



Ciencias plan electivo

Física

PREUTECH

Autor: Luis Alberto Cartes Flores

Jefe del Departamento de Ciencias Físicas

Ciencias plan electivo

Física

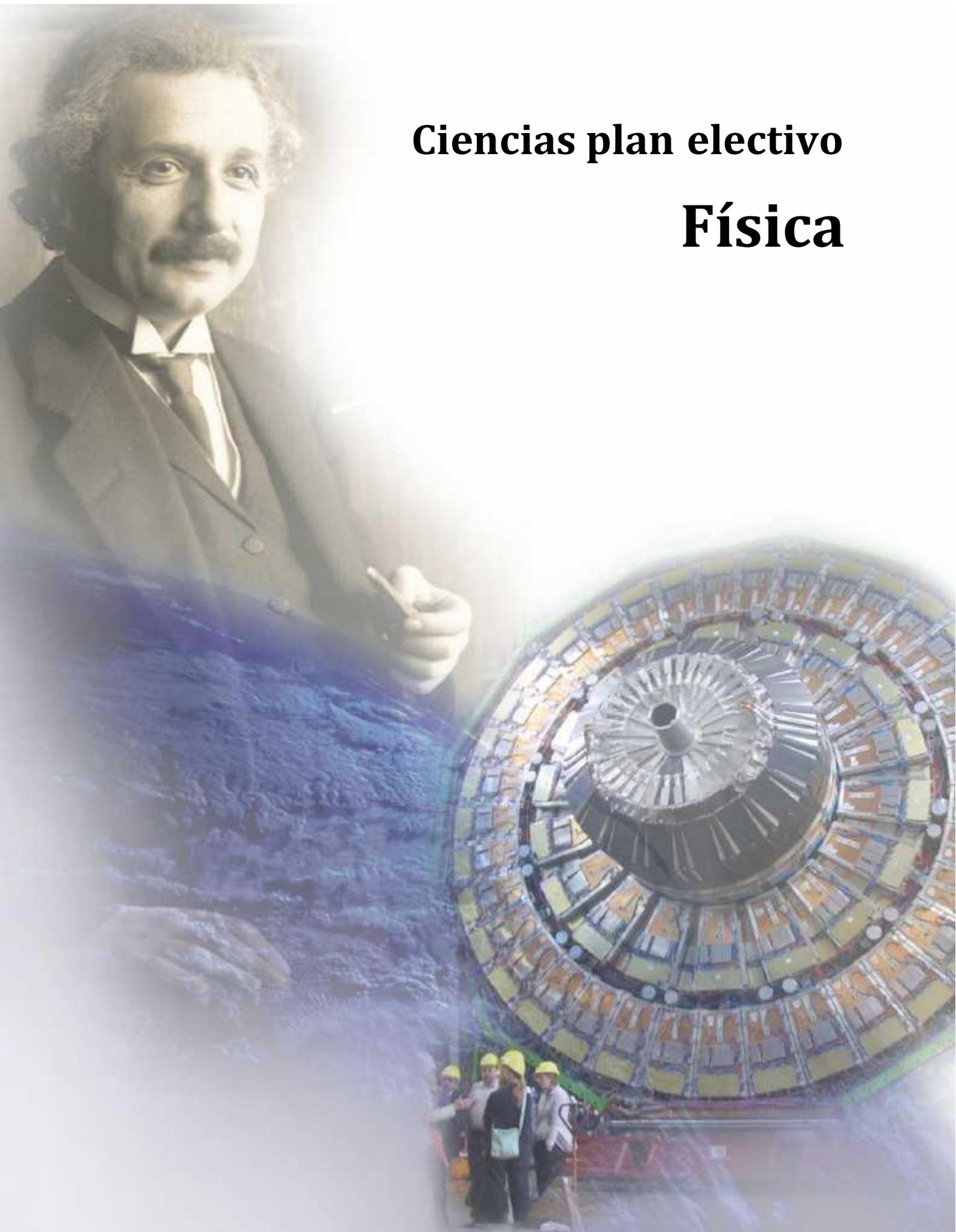
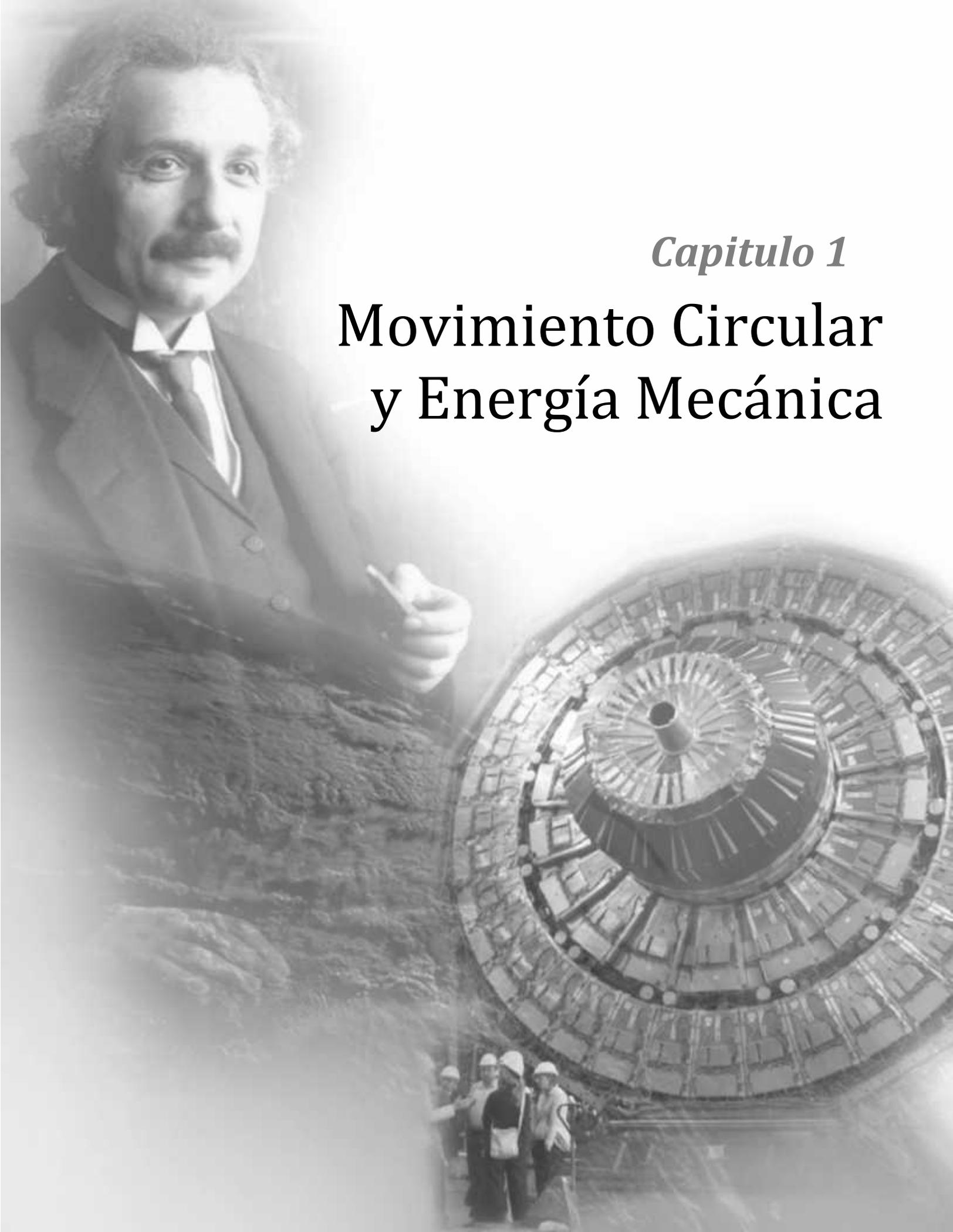


Tabla de contenido

Unidad: Movimiento circular y energía mecánica	8
Cinemática circular	8
1. Distintos tipos de magnitudes	8
<i>Período (T)</i>	9
<i>Velocidad lineal o tangencial (v): En</i>	9
<i>Aceleración angular (α)</i>	11
Relaciones entre magnitudes angulares y lineales	11
2. Dinámica circunferencial	12
Dinámica circular	13
1. Fuerza centrípeta	13
2. Aplicación de la segunda ley de newton al movimiento circular	14
3. Inercia rotacional	14
4. Momento angular	16
Conservación del momentum angular	17
Energía mecánica	18
1. Trabajo mecánico y energía	18
Trabajo	18
Potencia	18
2. Energía mecánica	19
3. Energía potencial	19
4. Energía cinética	20
Trabajo y energía	20
Conservación de la energía mecánica	21
1. Fuerzas conservativas y disipativas	21
2. Conservación de la energía mecánica	21
Unidad: Fluidos	23
Hidrostática: fluidos en reposo	23
1. Características de la materia	23
2. Hidrostática (fluidos en reposo)	23
Presión	23
3. El descubrimiento de la presión atmosférica	23
Barómetro	24
Ley de Boyle	24
Flotación	25
1. La fuerza de empuje	25
2. Principio de Arquímedes	25
Por que un objeto se hunde o flota	26

3.	Principio de Pascal	26
4.	Tensión superficial	27
5.	Capilaridad	27
	Hidrodinámica: fluidos en movimiento	28
1.	Flujo y caudal	28
	Características del flujo	28
	Ecuación de continuidad	28
	Caudal	29
2.	Principio de Bernoulli	30
	Aplicación de la ley de Bernoulli	31
3.	Aplicaciones del principio de Bernoulli	31
	Roce y velocidad limite	33
	Hemodinámica: sistema cardiovascular	34
1.	La presión sanguínea	34
	Unidad: Electricidad y Magnetismo	36
	Fuerza eléctrica y magnetismo	36
1.	Carga eléctrica	36
2.	Fuerza eléctrica	37
3.	Campo eléctrico	38
4.	Energía potencial eléctrica	38
5.	Condensadores	39
6.	Movimientos de cargas en un campo eléctrico	39
	Corriente eléctrica	40
	Fuentes de Voltaje	40
	Resistencia eléctrica	40
	Ley de Ohm	41
	Electromagnetismo y circuitos eléctricos	42
1.	Inducción electromagnética	42
2.	Corriente continua y alterna	43
	Ondas electromagnéticas	44
1.	Electromagnetismo	44
2.	Emisión y propagación de ondas electromagnéticas	44
3.	Características de las ondas electromagnéticas	45
4.	Espectro electromagnético	45
	Ondas de radio	46
	Microondas	46
	Infrarrojos	46
	Luz visible	46
	Ultravioleta:	46
	Rayos X	47
	Rayos gamma	47
5.	Modelo de transmisión de las ondas electromagnéticas	47
	Unidad: Física Moderna y Estructura Atómica	49
	Física moderna	49
1.	La mecánica cuántica	49
2.	Efecto fotoeléctrico	50
3.	Ondas de materia de Louis de Broglie	51
4.	Determinismo científico e incerteza	52
	Estructura atómica	53
1.	Génesis de la idea del átomo	53

2.	Los primeros modelos	53
3.	Modelo atómico de Bohr.....	53
4.	Modelo mecano-cuántico.....	55
Núcleo atómico		56
1.	El núcleo atómico.....	56
2.	Radiactividad	56
3.	Reacciones nucleares	58
	Fisión Nuclear	58
	Fusión Nuclear	58
4.	Usos y efectos de la radiactividad	59
	Reactores nucleares de fisión	59

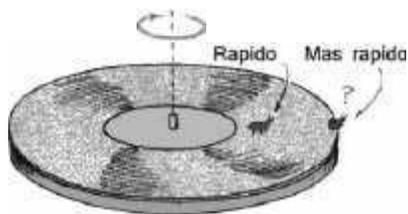


Capítulo 1

Movimiento Circular y Energía Mecánica

Unidad: Movimiento circular y energía mecánica

Cinemática circular



Esquema de la variación de la velocidad angular con el radio de giro

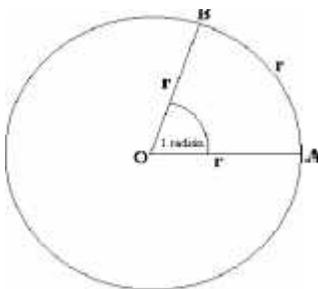


Diagrama del cálculo de un radian

Para estudiar el movimiento circunferencial uniforme es importante contextualizar este tipo de movimiento.

En física, los movimientos se pueden clasificar según la trayectoria que describe un cierto móvil. En general, esta trayectoria puede ser rectilínea o curvilínea.

Dentro de los movimientos rectilíneos están los conocidos movimiento rectilíneo uniforme y movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, entre otros. Los dos estudiados en física común.

En el caso de los movimientos curvilíneos, existen los movimientos: parabólico (lanzamiento de proyectiles), movimiento pendular, elíptico, circunferencial, etc.

Una característica de los movimientos curvilíneos, a diferencia de los rectilíneos, es que están cambiando su dirección constantemente.

En conclusión, el tipo de movimiento que será estudiado en este capítulo es simplemente un tipo de movimiento curvilíneo, donde la dirección de su movimiento está cambiando constantemente a medida que transcurre el tiempo.

1. Distintos tipos de magnitudes.

Cuando se trabaja con movimiento circunferenciales es importante tener en cuenta que las medidas ya no son lineales, sino que angulares. Por lo tanto es trascendente manejar el concepto de radian.

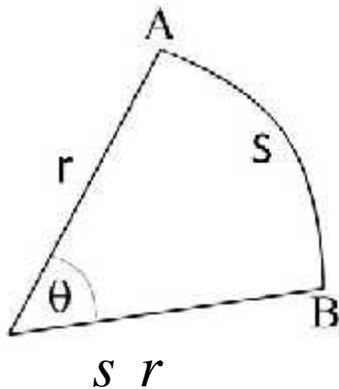
Un ángulo, además de medirse en grados del sistema sexagesimal, se puede medir en una unidad de medida bastante cómoda llamada "radian". Se tiene un ángulo de un radian cuando, en una circunferencia, tengamos un ángulo del centro que subtienda en ella un arco de igual longitud del radio. En la figura 1 se muestra tal situación.

Entre los grados sexagesimales y el radian existe una relación que es importante manejar para convertir de una unidad de medida a otra, esta es:

$$\text{radianes } 180^\circ$$

De acuerdo a la relación anterior, se deduce que un radian equivale a:

$$1 \text{ radian} = \frac{180}{\text{radian}}^\circ$$



Donde:

- s : Longitud del arco barrido
- r : Radio de la circunferencia
- θ : Ángulo descrito en radianes

Es decir, aproximadamente:

$$1 \text{ radián } 57,3^\circ$$

Este valor es siempre constante, independientemente del tamaño de la circunferencia de donde se haya obtenido el radián, debido precisamente a la relación de proporcionalidad que existe entre el arco y el radio de una misma circunferencia.

Existe una expresión que relaciona la longitud del arco "barrido" por un cuerpo con el radio y el ángulo descrito, esta es (ver figura 2):

Otras magnitudes relevantes para la descripción de un movimiento circular se listan a continuación.

Frecuencia (f): Se llama frecuencia en un movimiento circular uniforme, al número de vueltas por unidad de tiempo

$$\text{frecuencia} = \frac{\text{número de vueltas}}{\text{tiempo empleado}}$$

Las unidades de medida de la frecuencia son vueltas/segundo, ciclos por segundo, revoluciones por minuto (RPM), etc.

Período (T): Se llama periodo en un movimiento circular uniforme, al tiempo que demora el cuerpo en recorrer una vuelta completa. La unidad de medida del periodo en el S.I es el segundo. El periodo y la frecuencia son magnitudes inversamente proporcionales, lo cual se expresa a través de la siguiente relación:

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

Velocidad lineal o tangencial (v): En un movimiento rectilíneo, la rapidez media es el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla. Análogamente, en un movimiento circular uniforme, se define la rapidez media como el cociente entre el arco descrito y el tiempo empleado.

$$\text{rapidez lineal} = \frac{\text{arco de circunferencia descrito}}{\text{tiempo empleado}}$$

Adicionalmente, considerando un arco de circunferencia Δ en un intervalo de tiempo Δt :

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

Esta velocidad mide la variación del arco de la circunferencia por segundo y se mide (en el S.I) en m/s.

La rapidez lineal también puede ser calculada como:

$$v = 2 \pi r f \frac{m}{s}$$

La dirección del vector velocidad lineal siempre es tangente a la circunferencia, de ahí su nombre de velocidad tangencial. En la figura 0-4 se muestra el vector velocidad tangencial es distintos instantes de tiempo.

Un movimiento en una circunferencia, aunque se desarrolle con rapidez constante, no puede tener velocidad constante, ya que ella está cambiando permanentemente de dirección, esto se debe a que el vector velocidad lineal es tangente a la circunferencia en todo instante de tiempo.

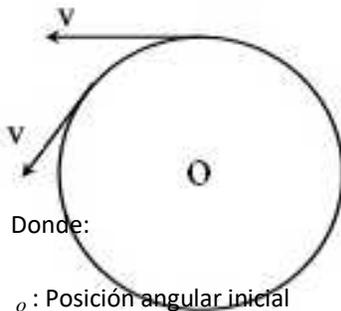
Velocidad angular (ω): La velocidad angular es una magnitud vectorial que mide o expresa el ángulo del centro (de la circunferencia) que "barre" el móvil por unidad de tiempo. Esta magnitud se mide fundamentalmente en radianes por segundo. Se simboliza por ω . La velocidad angular promedio está dada por (ver figura 4):

$$\omega_{prom} = \frac{\theta_f - \theta_o}{t} \quad \frac{rad}{s}$$

La velocidad angular se calcula mediante la siguiente relación:

$$\omega = 2 \pi f \quad \frac{rad}{s}$$

La velocidad angular es una magnitud vectorial, por tanto tiene dirección y sentido. La dirección del vector velocidad angular siempre es perpendicular al plano de giro.



Donde:

θ_o : Posición angular inicial

θ_f : Posición angular final

t : Variación de tiempo



Dirección del vector velocidad angular

Donde:

θ_i : Posición angular inicial

θ_f : Posición angular final

t : Variación de tiempo

La dirección de este vector se determina a través de la regla de la mano derecha: la mano derecha realiza un movimiento envolvente, mientras el pulgar indica la dirección y sentido de la velocidad angular (ver figura 5).

Aceleración centrípeta (a_c): Un punto de masa m que se mueve con rapidez constante v en un círculo de radio r está siendo constantemente acelerado. Aunque su rapidez lineal no cambia la dirección de la velocidad está cambiando continuamente (por ser un movimiento circular). Este cambio en la velocidad da origen a una aceleración a_c de la masa, dirigida hacia el centro de la circunferencia. A esta aceleración se le llama centrípeta; su valor está dado por:

$$a_c = \frac{\text{rapidez lineal}^2}{\text{radio de la trayectoria circular}} = \frac{v^2}{r} \quad \frac{m}{s^2}$$

Aceleración angular (α): si suponemos que una partícula se mueve en una trayectoria circular cuya velocidad angular ω varía a través del tiempo, entonces, se define la magnitud de la aceleración angular como el cociente entre la variación de velocidad angular y el intervalo de tiempo en efectuar dicha variación

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} \quad \frac{\text{rad}}{s^2}$$

Relaciones entre magnitudes angulares y lineales

Existen varias relaciones entre magnitudes lineales y angulares que, en definitiva, serán las que ocuparan para el desarrollo de los ejercicios. Estas relaciones se presentan a continuación:

La rapidez lineal será:

$$v = r \omega$$

La aceleración lineal o tangencial:

$$a_T = r$$

La aceleración centrípeta:

$$a_c = r^2$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

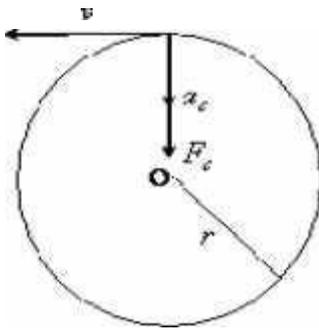
2. *Dinámica circular.*

Si haces girar una lata atada a un extremo de un cordel te percataras de que hay que tirar constantemente del cordel. Debes tirar del cordel hacia dentro a fin de que la lata siga girando alrededor de tu cabeza en una trayectoria circular. Todo movimiento circular requiere una fuerza de alguna especie. Toda fuerza que obligue a un objeto a describir una trayectoria circular se llama fuerza centrípeta.

Es importante destacar que la fuerza centrípeta es una magnitud vectorial y como tal tiene dirección y sentido. En una trayectoria circular la fuerza centrípeta siempre apuntará hacia el centro de la circunferencia. En la figura se muestra la dirección y sentido de los vectores fuerza centrípeta y aceleración centrípeta.

