

BLOQUE I: RECONOCES EL LENGUAJE BÁSICO DE LA FÍSICA

1.1. Terminología utilizada en física^{1 2}

La Terminología es la ciencia que estudia y que permite llevar a cabo la recopilación, la descripción y la presentación de términos, que son los elementos léxicos utilizados en ámbitos especializados del conocimiento (disciplinas o ramas de dichas disciplinas) y creados en esos ámbitos o modificados a partir de elementos preexistentes en otros ámbitos.

- Recopilación de términos: elaboración de listados de términos de una determinada disciplina siguiendo una metodología preestablecida.
- Descripción de términos: definición o definiciones de cada término (punto de vista semántico) y descripción de los elementos que componen el término y del proceso de formación del mismo (punto de vista morfológico).
- Presentación de términos: elaboración de diccionarios.

La Terminología tiene aspectos comunes con la Lexicografía, pero las diferencias entre la naturaleza de los objetos léxicos estudiados ha dado lugar al desarrollo de sus propias teorías sobre los elementos léxicos de una lengua y de una metodología fundamentada en dichas teorías, todo lo cual permite considerar a la Terminología como una ciencia separada de la Lexicografía.

“**Terminología**” es una palabra polisémica que hace referencia a tres aspectos distintos relacionados con la recopilación, la descripción y la presentación de los términos:

- **Terminología como teoría:** se trata de un conjunto de premisas, argumentos y conclusiones sobre las relaciones entre los conceptos y las

¹ (Valera Negrete, 2005, pág. 17)

² (Oxford, 1998)

palabras utilizadas para representarlos y la naturaleza de esas palabras.

- **Terminología como práctica:** se trata de un conjunto de prácticas y métodos, resultados de la aplicación de los aspectos teóricos, que permiten llevar a cabo la recopilación, descripción y presentación de los términos de acuerdo con unas recomendaciones y técnicas normalizadas y aceptadas internacionalmente. Se trata en definitiva, del conjunto de actividades conducentes a la elaboración de diccionarios especializados.
- **Terminología como vocabulario:** se trata del conjunto estructurado de todas las voces y expresiones utilizadas en una determinada ciencia, que resulta de la aplicación de la teoría y la práctica terminológica; se podría decir que una terminología, con este sentido, es un diccionario especializado, entendiendo la especialización por la adscripción a una determinada disciplina, un ámbito especializado del conocimiento, por lo que, en este caso, la palabra “terminología” debe ir acompañada del nombre de la ciencia cuyos términos se han recopilado (por ejemplo, terminología química, terminología informática, terminología lingüística, etc.).

La física, como ciencia experimental que es, está basada en las relaciones entre observables físicos y medidas instrumentales. Estas relaciones se expresan mediante leyes físicas que plasman en lenguaje físico-matemático los invariantes observados experimentalmente. (Newton I.)

Al tratarse de una ciencia positiva los invariantes serán siempre relativos, es decir, refutables en futuros experimentos. El lenguaje de la física sintetiza los conocimientos de las estructuras estables de la dinámica física universal, que son explicados mediante leyes físicas con una estructura matemática que permanece invariante frente a ciertas transformaciones matemáticas. Este es el punto de vista de la física clásica.

La Física es la ciencia que estudia las interacciones entre la materia y la energía con el fin de encontrar las leyes generales. Estas leyes generales nos sirven para

entender como ocurren los fenómenos naturales en las diferentes escalas del universo.

La física no es sólo una ciencia teórica; es también una ciencia experimental. Como toda ciencia, busca que sus conclusiones puedan ser verificables mediante experimentos y que la teoría pueda realizar predicciones de experimentos futuros. Dada la amplitud del campo de estudio de la física, así como su desarrollo histórico en relación a otras ciencias, se la puede considerar la ciencia fundamental o central, ya que incluye dentro de su campo de estudio a la química, la biología y la electrónica, además de explicar sus fenómenos. El hombre en sus orígenes se diferenció del resto de los animales por su curiosidad para entender su entorno, desde ese momento cuando se desarrolló el razonamiento, los humanos han intentado comprender los fenómenos naturales que ocurren y que afectan sus alrededores, al igual de tratar de descifrar la clave de la creación de las cosas.

1.1.1. Manejo del método científico

El razonamiento científico constituye un estricto proceso de deducción, proceso del que están excluidos la imaginación y el pensamiento intuitivo. En otras palabras, el método científico tiene su base y postura sobre la teoría mecanicista (todo es considerado como una máquina, y para entender el todo debemos descomponerlo en partes pequeñas que permitan estudiar, analizar y comprender sus nexos, interdependencia y conexiones entre el todo y sus partes), y, por consiguiente también ese mismo carácter.

Lo que hace que el razonamiento científico es, en primer lugar, el método de observación, el experimento y el análisis y, después, la construcción de hipótesis y la subsiguiente comprobación de éstas. El método científico se apega a las siguientes principales etapas para su aplicación:

1. Enunciar preguntas bien formuladas y verosímilmente fecundas.
2. Arbitrar conjeturas, fundadas y contrastables con la experiencia para contestar a las preguntas.

3. Derivar consecuencias lógicas de las conjeturas.
4. Arbitrar técnicas para someter las conjeturas a contrastación.
5. Someter a su vez a contrastación esas técnicas para comprobar su relevancia y la fe que merecen.
6. Llevar a cabo la contrastación e interpretar sus resultados.
7. Estimar la pretensión de la verdad de las conjeturas y la fidelidad de las técnicas.
8. Determinar los dominios en los cuales valen las conjeturas y las técnicas, y formular los nuevos problemas originados por la investigación.

1.1.2. Tipos de magnitudes y naturaleza de medición ³

Desde el punto de vista físico, una magnitud es toda aquella propiedad o entidad abstracta que puede ser medida en una escala y con unos instrumentos adecuados. En definitiva, magnitud es toda aquella propiedad que se puede medir. Como ejemplos de magnitudes pueden citarse:

- Peso, masa, longitud, velocidad, tiempo, temperatura, presión, fuerza, etc.

Las magnitudes son de diferente naturaleza o especie, no es lo mismo la masa que el peso, como tampoco es lo mismo la longitud (o distancia) que la velocidad. Es decir, una magnitud no puede ser convertida en otra, pero si pueden relacionarse a través de leyes físicas expresadas como fórmulas matemáticas.

Existen tres magnitudes que son consideradas en la Física como Fundamentales porque a partir de sus unidades se derivan todas las demás unidades con las que se miden el resto de las magnitudes físicas, son:

³ (Santiago Burbano de Ercilla, págs. 17-20)

- ✓ La masa
- ✓ La longitud
- ✓ El tiempo.

De esta forma, si se mide la masa en kilogramos (kg), el tiempo en segundos (s) y la distancia o longitud en metros (m), a modo de ejemplo se pueden calcular las correspondientes unidades derivadas para las siguientes magnitudes:

Velocidad: fórmula simplificada, $V = d/t$, entonces la unidad de velocidad [V] resultará del cociente entre la unidad de distancia [d] y la de tiempo [t].

$$[V] = [d] / [t] = \text{m/s}$$

Fuerza: fórmula simplificada, $F = m \cdot a$, entonces la unidad de fuerza [F] resultará del producto entre la unidad de masa [m] y la de aceleración [a].

$$[F] = [m] \cdot [a] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$$

= N (Newton)

Presión: fórmula simplificada, $P = F/S$, entonces la unidad de Presión [P] resultará del cociente entre la unidad de fuerza [F] y la de superficie [S].

$$[P] = [F] / [S] = \text{N/m}^2$$

= Pa (Pascal)

Un múltiplo del Pascal, muy utilizado en meteorología es el hectopascal (hPa) que equivale a 100 Pa

Magnitudes Escalares y Vectoriales

Las magnitudes escalares son aquellas que se definen a través de su valor numérico o módulo seguido de la correspondiente unidad, no interesan en ellas ni dirección ni sentido.

Ejemplos de magnitudes escalares son:

- Masa, temperatura, volumen y densidad.

Las magnitudes vectoriales son aquellas que además de su de su valor numérico o módulo y unidad, se definen considerando también la dirección, sentido y en algunos casos el punto de aplicación. Ejemplos de magnitudes vectoriales son la velocidad, la aceleración y la fuerza. Por esta razón, en meteorología cuando se habla de la velocidad del viento, esta se da en módulo y dirección.

En Física solo tiene sentido aquello que se puede medir. Se llama magnitud física a cualquier cualidad susceptible de ser medida: longitud, masa, resistencia eléctrica,... Por el contrario, cantidad es el observable concreto que tiene un objeto de una cierta magnitud: la longitud de una regla es la cantidad de la magnitud "longitud" que tiene la regla. Para cualquier magnitud, su unidad es la cantidad de esa magnitud que se toma como referencia. Así, una posible unidad de volumen es el volumen de un determinado recipiente.

Medir significa comparar la cantidad de la magnitud que tiene el mensurando (aquello que se mide) con la unidad. Si una mesa tiene una cantidad de longitud 3 veces mayor que la de la regla que tomemos como unidad, diremos que la medida de la mesa es 3 unidades, o que la mesa "mide 3 reglas". Al expresar una medida como un número y una unidad (5 N, 80 s, 145 km/h) hay que acostumbrarse a emplear el Sistema Internacional de Unidades (SI) y ajustarse a sus normas.

Las magnitudes en Física tienen una propiedad que se llama dimensión, introducida por Joseph Fourier, que se define como una cierta cualidad de la magnitud que impide que puedan compararse magnitudes con distinta dimensión. No podemos comparar masas con tiempos porque son magnitudes que tienen distinta dimensión. Sin entrar más a fondo en el campo del análisis dimensional, conviene insistir en que en los cálculos en Física no solo intervienen números, sino magnitudes y dimensiones que hay que expresar correctamente.

1.2. Manejo de vectores⁴

Las escalas regularmente se utilizan ya sea para ampliar o reducir los datos que tienes establecidos en el vector. Para establecer una escala se recomienda que la elabores en base a los datos que tienes y de acuerdo a las necesidades que presentes.

La escala más utilizada es la escala de unidad por unidad que es la igualdad que expresa dos longitudes: la de la escala (a la izquierda del signo "=") y la del vector (a la derecha del signo "=").

Un ejemplo de ello sería $1 \text{ cm} = 50 \text{ N.}$, por lo que $6 \text{ cm} = 300 \text{ N.}$

Las escalas son regularmente utilizadas cuando nuestros datos son muy amplios - extensos o son muy pequeños - cortos.

La masa, la presión, el volumen, la energía, la temperatura, etc; que quedan completamente definidas por un número y las unidades utilizadas en su medida, aparecen otras, tales como el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la fuerza, el campo eléctrico, etc., que no quedan completamente definidas dando un dato numérico, sino que llevan asociadas una dirección.

Las magnitudes escalares quedan representadas por el ente matemático más simple; por un número. Las magnitudes vectoriales quedan representadas por un ente matemático que recibe el nombre de vector. En un espacio euclidiano, de no más de tres dimensiones, un vector se representa por un segmento orientado.

Así, un vector queda caracterizado por los siguientes elementos: su longitud o módulo, siempre positivo por definición, y su dirección, la cual puede ser representada mediante la suma de sus componentes vectoriales ortogonales, paralelas a los ejes de coordenadas; o mediante coordenadas polares, que determinan el ángulo que forma el vector con los ejes positivos de coordenadas.

⁴ (Montiel, 2015, pág. 40)

Se representa como un segmento orientado, con una dirección, dibujado de forma similar a su longitud representa el módulo del vector y la "punta de flecha" indica su dirección.

1.2.1 Fuerza (Martínez, 2007, pág. 132)

Su palabra proviene del latín fortia. La fuerza es la capacidad para realizar un trabajo físico o un movimiento, así como también la potencia o esfuerzo para sostener un cuerpo o resistir un empuje. Los efectos que puede tener una fuerza son que un cuerpo se deforme (por ejemplo, si apretamos o estiramos un trozo de goma de mascar); que un cuerpo permanezca en reposo (por ejemplo, para mantener estirado un puente, hay que hacer fuerza sobre él), y que cambie su estado de movimiento (ya sea cuando el objeto este estático, o acelerarlo o frenarlo cuando se esté moviendo).

En el campo de la física, la fuerza es una magnitud vectorial, y es toda causa capaz de cambiar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. La fuerza que actúa sobre un objeto de masa m es igual a la variación del momento lineal (o cantidad de movimiento) de dicho objeto respecto del tiempo. La unidad de fuerza en el Sistema Internacional (SI) es el newton, de símbolo N. El concepto de fuerza se suele explicar matemáticamente en términos de las tres leyes del movimiento de Newton.

En una fuerza pueden tenerse en cuenta diferentes rasgos determinantes: el punto de aplicación (punto del cuerpo sobre el que se ejerce la fuerza); la dirección (recta sobre la que la fuerza induce a moverse al cuerpo); el sentido (orientación de la fuerza) y la intensidad (medida de la fuerza respecto a una unitaria establecida).

Existen dos tipos de fuerzas:

- 1. Las que actúan por contacto**, en donde el cuerpo que ejerce la fuerza está en contacto directo con el cuerpo sobre el que esta se aplica, por ejemplo: lanzar una piedra, tirar de una cuerda, etc.
- 2. Las que actúan a distancia**, aquí el cuerpo el cuerpo que ejerce la fuerza

no está en contacto con el cuerpo sobre el que esta se aplica, ejemplo: la fuerza de atracción magnética, la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos, etc.

1.2.2 Movimiento de un cuerpo⁵

Podemos decir que movimiento es todo cambio de posición a medida que transcurre el tiempo. El movimiento es relativo, y puede ser sobre un eje (una dimensión), sobre un plano (dos dimensiones) o en el espacio (tres dimensiones).

El movimiento de los cuerpos puede ser:

- Rectilíneo.
- Parabólico.
- Circular uniforme.

Movimiento rectilíneo

Es aquel movimiento en el cual el móvil o cuerpo tiene como trayectoria una línea recta. Entre los principales movimientos rectilíneos tenemos:

- Movimiento uniforme (MU).
- Movimiento variado (MV).
- Movimiento uniformemente variado (MUV).
- Caída libre.

Movimiento uniforme: Un movimiento es uniforme cuando el cuerpo recorre distancias iguales en tiempos iguales.

Se puede decir que en un movimiento rectilíneo uniforme, la velocidad es siempre

⁵ (Mengual, s.f.)

la misma en cualquier intervalo de tiempo; en otras palabras la velocidad es CONSTANTE.

Como conclusión del movimiento uniforme podemos decir:

- En un M.U la velocidad y el desplazamiento tienen la misma dirección y el mismo sentido.
- El área bajo la curva representa la distancia recorrida por el móvil.
- Por ser la velocidad constante, en el MU no existe la aceleración.
- La velocidad es el cambio de posición por unidad de tiempo.
- La velocidad se obtiene hallando la pendiente m .

Movimiento variado: Es un movimiento en el cual la velocidad cambia al transcurrir el tiempo, esta puede aumentar o disminuir gradualmente. Si la velocidad cambia a ritmo constante, el movimiento recibe el nombre de uniformemente variado.

Movimiento uniformemente variado Es aquel movimiento en el cual la velocidad cambia a ritmo constante en la unidad de tiempo. La velocidad puede aumentar o disminuir uniformemente. Al MUV también lo llamaremos movimiento uniformemente acelerado.

BLOQUE II: IDENTIFICAS DIFERENCIAS ENTRE DISTINTOS TIPOS DE MOVIMIENTO

2.1. Movimiento rectilíneo uniforme^{6 7}

El objetivo final al estudiar un movimiento es llegar a ser capaces de predecir la posición del móvil que nos interesa en cualquier instante, conociendo

⁶ (Mengual, Física, 1989)

⁷ (Valera Negrete, 2005, pág. 28)

únicamente dos parámetros: la posición inicial y la velocidad con la que se desplaza.

Para obtener la ecuación del movimiento de un MRU (Montiel, 2015, pág. 70), puedes partir de la definición de velocidad media:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

Donde x_0 y t_0 son la posición y el tiempo en el instante inicial. Como al medir el tiempo lo que se hace realmente es tomar intervalos del mismo, por simplicidad puedes tomar $t_0=0$ en todas las ecuaciones descritas en este tema.

Además, ya has visto que en un MRU la velocidad media siempre coincide con la instantánea, de modo que $v_m=v$ y por tanto:

$$v = \frac{x - x_0}{t} \Rightarrow x = x_0 + vt$$

que es la ecuación de la posición en un MRU

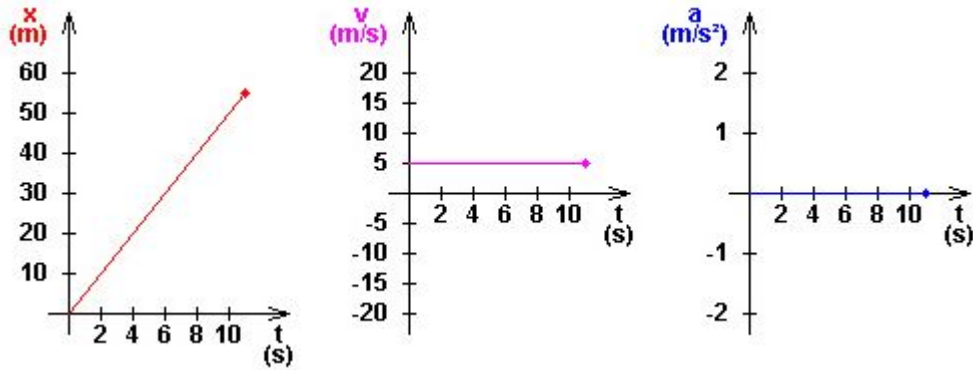
$$x = x_0 + vt$$

$$v = v_0$$

$$a = 0$$

Descripción del movimiento

Observa las gráficas de un movimiento rectilíneo y describe sus características así como las ecuaciones que lo definen.



Gráficas de un movimiento rectilíneo uniforme (Montiel, 2015, pág. 97)

Las gráficas de un MRU tienen las siguientes características:

- La gráfica posición (x) frente al tiempo (t) es una recta oblicua, que pasa por el origen cuando la posición inicial es cero; si no es así, corta el eje de posiciones en el valor de la posición inicial. La pendiente de la recta es positiva si la velocidad es positiva y negativa en caso contrario.
- La gráfica velocidad (v) frente al tiempo (t) es siempre una recta horizontal, que corta el eje de velocidades en el valor de la velocidad del movimiento.
- Dado que no existe aceleración, ésta permanece con valor cero durante todo el movimiento.

Dos ciudades A y B están separadas por 420 km. De la ciudad A sale una motocicleta a las doce del mediodía en dirección a B con velocidad constante de 80 km/h. Dos horas después sale de B un automóvil con dirección a A, siendo su velocidad uniforme de 120 km/h.



2.2. Movimiento uniformemente acelerado^{8 9}

Como su propio nombre indica, en un MRUA la aceleración es constante, en módulo, dirección y sentido. Es decir, la velocidad aumenta o disminuye de forma constante en el tiempo.

Es frecuente encontrar movimientos con aceleración constante, al menos durante periodos de tiempo no muy grandes. Eso sí, hay uno especialmente importante: los movimientos verticales en caída libre. En ellos, la aceleración es de $9,8 \text{ m/s}^2$ hacia abajo. Es decir, un móvil en caída libre aumenta su velocidad en $9,8$ metros por segundo en cada segundo de su movimiento.

Ecuaciones del MRUA (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado)¹⁰

Dado que en un MRUA la velocidad varía con el tiempo, para describirlo necesitaremos, además de la posición x_0 , la velocidad v_0 en el instante inicial y la aceleración a que actúa sobre el móvil.

Si partimos de la definición de aceleración media:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Tomando de nuevo $t_0 = 0$ y como en un MRUA la aceleración permanece constante:

⁸ (Montiel, 2015, pág. 78)

⁹ (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 60)

¹⁰ (Valera Negrete, 2005, pág. 34)

Que es la ecuación de la velocidad en un MRUA.

Para obtener la ecuación de la posición, podemos aprovecharnos del hecho que la velocidad media es constante en el cualquier intervalo, dado que la aceleración es constante. Entonces:

$$\bar{v}_m = \frac{v_0 + v_f}{2} = \frac{v_0 + (v_0 + at)}{2} = v_0 + \frac{1}{2}at \Rightarrow$$
$$\Rightarrow x = x_0 + vt = x_0 + \bar{v}_m t = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

Ecuaciones de un MRUA

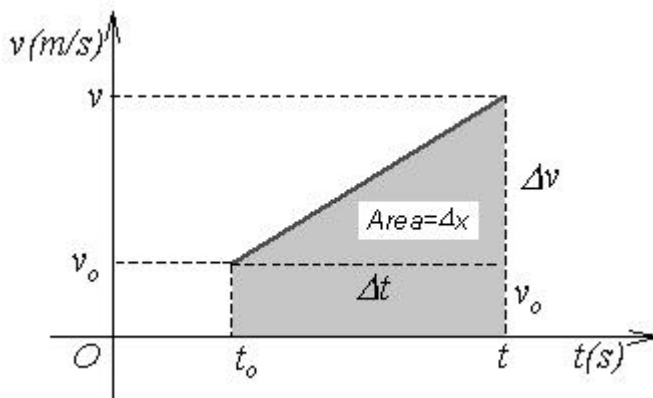
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v = v_0 + at$$

$$a = a_0$$

Gráfica velocidad - tiempo y espacio recorrido

A la vista de la siguiente gráfica velocidad-tiempo, correspondiente a un MRUA, y recordando que el área contenida bajo dicha gráfica se corresponde siempre con el desplazamiento total, ¿serías capaz de deducir la ecuación de la posición geoméricamente? Puedes suponer que la posición inicial x_0 es 0.



Gráficas de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Las gráficas de un MRUA tienen las siguientes características:

- La gráfica posición (x) frente al tiempo (t) es una rama de parábola, que pasa por el origen cuando la posición inicial es cero; si no es así, corta el eje de posiciones en el valor de la posición inicial. La curva es cóncava si la aceleración es positiva y convexa en caso contrario.
- La gráfica velocidad (v) frente al tiempo (t) es una recta oblicua, que pasa por el origen cuando la velocidad inicial es cero; si no es así, corta el eje de velocidades en el valor de la velocidad inicial. La pendiente es positiva si la aceleración es positiva y negativa en caso contrario.
- La gráfica aceleración (a) frente al tiempo (t) es siempre una recta horizontal, que corta el eje de aceleraciones en el valor de la aceleración del movimiento.

Caída balón de baloncesto

¿Cómo es el movimiento?

Observa la imagen de la derecha, en la que se representa el movimiento de caída de una pelota de baloncesto. En ella se indica la posición de la pelota en cada instante, de forma que las imágenes están realizadas con el mismo intervalo de tiempo. Describe su movimiento.

Solución: Cuando la pelota cae, en cada segundo que transcurre recorre más espacio. Por tanto el movimiento no puede ser MRU, ya que cae cada vez más deprisa. Es decir, hay aceleración, pero habría que hacer un análisis matemático de las posiciones para saber si la aceleración es constante o no (como se trata de una caída libre, sí que es constante, y tiene un valor de $9,8 \text{ m/s}^2$, la aceleración de la gravedad)

2.2.1. Caída libre¹¹

En el caso particular de la caída libre, la aceleración es la debida a la gravedad (g) y las ecuaciones del MRUA quedan de la forma:

$$v = v_0 - gt$$
$$x = x_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

Observa el signo negativo en las ecuaciones. Esto se debe a que el sistema de referencia tomado tiene como origen de coordenadas el suelo, y la dirección positiva del eje hacia arriba; en este sistema de referencia, como la gravedad siempre tiene el sentido hacia el centro de la tierra, toma un valor negativo, que queda reflejado en la ecuación.¹² (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 61)

En el aeropuerto, para que un avión pueda despegar, precisa alcanzar una velocidad mínima que le permita alcanzar la suficiente sustentación para elevarse.

En el caso de un avión que realice vuelos transoceánicos, como el Airbus 340, dicha velocidad está en torno a los 270 km/h. La aceleración media mantenida que alcanzan los motores de estos aviones es de 5 m/s².

Si la pista de aterrizaje de tu ciudad tiene una longitud de 1500 m, ¿podrá despegar en ella un avión de estas características?

En primer lugar, hay que transformar todos los datos a unidades del S.I.: 270 km/h = 75 m/s (recuerda que 1 m/s son 3,6 km/h).

Utilizando las ecuaciones del MRUA, en la que se sustituyendo los valores de la aceleración por $a = 5 \text{ m/s}^2$ y, dado que parte del reposo $x_0 = 0 \text{ m}$ y $v_0 = 0 \text{ m/s}$. Por lo tanto:

$$x = 0 + 0 t + \frac{1}{2} 5 t^2 = 2,5 t^2$$

¹¹ (Montiel, 2015, pág. 86)

¹² (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 61)

$$v = 0 + 5 t = 5 t$$

Dado que, para despegar, debe alcanzar los 75 m/s, el tiempo necesario para alcanzarlo será:

$$75 = 5 t \rightarrow t = 15 \text{ s}$$

Y la distancia que recorrerá en ese tiempo será:

$$x = 2,5 \cdot 15^2 = 562,5 \text{ m}$$

Por lo tanto será perfectamente posible que el avión pueda despegar.

Ejemplo:

Se lanza una pelota desde el suelo, verticalmente hacia arriba y con una velocidad inicial de 60 m/s, de forma que cae sobre un escalón situado a 100 m de altura. Calcula:

a. La altura máxima alcanzada por la pelota.

La altura 0 está en el suelo. Las ecuaciones correspondientes a este movimiento son las siguientes:

$$v_y = 60 - 9,8 t \quad y = 60 t - \frac{1}{2} 9,8 t^2$$

La altura máxima se alcanza cuando $v_y = 0$ m/s, cuando la pelota termina de subir y comienza a bajar; sustituyendo en la ecuación correspondiente:

$$0 = 60 - 9,8 t \rightarrow t = 60 / 9,8 \rightarrow t = 6,11 \text{ s}$$

Y la posición en la que se encuentra la pelota en dicho instante resulta ser:

$$y = 0 + 60 \cdot 6,11 - \frac{1}{2} 9,8 \cdot 6,11^2 \rightarrow y = 183,48 \text{ m}$$

b. El tiempo que tarda la pelota en caer hasta el escalón y la velocidad con la que lo hará.

Cuando la pelota alcance el escalón, su posición será $y = 100$ m, y por tanto:

$$100 = 0 + 60 t - \frac{1}{2} 9,8 t^2 \rightarrow 4,9 t^2 - 60 t + 100 = 0 \rightarrow t = 10,24 \text{ s}$$

La velocidad en dicho instante es:

$$v = 60 - 9,8 \cdot 10,24 \rightarrow v = -40,48 \text{ m/s}$$

Como la pelota va cayendo, la velocidad es negativa, al ir dirigido hacia el suelo el vector velocidad.

