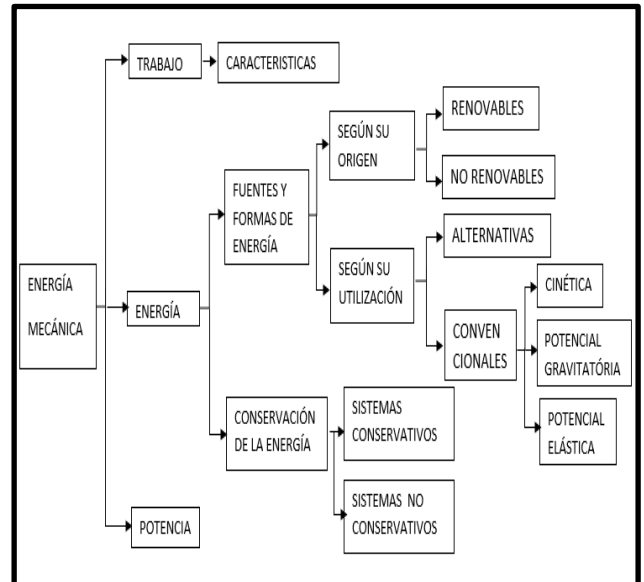
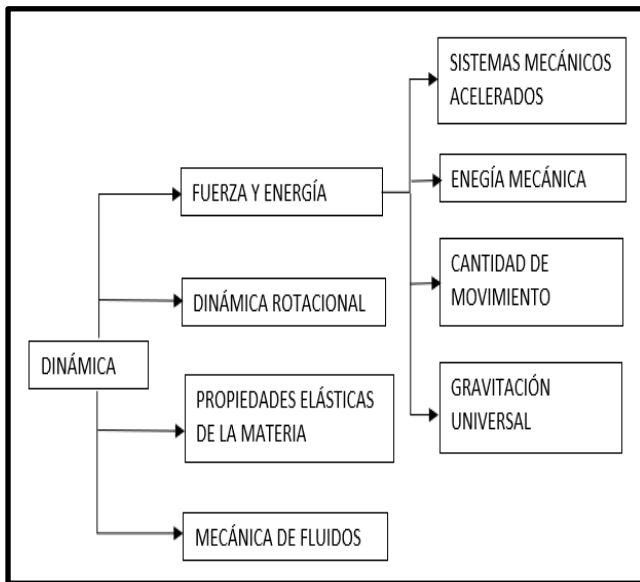


FUERZA Y ENERGÍA



Resultados de aprendizaje:

- Expresa matemáticamente y aplica el concepto de trabajo con solvencia.
- Ubica a todas las formas de energías en la naturaleza en situaciones de la vida cotidiana con facilidad.
- Aplica el principio de la conservación de la energía en el quehacer diario.
- Aplica los conceptos de trabajo, energía y potencia en la solución de ejercicios y problemas con solvencia.

ENERGÍA MECÁNICA 2

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

LA ENERGIA SE CONSERVA

El estudio de las diversas formas de energía y sus transformaciones entre sí ha conducido a una de las grandes generalizaciones de la física. En 1847, James Prescott Joule enuncia el Principio de la Conservación de la Energía que dice:

La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra, pero la cantidad total de la energía nunca cambia.

Así tenemos que en nuestro sistema solar, el Sol brilla porque algo de su energía nuclear se transforma en energía radiante.

La compresión enorme debida a la gravedad, y las temperaturas extremadamente altas en lo más profundo del Sol funden los núcleos de helio. Esto es la fusión termonuclear, es decir un proceso que libera energía radiante, y una pequeña parte de ella llega a la Tierra. Parte de la energía que llega a nuestro planeta la absorben las plantas y otros organismos fotosintetizadores y a la vez, parte de ella se almacena en el carbón y en forma de petróleo. Algo de la energía solar se consume al evaporar el agua de los océanos y parte de esa energía regresa a la Tierra en forma de lluvia que puede regularse en una presa. Gracias a su posición elevada, el agua detrás de la presa tiene energía que sirve para impulsar una planta generadora que está bajo la presa, donde se transforma en energía eléctrica. Esta energía viaja por líneas de transmisión hasta los hogares, donde se usa para el alumbrado, la calefacción, la preparación de alimentos y para hacer funcionar diversos aparatos electrodomésticos.

LA ENERGIA SE DEGRADA

Solo una parte de la energía que se emplea para mover las máquinas se convierte en **energía útil**. El resto se pierde, principalmente en forma de calor, debido a la fricción entre los mecanismos. Esta energía que se dispersa finalmente en el aire, es una **energía degradada**, puesto que no es posible volverla a utilizar.

En cualquier transferencia de energía hay una parte de energía útil y otra de energía degradada. En cualquier caso, nunca es posible aprovechar toda la energía que se transfiere. La cantidad de energía degradada depende del tipo de proceso

que siga la energía, por lo que existen procesos energéticos más eficientes que otros.

Una energía es de mayor calidad cuando es fácil transportarla y se degrada poco en las transferencias que experimenta para su utilización, este es el caso de la energía eléctrica.

ENERGIA TOTAL

La energía total de un cuerpo en punto dado, es la suma de todas las formas de energía que tiene el cuerpo y permanece constante.

$$E_T = E_{\text{mecánica}} + E_{\text{eléctrica}} + E_{\text{nuclear}} + \dots = \text{cte.}$$

ENERGIA MECANICA

La **energía mecánica** (E_M) es la suma de la energía cinética más la energía potencial en un punto determinado de la trayectoria de un cuerpo.

