirección de v. La dirección de la fuerza F que se ejerce sobre una carga positiva apunta hacia fuera de la mano.

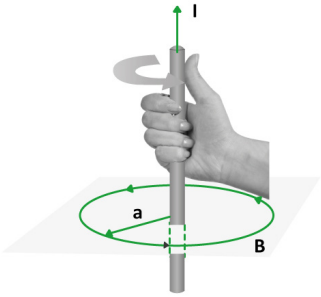
Al igual que las líneas campo eléctrico sirven para representar el campo de una carga eléctrica, las líneas de campo magnético representan un campo magnético. Para dibujarlas se tiene en cuenta que van del polo norte del imán al polo sur del mismo. En las siguientes imágenes se ha experimentado colocando limadura de hierro en las cercanías de los imanes para que esta se alinee con las líneas de campo del imán. Además, se representan cómo se comportan las líneas de campo cuando interactúan polos iguales y diferentes de dos imanes.



Campo Magnético de una corriente eléctrica

Los dos fenómenos eléctricos y magnéticos están correlacionados puesto que ambos son generados por cargas, ya sean estáticas o en movimiento, por lo tanto, una configuración de corrientes da como resultado un campo magnético.

En 1.820 el físico holandés Hans Oersted mostró que existe una estrecha relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos, al poner una brújula sobre un alambre conductor por el que pasaba una corriente I, la aguja magnética gira tendiendo a ubicarse perpendicular a la corriente. Luego Oersted pudo concluir que el movimiento de los electrones del alambre genera un campo magnético el cual tiene una dirección dada por la siguiente regla:



Si se sujeta el alambre con la mano derecha, con el pulgar hacia la dirección en la que viaja la corriente, la dirección del campo está en la forma en la que se curvan los dedos sobre el alambre.

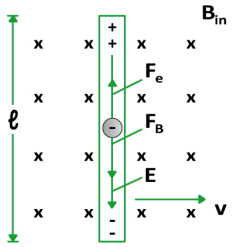
El valor de la intensidad de campo magnético está dado por la expresión:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\,\pi r}$$

Donde se indica que el campo depende de la magnitud de la corriente y es inverso a la distancia (r) a la que se realice la medición. La constante μ0 se define como la permeabilidad del vacio y tiene un valor de:

$$4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{N/A^2}$$

Conductores en Movimiento en un Campo Magnético



Faraday analizó el caso presentado por Oersted y se interesó por indagar si el fenómeno inverso se cumplía; es decir, si un campo magnético podría generar corrientes. Observó que, si se ubica un alambre como se ilustra en la figura, al desplazarse sobre el campo magnético con una velocidad v, el campo magnético ejerce una fuerza sobre los electrones libres del conductor que se empiezan a desplazar gracias a la fuerza del campo creando una corriente que a su vez genera una diferencia de potencial. O en el caso en el que no sea un alambre que forme un circuito, las cargas se agruparán en los extremos opuestos del alambre e igualmente formarán una diferencia de potencial. En ambos casos, dicha diferencia de potencial se conoce como FEM inducida (fuerza electromotriz inducida), cuando el conductor permanece en reposo o su desplazamiento es paralelo a las líneas de campo, no se produce una FEM inducida. Para explicar este fenómeno Faraday hizo uso de lo que se conoce como Flujo de campo magnético, que corresponde a la cantidad de líneas de campo que atraviesa la superficie del conductor. La ley de Faraday se enuncia así:

Toda FEM inducida aparece siempre que haya variación del flujo del campo magnético en el tiempo.

Dicha ley fue complementada por Lenz quien enunció:

El sentido de la corriente inducida será tal que el flujo magnético generado por ella tiende a oponerse a la variación del flujo que lo originó.

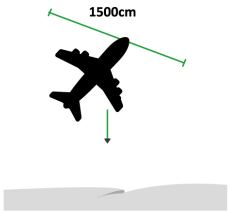
Ejemplo #8:

Un avión metálico cuyas alas están separadas $1.500\ \mathrm{cm}$ y cuya resistencia es $50\ \Omega$ vuela paralelamente al suelo con una velocidad de $500\ \mathrm{m/s}$. Si sobre el avión actúa una componente vertical de campo magnético terrestre de $0{,}8\ \mathrm{x}10^{-4}\ \mathrm{T}$, entonces la diferencia de potencial entre las puntas de las alas del avión y la corriente eléctrica que circulan entre las mismas es respectivamente:

Componente: eventos electromagnéticos.
Competencia: indagación.

A. 0,6 V y 0,012 A
B. 1,2 V y 0,02 A
C. 2,0 V y 0,1 A
D. 0,3 V y 2 A

Solución:



Los datos que se tienen son $v = 500\ m/s$ y $B=0{,}8x10^{-4}\ T$. Si $L= 1.500\ cm = 15\ m$ y además $\theta=90°$ puesto que el avión vuela paralelo al piso y la componente del campo magnético es vertical, además, que $R = 50\ \Omega$.

Con:

$$V = vBL\ (500\ m/s)\ (0{,}8 \times 10^{-4}\ T)\ (15m) = 0{,}6V$$

Como:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0{,}6V}{50\ \Omega} = 0{,}012A$$

Por lo tanto la respuesta correcta es la opción A.

BIBLIOGRAFÍA

- ICFES GUÍA SABER 11. Bogotá. Julio de 2010.
- ESTÁNDARES PARA LA EXCELENCIA EN LA EDUCACIÓN. Ministerio de Educación Nacional.
- WILSON, Jerry D. FÍSICA. Prentice Hall. 2ª Edición. México. 1996.
- SERWAY, Raymond A. FÍSICA. Mc Graw Hill. Tomo I y II. 5ª Edición. México. 2000.
- ABARCA DÍAS, JOSE TOMAS Y OTROS. FÍSICA BICENTENARIO I Y II. Editorial Santillana. 2010