2.2.2 Tiro vertical¹³

El Tiro Vertical, en cambio es un movimiento donde al cuerpo se lo arroja hacia arriba con una velocidad inicial V_i . En el camino de subida el movimiento es retardado pues la aceleración es hacia abajo y la velocidad hacia arriba. El móvil va disminuyendo su velocidad hasta detenerse en el punto más alto del trayecto. Luego comienza a bajar por efecto de la aceleración de la gravedad que en todo momento sigue "atrayéndolo" hacia abajo. Esta segunda parte del movimiento constituye una caída libre, pero no es necesario cambiar de fórmulas y usar las de la caída libre, pues como el movimiento es de aceleración constante (la de la gravedad "g") con las mismas fórmulas del Tiro Vertical se explica esta segunda fase del movimiento. Para el Tiro Vertical se usa un sistema de referencia que tiene el origen en la posición inicial del cuerpo, que puede ser el suelo o un determinado nivel de referencia. (Montiel, 2015, pág. 88)

El eje crece hacia arriba, de manera que la velocidad inicial se toma como positiva; la aceleración de la gravedad se toma como negativa reemplazando "a" por "-g" en las fórmulas. Se entiende entonces que el símbolo "g" equivale a $+ 9,8 \text{ m/s}^2$.

¹³ (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 61)

El desplazamiento “Dx” se sustituye por “Dh” que refleja la altura subida por el cuerpo en un cierto instante. En este caso sí el “Dh” es igual a la altura a que está el móvil del suelo en un cierto instante (si es que dicho móvil partió del suelo).

Luego que el móvil alcanzó su altura máxima, comienza a descender haciéndose negativa su velocidad (pues es hacia abajo). Ahora el movimiento es acelerado hacia abajo.

$$v^2 - V_i^2 = -2 \cdot g \cdot \Delta h$$

En la altura máxima de la subida la velocidad es cero.

$$V_i^2 = 2 \cdot g \cdot \Delta h_{\max}$$

$$\frac{V_i^2}{2 \cdot g} = \Delta h_{\max} \Rightarrow \Delta h_{\max} = \frac{V_i^2}{2 \cdot g}$$

Si se conociera la altura máxima que debe alcanzar el móvil, se puede despejar la velocidad con la que debe ser arrojado.

$$\Delta h_{\max} = \frac{V_i^2}{2 \cdot g}$$

$$2 \cdot g \cdot \Delta h_{\max} = V_i^2 \Rightarrow V_i = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h_{\max}}$$

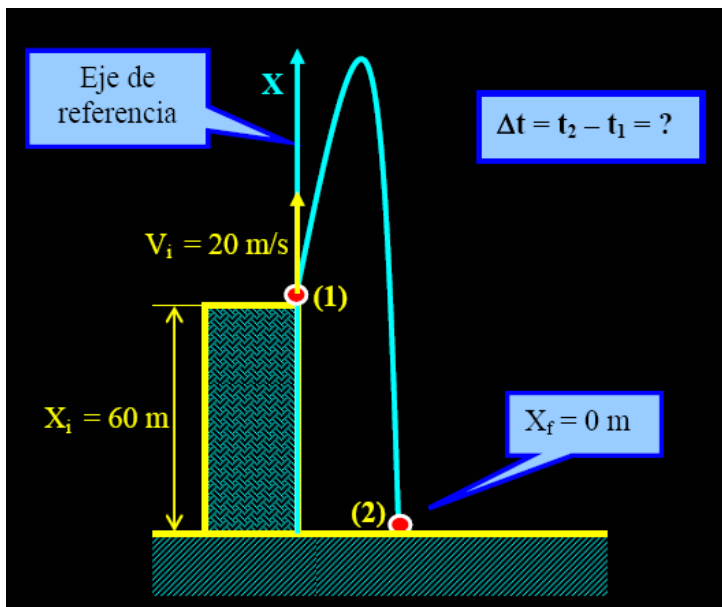
No es importante que el alumno memorice estas fórmulas, ya que pueden deducirse fácilmente a partir de las mostradas en el cuadro. Lo importante es que, sabiendo estas tres fórmulas del cuadro (para cada movimiento), el alumno tenga la destreza necesaria para poder obtener los resultados buscados. Para ello debe identificar los instantes inicial y final para un cálculo determinado, saber el valor que adoptan algunas magnitudes en dichos instantes y despejar la incógnita requerida de la ecuación correspondiente.

Se sugiere que el alumno trabaje con estas fórmulas y con estos sistemas de referencia, a fin de no cometer errores con los signos y sentidos de las velocidades,

desplazamientos y aceleraciones. Pero esto no excluye la posibilidad de que el alumno trabaje con otros sistemas de referencia y por lo tanto con otras fórmulas. Lo importante es que haya correspondencia entre las fórmulas usadas y los sistemas de referencia empleados a fin de no cometer errores en los resultados e interpretarlos de manera adecuada.

Exponemos un ejemplo para que el alumno sepa como trabajar con las fórmulas de los movimientos verticales en el vacío, y como se deben elegir los instantes inicial y final con los que se va a operar.

Se arroja verticalmente hacia arriba un cuerpo desde 60 m de altura del suelo y con una velocidad inicial de 20 m/s. Se desea calcular cuanto tiempo demora en caer al suelo.



Se definen con precisión el instante inicial (1) y el instante final (2) con que se va a trabajar para hallar el Δt requerido. La posición inicial es $X_i = 60 \text{ m}$ y la posición final es $X_f = 0 \text{ m}$ pues el móvil está sobre el origen del sistema de referencia. Debemos buscar la fórmula que relacione posición y tiempo, pues esos son nuestros datos e incógnitas.

$$X = X_i + V_i \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Reemplazando:

$$0 = 60 + 20 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad 4,9 \cdot t^2 - 20 \cdot t - 60 = 0$$

La cual es una ecuación cuadrática, cuyas soluciones son:

$$\begin{cases} t_1 = 6,09 \text{ (s)} \\ t_2 = -2,01 \text{ (s)} \end{cases}$$

La solución es

$$t_1 = 6,09 \text{ (s)}$$

El valor negativo se descarta, pues no tiene un sentido físico un instante anterior al cero.

CAÍDA FORZADA

La caída forzada es una especie de caída libre pero con velocidad inicial distinta de cero. O sea que el móvil se arroja hacia abajo con una velocidad inicial V_i .

Las fórmulas se modifican ligeramente, con respecto a la caída libre desde el reposo:

$$V = V_i + g \cdot t$$

$$\Delta h = V_i \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

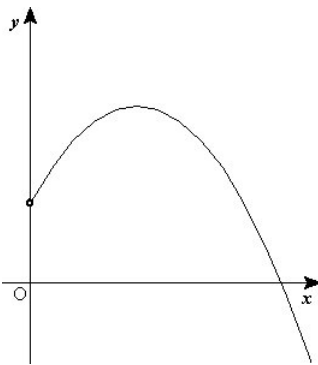
$$V^2 - V_i^2 = 2 \cdot g \cdot \Delta h$$

El sistema de referencia para trabajar con estas fórmulas es el mismo que el usado para la caída libre desde el reposo; con el origen en la posición inicial del móvil y creciendo hacia abajo.

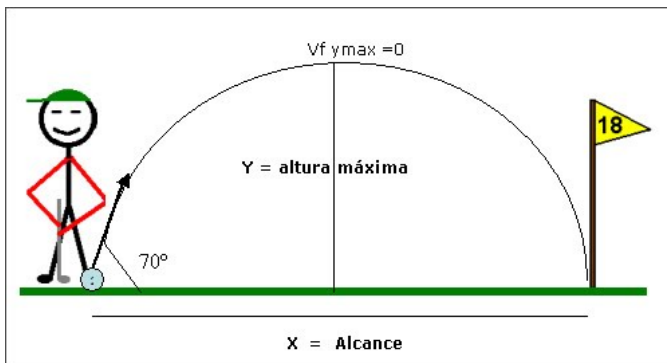
2.3. Tiro parabólico¹⁴

Es un modelo de movimiento, que estudia cómo se mueve un cuerpo lanzado bajo los efectos de gravedad, teniendo entonces una trayectoria parabólica.

Un cuerpo, cuya trayectoria corresponde a un tiro parabólico puede ser el siguiente:



El de una pelota de fútbol al ser despejada por el portero, el de una pelota de golf al ser lanzada con cierto ángulo respecto al eje horizontal.



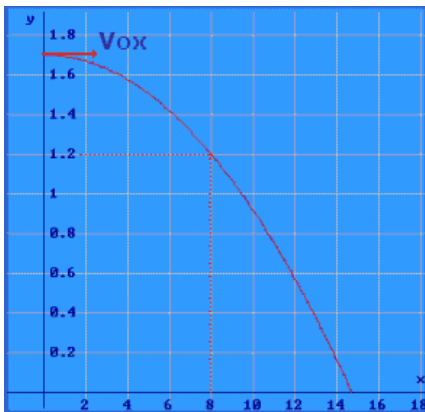
El tiro parabólico es la resultante de la suma vectorial del movimiento horizontal uniforme y de un movimiento vertical rectilíneo uniformemente variado. El tiro o

¹⁴ (Mengual, 1989, pág. 70)

movimiento parabólico es de dos clases:

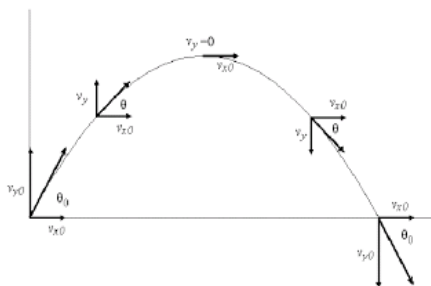
2.3.1 TIRO PARABÓLICO HORIZONTAL:

Se caracteriza por la trayectoria o camino curvo que sigue un cuerpo al ser lanzado al vacío, resultado de dos movimientos independientes: un movimiento horizontal con velocidad constante y otro vertical, el cual se inicia con una velocidad cero y va aumentando en la misma proporción de otro cuerpo que se dejara caer del mismo punto en el mismo instante. La forma de la curva descrita es abierta, simétrica respecto a un eje y con solo foco, es decir, es una parábola.



TIRO PARABÓLICO OBLICUO

Se caracteriza por la trayectoria que sigue un cuerpo cuando que es lanzado con una velocidad inicial que forma un ángulo con eje horizontal.



Ecuaciones que rigen el movimiento parabólico:

$$\mathbf{v_0} = v_0 \cos \phi \mathbf{i} + v_0 \sin \phi \mathbf{j}$$

$$\mathbf{a} = -g \mathbf{j}$$

v_0 Es el módulo de la velocidad inicial.

ϕ Es el ángulo de la velocidad inicial sobre la horizontal.

g Es la aceleración de la gravedad.

La velocidad inicial se compone de dos partes:

$v_0 \cos \phi$ Que se denomina componente horizontal de la velocidad inicial.

En lo sucesivo v_{0x}

$v_0 \sin \phi$ Que se denomina componente vertical de la velocidad inicial.

En lo sucesivo v_{0y}

Se puede expresar la velocidad inicial de este modo: $\mathbf{v}_0 = v_{0x} \mathbf{i} + v_{0y} \mathbf{j}$

Será la que se utilice, excepto en los casos en los que deba tenerse en cuenta el ángulo de la velocidad inicial.

Ecuación de la aceleración

La única aceleración que interviene en este movimiento es la de la gravedad, que corresponde a la ecuación: $\mathbf{a} = -g \mathbf{j}$

Que es vertical y hacia abajo.

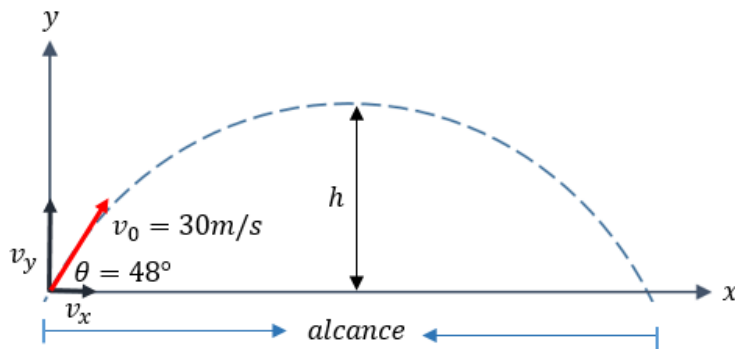
Ecuación de la velocidad

La velocidad de un cuerpo que sigue una trayectoria parabólica se puede obtener integrando la siguiente ecuación:

$$\begin{cases} \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -g\mathbf{i} \\ \mathbf{v}(0) = v_{0x}\mathbf{i} + v_{0y}\mathbf{j} \end{cases}$$

La integración es muy sencilla por tratarse de una ecuación diferencial de primer orden y el resultado final es: $\underline{\mathbf{v}(t) = v_{0x}\mathbf{i} + (v_{0y} - gt)\mathbf{j}}$

Ejemplo: Un jugador de Fútbol Americano patea el balón con una velocidad de 30 m/s, y éste mismo lleva un ángulo de elevación de 48° respecto a la horizontal. Calcule; a) Altura, b) Alcance, c) Tiempo que permanece en el aire.



Solución: Empecemos a resolver los incisos de éste ejemplo.

Para calcular nuestra altura, apliquemos la fórmula 1 que pusimos arriba.

$$h = \frac{v_0^2 \text{sen}^2\theta}{2g} = \frac{(30 \frac{m}{s})^2 \text{sen}^2(48^\circ)}{2(9.8 \frac{m}{s^2})} = 25.36m$$

Para el seno al cuadrado de 48° , primero se obtiene el seno de 48 y luego al resultado se eleva al cuadrado, y se realizan las operaciones indicadas.

Para calcular el alcance, apliquemos la fórmula 2, así que tendremos lo siguiente:

$$R = \frac{v_0^2 \text{sen}2\theta}{g} = \frac{(30 \frac{m}{s})^2 \text{sen}2(48^\circ)}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 91.33m$$

Para el ángulo doble del seno, el ángulo de 48° se multiplica por dos, después se le saca el seno a ese resultado y finalmente se realizan las operaciones.

Para calcular el tiempo que permanece el objeto sobre el aire, aplicamos la fórmula 3.

$$t_t = \frac{2v_0 \operatorname{sen}\theta}{g} = \frac{2(30\frac{m}{s})\operatorname{sen}(48^\circ)}{9.8\frac{m}{s^2}} = 4.55s$$

Tiro horizontal

No necesitamos aprendernos muchas fórmulas, es muy sencillo. Solo debemos de tener en cuenta las siguientes:

1.- Para realizar los cálculos de las **velocidades iniciales**.

$$v_x = v_{0x}$$

$$v_{0y} = 0$$

Con esto observamos, que solamente al inicio tenemos velocidad inicial en "x", y en "y" es prácticamente nulo.

2.- Para calcular **la posición horizontal y vertical** en cualquier instante.

$$x = (v_{0x})(t)$$

$$y = \frac{(g)(t^2)}{2}$$

3.- Para calcular **las componentes de la velocidad "v"** en cualquier instante.

$$v_{0x} = v_x$$

$$v_y = (g)(t)$$

Si observamos, solamente tenemos que calcular la velocidad en “y”, porque la de “x” es la misma que la inicial.

4.- Para poder **calcular la velocidad en cualquier instante** aplicamos la siguiente fórmula:

$$v = \sqrt{(v_x)^2 + (v_y)^2}$$

5.- Para poder **calcular el tiempo que permanece en el aire** el objeto, aplicamos:

$$t = \sqrt{\frac{2(y)}{g}}$$

Bien, ahora es momento perfecto para practicar. Así que poner atención a los problemas para no tener dudas.

BLOQUE III: COMPRENDES EL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS A PARTIR DE LAS LEYES DE NEWTON

3.1. Dinámica^{15 16}

La dinámica está directamente relacionada con la cinemática, discutimos los elementos que intervienen en la 'descripción' del movimiento de una partícula. Investiguemos ahora la razón por la cual las partículas se mueven de la manera en que lo hacen. ¿Por qué los cuerpos cerca de la superficie de la tierra caen con aceleración constante? ¿Por qué la tierra se mueve alrededor del sol en una órbita elíptica? ¿Por qué los átomos se unen para formar moléculas? ¿Por qué oscila un resorte cuando se le estira y luego se le suelta? Quisiéramos comprender estos y

¹⁵ (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 173)

¹⁶ (Guerra, 1994, págs. 153-221)

otros movimientos que observamos continuamente a nuestro alrededor.

Esta comprensión es importante no solamente desde el punto de vista del conocimiento básico de la naturaleza, sino también desde el punto de vista de la ingeniería y las aplicaciones prácticas. La comprensión de cómo (¿por qué?) se producen los movimientos nos capacita para diseñar máquinas y otros instrumentos prácticos que se mueven en la forma que nosotros deseamos. El estudio de la relación entre el movimiento de un cuerpo y las causas de este movimiento se denomina dinámica.

3.1.1. Leyes de la dinámica^{17 18}

¿Se requiere una fuerza para que exista movimiento? ¿Qué o quién mueve a los planetas en sus órbitas? Estas preguntas, que durante años se hizo el hombre, fueron contestadas correctamente por Newton hacia el año 1700. En términos históricos, hace muy poco tiempo. Utilizando las Leyes de la Dinámica y las Leyes de Kepler dedujo también las leyes de la Gravitación.

Desde Newton sabemos que una fuerza resultante neta (no neutralizada por otras) actuando sobre un cuerpo (una masa) produce siempre una aceleración.

Si una fuerza actúa sobre un objeto en reposo y lo acelera hasta que alcanza una velocidad dada, aunque deje de actuar y sobre el cuerpo no actúe ninguna otra fuerza (por supuesto tampoco la de rozamiento), el cuerpo se moverá indefinidamente con esa velocidad.

Aristóteles se equivocaba al afirmar que los cuerpos necesitaban una fuerza para moverse (aunque fuera uniformemente). Él observaba que una carreta para moverse con velocidad constante necesitaba la fuerza de los bueyes y esta fuerza no la hacía acelerar. Pero Aristóteles no tenía en cuenta las fuerzas de rozamiento

¹⁷ (Montiel, 2015, pág. 136)

¹⁸ (Valera Negrete, 2005, pág. 26)

que neutralizaban la fuerza de arrastre de los bueyes, excepto en los pequeños tirones.

Las cuestiones relativas a las fuerzas y el movimiento las estudia la rama de la Física llamada **Dinámica**.

Isaac Newton nació en Woolsthorpe, Lincolnshire, Inglaterra el 4 de Enero de 1643. Su vida infantil fue prácticamente la de un huérfano, debido a la muerte de su padre y el nuevo matrimonio de su madre, viviendo con sus tíos. Este cambio de vida le convirtió en un hombre difícil de carácter y solitario. Sus primeros años de estudio no dieron muy buenos frutos, sus informes destacaban poca atención en las actividades escolares.

En 1666 Newton imaginó que la gravedad de la tierra influenciaba la Luna y contrabalanceaba la fuerza centrífuga. Con su ley sobre la fuerza centrífuga y utilizando la tercera ley de Kepler, dedujo las tres leyes fundamentales de la mecánica celeste:

1. **Ley de la inercia.** Todo cuerpo tiene a mantener su estado de movimiento mientras no actué sobre él otra fuerza externa.
2. **Ley fundamental de la dinámica.** La fuerza es igual a la masa por aceleración.
3. **Ley de la acción y la reacción.** A toda fuerza siempre se le opone una reacción de la misma magnitud pero de sentido contrario.

Después de sufrir una crisis nerviosa en 1693, Newton se retiró de la investigación. Viajó a Londres en donde se posesionó como guardián custodio de la casa de la moneda y director en 1699. En estas posiciones Newton se convirtió en un hombre muy rico. En 1703 fue elegido presidente de la Royal Society y fue reelegido cada año hasta su muerte. Fue nombrado caballero por la reina Ana en 1705. Murió el 31 de marzo de 1727 en Londres.

3.2. Ley de la Gravitación Universal¹⁹

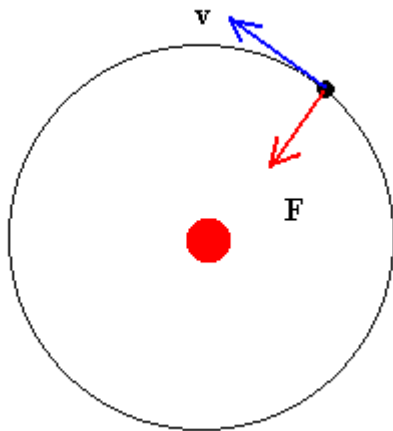
¹⁹ (Mengual, 1989, pág. 378)

Un momento culminante en la historia de la Física fue el descubrimiento realizado por Isaac Newton de la **Ley de la Gravitación Universal**: todos los objetos se atraen unos a otros con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros. Al someter a una sola ley matemática los fenómenos físicos más importantes del universo observable, Newton demostró que la física terrestre y la física celeste son una misma cosa. El concepto de gravitación lograba de un solo golpe:

- Revelar el significado físico de las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario.
- Resolver el intrincado problema del origen de las mareas
- Dar cuenta de la curiosa e inexplicable observación de Galileo Galilei de que el movimiento de un objeto en caída libre es independiente de su peso.

La naturaleza cuadrática inversa de la fuerza centrípeta para el caso de órbitas circulares, puede deducirse fácilmente de la [tercera ley de Kepler](#) sobre el movimiento planetario y de la dinámica del movimiento circular uniforme:

1. Según la tercera ley de Kepler el cuadrado del periodo P es proporcional al cubo del semieje mayor de la elipse, que en el caso de la circunferencia es su propio radio r , $P^2=kr^3$.
2. La [dinámica del movimiento circular uniforme](#), nos dice que en una trayectoria circular, la fuerza que hay que aplicar al cuerpo es igual al producto de su masa por la aceleración normal, $F=mv^2/r$.
3. El tiempo que tarda un planeta en dar una vuelta completa es el cociente entre la longitud de la circunferencia y la velocidad, $P=2\pi r/v$.



Combinando estas expresiones, obtenemos

$$F = \frac{mv^2}{r} = m \left(\frac{2\pi r}{P} \right)^2 \frac{1}{r} = 4\pi^2 m \left(\frac{r^3}{P^2} \right) \frac{1}{r^2} = 4\pi^2 m k \frac{1}{r}$$

Vemos que la fuerza F que actúa sobre el planeta en movimiento circular uniforme es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r desde el centro de fuerzas al centro del planeta.

Newton comparó la aceleración centrípeta de la Luna con la aceleración de la gravedad $g=9.8 \text{ m/s}^2$. La aceleración centrípeta de la Luna es $a_c=v^2/r=4\pi^2 r/P^2$, con $r=3.84 \cdot 10^8 \text{ m}$ y $P=28 \text{ días}=2.36 \cdot 10^6 \text{ s}$, se obtiene $a_c=2.72 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$. Por consiguiente,

$$\frac{g}{a_c} = 3602 \approx (60)^2$$

Como el radio de la Tierra es $6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$, y el radio de la órbita de la Luna es $3.84 \cdot 10^8 \text{ m}$, tenemos que

$$\left(\frac{r}{R} \right)^2 = \left(\frac{384}{6.37} \right)^2 \approx (60)^2$$

Por tanto,

$$\left(\frac{g}{a_c} \right) = \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

Las aceleraciones de ambos cuerpos están en razón inversa del cuadrado de las distancias medidas desde el centro de la Tierra.

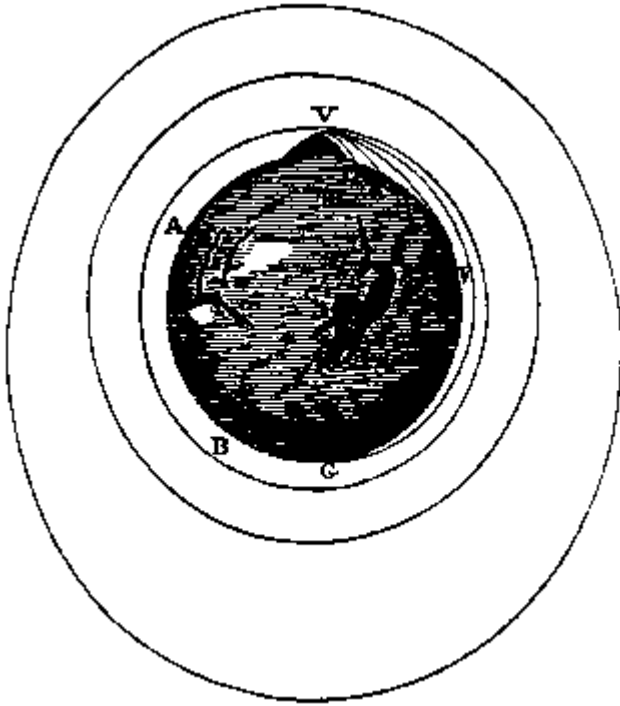
Descripción

En la física anterior a Newton una manzana cae verticalmente hacia la Tierra en una trayectoria rectilínea, mientras que la Luna describe una órbita casi circular, que es una trayectoria cerrada. ¿Cómo estas dos categorías de movimientos pueden estar relacionadas?

Si la manzana que caía verticalmente es empujada por la fuerza del aire, su trayectoria ya no será rectilínea sino el arco de una curva. Por ejemplo un proyectil disparado desde un cañón describe una trayectoria parabólica tal como se observaba en el siglo XVII en el que vivió Newton . El salto conceptual que llevó a cabo Newton fue el de imaginar que los proyectiles podrían ser disparados desde lo alto de una montaña describiendo trayectorias elípticas (siendo la parábola una aproximación de la elipse).

Por tanto, la manzana y la Luna están cayendo, la diferencia es que la Luna tiene un movimiento de caída permanente, mientras que la manzana choca con la superficie de la Tierra.

Una misma causa produce, por tanto, los movimientos de los cuerpos celestes y terrestres. Un dibujo que aparece en muchos libros de texto, tomado del libro de Newton "El sistema del mundo", ilustra esta unificación.



"Si consideramos los movimientos de los proyectiles podremos entender fácilmente que los planetas pueden ser retenidos en ciertas órbitas mediante fuerzas centrípetas; pues una piedra proyectada se va apartando de su senda rectilínea por la presión de su propio peso y obligada a describir en el aire una curva, cuando en virtud de la sola proyección inicial habría debido continuar dicha senda recta, en vez de ser finalmente atraída al suelo; y cuanto mayor es la velocidad con la cual resulta ser proyectada más lejos llega, antes de caer a tierra. Podemos por eso suponer que la velocidad se incremente hasta que la piedra describa un arco de 1, 2, 5, 10, 100, 1000 millas antes de caer, de forma que al final, superando los límites de la Tierra, pasará al espacio sin tocarla...

En la figura, se representa las curvas que un cuerpo describiría si fuese proyectado en dirección horizontal desde la cima de una alta montaña a más y más velocidad. Puesto que los movimientos celestes no son prácticamente retardados por la pequeña o nula resistencia de los espacios donde tienen lugar, supongamos, para conservar la analogía de los casos, que en la Tierra no hubiera aire, o al menos que éste está dotado de un poder de resistencia nulo o muy pequeño.