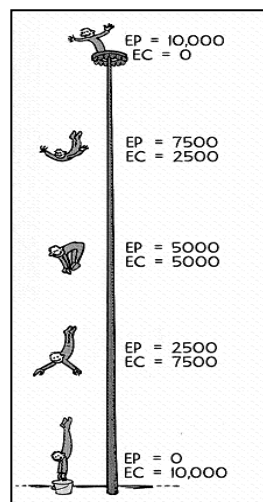
$$E_M = E_c + E_p$$

SISTEMAS CONSERVATIVOS.

Son considerados sistemas ideales, en los cuales actúan solamente fuerzas conservativas es decir donde la fuerza de rozamiento no existe.

Ejemplos de fuerzas conservativas son el peso del cuerpo, fuerza elástica, la fuerza electrostática, ya que el trabajo realizado por estas fuerzas en una trayectoria cerrada de ida y vuelta es igual a cero.

La energía mecánica del cuerpo en movimiento permanece constante en cualquier punto de su trayectoria. $E_M = \text{cte.}$



Las diferentes formas de energía pueden ir cambiando mientras se da el fenómeno físico, parte o la totalidad de una de ellas se va transformando en otra u otras forma de energía, pero la cantidad total de la energía mecánica permanece constante.

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{CA} + E_{pA} = E_{CB} + E_{pB}$$

$$\Delta E_M = 0$$

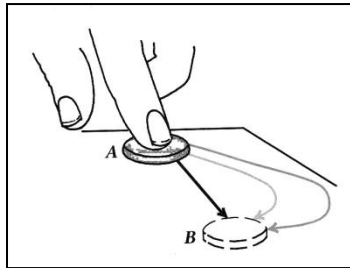
En un circo un acróbata en la cúspide de un poste tiene una energía potencial de 10 000 J. Al lanzarse su energía potencial se convierte en energía cinética. Se puede observar que en las diferentes posiciones la energía mecánica total es constante.

SISTEMAS NO CONSERVATIVOS

Son sistemas reales en los cuales actúan fuerzas

conservativas y no conservativas o disipativas.

Un ejemplo de una fuerza no



conservativa es la resistencia del aire o del agua al movimiento de un cuerpo a través de ellos. Es decir la fuerza de rozamiento o fricción es una fuerza no conservativa, ya que si movemos una moneda desde el punto A hasta el punto B con velocidad constante, el trabajo resultante es diferente para trayectorias distintas, ya que el rozamiento de la moneda con la mesa produce un calentamiento en ambos cuerpos y existe un aumento de energía interna de los dos.

En este caso la energía mecánica de la moneda en movimiento no permanece constante.

$$E_{MA} \neq E_{MB}$$

Es decir que desaparece una parte de la energía, transformándose en otro forma de energía como calor que constituye el Trabajo de la fuerza de rozamiento (Tfr).

Esto se expresa de la siguiente manera:

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

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

$$E_{C \text{ final}} + E_{p \text{ final}} = E_{C \text{ inicial}} + E_{p \text{ inicial}} - fr \cdot d$$

EJERCICIOS RESUELTOS.

1. A un estudiante de física se le cae accidentalmente una maceta desde la cornisa de una ventana, la planta cae desde el reposo hasta el piso una altura de 5,27 m. Calcular la rapidez de la maceta justo antes de golpear el piso usando el principio de conservación de la energía. La energía mecánica total E_M de la planta es constante durante toda la trayectoria.

Utilizando los subíndices A para la parte más alta y B para el piso, igualamos la energía mecánica total en la parte superior de la caída con la energía mecánica total en la parte baja.



$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{CA} + E_{pA} = E_{CB} + E_{pB}$$

Se sabe $E_{CA} = 0$ ya que la rapidez inicial es cero, y $E_{pB} = 0$ pues $h = 0$, por lo que tenemos:

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{pA} = E_{CB}$$

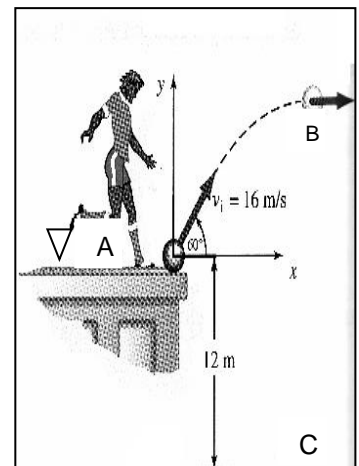
$$\eta h g = \frac{1}{2} \eta v^2$$

Despejamos v y menemos:

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} ; v_B = \sqrt{2 \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right) (5,27 m)}$$

$$v_B = 10,20 \text{ m/s}$$

2. Cerca del borde de la loza de un edificio de 12m de altura, un deportista golpea con el pie un balón con una velocidad inicial $v_A = 16 \text{ m/s}$ y un ángulo de lanzamiento de 60° por encima de la horizontal. Despreciando la resistencia del aire, calcular:



A) La altura por encima del edificio que alcanza el balón.

B) La rapidez del balón justo antes de chocar con el suelo.