En este instante es preciso mencionar la diferencia existente entre la fuerza centrípeta y la llamada "fuerza centrífuga". Según la segunda ley de Newton un objeto que se mueve en línea recta con velocidad constante seguirá moviéndose en esa trayectoria a no ser que una fuerza la saque de ese estado. Cuando un cuerpo inicialmente se mueve en línea recta y luego ese cuerpo comienza a moverse en una trayectoria circular, este cuerpo experimentara una tendencia a seguir moviéndose en línea recta. De acuerdo a la segunda ley de Newton, debe existir una fuerza que mantenga a este objeto describiendo una trayectoria circular, esta fuerza es la fuerza centrípeta. Lo que comúnmente se conoce como "fuerza centrífuga" viene a representar la tendencia del cuerpo a escapar de la circunferencia, pero que sin embargo no es una fuerza, sino que simplemente la tendencia del cuerpo a seguir moviéndose en una trayectoria rectilínea.

Dinámica circular



Donde

V: velocidad tangencial
 a_c : Aceleración centrípeta
 F_c : Fuerza centrípeta
 r : radio

1. Fuerza centrípeta

Si haces girar una lata atada a un extremo de un cordel te percataras de que hay que tirar constantemente del cordel. Debes tirar del cordel hacia dentro a fin de que la lata siga girando alrededor de tu cabeza en una trayectoria circular. Todo movimiento circular requiere una fuerza de alguna especie. Toda fuerza que obligue a un objeto a describir una trayectoria circular se llama fuerza centrípeta.

Es importante destacar que la fuerza centrípeta es una magnitud vectorial y como tal tiene dirección y sentido. En una trayectoria circular la fuerza centrípeta siempre apuntará hacia el centro de la circunferencia. En la figura se muestra la dirección y sentido de los vectores fuerza centrípeta y aceleración centrípeta.

En este instante es preciso mencionar la diferencia existente entre la fuerza centrípeta y la llamada "fuerza centrífuga". Según la segunda ley de Newton un objeto que se mueve en línea recta con velocidad constante seguirá moviéndose en esa trayectoria a no ser que una fuerza la saque de ese estado. Cuando un cuerpo inicialmente se mueve en línea recta y luego ese cuerpo comienza a moverse en una trayectoria circular, este cuerpo experimentara una tendencia a seguir moviéndose en línea recta. De acuerdo a la segunda ley de Newton, debe existir una fuerza que mantenga a este objeto describiendo una trayectoria circular, esta fuerza es la fuerza centrípeta. Lo que comúnmente se conoce como "fuerza centrífuga" viene a representar la tendencia del cuerpo a escapar de la circunferencia, pero que sin embargo no es una fuerza, sino que simplemente la tendencia del cuerpo a seguir moviéndose en una trayectoria rectilínea.

2. Aplicación de la segunda ley de Newton al movimiento circular.

La segunda Ley de Newton establece que la aplicación de una fuerza sobre un objeto establece una aceleración en el, la cual es proporcional a dicha fuerza. Esta relación se relaciona mediante la siguiente fórmula:

$$F = m a$$

En el caso de un movimiento circunferencial, la fuerza que es causante de la aceleración centrípeta del objeto, que describe una trayectoria circunferencial, es la fuerza centrípeta, de manera que la segunda Ley de Newton aplicada a un movimiento circunferencial quedaría de la siguiente manera:

$$F_c = m a_c$$

Recordando la otra expresión para calcular el modulo de la aceleración centrípeta $a_c = \frac{v^2}{r}$, entonces la formula de la fuerza

centrípeta puede escribirse también así:

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

3. Inercia rotacional.

La ley de la inercia dice que un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo y un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento en línea recta con velocidad constante. Existe una ley similar para la rotación: un objeto que gira alrededor de un eje tiende a seguir girando alrededor de dicho eje. La resistencia de un objeto a los cambios en su estado de movimiento rotacional se llama inercia rotacional (o momento de inercia). Los objetos en rotación tienden a permanecer en rotación, mientras que los objetos que no giran tienden a permanecer sin girar.

Del mismo modo que se requiere una fuerza para cambiar el estado de movimiento de un objeto, un torque es necesario para cambiar su estado de movimiento rotacional. En ausencia de un torque neto, los objetos en rotación permanecen en rotación y los objetos que no

Donde

F_c : Fuerza centrípeta

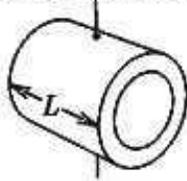
a_c : Aceleración centrípeta

m : Masa

giran permanecen sin girar

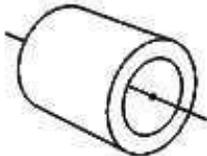
1

Cilindro hueco/macizo
Disco
Anillo
alrededor del diámetro central



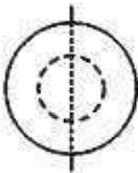
$$I = \frac{M}{4}(R_{ext}^2 + R_{int}^2) + \frac{ML^2}{12}$$

Cilindro hueco/macizo
Disco
Anillo
alrededor del eje del cilindro



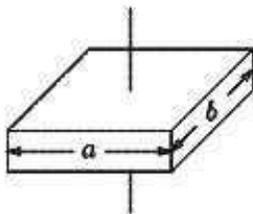
$$I = \frac{M}{2}(R_{ext}^2 + R_{int}^2)$$

Esfera hueca/maciza
alrededor de un diámetro



$$I = \frac{2}{5} M \frac{R_{ext}^5 - R_{int}^5}{R_{ext}^3 - R_{int}^3}$$

Paralelepípedo derecho
alrededor de un eje normal
que pasa por el
centro de masas



$$I = \frac{M}{12}(a^2 + b^2)$$

Así como la inercia en el sentido lineal, la inercia rotacional depende de la masa del objeto, pero a diferencia de la inercia, la inercia rotacional depende de la distribución de la masa. Cuanto mayor sea la distancia entre el grueso de la masa de un objeto y el eje alrededor del cual se efectúa la rotación, mayor será la inercia rotacional.

La inercia rotacional de un péndulo largo es mayor que la de uno corto. El péndulo largo es más "perezoso", por lo que se mueve de un lado a otro más lentamente que un péndulo corto. Cuelga una pesa de un cordel; cuando el cordel es corto, la frecuencia con la que el péndulo se mueve de un lado a otro es mayor que cuando es largo. Lo mismo ocurre con las piernas de las personas o las patas de los animales cuando las dejan mecerse libremente. En general, los animales de patas largas como las jirafas, los caballos y los avestruces suelen andar con un paso más lento que los hipopótamos, los perros salchicha y los ratones.

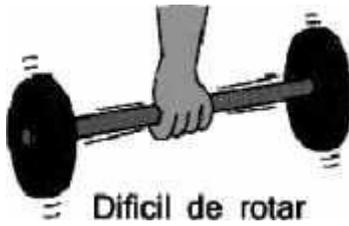
Advierte que la inercia rotacional de un objeto no es necesariamente una cantidad fija; es mayor cuando la masa del objeto se aleja del eje de rotación. Puedes comprobarlo con tus propias piernas: extiende una pierna y hazla oscilar libremente de un lado a otro como un péndulo. Ahora haz lo mismo, pero doblando la rodilla. En esta posición se mece con mayor frecuencia.

Para reducir la inercia rotacional de las piernas basta con doblarlas. Por eso corremos con las piernas dobladas. Así es más fácil moverlas de un lado a otro.

Cuando toda la masa m de un objeto se concentra a la misma distancia r del eje de rotación, la inercia rotacional es:

$$I = mr^2$$

Cuando la masa está más extendida, como en el caso de tus piernas, la inercia rotacional es menor y la fórmula es distinta. En la figura siguiente se muestra el momento de inercia de algunas geometrías especiales.



Si tomas una barra con el peso en centro es más sencillo hacerla girar que otra barra con el peso en los bordes, porque al cambiar la distribución del peso se cambia el momento angular

4. Momento angular.

Todo objeto en rotación, permanece en ese estado hasta que algo lo detiene. Un objeto en rotación tiene cierta inercia de rotación. Recuerda que todos los objetos que se mueven tienen momentum o inercia del movimiento, que es el producto de la masa por la velocidad del objeto. Esa magnitud física, en estricto rigor, se llama momentum lineal. De manera análoga, la inercia de rotación de un objeto que gira se conoce como momentum angular, y este mide cuán difícil es poner en movimiento o detener un objeto que gira.

El momentum angular, como el momentum lineal, es un vector. Tiene dirección, sentido y magnitud. Por convención, el vector de velocidad angular y el vector momentum angular están en la misma dirección del eje de rotación y tienen el mismo sentido.

El momentum angular se define como el producto de la inercia rotacional por la velocidad angular:

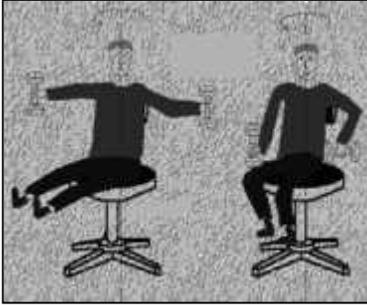
$$L = I \omega$$

Donde:

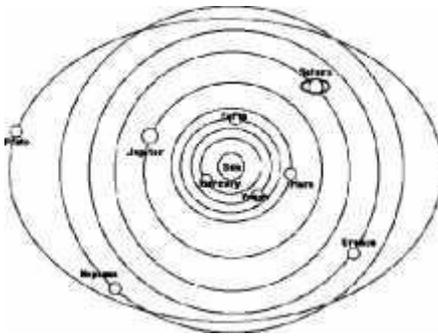
L : Momentum angular

I : Inercia rotacional

ω : Velocidad angular



Conservación del momento de angular



En el sistema solar los planetas orbitan en torno al sol en orbitas que son planares, es decir siempre recorren el mismo plano, este fenómeno es consecuencia de la conservación del momentum angular del sistema sol-planeta.

Conservación del momentum angular

Igual que el momentum lineal de un sistema cualquiera se conserva, si no se ejerce sobre el una fuerza total, el momentum angular de un sistema en rotación también se conserva. La ley de conservación del momentum angular establece que:

Si sobre un sistema en rotación se ejerce un torque externo igual a cero, el momentum angular de dicho sistema es constante.

Esto significa que, en ausencia de un torque externo, el producto de la inercia rotacional por la velocidad angular es constante.

En la figura se muestra un ejemplo que ilustra la conservación del momentum angular. El personaje está sentado en una silla giratoria de baja fricción con unas pesas en las manos extendidas. Debido a las pesas su inercia rotacional es relativamente elevada en esta posición. Al girar lentamente, su momento angular es el producto de su inercia rotacional por su velocidad angular. Cuando trae las pesas hacia su cuerpo, su inercia rotacional total se reduce considerablemente. Lo que ocurre es que su velocidad angular aumenta y su inercia rotacional disminuye.

Una patinadora hace uso del principio de conservación del momentum angular cuando empieza a girar con los brazos extendidos y quizás una pierna levantada y luego encoge los brazos y la pierna para incrementar su velocidad angular. Siempre que un objeto en rotación se contrae, su velocidad angular aumenta

Un movimiento circunferencial uniforme es simplemente un tipo de movimiento curvilíneo donde la trayectoria descrita por un cierto objeto es una circunferencia y además este cuerpo recorre ángulos iguales en tiempos iguales. Esto último quiere decir que la velocidad angular ω es constante y que, como consecuencia de esto, la aceleración angular α es igual a cero.

Es importante mencionar que todas las relaciones existentes entre magnitudes angulares y lineales son aplicables a este tipo de movimiento circunferencial.

Energía mecánica



En el lanzamiento espacial se necesita una enorme potencia (33000 MW).

1. Trabajo mecánico y energía.

Quizá el concepto más importante en toda la ciencia sea la energía. La combinación de energía y materia forma el universo: la materia es sustancia, la energía es lo que mueve la sustancia. Aunque no es familiar, es difícil de definir, porque es una cosa y un proceso a la vez. Normalmente la vemos solo cuando se produce un proceso de transmisión o de transformación de energía. Podemos ver la energía cuando nos llega como ondas electromagnéticas desde el sol, o la sentimos como energía térmica. Según Einstein la materia es una representación de energía $E = mc^2$.

Trabajo

Cuando levantamos una carga contra la gravedad terrestre hacemos trabajo. Mientras más pesada es la carga, o mientras más alto la levantemos, mayor será el trabajo que tendremos que hacer. Cuando hacemos trabajo, hay que considerar dos cosas: la aplicación de una fuerza y el movimiento de algo debido a esa fuerza. Se define el trabajo efectuado por una fuerza aplicada sobre un objeto, como el producto de la fuerza por la distancia en que se mueve el objeto.

$$W = F \cdot d$$

$$W = F \cdot d$$

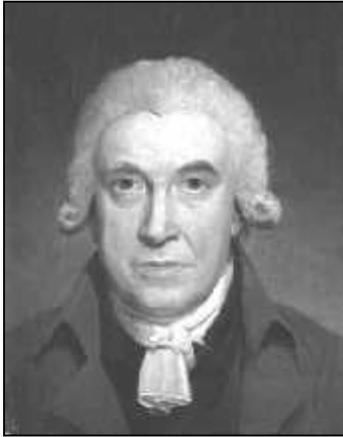
La unidad de medición del trabajo es:

$$1 \text{ Joule (J)} = 1 \text{ Newton} \cdot 1 \text{ metro (m)}$$

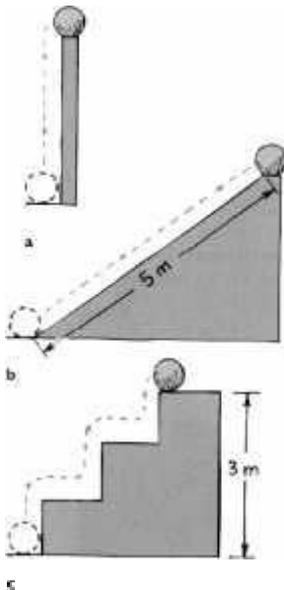
Potencia

En la definición de trabajo no se habla del tiempo que se emplea para hacer el trabajo. Se efectúa la misma cantidad de trabajo al subir una carga por un tramo de escaleras si se camina o se corre. Entonces ¿Por qué nos cansamos más al subir las escaleras apresuradamente, en pocos segundos, que al subirlas durante algunos minutos? Para comprender esta diferencia tenemos que definir el concepto que nos da información de la rapidez con la que se realiza un trabajo, esa medida es la potencia.

$$P = \frac{W}{t}$$



James Watt (1736 -1819)



Un objeto al estar a una cierta altura tiene la posibilidad de potencialmente realizar trabajo.

Un motor de gran potencia puede efectuar trabajo con gran rapidez. Un motor de automóvil que tenga el doble de potencia que otro no necesariamente produce el doble de trabajo ni hace que el auto avance al doble de velocidad que un motor de menos potencia. El doble de potencia significa que puede realizar el trabajo en la mitad del tiempo, o el doble de trabajo en el mismo tiempo.

La unidad de potencia del sistema internacional es el Watt

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

2. Energía mecánica.

Cuando un arquero efectúa trabajo al tensar un arco, el arco tensado tiene la capacidad de efectuar trabajo sobre las flechas. Esto es energía, al igual que el trabajo la energía se expresa en J.

Aparece en muchas representaciones, una de ellas es la llamada energía mecánica, que es la forma de energía debida a la posición relativa de cuerpos que interactúan (energía potencial) o a su movimiento (energía cinética).

3. Energía potencial.

Un objeto puede almacenar energía debido a su posición relativa con respecto a otro objeto. A esto se llama **energía potencial** (E_p) por qué en su estado almacenado tiene el potencial de efectuar trabajo. Cuando se tensa la cuerda de un arco este tiene el potencial de efectuar trabajo sobre una flecha. En el caso de la energía química también es energía potencia debido a que depende de la posición relativa de las moléculas del sistema.

Se requiere trabajo para elevar objetos en contra de la gravedad de la Tierra. La energía potencial de un cuerpo a causa de su posición elevada se llama **energía potencial gravitacional**. El agua de

una represa tiene energía potencial gravitacional debido a que esta a una altura igual al alto de la represa.

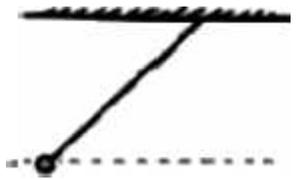
$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

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

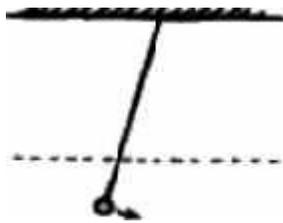
La energía potencial tiene importancia solo cuando cambia, es decir



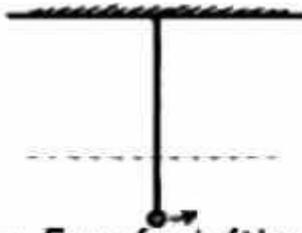
cuando efectúa trabajo, o se transf rma .



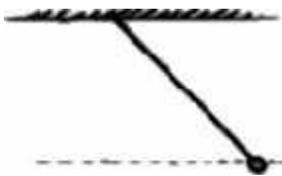
Energía potencial



a Potencial + cinética



a Energía cinética



a Energía potencial, y así sucesivamente

Esquema de la constante transformación de energía cinética en energía potencial en un péndulo

4. Energía cinética.

Si empujamos un objeto lo podemos poner en movimiento. En forma más específica, si efectuamos trabajo sobre un objeto podemos cambiar la energía de movimiento de ese objeto. De igual manera si un objeto se mueve es capaz de efectuar trabajo. Llamaremos **Energía cinética** a la energía de movimiento. La energía cinética de un objeto depende de la masa y de la rapidez.

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

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

La energía cinética depende del marco de referencia desde donde se mide al igual que la energía potencial.

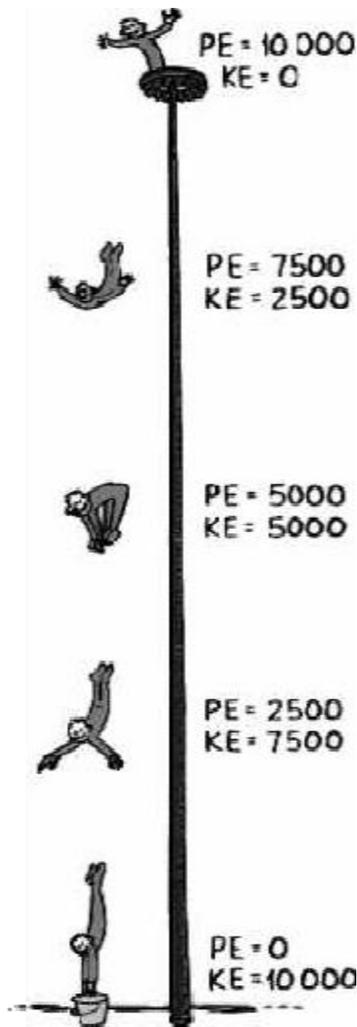
Trabajo y energía

Cuando un auto acelera, su aumento de energía cinética se debe al trabajo que se efectúa sobre él. También, cuando desacelera, se efectúa trabajo para reducir su energía cinética. Entonces se puede decir que

$$W = \Delta E$$

El trabajo es igual al cambio de energía, para el ejemplo se considero la energía cinética, pero puede ser cualquier manifestación de energía, energía potencial, energía térmica, etc.

Conservación de la energía mecánica



La suma de la energía cinética y la energía potencial es en todo momento igual a 10000 J.

La energía cambia de forma, o simplemente se transfiere de un lugar a otro, pero en general la cuenta total de energía permanece igual.

1. Fuerzas conservativas y disipativas.

Existen algunos sistemas donde el trabajo para mover un objeto desde un punto a otro, no depende del camino por donde se le mueva, en estos casos se habla de un campo de fuerzas conservativo. Dos ejemplos cotidianos de este tipo de campos de fuerzas son la fuerza gravitacional y la eléctrica. Esto quiere decir que si queremos llevar un objeto desde el suelo hasta una cierta altura no importa si lo tiramos de una cuerda siguiendo un camino únicamente vertical, o si lo subimos por unas escaleras siguiendo un camino que combina tramos verticales y tramos horizontales, el trabajo siempre va a ser el mismo.

El caso donde no pasa este fenómeno se conocen como *fuerzas disipativas*, un ejemplo bien conocido es el de fuerza de roce, ya que transforma energía mecánica en energía térmica, de tal forma que no es lo mismo llevar un objeto por un lugar que tiene menor roce que por uno donde el roce es mayor.