Entonces, por la misma razón que un cuerpo proyectado con menos velocidad describe el arco menor y, proyectado con más velocidad, un arco mayor, al aumentar la velocidad, terminará por llegar bastante más allá de la circunferencia de la Tierra, retornando a la montaña desde la que fue proyectada.

Y puesto que las áreas descritas por el movimiento del radio trazado desde el centro de la Tierra son proporcionales a su tiempo de descripción, su velocidad al retornar a la montaña no será menor que al principio, por lo que reteniendo la misma velocidad, describirá la misma curva una y otra vez, obedeciendo a la misma ley".

Vamos ahora a cambiar, la imagen estática por un programa interactivo o applet, que nos ilustre la unificación de las causas de los movimientos que ocurren en el espacio exterior y en la superficie de la Tierra.

3.2.1. De Newton

Los choques entre objetos con igual masa y distintas velocidades intercambian sus velocidades.

1ª Ley de Newton: Ley de la Inercia.

En ausencia de fuerzas externas un cuerpo permanece en reposo si su velocidad inicial es cero y se mueve con movimiento uniforme, con velocidad constante, si tiene velocidad inicial en el momento que observamos la ausencia de fuerzas.

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



Si no actúan fuerzas pero estaba en movimiento, continúa con movimiento uniforme. Observa que la velocidad no cambia ni de valor, ni de dirección, ni de sentido.

2ª Ley de Newton: $F = m \cdot a$

Es fácil deducir que aplicando suficiente fuerza se produce un movimiento. Pero hasta el siglo XVII no se comprendió el tipo de movimiento que origina una fuerza. Newton define magnitudes, establece fórmulas y deja claro que si hay una fuerza resultante distinta de cero el cuerpo se mueve y su velocidad va aumentando mientras la fuerza se mantenga aplicada. Cuanto más tiempo actúe, más se incrementa la velocidad.

La aplicación de las fuerzas se estudia bajo dos puntos de vista: Estudiando el tiempo que está aplicada ($F \cdot t = \text{Impulso}$) Midiendo el camino que recorre el objeto mientras se aplica ($F \cdot x = \text{Trabajo}$)

El producto de la fuerza por el tiempo que actúa se llama IMPULSO y su valor es igual al producto de la masa por el incremento de velocidad que se produjo. A partir de aquí se deduce la 2ª Ley de Newton: $F = m \cdot a$

Observa que la fuerza permanece aplicada en todo momento. ¿Se mueve siempre con la misma velocidad? ¿Cuál es el incremento de "v" en cada segundo? ¿Cuánto vale por tanto la aceleración? ¿Cuánto vale la fuerza aplicada?.

3ª Ley de Newton: Ley de acción y reacción

Cuando dos partículas interaccionan, la fuerza \mathbf{F} que la primera ejerce sobre la segunda, es igual y opuesta a la fuerza \mathbf{F} que la segunda ejerce sobre la primera, estando ambas sobre la recta que une las partículas. El proceso es simultáneo. Las fuerzas existen mientras dura la interacción. Se escribe $F_{1/2}$ para indicar la fuerza que el cuerpo 1 ejerce sobre el 2 y $F_{2/1}$ para indica la fuerza que el cuerpo 2 ejerce sobre el 1. Son iguales y opuestas. Están aplicadas en distinto cuerpo (de estar aplicadas las dos en el mismo se anularían).



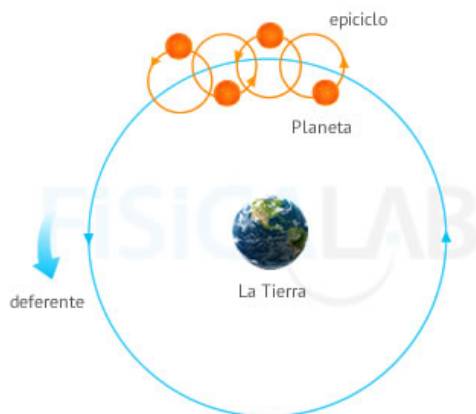
En los choques se producen múltiples situaciones en cuanto a velocidades de rebote según la masa de los objetos que interaccionan y sus velocidades.

3.2.2. De Kepler

Desde la Antigüedad clásica los filósofos, matemáticos y astrónomos griegos trataron de explicar el movimiento de los planetas y las estrellas tal y como los vemos desde la Tierra. Existían dos modelos para describir dicho movimiento:

- Sistema geocéntrico: La Tierra se encontraba en el centro del Universo y, alrededor, el resto de astros. La mayoría de los filósofos griegos como Platón, Aristóteles o Ptolomeo defendían este modelo
- Sistema heliocéntrico: El Sol se encontraba en el centro del Universo y, alrededor, la Tierra y el resto de astros. Galileo fue, en el S. XVII, el principal difusor de esta teoría, basándose en trabajos realizados por Nicolás Copérnico

Ambos sistemas se basaban en la idea de que los cuerpos celestes siempre se movían según el movimiento circular uniforme. Pero tenían que recurrir a complicadas sumas de trayectorias circulares (*epiciclos* y *deferentes*) para explicar las observaciones desde la Tierra.



Sistema Geocéntrico

Ptolomeo explica sus observaciones recurriendo a los epiciclos, representados en naranja y a los deferentes, en color azul. Copérnico también recurre a ellos, aunque los emplea de manera mucho más limitada

En el año 1600 un joven Johannes Kepler (1571 - 1630) fue a trabajar como ayudante matemático de Tycho Brahe (1546 - 1601), quién había estado recopilando exhaustivamente datos astronómicos sobre la posición de los planetas en el cielo. A la muerte de Brahe, y a partir de los datos recopilados, Kepler intentó obtener la órbita circular de Marte. Sin embargo ningún círculo se ajustaba a las medidas de Tycho. En lugar de círculos, Kepler encontró que utilizando elipses el ajuste con las observaciones era perfecto. Así surgieron las *leyes de Kepler*.

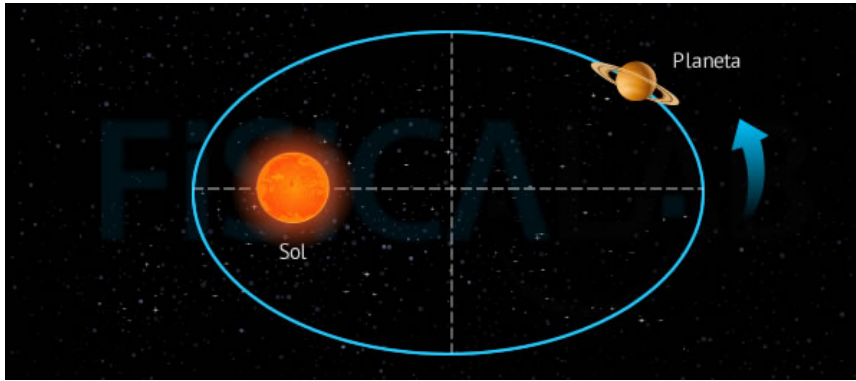
Kepler no comprendió el origen de sus leyes. Fue Newton, años más tarde, quien describió con precisión las magnitudes que permitían explicarlas, enunciando así la ley de la gravitación universal.

PRIMERA LEY DE KEPLER: LEY DE LAS ÓRBITAS²⁰

La primera ley, conocida como ley de las órbitas, acaba con la idea, mantenida también por Copérnico, de que las órbitas debían ser circulares.

Los planetas giran alrededor del Sol siguiendo una trayectoria elíptica. El Sol se sitúa en uno de los focos de la [elipse](#).

²⁰ (Mengual, 1989, pág. 377)



La primera ley de Kepler establece que todos los planetas se mueven alrededor del Sol describiendo una trayectoria elíptica.

La excentricidad e de una elipse es una medida de lo alejado que se encuentran los focos del centro. Su valor viene dado por:

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

Pues bien, la mayoría de las órbitas planetarias tienen un valor muy pequeño de excentricidad, es decir $e \approx 0$. Esto significa que, a nivel práctico, pueden considerarse círculos descentrados.

Experimenta y Aprende

$$e = 0.50$$

O

F

F'

b

a

Datos

$$a = 8.00 \mid b = 6.93$$

Excentricidad de una elipse

La figura muestra una elipse con el semieje mayor horizontal (a) y el semieje menor vertical (b). Puedes arrastrar el valor de su excentricidad y al hacerlo cambiarás el valor de la longitud de sus semiejes a y b . De igual forma puedes mover el punto origen $O (x_0, y_0)$. Observa como a medida que la excentricidad se aproxima a 0, la longitud de a se iguala a la de b , obteniendo poco a poco una circunferencia.

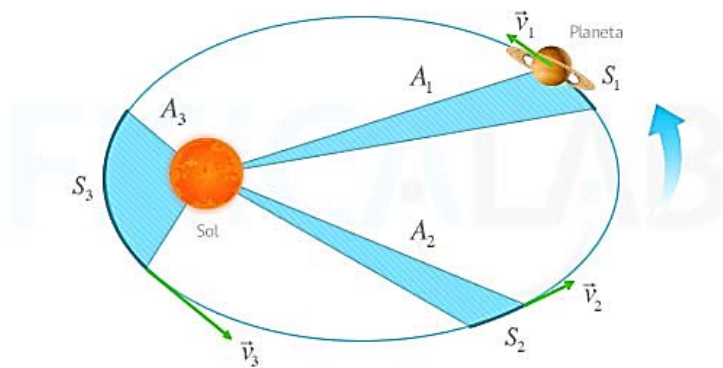
Por esta razón podemos considerar la circunferencia como un caso particular de la elipse en el que los semejes mayor y menor coinciden $a = b$.

SEGUNDA LEY DE KEPLER: LEY DE LAS ÁREAS²¹

La segunda ley, conocida como ley de las áreas, nos da información sobre la velocidad a la que se desplaza el planeta.

La recta que une el planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

Para que esto se cumpla, la velocidad del planeta debe aumentar a medida que se acerque al Sol. Esto sugiere la presencia de una fuerza que permite al Sol atraer los planetas, tal y como descubrió Newton años más tarde.



Segunda Ley de Kepler

²¹ (Montiel, 2015, pág. 146)

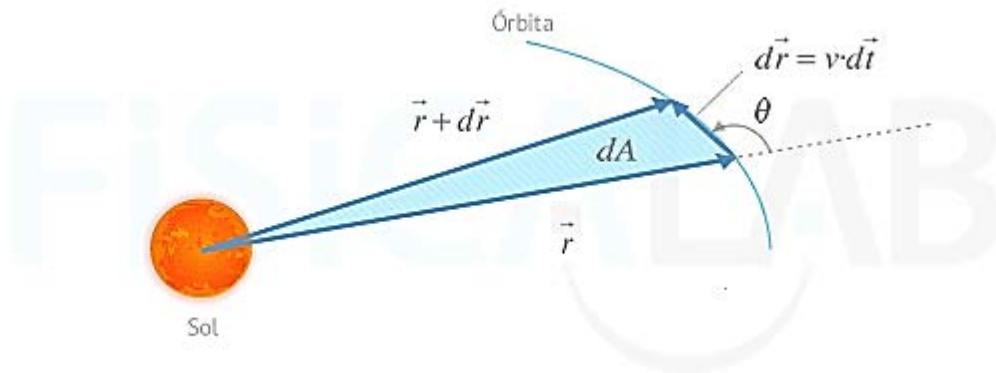
Suponiendo que el tiempo que se tarda en recorrer un espacio S_1 , S_2 y S_3 es el mismo, las áreas A_1 , A_2 y A_3 también serán iguales. Esto se debe a que a medida que disminuye la distancia al Sol, la velocidad aumenta ($v_1 < v_2 < v_3$)

Velocidad areolar

Se define la velocidad areolar v_A como el área barrida por el vector de posición de un cuerpo por unidad de tiempo. Según la segunda ley de Kepler, v_A es constante. Por tanto:

$$v_A = dA/dt = \text{cte}$$

En un *instante*, es decir, un diferencial de tiempo dt , el planeta se desplaza $d\vec{r} = \vec{v} \cdot dt$. Ya que se trata de un diferencial podemos considerar que $d\vec{r}$ es una línea recta. Pues bien, los vectores \vec{r} y $d\vec{r}$ determinan un paralelogramo cuya área es justo el doble que dA . En la siguiente imagen puedes observar el área correspondiente a dA , que supone la mitad de la del hipotético paralelogramo.



Estudio de un diferencial del área

Recuerda que el módulo del producto vectorial de dos vectores es justamente el área del paralelogramo que forman. Así, nos queda:

$$v_A = dA/dt = \frac{1}{2} \cdot \|\vec{r} \times d\vec{r}\| / dt = \frac{1}{2} \cdot \|\vec{r} \times \vec{v}\| = \frac{1}{2} \cdot r \cdot v \cdot \sin(\theta) = \text{cte}$$

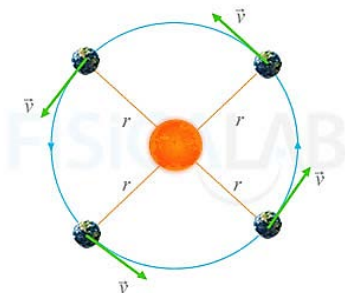
La segunda ley de Kepler establece que la velocidad areolar v_A permanece constante a lo largo del recorrido del planeta. Por ello, dados dos puntos de la trayectoria cualesquiera, nos queda: $r_1 \cdot v_1 \cdot \sin(\theta_1) = r_2 \cdot v_2 \cdot \sin(\theta_2)$

Dónde:

- r_1 y r_2 : Módulos de los vectores de posición del planeta en los puntos 1 y 2 respectivamente. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro (m)
- v_1 y v_2 : Módulos de los vectores velocidad del planeta en los puntos 1 y 2 respectivamente. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro por segundo (m/s)
- θ_1 y θ_2 : Ángulos que forman los vectores de posición de los planetas con los de velocidad en los puntos 1 y 2 respectivamente. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el radián (rad)

En definitiva, aunque la velocidad areolar v_A sí permanece constante en todo el recorrido, para que se cumpla la segunda ley de Kepler la velocidad instantánea del planeta debe variar según el punto de su trayectoria en que se encuentre y el ángulo θ que formen $r \rightarrow$ y $v \rightarrow$.

Además, si la trayectoria de un planeta fuese aproximadamente circular (excentricidad $e \approx 0$), $\theta = 90^\circ$ en cualquier punto y $v_1 = v_2$, es decir, *estaríamos ante un movimiento circular uniforme*.



Movimiento Circular Uniforme

Cuando la excentricidad de la órbita del planeta es mínima ($e \approx 0$), se encuentra siempre a la misma distancia del Sol y por tanto su velocidad se puede considerar constante. De ahí que el movimiento descrito por este sea un m.c.u.

Perihelio y afelio

- Perihelio: Es el punto de la órbita del planeta más próximo al Sol. La velocidad en las proximidades del perihelio es la máxima.
- Afelio: Es el punto de la órbita del planeta más lejano al Sol. La velocidad en las proximidades del afelio es la mínima.

En el perihelio (p) y en el afelio (a) $\theta = 90^\circ$ y por tanto:

$$ra \cdot va = rp \cdot vp$$

TERCERA LEY DE KEPLER: LEY DE LOS PERIODOS

La tercera ley, también conocida como armónica o de los periodos, relaciona los periodos de los planetas, es decir, lo que tardan en completar una vuelta alrededor del Sol, con sus radios medios.

Para un planeta dado, el cuadrado de su periodo orbital es proporcional al cubo de su distancia media al Sol. Esto es,

$$T^2 = k \cdot r^3$$

Donde:

- T : Periodo del planeta. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el segundo (s)
- k : Constante de proporcionalidad. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el segundo al cuadrado partido metro cúbico (s^2/m^3)
- r : Distancia media al Sol. Por las propiedades de la elipse se cumple que su

valor coincide con el del semieje mayor de la elipse, a . Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro (m)

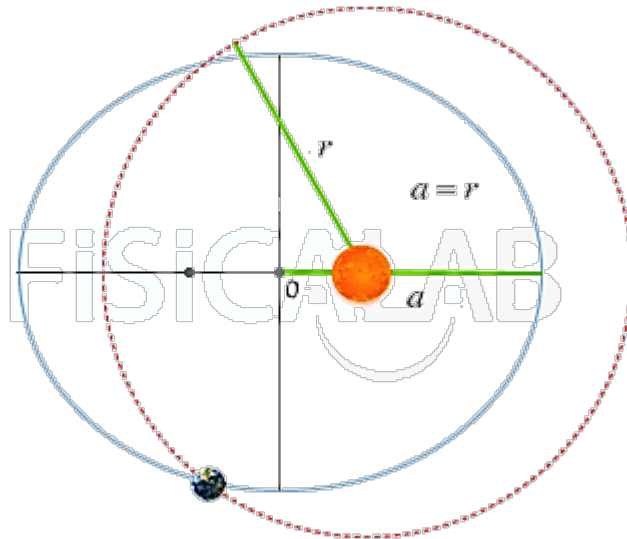
Observa que como consecuencia de esta ley, los planetas se mueven tanto más despacio cuanto mayor es su órbita. El valor concreto de la constante k será estudiado cuando hayamos introducido la ley de la gravedad formalmente. De momento si que señalaremos que su valor es el mismo para todos aquellos cuerpos que giran en torno a uno determinado. Así, por ejemplo, los planetas del Sistema Solar comparten el valor de k al girar todos ellos alrededor del Sol. También los satélites de un planeta compartirán un valor de k entre ellos.

Es por ello que, en ocasiones, esta ley se presenta de acuerdo a la siguiente expresión:

$$T_1^2 T_2^2 = r_1^3 r_2^3 = a^3 a^3$$

Donde los subíndices 1 y 2 indican los periodos (T), distancias medias (r) y longitud del semieje mayor ($a = r$) de las órbitas de dos cuerpos que giran en torno a uno común, por ejemplo, dos planetas cualesquiera alrededor del Sol.

Finalmente, calcular la longitud de la elipse requiere de herramientas matemáticas que están fuera del alcance de este nivel. Sin embargo, para valores de excentricidad pequeños ($e \approx 0$), su longitud viene a ser aproximadamente igual a la de un círculo que tuviese como radio el radio medio de la elipse asociada, es decir, el semieje mayor a . Tal y como dijimos cuando hablamos de la primera ley, las órbitas de los planetas, al tener una excentricidad pequeña, se pueden considerar círculos descentrados.



Valor del radio medio de una elipse

La distancia media r de un planeta al foco de su órbita (ocupado por el Sol) coincide con la longitud del semieje mayor a de la elipse. Consideraremos este valor a la hora de determinar la longitud de la elipse cuando esta tenga una excentricidad pequeña. Así, en la figura, podríamos aproximar la longitud de la elipse, en verde, por la del círculo en rojo siendo $L_{elipse} \cong L_{circunf.} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot a$.

BLOQUE IV: RELACIONAS EL TRABAJO CON LA ENERGÍA

4.1 Trabajo

Trabajo (física): Es el producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y del desplazamiento del cuerpo en la dirección de esta fuerza. Mientras se realiza trabajo sobre el cuerpo, se produce una transferencia de energía al mismo, por lo que puede decirse que el trabajo es energía en movimiento.

Definición

El trabajo es una magnitud física escalar que se representa con la letra W (del

inglés Work) y se expresa en unidades de energía, esto es en julios o joules (J) en el Sistema Internacional de Unidades.

Por lo tanto. El trabajo es igual al producto de la fuerza por la distancia y por el coseno del ángulo que existe entre la dirección de la fuerza y la dirección que recorre el punto o el objeto que se mueve.

Puede calcularse el trabajo que una fuerza realiza a lo largo de una trayectoria curvilínea general. Para ello basta saber que el trabajo que la fuerza realiza en un elemento diferencial desde la trayectoria, vale:

Entonces, para obtener el trabajo a lo largo de toda la trayectoria bastará con integrar a lo largo de la misma entre los puntos inicial y final de la curva. Pero hay que tener en cuenta también, que la dirección de la fuerza puede o no coincidir con la dirección sobre la que se está moviendo el cuerpo. En caso de no coincidir, hay que tener en cuenta el ángulo que separa estas dos direcciones.

El concepto de trabajo está ligado muy íntimamente al de energía, Esta ligazón puede verse en el hecho de que, del mismo modo que existen distintas definiciones de energía (para la mecánica, la termodinámica), también existen definiciones distintas de trabajo, aplicables cada una a cada rama de la física. El trabajo es una magnitud de gran importancia para establecer nexos entre las distintas ramas de la física. Cuando se levanta un objeto desde el suelo hasta la superficie de una mesa, por ejemplo, se realiza trabajo al tener que vencer la fuerza de la gravedad, dirigida hacia abajo; la energía comunicada al cuerpo por este trabajo aumenta su energía potencial.

También se realiza trabajo cuando una fuerza aumenta la velocidad de un cuerpo, como ocurre por ejemplo en la aceleración de un avión por el empuje de sus reactores. La fuerza puede no ser mecánica, como ocurre en el levantamiento de un cuerpo o en la aceleración de un avión de reacción; también puede ser una fuerza electrostática, electrodinámica o de tensión superficial.

Por otra parte, si una fuerza constante no produce movimiento, no se realiza trabajo.

Por ejemplo, el sostener un libro con el brazo extendido no implica trabajo alguno sobre el libro, independientemente del esfuerzo necesario.

Unidades del trabajo en el Sistema Internacional (S.I.) de Unidades

En el Sistema Internacional de Unidades el Joule, se define como el trabajo realizado por una fuerza de 1 newton a lo largo de un metro. El trabajo realizado por unidad de tiempo se conoce como potencia. La potencia correspondiente a un julio por segundo es un vatio.

El trabajo realizado por unidad de tiempo se conoce como potencia.

- La potencia correspondiente a un Joule por segundo es un vatio.
- Kilográmetro: equivale a la fuerza de un kilogramo actuando a lo largo de un metro.
- Erg: Equivale a la aplicación de la fuerza de una DINA a una distancia de un centímetro.

Joule=J

- La fuerza se mide en Newton (N)
- La distancia se mide en metros (m)
- El trabajo en (N x m)
- Las unidades (N x m) pueden ser sustituidas en Joule(J)

4.1.1 Fuerza, movimiento y desplazamiento de los objetos

El movimiento tiene que ver con la sensación de desplazamiento rápido, como ver una moto o un auto a gran velocidad, pero es provocado por un efecto invisible, que actúa sobre los cuerpos, llamado fuerza.

Fuerza y movimiento son dos eventos físicos que están ligados. Pero, aunque la

fuerza puede manifestarse sola, el movimiento no es posible sin el concurso de una fuerza.

Como la fuerza es invisible, alguno de los efectos producidos por esta, también son invisibles. La fuerza se relaciona con la acción que ejerce un cuerpo sobre otro (locomotora que ejerce fuerza para mover sus vagones o barra de acero posada sobre una mesa). Los objetos son los que poseen la capacidad de ejercer fuerzas a causa de algún tipo de interacción.

Equilibrio de fuerzas: Sobre los cuerpos, siempre está actuando alguna fuerza. Pero su presencia no siempre es evidente. En ocasiones las fuerzas que interactúan sobre un cuerpo se contrarrestan entre sí, lo cual puede describirse como que “las fuerzas se anulan mutuamente y el cuerpo se encuentra en equilibrio”.

Las fuerzas son vectores, y si los vectores tienen la misma dirección pueden ser sumados directamente, y el resultado es otro vector

Efectos de una fuerza: Cuando las fuerzas actúan producen movimiento sobre algún cuerpo o pueden detener el movimiento. Sobre cada cuerpo actúan muchas fuerzas a la vez, las que sumadas reciben el nombre de fuerza neta y es equivalente a la fuerza de todas las demás.

Condición de equilibrio de traslación

- Si la fuerza neta es cero, la aceleración es cero, y la velocidad no cambia, es constante; por lo tanto, el movimiento puede ser: rectilíneo uniforme (MRU) o tratarse de un objeto en reposo.
- Si la fuerza neta no es cero, el móvil tiene aceleración (o deceleración); por lo tanto, el movimiento es uniformemente variado, pudiendo ser: Uniformemente acelerado o uniformemente retardado.
- Si la aceleración es mayor que cero (positiva), es un movimiento uniformemente

acelerado (MUA).

- Si la aceleración es menor que cero (negativa), es un movimiento uniformemente retardado (MUR).

Análisis de fuerzas

Según la Primera ley de Newton, “todo cuerpo en reposo que reciba una fuerza experimenta un cambio”.

Newton se basó en la teoría de Galilei (sin roce los cuerpos no se detienen) para establecer su Ley de la Inercia: “un cuerpo que se encuentra en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme, tiende a mantener ese estado siempre que no sea afectado por algún tipo de fuerzas”.

Fuerza, masa y aceleración

La Segunda ley de Newton: Todos los objetos que en movimiento están variando continuamente su velocidad, adquieren aceleración.

El cambio de velocidad (aceleración o deceleración) de un cuerpo es producido por un desequilibrio entre las fuerzas que actúan sobre él. Esta aceleración o deceleración del objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él.

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 m/s^2 , o sea, $1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$

4.1.2Potencia

Cuando estudiamos el movimiento desde el punto de vista energético, basándonos en el concepto de trabajo mecánico, no tenemos en cuenta el factor tiempo. En este apartado vamos a profundizar sobre el concepto de potencia en Física, necesario, entre otras cosas, para el estudio de las máquinas, algunas de las cuales, como las

grúas de carga o las tuneladoras, tienen por principal función el desarrollo del máximo trabajo en el menor tiempo posible.

Las tuneladoras se usan para realizar túneles en la roca y las grúas se emplean para levantar grandes pesos. Ambas se caracterizan porque realizan su tarea en un tiempo muy inferior que el que se tardaría por otros métodos. Realizan un trabajo en un tiempo "reducido".

Se define la potencia como la rapidez con la que se realiza un trabajo. Su expresión viene dada por:

$$P=Wt$$

Dónde:

P: Potencia desarrollada por la fuerza que realiza el trabajo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Vatio (W)

W: Trabajo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Julio (J)

t: Tiempo durante el cual se desarrolla el trabajo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el segundo (s).

Aunque existen otras unidades de medida de la potencia, el sistema internacional mide la potencia en vatios (W). La ecuación de dimensiones de la potencia relaciona los vatios con julios y segundos o bien con kilogramos, metros y segundos:

$$[P]=M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$$

$$P=Wt \Rightarrow 1W=1J1s=1J \cdot s^{-1}=1kg \cdot m^2 \cdot s^{-3};$$

Ejemplo

Determina la potencia que necesita una grúa para elevar un coche de dos toneladas hasta una altura de 25 metros en medio minuto.

En primer lugar, identificamos los datos que nos proporcionan en el enunciado y los

convertimos a unidades del Sistema Internacional cuando sea necesario.