A) La gravedad es la única fuerza que realiza trabajo sobre el sistema balón – Tierra, la energía mecánica se conserva. En la parte

más alta de su trayectoria el balón se mueve con velocidad horizontal $v_B = v_A \cos 60^\circ$ que es la componente horizontal de la velocidad inicial v_A . Elegimos al borde de la loza del edificio como nivel de referencia $h_A = 0$.

Aplicamos el principio de conservación de la energía entre el punto A y el punto B

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{CA} + E_{pA} = E_{CB} + E_{pB}$$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m v_B^2 + m/g h_{(AB)}$$

$$h_{(AB)} = \frac{v_A^2 - v_B^2}{2g}; \text{ como } v_B = v_A \cos 60^\circ$$

$$h_{(AB)} = \frac{v_A^2 - v_A^2 \cos^2 \theta}{2g}; h_{(AB)} = \frac{v_A^2 (1 - \cos^2 \theta)}{2g}$$

$$h_{(AB)} = \frac{\left(\frac{16 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} (1 - \cos^2 60^\circ)$$

$$h_{(AB)} = 9,80 \text{ m}$$

B) Aplicamos el principio de conservación de la energía entre el punto A y el punto C

$$E_{MA} = E_{MC}$$

$$E_{CA} + E_{pA} = E_{CC} + E_{pC}$$

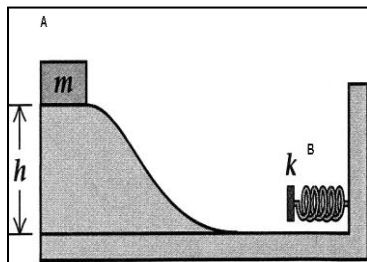
$$\frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m v_C^2 + m/g h_{(AC)} \times (2)$$

$$v_C = \sqrt{v_A^2 - 2gh_{AC}}$$

$$v_C = \sqrt{\left(\frac{16 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2 - 2\left(\frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)(-12 \text{ m})}$$

$$v_C = 22,16 \text{ m/s}$$

3. Un bloque de masa m se suelta desde el reposo y desliza hacia abajo por una pista sin fricción de altura h . En la parte baja de la pista el bloque se desliza libremente a lo largo de una superficie horizontal hasta que choca contra un resorte de constante k unido a una pared. Calcular lo que se comprime el resorte en el punto máximo de compresión



Elegimos la superficie horizontal como nivel de referencia, entonces la masa m posee una energía potencial y energía cinética igual a cero. Mientras la masa se desliza hacia abajo por la pista, pierde energía potencial y gana energía cinética hasta que en la parte baja toda su energía es cinética.

Hasta que la masa m golpea el resorte y empieza a comprimirse, intercambiando energía cinética por energía potencial elástica del resorte hasta que se detiene y toda la energía es potencial elástica.

Aplicamos el principio de conservación de la energía entre el punto A y el punto B

$$E_{MA} = E_{MB}$$

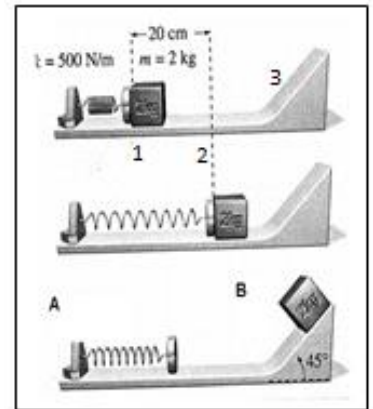
$$E_{CA} + E_{pA} + E_{PEB} = E_{CB} + E_{pB} + E_{PEB}$$

$$0 + m g h + 0 = 0 + 0 + \frac{1}{2} k x^2$$

Despejamos x ; y tenemos:

$$x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$

4. Se empuja un bloque de 2 kg contra un resorte cuya constante de fuerza elástica es 500 N/m. Después de comprimirlo 20 cm, el muelle se suelta y el bloque primero por una superficie horizontal sin rozamiento, y luego por un plano inclinado de 45° , también sin rozamiento. Calcular:



Calcular:

- A) La rapidez del bloque en el instante que se separa del resorte.
- B) La distancia que recorre el bloque antes de alcanzar momentáneamente el reposo.
- C) La rapidez del bloque cuando asciende 20 cm en el plano inclinado.

A) $E_{M1} = E_{M2}$

$$E_{C1} + E_{p1} + E_{pe1} = E_{C2} + E_{p2} + E_{pe2}$$

$$0 + 0 + \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} m v_2^2 + 0 + 0$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{k x^2}{m}}; v_2 = \sqrt{\frac{500 \frac{\text{N}}{\text{m}} (0,2)^2}{2}}; v_2 = 3,16 \text{ m/s}$$

B) La distancia d que recorre el bloque en el plano inclinado podemos calcular con: $\sin 45^\circ = h/d$

Aplicamos el principio de conservación de la energía entre el punto A y el punto B

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{CA} + E_{pA} + E_{PEA} = E_{CB} + E_{pB} + E_{PEB}$$

$$0 + 0 + \frac{1}{2} k x^2 = 0 + m g h + 0$$

Despejamos h y tenemos:

$$h = \frac{kx^2}{2mg} ; h = \frac{(500 \text{ N/m})(0,20)^2}{2(2)(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$h = 0,51 \text{ m}$$