2. Conservación de la energía mecánica.

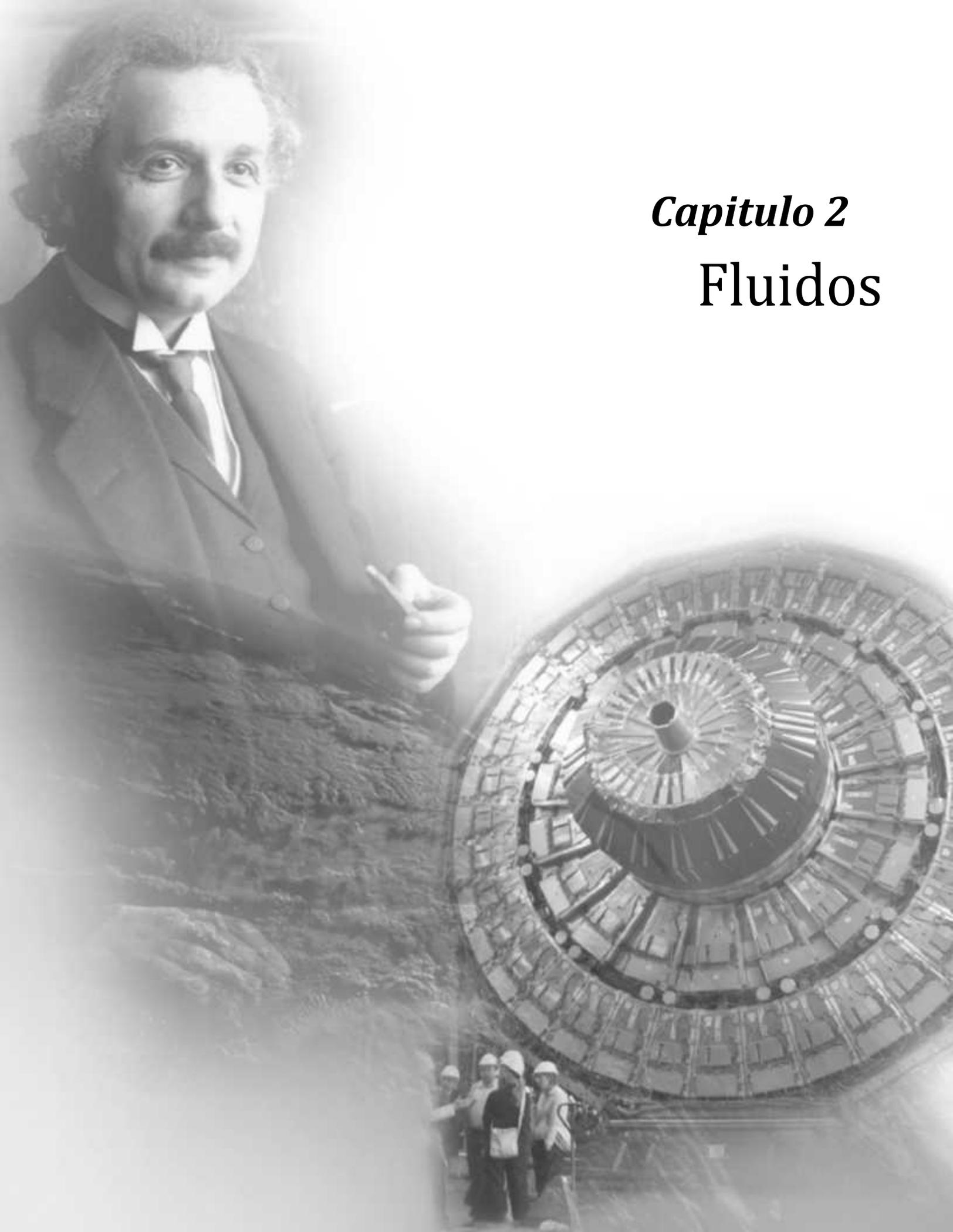
Más importante que poder decir que es la energía es comprender como se comporta, como se transforma. Podemos comprender mejor los procesos y los cambios que suceden en la naturaleza si los analizamos en términos de transformaciones de energía de una a otra forma, o de transferencias de energía de un lugar a otro. La energía es la forma que tiene la naturaleza de llevar la cuenta. Los procesos naturales se comprenden mejor cuando se analizan en función de cambios de energía.

El estudio de las diversas formas de energía y sus transformaciones entre sí ha llevado a una gran generalización de la física: *la ley de conservación de energía*

La energía no se puede crear ni destruir, se puede transformar de una forma a otra, pero la cantidad total de energía nunca cambia.

Cuando analizamos un sistema en su totalidad, sea tan sencillo como un péndulo o tan complejo como la explosión de una supernova, encontramos que hay una cantidad que no se crea ni se destruye.

Capítulo 2
Fluidos



Unidad: Fluidos

Hidrostatica: fluidos en reposo

Densidad gravimétrica: representa la densidad del bloque de agua que está arriba del objeto sumergido.

1. Características de la materia.

A diferencia de un sólido un líquido puede fluir. Las moléculas que forman un líquido no están confinadas a posiciones fijas, como en los sólidos, sino que se pueden mover libremente en unas posiciones fijas, como en los sólidos, sino que se pueden mover en forma determinada, un líquido toma la forma del recipiente que lo contiene. Las moléculas de un líquido están cerca unas de otras, y resisten mucho las fuerzas de compresión, los líquidos, como los sólidos son difíciles de comprimir, los gases, por su parte se comprimen con facilidad. Tanto los líquidos como los gases pueden fluir y en consecuencia ambos son fluidos.

2. Hidrostatica (fluidos en reposo).

Presión

Un líquido contenido en un recipiente ejerce fuerzas contra las paredes de este. Para escribir la interacción entre el líquido y las paredes. Para precisar aquello es conveniente definir el concepto de presión. La presión se define como la fuerza por unidad de área, se obtiene dividiendo la fuerza entre el área sobre la cual actúa:

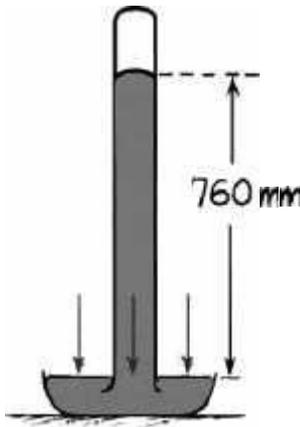
$$P = \frac{F}{A}$$

En el caso de sumergirse en un fluido se puede definir la presión como:

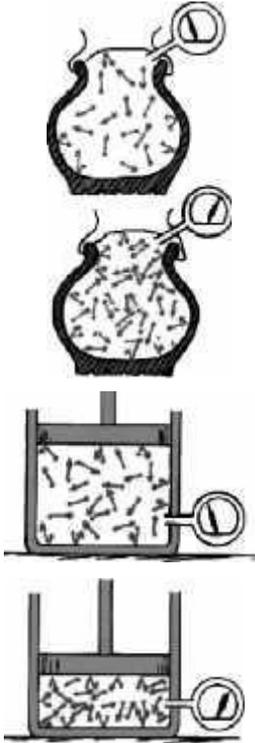
$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

3. El descubrimiento de la presión atmosférica.

Tal como la presión en la profundidad de un lago está causada por el peso del agua sobre el objeto sumergido, la presión atmosférica es causada por el peso del aire sobre un objeto colocado sobre la superficie de la tierra. En general se olvida que el aire invisible tiene peso.



Barómetro de mercurio



En el primer caso un aumento de la densidad viene acompañado de un aumento de la presión, en el segundo caso se aumenta la presión lo que lleva a un aumento de la densidad.

El motivo por el cual no sentimos la presión del aire sobre nosotros es porque nuestro cuerpo tiene una presión interna igual a la presión del aire que nos rodea, de esta forma podemos equilibrar el sistema cuerpo aire. Ese es el motivo por el cual la presión atmosférica se reduce conforme aumenta la altura, porque mientras mas arriba menos aire hay sobre nosotros.

Barómetro

Es un instrumento para medir presión atmosférica. Los más simples se componen de un tubo de vidrio de un largo de 76 cm y cerrado en un extremo, este tubo se rellena con mercurio. Luego se deposita sobre una fuente de mercurio, el mercurio no escurre por el tubo debido a la presión que ejerce el aire sobre el recipiente de mercurio que se iguala a la presión de 760 mm de mercurio dentro del tubo.

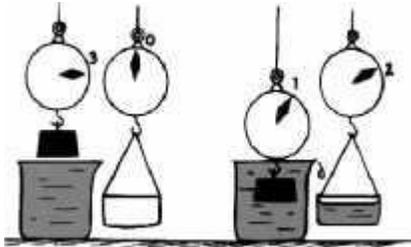
Ley de Boyle

La presión de aire en unos neumáticos de automóvil es considerablemente más alta que la presión atmosférica. La densidad del aire adentro también es mayor que el aire fuera de el. Entendemos esta relación entre densidad y presión debido a que si consideramos a las moléculas de aire como un conjunto de pelotas chocando con otras moléculas y contra las paredes del recipiente en diferentes direcciones, entonces, si consideramos que la presión del neumático está relacionada con la cantidad de choques de las partículas de aire sobre las paredes interiores del neumático, entonces si el numero de moléculas por unidad de volumen aumenta, aumentara el numero de choques y por ende la presión. Esto se puede resumir al decir que la presión y el volumen son inversamente proporcionales,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Esta relación se conoce como la ley de Boyle. Esta ley se aplica a los gases ideales, donde los efectos turbulentos, las fuerzas entre las moléculas y el tamaño finito de las moléculas individuales, pueden ser despreciados. El aire en condiciones normales puede ser considerado como un gas ideal.

Flotación



Esquema del principio de Arquímedes, se muestra que la cantidad que bajo de peso el objeto sumergido es equivalente al agua que desplazo.

1. La fuerza de empuje.

Quien ha intentado sacar un objeto pesado sumergido en agua, está familiarizado con el concepto de flotación o empuje, este concepto está relacionado con la pérdida aparente de peso que tienen los objetos sumergidos en un fluido. Para elevar una piedra grande del fondo de un río es relativamente fácil, hasta que llega a la superficie, donde la fuerza para poder seguir levantándolo aumenta considerablemente. Esto se debe a que cuando está sumergida el agua ejerce una fuerza hacia arriba, en dirección opuesta a la gravedad. Esta fuerza se conoce como fuerza de empuje o fuerza de flotación.

2. Principio de Arquímedes.

La relación entre la fuerza de empuje y el líquido desplazado, efectuada por Arquímedes, en el siglo III a.C., se enuncia como sigue:

$$F_e = \rho_f \cdot g \cdot V_d$$

O descrito en forma funcional

$$F_e = \rho_f \cdot g \cdot V$$

Donde:

ρ_f : es la densidad del fluido

g : es la aceleración de gravedad

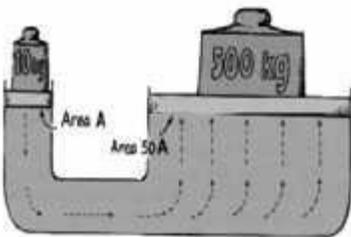
V : es el volumen del objeto sumergido



Blaise Pascal (1623 - 1662)

En el sistema internacional la unidad de presión lleva el nombre de pascal

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$



Aplicación del principio de Pascal.

Por que un objeto se hunde o flota

Como sabemos la fuerza de empuje depende del volumen del objeto, por lo tanto mientras más grande es el objeto mayor será la fuerza de flotación. Ahora es importante notar que si la fuerza de flotación no es lo suficientemente grande para mantener al objeto en la superficie del fluido, este se hundirá. Esto va a depender de la densidad del objeto en comparación con la densidad del fluido desplazado. Este proceso se realiza siguiendo estas sencillas reglas:

- Si un objeto es más denso que el fluido donde se sumerge, este se hundirá.
- Si un objeto es menos denso que el fluido donde se sumerge este objeto flotara.

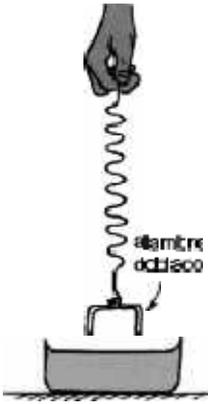
3. Principio de Pascal

Uno de los antecedentes más importantes sobre la presión de los fluidos es que si se produce un cambio de presión en una parte del fluido, este cambio se transmitirá íntegro a todas las demás partes. Un ejemplo de esto es considerar que si la presión del agua potable aumenta en 10 unidades de presión en la unidad de bombeo, todo el sistema de conectado aumentara su presión en las mismas 10 unidades. A esta regla se le conoce como el principio de pascal:

“Un cambio en la presión en cualquier parte de un fluido incompresible, se transmite íntegro a todos los puntos del fluido”

El principio de pascal se usa para maquinas como prensas hidráulicas, pistones hidráulicos, gatas hidráulicas y otros, usando la incompresibilidad de los fluidos.

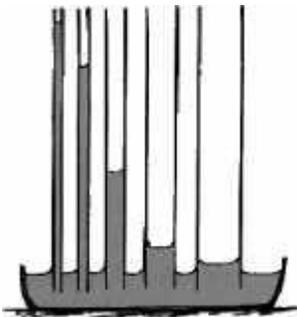
El principio de pascal se aplica a fluidos, como gases o líquidos. El ejemplo típico del principio de pascal lo encontramos en las estaciones de servicio, cuando vemos como levantan automóviles, en este caso se aumenta la presión mediante un compresor que bombea aire dentro de un contenedor. En el contenedor el aceite transmite la presión a un pistón que hace el trabajo de levantar el automóvil.



Efecto de tensión superficial



Gracias a la tensión superficial del agua, pequeños insectos pueden caminar sobre ella



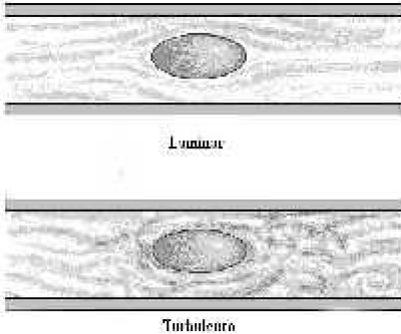
4. Tensión superficial

Imagina que cuelgas un trozo de alambre limpio doblado en un resorte muy sensible, ahora bajas ese alambre al agua y después lo subes, veras que al retirar el alambre del agua el resorte se estira, ya que la superficie del agua ejerce una fuerza apreciable sobre el alambre. La tensión superficial es causada por la atracción molecular, cuando una molécula se encuentra dentro del fluido, es atraída en todas las direcciones, pero cuando es parte de la superficie, no hay moléculas que la estén atrayendo hacia arriba, el efecto de esta anisotropía es la tensión superficial. La superficie se transforma en una película muy delgada y elástica. La tensión superficial del agua es mayor que la de otros líquidos, como el aceite o el jabón.

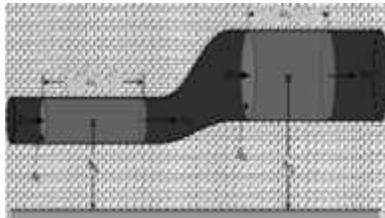
5. Capilaridad.

Cuando se sumerge en agua el extremo de un tubo de vidrio completamente limpio, que tenga un diámetro pequeño, el agua moja el interior del tubo y sube por el. En un tubo de diámetro aproximado de 0,5 milímetros, por ejemplo, el agua sube un poco más de 5 centímetros. Si el diámetro del tubo es menor, el agua sube mucho más. Este fenómeno se conoce como capilaridad.

Hidrodinámica: fluidos en movimiento



En el primer caso no existen vórtices, en el segundo caso hay una aparición de vórtices lo que origina turbulencias



La misma cantidad de agua que entra en un extremo es el agua que saldrá en el otro extremo

1. Flujo y caudal.

Características del flujo

De acuerdo a como se presenta el movimiento de un fluido, este se puede clasificar en flujo laminar o flujo turbulento.

El flujo será laminar si cada partícula del fluido sigue una trayectoria uniforme, llamada línea de corriente. Las líneas de corriente de diferentes partículas nunca se cruzan entre sí. La velocidad del fluido en cualquier punto se mantiene constante en el tiempo y es tangente a la línea de corriente.

Cuando la velocidad del fluido alcanza cierta velocidad crítica el fluido se vuelve turbulento. En este caso, el flujo es irregular y se caracteriza por la existencia de pequeñas regiones similares a torbellinos (llamados vórtices). En la figura siguiente se muestra el flujo laminar y turbulento.

Ecuación de continuidad

Si se tiene un fluido ideal es posible plantear la conservación de la masa del fluido. Teniendo en cuenta que el fluido es incompresible en un tubo que posee diferentes diámetros en sus extremos, se concluye que la masa que fluye por el extremo 1 (m_1) debe ser igual a la masa que fluye por el extremo 2 (m_2) en un intervalo determinado de tiempo t . Por lo tanto:

$$m_1 = m_2$$

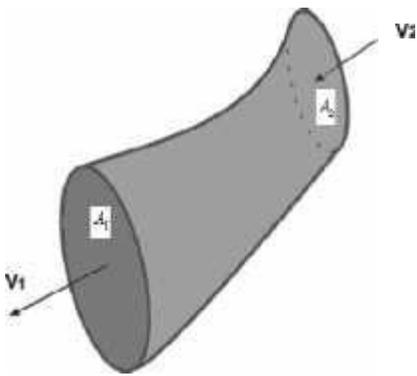
Recordando que $m = \rho V$, entonces:

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$$

Utilizando la ecuación para el volumen de un cilindro, que es igual a:

$V = A x$, y sustituyendo este valor, se obtiene:

$$\rho_1 A_1 x_1 = \rho_2 A_2 x_2$$



Aplicación de la ecuación de continuidad para un flujo.

Para un líquido que fluye a lo largo de la tubería con una velocidad media v , en un intervalo de tiempo t , cada partícula en la corriente experimenta un desplazamiento, $x = v t$.

En este caso, donde el desplazamiento recorrido es x , se tiene:

$$A_1 v_1 t = A_2 v_2 t$$

El intervalo de tiempo y la densidad (para un fluido ideal) son los mismos en ambos lados de la ecuación, por lo tanto, se cancelan, resultando la expresión:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Esta expresión se conoce como ecuación de continuidad.

Caudal

La figura muestra una sección de un tubo por el que se mueve un fluido. El producto $A v$ se conoce como caudal volumétrico.

En este caso, el caudal volumétrico es constante a través de un tubo. Este se puede calcular por la expresión:

$$Q = A v \quad \frac{m^3}{s}$$

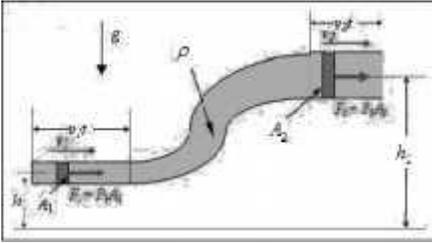
Donde:

A : Área de la sección transversal de la tubería m^2

v : Velocidad del flujo a través de la tubería m^3 / s

Se define como caudal másico, a la masa de fluido que pasa a través de una sección en una unidad de tiempo. Sus unidades de medida en el Sistema Internacional de Unidades (S.I) son [Kg/s]. El caudal másico puede calcularse a partir de:

$$Q_m = Q v A \quad \frac{Kg}{s}$$



Diagramación del principio de Bernoulli

2. Principio de Bernoulli.

Si dos cañerías de distinta sección se encuentran a alturas distintas, la descripción del movimiento de un fluido a través de ellas es más compleja, pues influye la presión hidrostática, y su análisis debe considerar la ley de conservación de la energía mecánica. La expresión matemática que describe esta situación es conocida como ecuación de Bernoulli.

Ella puede deducirse a partir del análisis de la figura.

La parte inferior del tubo posee una sección A_1 y se encuentra a una altura h_1 de cierto nivel. La parte más elevada del tubo está a una altura h_2 y tiene una sección A_2 . El fluido está retenido por pistones en ambos extremos y se puede iniciar su movimiento aplicando una fuerza F_1 en el pistón inferior, forzando un desplazamiento del

pistón superior, donde la fuerza será F_2 . Como consecuencia de lo anterior se generan presiones P_1 y P_2 en los extremos de la tubería.

La ecuación de Bernoulli relaciona todas estas variables mediante la siguiente relación:

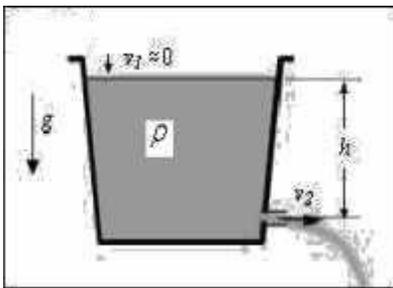
La ecuación de Bernoulli relaciona todas estas variables mediante la siguiente relación:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

O bien, podemos decir que:

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

Esta es la ecuación de Bernoulli. Si consideramos que el líquido posee la misma densidad en todas partes, que la aceleración de gravedad g y que la diferencia de altura h se conservan en todo momento; entonces, si cambia P (presión), debe también cambiar v (velocidad), de tal manera que si una aumenta la otra disminuye.



La velocidad con la que saldrá el flujo por un orificio, depende de la presión en ese lugar, que a su vez depende de la profundidad a la que se encuentre el orificio.