Masa del objeto $m = 2 \text{ T} \Rightarrow m = 2000 \text{ kg}$

Altura $\Delta h = 25 \text{ m}$

Tiempo $t = 0.5 \text{ min} \Rightarrow t = 30 \text{ s}$

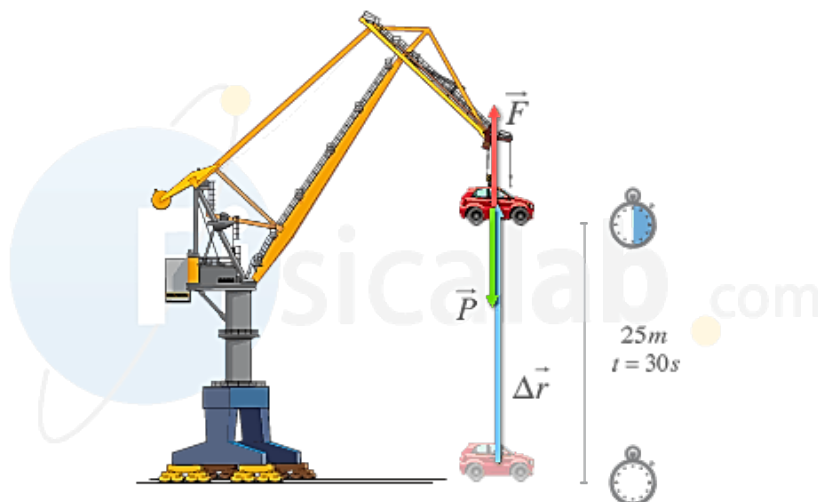
Sabemos que

$$P = Wt$$

Nos falta conocer el trabajo desarrollado por la grúa. Para ello aplicamos la expresión del trabajo $W = \vec{F} \rightarrow \cdot \Delta \vec{r} \rightarrow$.

$\vec{F} \rightarrow$: La fuerza será, al menos, la necesaria para vencer al peso, es decir, de igual módulo y sentido contrario. Esto hará que el cuerpo ascienda con velocidad constante.

$\Delta \vec{r} \rightarrow$: El vector desplazamiento tiene de módulo el espacio recorrido, es decir, la altura a la que se eleva el objeto y de sentido el mismo que la fuerza ($\alpha = 0$).



Considerando el valor de $g = 10 \text{ m/s}^2$ nos queda:

- $F=P=m \cdot g$;
- $W=F \cdot \Delta h \cdot \cos(0)=20000 \cdot 25=500000 \text{ J}$;
- $P=Wt=50 \cdot 10430=1.6 \cdot 10^4 \text{ W}$

4.2 Energía

El concepto de energía surgió en la búsqueda de los Físicos por determinar qué propiedades se conservan en los cuerpos tras las transformaciones. Se encuentra íntimamente ligado al concepto de trabajo.

Energía es la capacidad que tiene un cuerpo o sistema físico de producir trabajo.

Relación Energía – Trabajo

La energía y el trabajo se encuentran íntimamente relacionados. Mientras que la energía representa la capacidad de los cuerpos de producir un trabajo, es decir, una transformación en ellos mismos o en el entorno, el trabajo representa el proceso de transformación en sí.

La energía y trabajo se encuentran relacionados a través de la siguiente expresión:

$$W=\Delta E=E_f-E_i$$

Dónde:

W: Trabajo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el Julio (J)

ΔE , E_f , E_i : Incremento de energía, energía final y energía inicial del proceso respectivamente. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el Julio (J)

Como puede observar el trabajo y la energía se miden en Julios. Por otro lado, a través del trabajo se transforma la energía del cuerpo:

- El cuerpo gana energía $\Rightarrow E_f > E_i \Rightarrow$ Trabajo positivo \Rightarrow Se realiza trabajo

sobre el cuerpo.

- El cuerpo pierde energía $\Rightarrow E_f < E_i \Rightarrow$ Trabajo negativo \Rightarrow El cuerpo realiza trabajo sobre el sistema.
- El cuerpo ni gana ni pierde energía \Rightarrow Trabajo nulo \Rightarrow No se realiza ni se recibe trabajo.

Características de la Energía

La energía de un sistema o cuerpo físico cuenta con las siguientes características:

- La cantidad de energía se conserva en cualquier proceso.
- Permanece constante.
- Es necesaria para que el sistema pueda realizar transformaciones ya sea sobre sí mismos o sobre otros cuerpos.

Existen diversos tipos de energía. Se puede convertir de un tipo a otro.

Tipos de Energía

Existen distintas clasificaciones posibles para la energía, según los **aspectos** en los que nos fijemos:

- eólica, solar, nuclear, calorífica, renovable, etc.

Sin embargo en Física se considera que existen 3 categorías fundamentales y la energía de un cuerpo o sistema puede pertenecer a uno solo o varios de las siguientes:

- Energía interna: Debida a la composición y al estado del cuerpo
- Energía cinética: Debida al estado de movimiento del cuerpo
- Energía potencial: Debida a la posición que ocupa un cuerpo en un campo

de fuerzas

Por otro lado, podemos hacer una clasificación de tipo práctico, según **el tipo de fuerzas implicadas o la forma de almacenamiento de la energía**:

- Fuerzas implicadas o forma de almacenamiento Mecánica
- **Energía cinética**: Asociada al movimiento de los cuerpos o sistemas
- **Energía potencial**: Asociada a las fuerzas mecánicas: gravitatoria y elástica
- **Electromagnética**: Energía de la corriente eléctrica y del campo electromagnético asociada a las fuerzas eléctrica y magnética
- **Luminosa o radiante**: Asociada al transporte de la radiación electromagnética, Energía de la luz visible y no visible
- **Térmica**: Asociada a la agitación interna molecular, asociada al concepto de temperatura
- **Química**: Energía de los enlaces químicos, aparece en las reacciones químicas
- **Nuclear**: Energía de cohesión interna de los núcleos, aparece en las reacciones nucleares

4.2.1 Cinética²²

Cuando un cuerpo se mueve, tiene la capacidad de transformar su entorno. Esta capacidad de producir transformaciones constituye en Física el concepto de energía. Por ejemplo, cuando un cuerpo en movimiento choca con otro, se modifica el estado de reposo o movimiento de ambos. Por ello decimos que el primer cuerpo tenía energía: tenía la capacidad de producir transformaciones. A esta energía

²² (Valera Negrete, 2005, pág. 132)

debida al movimiento se le denomina energía cinética. Vamos a estudiarla. (Oxford, 1998, pág. 87)

Energía Cinética. En el juego de los bolos, la bola por el mero hecho de encontrarse en movimiento posee energía cinética. Dicha energía tiene la capacidad de provocar que los bolos se desplacen cuando impacta con ellos.

Valor de la Energía Cinética²³

Definimos la energía cinética como aquella que posee un cuerpo por el hecho de moverse. Su valor viene dado por:

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

Dónde:

E_c : Es la energía cinética del cuerpo en movimiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Julio (J)

m : Masa del cuerpo en movimiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Kilogramo (Kg)

v : Valor de la velocidad del cuerpo en movimiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro por segundo (m/s)

Relación energía cinética - momento lineal

Podemos relacionar la energía cinética con el valor del momento lineal de un cuerpo $p = m \cdot v$ multiplicando y dividiendo la expresión anterior por m :

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

Energía cinética de un conjunto de partículas

La energía cinética de un conjunto de partículas se calcula sumando las energías

²³ (Mengual, 1989, pág. 160)

cinéticas de cada una de ellas.

$$E_c = E_{c1} + E_{c2} + \dots + E_{cn} = \sum_{i=1}^n E_{ci}$$

Ejemplo

Calcula el momento lineal y la energía cinética de un conjunto de dos partículas que cuentan con $m_1 = 4 \text{ kg}$ y $m_2 = 5 \text{ kg}$ sabiendo que sus velocidades son de $v_1 = 10 \text{ m/s}$ y $v_2 = 8 \text{ m/s}$ y sentido contrario.

Teorema de la Energía Cinética o de las Fuerzas Vivas

El teorema de la energía cinética, también denominado teorema de las fuerzas vivas, permite relacionar el trabajo y la energía cinética:

El trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre una partícula que va desde un punto 1 a un punto 2 es igual a la variación de la energía cinética entre esos dos puntos:

$$W_{1 \rightarrow 2} = E_{c2} - E_{c1} = \Delta E_c$$

Dónde:

$W_{1 \rightarrow 2}$: Trabajo total que realizan las fuerzas externas (fuerza resultante). Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Julio (J)

E_{c1} , E_{c2} , ΔE_c : Energía cinética en los puntos 1 y 2 y variación de energía cinética respectivamente. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Julio (J)

Dicho de otro modo, el trabajo realizado por el conjunto de fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo se invierte íntegramente en variar su energía cinética.

Comprobación del Teorema de la Energía Cinética o de las Fuerzas Vivas

Para comprobar el Teorema de la Energía Cinética vamos a suponer una masa

En el juego del billar, cada vez que consigues que una bola golpea a otra, parte o

toda la energía cinética que posea la primera por encontrarse en movimiento, se transfiere a la segunda. Esto permite que esta última se pueda poner en movimiento.

Propiedades de la Energía Cinética²⁴

Es una magnitud escalar. Estudiar el movimiento con el teorema de la energía cinética supone que las magnitudes energía y trabajo son escalares, a diferencia de hacerlo con las leyes de Newton, donde las magnitudes son vectoriales. Esto supone una diferencia fundamental con el momento lineal $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Siempre es positiva. La masa y la velocidad al cuadrado son siempre positivas

Depende del módulo de la velocidad pero no de su dirección o sentido

Un trabajo positivo sobre el cuerpo implica que la energía cinética aumenta (velocidad final mayor). Un trabajo negativo sobre el cuerpo implica que la energía cinética disminuye (velocidad final menor). Como ejemplos podemos señalar la fuerza ejercida por un caballo sobre un carro y la fuerza de rozamiento respectivamente

Para un cuerpo distinto de una masa puntual la energía cinética se puede descomponer en energía cinética de traslación y energía cinética de rotación

El principio de inercia se puede enunciar diciendo que cuando el trabajo exterior es nulo, la energía cinética del cuerpo no cambia. Esto es debido a que la energía cinética del cuerpo es constante si la velocidad también lo es

4.2.2 Potencial²⁵

La Energía Potencial es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo de acuerdo a la configuración que ostente en el sistema de cuerpos que ejercen fuerzas entre sí, es decir, la energía potencial es la energía que es capaz de generar

²⁴ (Montiel, 2015, págs. 179-206)

²⁵ (Montiel, 2015, pág. 394)

un trabajo como consecuencia de la posición de un cuerpo. A la misma puede considerársela como la energía almacenada en el sistema o la medida de un trabajo que el sistema puede ofrecer.

Entonces, se supone que cuando un cuerpo se moviliza con relación a un cierto nivel de referencia estará en condiciones de acumular energía.

Cuando un cuerpo es levantado a una determinada altura adquiere lo que se conoce como energía potencial gravitacional; una vez que cae el cuerpo esa energía potencial se transformará de inmediato en energía cinética. Por ejemplo, los carros de una montaña rusa logran la energía potencial gravitacional en la parte más alta de su recorrido, una vez que comienzan a descender a la anterior energía se la convierte en cinética.

La energía potencial de alguna manera se la reconoce como una magnitud escalar que se asocia a un campo de fuerzas. La diferencia entre los valores de campo de un punto A respecto a un punto B será igual al trabajo que realiza la fuerza para realizar un recorrido entre A y B.

Este tipo de energía podrá presentarse como: energía potencial gravitacional, que recién la explicábamos, energía química y energía potencial elástica.

La energía potencial química es la energía que se transforma en energía cinética a partir de un proceso de combustión interior. Los autos que están impulsados mediante gasolina aprovecharán la energía potencial química con la que cuenta ésta, la cual, al entrar en combustión generará la energía suficiente para hacer andar al vehículo.

Por su lado, la energía potencial elástica se produce cuando aumenta la energía interna acumulada en un sólido deformable, como consecuencia del trabajo que realizan las fuerzas que causan la mencionada deformación.

Los alimentos que ingerimos los seres humanos disponen de la energía potencial en forma de energía química, la cual se liberará una vez que el organismo los libera.

Como la energía que posee un cuerpo por el hecho de encontrarse **bajo la acción de la gravedad**. Su valor, para el caso de alturas pequeñas sobre la superficie terrestre, viene dado por:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Donde:

- E_p : Es la **energía potencial** del cuerpo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Julio (J)
- m : **Masa** del cuerpo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el Kilogramo (kg)
- g : Valor de la aceleración que provoca la **gravedad**. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro por segundo al cuadrado (m/s^2)
- h : **Altura** a la que se encuentra el cuerpo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro (m)

La fórmula anterior es un caso particular que sólo es válida cuando nos encontramos a poca altura sobre la superficie de la Tierra, ya que, en otro caso, el valor de g varía. En niveles posteriores veremos la expresión general para la energía potencial gravitatoria.

¿Cómo se obtiene la fórmula de la Energía Potencial Gravitatoria?

Para obtener el valor de la energía potencial gravitatoria razonamos de la siguiente manera.

1. Vamos a elevar un cuerpo desde el suelo $h_1 = 0$ a una altura $h_2 = h$
2. Para elevar el cuerpo, debemos ejercer una fuerza igual (al menos) a su peso. Con esto conseguimos que el cuerpo ascienda con velocidad constante hasta la altura h , no variando en ningún momento su energía cinética

3. El valor del trabajo realizado por nosotros sobre el cuerpo:

$$W_{1 \rightarrow 2} = F \rightarrow \cdot \Delta r \rightarrow = F \cdot \Delta h \cdot \cos(0) = m \cdot g \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot h$$

Donde hemos tenido en cuenta que $P = m \cdot g$ es el peso

4. El cuerpo, que ha recibido el trabajo, ha adquirido energía. Considerando que el trabajo que realiza una fuerza sobre un cuerpo es igual a su variación de energía y que el cuerpo al encontrarse en el suelo no tenía energía $E_1 = 0$, nos queda:

$$W = E_2 - E_1 \Rightarrow W = E_2 = m \cdot g \cdot h$$



Energía Potencial Gravitatoria y Trabajo para Vencer el Peso

Si subimos un objeto desde el suelo (posición 1) hasta cierta altura h (posición 2), realizamos un trabajo que se almacena en él en forma de energía potencial gravitatoria.

$$W_{1,2} = E_p = m \cdot g \cdot h$$

Trabajo Realizado por la Fuerza Gravitacional o Peso

Si queremos calcular el trabajo realizado por la fuerza gravitacional ([peso](#)) sobre un cuerpo que se encuentra a cierta altura h y se deja caer hasta el suelo, hemos de tener en cuenta que:

1. Será la Tierra la que realizará el trabajo sobre el cuerpo a través del peso

$$\vec{P} = -m \cdot \vec{g} \cdot \vec{j}$$

2. El desplazamiento también es vertical y su valor viene dado por:

$$\Delta \vec{r} = -\vec{j} \cdot (h - h_{\text{suelo}})$$

Con todo lo anterior nos queda:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = (-j) \cdot m \cdot g \cdot (h - h_{\text{suelo}}) \cdot (-j) = m \cdot g \cdot (h - h_{\text{suelo}})$$

$$\Delta h = h_{\text{final}} - h_{\text{inicial}} = h_{\text{suelo}} - h$$

Finalmente, con estas dos expresiones podemos concluir que:

$$W = m \cdot g \cdot (h - h_{\text{suelo}}) = -m \cdot g \cdot \Delta h = -\Delta E_p$$

Es decir, *el trabajo realizado por la fuerza peso es igual a la variación negativa de la energía potencial del cuerpo.*

Características de la Energía Potencial Gravitatoria²⁶

La **energía potencial gravitatoria** cumple con las siguientes características:

1. Para que exista energía potencial gravitatoria tiene que existir la gravedad. *Sin gravedad, todas las posiciones de un cuerpo serían equivalentes*
2. *El valor de la energía potencial en un punto es relativo.* Depende del nivel de referencia elegido para la altura
3. *Puede ser positiva o negativa,* según donde se sitúe el nivel 0 de altura
4. *La diferencia de energía potencial ΔE_p entre dos puntos es un valor absoluto, que coincide con el trabajo necesario para llevar el cuerpo desde el primer punto hasta el segundo y es independiente del sistema de*

²⁶ (Valera Negrete, 2005, pág. 136)

referencia elegido

5. *Se incrementa con la altura*

6. La expresión $E_p = m \cdot g \cdot h$ sólo es válida para alturas pequeñas, donde podemos considerar g constante ya que, en realidad, g varía con la altura

Ejemplo

Determina el trabajo realizado por la fuerza peso cuando elevamos 3 m un cuerpo de 6 kg en los siguientes casos:

1. Verticalmente
2. Por una rampa con 45° de pendiente

Solución

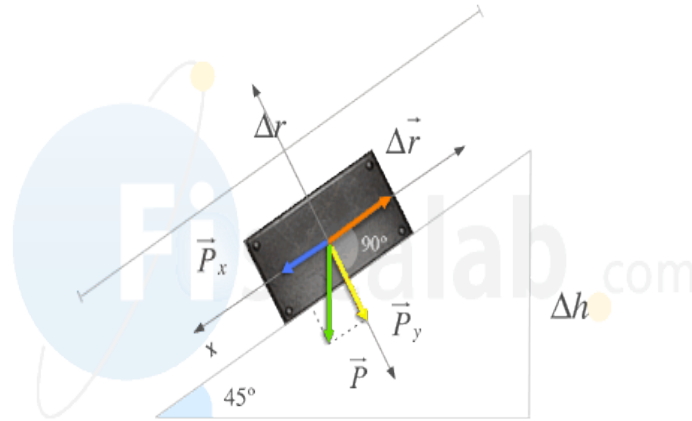
Datos

- Masa del cuerpo: $m = 6$ kg
- Altura de elevación: $h = 3$ m

Consideraciones previas

Debemos conocer el valor de $g = 9.81$ m/s²

- **En el primer caso:**
 - la fuerza [peso](#) forma un ángulo de 180° (π rad) con el desplazamiento
 - el valor del desplazamiento coincide con el de la altura, $\Delta r = \Delta h = 3$ m
- **En el segundo caso:** podemos ayudarnos de la siguiente gráfica para determinar el valor del desplazamiento y el ángulo que este forma con el peso...



- Por tanto $\alpha=45^{\circ}+90^{\circ}=\pi/4 +\pi/2$ rad
- y el valor del desplazamiento $\Delta r=\Delta h\sin(\pi/4)=32\sqrt{2}=4.24$ m

Resolución

$$1. W=\vec{P}\rightarrow\cdot\Delta\vec{r}\rightarrow=m\cdot g\cdot\Delta h\cdot\cos(\pi)=-6\cdot 9.8\cdot 3=-176.4 \text{ J}$$

$$2. W=\vec{P}\rightarrow\cdot\Delta\vec{r}\rightarrow=m\cdot g\cdot\Delta r\cdot\cos(3\pi/4)=6\cdot 9.8\cdot 4.24\cdot(-0.707)\cong-176.4 \text{ J}$$

Observa como ambos valores son prácticamente iguales (las pequeñas diferencias que puedas obtener se deben al redondeo en las operaciones intermedias). Podemos concluir que *el trabajo realizado por la fuerza peso no depende del camino seguido sino únicamente de los puntos inicial y final*. A este tipo de fuerzas se las denomina *fuerzas conservativas*. Si lo deseas puedes comprobar también que el trabajo realizado coincide con la inversa del incremento de la energía potencial gravitatoria $W=-\Delta E_p$

4.2.3 Mecánica

Energía Mecánica: La rama de la física que estudia y analiza el movimiento y reposo de los cuerpos, y su evolución en el tiempo, bajo la acción de fuerzas se denomina mecánica. En un cuerpo existen fundamentalmente dos tipos de energía

que pueden influir en su estado de reposo o movimiento: la energía cinética y la potencial.

Llamamos energía mecánica de un cuerpo a la suma de la energía cinética E_c y energía potencial E_p que posee:

$$E_m = E_c + E_p$$

Es importante señalar que la energía potencial, de modo general, cuenta con distintas contribuciones. En este tema nos centraremos en la energía potencial gravitatoria y la energía potencial elástica.

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

Principio de Conservación de la Energía Mecánica: La energía mecánica de un cuerpo se mantiene constante cuando todas las fuerzas que actúan sobre él son conservativas.

Es probable que en numerosas ocasiones hayas oído decir que "la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma". En realidad, tal afirmación es uno de los principios más importantes de la Física y se denomina Principio de Conservación de la Energía. Se puede particularizar para el caso de la energía mecánica.

Para entender mejor este concepto vamos a ilustrarlo con un ejemplo. Imagina una pelota colgada del techo que cae sobre un muelle. Según el principio de conservación de la energía mecánica, la energía mecánica de la bola es siempre la misma y por tanto durante todo el proceso dicha energía permanecerá constante, tan sólo cambiarán las aportaciones de los distintos tipos de energía que conforman la energía mecánica.

Principio de conservación de la energía. Se ilustra contribución energía cinética y potencial.

Antes de caer, la energía mecánica de la bola está formada únicamente por energía potencial gravitatoria. Al caer y adquirir una velocidad, la energía potencial

gravitatoria se convierte en energía cinética, dejando constante la energía mecánica. Por último, al impactar contra el muelle, lo comienza a comprimir, provocando que la energía mecánica se componga de energía cinética, energía potencial gravitatoria y energía potencial elástica.

Comprobación del Principio de Conservación de la Energía Mecánica

Para comprobar el principio de conservación de la energía mecánica razonamos de la siguiente manera:

El teorema de la energía cinética establece que la variación de energía cinética ΔE_c entre dos puntos (la cual se traduce en una variación de su velocidad) que sufre un cuerpo es igual al trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo entre los puntos inicial y final. Esto se cumple tanto si las fuerzas son conservativas como si no.

$$W = \Delta E_c$$

Por otro lado, en el caso de fuerzas conservativas, dicho trabajo coincide con la variación de energía potencial cambiada de signo.

$$W = -\Delta E_p$$

De lo anterior, y teniendo en cuenta que en ambos casos nos referimos al mismo trabajo, podemos escribir:

$$\Delta E_c = -\Delta E_p \Rightarrow \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \Rightarrow \Delta(E_c + E_p) = 0 ;$$

$$\Delta E_m = 0$$

Por tanto, la energía mecánica no cambia, permanece constante

BLOQUE V: EXPLICAS EL COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS, IDENTIFICA LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS

FLUIDOS QUE LOS DIFERENCIAN DE LOS SÓLIDOS.

5.1. Hidrostática

La hidrostática es la rama de la mecánica de fluidos que estudia los fluidos en estado de reposo; es decir, sin que existan fuerzas que alteren su movimiento o posición. Su contrapartida es la hidrodinámica, que estudia los fluidos en movimiento.

Reciben el nombre de fluidos aquellos cuerpos que tienen la propiedad de adaptarse a la forma del recipiente que los contiene. A esta propiedad se le da el nombre de fluidez. Son fluidos tanto los líquidos como los gases, y su forma puede cambiar fácilmente por escurrimiento debido a la acción de fuerzas pequeñas.

Los principales teoremas que respaldan el estudio de la hidrostática son el principio de Pascal y el principio de Arquímedes .

1. **Principio de Pascal:** En física, el principio de Pascal es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662).

El principio de Pascal afirma que la presión aplicada sobre un fluido no compresible contenido en un recipiente indeformable se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y a todas partes del recipiente.

Este tipo de fenómeno se puede apreciar, por ejemplo en la prensa hidráulica la cual funciona aplicando este principio.

Definimos compresibilidad como la capacidad que tiene un fluido para disminuir el volumen que ocupa al ser sometido a la acción de fuerzas.

2. **Principio de Arquímedes:** afirma que todo cuerpo sólido sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba con una fuerza igual al peso del volumen de fluido desalojado.

El objeto no necesariamente ha de estar completamente sumergido en dicho fluido,

ya que si el empuje que recibe es mayor que el peso aparente del objeto, éste flotará y estará sumergido sólo parcialmente.

Sistema hidráulico para elevar pesos.

Propiedades de los fluidos

Las propiedades de un fluido son las que definen el comportamiento y características del mismo tanto en reposo como en movimiento.

Existen propiedades primarias y secundarias del fluido, se clasifican así:

1. Propiedades primarias o termodinámicas:

- Densidad
- Presión
- Temperatura
- Energía interna
- Entalpía
- Entropía
- Calores específicos

2. Propiedades secundarias: caracterizan el comportamiento específico de los fluidos.

- Viscosidad
- Conductividad térmica
- Tensión superficial

- Compresión

Densidad²⁷ o masa específica

La densidad es la cantidad de masa por unidad de volumen. Se denomina con la letra ρ . En el sistema internacional se mide en kilogramos / metro cúbico.

Cuando se trata de una sustancia homogénea, la expresión para su cálculo es:

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

Donde

ρ : densidad de la sustancia, Kg/m³

m: masa de la sustancia, Kg

V: volumen de la sustancia, m³

En consecuencia la unidad de densidad en el Sistema Internacional será kg/ m³ pero es usual especificar densidades en g/ cm³, existiendo la equivalencia:

$$1 \text{ g cm}^3 = 1.000 \text{ kg/ m}^3$$

La densidad de una sustancia varía con la temperatura y la presión; al resolver cualquier problema debe considerarse la temperatura y la presión a la que se encuentra el fluido.

Densidad de fluidos: cantidad de masa por volumen.

Peso específico

El peso específico de un fluido se calcula como su peso por unidad de volumen (o su densidad por g).

²⁷ (Guerra, 1994, pág. 70)

En el sistema internacional se mide en Newton / metro cúbico.

$$P_e = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

Presión hidrostática²⁸

En general, podemos decir que la presión se define como fuerza sobre unidad de superficie, o bien que la presión es la magnitud que indica cómo se distribuye la fuerza sobre la superficie en la cual está aplicada.

Si una superficie se coloca en contacto con un fluido en equilibrio (en reposo) el fluido, gas o líquido, ejerce fuerzas normales sobre la superficie.

Entonces, presión hidrostática, en mecánica, es la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

Si la fuerza total (F) está distribuida en forma uniforme sobre el total de un área horizontal (A), la presión (P) en cualquier punto de esa área será:

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

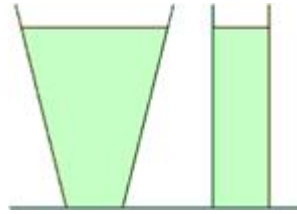
Donde:

P: presión ejercida sobre la superficie, N/m²

F: fuerza perpendicular a la superficie, N

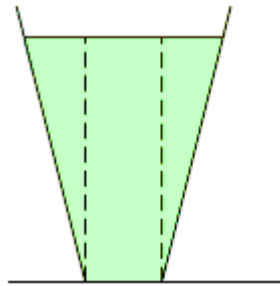
A: área de la superficie donde se aplica la fuerza, m²

²⁸ (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 263)



Mismo nivel, misma presión.