La distancia d calculamos con:

$$d = \frac{h}{\text{sen } 45} ; d = \frac{0,51 \text{ m}}{\text{sen } 45} ; d = 0,72 \text{ m}$$

C) $E_{M2} = E_{M3}$

$$E_{C2} + E_{p2} + E_{Pe2} = E_{C3} + E_{p3} + E_{Pe3}$$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 + 0 + 0 = \frac{1}{2} m v_3^2 + mgh_3 + 0$$

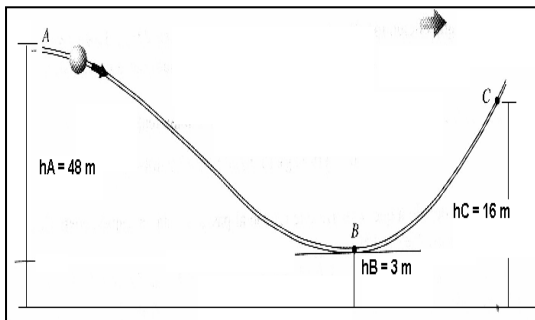
$$h_3 = 0,20 \text{ m} \cdot \text{sen } 45^\circ$$

$$h_3 = 0,14 \text{ m}$$

$$v_3 = \sqrt{v_2^2 - 2mh_3} ; v_3 = \sqrt{(3,16)^2 - 2 \cdot 2 \cdot 0,14}$$

$$v_3 = 3,07 \text{ m/s}$$

5. Los estudiantes de una clase de física visitan un parque de diversiones para verificar su comprensión de las leyes de Newton. Se suben a la montaña rusa, la cual asciende hasta una altura máxima de 48m. Los carros de este juego mecánico se mueven después sobre la cuesta a una velocidad promedio de 0,50 m/s antes de precipitarse hasta un punto inferior 3 m arriba del suelo. Desde ahí ascienden sobre una colina más pequeña de únicamente 16 m de altura. Determinar:



- A) La velocidad del carro de la montaña rusa cuando pasa por el punto más alto de la colina de 16 m.
 B) La velocidad del carro cuando pasa por el punto más bajo.

A) La velocidad de los carros en cualquier punto a lo largo del riel depende de su altura, por lo cual aplicamos el principio de la conservación de la energía entre dos puntos de la montaña rusa. A la parte más alta y C el otro punto del riel.

$$E_{MA} = E_{MC}$$

$$E_{CA} + E_{pA} = E_{CC} + E_{pC}$$

$$\frac{1}{2} m v_A^2 + m/g h_A = \frac{1}{2} m v_C^2 + m/g h_C$$

Al dividir entre el factor común m, y despejar v_C se tiene:

$$v_C = \sqrt{v_A^2 + 2g(h_A - h_C)}$$

$$v_C = \sqrt{(0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + 2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(48 \text{ m} - 16 \text{ m})}$$

$$v_C = 25,05 \text{ m/s}$$

B) Para el punto más bajo podemos aplicar la misma ecuación anterior y tenemos:

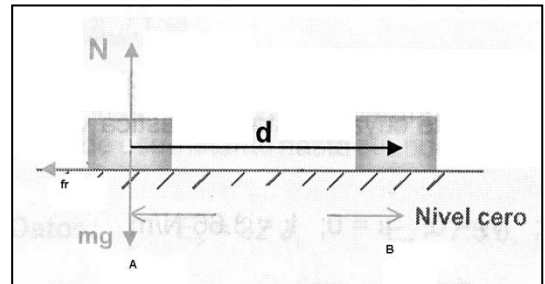
$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2g(h_A - h_B)}$$

$$v_B = \sqrt{(0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + 2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(48 \text{ m} - 3 \text{ m})}$$

$$v_B = 29,70 \text{ m/s}$$

Verificamos que en la parte más baja la velocidad es mayor.

6. Una caja de cartón de 3kg de masa, al moverse sobre una superficie horizontal con una velocidad de 12 m/s luego de recorrer 8 m se reduce a 6 m/s debido a la fricción entre la caja y el piso. Calcular el coeficiente de fricción cinético.



En este caso al ser un sistema no conservativo por la existencia de la fricción se tiene:

$$E_{M \text{ final}} = E_{M \text{ inicial}} - T_{fr}$$

$$E_{CB} + E_{pB} = E_{CA} + E_{pA} - fr \cdot d$$

La E_{pA} y la E_{pB} es igual a cero ya que la h es igual a cero y $N = mg$

$$E_{CB} = E_{CA} - \mu \cdot N \cdot d$$

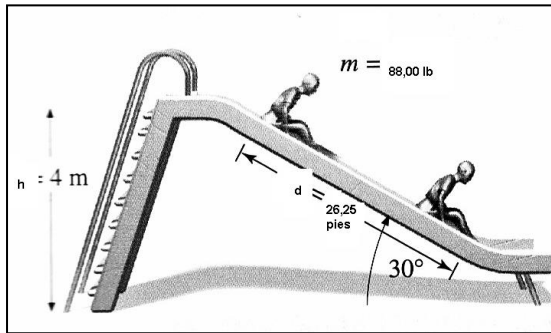
$$\frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{1}{2} m v_A^2 - \mu \cdot m \cdot g \cdot d$$