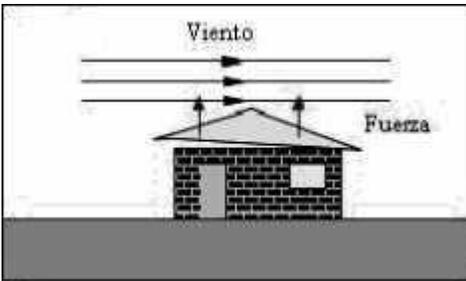
Aplicación de la ley de Bernoulli

Apliquemos la ley de Bernoulli cuando no hay cambios en la presión. Supongamos un estanque muy grande, lleno de algún líquido, por ejemplo agua, que sale por un agujero situado en su parte inferior, como se indica en la figura. La velocidad con la que sale el líquido por la parte inferior se puede determinar a partir de la ecuación de Bernoulli, de la siguiente forma. Si el estanque es muy grande, la rapidez con que desciende el nivel superior del líquido puede considerarse nula; es decir, $v_1 = 0$. Si h_1 es la distancia entre la superficie del líquido y el agujero, donde $h_2 = 0$, y consideramos otra aproximación razonable: que la presión en la parte superior del líquido es la misma que a la salida del agujero, es decir, la presión atmosférica, $P_1 = P_2$, entonces al reemplazar todos estos valores en la ecuación de Bernoulli, encontramos que:

$$g h = \frac{1}{2} v^2$$

De donde despejando v_2 , que es lo que queremos conocer, obtenemos:

$$v_2 = \sqrt{2 g h}$$

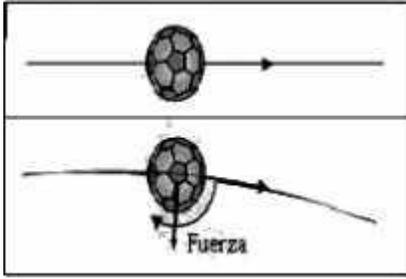


La voladura de techumbres en un huracán se produce debido a la sustentación que se produce al circular aire sobre el techo, tal como sucede en el ala de un avión.

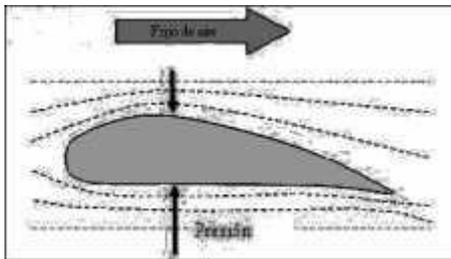
De acuerdo con este resultado, la rapidez con que sale el líquido no depende de la densidad del líquido del que se trate, ni de la forma del recipiente, ni del volumen de líquido; depende solo del desnivel h , y sale con la misma rapidez que adquiere un objeto que cae libremente desde la altura h .

3. Aplicaciones del principio de Bernoulli.

La ecuación de Bernoulli tiene variadas aplicaciones de la vida diaria. Por ejemplo, al soplar encima de un papel, el aire en movimiento aplica en esa cara una presión menor a la que el aire en reposo aplica sobre la otra cara, por lo que la fuerza resultante sobre la hoja de papel estará dirigida hacia arriba, haciendo que el papel se eleve. Lo mismo ocurre con los globos: la presión del aire en la superficie de los globos donde está en movimiento es menor que en las restantes, produciendo sobre ellos la fuerza que los junta. Por otra parte, si soplamos el extremo superior de un tubo sumergido en un líquido, la presión en este también será menor que la presión atmosférica normal y el líquido dentro de él ascenderá.



Al girar la pelota produce una sustentación positiva del aire bajo ella



Los aviones se sustentan gracias al principio de Bernoulli, el aire pasa más rápido por arriba del ala que por debajo lo que produce una sustentación positiva.

Además, si soplamos alrededor de una pelota, las zonas de esta por donde el aire circula más rápidamente ejercerán sobre ella una presión inferior que en las otras.

. Por ejemplo, en el caso de una pelota que se aproxima a un chorro de agua, la zona en que el agua se mueve recibirá una presión menor que del otro lado y en consecuencia la fuerza total sobre ella estará dirigida hacia el chorro de agua. Lo que ocurre cuando hay un fuerte viento es que, contrariamente a lo que podría pensarse, la presión atmosférica es menor que la normal. Esta es la explicación de por qué tornados y huracanes quiebran los vidrios de los ventanales hacia fuera, abren las puertas también hacia fuera y levantan las techumbres, tal como se ilustra en la figura.

En juegos de pelota, como el tenis o el fútbol, hay un efecto considerado comúnmente curioso que encuentra aquí su explicación: nos referimos al “chanfle”. Este efecto se consigue haciendo girar la pelota sobre sí misma mientras se desplaza. La diferente rapidez de ciertas partes de la pelota respecto del aire circundante produce presiones diferentes, lo cual tiene como consecuencia la acción de una fuerza que implica una desviación en la trayectoria rectilínea que tendría si no girase. La figura ilustra el efecto.

El caso más espectacular es el del ala de un avión. La figura ilustra la particular forma del corte de un ala típica. La gracia de su diseño consiste en obligar al aire a circular con mayor rapidez por la parte superior que por la inferior, lo que se consigue haciendo que, en el mismo tiempo, el aire deba recorrer una distancia mayor. Al ser la rapidez del aire mayor por arriba que por debajo del ala, la presión que actúa arriba es inferior a la que actúa abajo y, en consecuencia, aparece una fuerza total sobre el ala dirigida hacia arriba. Cuando esta fuerza total sobre las alas, debida a esta diferencia de presión, es mayor que el peso del avión, este se empieza a elevar.

Si bien en primera instancia el principio de Bernoulli explica bastante bien el comportamiento de un ala de avión, el vuelo de estas máquinas es un fenómeno bastante más complejo debido a que en el aire se producen torbellinos que este principio no considera.

Compara la rapidez con que caen en el aire diferentes objetos; por ejemplo, dos hojas de papel iguales, pero estando una estirada y la otra arrugada conformando una pelota. O, como lo hiciera Galileo, la caída de una pluma con la de un martillo. Compara también la rapidez de caída de una moneda en el aire y en el agua. Es importante poder explicar las diferencias que se observan en estos experimentos.



La velocidad aumenta hasta un valor límite donde se mantiene hasta caer

Roce y velocidad límite

Si no existiera el aire o el agua, es decir, en el vacío, papeles arrugados o estirados, plumas, martillos y monedas, dejados caer simultáneamente desde alturas iguales, tendrían en todo momento la misma rapidez y experimentarían todos la misma aceleración constante, del orden de $9,8 \text{ m/s}^2$ aquí, en la superficie terrestre. Evidentemente, es el fluido el que aplica sobre ellos una fuerza que los frena, es el roce que se origina en la superficie del cuerpo que se mueve y el medio en que lo hace. Esta fuerza se opone al movimiento y depende principalmente de la rapidez, de la forma del cuerpo que se mueve y del fluido. Se trata de una fuerza aproximadamente proporcional a la rapidez. Por lo tanto, cualquier cuerpo que se deje caer desde el reposo, inicialmente aumentará su rapidez y también la magnitud de esta fuerza. Si el tiempo de caída es suficientemente largo, esta fuerza se hará igual al peso, y la fuerza neta será cero desde ese momento en adelante, por lo tanto, continuará moviéndose con velocidad constante. Esta velocidad se denomina *velocidad límite o terminal*. El gráfico de la figura ilustra la situación descrita. En éste se puede ver cómo la rapidez de un cuerpo que se mueve en un fluido depende del tiempo de caída.

Una buena descripción matemática de esta situación, considerando la segunda ley de Newton, consiste en escribir:

$$F - m g = m a$$

Donde F es el peso del cuerpo de masa m , a su aceleración y y una constante. La aceleración a se reduce desde un valor máximo (la aceleración de gravedad g) hasta hacerse cero. Su valor corresponde a la pendiente de la curva del gráfico de la figura para cada instante de tiempo. La constante y , que debe ser positiva para que la expresión tenga sentido, depende tanto de la forma, posición y material del cuerpo que cae, como del medio en que cae. La velocidad límite es $v = F / y$, pues corresponde a la que adquiere el cuerpo cuando su aceleración es nula.

Hay algunas circunstancias en que este efecto es de gran importancia. Por ejemplo, cuando llueve, gracias al roce con el aire, las gotas de agua alcanzan rápidamente la velocidad límite, la cual afortunadamente es bastante pequeña. Si no fuera así, se convertirían en peligrosos proyectiles que atentarían contra nuestras vidas. Esto es también importante para los paracaidistas, quienes, antes de abrir el paracaídas, alcanzan velocidades límites del orden de los 100 [km/h], pudiendo disfrutar de la caída durante varios minutos, aunque pueden variar su rapidez cambiando la posición de su cuerpo.

Hemodinámica: sistema cardiovascular

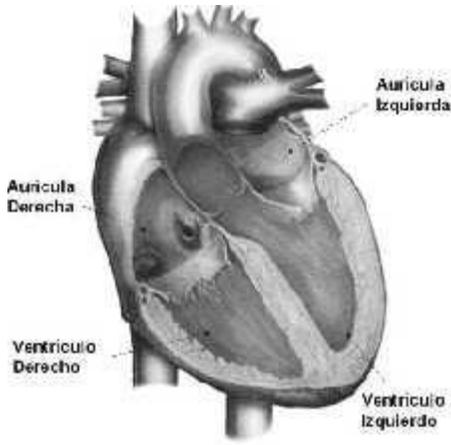
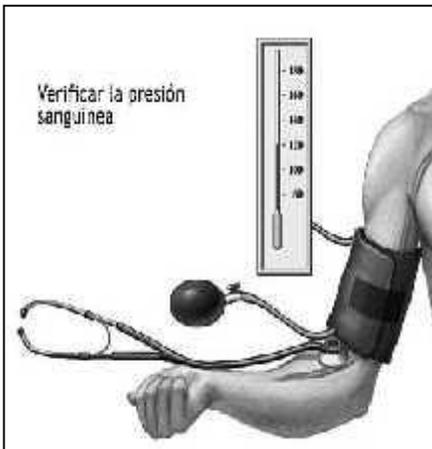


Diagrama del corazón



Medición de la presión sanguínea

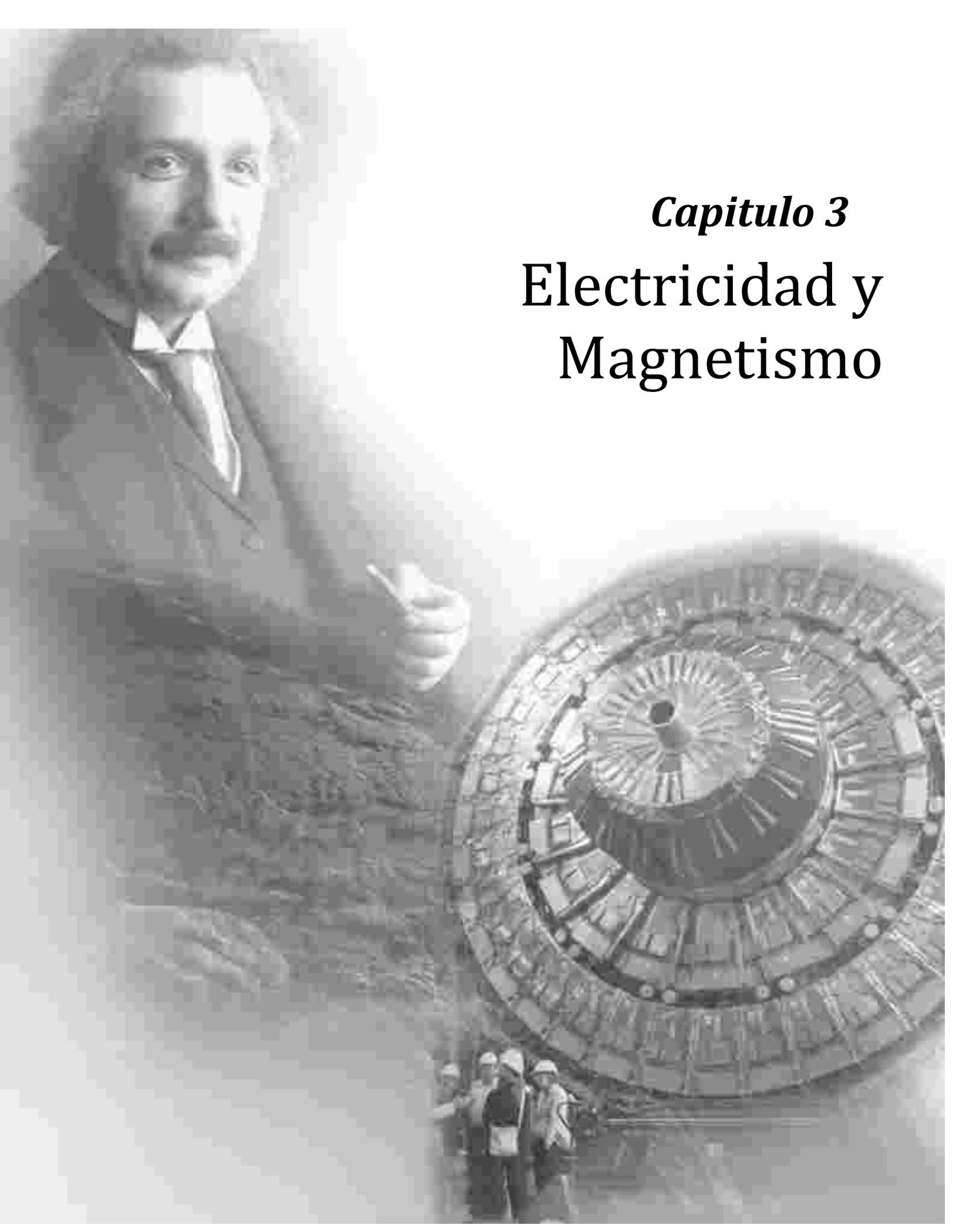
1. La presión sanguínea.

Las características y función del sistema circulatorio sanguíneo es un relevante tema de estudio de la Biología, ya que dichas funciones son esenciales para la vida y la salud. Aquí estudiaremos los aspectos del sistema circulatorio que tienen que ver con la Física.

Lo primero que se debe considerar es que nuestro corazón (ver figura) es una compleja bomba que impulsa mecánicamente la sangre por arterias, venas y capilares. Este bombeo es variable en intensidad y a ello se debe nuestro "pulso"; pero a medida que la sangre circula, la corriente sanguínea se va haciendo más uniforme y es prácticamente continua cuando regresa al corazón. Por otra parte, este flujo, cumpliendo la ley de Bernoulli, se mueve más rápido mientras menor es el diámetro de las venas. La excepción son los capilares. La presión sanguínea también depende de la altura respecto de nuestro corazón. Por esta razón se ha convenido en medirla siempre en el mismo lugar, en el brazo y en la posición que se indica en la figura siguiente; es decir, a la misma altura del corazón. En este bombeo se denomina sistólica a la presión máxima y diastólica a la mínima. Al decir "120/80", el 120 corresponde a la sistólica y 80 a la diastólica. Su unidad, rara vez mencionada por los médicos, es el [torr] o [mmHg] (milímetro de mercurio). Suelen decir también 12/8, correspondiendo a [cmHg] (centímetro de mercurio)

La presión sanguínea se mide con un instrumento llamado esfigmomanómetro, que consiste en una manga que se le enrolla a la persona en el brazo y que se infla con una pequeña bomba manual y un manómetro de mercurio que mide la presión de aire dentro de la manga. El estetoscopio permite al médico oír el momento en que deja de circular sangre por el brazo.

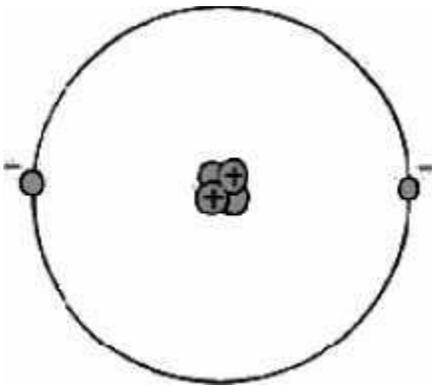
El procedimiento es el siguiente: se infla la manga hasta que deja de circular sangre por la arteria braquial, y la presión medida en esa circunstancia corresponde a la sistólica o alta. Al abrir la válvula de la manga y dejar salir el aire de ella, se restablece el flujo sanguíneo y la presión medida en ese momento es la diastólica o mínima.



Capítulo 3
**Electricidad y
Magnetismo**

Unidad: Electricidad y Magnetismo

Fuerza eléctrica y magnetismo



Protones positivos,
electrones negativos

Y neutrones neutros.

Electricidad es el nombre que se le da a una amplia variedad de fenómenos que en una u otra forma, se producen casi en todas las cosas que nos rodean. Desde el rayo en el cielo, hasta el encendido de una bombilla, y desde lo que mantiene unidos a los átomos de las moléculas, hasta los impulsos que se propagan por tus nervios, la electricidad está en todas partes.

1. Carga eléctrica.

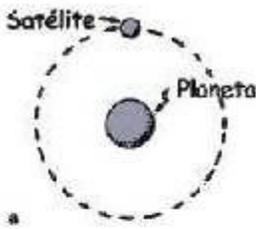
Las partículas positivas y negativas de la materia son portadoras de carga eléctrica. La carga es la cantidad fundamental que se encuentra en todos los fenómenos eléctricos. Las partículas con carga positiva de la materia ordinaria son protones, y las de carga negativa son electrones. La fuerza de atracción entre esas partículas hace que se agrupen en unidades increíblemente pequeñas llamadas átomos. Cuando dos átomos se acercan entre sí, el equilibrio de las fuerzas de atracción y repulsión no es perfecto. En el volumen de cada átomo vagan los electrones y forman zonas de carga expuesta. Entonces los átomos pueden atraerse entre sí y formar una molécula. De hecho todas las fuerzas de enlazamiento químico que mantienen unidos a los átomos en las moléculas son de naturaleza eléctrica. Algunos hechos importantes sobre los átomos son:

Cada átomo está compuesto por un núcleo cargado positivamente rodeado por electrones.

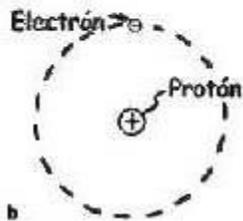
Los electrones de todos los átomos son idénticos. Cada uno de ellos tiene la misma cantidad de carga negativa y la misma masa.

Los protones y neutrones componen el núcleo. Los protones son cerca de 1800 veces más masivos que los electrones, pero tienen la misma carga eléctrica que los electrones. Los neutrones son levemente más masivos que los protones, y carecen de carga eléctrica.

Los átomos usualmente tienen la misma cantidad de protones que neutrones, tal que el átomo tiene carga eléctrica neta igual a cero.

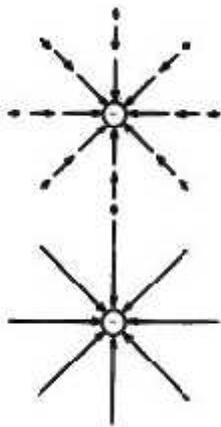


a



b

- A. Sistema planetario
- B. Sistema eléctrico



Esquema del campo eléctrico de una carga negativa.

conservación de carga

En todo átomo neutro la cantidad de electrones y protones es equivalente, por lo que poseen carga eléctrica cero. En un átomo donde se le extrae una, se denomina ion, y dependiendo del signo de la carga neta se denomina, ion positivo si la carga neta es positiva y ion negativo si la carga eléctrica neta es negativa.

2. Fuerza eléctrica.

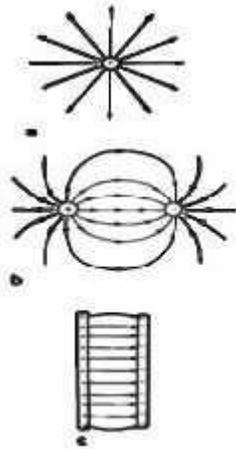
La fuerza eléctrica, así como la fuerza gravitacional, decrece con el cuadrado de la distancia entre los cuerpos. La relación fue descubierta por C. Coulomb y es llamada la ley de Coulomb. Además la ley establece que la fuerza es directamente proporcional al producto de las cargas entre los objetos. La ley de Coulomb puede ser expresada como:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

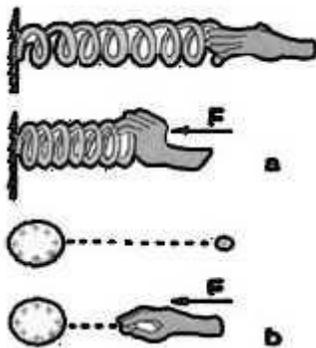
Donde r es la distancia entre las partículas, q_1 representa la cantidad de carga de una partícula y q_2 representa la cantidad de carga de la otra partícula, y es una constante de proporcionalidad.

$$k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

La unidad de carga es el Coulomb, se abrevia C.



- A. Campo eléctrico de una carga puntual
- B. Campo eléctrico entre dos cargas
- C. Campo eléctrico en un condensador de placas paralelas



- a) Energía potencial elástica;
- b) Energía potencial eléctrica.