Ahora bien, si tenemos dos recipientes de igual base conteniendo el mismo líquido (figura a la izquierda) , veremos que el nivel del líquido es el mismo en los dos recipientes y la presión ejercida sobre la base es la misma.



Presión solo sobre la base.

Eso significa que:

La presión es independiente del tamaño de la sección de la columna: depende sólo de su altura (nivel del líquido) y de la naturaleza del líquido (peso específico).

Esto se explica porque la base sostiene sólo al líquido que está por encima de ella, como se grafica con las líneas punteadas en la figura a la derecha.

Si nos preguntamos:

¿Qué sostiene al líquido restante?: las paredes del recipiente.

- El peso de ese líquido tiene una componente aplicada a las paredes inclinadas.
- La presión se ejerce solo sobre la base y la altura o nivel al cual llega el

líquido indica el equilibrio con la presión atmosférica.

PRESIÓN²⁹ Y PROFUNDIDAD

La presión en un fluido en equilibrio aumenta con la profundidad, de modo que las presiones serán uniformes sólo en superficies planas horizontales en el fluido.

Por ejemplo, si hacemos mediciones de presión en algún fluido a ciertas profundidades la fórmula adecuada es

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

Es decir, la presión ejercida por el fluido en un punto situado a una profundidad h de la superficie es igual al producto de la densidad d del fluido, por la profundidad h y por la aceleración de la gravedad.

Si consideramos que la densidad del fluido permanece constante, la presión, del fluido dependería únicamente de la profundidad. Pero no olvidemos que hay fluidos como el aire o el agua del mar, cuyas densidades no son constantes y tendríamos que calcular la presión en su interior de otra manera.

UNIDAD DE PRESIÓN

En el sistema internacional la unidad es el Pascal (Pa) y equivale a Newton sobre metro cuadrado.

$$\text{Pascal} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

La presión suele medirse en atmósferas (atm); la atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio o 14,70 lbf/pulg² (denominada psi).

La tabla siguiente define otras unidades y se dan algunas equivalencias.

²⁹ (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 259)

Unidad	Símbolo	Equivalencia
bar	bar	$1,0 \times 10^5$ Pa
atmósfera	atm	101.325 Pa 1,01325 bar 1013,25 mbar
mm de mercurio	mmHg	133.322 Pa
Torr	torr	133.322 Pa
lbf/pulg ²	psi	0,0680 atm
kgf/cm ²		0,9678 atm
	atm	760,0 mmHg
	psi	6.894, 75 Pa

MEDIDORES DE PRESIÓN

La mayoría de los medidores de presión, o manómetros, miden la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local.

Para pequeñas diferencias de presión se emplea un manómetro que consiste en un tubo en forma de U con un extremo conectado al recipiente que contiene el fluido y el otro extremo abierto a la atmósfera.

El tubo contiene un líquido, como agua, aceite o mercurio, y la diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas indica la diferencia entre la presión del recipiente y la presión atmosférica local.

Para diferencias de presión mayores se utiliza el **manómetro de Bourdon**, llamado así en honor al inventor francés Eugène Bourdon. Este manómetro está formado por un tubo hueco de sección ovalada curvado en forma de gancho.

Los manómetros empleados para registrar fluctuaciones rápidas de presión suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta

instantánea.

Como la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Una lectura negativa del manómetro corresponde a un vacío parcial.

5.1.1. Características de los fluidos³⁰

La Mecánica de Fluidos estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos. La Mecánica de Fluidos como hoy la conocemos es una mezcla de teoría y experimento que proviene por un lado de los trabajos iniciales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y por el otro del trabajo de básicamente matemáticos, que abordaban el problema desde un enfoque analítico.

Al integrar en una única disciplina las experiencias de ambos colectivos, se evita la falta de generalidad derivada de un enfoque estrictamente empírico, válido únicamente para cada caso concreto, y al mismo tiempo se permite que los desarrollos analíticos matemáticos aprovechen adecuadamente la información experimental y eviten basarse en simplificaciones artificiales alejadas de la realidad.

La característica fundamental de los **fluidos es la denominada fluidez**. Un fluido cambia de forma de manera continua cuando está sometido a un esfuerzo cortante, por muy pequeño que sea éste, es decir, un fluido no es capaz de soportar un esfuerzo cortante sin moverse durante ningún intervalo de tiempo. Unos líquidos se moverán más lentamente que otros, pero ante un esfuerzo cortante se moverán siempre. La medida de la facilidad con que se mueve vendrá dada por la viscosidad que se trata más adelante, relacionada con la acción de fuerzas de rozamiento.

Por el contrario en un sólido se produce un cambio fijo y para cada valor de la fuerza cortante aplicada. En realidad algunos sólidos pueden presentar en cierto modo

³⁰ (Valera Negrete, 2005, pág. 231)

ambos comportamientos, cuando la tensión aplicada está por debajo de un cierto umbral presenta el comportamiento habitual, mientras que por encima de un cierto umbral el sólido puede plastificar, produciéndose una deformación más continua para una fuerza fija, de forma parecida a como ocurre en un fluido.

Esto es precisamente lo que ocurre en la zona de fluencia. Si la fuerza persiste, se llega a la rotura del sólido. Así, mientras que un sólido experimenta un desplazamiento definido (o se rompe por completo) bajo la acción de una fuerza cortante, en los fluidos pequeñas fuerzas producen grandes deformaciones no elásticas (en general no se recupera la forma) a volumen constante, que se realizan de forma continua. Mientras que para un sólido bajo una fuerza cortante constante se alcanza un ángulo de deformación determinado y constante, en un fluido debemos hablar de una velocidad de deformación constante o no, ya que la deformación se produce de forma continua.

Dentro de los fluidos, la principal diferencia entre líquidos y gases estriba en las distintas compresibilidades de los mismos.

- 1. Gases.** Los gases presentan una gran compresibilidad, que influye sobre las características del flujo, ya que tanto el volumen como la densidad varían con facilidad. En el caso de los gases el movimiento térmico vence a las fuerzas atractivas y, por tanto tienden a ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene.
- 2. Líquidos.** En el caso de los líquidos, por el contrario, la compresibilidad es muy débil. Esto es debido a que las fuerzas atractivas entre las moléculas del líquido vencen al movimiento térmico de las mismas, colapsando las moléculas y formando el líquido. Al contrario que en el caso de los gases, que tendían a ocupar todo el volumen que los contiene, los líquidos tienden a formar una superficie libre. La noción de compresibilidad dada es la correspondiente a la estática de fluidos.

En dinámica de fluidos, hay casos en los que la densidad no varía a lo largo del

flujo, incluso en un fluido compresible, por lo que a ese flujo le podemos aplicar las leyes de los fluidos incompresibles. Tiene en este caso más sentido hablar de flujo compresible o incompresible. Los fluidos no conservan la forma. Al situarlos en un recipiente toman la forma del mismo (si lo llenan) o de parte del mismo.

El líquido es uno de los tres estados de agregación de la materia. Un líquido es un fluido (además de los gases) cuyo volumen es constante bajo condiciones de temperatura y presión constantes.

Las moléculas de los líquidos y gases no se mantienen en posiciones fijas, como ocurre con los sólidos, se pueden mover libremente deslizándose unas sobre otras y esto impide que la materia en dichos estados tenga forma propia; por lo cual un líquido toma la forma del recipiente que lo contiene. Esta diferencia entre sólidos y líquidos se debe a la fuerza de unión entre sus moléculas. En los sólidos dicha fuerza es lo suficientemente grande para mantenerlas en una misma posición, en los líquidos es muy débil para dejarlas fijas, aunque lo suficientemente grande para mantenerlas unidas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍQUIDOS^{31 32}

El término hidrostática se refiere al estudio de los fluidos en reposo. Un fluido es una sustancia que puede escurrir fácilmente y que puede cambiar de forma debido a la acción de pequeñas fuerzas. Por lo tanto, el término fluido incluye a los líquidos y a los gases.

Esta parte de la hidráulica es demostrada por principios importantes como son: el principio de Pascal y el principio de Arquímedes.

El estudio de los líquidos requiere el conocimiento de algunas de sus características; mismas que ahora te invitamos a conocer.

³¹ (Valera Negrete, 2005, pág. 231)

³² (Santiago Burbano de Ercilla, pág. 251)

a. VISCOSIDAD:

La viscosidad la medida de la resistencia interna de un fluido a desplazarse o moverse.

Tanto el aire como el agua a pesar de fluir con facilidad, presentan cierto grado de dificultad al flujo. Cuando las moléculas de un fluido se desplazan, se presentan fuerzas internas que tienden a contrarrestar la fuerza que se aplica en el fluido para ponerlo en movimiento.

En los líquidos la viscosidad se debe a la fuerza de cohesión entre sus moléculas. La viscosidad mide cuánta fuerza se requiere para deslizar una capa del fluido sobre otra, los fluidos tienden a seguir la ley de la gravedad, pero no todos se trasladan con la misma facilidad.

Si no fuera por la viscosidad, un líquido podría desplazarse a través de un tubo por su propia inercia sin que ninguna diferencia de presiones tuviera que empujarlo entre los extremos del conducto.

La unidad de medición de la viscosidad en el sistema internacional es el "poiseville", que se define como:

"La viscosidad que tiene un fluido cuando su movimiento rectilíneo uniforme sobre una superficie plana es retardado por una fuerza de un newton por metro cuadrado de superficie de contacto con el fluido y la velocidad de éste, respecto a la superficie es de un metro por segundo".³³

De acuerdo a la definición anterior la unidad de viscosidad en el sistema internacional es el N-s/m², la cual recibe el nombre de Pascal-seg, y esta última recibe el nombre especial de poiseville (PI).

Si un fluido en movimiento no tuviera viscosidad, podría pasar por un tubo horizontal sin que se le aplicara fuerza alguna. Pero debido a la viscosidad se requiere de la

³³ (Valera Negrete, 2005, pág. 254)

aplicación de una fuerza y por lo tanto de una diferencia de presiones en los extremos del tubo para que el fluido se mueva, es decir, para que haya flujo.

El científico francés Jean Léonard Poiseville determinó las variables que intervienen en la rapidez de flujo laminar y continuo de un fluido, incomprensible dentro de un tubo cilíndrico.

Al valor de la viscosidad de un fluido se le llama coeficiente de viscosidad y depende de la temperatura. En los líquidos, el coeficiente de la viscosidad disminuye si la temperatura aumenta y en los gases aumenta al aumentar la temperatura.

El aceite de los automóviles tiene una viscosidad elevada. Esto es importante porque recubre las piezas móviles del motor e impide que la fricción los desgaste.

En la industria la viscosidad se cuantifica en forma práctica, utilizando recipientes con una determinada capacidad, que tienen un orificio de un diámetro establecido convencionalmente. Al medir el tiempo que el líquido tarda en fluir se conoce su viscosidad, para ello se usan tablas que relacionan el tiempo de escurrimiento con la viscosidad.

³⁴La viscosidad dada en poiseville para algunas sustancias se muestra a continuación:

TABLA 1. Coeficiente de viscosidad de diferentes sustancias

Sustancia	Poiseville
Agua a 0°C	0.0018
Agua a 20°C	0.001
Agua a 39°C	0.000801
Agua a 60°C	0.00065
Acetona a 39°C	0.000295
Aceite de oliva a 20°C	0.097
Aire a 20°C	0.000 018
Aceite para motor (SAE 10) a 39°C	0.200

³⁴ (Valera Negrete, 2005, pág. 254)

Glicerina a 0°C	10.000
Glicerina a 20°C	1.410
Glicerina a 60°C	0.081
Etanol	0.001
Mercurio	0.0016
Sangre (sana) a 37°C	0.004

TENSIÓN SUPERFICIAL

La tensión superficial hace que la superficie libre de un líquido se comporte como una fina membrana elástica.

Este fenómeno se presenta debido a la atracción entre las moléculas de un líquido. Cuando se coloca un líquido en un recipiente, las moléculas del interior del líquido se atraen entre sí en todas direcciones por fuerzas iguales que se contrarrestan unas con otras; pero las moléculas de la superficie del líquido sólo son atraídas por las moléculas que se encuentran por debajo de ellas y las laterales más cercanas, dando lugar a una fuerza dirigida hacia el interior del líquido. Por esta razón, la superficie de todos los líquidos posee una cierta rigidez llamada **tensión superficial**.

Puesto que todas las moléculas de la superficie de un líquido tienen una fuerza resultante que las jala hacia adentro, por naturaleza se acomodan de manera que tengan la mínima superficie expuesta. Se debe a este comportamiento el que las gotas de un líquido sean esféricas, ya que una esfera es el cuerpo geométrico que presenta la menor área superficial. Al cambiar la forma, la superficie se estira o bien, se halla en un estado de tensión, presentando cierta rigidez, de ahí el nombre de tensión superficial,

Por ejemplo, una gota de líquido sobre el cual no operan otras fuerzas adopta una forma esférica. Esto se observa en el caso de las gotas de agua que se acumulan en la carrocería de un automóvil recién encerado. Si observamos las gotas que caen de una llave, las vemos ligeramente alargadas, esto se debe a que la fuerza de gravedad las jala hacia abajo y las deforma. Sin este efecto, su forma sería esférica.

La tensión superficial hace que la superficie libre de un líquido se comporte como una fina membrana elástica muy débil y delgada que puede estirarse al aplicársele una pequeña fuerza e incluso puede llegar a romperse.

La tensión superficial es una medida de la magnitud de las fuerzas hacia el interior que actúan sobre la superficie de un líquido. Cada líquido presenta un valor diferente de tensión superficial, que dependerá de la intensidad de las fuerzas de cohesión.

A continuación se indican los valores de tensión superficial de algunas sustancias:

TABLA 2. TENSIÓN SUPERFICIAL DE ALGUNAS SUSTANCIAS

Sustancia	Tensión superficial (dinas/cm²)
Acetona a 20 °C	2.370
Agua a 18 °C	7.305
Alcohol etílico a 0 °C	2.405
Cloro a 61.5 °C	3.161
Cloroformo a 20 °C	2.714
Mercurio a 20 °C	43.550
Yodo a 130 °C	5.310

La tensión superficial de un líquido disminuye con el aumento de temperatura.

Esto debido a que a mayor movimiento molecular, disminuyen las fuerzas de cohesión.

Debido a la tensión superficial los pequeños insectos pueden posarse o caminar sobre el agua; si colocas con cuidado una hoja de rasurar o una aguja en forma horizontal, sobre la superficie de un líquido, podrás ver que no se hunde. La tensión superficial también es responsable de que las gotas de un líquido y las pompas de jabón tomen una forma esférica.

La tensión superficial de un líquido se puede variar añadiéndole alguna sustancia. Por ejemplo, cuando lavamos ropa es importante disminuir la tensión superficial del

agua para que ésta penetre con más facilidad por los tejidos durante el lavado de ropa, y esto se logra por la acción de los detergentes que se añaden al agua.

COHESIÓN³⁵

La cohesión es la fuerza de atracción que mantiene unidas a las moléculas de una misma sustancia.

La atracción molecular entre moléculas semejantes de un líquido recibe el nombre de fuerza cohesiva. Ésta fuerza da origen a la cohesión, o sea, a la tendencia de un líquido a permanecer como un conjunto de partículas. La falta de fuerzas cohesivas entre las moléculas de un gas le permite llenar todo el recipiente donde se encuentre un gas encerrado.

La cohesión es mayor en los sólidos que en los líquidos y en éstos es mayor que en los gases. ***¿Sabías que debido a la fuerza de cohesión, dos gotas de agua que se juntan se unen para formar una sola, y qué lo mismo sucede con dos gotas de mercurio?***

Si observas por las mañanas las hojas de las plantas de un jardín, notarás que el agua del rocío se distribuye en pequeñas gotas y no de manera uniforme sobre la superficie de la hoja. Esto ocurre debido a que actúan fuerzas de atracción entre las moléculas de agua que no permiten que ésta se desparrame totalmente. Por ejemplo, las gotas que salen de una llave, tienden a adoptar una forma esférica propia, debido a las fuerzas de cohesión, pues cada molécula atrae en todas direcciones por igual a las moléculas que la rodean.

Pero sobre las moléculas de los líquidos no actúan solamente las fuerzas de cohesión; actúan, además, fuerzas de repulsión, que les impiden situarse demasiado cerca unas de otras y, también la gravedad actúa sobre ellas, obligando a las capas superiores del líquido a resbalar sobre las inferiores, hasta alcanzar el mismo nivel en la superficie.

³⁵ (Santiago Burbano de Ercilla, págs. 254-294)

ADHESIÓN O ADHERENCIA.³⁶

Es la fuerza de atracción que se manifiesta entre las moléculas de dos sustancias diferentes que se ponen en contacto; generalmente un líquido con un sólido

Generalmente las sustancias líquidas, se adhieren a los cuerpos sólidos. Cuando se presenta el fenómeno de adherencia significa que la fuerza de adhesión entre las moléculas de una misma sustancia es mayor que la fuerza de cohesión que experimentan con otra sustancia distinta, con la cual tienen contacto. Tal es el caso del agua que se adhiere al vidrio, la pintura al adherirse a un muro, el aceite al adherirse al papel, o la tinta a un cuaderno.

Cohesión y adherencia. Al juntar un líquido con un sólido tendremos como resultado que en la superficie de contacto existen dos fuerzas de tendencia opuesta.

Por un lado, la fuerza de cohesión que tenderá a mantener las moléculas del líquido juntas, y por el otro, las fuerzas de adhesión que tenderán a unir las moléculas del sólido con las del líquido, y por lo tanto a dividir al líquido.

Según sean los valores de estas fuerzas se obtienen diferentes resultados: si la adherencia es mayor que la cohesión, el líquido se distribuye sobre la superficie del sólido, y se dice que lo moja. Se trata de una propiedad importante de los “adherentes”

Si por el contrario, la cohesión es mayor que la adherencia el líquido tenderá a mantener su forma y una superficie mínima de contacto con el sólido por lo que no lo mojará.

El que suceda una cosa u otra depende de las características del líquido y del sólido. Por ejemplo, cuando hay agua sobre papel encerado se forman pequeñas gotas, pero cuando hay agua sobre cartulina, esta se moja. La diferencia está dada por las

³⁶ (Valera Negrete, 2005, pág. 245)

características del sólido.

Pero puede suceder que el líquido sea el que determine el resultado final de la interacción con el sólido. Si ponemos agua sobre la superficie de un vidrio, el agua se desparrama sobre el vidrio, y por lo tanto lo mojará, pero si ponemos mercurio sobre el vidrio, éste conservará su forma de gota, aunque la gota esté aplastada debido a su propio peso.

Haciendo uso de los conceptos de cohesión y adhesión, se puede explicar un fenómeno que encontramos en algunos procesos naturales: la capilaridad.

CAPILARIDAD.³⁷

El fenómeno de capilaridad, consiste en el ascenso o descenso de un líquido dentro de un tubo de diámetro pequeño llamado capilar.

La tensión superficial, además de las fuerzas de cohesión y de adhesión origina el fenómeno de capilaridad que consiste en el ascenso o descenso de un líquido dentro de un tubo de diámetro pequeño llamado capilar. Si tomamos un tubo de vidrio muy delgado, que mida menos de 1 mm de diámetro interior, es decir, un tubo capilar y lo sumergimos en un recipiente con agua, observaremos que el líquido asciende por el tubo alcanzando una altura mayor que la que existe en la superficie libre del líquido, esto se debe a que el agua se adhiere (la fuerza de adhesión es mayor que la de cohesión) al tubo por dentro y por fuera, pero la fuerza de adhesión del líquido con las paredes internas hará subir el líquido formando una columna de agua hasta que el peso de la columna equilibre la fuerza de adhesión.

La superficie del líquido contenido en el tubo no es plana sino que forma un menisco cóncavo (el menisco es la línea curva que se forma en la superficie del líquido), es decir, la superficie del líquido presenta una curvatura. Mientras más estrecho sea el recipiente, con más facilidad se puede observar este comportamiento.

En el caso del menisco cóncavo, la presión por el lado cóncavo es la presión

³⁷ (Valera Negrete, 2005, pág. 248)

atmosférica y, por tanto, del otro lado la presión es menor y el líquido tiene que elevarse un poco para que todos los puntos a un mismo nivel horizontal tengan igual presión.

Al introducir un tubo capilar en un recipiente que contiene mercurio, la fuerza de cohesión entre las moléculas del líquido es mayor a la fuerza de adhesión existente con las paredes del recipiente, entonces el mercurio se curva hacia adentro sin mojar las paredes (menisco descendente), por lo que se observa que el mercurio en lugar de ascender por el tubo, desciende (no hay capilaridad); debido a que sufre una depresión. En este caso se forma un menisco convexo.

Los fenómenos anteriores se deben a las fuerzas de cohesión y adhesión. Si las fuerzas de adhesión son mayores, la curvatura se formará hacia arriba; si las fuerzas de cohesión son mayores, se presentará un menisco con la curvatura hacia abajo.

La capilaridad es la propiedad que presentan los líquidos de alcanzar en el interior de tubos muy delgados (menos de 1 mm de diámetro interior) un nivel diferente al del resto del líquido.

Este fenómeno es importante para ciertos procesos naturales, por ejemplo:

¿Sabías que debido a la capilaridad el agua que absorben las plantas se distribuye gracias a un sistema de capilares muy finos; el alcohol y el petróleo ascienden por las mechas en las lámparas y, también ocurre la circulación de la sangre a través de pequeños vasos sanguíneos?

Cuando el tubo que se utiliza es muy ancho no se produce este fenómeno, pues la acción de la presión atmosférica tiende a igualar el nivel en todo el líquido.

DENSIDAD³⁸

La densidad de una sustancia se define como la masa contenida en la unidad

³⁸ (Valera Negrete, 2005, pág. 42)

de volumen.

Como sabes de cursos anteriores, la masa es una medida de la cantidad de materia que contiene una sustancia.

La densidad, llamada también densidad de masa se expresa en kg/m^3 , y su valor se determina dividiendo la masa de la sustancia entre el volumen que ocupa, lo anterior puede expresarse de la siguiente forma:

En donde:

r = la densidad de la sustancia, en kg/m^3

m = la masa de la sustancia, en kg .

V = el volumen que ocupa la sustancia, en m^3

Es común decir que el mercurio es más pesado que el agua, pero lo que se quiere dar a entender con ello es, que un volumen dado de mercurio contiene más materia que un volumen igual de agua.

La densidad de los líquidos se determina en forma práctica, usando instrumentos conocidos como “densímetros”, aprovechando el empuje que sufren los cuerpos sumergidos en líquidos (ver principio de Arquímedes). Un densímetro se sumerge en el líquido al cual se le va a determinar su densidad, y ésta se lee, según el nivel que alcance el líquido en que flotan, con base en una escala previamente determinada. Un densímetro se gradúa colocándolo en diferentes líquidos de densidad conocida, como el agua, el alcohol o aceite.

Dado que la mayor parte de los materiales se expanden al ser calentados, las densidades normalmente disminuyen al elevarse la temperatura. Una excepción notable la constituye el agua en el intervalo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. El agua se contrae con el aumento de temperatura en este intervalo, sólo porque las moléculas de hielo, o incluso las de agua líquida a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, exhiben una disposición o arreglo ordenado a baja densidad en distancias cortas. El orden desaparece al aumentar la

temperatura, y esto permite a las moléculas comprimirse más densamente.

Algunos valores de densidades para diferentes sustancias los encontramos en la siguiente tabla.

Sustancia	Densidad (kg/m ³)	Sustancia	Densidad (kg/m ³)
Agua a 4 °C	1000	Gasolina (20 °C)	700
Agua (20 °C)	998	Glicerina a 0°C	1250
Agua de mar	1030	Hielo	920
Aire (0 °C)	1.30	Helio	0.18
Aire (20 °C)	1.20	Mercurio (0 °C)	13600
Alcohol etílico	790	Oxígeno	1.43
Aluminio a 0°C	2700	Oro a 0°C	19300
Cobre a 0°C	8900	Plata a 0°C	10500
Corcho a 0°C	240	Plomo	11400

DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa de un cuerpo es el resultado de dividir la densidad de dicho cuerpo entre la densidad del agua.

A veces se expresa la densidad de una sustancia diciendo cuántas veces es más densa que otra sustancia de igual volumen. El agua por ser una de las sustancias más abundantes se emplea como base de la comparación.

La densidad relativa de un sólido o un líquido se define como el resultado de dividir la densidad de dicha sustancia entre la densidad de un volumen igual de agua, es decir:

A la densidad del cuerpo, se le llama densidad relativa o también gravedad específica. Es un número abstracto y no tiene unidades. La densidad relativa de un líquido se mide con un frasco especial llamado picnómetro.

Por ejemplo, la densidad del mercurio es de 13600 kg/m³ y su densidad relativa es 13.6, lo cual indica que este metal tiene una densidad 13.6 veces mayor que el agua.

PESO ESPECÍFICO

El peso específico de una sustancia se define como el peso de la sustancia por unidad de volumen.

El peso específico, llamado también densidad de peso o peso volumétrico de una sustancia se determina dividiendo el peso de la sustancia entre el volumen que ocupa, se expresa en newton/metro cúbico (N/m³). Su expresión matemática es:

$$P = m \cdot g$$
$$P_e = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = r \cdot g$$

En donde: P_e = peso específico de la sustancia, en N/m³.

P = peso de la sustancia, en newtons.

V = volumen que ocupa la sustancia, en m³.

m = la masa de la sustancia, en kg.

g = aceleración de la gravedad, en m/s².

PRESIÓN

Cuando te acuestas en un colchón se produce una deformación en él, pero es mayor si te paras sobre él. A pesar de que tu peso no cambia por modificar la posición de tu cuerpo es mayor la deformación en el colchón porque el área de contacto disminuye. En este caso decimos que la presión sobre el colchón aumenta. Por lo que definimos a la presión como:

Fuerza aplicada

Presión = -----

Área de contacto sobre la que actúa

La presión se mide en Pascales. 1 Pascal = 1 N /1m²

Un líquido contenido en un recipiente ejerce una fuerza sobre todas las paredes del recipiente. Como la fuerza es perpendicular a la superficie de las paredes, conviene expresarla en términos de presión.

La presión se define como la fuerza por cada unidad de área, sobre la cual actúa.

La fórmula para el cálculo de la presión es:

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

En donde:

P = presión, en N/m² (1 N/m² = 1 Pascal).

F = fuerza perpendicular a la superficie, en newtons.

A = área o superficie sobre la que actúa la fuerza, en m².

También se utilizan como unidades de presión la dina sobre centímetro cuadrado (1 dina/cm² = 0.1 N/m²); 1 atmósfera = 1.013 x 10⁵ N/m², 1 bar = 10⁵ N/m².

La expresión anterior nos indica que a mayor fuerza aplicada mayor presión y a mayor área sobre la que actúa la fuerza, menor presión. . Dicha presión actúa en todas las direcciones y sólo es nula en la superficie libre del líquido.