Despejamos μ y tenemos:

$$\mu = \frac{v_B^2 - v_A^2}{-2 \cdot g \cdot d} ; \mu = \frac{(6 \text{ m})^2 - (12 \text{ m})^2}{-2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(8 \text{ m})}$$

$$\mu = 0,69$$

7. Una niña de 88 lb se desliza hacia abajo por un tobogán de 26,25 pies de largo inclinado 30°.



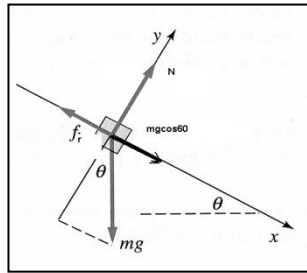
El coeficiente de rozamiento cinético entre la niña y el tobogán es $\mu_c = 0,35$. Si la niña parte del reposo desde el punto más alto del tobogán (A) a una altura de 4m sobre el suelo. Calcular la rapidez que tiene el niño al llegar al suelo (B)

Realizamos el D.C.L del niño:

$$\sum F_y = 0$$

$$N - mg \cos 60^\circ = 0$$

$$N = mg \cos 60^\circ$$



Se tiene que 88 lb = 40 kg, 26,25 pies = 8 m
 $h = 8 \cdot \sin 30^\circ$; $h = 4$ m

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

$$E_{CB} + E_{PB} = E_{CA} + E_{PA} - fr \cdot d$$

La E_{PB} es igual a cero ya que la h es igual a cero, $E_{CA} = 0$ ya que parte del reposo y $N = mg \cos 60^\circ$

$$E_{CB} = E_{PA} - \mu \cdot N \cdot d$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = m g h - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 60^\circ \cdot d$$

Despejamos v_B :

$$v_B = \sqrt{2g(h - \mu \cos 60^\circ d)}$$

$$v_B = \sqrt{2 \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right) (4m - 0,35(8m) \cos 60^\circ)}$$

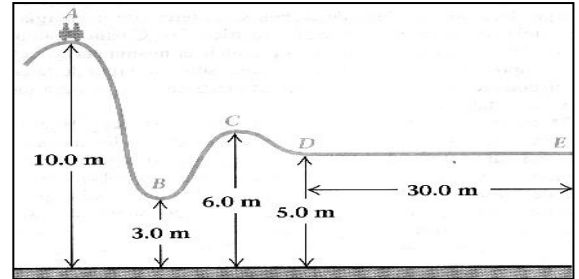
$$v_B = 5,56 \text{ m/s}$$

EJERCICIOS PARA LA TAREA

1. Un carpintero deja caer un martillo desde el techo de una casa. Si el martillo recorre una

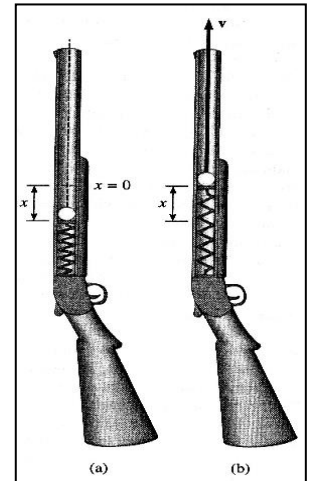
distancia de 4 m al caer. Determinar la rapidez justo antes de que golpee el suelo ignorando la resistencia del aire.

2. Suponer que el carrito de la montaña rusa parte del reposo en el punto A y se mueve sin fricción. Calcular:
 A) La velocidad con la que pasa por los puntos B, C y D.
 B) la desaceleración constante que debe aplicarse para detenerlo en E.



3. Una saltadora con pértiga de 50 kg que recorre a 10 m/s salta sobre la barra. Su velocidad cuando ha pasado la barra es de 1m/s. Sin tomar en cuenta la resistencia del aire ni la energía que absorbe la pértiga, determinar la altura que la atleta alcanza al cruzar la barra.

4. El mecanismo de lanzamiento de un rifle de juguete consiste en un resorte de constante de fuerza desconocida. Si el resorte se comprime una distancia de 0,120 m y puede lanzar un proyectil de 20 g desde el reposo a una altura máxima 20 m por encima del punto de partida del proyectil y sin tomar en cuenta la resistencia del aire. Calcular:

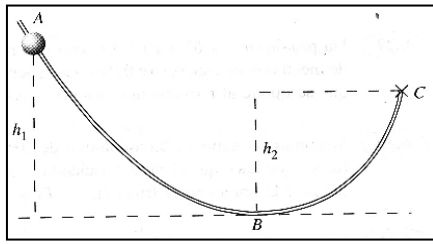


- A) La constante de la fuerza elástica del resorte
 B) La rapidez del proyectil cuando pasa por la posición de equilibrio del resorte en $x = 0$

5. Un martillo que un astronauta deja caer desde el reposo a una altura de 1,47 m sobre la superficie del planeta, tiene una velocidad de 4,1 m/s cuando llega a una altura de 0,32 m. Determinar si el planeta es la tierra.

6. Una esferita hueca parte del reposo en A y resbala por un alambre pasando por B con una rapidez de 200 cm/s, ignorando el rozamiento, calcular:

- A) La altura h_1 del punto A.
- B) La rapidez con la que pasa la esfera por C si h_2 es igual a 11 cm.