3. Campo eléctrico.

Las fuerzas eléctricas, como las gravitacionales, actúan entre cosas que no se tocan. En la electricidad y en la gravitación existe un campo de fuerzas que influye sobre los cuerpos cargados y masivos, respectivamente. Así como el espacio que rodea a un planeta y a todos los demás cuerpos masivos está lleno con un campo gravitacional, el espacio que rodea a un cuerpo con carga eléctrica está lleno por un **campo eléctrico**, una especie de aura que se extiende por el espacio.

Un campo eléctrico tiene tanto magnitud (intensidad) como dirección. La magnitud del campo en cualquiera de sus puntos no es más que la fuerza por unidad de carga que un cuerpo con carga eléctrica en ese punto es,

$$E = \frac{F}{q}$$

4. Energía potencial eléctrica.

Cuando se estudia gravitación se aprende que un cuerpo que está dentro de un campo gravitacional tiene energía potencia gravitatoria.

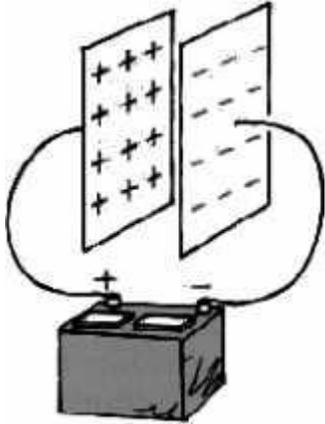
Algo similar ocurre en el caso del campo eléctrico.

Podemos definir la energía potencial eléctrica como:

$$\text{potencial eléctrico} = \frac{\text{Energía potencial eléctrica}}{\text{carga}}$$

La unidad de medida para el potencial eléctrico es el volt, de forma que el potencial eléctrico es llamado voltaje. Un potencial 1 Volt (V) es igual a 1 Joule (J) de energía por 1 Coulomb (C) de carga.

$$1 \text{ volt} = 1 \frac{\text{joule}}{\text{coulomb}}$$



Condensador de placas paralelas conectado a una fuente, cada una de las placas del condensador se carga de acuerdo a extremo que le corresponde de la batería.

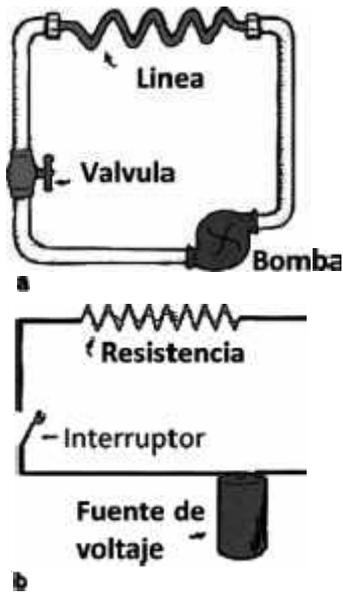
5. Condensadores.

La energía eléctrica puede ser guardada en un dispositivo llamado capacitor o condensador. Este dispositivo se encuentra comúnmente en los circuitos electrónicos. Un condensador es usado como un depósito de energía eléctrica. Condensadores guardan comúnmente la energía del flash fotográfico. La rapidez de la liberación de esta energía es una evidencia de la corta duración del flash.

Un condensador simple es un par de placas conductoras separadas por una pequeña distancia, pero que no se tocan entre ellas, cuando las placas son conectadas a una fuente eléctrica, como una batería, los electrones son transferidos desde una placa a la otra. Esto ocurre en el terminal positivo de la batería, quien captura los electrones de la placa que está conectada a él. Estos electrones son bombeados a través de la batería hacia el terminal opuesto. Un condensador se descarga cuando se provee un camino conductor entre las placas. La descarga de un condensador que este asociado a altos voltajes puede ser una experiencia difícil, debido a la alta cantidad de energía involucrada, es por este motivo que en los lugares donde se usan este tipo de dispositivos, por ejemplo en la fuente de poder de los televisores, existen tantas advertencias.

6. Movimientos de cargas en un campo eléctrico.

Cuando se estudian fenómenos térmicos, de transferencia de calor, se considera que el calor, como una manifestación de energía, fluye entre sistemas a distintas temperaturas, y lo hace desde el sistema con mayor temperatura al de menor temperatura. El flujo termina cuando ambos sistemas se encuentran a la misma temperatura. Algo similar ocurre en el caso de un conductor eléctrico cuando los extremos están a diferente potencial eléctrico, cuando hay una diferencia de potencial, la carga fluye desde un extremo al otro. Cuando la diferencia de carga persiste por un tiempo largo se habla de diferencia de potencial. Sin diferencia de potencial, las cargas no hay flujo de cargas a través del conductor.



- a) Circuito hidráulico
b) Circuito eléctrico

Corriente eléctrica

Tal como una corriente de agua es el flujo de moléculas de agua, la corriente eléctrica es simplemente el flujo de carga eléctrica. La tasa de flujo eléctrico se mide en amperes. Un amperio es la tasa de flujo igual a una carga de 1 coulomb por segundo.

Fuentes de Voltaje

Las cargas fluyen solo cuando son "empujadas" o "impulsadas". Una corriente constante requiere de un dispositivo que proporcione una diferencia de potencial o un voltaje. Una bomba eléctrica es un tipo de fuente de voltaje. Si nosotros cargamos una esfera de metal positivamente y otra esfera de forma negativa, podemos crear un alto voltaje entre las esferas. Esta fuente de voltaje no es tan eficiente ya que cuando las esferas son conectadas por un conductor, se genera una breve pero intenso movimiento de cargas. Los generadores eléctricos, son fuentes de energía capaces de mantener el flujo eléctrico estable. En el caso de baterías químicas, la fuente se produce luego de la desintegración de zinc, plomo y otros materiales, en ácidos, la energía guardada en los enlaces químicos se convierte a energía potencial eléctrica.

Resistencia eléctrica

Nosotros sabemos que una pila o un generador representa que el motor y fuente de voltaje en un circuito eléctrico. La cantidad de corriente no depende solamente del voltaje sino también de la resistencia que el conductor ofrece al flujo de carga. La resistencia de un alambre depende del ancho y del largo del cable y además de su conductividad particular. Cables anchos tienen menos resistencia que cables más finos. Cables largos tienen por su parte más resistencia que cables cortos, un cable de cobre tiene a su vez menos resistencia que un cable de acero de las mismas dimensiones. La resistencia eléctrica también depende de la temperatura. La unidad de medición de la resistencia eléctrica es Ω . La letra griega Ω , es comúnmente usada para designar la resistencia.



Georg Simon Ohm (1789-1854)

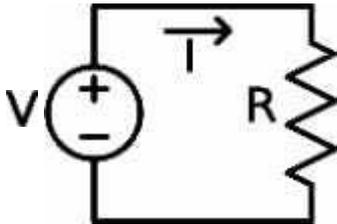


Diagrama de un circuito simple que grafica la ley de Ohm.

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

Ley de Ohm

La relación entre el voltaje, corriente y resistencia esta resumida en una relación llamada **Ley de Ohm**.

Ohm descubrió que la corriente de un circuito es directamente proporcional al voltaje esta **causa** a lo largo del circuito y es inversamente proporcional a la resistencia del circuito, en resumen,

$$\text{Corriente} = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}}$$

O en forma de unidades,

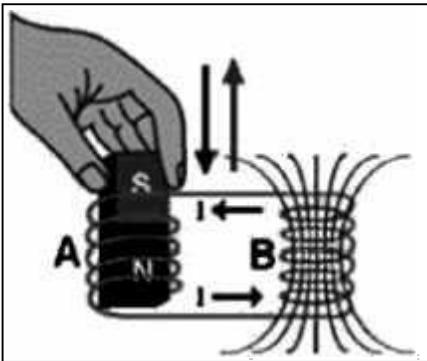
$$\text{Amperes} = \frac{\text{volts}}{\text{ohms}}$$

En forma de ecuación:

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

A la ley de Ohm comúnmente se le llama ecuación de estado, ya que define un tipo de sistemas que se comportan de esta forma.

Electromagnetismo y circuitos eléctricos



Al mover el imán por sobre la espira genera un movimiento de cargas lo que lleva a la aparición de un campo magnético,

Este principio es el que se quiere desarrollar para la creación de energía inalámbrica, con el fin de ahorrar la mayoría de la conexión eléctrica vía cables de cobre.

1. Inducción electromagnética.

Faraday y Henry descubrieron que se podía generar corriente eléctrica en un alambre con el simple movimiento de introducir y sacar un imán de una bobina (ver figura). No se requería batería ni fuente de voltaje alguna: bastaba el movimiento del imán en la bobina o en una sola espira de alambre. Descubrieron que el movimiento relativo de un alambre y un campo magnético inducían un voltaje.

La producción de voltaje solo depende del movimiento relativo del conductor y el campo magnético. El voltaje se induce ya sea que el campo magnético o imán se mueva respecto a un conductor en reposo o que el conductor se mueva respecto a un campo magnético en reposo. El resultado es el mismo ya sea que se mueva el conductor, el imán o ambos.

La magnitud del voltaje inducido depende del ritmo al que el alambre corte las líneas de campo magnético. Si el movimiento es muy lento apenas se produce voltaje. Si el movimiento es rápido el voltaje inducido es mayor.

Cuanto mayor sea el número de espiras que se desplazan en un campo magnético, mayores serán el voltaje inducido y la corriente que fluye por el alambre. Si se duplica el número de espiras de la bobina en la que introducimos el imán, también se duplica el voltaje inducido; si el número de espiras se multiplica por diez, el voltaje inducido es diez veces mayor; y así sucesivamente.

Puede parecer que con solo aumentar el número de espiras de una bobina podemos obtener energía a cambio de nada, pero no es así. Si la bobina tiene un número mayor de espiras es más difícil introducir el imán. Esto sucede porque cada espira adicional representa un electroimán adicional que se opone al movimiento del imán. Hay una fuerza de repulsión entre el imán y el electroimán inducido. Para que el voltaje inducido sea mayor es preciso realizar más trabajo.

En conclusión podemos decir que todo cambio en el campo magnético que rodea a un conductor genera un voltaje inducido.

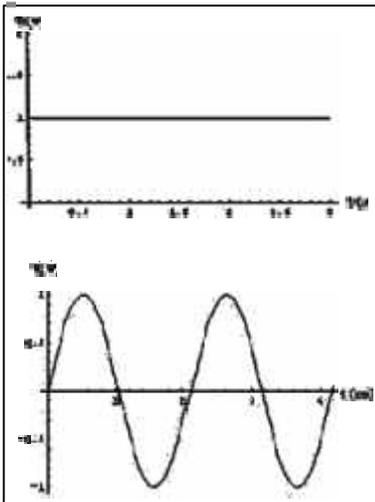
Formulación matemática de la ley de inducción de Faraday.

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde

Φ : representa el flujo magnético

\mathcal{E} : es la fem inducida (voltaje)



Diagramas de corrientes:

- A. Corriente continua
B. Corriente alterna

El que la CA sea tan socorrida se debe al hecho que la energía eléctrica en forma de CA puede transmitirse a grandes distancias con sencillos dispositivos de voltaje que tienen como consecuencia una menor pérdida por calor en los cables.

El objetivo principal de la corriente eléctrica, ya sea CD o CA, es transferir energía en forma silenciosa, flexible y conveniente de un sitio a otro.

El fenómeno que consiste en inducir voltaje alterando el campo magnético que rodea a un conductor se conoce como inducción electromagnética.

Ley de Faraday

El fenómeno de la inducción electromagnética se puede resumir en un enunciado conocido como ley de Faraday: el voltaje inducido en una bobina es proporcional al producto del número de espiras y la razón de cambio del campo magnético dentro de dichas espiras.

Hay que hacer la distinción entre voltaje y corriente eléctrica. La magnitud de la corriente que se genera por inducción electromagnética no depende solamente del voltaje inducido, sino también de la resistencia de la bobina y la resistencia del circuito al que está conectada. Por ejemplo, podemos meter y sacar un imán de una espira cerrada de caucho y de una espira cerrada de cobre. El voltaje inducido es el mismo en ambos casos, siempre y cuando ambas espiras corten el mismo número de líneas de campo magnético. Pero las corrientes de estas espiras son muy diferentes: en el cobre es muy intensa y en el caucho es casi nula.

2. Corriente continua y alterna.

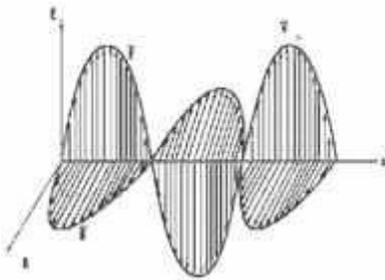
La corriente eléctrica puede ser directa (CD) o alterna (CA). La corriente directa implica un flujo de carga que va siempre en la misma dirección. Una batería produce corriente directa en un circuito porque sus terminales siempre tienen el mismo signo de carga. Los electrones siempre se mueven por el circuito con la misma dirección: de la terminal negativa que los repele a la terminal positiva que los atrae.

La corriente alterna funciona como su nombre lo indica. Los electrones del circuito se mueven primero en una dirección y luego en dirección contraria, haciendo vaivenes alternados en torno a una posición relativamente fija. Esto se logra alternando la polaridad del voltaje generador u otra fuente. Casi todos los circuitos de ca que se encuentran en el comercio en Chile funcionan con voltaje y corrientes que van y vienen con una frecuencia de 50 ciclos por segundo, o sea, con una corriente de 50 [Hz] de frecuencia. En otros países, como Estados Unidos, se usa una frecuencia de 60 [Hz].

Ondas electromagnéticas



James Clarck Maxwell (1831 - 1879)



Esquema del campo eléctrico y magnético presente en una onda electromagnética, se dice que ambos campos se auto sustentan, ya que de alguna forma el campo magnético esta soportado por el eléctrico y viceversa. Esto representa una explicación del porque las ondas electromagnéticas no necesitan un medio de sustentación para propagarse.

1. *Electromagnetismo.*

Si bien algunos efectos magnéticos han sido conocidos desde la antigüedad, como por ejemplo el poder de atracción que sobre el hierro ejerce la magnetita, no fue sino hasta el siglo XIX cuando la relación entre electricidad y el magnetismo quedo patente, pasando ambos campos de ser diferenciados a formar el cuerpo de lo que se conoce como electromagnetismo.

Con el posterior desarrollo de las ecuaciones de Maxwell, relación de ecuaciones en las que quedan expresadas todas las leyes del electromagnetismo, quedo cerrado el estudio clásico de este campo. Tan importantes y logrados fueron estas ecuaciones que Albert Einstein, eligiendo entre la veracidad de las ecuaciones de Maxwell o la Mecánica Newtoniana, que no son compatibles entre si, logro desbancar la teoría Newtoniana imponiendo la llamada Teoría de la Relatividad.

2. *Emisión y propagación de ondas electromagnéticas.*

Sabemos que las ondas electromagnéticas, a diferencia de las mecánicas, no necesariamente necesitan de un medio material para propagarse. Las ondas electromagnéticas se originan cuando un campo eléctrico variable produce un campo magnético, o bien cuando un campo magnético variable genera un campo eléctrico.

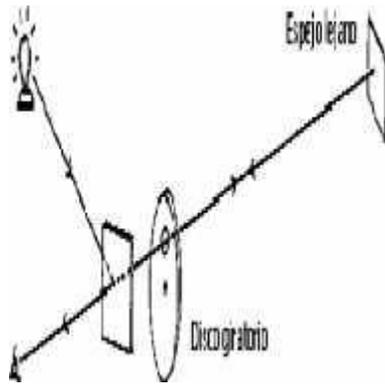
Las ondas electromagnéticas consisten en campo eléctricos y magnéticos oscilando en ángulo recto (perpendiculares) entre si y también son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda; esto significa que las ondas electromagnéticas son, por naturaleza, transversales. En la figura siguiente se muestra una onda electromagnética.

Las ondas electromagnéticas cubren una amplitud espectro de frecuencias. Las ondas electromagnéticas se mueven a igual velocidad, a la velocidad de la luz. Cuando el espacio recorrido es una longitud de onda, el tiempo se llama periodo y el reciproco es lo que se denomina frecuencia, como ya sabemos.

La longitud de onda de una onda electromagnética es proporcional a la energía que transporta un fotón. Recordemos que un fotón es una unidad de energía electromagnética asociada con una longitud de onda específica.



Max Karl Ernest Ludwig Planck
(1858-1947)



Experimento con el que estimo la velocidad de la luz, consistía en hacer pasar un haz de luz sobre un disco giratorio el que luego de rebotar sobre distintos espejos, se media el patrón de difracción.

La energía que transporta un fotón depende de la frecuencia, de acuerdo con la ecuación $E = hf$, donde f es la frecuencia y h la constante de Planck. El producto de la frecuencia de la onda por su longitud de onda nos da la velocidad de propagación que es la velocidad de la luz. Es decir, $c = \lambda f$. Mientras mayor sea la frecuencia tanto mayor será la energía que posea el fotón.

3. Características de las ondas electromagnéticas.

Algunas propiedades de las ondas electromagnéticas son las siguientes:

Los campos producidos por las cargas en movimiento pueden abandonar las fuentes y viajar a través del espacio (en el vacío) creándose y recreándose mutuamente. Lo explica la tercera y cuarta ley de Maxwell.

Las ondas electromagnéticas son todas semejantes (independientemente de cómo se formen) y sólo se diferencian en su longitud de onda y frecuencia. La luz es una onda electromagnética

Las ondas electromagnéticas transmiten energía incluso en el vacío. Lo que vibra a su paso son los campos eléctricos y magnéticos que crean a propagarse. La vibración puede ser captada y esa energía absorberse.

Las ondas electromagnéticas son ondas transversales, por lo tanto, se pueden polarizar.

El campo eléctrico y magnético son perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación.

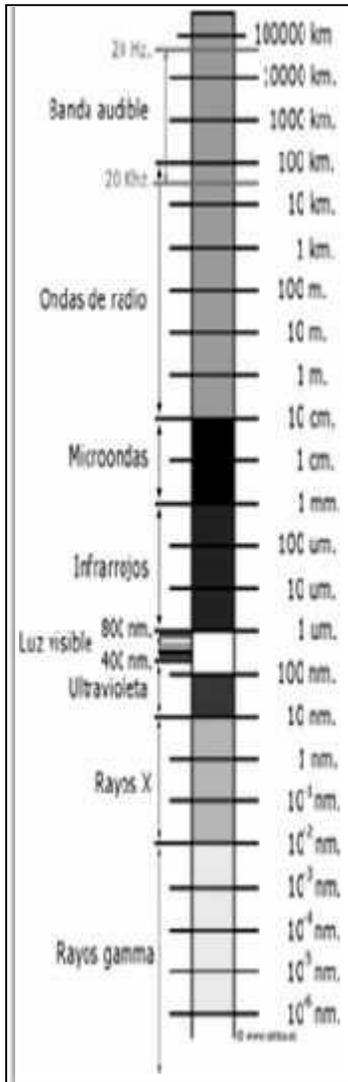
Viajan a la velocidad de la luz: $c = 300000 \text{ [/ s]}$

La razón entre el campo eléctrico y el magnético es igual a la velocidad de la luz: $c = E / B$

La frecuencia, longitud de onda y la velocidad de la luz están relacionadas de la siguiente forma: $c = \lambda f$

4. Espectro electromagnético

Las ondas electromagnéticas se agrupan bajo distintas denominaciones según su frecuencia, aunque no existe un límite muy preciso para cada grupo. Además, una misma fuente de ondas electromagnéticas puede generar al mismo tiempo ondas de varios tipos. En la figura siguiente se muestra el espectro electromagnético.



Esquema de la radiación según su longitud de onda.

Hay que considerar que la radiación visible se encuentra en una banda entre los 400 nm y los 800 nm

Ondas de radio: son las utilizadas en telecomunicaciones e incluyen las ondas de radio y televisión. Su frecuencia oscila desde unos pocos hercios hasta mil millones de Hz. Se originan en la oscilación de la carga eléctrica en las antenas emisoras.

Microondas: Se utilizan en las comunicaciones del radar o la banda UHF (Ultra High Frequency) y en los hornos de las cocinas. Su frecuencia va desde los mil millones de Hz hasta casi el billón. Se producen en oscilaciones dentro de un aparato llamado magnetrón. El magnetrón es una cavidad resonante formada por dos imanes de disco en los extremos, donde los electrones emitidos por un cátodo son acelerados originando los campos electromagnéticos oscilantes de la frecuencia de microondas.

Infrarrojos: Son emitidos por los cuerpos calientes. Los tránsitos energéticos implicados en rotaciones y vibraciones de las moléculas caen dentro de este rango de frecuencias. Los visores nocturnos detectan la radiación emitida por los cuerpos a una temperatura de 37 °. Sus frecuencias van desde 10^{11} Hz a $4 \cdot 10^{14}$ Hz. Nuestra piel también detecta el calor y por lo tanto las radiaciones infrarrojas.