Presión atmosférica

La tierra está rodeada por una capa de aire llamada atmósfera. El aire, que es una mezcla de 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno y 1% de gases raros, debido a su

peso ejerce una presión sobre todos los cuerpos que están en contacto con él, llamada presión atmosférica. La presión atmosférica se mide con un barómetro (ver tema 3.2 presión atmosférica).

La presión atmosférica varía con la altura con respecto al nivel del mar, por lo cual, al nivel del mar se tiene el máximo valor de ella, llamada presión normal y que equivale a:

$$1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 760 \text{ mm de Hg} = 1 \text{ atmósfera (atm)}$$

PRESIÓN HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática es aquella presión que ejerce un líquido debido a su peso, sobre todo cuerpo que se encuentre sumergido dentro de él.

Todo líquido contenido en un recipiente origina una presión sobre el fondo y las paredes del recipiente que lo contiene, sin tener en cuenta las presiones que se ejercen sobre su superficie, como la atmosférica o la que se ejercería con un pistón colocado sobre la superficie del líquido. Esta presión recibe el nombre de presión hidrostática, la cuál aumenta conforme mayor es la profundidad.

Todo cuerpo sumergido dentro de un líquido, se encuentra sometido a dicha presión hidrostática. La presión hidrostática en cualquier punto, puede ser calculada multiplicando el peso específico del líquido por la altura que hay desde la superficie libre del líquido hasta el punto considerado. Su expresión matemática es:

$$P_h = (P_e) (h) = r \cdot g \cdot h$$

En donde:

P_h = la presión hidrostática, en N/m^2 ;

P_e = el peso específico del líquido, en N/m^3 ;

h = la distancia desde la superficie libre del líquido hasta el punto considerado (altura de la columna de líquido), dada en metros.

r = densidad del líquido.

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Es importante reconocer que la presión hidrostática no depende de la cantidad de líquido, sino de la profundidad a la que se encuentre el objeto o persona, es decir, si una persona se encuentra en un determinado lugar a una profundidad de 2 metros ya sea en una alberca gigante, en una alberca pequeña, en una cisterna o en un gran lago, la presión hidrostática a la que se encuentra sometido es la misma.

La presión hidrostática es solo la presión del agua, pero en muchos casos, el fluido no es el único factor de la presión. En un recipiente abierto, un líquido está sujeto además a la presión atmosférica. Por lo tanto, para determinar la presión total, a una profundidad h se debe agregar la presión atmosférica del lugar en donde se encuentre (101.3 kilo Pascales al nivel del mar).

Por ejemplo, habrás notado que al sumergirte en el agua, no importa de qué lado inclines la cabeza, sentiste la misma cantidad de presión en tus oídos; la presión actúa hacia arriba cuando intentamos meter una pelota en el agua; el fondo de un barco es empujado hacia arriba por la presión del agua. Por lo anterior, podemos decir que, la presión de los líquidos actúa en todas las direcciones.

Ejemplo 1

Un kg., de alcohol etílico, ocupa un volumen de 0.001266 m³:

a) ¿Cuál es su densidad?

b) ¿Cuál es su peso específico?

Datos:

$m = 1 \text{ kg}$

$V = 0.0012659 \text{ m}^3$

$$r = ?$$

$$P_e = ?$$

Fórmulas:

$$r = m/V; P_e = r \cdot g$$

Sustitución y resultado:

$$m \quad 1 \text{ kg}$$

$$a) r = \frac{m}{V} = \frac{1 \text{ kg}}{0.0012659 \text{ m}^3} = 789.95 \text{ kg/m}^3$$

$$V \quad 0.0012659 \text{ m}^3$$

$$b) P_e = r \cdot g = (789.95 \text{ kg/m}^3) (9.81 \text{ m/s}^2) = 7749.40 \text{ N/m}^3$$

Ejemplo 2

Un cubo de uranio ($r = 18680 \text{ kg/cm}^3$) mide 2 cm de lado.

a) Determine su masa.

b) ¿Cuánto medirá en cada lado un cubo de hielo, ($r = 920 \text{ kg/m}^3$) que tenga la misma masa.

Datos:

$$r = 18680 \text{ kg/cm}^3$$

$$V = (0.02 \text{ cm})^3 = 8.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3,$$

Fórmula:

$$r = m / V$$

Despeje, sustitución y resultado:

$m = \rho \cdot V = (18680 \text{ kg/cm}^3) (8.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 0.149 \text{ kg.}$, es la masa del cubo de uranio

De acuerdo al inciso anterior la masa de un cubo (de 3 cm. por lado) de uranio tiene una masa de: $m = 0.149 \text{ kg.}$, por tanto, el volumen del hielo estará dado por:

$$V = m/\rho_{\text{hielo}} = 0.149 \text{ kg}/920 \text{ kg/m}^3 = 1.619 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Por lo cual para obtener la dimensión de cada lado del cubo de hielo, hay que obtener la raíz cúbica de $1.619 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, la cual nos da un valor de: 0.0545 metros, es decir, 5.45 centímetros es la dimensión de cada lado del cubo de hielo que tiene una masa de 0.149 kg.

Ejemplo 3

Sobre un líquido encerrado en un recipiente se aplica una fuerza de 100 N mediante un pistón que tiene un área de 0.01 m². ¿Cuál es el valor de la presión?

Datos:

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

$$A = 0.01 \text{ m}^2$$

$$P = ?$$

Fórmula:

$$P = F/A$$

Sustitución y resultado:

$$100 \text{ N}$$

$$P = \frac{100 \text{ N}}{0.01 \text{ m}^2} = 10\,000 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

0.01 m²

Ejemplo 4

Calcular la presión hidrostática en el fondo de una alberca de 5 m de profundidad, si la densidad del agua es de 1000 kg/m³.

Datos:

$$P_h = ?$$

$$h = 5 \text{ m}$$

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

Fórmula:

$$P_h = (\rho \cdot g) \cdot h$$

Sustitución y resultado:

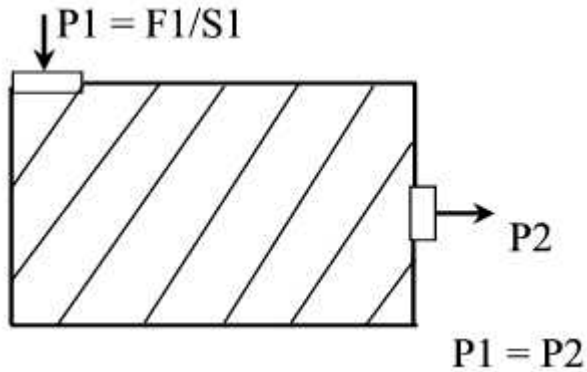
$$P_h = (1000 \text{ kg/m}^3) (9.81 \text{ m/s}^2) (5 \text{ m}) = 49050 \text{ N/m}^2$$

5.1.2. Principio de Pascal³⁹

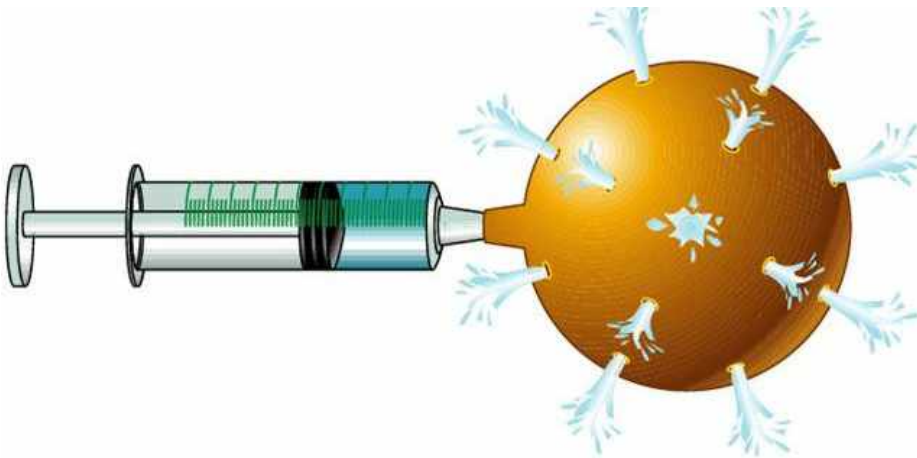
El principio de pascal es una ley postulada por Pascal, un físico y matemático francés la cual consiste en que la presión que se ejerce desde un fluido que no se puede comprimir mientras que este se encuentre en equilibrio en un sitio con paredes que no se modifican se propaga con la misma intensidad hacia todos lados y en todos los puntos de dicho fluido.

La definición del principio de Pascal puede ser interpretada como una consecuencia de la hidrostática y la no compresión de los líquidos. Por lo cual se aplica para reducir las fuerzas que se aplican en algunos casos, como lo es la prensa hidráulica.

³⁹ (Valera Negrete, 2005, pág. 53)



La explicación del principio de Pascal se puede ver en ejemplos bastante cotidianos, como por ejemplo con una esfera que esté perforada en varios puntos, cuando la llenamos con agua y ejercemos presión con una especie de pistón vemos que el agua sale por todos los agujeros con la misma velocidad. Lo cual nos indica que la presión es la misma, esto sin tomar en cuenta factores propios como el rozamiento y el estado de la esfera, pero en una esfera modelo la acción y la repercusión ocurriría de esa manera.

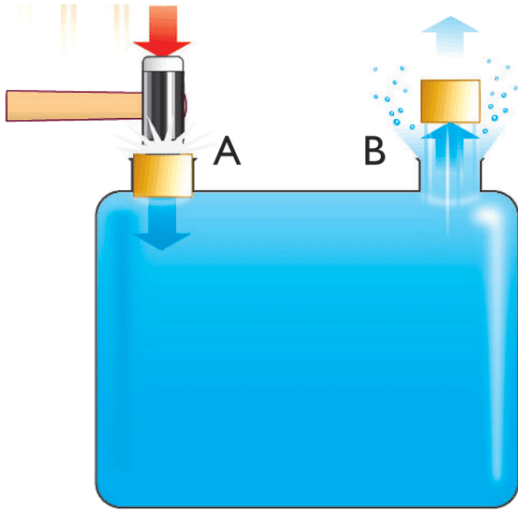


Además de en estos casos a este principio lo vemos aplicado en los autos por ejemplo con sus frenos hidráulicos o en los ascensores que utilizan este principio.

El principio de Pascal se puede interpretar con la siguiente fórmula:

$$p = P_0 + pgh$$

Siendo g a altura en metros, ρ la densidad del fluido, g la aceleración (lógicamente de la gravedad), p_0 la presión en la superficie del fluido y p la presión total hacia lo profundo.



Blaise Pascal ha hecho este descubrimiento y ha dejado su legado marcando un lugar en la historia el cual le pertenece con su obra y dedicación.

5.1.3. Principio de Arquímedes⁴⁰

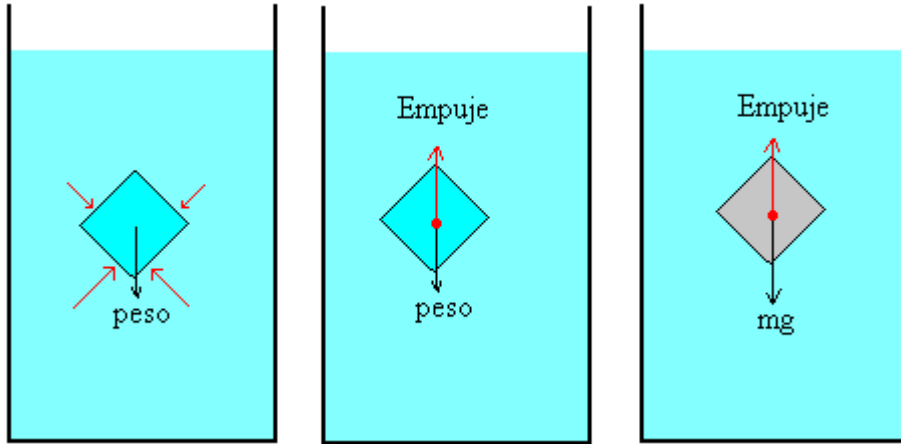
El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado.

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en las figuras:

1. El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.
2. La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.

Porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.

⁴⁰ (Valera Negrete, 2005, pág. 51)



Consideremos, en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido. La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual a $p \cdot dS$, donde p solamente depende de la profundidad y dS es un elemento de superficie.

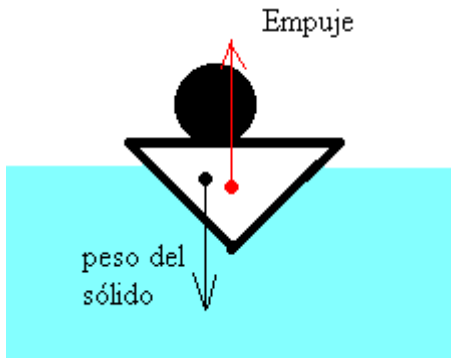
Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje.

De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto, se cumple

$$\text{Empuje} = \text{peso} = \rho_f \cdot gV$$

El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido ρ_f por la aceleración de la gravedad g y por el volumen de dicha porción V .

Se sustituye la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.



Si sustituimos la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones. Las fuerzas debidas a la presión no cambian, por tanto, su resultante que hemos denominado empuje es la misma y actúa en el mismo punto, denominado centro de empuje.

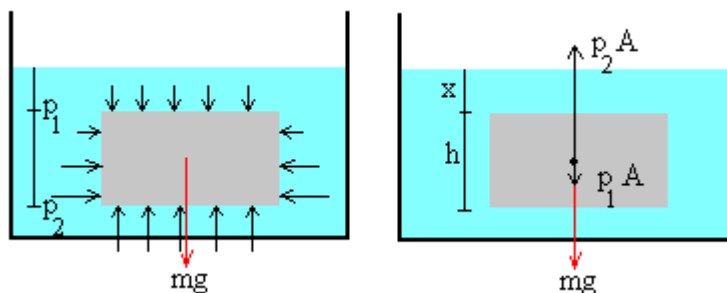
Lo que cambia es el peso del cuerpo sólido y su punto de aplicación que es el centro de masa, que puede o no coincidir con el centro de empuje.

Por tanto, sobre el cuerpo actúan dos fuerzas: el empuje y el peso del cuerpo, que no tienen en principio el mismo valor ni están aplicadas en el mismo punto.

En los casos más simples, supondremos que el sólido y el fluido son homogéneos y por tanto, coincide el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

Ejemplo

Supongamos un cuerpo sumergido de densidad ρ rodeado por un fluido de densidad ρ_f . El área de la base del cuerpo es A y su altura h .



La presión debida al fluido sobre la base superior es $p_1 = \rho_f g x$, y la presión debida al fluido en la base inferior es $p_2 = \rho_f g (x+h)$. La presión sobre la superficie lateral es variable y depende de la altura, está comprendida entre p_1 y p_2 .

Las fuerzas debidas a la presión del fluido sobre la superficie lateral se anulan. Las otras fuerzas sobre el cuerpo son las siguientes:

- Peso del cuerpo, mg
- Fuerza debida a la presión sobre la base superior, $p_1 \cdot A$
- Fuerza debida a la presión sobre la base inferior, $p_2 \cdot A$

En el equilibrio tendremos que

$$mg + p_1 \cdot A = p_2 \cdot A$$

$$mg + \rho_f g x \cdot A = \rho_f g (x+h) \cdot A$$

o bien,

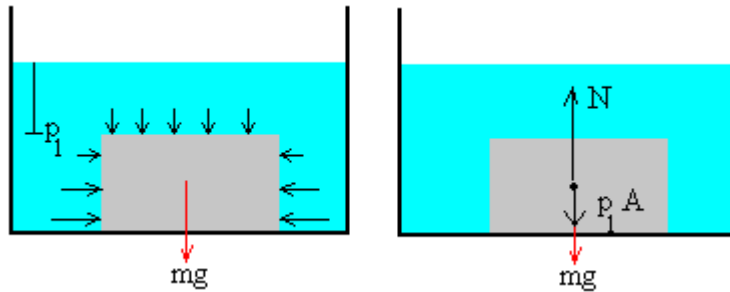
$$mg = \rho_f h \cdot Ag$$

Como la presión en la cara inferior del cuerpo p_2 es mayor que la presión en la cara superior p_1 , la diferencia es $\rho_f g h$. El resultado es una fuerza hacia arriba $\rho_f g h \cdot A$ sobre el cuerpo debida al fluido que le rodea.

Como vemos, la fuerza de empuje tiene su origen en la diferencia de presión entre la parte superior y la parte inferior del cuerpo sumergido en el fluido.

Con esta explicación surge un problema interesante y debatido. Supongamos que un cuerpo de base plana (cilíndrico o en forma de paralelepípedo) cuya densidad es mayor que la del fluido, descansa en el fondo del recipiente.

Si no hay fluido entre el cuerpo y el fondo del recipiente ¿desaparece la fuerza de empuje?, tal como se muestra en la figura



Si se llena un recipiente con agua y se coloca un cuerpo en el fondo, el cuerpo quedaría en reposo sujeto por su propio peso mg y la fuerza p_1A que ejerce la columna de fluido situada por encima del cuerpo, incluso si la densidad del cuerpo fuese menor que la del fluido. La experiencia demuestra que el cuerpo flota y llega a la superficie.

El principio de Arquímedes sigue siendo aplicable en todos los casos y se enuncia en muchos textos de Física del siguiente modo:

Cuando un cuerpo está parcialmente o totalmente sumergido en el fluido que le rodea, una fuerza de empuje actúa sobre el cuerpo. Dicha fuerza tiene dirección hacia arriba y su magnitud es igual al peso del fluido que ha sido desalojado por el cuerpo.

Flotación entre dos líquidos no miscibles

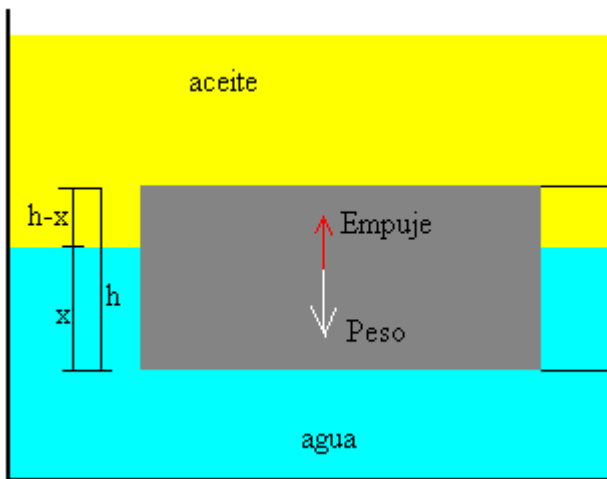
Un cuerpo sólido está sumergido en dos líquidos inmiscibles: agua y aceite. Determinaremos la densidad de dicho cuerpo por dos métodos distintos:

- El principio de Arquímedes
- La ecuación fundamental de la estática de fluidos

El aceite que tiene una densidad 0.8 g/cm^3 se sitúa en la parte superior y el agua que es más densa 1.0 g/cm^3 se sitúa en la parte inferior del recipiente.

La densidad del bloque es un número comprendido entre la densidad del aceite 0.8 , y la del agua 1.0 . Un cuerpo de esta densidad flota entre los dos líquidos.

Conociendo que parte del sólido está sumergido en aceite (fluido 1) o en agua (fluido 2), se determinará la densidad de dicho cuerpo.



El principio de Arquímedes nos dice que si el bloque está en equilibrio, el peso del bloque debe ser igual al empuje proporcionado por ambos líquidos.

Peso del bloque = empuje del agua + empuje del aceite

$$\rho Shg = \rho_2 Sxg + \rho_1 S(h-x)g$$

$$x = \frac{\rho - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} h$$

S es el área de la base del bloque, h su altura, y x es la parte del bloque sumergida en agua.

En general, un cuerpo que flota en la superficie del agua, está sumergido en dos fluidos, uno es el agua $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$ y el otro es el aire $\rho_1 = 1.29 \text{ kg/m}^3$. Habitualmente, se desprecia la densidad del aire frente a la del sólido ρ y la del fluido ρ_2 , aplicándose la fórmula aproximada

$$x \approx \frac{\rho}{\rho_2} h$$

Ejemplo

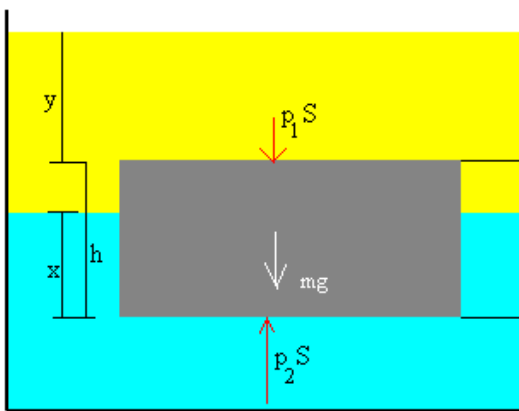
Supongamos un bloque de $h=20$ cm de altura, observamos que el bloque está sumergido 13 cm en aceite y 7 cm en agua.

$$\rho \cdot 20 = 0.8 \cdot 13 + 1.0 \cdot 7$$

Despejando en la fórmula la densidad del sólido, obtenemos el valor de 0.87 g/cm^3 .

Ecuación fundamental de la estática de fluidos

Sean p_1 y p_2 las presiones sobre la cara superior e inferior del bloque sumergido.



La cara superior está en el aceite a una profundidad y . La presión p_1 será igual a la atmosférica p_0 más la correspondiente a la altura y de aceite.

$$p_1 = p_0 + \rho_1 g y$$

La cara inferior está en el agua. La presión p_2 será igual a la presión atmosférica p_0 más la correspondiente a la altura de aceite $(y+h-x)$ más la correspondiente a la altura de la columna de agua (x)

$$p_2 = p_0 + \rho_1 g (y+h-x) + \rho_2 g x$$

La fuerza que ejerce el fluido sobre dichas caras será el producto de la presión por el área de su superficie S .

Como vemos en la figura, para que haya equilibrio se tiene que cumplir que

$$p_1 S + mg = p_2 S$$

Teniendo en cuenta que $m = \rho \cdot h S$ despejamos el valor de x .

$$x = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} h$$

Es el mismo resultado que hemos obtenido aplicando el principio de Arquímedes

Ejemplo:

Datos: densidad del agua 1000 kg/m^3 , densidad del aceite 800 kg/m^3 , densidad del mercurio 13550 kg/m^3

La cara superior está a 22 cm de la superficie libre, la presión debida al aceite es

$$p_1 = 0.22 \cdot 9.8 \cdot 800 = 1724.8 \text{ Pa}$$

$$1724.8 + 13550 \cdot 9.8 = 0.013 \text{ m} = 2 \cdot 0.65 \text{ cm en el manómetro}$$

La cara inferior está a 42 cm de la superficie libre (35 cm de aceite y 7 cm de agua), la presión debida a ambos líquidos es:

$$p_2 = 800 \cdot 9.8 \cdot 0.35 + 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.07 = 3430 \text{ Pa}$$

$$3430 + 13550 \cdot 9.8 = 0.026 \text{ m} = 2 \cdot 1.3 \text{ cm en el manómetro}$$

En el equilibrio se cumple:

$$1724.8 \cdot S + \rho_s S \cdot 0.2 \cdot 9.8 = 3430 \cdot S$$

$$1724.8 \cdot S + \rho_s S \cdot 0.2 \cdot 9.8 = 3430 \cdot S$$

Se obtiene $\rho_s = 870 \text{ kg/m}^3$ ó 0.87 g/cm^3

5.2. Hidrodinámica^{41 42}

Estudia el comportamiento del movimiento de los fluidos; en sí la hidrodinámica se fundamenta principalmente en los fluidos incompresibles es decir los líquidos; para

⁴¹ (Valera Negrete, 2005, pág. 267)

⁴² (Santiago Burbano de Ercilla, págs. 270-277)

ello considera la velocidad, presión, flujo y gasto. Se aplica en el diseño y construcción de presas, canales, acueductos, cascos de barcos, aviones, hélices, turbinas, frenos, amortiguadores, colectores pluviales entre otras aplicaciones. El estudio de los líquidos en movimiento considera que: \rightarrow Son completamente incomprensibles. \rightarrow Ideales, esto es que carecen de viscosidad. \rightarrow El flujo es estacionario o estable, porque se considera que la velocidad de cada partícula de líquido que pasa por el mismo punto es igual.

5.2.1 GASTO (G):

Es la relación entre el volumen del líquido que fluye por un conducto y el tiempo que tarda en fluir. ***Gasto = Volumen tiempo*** $G = v t$ **Fórmula 1** sus unidades son: $m^3 s$ en el SI (Sistema Internacional de Unidades) Existe otra forma de calcular el gasto o caudal cuando se conoce la velocidad del líquido y el área de la sección transversal de la tubería por la cual circula; de tal forma que: ***Gasto = (Área de la sección transversal de la tubería)(velocidad del líquido)*** $G = A v$ **Fórmula 2**

EJEMPLOS DE GASTO

Ejemplo 1

Calcular el gasto de agua por una tubería si en 30 minutos fluyeron 1200 litros.

SOLUCIÓN:

Para calcular el gasto es importante expresar y sustituir los 30 minutos en segundos así como los 1200 litros en metros cúbicos. $(30 \text{ min } 1) (60 \text{ s } 1 \text{ min}) = 1800 \text{ min } s \text{ } 1 \text{ min} = 1800s$ $(1200 \text{ litros } 1) (1 \text{ m}^3 \text{ } 1000 \text{ litros}) = (1200 \text{ litros } m^3 \text{ } 1000 \text{ litros}) = 1.2 \text{ m}^3$ Sustituyendo en la fórmula 1. $G = \frac{V}{t}$; $G = \frac{1.2 \text{ m}^3}{1800 \text{ s}} = 6.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}$

Significa que en un segundo fluyen $6.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$; expresando los m^3 en litros para que quede mejor comprendido el resultado son: 0.66 litros cada segundo (no llega a un litro por segundo).

Ejemplo 2.

Calcular el gasto de agua a través de una tubería con un diámetro de 5 cm si la velocidad con la cual fluye es de 4.8 m/s.

SOLUCIÓN.

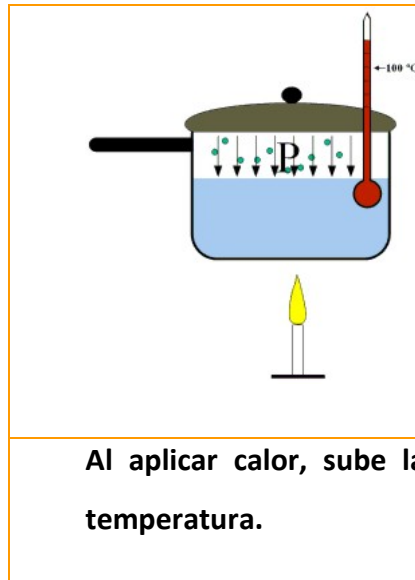
Como se conoce la velocidad con la cual fluye el agua y el diámetro de la tubería se aplica la fórmula 2, sólo que antes se tiene que calcular el área de la sección transversal de la tubería. Recordando $A = \pi \varphi^2 / 4$; sustituyendo valores se tiene: $A = \pi (0.05 \text{ m})^2 / 4 = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ Sustituyendo en la fórmula 2. $G = A v$; Se tiene: $G = (1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2) (4.8 \text{ m/s}) = 9.40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
El gasto de agua es de $9.40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, explicado de manera más entendible son 9.4 litros cada segundo.