7. Si en la gráfica del ejercicio anterior $h_1 = 0,5$ m, $h_2 = 0,3$ m, la longitud del alambre desde A hasta C es de 4 m. Una esfera 3 g se suelta en el punto A y recorre el alambre hasta detenerse en el punto C. Calcular la fuerza de fricción promedio que se opone al movimiento.
8. Una caja de cartón llena de plátanos de 55 kg se desliza con una velocidad inicial de 0,45 m/s por una rampa inclinada a un ángulo de 23° con la horizontal. Si el coeficiente de fricción entre la caja y la rampa es de 0,24. Calcular la rapidez con la que llega al pie de la rampa de 2,1 m de longitud.

POTENCIA

Actualmente vivimos en un mundo en el cual todas las actividades se debe realizar en el menor tiempo posible, es así que para ser más eficientes el trabajo que realiza un cuerpo debe ser realizado en el menor tiempo.

Por lo que es necesario hablar de la **potencia (Pt)** que se la define como la cantidad de trabajo que se realiza en un determinado tiempo.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo realizado por la fuerza}}{\text{tiempo empleado}}$$

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

Esto nos permite comprender porque el trabajo realizado por subir unas escaleras requiere más potencia cuando quien lo realiza sube rápidamente, que cuando sube lentamente. El motor de un vehículo de gran potencia puede efectuar trabajo con rapidez o producir mayor aceleración.

Para una fuerza constante la potencia instantánea se define:

$$Pt = \frac{T}{t} ; Pt = \frac{F \cdot d}{t} ; Pt = F \cdot v$$

La medición de la potencia se origino de la necesidad de los primeros constructores de máquinas de vapor. Es James Watt (1736–1819), quien transformo la máquina de vapor en un sistema eficiente para impulsar mecanismos como trenes o barcos.

La ecuación es: $Pt = \frac{T}{t} ; Pt = F \cdot v$

Unidades (SI) : $Pt = \left[\frac{J}{s} \right] ; Pt = [W]$

1 joule/segundo = 1 watt

(cgs): $Pt = \left[\frac{\text{ergio}}{s} \right]$

(Inglés) = $Pt = \left[\frac{\text{kgf}}{s} \right]$

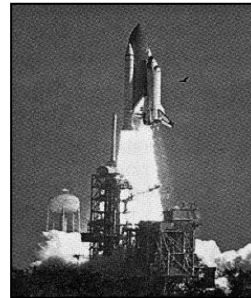
Otras unidades:

1 Caballo de vapor = 1 C.V = 736 W

1 Caballo de fuerza = 1 H.P = 746 W

1 Kilo Watt hora = 1 kWh = $3,6 \times 10^6$ J

Dimensiones: $Pt = [M \cdot L^2 \cdot T^{-3}]$



Los tres principales motores de un transbordador espacial pueden desarrollar 33 000 MW de potencia cuando queman combustible es decir 3 400 kg/s.

EFICIENCIA O RENDIMIENTO (Ef)

La eficiencia es un factor numérico que indica el máximo rendimiento de una máquina. También se puede decir que es aquel índice o grado de perfección alcanzado por una máquina. La potencia que genera una máquina no es transformada en su totalidad, en lo que la persona desea, sino que una parte del total se utiliza dentro de la máquina.

Determinación de la Eficiencia o Rendimiento:

1. El rendimiento mecánico en una máquina ideal es 1 ($u = 0$) porque no existe rozamiento, entonces; el trabajo útil es igual al trabajo producido.

Potencia de salida = Potencia de entrada

2. El rendimiento mecánico en una máquina real ($u > 0$) es siempre menor que 1, debido a las pérdidas de energía por el rozamiento interno que surge durante el funcionamiento de la máquina. Generalmente se multiplica por 100, para que el rendimiento se exprese en porcentaje (%)

La eficiencia mecánica de una máquina se define como la razón de la potencia de salida o potencia útil que produce la máquina a la potencia de entrada o potencia que se suministra a la máquina. Por lo tanto:

$$Ef\% = \frac{\text{Potencia de salida o Trabajo útil}}{\text{Potencia de entrada o Trabajo total}} \times 100\%$$

$$Ef\% = \frac{P_{ts}}{P_{te}} \times 100\%$$

$$Ef\% = \frac{P_{util}}{P_{teórica}} \times 100\%$$

El rendimiento es un concepto asociado al trabajo realizado por las máquinas. Viene a ser la calidad con la que una máquina realiza su trabajo. Es una medida de lo que obtenemos a cambio de lo que aportamos, es decir, el trabajo útil producido en comparación con la energía aportada.

VENTAJA MECANICA IDEAL (VMI)

Uno de los criterios principales que se debe considerar al momento de construir una máquina es la capacidad de un mecanismo particular para transmitir fuerzas. Algunos mecanismos como un tren de engranajes transmiten una razón constante entre la fuerza de entrada y la fuerza de salida.

$$VMI = \frac{F_s}{F_e}$$

VENTAJA MECANICA REAL (VMR)

Sin embargo todo mecanismo por efecto de la pérdida de energía interna en forma de calor, debido al rozamiento interno de los engranajes la ventaja mecánica que la máquina genera disminuye y esta en función de la eficiencia de esta.

$$Ef = \frac{VMR}{VMI}$$

$$VMR = Ef \cdot VMI$$

EJERCICIOS RESUELTOS

1. Se levanta una carga de 88 lb a una altura de 80 pies. Si esta operación toma 1,5 min. Calcular la potencia requerida en W y HP.