Luz visible: Incluye una franja estrecha de frecuencias, los humanos tenemos unos sensores para detectarla (los ojos, retina, conos y bastones). Se originan en la aceleración de los electrones en los tránsitos energéticos entre órbitas permitidas. Entre $4 \cdot 10^{14}$ Hz y $8 \cdot 10^{14}$ Hz.

Ultravioleta: Comprende de $8 \cdot 10^{14}$ Hz a $1 \cdot 10^{17}$ Hz. Son producidas por saltos de electrones en átomos y moléculas excitados. Tiene el rango de energía que interviene en las reacciones químicas. El sol es una fuente poderosa de UV (rayos ultravioleta) los cuales al interactuar con la atmósfera exterior la ionizan creando la ionosfera. Los ultravioleta pueden destruir la vida y se emplean para esterilizar.



ALMA es la sigla en inglés del Gran Conjunto de Radiotelescopios de Atacama, un observatorio de 50 antenas que estudiará el universo desde el Llano de Chajnantor, una planicie ubicada a 5 mil metros de altura en el Desierto de Atacama, en la II Región de Chile.

Nuestra piel detecta la radiación ultravioleta y nuestro organismo comienza a fabricar melanina para protegernos de la radiación. La capa de ozono nos protege de los UV.

Rayos X: Son producidos por electrones que saltan de órbitas internas en átomos pesados. Sus frecuencias van de $1 \cdot 10^{17}$ Hz a $1,1 \cdot 10^{19}$ Hz. Son peligrosos para la vida: una exposición prolongada produce cáncer.

Rayos gamma: comprenden frecuencias mayores de $1 \cdot 10^{19}$ Hz. Se origina en los procesos de estabilización en el núcleo del átomo después de emisiones radiactivas. Su radiación es muy peligrosa para los seres vivos.

5. *Modelo de transmisión de las ondas electromagnéticas.*

La función de los sistemas de transmisión es transferir información de un punto a otro. Ello conlleva las etapas siguientes.

La modulación, que es el proceso de imprimir información dentro de una onda portadora de alta frecuencia, para su transmisión. La señal que tiene la información es de baja frecuencia y se denomina señal inteligente.

La demodulación se produce cuando la información es recibida y es removida de la señal de alta frecuencia. Los sistema de comunicación se categorizar por la frecuencia de la señal portadora.



Capítulo 4

Física moderna y Estructura atómica



Unidad: Física Moderna y Estructura Atómica

Física moderna



Conferencia de Solvay 1927, reunió a grandes científicos que sentarían las bases de la mecánica cuántica.

En la foto:

A. Piccard, E. Henriot, P. Ehrenfest, Ed. Herzen, Th. De Donder, E. Schrödinger, J.E. Verschaffelt, W. Pauli, W. Heisenberg, R.H. Fowler, L. Brillouin;
P. Debye, M. Knudsen, W.L. Bragg, H.A. Kramers, P.A.M. Dirac, A.H. Compton, L. de Broglie, M. Born, N. Bohr;
I. Langmuir, M. Planck, M. Curie, H.A. Lorentz, A. Einstein, P. Langevin, Ch. E. Guye, C.T.R. Wilson, O.W. Richardson

Durante el transcurso de esta conferencia se produjo un dialogo que paso a la historia.

Einstein dijo sobre el principio de incertidumbre de Heisenberg "Dios no juega a los dados", a lo que Bohr contesto "Einstein, deja de decirle a Dios que hacer".

1. La mecánica cuántica.

Tanto el lenguaje como la teoría necesarios, que hoy conocemos como mecánica cuántica, iniciaron su evolución en los institutos de física europeos. Empezó a desarrollarse su formulación en los finales del siglo XIX y su desarrollo a los principios del siglo XX, con los trabajos del físico teórico alemán Max Planck. Planck se sentía intrigado por un problema fundamental que tenía que ver con la radiación de un denominado cuerpo negro.

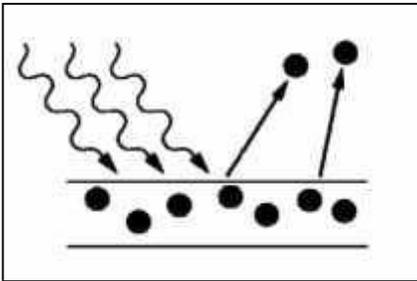
Por aquellos años, ya se sabía que el color de la luz que emite un cuerpo -la gama de sus longitudes de onda- está relacionado con el material del que está hecho el objeto y con su temperatura. Hablando en general, la luz azul, con longitudes de onda muy cortas, es la que prevalece en el espectro de los objetos muy calientes; las longitudes de onda rojas, o más largas, indican menos calor. Hay representadas también otras longitudes de onda, pero como regla general, cada temperatura se relaciona con una longitud de onda dominante, que proporciona al objeto resplandeciente un color característico. Para simplificar su análisis de la radiación, los teóricos del siglo XIX habían conjurado el cuerpo negro. Al contrario que los objetos reales, esta entidad imaginaria absorbe la radiación de todas las frecuencias, lo cual la hace completamente negra. También emite radiación de todas las frecuencias, independientemente de su composición material. Los físicos experimentales habían creado ingeniosos dispositivos para aproximar esta construcción teórica a los laboratorios, y habían aprendido mucho sobre las características de la radiación del cuerpo negro. Lo que les faltaba era una teoría para predecir la distribución o forma del espectro de radiación del cuerpo negro, es decir, la cantidad de radiación emitida a frecuencias específicas a varias temperaturas.

En esa época, la generalidad de los científicos creían que la clave de este problema se hallaba en comprender la interacción entre radiación electromagnética y materia. En 1900, cuando Planck atacó el problema, aceptó la teoría electromagnética de la luz que sostenía que la luz era un fenómeno ondulatorio y que la materia -que se suponía que contenía pequeños cuerpos cargados eléctricamente, o partículas- irradiaba energía en la forma de ondas de luz cuando esas partículas cargadas eran aceleradas. Comúnmente también era aceptado que la cantidad de energía radiada por una partícula cargada acelerada podía situarse en cualquier parte a lo largo de una gama continua



Albert Einstein (1879 - 1955)

Albert Einstein recibió el premio nobel de Física en 1921 por su explicación del efecto fotoeléctrico y el movimiento Browniano.



Efecto Fotoeléctrico. La luz incide sobre una superficie metálica causando una liberación de los electrones de valencia en los átomos respectivos.

Con el objetivo de estudiar la radiación de un cuerpo negro, Planck se imaginó las partículas cargadas como pequeños osciladores, acelerados y decelerados repetidamente de una forma sencilla, suave y regular, como si estuvieran unidos a un andén ingravido. Hasta ahí, Planck se mantuvo con rigidez dentro del reino de la física del siglo XIX. Pero, desde entonces, gira en sus conceptos y se desvía radicalmente.

En efecto, para poder calcular el equilibrio de la energía entre los supuestos osciladores y su radiación de entrada y salida, Planck halló que necesitaba suponer la existencia de cuantos, o algunas diminutas divisiones de energía, antes que una gama continua de energías posibles. Por ello, llegó a deducir la definición de un cuanto de energía como la frecuencia de la oscilación multiplicada por un diminuto número que no tardó en ser conocido como la constante que lleva su nombre. Esos supuestos fueron los utilizados por Planck para resolver el problema del cuerpo negro, pero nunca llegó más allá en una interpretación significativa de sus cuantos, y así quedó el asunto hasta 1905, cuando Einstein, basándose en su trabajo, publicó su teoría sobre el fenómeno conocido como «efecto fotoeléctrico». Éste, sosteniéndose en los cálculos de Planck, demostró que las partículas cargadas –que en esos tiempos se suponían que eran electrones– absorbían y emitían energía en cuantos finitos que eran proporcionales a la frecuencia de la luz o radiación.

2. Efecto fotoeléctrico.

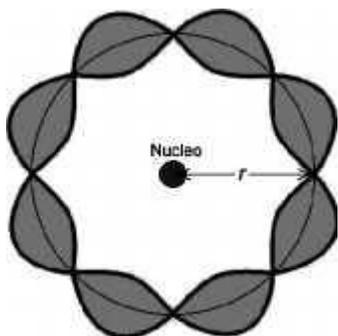
A finales del siglo XIX, algunos investigadores notaron que la luz era capaz de expulsar electrones de diversas superficies metálicas. Es el efecto fotoeléctrico que ahora se usa en las celdas fotovoltaicas y otros dispositivos.

El procedimiento es el siguiente, la luz cae sobre una superficie metálica fotosensible, cargada negativamente, y libera electrones. Los electrones liberados son atraídos a una placa positiva, y producen una corriente medible.

El efecto fotoeléctrico no fue particularmente sorprendente para los primeros investigadores, pues de alguna forma podía ser expresado en términos de la física clásica, considerando que las ondas de luz al entrar en contacto con la superficie podría hacer vibrar cada vez más a los electrones en la superficie de forma que en algún momento saldrían de la superficie



Louis de Broglie(1892-1987)



Modelo ondulatorio de de Broglie.

Pero cuidadosos exámenes posteriores arrojaron resultados que no tenían explicación solo al considerar la física clásica como base, estos tenían que ver con el tiempo de eyección de los primeros electrones, no tenía que ver con la frecuencia ni con la luminosidad de la onda incidente, también con el hecho que el efecto es fácil de observar con luz violeta pero no se observa prácticamente con luz roja, también no se pudo explicar porque la velocidad con la que salían los electrones dependía de la luminosidad de la luz, pero también la energía máxima de los electrones se vio afectada por la luminosidad de la luz, aunque existen indicios que la energía del electrón no dependería de la frecuencia de la luz. Estos hechos no podían ser explicados por la teoría ondulatoria solamente, de mecánica clásica. Einstein propuso una respuesta en 1905, en el mismo año que explico el movimiento Browniano y que estableció su teoría especial de la relatividad. Se baso en la teoría cuántica de radiación de Plank.

Esta teoría asume que la luz es emitida en cuantos, paquetes mínimos de materia, es decir que la materia esta cuantizada, pero la energía radiante es continua. Einstein, atribuyo propiedades cuánticas a la luz en sí misma y visualizo la radiación como una lluvia de partículas. Una forma de enfatizar el concepto de partículas llamo fotones a las partículas de luz. De forma que en el efecto fotoeléctrico un fotón es absorbido por cada electrón expulsado del metal. La absorción es del tipo todo o nada y el proceso es inmediato, de forma que no existe un retraso como en el caso de la teoría ondulatoria.

3. Ondas de materia de Louis de Broglie.

Louis de Broglie, introdujo el concepto de ondas de materia en 1924. Supuso que una onda está asociada con toda partícula, y que la longitud de onda de materia tiene una relación inversa con la cantidad de movimiento de la partícula. Estas ondas de materia de de Broglie se comportan igual que las demás ondas: pueden reflejarse, refractarse, difractarse e interferir entre sí.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

λ : longitud de onda de de Broglie



Werner Karl Heisenberg (1901-1976)

Otra versión del principio de incertidumbre es

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

Esta relación dice que no se puede determinar la variación neta de energía de un sistema

4. Determinismo científico e incerteza.

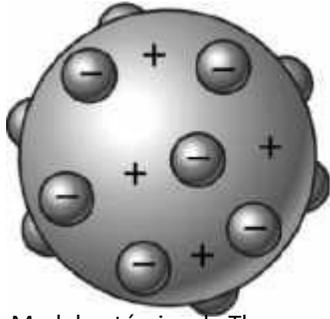
Es muy posible que uno de los dogmas más intrigantes en el notoriamente complejo estudio de la física cuántica sea el llamado «principio de incertidumbre de Heisenberg», principio que revela una característica distinta de la mecánica cuántica que no existe en la mecánica newtoniana. Como una definición simple, podemos señalar que se trata de un concepto que describe que el acto mismo de observar cambia lo que se está observando. En 1927, el físico alemán Werner Heisenberg se dio cuenta de que las reglas de la probabilidad que gobiernan las partículas subatómicas nacen de la paradoja de que dos propiedades relacionadas de una partícula no pueden ser medidas exactamente al mismo tiempo. Por ejemplo, un observador puede determinar o bien la posición exacta de una partícula en el espacio o su impulso (el producto de la velocidad por la masa) exacto, pero nunca ambas cosas simultáneamente. Cualquier intento de medir ambos resultados conlleva a imprecisiones.

Según el principio de incertidumbre, ciertos pares de variables físicas, como la posición y el momento (masa por velocidad) de una partícula, no pueden calcularse simultáneamente con la precisión que se quiera. Así, si repetimos el cálculo de la posición y el momento de una partícula cuántica determinada (por ejemplo, un electrón), nos encontramos con que dichos cálculos fluctúan en torno a valores medios. Estas fluctuaciones reflejan, pues, nuestra incertidumbre en la determinación de la posición y el momento. Según el principio de incertidumbre, el producto de esas incertidumbres en los cálculos no puede reducirse a cero. Si el electrón obedeciese las leyes de la mecánica newtoniana, las incertidumbres podrían reducirse a cero y la posición y el momento del electrón podrían determinarse con toda precisión. Pero la mecánica cuántica, a diferencia de la newtoniana, sólo nos permite conocer una distribución de la probabilidad de esos cálculos, es decir, es intrínsecamente estadística. Heisenberg ejemplificaba este notable principio de incertidumbre analizando la capacidad de resolución de un microscopio.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Si se conoce la posición de una partícula no se puede conocer con certeza el momentum de ella y viceversa.

Estructura atómica



Modelo atómico de Thomson, este postulaba que las cargas eléctricas negativas y positivas estaban distribuidas en el interior del átomo de forma uniforme. Como un budín con pasas.



Niels Bohr (1885 – 1962)

1. Génesis de la idea del átomo.

La idea que la materia está formada por átomos se remonta a los griegos en el siglo V a.C. Ellos se preguntaron si la materia era o no continúa. Podemos romper una piedra para obtener gravilla esta se puede moler a su vez para obtener arena fina, que a su vez se puede pulverizar para obtener polvo. Quizá parecía que hay un fragmento mínimo de piedra que no se puede seguir dividiendo.

El primero en mencionar la palabra átomo fue Democrito ~400 a.C., considero el átomo como algo completamente solido, homogéneo e indestructible.

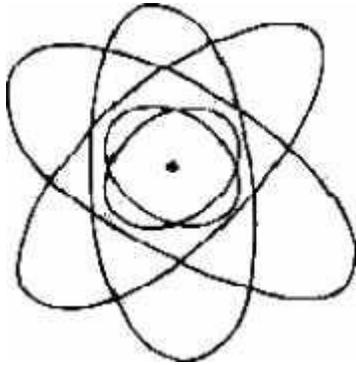
2. Los primeros modelos.

El primero modelo atómico moderno fue obra de J.J.Thomson y su modelo fue célebremente llamado budín de pasas, el considero que el átomo era una entidad solida donde las cargas positivas y negativas estaban distribuidas aleatoriamente en su interior.

Luego un alumno de Thomson, E. Rutherford realizo un experimento, donde aplico partículas alfa provenientes de un bloque de plomo sobre una placa de oro muy delgada, el experimento demostró que si bien la mayor parte de las partículas seguían una línea recta, algunas se desviaron mucho indicando la existencia de un núcleo central. De esta manera Rutherford demostró que el átomo era casi totalmente vacío, y que la mayor parte de su masa estaba concentrada en la parte central o núcleo.

3. Modelo atómico de Bohr

En 1913 Bohr aplico la teoría cuántica de Plank y Einstein al átomo nuclear de Rutherford y formulo el conocido modelo planetario del átomo. Bohr dedujo que los electrones ocuparían estados “estacionarios”, de energía fija, pero no de posición fija, a distintas distancias del núcleo, y que hacen “saltos cuánticos” de un estado de energía a otro. Dedujo que se emite luz cuando suceden esos saltos cuánticos, de un estado de energía alto a uno bajo. Además, Bohr se dio cuenta de que la frecuencia de radiación emitida está determinada por $E = hf$ (en realidad $f = E/h$), donde E es la diferencia



Modelo planetario de Bohr, en el los electrones orbitan a los nucleones (protones y neutrones), de igual manera que la luna orbita a la tierra.

de energías del átomo, cuando su electrón está a distintas orbitas. Esto fue un avance importante, porque equivalía a decir que la frecuencia del fotón emitido no es la frecuencia clásica a la cual vibra un electrón, sino más bien está determinada por diferencias de energía en el átomo. Partiendo de ahí, Bohr pudo dar el siguiente paso y calcular las energías de las orbitas individuales

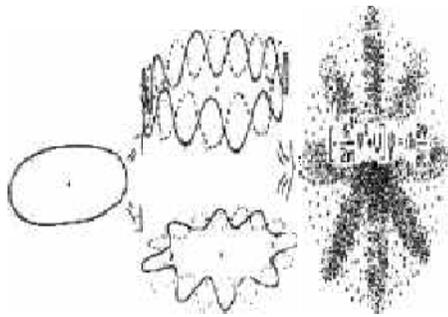
El modelo planetario de Bohr resolvía una gran duda, De acuerdo con la teoría de Maxwell, los electrones acelerados emiten energía en forma de ondas electromagnéticas. Así, un electrón que acelere en torno a un núcleo debería irradiar energía continuamente, Esta irradiación de energías debería hacer que el electrón describiera una espiral hacia el centro del núcleo. De esta forma Bohr rompió con la física clásica al afirmar que el electrón no irradia luz al acelerar en torno al núcleo en una sola orbita, pero que hay radiación luz solo cuando el electrón salta de una órbita de mayor energía a una de menor energía. La energía del fotón emitido es igual a la diferencia de las energías entre los niveles, $E = h\nu$. El color de la luz emitida depende del salto pues está relacionada directamente con la frecuencia. Así, la cuantización de la energía luminosa corresponde muy bien a la cuantización de la energía del electrón.

Los puntos de vista de Bohr, con todo y ser considerados extravagantes en esa época, explicaban las regularidades de los espectros atómicos. De esta forma la idea que los electrones solo pueden ocupar ciertos niveles de energía, tal como un satélite describe cualquier tipo de orbitas alrededor de un planeta solo importando la velocidad de este, si fuese en el caso de los electrones ellos podrían moverse por todas las orbitas posibles alrededor del núcleo y emitir todas las energías luminosas. Pero eso no sucede. Esto se puede explicar pensando en el electrón como una onda y no como una partícula.

Louis de Broglie, introdujo el concepto de ondas de materia en 1924. Supuso que una onda está asociada con toda partícula, y que la longitud de onda de materia tiene una relación inversa con la cantidad de movimiento de la partícula. Estas ondas de materia de de Broglie se comportan igual que las demás ondas: pueden reflejarse, refractarse, difractarse e interferir entre sí. De esta forma se pueden explicar los valores discretos de las ondas de Bohr como una consecuencia de ondas estacionarias.



Erwin Schrödinger (1887-1961)



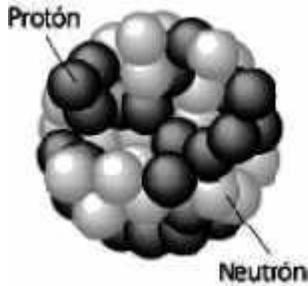
Modelo mecánico cuántico

4. *Modelo mecano-cuántico.*

Durante la década de 1920 existieron muchos cambios en la física. Se estableció la naturaleza ondulatoria de la luz, también se estableció que las partículas materiales tienen propiedades ondulatorias. Erwin Schrodinger, físico alemán, tomó como base la teoría ondulatoria de de Broglie y formuló una ecuación que describe cómo varían las ondas de materia bajo la influencia de fuerzas externas. La ecuación de Schrodinger juega el mismo papel en la mecánica cuántica que la ecuación de Newton en la mecánica clásica. En la formulación de Schrodinger, las ondas de la materia son entidades matemáticas que no son observables directamente, por lo que la ecuación es un modelo matemático, y no visual, del átomo.

En la ecuación de Schrodinger lo que oscila es la amplitud de la onda de materia, una entidad matemática llamada función de onda, que al considerar el cuadrado de esta, representa las posibilidades de encontrar a un sistema en un cierto estado

Núcleo atómico



En el núcleo coexisten protones y neutrones, la fuerza que regula esta unión es la denominada Fuerza Fuerte.



Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)

1. El núcleo atómico.

Como se describió en capítulos anteriores, el núcleo solo ocupa unas pocas billonésimas del volumen de un átomo, y deja vacío la mayor parte del mismo. Las partículas que ocupan el núcleo se llaman nucleones, que cuando tienen carga eléctrica se llaman protones y cuando son eléctricamente neutros se llaman neutrones. La carga positiva del protón es de igual magnitud que la de los electrones, pero los nucleones tienen una masa 2000 veces mayor que la masa de los electrones. Por lo que la masa del átomo es prácticamente igual a la masa del núcleo. La masa de los neutrones es levemente más grande que la de los protones.