BLOQUE VI: IDENTIFICAS LAS DIFERENCIAS ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

6.1. Calor y temperatura

El calor es una cantidad de energía y es una expresión del movimiento de las moléculas que componen un cuerpo.

Cuando el calor entra en un cuerpo se produce calentamiento y cuando sale, enfriamiento. Incluso los objetos más fríos poseen algo de calor porque sus átomos se están moviendo.



La temperatura: es la medida del calor de un cuerpo (y no la cantidad de calor que este contiene o puede rendir).

Diferencias entre calor y temperatura

Todos sabemos que cuando calentamos un objeto su temperatura aumenta. A menudo pensamos que calor y temperatura son lo mismo. Sin embargo, esto no es así. El calor y la temperatura están relacionadas entre sí, pero son conceptos diferentes.

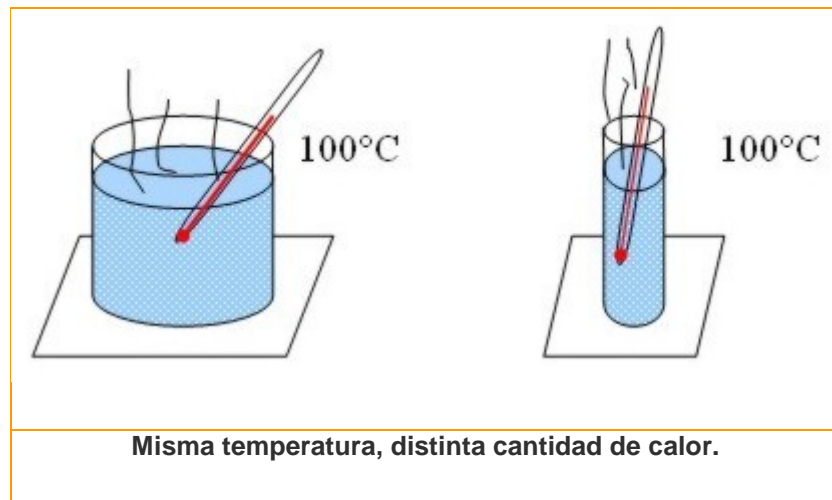
Como ya dijimos, el calor es la energía total del movimiento molecular en un cuerpo, mientras que la temperatura es la medida de dicha energía. El calor depende de la velocidad de las partículas, de su número, de su tamaño y de su tipo. La temperatura no depende del tamaño, ni del número ni del tipo.

Por ejemplo, si hacemos hervir agua en dos recipientes de diferente tamaño, la temperatura alcanzada es la misma para los dos, 100° C, pero el que tiene más agua posee mayor cantidad de calor.

El calor es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya. Si añadimos calor, la temperatura aumenta. Si quitamos calor, la temperatura disminuye.

La temperatura no es energía sino una medida de ella; sin embargo, el calor sí es

energía.



Cambios de estado

En la naturaleza existen tres estados usuales de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Al aplicarle calor a una sustancia, esta puede cambiar de un estado a otro. A estos procesos se les conoce como cambios de estado.

Los posibles cambios de estado son:

- De estado sólido a líquido, llamado fusión.
- De estado líquido a sólido, llamado solidificación.
- De estado líquido a gaseoso, llamado vaporización
- De estado gaseoso a líquido, llamado condensación
- De estado sólido a gaseoso, llamado sublimación progresiva.
- De estado gaseoso a sólido, llamado sublimación regresiva.

ENERGÍA TÉRMICA

La energía térmica es la energía cinética (relacionada con el movimiento) media de un conjunto muy grande de átomos o moléculas. Esta energía cinética media

depende de la temperatura, que se relaciona con el movimiento de las partículas (átomos y moléculas) que constituyen las sustancias.



1Ejemplo de trayectoria caótica seguida por una molécula de una sustancia gaseosa

TEMPERATURA

La temperatura es la medida de la energía térmica de una sustancia. Se mide con un termómetro. Las escalas más empleadas para medir esta magnitud son:

- ***Escala Celsius (o centígrada) y la Escala Kelvin. 1°C es lo mismo que 1 K, la única diferencia es que el 0 en la escala Kelvin está a -273 °C.***

En la escala Celsius se asigna el valor 0 (0 °C) a la temperatura de congelación del agua y el valor 100 (100 °C) a la temperatura de ebullición del agua. El intervalo entre estas dos temperaturas se divide en 100 partes iguales, cada una de las cuales corresponde a 1 grado.

En la escala Kelvin se asignó el 0 a aquella temperatura a la cual las partículas no se mueven (temperatura más baja posible). Esta temperatura equivale a -273 °C de la escala Celsius.

Para convertir ambas temperaturas, tenemos que tener en cuenta que:

$$T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$$

CALOR Y EQUILIBRIO TÉRMICO

Cuando dos cuerpos a distintas temperaturas se ponen en contacto, terminan igualando sus temperaturas. Entonces se dice que se ha alcanzado el equilibrio térmico.

Cuando dos sistemas entran en contacto, las partículas con mayor energía cinética transfieren, mediante choques, parte de su energía a las restantes partículas, de manera que al final la energía cinética media de todo el conjunto es la misma.

Cuando dos sistemas en desequilibrio térmico entran en contacto, el de mayor temperatura transfiere energía térmica al de menor temperatura hasta conseguir el equilibrio térmico.

El calor es la transferencia de energía desde un cuerpo que se encuentra a mayor temperatura hasta otro de menor temperatura. Cuando ambos cuerpos igualan sus temperaturas se detiene la transmisión de energía.

El calor siempre se transfiere desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, independientemente de sus tamaños relativos.

UNIDADES DE MEDIDA DEL CALOR

El calor se mide en unidades de energía. Por tanto, en el Sistema Internacional su unidad es el julio (J). Sin embargo, la unidad tradicional para medir el calor es la caloría (cal). La equivalencia es:

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J} \quad \text{ó} \quad 1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

El calor es una energía que se transmite de unos cuerpos a otros mediante tres tipos de mecanismos diferentes:

- a. **Conducción:** La conducción es la manera de transferir calor desde una masa de temperatura más elevada a otra de temperatura inferior por contacto

directo. El coeficiente de conducción de un material mide la capacidad de este para conducir el calor a través de la masa del mismo. Los materiales aislantes tienen un coeficiente de conducción pequeño por lo que su capacidad para conducir el calor es reducida, de ahí su utilidad.

- b. Convección:** La transmisión de calor por convección es un intercambio de calor entre el aire y una masa material que se encuentran a diferentes temperaturas. El transporte del calor se produce por movimientos naturales debidos a la diferencia de temperaturas, el aire caliente tiende a subir y el aire frío baja, o bien mediante mecanismos de convección forzada.
- c. Radiación:** Es un mecanismo de transmisión de calor en el que el intercambio se produce mediante la absorción y emisión de energía por ondas electromagnéticas, por lo que no existe la necesidad de que exista un medio material para el transporte de la energía. El sol aporta energía exclusivamente por radiación.

6.2. Escalas termodinámicas^{43 44}

Escalas de temperatura

Lo que se necesita para construir un termómetro son puntos fijos, es decir, procesos en los cuales la temperatura permanece constante. Ejemplos de procesos de este tipo son el proceso de ebullición y el proceso de fusión.

Los puntos generalmente utilizados son el proceso de ebullición y de solidificación de alguna sustancia, durante los cuales la temperatura permanece constante.

Existen varias escalas para medir temperaturas, las más importantes son:

⁴³ (Picado & Álvarez, 2008, págs. 17-18)

⁴⁴ (Casoluengo, 2015, págs. 64-69)

- escala Celsius,
- escala Kelvin
- escala Fahrenheit.

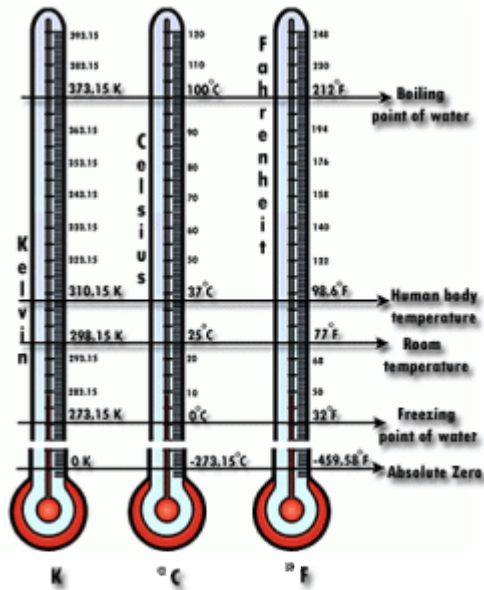
ESCALA CELSIUS

Para esta escala, se toman como puntos fijos, los puntos de ebullición y de solidificación del agua, a los cuales se les asignan los valores de 100 y 0 respectivamente. En esta escala, estos valores se escriben como 100° y 0°. Esta unidad de medida se lee grado Celsius y se denota por °C.

El grado Celsius, es la unidad creada por Anders Celsius para su escala de temperatura. Se tomó para el Kelvin y es la unidad de temperatura más utilizada internacionalmente.

A partir de su creación en 1750 fue denominado grado centígrado (se escribía °c, en minúscula). Pero en 1948 se decidió el cambio en la denominación oficial para evitar confusiones con la unidad de ángulo también denominada grado centígrado (grado geométrico), aunque la denominación previa se sigue empleando extensamente en el uso coloquial.

Hasta 1954 se definió asignando el valor 0 a la temperatura de congelación del agua, el valor 100 a la de temperatura de ebullición «ambas medidas a una atmósfera de presión» y dividiendo la escala resultante en 100 partes iguales, cada una de ellas definida como 1 grado. Estos valores de referencia son muy aproximados pero no correctos por lo que, a partir de 1954, se define asignando el valor 0,01 °C a la temperatura del punto triple del agua y definiendo 1 °C como la fracción $1/273,16$ de la diferencia con el cero absoluto.



ESCALA KELVIN

En este caso, la escala fue establecida por la escala kelvin, donde el valor de 0° corresponde al cero absoluto, temperatura en la cual las moléculas y átomos de un sistema tienen la mínima energía térmica posible. Ningún sistema macroscópico puede tener una temperatura inferior. En escala Celsius esta temperatura corresponde a -273°C . Esta unidad de medida se lee Kelvin y se denota por [K]. Esta unidad se llama también Escala Absoluta y es también la unidad adoptada por el Sistema Internacional de Unidades.

Dado que 0 K corresponden a $-273,15^\circ\text{C}$, se puede hallar una fórmula de conversión, entre la escala Celsius y la escala Kelvin, de la siguiente forma:

$$TK = TC + 273.15\text{ C}$$

ESCALA FAHRENHEIT

En esta escala también se utilizaron puntos fijos para construirla, pero en este caso fueron los puntos de solidificación y de ebullición del cloruro amónico en agua. Estos puntos se marcaron con los valores de 0 y 100 respectivamente.

La unidad de esta escala se llama grado Fahrenheit y se denota por °F. Dado que en escala Celsius, los valores de 0 °C y 100 °C corresponden a 32 °F y 212 °F respectivamente, la fórmula de conversión de grados Celsius a Fahrenheit es:

$$T_f = 9/5 T_c + 32 \text{ c}$$

ESCALA RANKINE

Es una escala de temperaturas muy utilizada en los EE.UU., y es semejante a la escala Kelvin. Al igual que esta, presenta un cero en el cero absoluto, por lo que también es una “escala absoluta”, con la diferencia de que los intervalos de grado son idénticos al intervalo de grado Fahrenheit.

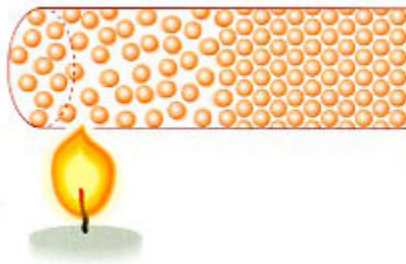
$$T_R = 9/5 T_K = 1.8 T_k$$

6.3. Mecanismos de transferencia de calor⁴⁵

La transmisión de calor siempre ocurre desde el cuerpo más caliente al más frío. Se puede dar por tres mecanismos: Conducción, convección y radiación.

Conducción

El proceso por el que se transmite calor de un punto a otro de un sólido se llama **Conducción**.



⁴⁵ (Grajales, 2003, págs. 15-17)

En la conducción se transmite energía térmica, pero no materia. Los átomos del extremo que se calienta empiezan a moverse más rápido y chocan con los átomos vecinos transmitiendo la energía térmica.

Las sustancias tienen distinta conductividad térmica, existiendo materiales conductores térmicos y aislantes térmicos.

Conductores térmicos: Son aquellas sustancias que transmiten rápidamente la energía térmica de un punto a otro. Por ejemplo, los metales.

Aislantes térmicos: Son aquellas sustancias que transmiten lentamente la energía térmica de un punto a otro. Ejemplos: Vidrio, hielo, ladrillo rojo, madera, corcho, etc. Suelen ser materiales porosos o fibrosos que contienen aire en su interior.

CONDUCCIÓN TÉRMICA

Los gases son muy malos conductores del calor; por eso, el aire contenido entre las dos hojas de las ventanas con doble acristalamiento constituye un método muy eficaz para reducir las pérdidas de calor a través de ellas. El hielo es un buen aislante térmico. La temperatura que se alcanza en el interior del iglú se mantiene bastante estable.

CONVECCIÓN

La convección es el proceso por el que se transfiere energía térmica de un punto a otro de un fluido (líquido o gas) por el movimiento del propio fluido.



Al calentar, por ejemplo, agua en un recipiente, la parte del fondo se calienta antes, se hace menos densa y sube, bajando el agua de la superficie que está más fría y así se genera un proceso cíclico.

En la convección se transmite energía térmica mediante el transporte de materia.

RADIACIÓN

La radiación es el proceso por el que los cuerpos emiten energía que puede propagarse por el vacío.

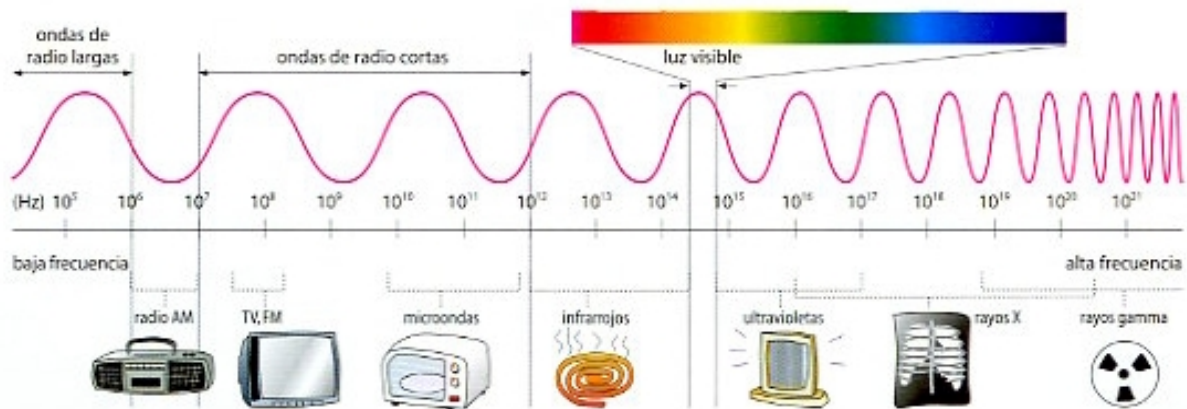
La energía que los cuerpos emiten por este proceso se llama Energía radiante. Por ejemplo, la Tierra recibe energía radiante procedente del Sol, gracias a la cual la temperatura del planeta resulta idónea para la vida.



Todos los cuerpos radian energía en función de su temperatura. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la energía de la radiación que emiten.

Las radiaciones se clasifican, de menor a mayor energía en:

- Las radiaciones de alta frecuencia son las que tienen más energía (rayos gamma, rayos X, ultravioleta).



Todos los cuerpos absorben radiación, pero también reflejan parte de ella. Los cuerpos que absorben las radiaciones, pero reflejan muy pocas, se perciben como oscuros o negros (si no reflejan ninguna). Por el contrario, los cuerpos que reflejan las radiaciones y absorben muy pocas, se perciben como claros o blancos (si las reflejan todas).

BLOQUE VII: COMPRENDES LAS LEYES DE LA ELECTRICIDAD

7.1. Ley de Coulomb⁴⁶

Los antiguos griegos ya sabían que el ámbar frotado con lana adquiría la propiedad de atraer cuerpos ligeros.

Todos estamos familiarizados con los efectos de la electricidad estática, incluso algunas personas son más susceptibles que otras a su influencia. Ciertos usuarios de automóviles sienten sus efectos al cerrar con la llave (un objeto metálico puntiagudo) o al tocar la chapa del coche.

Creamos electricidad estática, cuando frotamos un bolígrafo con nuestra ropa. A continuación, comprobamos que el bolígrafo atrae pequeños trozos

⁴⁶ (Montiel, 2014, págs. 139-158)

de papel. Lo mismo podemos decir cuando frotamos vidrio con seda o ámbar con lana.

Para explicar cómo se origina la electricidad estática, hemos de considerar que la materia está hecha de átomos y los átomos de partículas cargadas, un núcleo rodeado de una nube de electrones. Normalmente, la materia es neutra, tiene el mismo número de cargas positivas y negativas.

Algunos átomos tienen más facilidad para perder sus electrones que otros. Si un material tiende a perder algunos de sus electrones cuando entra en contacto con otro, se dice que es más positivo en la serie triboeléctrica. Si un material tiende a capturar electrones cuando entra en contacto con otro material, dicho material es más negativo en la serie triboeléctrica.

Estos son algunos ejemplos de materiales ordenados de más positivo a más negativo:

- Piel de conejo, vidrio, pelo humano, nylon, lana, seda, papel, algodón, madera, ámbar, polyester, poliuretano, vinilo (PVC), teflón.

El vidrio frotado con seda provoca una separación de las cargas, porque ambos materiales ocupan posiciones distintas en la serie triboeléctrica, lo mismo se puede decir del ámbar y del vidrio. Cuando dos materiales no conductores entran en contacto uno de los materiales puede capturar electrones del otro material. La cantidad de carga depende de la naturaleza de los materiales (de su separación en la serie triboeléctrica), y del área de la superficie que entra en contacto. Otro de los factores que intervienen es el estado de las superficies, si son lisas o rugosas (la superficie de contacto es pequeña). La humedad o impurezas que contengan las superficies proporcionan un camino para que se recombinen las cargas. La presencia de impurezas en el aire tiene el mismo efecto que la humedad.

Habremos observado que frotando el bolígrafo con nuestra ropa atrae a trocitos de papeles. En las experiencias de aula, se frota diversos materiales, vidrio con seda, cuero, etc. Se emplean bolitas de sauco electrizadas para mostrar las dos clases de cargas y sus interacciones.

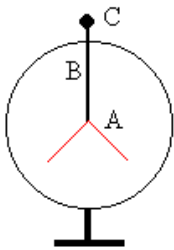
De estos experimentos se concluye que:

1. La materia contiene dos tipos de cargas eléctricas denominadas positivas y negativas. Los objetos no cargados poseen cantidades iguales de cada tipo de carga.

Quando un cuerpo se frota la carga se transfiere de un cuerpo al otro, uno de los cuerpos adquiere un exceso de carga positiva y el otro, un exceso de carga negativa. En cualquier proceso que ocurra en un sistema aislado, la carga total o neta no cambia.

2. Los objetos cargados con cargas del mismo signo, se repelen.
3. Los objetos cargados con cargas de distinto signo, se atraen.

ELECTROSCOPIO

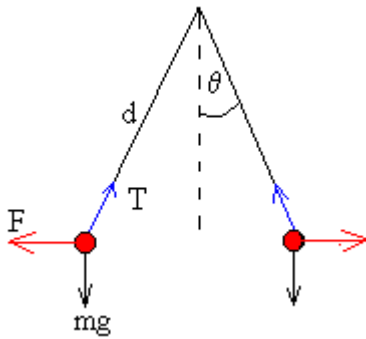


El electroscopio consta de dos láminas delgadas de oro o aluminio A que están fijadas en el extremo de una varilla metálica B que pasa a través de un soporte C de ebonita, ámbar o azufre. Cuando se toca la bola del electroscopio con un cuerpo cargado, las hojas adquieren carga del mismo signo y se repelen siendo su divergencia una medida de la cantidad de

carga que ha recibido. La fuerza de repulsión electrostática se equilibra con el peso de las hojas.

Si se aplica una diferencia de potencial entre la bola C y la caja del mismo, las hojas también se separan. Se puede calibrar el electroscopio trazando la curva que nos da la diferencia de potencial en función del ángulo de divergencia.

Un modelo simplificado de electroscopio consiste en dos pequeñas esferas de masa m cargadas con cargas iguales q y del mismo signo que cuelgan de dos hilos de longitud d , tal como se indica la figura. A partir de la medida del ángulo que forma una bolita con la vertical, se calcula su carga q .



Sobre una bolita actúan tres fuerzas

- El peso mg
- La tensión de la cuerda T
- La fuerza de repulsión eléctrica entre las bolitas F

En el equilibrio:

$$T \sin \theta = F$$

$$T \cos \theta = mg$$

- Conocido el ángulo ϑ determinar la carga q

Dividiendo la primera ecuación entre la segunda, eliminamos la tensión T y obtenemos

$$F = mg \cdot \tan \theta$$

Midiendo el ángulo θ obtenemos la fuerza de repulsión F entre las dos esferas cargadas.

$$F = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q^2}{(2d \sin \theta)^2}$$

De acuerdo con la ley de Coulomb

Calculamos el valor de la carga q , si se conoce la longitud d del hilo que sostiene las esferas cargadas.

- Conocida la carga q determinar el ángulo ϑ

Eliminado T en las ecuaciones de equilibrio, obtenemos la ecuación

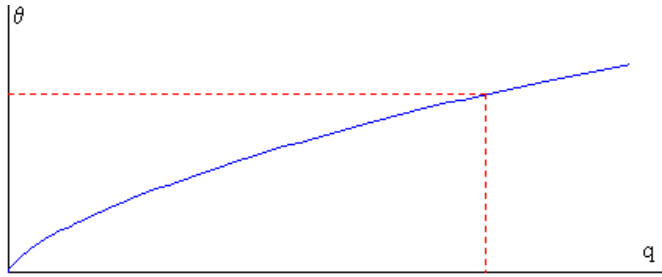
$$\sin^3 \theta = q^2 k \cos \theta \quad k = \frac{9}{4d^2 mg}$$

La carga q está en μC y la masa m de la bolita en g.

Expresando el coseno en función del seno, llegamos a la siguiente ecuación cúbica

$$x^3 + (x-1)k^2 q^4 = 0 \quad x = \sin^2 \theta$$

El programa interactivo, calcula las raíces de la [ecuación cúbica](#)



En la figura, se muestra el comportamiento de un electroscopio, para cada carga q en μC tenemos un ángulo de desviación θ en grados, del hilo respecto de la vertical. Si se mide el ángulo θ en el eje vertical obtenemos la carga q en el eje horizontal.

El programa interactivo genera aleatoriamente una carga q medida en μC , cada vez que se pulsa el botón titulado Nuevo.

A partir de la medida de su ángulo de desviación θ , en la escala graduada angular, se deberá calcular la carga q de la bolita resolviendo las dos ecuaciones de equilibrio.

Se introduce

- El valor de la masa m en gramos de la bolita, actuando en la barra de desplazamiento titulada Masa.
- La longitud del hilo está fijado $d=50$ cm.

Ejemplo:

Sea la masa $m=50$ g= 0.05 kg, la longitud del hilo $d=50$ cm= 0.5 m. Se ha medido el ángulo que hace los hilos con la vertical ángulo $=22^\circ$, determinar la carga q de las bolitas.

La separación entre las cargas es $x=2 \cdot 0.5 \cdot \sin(22^\circ)=0.375$ m

La fuerza F de repulsión entre las cargas vale

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{q^2}{0.375^2}$$

De las ecuaciones de equilibrio

$$T \sin 22^\circ = F$$

$$T \cos 22^\circ = 0.05 \cdot 9.8$$

Eliminamos T y despejamos la carga q , se obtiene $1.76 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ó $1.76 \text{ } \mu\text{C}$.

La trascendencia de la ley de Coulomb va mucho más allá de la descripción de las fuerzas que actúan entre esferas cargadas. Esta ley, cuando está incorporada dentro de la estructura de la física cuántica, describe correctamente (1) las fuerzas eléctricas de enlace de los electrones de un átomo con su núcleo, (2) las fuerzas que enlazan a los átomos entre sí para formar las moléculas, y (3) las fuerzas que ligan a los átomos y a las moléculas entre sí para formar a los sólidos y los líquidos. Así, la mayoría de las fuerzas de nuestra experiencia diaria que no son de naturaleza gravitatoria son eléctricas. (HALLIDAY, 1974)

7.2. Ley de Ohm^{47 48}

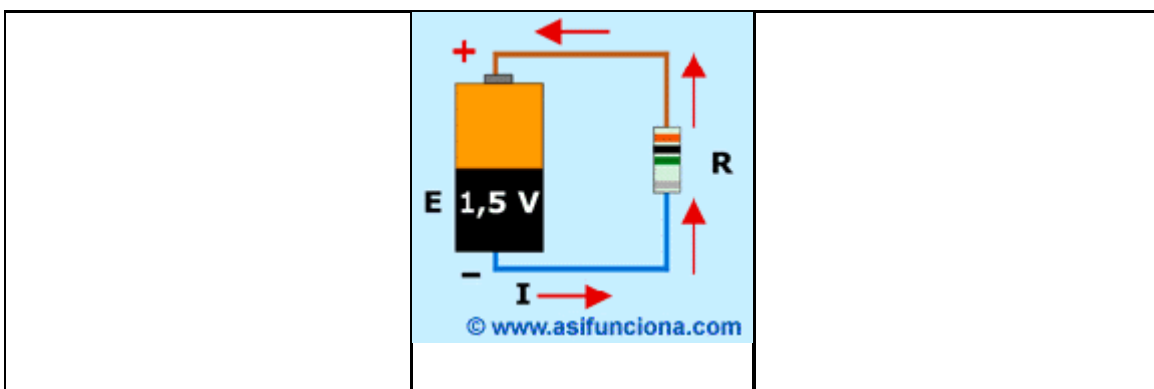
La Ley de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simón Ohm una de las leyes fundamentales de la electrodinámica, estrechamente vinculada a los valores de las unidades básicas presentes en cualquier circuito eléctrico como son:

1. Tensión o voltaje "**E**", en volt (V).
2. Intensidad de la corriente "**I**", en ampere (A).

⁴⁷ (Montiel, 2014, págs. 159-165)

⁴⁸ (Raymond A. Serway, 2001, págs. 560-561)

3. Resistencia " R " en ohm (Ω) de la carga o consumidor conectado al circuito.



Circuito eléctrico cerrado compuesto por una pila de 1,5 volt, una resistencia o carga eléctrica " R " y la circulación de una intensidad o flujo de corriente eléctrica " I " suministrado por la propia pila.