Se sabe que 88 lb = 40 kg y 80 pies = 24,38 m
1,5 min = 90 s

El trabajo desarrollado para levantar la carga es: $T = F \cdot d$; $T = P \cdot h$; $T = m \cdot g \cdot h$

$$T = (40 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(24,38 \text{ m})$$

$$T = 9\,556,96 \text{ J}$$

La potencia es igual a:

$$P_t = \frac{T}{t}; P_t = \frac{9\,556,96 \text{ J}}{90 \text{ s}}; P_t = 106,19 \text{ W}$$

La potencia en HP es:

$$P_t = (106,19 \text{ W}) \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ W}}; P_t = 0,14 \text{ HP}$$

2. Un motor de 50 caballos proporciona la potencia necesaria para mover el ascensor de un hotel de 900 kg. Determinar el tiempo necesario para levantar el ascensor 18 m.

El trabajo está dado por:

$$T = F \cdot d; T = P \cdot h; T = m \cdot g \cdot h$$

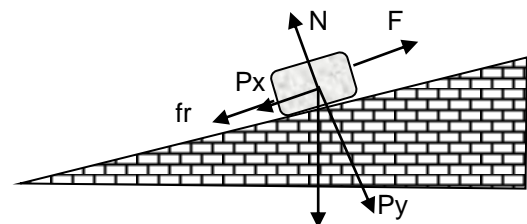
$$T = (900 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(18 \text{ m}); T = 158\,760 \text{ J}$$

$$\text{La potencia } P_t = 50 \text{ HP} \frac{746 \text{ W}}{1 \text{ HP}}; P_t = 37\,300 \text{ W}$$

El tiempo se calcula con:

$$P_t = \frac{T}{t}; t = \frac{T}{P_t}; t = \frac{158\,760 \text{ J}}{37\,300 \text{ W}}; t = 4,26 \text{ s}$$

3. Calcular la potencia del motor de un vehículo de 1 200 kg que sube por una carretera que tiene una pendiente de 10° con una velocidad constante de 70 km/h. La fuerza de rozamiento que actúa sobre el vehículo es de 600 N.



El ángulo $\Theta = 10^\circ$; $v = 70 \text{ km/h} = 19,44 \text{ m/s}$

Aplicamos la primera ley de Newton ya que la velocidad es constante:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F - P_x - fr = 0 \quad ; \quad F = m g \cos 80^\circ + fr$$

$$F = (1\,200 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)(\cos 80^\circ) + 600 \text{ N}$$

$$F = 2\,642,10 \text{ N}$$

La potencia calculamos con:

$$Pt = F \cdot v \quad ; \quad Pt = (2\,642,10 \text{ N})(19,44 \text{ m/s})$$

$$Pt = 51\,362,42 \text{ W} \quad ; \quad Pt = 78,85 \text{ HP}$$

4. Un ciclista ejerce una fuerza de tracción en las ruedas de $(-3i + 4j)$ N para adquirir una velocidad de $(-7,2i + 9,6j)$ m/s. Determinar la potencia que ejerce el ciclista. La potencia en una magnitud escalar por tal razón se debe realizar el producto punto o producto escalar de dos vectores así:

$$Pt = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

$$Pt = (-3i + 4j) \text{ N} \cdot (-7,2i + 9,6j) \text{ m/s}$$

$$Pt = [(-3)(-7,2) + (4)(9,6)] \text{ W}$$

$$Pt = 60 \text{ W} \quad ; \quad Pt = 0,08 \text{ HP}$$

5. Un automóvil Nissan de 1 200 kg puede acelerar desde el reposo hasta 25 m/s en un tiempo de 3s. Calcular la potencia media que desarrolla el motor del vehículo para desarrollar esta aceleración, ignorando la fricción. El trabajo realizado en acelerar el automóvil esta dado por.

$$\begin{aligned} T &= \Delta E_c \quad ; \quad T = E_{cf} - E_{co} \\ T &= \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_o^2 \\ T &= \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_o^2) \\ T &= \frac{1}{2} (1\,200 \text{ kg}) (25 \text{ m/s})^2 \\ T &= 375\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

La potencia será:

$$Pt = \frac{T}{t} \quad ; \quad Pt = \frac{375\,000 \text{ J}}{3 \text{ s}} \quad ; \quad Pt = 125\,000 \text{ W}$$

$$Pt = 167,56 \text{ HP}$$

6. Un ascensor de 1 000 kg transporta una carga máxima de 800 kg a una rapidez constante de 3 m/s. Una fuerza de fricción constante de 600 N retarda el movimiento ascendente. Calcular la potencia que realiza el motor para elevar al ascensor cargado.

Aplicamos la primera ley de Newton ya que la velocidad es constante:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F - PT - fr = 0 \quad ; \quad F = (M + m)g + fr$$

$$F = (1\,000 \text{ kg} + 800 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) + 600 \text{ N}$$

$$F = 18\,240 \text{ N}$$

La potencia es:

$$Pt = F \cdot v \quad ; \quad Pt = 18\,240 \text{ N} \cdot 3 \text{ m/s}$$

$$Pt = 54\,720 \text{ W} \quad ; \quad Pt = 73,35 \text{ HP}$$

1. Si se aprovecha el 20 % de la potencia que genera un motor al elevar un bloque de 100 kg con una velocidad constante de 0,5 m/s. Determinar la potencia nominal (entrada) que indica la etiqueta del motor.