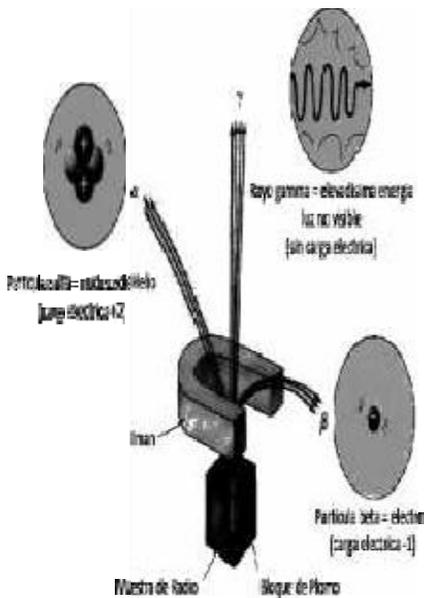
El rango de los radios nucleares va desde 10^{-15} m, para el hidrógeno hasta unas siete veces más grande para el uranio. La forma del núcleo varía desde esférica hasta algo achatada como una pelota de fútbol americano. En el interior del núcleo los protones y neutrones están en relativa libertad.

2. Radiactividad.

El conocimiento del núcleo atómico comenzó con el descubrimiento casual de la radioactividad, en 1896, que a su vez se basó en el descubrimiento, dos meses antes, de los rayos X. Así, al comenzar a estudiar la física nuclear examinaremos primero los rayos X. Un poco antes del siglo XX, Wilhelm Roentgen, físico alemán, descubrió "una nueva clase de rayo" producido por un haz de "rayos catódicos" (que después se vio que eran electrones) los cuales chocan con la superficie del vidrio de un tubo de descarga en gas. Los llamo rayos X, por ser de naturaleza desconocida. Encontró que los rayos X atraviesan materiales sólidos, pueden ionizar el aire, no tienen refracción en el vidrio y no los desvían los campos magnéticos. Hoy sabemos que los rayos X son ondas electromagnéticas de alta frecuencia, en general emitidas por la desexcitación de los electrones orbitales más interiores de los átomos. Si bien la corriente electrónica de una lámpara fluorescente excita los electrones externos de los átomos, y produce fotones ultravioletas y visibles, un haz más energético de electrones que choca con una superficie sólida excita los electrones más internos y produce fotones de mayor frecuencia, fotones de radiación X.



Marie Curie (1867-1934)



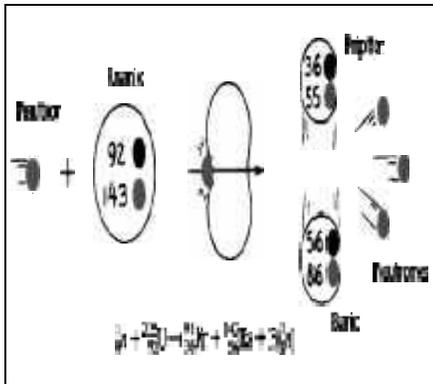
Uso de un imán para la identificación del tipo de partícula.

Los fotones de rayos X tienen alta energía, y pueden atravesar muchas capas de átomos antes de ser absorbidos o dispersados. Los rayos X lo hacen al pasar por los tejidos blandos y producir imágenes de los huesos del interior del organismo. En un tubo moderno de rayos X, el blanco del haz de electrones es una placa metálica, y no la pared de vidrio del tubo.

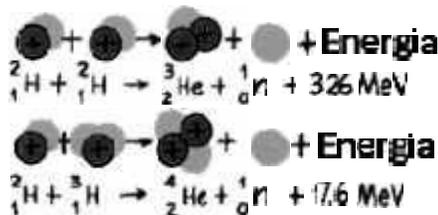
Dos meses después de que Roentgen había anunciado su descubrimiento de los rayos X, A. Henri Becquerel, físico francés, trató de determinar si algunos elementos emitían rayos X en forma espontánea. Para este fin envolvió una placa fotográfica en papel negro, para impedir el paso de la luz, y colocó trozos de diversos elementos junto a la placa envuelta. De acuerdo a los trabajos de Roentgen, Becquerel sabía si esos materiales emitieran rayos X, los rayos atravesarían el papel y velarían (ennegrecerían) la placa. Encontró que aunque la mayor parte de los elementos no produjeron ningún efecto, el uranio sí producía rayos. Pronto se descubrió que otros rayos parecidos son emitidos por otros elementos, como el torio, el actinio y dos nuevos elementos descubiertos por Marie y Pierre Curie: el polonio y el radio. La emisión de esos rayos fue la prueba de que en el átomo se efectúan cambios mucho más drásticos que la excitación atómica. Esos rayos fueron el resultado no de cambios en los estados de energía de los electrones en el átomo, sino de cambios que sucedían dentro del núcleo atómico central. Esos rayos eran en realidad el resultado de una desintegración espontánea del núcleo atómico: la radioactividad.

Todos los elementos de números atómicos mayores que 82 (el número del plomo) son radiactivos. Esos elementos emiten tres clases distintas de radiación, indicadas con las tres primeras letras del alfabeto griego α , β , y γ : alfa, beta y gamma, respectivamente. Los rayos alfa tienen carga eléctrica positiva, los rayos beta tienen carga eléctrica negativa y los rayos gamma no tienen carga alguna. De esta forma se pueden separar todos los rayos si se coloca un campo magnético que atraviese sus trayectorias. Investigaciones posteriores han mostrado que un rayo alfa es un flujo de núcleos de helio, y que un rayo beta es un flujo de electrones. Por consiguiente, con frecuencias se les llama partículas alfa y partículas beta. Un rayo gamma es radiación electromagnética (una corriente de fotones) cuya frecuencia es todavía mayor que la de rayos X. Mientras que los

rayos X se originan en la nube electrónica alrededor del núcleo



Fisión del uranio 235 mediante el bombardeo con neutrones, para la posterior producción de Kriptón y Bario. Hay que considerar que los neutrones producto de la fisión son potenciales iniciadores de posteriores fisiones de otros núcleos de U-235. Este fenómeno se conoce como reacción en cadena.



Atómico, los rayos gamma son originados en el núcleo. Fotones gamma proveen información sobre la estructura nuclear, más que la visible y los rayos X nos dan información sobre la estructura electrónica.

3. Reacciones nucleares.

En diciembre de 1930, dos científicos alemanes, O. Hahn y F. Strassmann, hicieron un descubrimiento accidental que cambio el mundo. Mientras bombardeaban una muestra de Uranio con neutrones con la esperanza de crear nuevos elementos más pesados, quedaron asombrados de encontrar evidencia química de la creación de Bario un elemento con la mitad de la masa del Uranio. Después de numerosos trabajos concluyeron que el núcleo de Uranio, activado por el bombardeo de neutrones, fue separado en dos. Ellos llamaron Fisión a este proceso, en alusión a un proceso similar en biología celular.

Fisión Nuclear

Involucra un delicado balance entre la atracción nuclear entre núcleo y electrones y la repulsión eléctrica entre los mismos. Como sabemos en el núcleo la fuerza que domina es la fuerza nuclear fuerte. En el Uranio no obstante esa dominancia es tenue. Si en un núcleo de Uranio se cambia un poco su geometría, se puede perder la dominancia de la fuerza nuclear fuerte y hacer que la eléctrica domine y por lo tanto el núcleo tendería a separarse. Este fenómeno se denomina Fisión nuclear. La absorción de un neutrón en un núcleo de Uranio suministra la energía suficiente para causar este alargamiento. El proceso puede producir muchas combinaciones posibles de núcleos menores.

Fusión Nuclear

Se denomina Fusión nuclear al proceso donde se unen dos núcleos atómicos. En este proceso se pierde una cantidad de materia la que se transforma en energía para poder unir los núcleos. Si consideramos la fusión de hidrogeno en elementos más pesados, la masa por nucleón (elemento del núcleo) se hace menor y es mínima para el hierro. El Hierro mantiene sus nucleones más unidos que cualquier otro elemento. Después del Hierro se invierte la tendencia y para los elementos más pesados la masa de los nucleones aumenta progresivamente a medida que avanza la tabla periódica.



Diagrama de masa por nucleón versus número atómico, de este gráfico podemos obtener que existe un mínimo de la masa por nucleón, o de otra forma un máximo de la energía de cohesión, este máximo se alcanza en el Hierro



En Chile hay dos reactores nucleares ubicados en La Reina y en Lo Aguirre, que están a cargo de la comisión chilena de energía nuclear CCHEN,

Estos reactores se ocupan en usos médicos (producción de radioisótopos), Agrícolas (irradiación de alimentos) y de investigación.

Consideremos la fusión de Hidrogeno. Para que una reacción de fusión ocurra, el núcleo tiene que chocar a una alta energía de forma de vencer la repulsión eléctrica mutua. Las velocidades altas corresponden a altísimas temperaturas. Estas temperaturas se encuentran en el sol y otras estrellas. La fusión que se lleva a cabo en altas temperaturas se denomina *fusión termonuclear*. En el sol aproximadamente se fusionan 657 millones de toneladas de Hidrogeno en 653 millones de toneladas de Helio cada segundo. Las 4 millones de toneladas perdidas, se convierten en energía. Cada reacción literalmente quema al sol.

4. Usos y efectos de la radiactividad.

Reactores nucleares de fisión

Una reacción en cadena no tiene lugar, en Uranio natural, porque está compuesto principalmente por Uranio U-238. Los neutrones que fisionan átomos de U-235 no hacen lo mismos con los núcleos de U-238. En menos de un año después del descubrimiento de la fisión, los científicos se dieron cuenta que podía ser factible una reacción en cadena con Uranio natural metálico, si este se dividiera en porciones pequeñas, separadas por un material que desacelerara a los neutrones. Enrico Fermi, emigrante italiano en Estados Unidos, dirigió la construcción del primer reactor nuclear o pila atómica, como se le llamo, en un viejo campo de squash bajo las tribunas del Stagg Field, de la Universidad de Chicago. El y su grupo usaron grafito, para desacelerar los neutrones. Lograron tener la primera liberación auto sostenida y controlada de energía nuclear el 2 de diciembre de 1942.

En la actualidad, los reactores de fisión tienen tres componentes: el combustible nuclear, las varillas de control, y el liquido (normalmente agua) para transferir el calor generado por la fisión en el reactor, hasta una turbina. El combustible nuclear típicamente es U-238 con un 3% de U-235. La rapidez de la reacción depende de la cantidad de neutrones disponibles para iniciar la fisión de otros núcleos de U-235, se controla con varillas que se insertan en el reactor. Estas varillas de control son de un material absorbente de neutrones, por lo general de Cadmio o de Boro

Ejercicios

Capitulo 1

1 Una partícula describe 10 ciclos en 2 [s], calcula su período y frecuencia.

- A) $T = 2$ [s], $f = 10$ [Hz]
- B) $T = 5$ [s], $f = 0,2$ [Hz]
- C) $T = 0,2$ [s], $f = 5$ [Hz]
- D) $T = 10$ [s], $f = 5$ [Hz]
- E) Otros valores

2 Para los datos del ejercicio anterior. ¿Cuál es su rapidez angular?

- A) $w = 5 \pi$ [rad/s]
- B) $w = 10 \pi$ [rad/s]
- C) $w = 5 \pi$ [rad/s]
- D) $w = 0,5 \pi$ [rad/s]
- E) Ninguna de las anteriores

3 Un móvil con MCU gira a 360 [rpm]. Si el radio de la circunferencia mide 50 [cm.], calcula su rapidez angular.

- A) 6π [rad/s]
- B) $0,5 \pi$ [rad/s]
- C) 12π [rad/s]
- D) 16π [rad/s]
- E) 10π [rad/s]

4 Para los datos del ejercicio anterior, ¿Cual es su rapidez tangencial?

- A) $1,2 \pi$ [m/s]
- B) $0,5 \pi$ [m/s]
- C) 12π [m/s]
- D) $0,6 \pi$ [m/s]
- E) 6π [m/s]

Para los ejercicios 5, 6, 7 y 8 se tiene que un móvil con MCU describe una circunferencia de 4 [m] de diámetro cada 2 [s]. Calcula su frecuencia:

- F) 0,5 [Hz]
- G) 1,5 [Hz]
- H) 5 [Hz]
- I) 5,5 [Hz]
- J) 2 [Hz]

5 ¿Cuál es su rapidez angular?

- A) $\pi/2$ [rad/s]
- B) π [rad/s]
- C) 2π [rad/s]
- D) 4π [rad/s]
- E) 6π [rad/s]

6 Calcula su aceleración centrípeta.

- A) $0,2 \pi^2$ [m/s²]
- B) $0,25 \pi^2$ [m/s²]
- C) π^2 [m/s²]
- D) $3/2 \pi^2$ [m/s²]
- E) $2 \pi^2$ [m/s²]

7 Si en el ejemplo anterior el móvil tiene una masa de 3 [Kg], calcula la fuerza centrípeta que se ejerce sobre él.

- A) $3 \pi^2$ [N]
- B) $6 \pi^2$ [N]
- C) $3,6 \pi^2$ [N]
- D) $1,6 \pi^2$ [N]
- E) $12 \pi^2$ [N]

8 Un autito a control remoto es guiado en línea recta por un niño. En cierto momento el niño hace que gire usando los controles del autito. En estricto rigor, la fuerza que lo hace girar es:

- A) La mano que aplica sobre el comando del control
- B) La que hace el circuito del control
- C) La que hace el motor del autito
- D) La que ejerce el suelo sobre los neumáticos.
- E) El roce del aire

9 Del movimiento circunferencial uniforme (M.C.U), se puede afirmar que:

- A) La rapidez lineal (v) y la rapidez angular (ω) son constantes, esto significa que en tiempos iguales, la partícula recorre arcos (s) iguales como también "barre" ángulos iguales.
- B) Es un movimiento periódico, donde el PERIODO es el tiempo (T) que demora la partícula en dar una vuelta completa.
- C) El periodo y la frecuencia son inversamente proporcional
- D) El módulo de la aceleración normal es constante.
- E) Todas son correctas

10 Si un auto cambia su dirección de movimiento podemos concluir que la fuerza responsable de ese cambio tiene:

- A) Igual dirección y sentido de la velocidad
- B) Igual dirección, pero sentido opuesto a la velocidad
- C) Distinta dirección a la de su velocidad
- D) Igual dirección, sentido y magnitud
- E) Un valor que es cero.

11 Un hilo se corta cuando la tensión a que está sometido es de 2 N. Un alumno experimenta haciendo girar una piedra atada al hilo con un radio r y observa que, cuando la velocidad de ella es 3 m/s, el hilo se corta. Si el estudiante desea aumentar la velocidad de la piedra al doble manteniendo el radio de giro, ¿cuántos hilos deberá utilizar atados a la piedra?

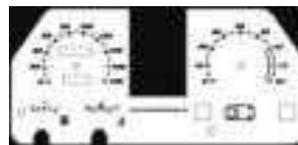
- A) Dos
- B) Tres
- C) Cuatro
- D) Cinco
- E) Nueve

12 ¿Con qué información no se podría determinar la velocidad lineal de una polilla que gira con MCU alrededor de una ampolleta?

- I) radio de giro
- II) período
- III) velocidad angular

- A) I
- B) I y II
- C) II y III
- D) I y III
- E) I, II y III.

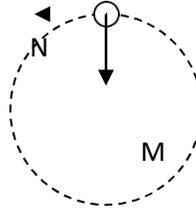
14 El tacómetro de un auto indica 1800 revoluciones por minuto. Esta frecuencia se puede escribir como:



- A) 18 revoluciones por segundo
- B) 30 revoluciones por segundo
- C) 180 revoluciones por segundo
- D) 300 revoluciones por segundo
- E) 600 revoluciones por segundo

- 15** La figura representa a una niña que corre con MCU. Los vectores N y M pueden representar respectivamente

su:



- A) Velocidad y aceleración
 B) Aceleración y velocidad
 C) Fuerza neta y velocidad
 D) Fuerza neta y aceleración.
 E) Fuerza neta y velocidad

- 16** Una pareja de huasos corre en un rodeo a un novillo con una velocidad de 3 m/s empleando un tiempo de 20 segundos en recorrer la media luna (para este caso media circunferencia). El radio aproximado de la media luna es:

- A) 60 [m]
 B) 40 [m]
 C) 20 [m]
 D) 10 [m]
 E) 30 [m]

- 17** Un atleta lanza un martillo cuya bola es de 7 Kg. de masa y el largo del alambre y el asa es de 1,26 m. ¿Qué fuerza aproximada ejerce el atleta sobre el martillo cuando lo lanza con una velocidad de 30 m/s?

- A) 10000 [N]
 B) 5000 [N]
 C) 2500 [N]
 D) 1000 [N]
 E) 100 [N]

- 18** Una persona parada en algún lugar del ecuador terrestre gira en torno al eje de la tierra con una

velocidad lineal " v " y una angular " ω ". Si esa persona se desplaza a lo largo de un meridiano hacia el polo Sur:

- A) " v " y " ω " se mantienen constante
 B) " v " aumenta y " ω " se mantiene constante
 C) " v " disminuye y " ω " se mantiene constante
 D) " ω " disminuye y " v " se mantiene constante
 E) ambas cambian

- 19** Suponga que por algún fenómeno extraño, toda la masa que está acumulada en el interior de la Tierra se repartiera en la superficie sin variar su radio, formando una esfera vacía en su interior. ¿Cuál sería la duración del nuevo día en este caso?

- A) De 24 horas
 B) Sería menor a 24 horas
 C) Menor a 24, pero mayor a 12 horas
 D) Sería mayor que 24 horas.
 E) Algunos minutos

- 20** Es fácil para un equilibrista de cuerda floja equilibrarse usando una barra larga. Esto se debe a que aumenta:



- A) Su momento de inercia
 B) Su peso
 C) Su masa
 D) La fuerza sobre el cable.

E) Su radio

La siguiente información es válida para las preguntas 1 a 5. Desde un avión cuya velocidad es de 270 [km/h] se deja caer un cuerpo de 10 kg. Cuando volaba a 1000 metros de altura. ($g = 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$)

21. La energía cinética del cuerpo es:

- A) 20.000 [J]
- B) 21.415 [J]
- C) 28.125 [J]
- D) 31.415 [J]
- E) 56.250 [J]

22. Su energía potencial inicial respecto al suelo es:

- A) 49.000 [J]
- B) 98.000 [J]
- C) 137.000 [J]
- D) 196.000 [J]
- E) 274.000 [J]

23. El valor de la energía Mecánica del cuerpo es de:

- A) 126.125 [J]
- B) 131.500 [J]
- C) 215.250 [J]
- D) 415.125 [J]
- E) 500.000 [J]

24. Con qué rapidez llegará al suelo:

- A) 98 [m/s]
- B) 101,75 [m/s]
- C) 128,5 [m/s]
- D) 158,8 [m/s]
- E) 162,5 [m/s]

25. A qué altura se encontrará el cuerpo cuando su energía cinética haya aumentado en un 30% con respecto de su valor inicial?

- A) 475 [m]
- B) 565 [m]
- C) 645 [m]
- D) 795 [m]
- E) 915 [m]

La siguiente es información válida para las preguntas 6, 7 y 8. Un cuerpo de 0,1 kg, colgado de un extremo de un hilo de 0,5 m de longitud, se separa de la vertical hasta que el hilo forma un ángulo de 60° con la misma, manteniendo el hilo tenso.

26. ¿Cuál es el valor de la energía potencial del cuerpo en su nueva posición respecto de la posición original?