Debido a la existencia de materiales que dificultan más que otros el paso de la corriente eléctrica a través de los mismos, cuando el valor de su resistencia varía, el valor de la intensidad de corriente en ampere también varía de forma inversamente proporcional. Es decir, a medida que la resistencia aumenta la corriente disminuye y, viceversa, cuando la resistencia al paso de la corriente disminuye la corriente aumenta, siempre que para ambos casos el valor de la tensión o voltaje se mantenga constante.

Por otro lado y de acuerdo con la propia Ley, el valor de la tensión o voltaje es directamente proporcional a la intensidad de la corriente; por tanto, si el voltaje aumenta o disminuye, el amperaje de la corriente que circula por el circuito aumentará o disminuirá en la misma proporción, siempre y cuando el valor de la resistencia conectada al circuito se mantenga constante.

Postulado general de la Ley de Ohm

El flujo de corriente en ampere que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la

resistencia en ohm de la carga que tiene conectada.

FÓRMULA MATEMÁTICA GENERAL DE REPRESENTACIÓN DE LA LEY DE OHM

Desde el punto de vista matemático el postulado anterior se puede representar por medio de la siguiente Fórmula General de la Ley de Ohm:

$$I = \frac{E}{R}$$

VARIANTE PRÁCTICA:

Aquellas personas menos relacionadas con el despeje de fórmulas matemáticas pueden realizar también los cálculos de tensión, corriente y resistencia correspondientes a la Ley de Ohm, de una forma más fácil utilizando el siguiente recurso práctico:

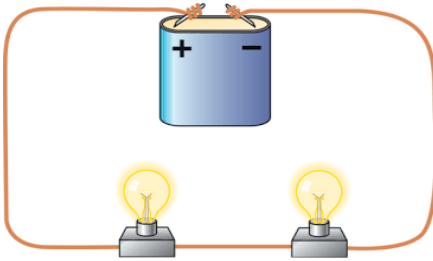
$$\frac{V}{I \times R}$$

Con esta variante sólo será necesario tapar con un dedo la letra que representa el valor de la incógnita que queremos conocer y de inmediato quedará indicada con las otras dos letras cuál es la operación matemática que será necesario realizar.

7.2.1. Circuitos en serie^{49 50}

⁴⁹ (Montiel, 2014, pág. 167)

⁵⁰ (Dawes, 1981, pág. 17)

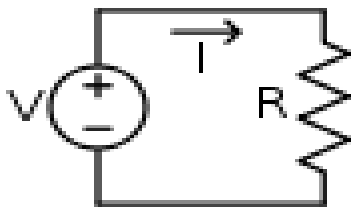


A lo largo de este tema daremos a conocer el concepto, el funcionamiento, la elaboración de algunos circuitos electrónicos en serie, también veremos cómo resolver algunos problemas que implican el uso de la “Ley de Ohm”, de la cual hablaremos más adelante.

Para poder empezar a hablar de circuitos en serie, es necesario tener conocimiento previo de algunos conceptos, así que se investigaran primeramente algunos conceptos básicos para empezar a trabajar con circuitos tales como: circuito, ley de ohm, y algunos dispositivos de electrónica empleados en los circuitos que estudiaremos a continuación.

CIRCUITO

Es una red (ya sea de corriente directa o corriente alterna) la cual está cerrada, es decir, vuelve al punto de origen de donde partió. Como podemos ver en la imagen el circuito sale de la fuente (donde vemos el + y – dentro de un círculo) y va en dirección de la flecha pasa por una resistencia (R) y regresa a de donde salió.



Resistencia: Una resistencia es un dispositivo electrónico el cual se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistencia tiene la siguiente ecuación: $R= V/A$

Pero éste ecuación la veremos más adelante al conocer la Ley de Ohm.



1. Una fuente de poder que suministre energía eléctrica.
2. Un material metálico que permita la circulación de la corriente eléctrica, desde la fuente hasta el elemento receptor.
3. Un receptor, que absorbe la energía eléctrica y la convierte en energía.

Características generales

- La intensidad de corriente que recorre el circuito es la misma en todos los componentes.

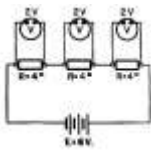


Fig.1 Distribución del voltaje

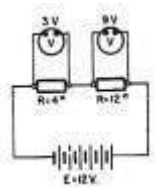


Fig.2 Circuito en serie

- La suma de las caídas de tensión es igual a la tensión aplicada. En la figura 1, se encuentran conectadas en serie tres resistencias iguales. El voltaje para cada una es un tercio del voltaje total. En la figura 2 el voltaje que atraviesa la resistencia es

proporcional a la resistencia de la unidad. En cada caso, la suma de los voltajes de los dispositivos individuales es igual al voltaje total.

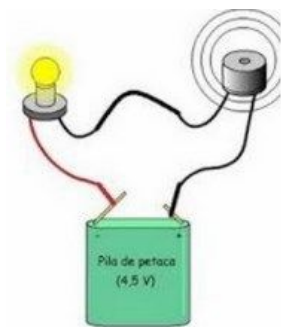
- La resistencia equivalente del circuito es la suma de las resistencias que lo componen.
- La resistencia equivalente es mayor que la mayor de las resistencias del circuito.

Desventaja

La principal desventaja de este circuito radica en que si se rompe algún elemento de los que conforman el circuito, o hay algún falso contacto, se interrumpe la circulación de la corriente eléctrica y el circuito se abrirá.

Las características de los circuitos en serie son:

Los elementos están conectados como los eslabones de una cadena (el final de uno con el principio del otro). La salida de uno a la entrada del siguiente y así sucesivamente hasta cerrar el circuito. Veamos una bombilla y un timbre conectados en serie:



Todos los elementos que se conectan en serie tienen la misma intensidad, o lo que es lo mismo, la misma intensidad recorre todos los elementos conectados en serie. Fíjate que la intensidad que sale de la pila es la misma que atraviesa cada receptor.

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 \dots\dots$$

La tensión total de los elementos conectados en serie es la suma de cada una de las tensiones en cada elemento:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 \dots$$

La resistencia total de todos los receptores conectados en serie es la suma de la resistencia de cada receptor.

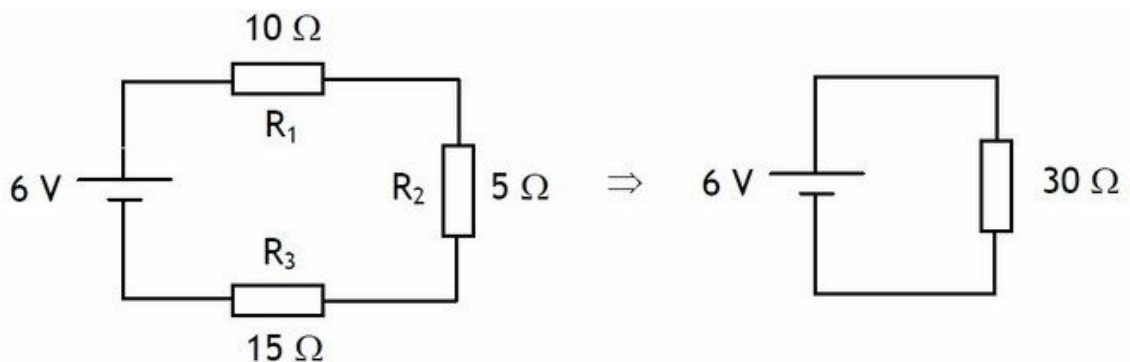
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

Si un elemento de los conectados en serie deja de funcionar, los demás también. Date cuenta que si por un elemento no circula corriente, al estar en serie con el resto, por los demás tampoco ya que por toda pasa la misma corriente o intensidad (es como si se cortara el circuito).

Veamos cómo se resuelve un circuito en serie con 3 resistencias.

Ejercicio

Lo primero será calcular la resistencia total. Esta resistencia total también se llama resistencia equivalente, porque podemos sustituir todas las resistencias de los receptores en serie por una sola cuyo valor será el de la resistencia total. Fíjate en el circuito siguiente:



$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 5 + 15 = 30 \Omega$. El circuito equivalente quedaría como el de la derecha con una sola resistencia de 30 ohmios. Ahora podríamos calcular la Intensidad total del circuito. Según la ley de ohm:

$$I_t = V_t / R_t = 6 / 30 = 0,2 \text{ A} \text{ que resulta que como todas las intensidades en serie son iguales:}$$

$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = 0,2A$ Todas valen 0,2 amperios.

- Ahora solo nos queda aplicar la ley de ohm en cada receptor para calcular la tensión en cada uno de ellos:

$$V_1 = I_1 \times R_1 = 0,2 \times 10 = 2V$$

$$V_2 = I_2 \times R_2 = 0,2 \times 5 = 1V$$

$$V_3 = I_3 \times R_3 = 0,2 \times 15 = 3V$$

- Ahora podríamos comprobar si efectivamente la suma de las tensiones es igual a la tensión total:

$V_t = V_1 + V_2 + V_3 = 2 + 1 + 3 = 6 V$ Como ves resulta que es cierto, la suma es igual a la tensión total de la pila 6 Voltios.

Recuerda: Para tener un circuito resuelto por completo es necesario que conozcas el valor de R, de I y de V del circuito total, y la de cada uno de los receptores. En este caso sería:

V_t, I_t y R_t

V_1, I_1 y R_1

V_2, I_2 y R_2

V_3, I_3 y R_3

Como ves ya tenemos todos los datos del circuito.

Puede que nos pidan calcular las potencias en el circuito. En este caso sabiendo la fórmula la potencia que es:

$$P = V \times I$$

$$P_t = V_t \times I_t = 6 \times 0,2 = 1,2w$$

$$P_1 = V_1 \times I_1 = 2 \times 0,2 = 0,4w$$

$$P_2 = V_2 \times I_2 = 1 \times 0,2 = 0,2w$$

$$P_3 = V_3 \times I_3 = 3 \times 0,2 = 0,6w$$

Fíjate que en el caso de las potencias la suma de las potencias de cada receptor siempre es igual a la potencia total (en serie y en paralelo) $P_t = P_1 + P_2 + P_3$.

Si no se piden la energía consumida en un tiempo determinado solo tendremos que aplicar la fórmula de la energía:

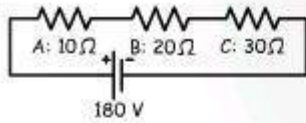
$E = P \times t$. Por ejemplo vamos hacerlo para 2 horas.

$E_t = P_t \times t = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ wh}$ (vatios por hora). Si nos piden en Kwh (kilovatios por hora) antes de aplicar la fórmula tendremos que pasar los vatios de potencia a kilovatios dividiendo entre mil.

$$**P_t = 0,0012 \times 2 = 0,0024Kwh**$$

También podríamos calcular las energía de cada receptor: $E_1 = P_1 \times t$; $E_2 = P_2 \times t$, pero eso ya lo dejamos para que lo hagas tu solito.

Aquí tienes otros dos circuitos en serie resueltos:



CIRCUITO SERIE

$$R_s = R_A + R_B + R_C = 10 + 20 + 30 = 60\Omega$$

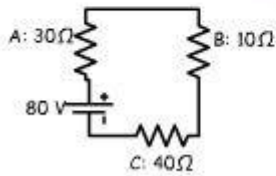
$$I_t = \frac{V}{R_s} = \frac{180}{60} = I_A = I_B = I_C = 3A$$

$$V_A = R_A \cdot I_t = 10 \cdot 3 = 30V$$

$$V_B = R_B \cdot I_t = 20 \cdot 3 = 60V$$

$$V_C = R_C \cdot I_t = 30 \cdot 3 = 90V$$

CIRCUITO SERIE



$$R_s = R_A + R_B + R_C = 30 + 10 + 40 = 80\Omega$$

$$I_t = \frac{V}{R_s} = \frac{80}{80} = I_A = I_B = I_C = 1A$$

$$V_A = R_A \cdot I_t = 30 \cdot 1 = 30V$$

$$V_B = R_B \cdot I_t = 10 \cdot 1 = 10V$$

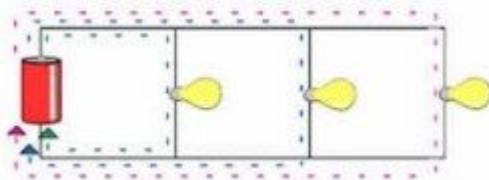
$$V_C = R_C \cdot I_t = 40 \cdot 1 = 40V$$

Ojo que no te despiste la colocación de las resistencias en el segundo circuito, si te fijas están una a continuación de otra, por lo tanto están en serie.

7.2.2. Circuitos en paralelo ^{51 52}

CARACTERÍSTICAS DE LOS CIRCUITOS EN PARALELO

Los elementos tienen conectadas sus entradas a un mismo punto del circuito y sus salidas a otro mismo punto del circuito.



Todos los elementos o receptores conectados en paralelo están a la misma tensión, por eso:

⁵¹ (Casoluengo, 2015, págs. 125-128)

⁵² (Montiel, 2014, pág. 169)

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 \dots$$

La suma de la intensidad que pasa por cada una de los receptores es la intensidad total:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

OJO no te confundas, si te fijas es al revés que en serie.

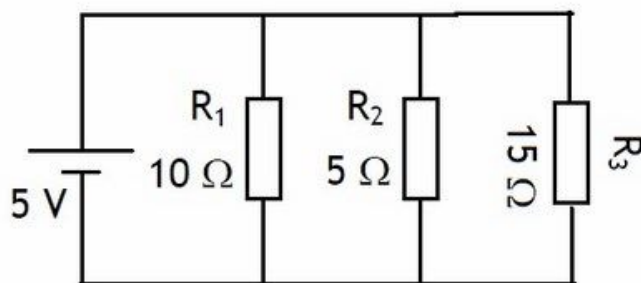
La resistencia total o equivalente de los receptores conectados en paralelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

Si un receptor deja de funcionar, los demás receptores siguen funcionando con normalidad. Este es el principal motivo por lo que la mayoría de los receptores se conectan en paralelo en las instalaciones.

Vamos a calcular un circuito en paralelo.

Ejercicios



Podríamos seguir los mismos pasos que en serie, primero resistencia equivalente, luego la I_t , etc. En este caso vamos a seguir otros pasos y nos evitaremos tener que utilizar la fórmula de la resistencia total. Sabemos que todas las tensiones son iguales, por lo que:

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = 5V; \text{ todas valen 5 voltios.}$$

Ahora calculamos la intensidad en cada receptor con la ley de ohm $I = V / R$.

$$I_1 = V_1 / R_1 = 5/10 = 0,5^a$$

$$I_2 = V_2 / R_2 = 5/5 = 1^a$$

$$I_3 = V_3 / R_3 = 5/15 = 0,33^a$$

La intensidad total del circuito será la suma de todas las de los receptores.

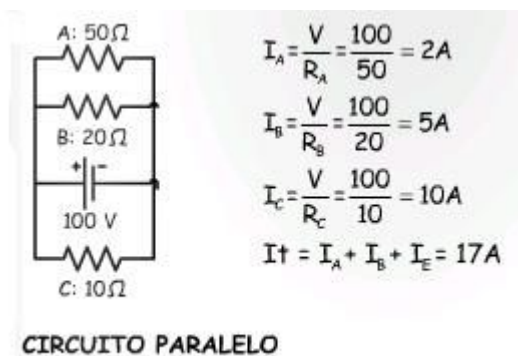
$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 0,5 + 1 + 0,33 = 1,83$$

Date cuenta que la I_3 realmente es 0,333333333... por lo que cometeremos un pequeño error sumando solo 0,33, pero es tan pequeño que no pasa nada.

Podríamos empezar por calcular R_t con la fórmula, pero es más rápido de esta forma. Si quieres puedes probar de la otra manera y verás que te dará lo mismo.

Para calcular las potencias y las energías se hace de la misma forma que en serie.

Aquí te dejamos otro circuito en paralelo resuelto:



BLOQUE VIII: RELACIONAS LA ELECTRICIDAD CON EL MAGNETISMO

8.1. Imanes^{53 54}

Un imán es un material que tiene consigo un campo magnético exterior y puede atraer el hierro, además del Cobalto y el Níquel. La mayor capacidad de atracción de un imán, se encuentra en sus polos. Cuando los imanes manifiestan su propiedad en forma permanente, nos referimos a los imanes naturales (como la magnetita Fe_3O), pero también podemos generar magnetismo a partir de cargas en movimiento.

Dependiendo de la forma del imán, nos encontramos en presencia de una variedad de figuras, formadas por las líneas de campo magnético

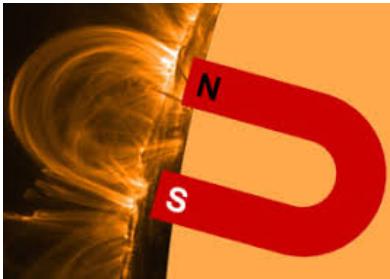


Imagen tomada de:

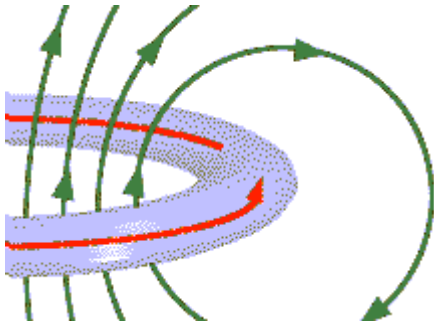
<http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSJAk4XrPzgXi2kKglNnrzo5vubTf7pfrOI55RnlsZagm3kvNuP>

⁵³ (Casoluengo, 2015, pág. 142)

⁵⁴ (Montiel, 2014, págs. 208-209)

⁵⁵ Imagen tomada de:

http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRp5CuUfuk0JI9iXGs_3gt7jZuMy1U7Z9AmvRKTdHzJ6JpZcfQL



http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT4SDFglzSwY_wKlIYcy32f_pxVpYbiwEpr8w8_34i6cG2jjV



<http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRjUOWozDyilvtSrigiQFcVVgZSbbH3VA7w-uMABSvtVQsuzLFH>

Tipo de material	Características
No magnético	No afecta el paso de las líneas de Campo magnético. Ejemplo: el vacío.
Diamagnético	Material débilmente magnético. Si se sitúa una barra magnética cerca de él, ésta lo repele. Ejemplo: bismuto (Bi), plata (Ag), plomo (Pb), agua .
Paramagnético	Presenta un magnetismo significativo. Atraído por la barra magnética. Ejemplo: aire , aluminio (Al), paladio (Pd), magneto molecular .
Ferromagnético	Magnético por excelencia o fuertemente magnético. Atraído por la barra magnética. Paramagnético por encima de la temperatura de Curie

	(La temperatura de Curie del hierro metálico es aproximadamente unos 770 °C). Ejemplo: hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), acero suave
Antiferromagnético	No magnético aún bajo acción de un campo magnético inducido. Ejemplo: óxido de manganeso (MnO ₂).
Ferrimagnético	Menor grado magnético que los materiales ferromagnéticos. Ejemplo: ferrita de hierro .
Superparamagnético	Materiales ferromagnéticos suspendidos en una matriz dieléctrica . Ejemplo: materiales utilizados en cintas de audio y video.
Ferritas	Ferromagnético de baja conductividad eléctrica . Ejemplo: utilizado como núcleo inductor para aplicaciones de corriente alterna.

8.2. Experimento de Oersted^{56 57}

El objetivo de esta experiencia es recrear el famoso experimento de Oersted sobre la desviación que sufre una aguja magnética situada en las proximidades de un conductor eléctrico, publicado en Copenhague el 21 de julio de 1820.

Para llevar a cabo el experimento vamos disponer de una aguja imantada que puede girar en torno a un eje que pasa por su centro. Inicialmente, sobre la aguja sólo actúa el campo magnético terrestre de forma que ésta se orienta en la dirección Norte-Sur.

Con la aguja en equilibrio, colocamos un tramo de conductor recto paralelo a la aguja. Un amperímetro conectado en serie con el conductor nos indicará cuando circula corriente por el mismo. En esta situación, si hacemos circular una corriente elevada por el conductor, del orden de 6 amperios, observamos que la aguja se desvía de su posición de equilibrio, oscilando en torno a las direcciones paralela y perpendicular al conductor. Al eliminar la

⁵⁶ (Dawes, 1981, págs. 144-145)

⁵⁷ (Casoluengo, 2015, págs. 148-149)

corriente, la aguja vuelve a oscilar en torno a la dirección paralela al conductor (Norte-Sur) hasta que se detiene. Seguidamente se invierte el sentido de la corriente, observándose que ahora la aguja se desvía en sentido contrario.

Podemos concluir que cuando circula corriente por el conductor sobre la aguja magnética actúan dos fuerzas, la fuerza debida al campo magnético terrestre y la fuerza originada por el campo magnético que el conductor crea en su entorno.

A continuación se realiza un montaje en el que mediante imanes se contrarresta el campo magnético terrestre en la zona donde se encuentra situada la aguja magnética. Haciendo pasar nuevamente corriente por el conductor se observa que la aguja, afectada casi exclusivamente por la fuerza magnética que origina la corriente, oscila en torno a la dirección perpendicular al conductor.

El experimento de Oersted puso por primera vez de manifiesto que existía una conexión entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. La publicación de este trabajo causó inmediatamente sensación, dando lugar a muchas interrogantes y estimulando un gran número de investigaciones. A partir de esta experiencia pudo revelarse la verdadera naturaleza del magnetismo, cuyo origen debe situarse en el movimiento de cargas eléctricas.

Tomando como punto de partida el experimento de Oersted, a fines de 1820 se conocía las primeras leyes cuantitativas de la electrodinámica y hacia 1826 Ampère ultimaba una teoría que permaneció durante casi 50 años, hasta la formulación de la teoría electromagnética por Maxwell.

RELACIÓN ENTRE MAGNETISMO Y ELECTRICIDAD

Stephen Gray había descubierto que la electricidad se desplaza a través de los conductores. William Watson (1715-1787) y Benjamín Franklin (1706-1790) investigan la carga y el movimiento eléctrico. Cavendish y Coulomb definen los conceptos de "potencial" y carga o "masa eléctrica".

Basándose en las experiencias de Luigi Galvani (1737-1798) Alessandro Volta (1745-1827) fabrica la pila eléctrica, con ella se consigue una electricidad más manipulable y de mayor intensidad y menor voltaje, que la ya conocida, de las máquinas electrostáticas, estos conocimientos facilitarán a Oersted sus investigaciones posteriores.

Se intuía la relación entre el magnetismo y la electricidad, por los fenómenos similares que comparten, como, polaridad, inducción, atracciones y repulsiones, pero era difícil comprobarlo, porque los fenómenos de alta tensión de la electricidad estática, disimulaban los posibles efectos magnéticos (que confirmarían dicha relación). Investigando con la electro-química correspondió a Hans Christian Oersted (1777-1851) la confirmación de esta hipótesis, a través, de su famoso experimento, consistente, en la observación de, cómo se desvía una aguja imantada, colocada paralela y junto a un conductor, cuando se hace circular por él una corriente eléctrica.

A continuación intentaremos despejar algunas cuestiones que se interpretan incorrectamente sobre el experimento de:

Bajo dos formas sencillas:

1ª forma: Un conductor, por el que se hace circular la corriente y bajo el cual se sitúa una brújula.

2ª forma: Este segundo experimento es igual en todo el anterior, pero sustituyendo el puente y conductor uní-filar por una bobina al aire, colocando la brújula en el centro de la bobina, conseguimos aumentar el campo magnético, y los efectos son más visibles. "Schweigger" con un experimento parecido descubrió el "multiplicador" conducente a los aparatos de medida, lo que nos demuestra que los avances siguen un camino preparado y basado en las investigaciones precedentes.

EXPERIMENTO DE OERSTED OBSERVACIONES Y PRECISIONES

Si retrocedemos al tiempo, de aquel contexto, veremos a los investigadores manipulando innumerables veces, tanto la barra frotada como los imanes, la brújula y los conductores, con el afán de descubrir alguna relación entre magnetismo y electricidad. Los fenómenos de la electricidad estática, tenían analogía con los producidos por el magnetismo, pero no se había podido hallar una interacción entre ambas energías, o sea, que la electricidad produjera magnetismo o el magnetismo electricidad.

La transmisión por conductores era un punto en común entre las dos electricidades (estática y dinámica), pero había que encontrar efectos magnéticos en la nueva electricidad, con la esperanza de que fuera el nexo de unión entre magnetismo y electricidad.

Cuando Oersted observo que la brújula se movía al circular una corriente por un conductor próximo a ella, no le fue fácil interpretarlo, ¿podía ser este movimiento por la misma electricidad, y no por el magnetismo?, porque la electricidad también mueve la brújula cuando se le aproxima una carga estática, por ejemplo, la de una barra frotada.

Por este motivo tampoco hoy día podemos decir, está claro, que, en el experimento de Oersted, la aguja imantada se mueve reaccionando a fenómenos magnéticos.

La solución vino de la observación, la brújula se comporta de diferente manera, ante un campo de electricidad estática, que ante un imán; puesto que cuando aproximamos la barra electrizada a la brújula, la atrae, sin diferenciar los polos magnéticos de dicha brújula (lo mismo por el polo norte que por el sur que por el centro), a diferencia de lo que sucede cuando se le aproxima un imán, este atrae a la brújula, orientándola en sentido inverso de sus respectivas polaridades y al invertir el imán, la brújula gira 180°, ofreciendo el otro polo.

La brújula en el experimento de Oersted responde a este último criterio, se orienta como influenciada por un campo magnético que se ha creado, y si invertimos los

polos de la fuente de alimentación, al cambiar con ello el sentido del campo magnético la brújula gira 180°, quedaba claro por primera vez la relación entre magnetismo y electricidad

Posteriormente, se buscó una respuesta de inducción eléctrica por el magnetismo, creyendo en la reversibilidad del experimento de Oersted y con la esperanza de producir electricidad por el magnetismo, tampoco fue fácil, ya que cuando aquellos precursores del conocimiento actual aproximaban un imán a un conductor, la insignificante electricidad que se inducía era inconmensurable. La solución fue aumentar la cantidad de conductor que iba a ser influido por el campo magnético, empleando bobinas, para que los efectos fueran apreciables. Por ello se llamó multiplicadores a las primeras bobinas diseñadas con tal objeto.

Lo expuesto, hace comprensible, que el primer resultado positivo de inducción por magnetismo que obtuvo Faraday, no fuese con un imán sino con un electroimán o multiplicador.