- A) 1,750 [J]
- B) 0,985 [J]
- C) 0,495 [J]
- D) 0,351 [J]
- E) 0,245 [J]

27. Si el cuerpo se suelta, con qué velocidad pasa por el punto más bajo de su trayectoria?

- A) 2,21 [m/s]
- B) 4,42 [m/s]
- C) 4,93 [m/s]
- D) 5,16 [m/s]
- E) 6,03 [m/s]

- 28.** ¿Cuál será su velocidad cuando el hilo forme un ángulo de 30° con la vertical?
- A) 3,21 [m/s]
 - B) 2,95 [m/s]
 - C) 2,21 [m/s]
 - D) 1,89 [m/s]
 - E) 0,98 [m/s]
- 29.** La figura a continuación muestra una vista lateral de un tramo de una montaña rusa. Un vagón se suelta en Q; despreciando las fuerzas de roce podemos afirmar que:
- A) Su energía potencial en Q es mayor que su energía cinética en R.
 - B) Su energía cinética en R es menor que en S.
 - C) Su energía cinética en Q es mayor que su energía cinética en S.
 - D) Su energía total a lo largo de QRS es cero.
 - E) Su energía total a lo largo de QRS es constante.
- 30.** Una esfera de $\frac{1}{2}$ [kg] de masa es lanzada verticalmente hacia arriba con velocidad inicial $v_0 = 20$ [m/s]. La altura alcanzada por el cuerpo fue de 15 [m]. Si $g = 10$ [m/s²]; entonces, la pérdida de energía debida a la resistencia del aire fue de:
- A) 100 [J]
 - B) 75 [J]
 - C) 50 [J]
 - D) 25 [J]
 - E) 0 [J]
- 31.** Un auto de masa M viaja con una rapidez M y choca contra una pared y se detiene. La colisión dura un tiempo t . La expresión de la fuerza media de la pared sobre el auto es:
- A) $2M/t$
 - B) M^2/t
 - C) $M + M/t$
 - D) $M^2 t$
 - E) $M + Mt$
- 32.** Se desea arrastrar un objeto aplicando una fuerza constante, de 3N. El valor de la fuerza de roce en la superficie del objeto es 4N. Entonces:
- A) La fuerza neta vale 1 [N]
 - B) La fuerza neta es nula
 - C) El cuerpo se mueve en el sentido de la fuerza de 3 [N]
 - D) El cuerpo se mueve en el sentido contrario de la fuerza de 3 [N]
 - E) Ninguna de las anteriores
- 33.** Para calcular el módulo de la fuerza aplicada por el motor de un auto, de masa 1500 [kg], que cambia su rapidez de 4 [km/h] a 140 [km/h], se debe conocer:
- A) La dirección y sentido del movimiento
 - B) La dirección y sentido del desplazamiento
 - C) La dirección y sentido de la aceleración
 - D) El valor de la posición final
 - E) El valor del tiempo empleado para dicho Δv .

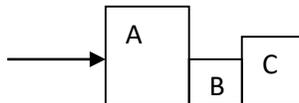
34. Se tiene una masa de 10 [kg] sobre la superficie de la Tierra. Entonces, ¿Cuál(es) de las siguientes afirmaciones es (son) verdadera(s):

- I. Si se sube la masa con rapidez constante, se debe aplicar a la masa una fuerza de 100 N, vertical hacia arriba.
- II. Si se baja la masa con rapidez constante, se debe aplicar a la masa una fuerza de 100 N, vertical hacia arriba.
- III. Si la masa baja con una aceleración $a = g/10$, entonces se debe aplicar a la masa una fuerza de $11/10 mg$, vertical, hacia arriba.

- A) Sólo I y II
- B) Sólo I y III
- C) Sólo II y III
- D) I, II y III

35. Los bloques A, B y C, de masa sobre una superficie horizontal, sin roce. Si se aplica una fuerza, constante y horizontal, de 20 N. Entonces el valor de la fuerza que ejerce B sobre C, mide:

- A) 10 [N]
- B) 12 [N]
- C) 6 [N]
- D) 3 [N]
- E) 2 [N]

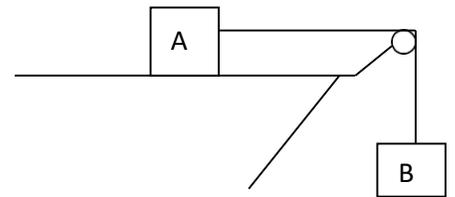


36. Se dejan caer, simultáneamente dos masas, una de 100 [kg] y otra de 1 [kg]. No hay efecto de roce con el aire. Entonces es verdadera:

- A) Caen con aceleración menor que g , porque la pequeña se opone a que la mayor caiga.
- B) Caen con rapidez constante.
- C) Caen con aceleración mayor que g , porque una masa es mucho mayor que la otra.
- D) Su movimiento depende del impulso inicial.
- E) Ninguna de las anteriores.

37. En la figura la masa B está afectada por la fuerza de la gravedad. No hay roces y las masas del hilo y polea son despreciables. Entonces la aceleración de A, en $[m/s^2]$, es:

- B) 3
- C) 5
- E) 10



38. Se tiene una masa de 10 kg, sobre una superficie sin roce, el movimiento y las fuerzas son horizontales. Entonces. ¿Cuál(es) de las siguientes afirmación es (son) correcta(s)?

- I. Si se tira con una cuerda que resiste 1000 [N] la aceleración máxima de la masa son 10 [m/s²]
- II. Para acelerar la masa a razón de 1 [m/s] en cada segundo se requiere aplicarle una fuerza de 1 [N]
- III. La masa se mueve con cualquier valor de fuerza que se le aplique

- A) Sólo I y II
- B) Sólo I y III
- C) Sólo II y III
- D) I, II y III
- E) Ninguna de las afirmaciones

39. Un ascensor de masa M [kg], sube verticalmente. Si las fuerzas que actúan sobre él son la tensión que lo soporta y el peso, entonces, ¿Cuánto vale la fuerza neta sobre el ascensor, si comienza a desacelerar a razón de 2 m/s en cada segundo?

- A) 8 M
- B) 10 M
- C) 12 M
- D) Faltan datos, no se puede calcular
- E) Ninguno de los anteriores

40. Se tiene una esfera de 2 [Kg] de masa. Se lanza verticalmente hacia arriba desde el nivel del suelo con una velocidad de 20 [m/s], y no se toma en cuenta el roce con el aire. Tomando en cuenta que $g = 10$ [m/s²], determine su energía mecánica un segundo después de haber sido lanzada, respecto del punto de lanzamiento.

- A) 100 [J]
- B) 200 [J]
- C) 300 [J]
- D) 400 [J]
- E) 500 [J]

Ejercicios

Capítulo 2

1. La unidad de presión en el S.I, es:

- A) 1 Newton
- B) 1 Pascal
- C) 1 Atmósfera
- D) 1 Joule
- E) 1 Milibar

2. La presión ejercida por una fuerza sobre una superficie es:

- A) El cociente entre la componente de dicha fuerza perpendicular a la superficie y el área de ésta.
- B) El peso por unidad de volumen que presentan los cuerpos
- C) La razón entre la masa de un cuerpo y su volumen
- D) El cociente entre la fuerza que se aplica y el volumen del cuerpo sobre el cual se aplica
- E) El cociente entre la fuerza aplicada y la superficie respectiva

3. El principio de Pascal afirma que:

- A) Los fluidos transmiten la fuerza íntegramente y en todas las direcciones
- B) Los sólidos transmiten la fuerza en la dirección en que ésta se aplica
- C) Los fluidos transmiten las presiones ejercidas sobre ellos íntegramente y en todas las direcciones
- D) Los cuerpos sumergidos en un fluido desalojan un volumen de éste igual al volumen del cuerpo sumergido
- E) Los líquidos son prácticamente incompresibles, por lo cual sólo

transmiten fuerzas aplicadas sobre ellos.

4. La presión ejercida por un líquido sobre el fondo del recipiente que lo contiene es:

- I. Independiente de la superficie del fondo
- II. Directamente proporcional a la profundidad del líquido
- III. Independiente del peso del líquido

Son correctas:

- A) Sólo I
- B) Sólo I y II
- C) Sólo II
- D) Sólo II y III
- E) Sólo III

5. El Principio de Arquímedes se refiere a:

- A) La pérdida aparente de peso que experimentan los cuerpos cuando se sumerge en un fluido
- B) Al hecho de que muchos sólidos flotan en la superficie de los líquidos cuando tienen una forma apropiada
- C) La fuerza ascensional que reciben los globos aerostáticos
- D) Al hecho de que los fluidos ejercen presión en todas direcciones sobre los cuerpos sumergidos en ellos
- E) Al hecho de que los fluidos transmiten las presiones ejercidas sobre ellos en todas las direcciones.

6. La presión en un punto de un líquido es proporcional a la profundidad. Sobre la base de esta afirmación se puede determinar qué:

- I. A mayor densidad, mayor presión en dicho punto
- II. A menor densidad, menor presión en dicho punto
- III. La densidad no se relaciona con la presión, sólo concierne al cociente entre masa y volumen

Son correctas:

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y II
- E) Ninguna de las anteriores

7. Un estanque cilíndrico de 1 [m] de radio y 3 [m] de altura se llena con agua y un aceite de peso específico 0,8. Si el agua es sólo un tercio del volumen total, entonces la fuerza que debe soportar el fondo del estanque es:

- A) 200π [kp] B) 2600π [kp]
- C) 2000π [kp] D) 2500π [kp]
- E) 1000π [kp]

se requiere que:

- I. El peso del globo sea igual al empuje que recibe
- II. El peso del globo sea menor que el empuje que recibe
- III. El peso del globo sea mayor que el empuje que recibe

SON CORRECTAS

- A) Sólo I
- B) Solo II
- C) Sólo I y III
- D) Sólo III

E) Sólo II y III

9. Según la forma del recipiente que lo contenga, un líquido puede ejercer sobre el fondo una fuerza:

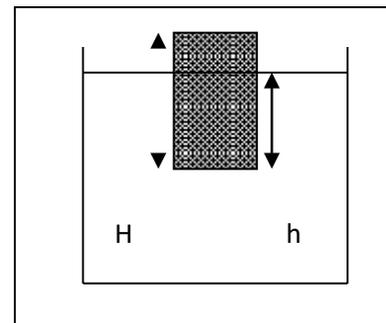
- I. Igual al peso total del líquido
- II. Mayor que el peso total del líquido
- III. Menor que el peso total del líquido

Entonces, son correctas:

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo II y III
- D) Sólo III
- E) I, II y III

10. Un cilindro metálico, cuya área en la base es $A = 10$ [cm²], la altura $H = 8$ [cm], flota en mercurio como muestra la figura. La parte del cilindro sumergida en el líquido tiene una altura $h = 6$ [cm]. ¿Qué valor tiene el empuje hidrostático ascendente sobre el cilindro? Densidad del mercurio $\rho = 13,6$ [gr/cm³]

- A) 8 [N]
- B) 8,16 [N]
- C) 8,21 [N]
- D) 8,33 [N]
- E) Faltan datos



11. Respecto del problema anterior, ¿cuál es el valor del peso del cilindro?

- A) 8 [N]
- B) 8,16 [N]
- C) 8,21[N]
- D) 8,33 [N]
- E) Faltan datos

12. Respecto al problema 10, ¿cuál es el valor de la densidad del cilindro?

- A) 10,2 [gr/cm³]
- B) 0,816 [gr/cm³]
- C) 8,16 [gr/cm³]
- D) 1,02 [gr/cm³]
- E) 4,8 [gr/cm³]

13. Un recipiente abierto y lleno de agua, tiene una grieta de 1,3 [cm²] de área, ubicada a 6 metros de profundidad. El caudal que sale por la grieta, expresado en litros/segundo, mide:

- A) 1,3
- B) 1,4
- C) 1,8
- D) 2,0
- E) 2,3

14. Por una tubería horizontal, el agua se mueve a razón de 3 [m/s]. Si el radio de la tubería se estrecha a la mitad, entonces la velocidad del agua en esta parte es:

- A) 6 [m/s]
- B) 9 [m/s]
- C) 12 [m/s]
- D) 15 [m/s]
- E) 16 [m/s]

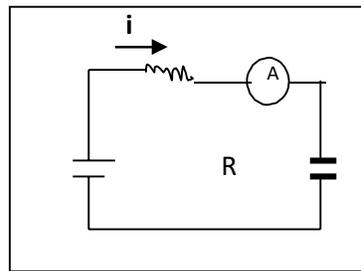
15. El agua que sale de una manguera tiene velocidad constante. Si durante 10 segundos, un balde acumula 50 litros de agua y la manguera tiene 50 [cm²] de sección, entonces la velocidad del agua es de:

- A) 1 [cm/s]
- B) 20 [cm/s]
- C) 50 [cm/s]
- D) 60 [m/s]
- E) 1 [m/s]

Ejercicios

Capitulo 3

1. En el circuito de la figura, ¿cuál es la carga (en Coulomb) almacenada en el condensador cuando el amperímetro marca $i = 0,2$ [A]? El generador y el amperímetro son ideales. Datos del problema, $\mathcal{E} = 12$ [volt], $R = 10 \Omega$, $C = 2 \cdot 10^{-3}$

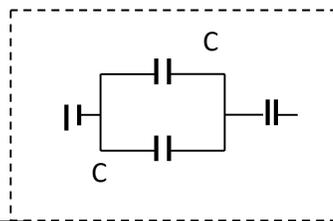


- A) $2 \cdot 10^{-4}$ [F]
B) $2 \cdot 10^{-2}$ [F]
C) $4 \cdot 10^{-4}$ [F]
D) $2 \cdot 10^{-6}$ [F]
E) $5 \cdot 10^{-3}$ [F]

2. En la figura se tiene una asociación de cuatro condensadores de la misma capacidad C . La capacidad equivalente de la asociación será:

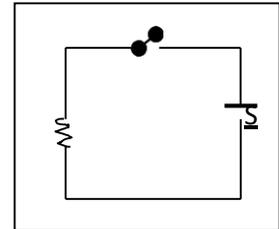
- A) 5 [C]
B) 4 [C]
C) $5/2$ [C]
D) $2/5$ [C]
E) $C/3$ [C]

1	2	3
---	---	---

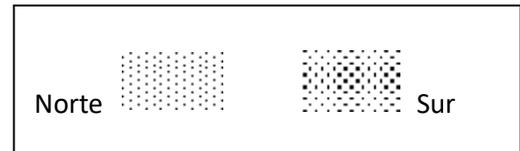


3. Se carga un capacitor, cuya capacitancia es $C = 3$ [μ F] se conecta a una batería de 200 [V]. Se desconecta la batería, y enseguida, el capacitor se conecta a una resistencia $R = 200$ [Ω], como se indica en la figura. Al cerrarse el interruptor S, el capacitor comienza a descargarse a través de la resistencia R. Considerando la conservación de la energía, se puede afirmar que la cantidad de calor que disipa en R, hasta que el capacitor se descargue totalmente, será de:

- A) $6 \cdot 10^{-2}$ [J]
B) $3 \cdot 10^{-6}$ (J)
C) $1,5 \cdot 10^{-4}$ (J)
D) 200 (cal)
E) 200 (J)



4. Un imán permanente, cuyos polos norte y sur indicados en la figura, está dividido en tres partes iguales, 1, 2 y 3. Se puede afirmar que:



- A) La parte 1 tendrá dos polos norte, porque su extremo derecho quedará muy cerca del polo norte original.
B) La parte 2 estará constituida por un polo norte a la derecha, y un polo sur a la izquierda.
C) La parte 3 tendrá sólo un polo sur, a la derecha, no es posible la formación de un nuevo polo cuando el imán se corta.
D) Cada parte constituirá un imán independiente, y los polos norte y sur se alternan
E) Las partes 1 y 3 forman dos nuevos imanes, pero no la parte 2

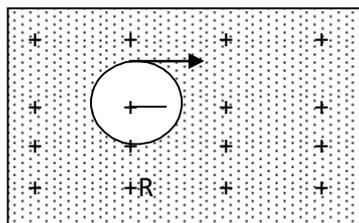
5. Indique la opción correcta:

- A) En un imán existen cargas magnéticas positivas y negativas, separadas por una distancia igual a la longitud del imán
- B) Si partimos un imán a la mitad, aislamos el polo norte del sur
- C) La aguja magnética de una brújula, es un imán que se orienta en dirección del campo magnético terrestre
- D) El polo norte de una brújula, apunta hacia el polo norte magnético de la tierra
- E) Todas las anteriores son falsas

6. Un electrón de carga q , y masa m es lanzada con velocidad v , perpendicular

a un campo magnético B y describe una circunferencia de radio R . Si duplicamos el valor de v , ¿cuál será el valor del radio R ? $F_{magnética} = q \cdot v \cdot B$ y $F_{centrípeta} = m v^2 / R$

- A) R
- B) $2R$
- C) $4R$
- D) $R/2$
- E) $R/4$



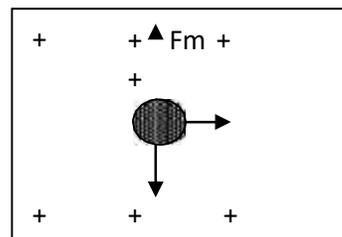
7. Una partícula electrizada con carga eléctrica q y masa m , penetra con velocidad v , en un campo magnético de

intensidad B , perpendicular al vector campo magnético. La trayectoria de la partícula es:

- A) Una circunferencia de radio $= mv/qB$
- B) Una circunferencia de radio $= 2mv/qB$
- C) Una circunferencia de radio $= mv/2qB$
- D) Una parábola
- E) Una elipse

8. Una partícula de masa $m = 1$ [g], y con carga $q = 1$ [μC], es lanzada con una velocidad $v = 10^3$ [m/s] en un campo magnético B uniforme, como muestra la figura. Verificamos que la partícula se desplaza en línea recta, pues la fuerza magnética F_m equilibra al peso mg de la partícula. Considere $g = 10$ [m/s^2], podemos afirmar que el valor de B es:

- A) 10^{-2} [T]
- B) 0,5 [T]
- C) 10 [T]
- D) 10^{-3} [T]
- E) 50 [T]



9. El espectro del hidrógeno consta de varias líneas que denotan emisión sólo para ciertas frecuencias de la luz bien definidas. La teoría que explica este fenómeno dice que la luz es emitida:

- A) Sólo cuando el hidrógeno ha capturado un electrón
- B) Cuando el electrón salta de una órbita interior a una más exterior
- C) Cuando el electrón salta de una órbita exterior a una interior
- D) Cuando la masa del electrón se transforma en un cuanto de energía
- E) Todas son falsas

10. La energía de enlace

- A) La fuerza que se necesita para arrancar al nucleón más débil del núcleo
- B) Energía requerida para sacar al nucleón más débil fuera del núcleo restante
- C) La energía requerida para separar entre sí a todos los nucleones
- D) La energía liberada cuando el núcleo se fisiona

E) Todas son verdaderas

Ejercicios

Capitulo 4

1. Considere un átomo de Hidrógeno cuyo electrón se encuentra en el nivel $n=2$. Si la energía está dada por $E_n = -RH/n^2$, en que RH es la constante de Rydberg, ¿cuál será la energía del fotón emitido cuando este electrón cae al nivel $n=1$?

- A) $RH/4$
- B) $3 \cdot RH/4$
- C) RH
- D) $4 \cdot RH/3$
- E) $4 \cdot RH$

2. ¿En qué consiste la fisión nuclear?

- A) En la unión de dos o más núcleos atómicos.
- B) En la formación de una molécula mediante la unión de dos o más átomos.
- C) En la emisión de partículas por el núcleo de un átomo.
- D) En la división del núcleo atómico en dos o más partes.
- E) En la captación de un electrón por el núcleo atómico.

3. Si el átomo neutro de Carbono tiene 6 electrones. Entonces, el núcleo del isótopo Carbono-14 está formado por

- A) 6 protones y 8 neutrones.
- B) 6 protones y 14 neutrones.
- C) 8 protones y 6 neutrones.
- D) 7 protones y 7 neutrones.
- E) 14 protones.

4. Recordando la ley de Coulomb, las leyes de Newton, y el modelo de Rutherford, la trayectoria que sigue el electrón en el átomo de Hidrógeno es:

- A) una elipse.
- B) una espiral.
- C) un círculo.
- D) una parábola.
- E) una hipérbola.

5. El principio de Incertidumbre fue enunciado en el año 1927 por:

- A) Heisenberg.
- B) Plank.
- C) Einstein.
- D) De Broglie.
- E) Schrodinger.

6. De las siguientes afirmaciones

- I) De Broigle postula que toda la materia tiene propiedades ondulatorias.
- II) El principio de Incertidumbre nos permite saber exactamente la ubicación del electrón.
- III) Una onda de luz se puede comportar como partícula.

Es (son) correcta(s):

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y III
- E) Sólo II y III

7. "Son uno de los productos de los procesos de fisión o fusión nuclear. Son partículas, y más concretamente electrones", esta definición corresponde a:

- A) rayos alfa.
- B) rayos Beta.
- C) rayos X duros.
- D) rayos Gamma.
- E) rayos X blandos.

8. Los rayos gamma son:

- A) Radiación de color rojo.
- B) Radiación formada por núcleos de Helio.
- C) Electrones energéticos.
- D) Radiación electromagnética con longitud de onda muy pequeña.
- E) Radiación electromagnética de muy poca energía

Constantes Físicas

Carga del electrón (e)	$1.60217653 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante de Planck (h)	$6.6260693 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de Planck sobre \hbar	$1.05457168 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de Rydberg (R_H) –	$1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
Electrón-volt (eV) –	$1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
Masa del electrón (m_e) –	$9.1093826 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa del neutrón (m_n) –	$1.67492728 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Masa del protón (m_p) –	$1.67262171 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Número de Avogadro (N_0) –	6.023×10^{23}
Radio de Bohr (a_0) –	$0.5291772108 \times 10^{-10} \text{ m}$
Relación carga-masa para el electrón (e/m) –	$1.75882012 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$
Unidad de Masa Atómica (uma) –	$1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Velocidad de la luz en el vacío (c) –	$299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$