Se determina que:

$$E_f = 20\%$$

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

$$P_{te} = ?$$

La potencia se salida está dada por:

$P_{ts} = F \cdot v$; en este caso la fuerza que genera el motor es igual al peso del bloque.

$$P_{ts} = P \cdot v \quad ; \quad P_{ts} = m \cdot g \cdot v$$

$$P_{ts} = 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m/s}$$

$$P_{ts} = 490 \text{ W}$$

Pero se sabe que:

$$E_f\% = \frac{P_{ts}}{P_{te}} \times 100\% \quad ; \quad P_{te} = \frac{P_{ts}}{E_f\%} 100\%$$

$$P_{te} = \frac{P_{ts}}{E_f\%} 100\% \quad ; \quad P_{te} = \frac{490 \text{ W}}{20\%} 100\%$$

$$P_{te} = 2\,450 \text{ W}$$

2. Un motor de 75 W utiliza 2 minutos para elevar 20 litros de agua a una altura de 25 m. Determinar el rendimiento del motor.

Se determina que:

$$P_{teórica} = 75 \text{ W}$$

$$t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

$$V = 20 \text{ l} \quad ; \quad V = 0,02 \text{ m}^3$$

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

Como hay que subir los 20 litros de agua a una altura de 25 metros la energía que se necesita es potencial gravitatoria por tal razón:

$$d = \frac{m}{V}; \quad m = d \cdot V$$

$$m = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,02 \text{ m}^3$$

$$m = 20 \text{ kg}$$

$$E_p = m g h$$

$$E_p = 20 \text{ kg } 9,8 \text{ m/s}^2 25 \text{ m}$$

$$E_p = 4 900 \text{ J}$$

La energía potencial constituye el trabajo que realiza el motor.

$$P_{\text{útil}} = \frac{T}{t}; \quad P_t = \frac{4 900 \text{ J}}{120 \text{ s}}; \quad P_t = 40,83 \text{ W}$$

La eficiencia o rendimiento del motor es:

$$E_f\% = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{teórica}}} \times 100\%$$

$$E_f\% = \frac{40,83 \text{ W}}{75 \text{ W}} \times 100\%$$

$$E_f\% = 54,44 \%$$

EJERCICIOS PARA LA TAREA

1. Calcular la potencia en kilowatts el motor de un Honda Civic CRX de 108 HP, de un Ford Explorer de 210 HP, de un auto de carreras William Renault de 640 HP, de un bus de 400 HP
2. La Empresa Eléctrica Quito cobra 0,083 dólares por kilowatts-hora. Calcular el costo de utilizar una bombilla eléctrica de 100 W durante 12 h.
3. La altura aproximada de las cascadas de la novia en Baños es de 40 m. Se estima que cada segundo pasan por la cascada 3×10^6 kg de agua. Si se lograra aprovechar toda esta energía que potencia producirá.
4. Las baterías eléctricas convencionales de los vehículos eléctricos pueden entregar energía en forma continua a una tasa aproximada de 300 W. Calcular cuántas baterías de almacenamiento necesitaría un automóvil eléctrico para desarrollar 80 HP.

5. Un motor produce 42 HP para impulsar un automóvil a lo largo de una pista nivelada a 15 m/s. Calcular la magnitud de la fuerza total de frenado que actúa sobre el auto.
6. En cuanto tiempo un motor de 6 HP puede llenar con agua un tanque de reserva de 12 m^3 situado a 14 m de altura.
5. Sobre una pelota se aplica una fuerza de $(120i - 80j)$ N durante 4 s que le produce un desplazamiento de $(8,3i - 5,5j)$ m. Calcular la potencia desarrollada por la fuerza.
6. Un astronauta con traje espacial tiene una masa de 110 kg. Para subir por una colina a 7,3 m de altura en 7,2 s el astronauta requiere un consumo de potencia de 0,27 HP.

Determinar si el astronauta se encuentra en la Tierra.

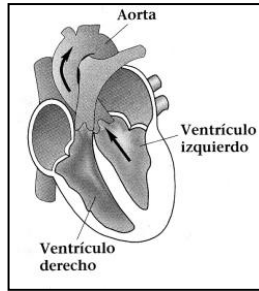
9. Un vehículo Toyota de 1300 Kg puede acelerar desde 40 km/h a 120 km/h en 10s cuando sube un pendiente de 20° de inclinación. Calcular la potencia que desarrolla el motor ignorando las pérdidas por fricción. Considere que:
T total realizado = $\Delta E_c + \Delta E_p$.
10. Una máquina realiza un trabajo de 120 J cuando se le suministra 130 J de energía. Determinar la eficiencia de la máquina.
11. Determinar la cantidad de energía que se disipa al suministrar 400 J de energía a una máquina que tiene un 30 % de eficiencia.
12. Una máquina desarrolla una potencia de 900 W y tiene una eficiencia del 70 %; al trabajar la máquina 15 minutos determinar la energía que se necesita suministrarla.

APLICACIONES EN LA VIDA COTIDIANA

1. En un parque de diversiones todos los juegos poseen todas las formas de energía conocidas.
2. Una ola en el mar posee energía asociada con su movimiento. Esta es una forma de energía.
3. Se ejerce una fuerza para estirar un resorte de ejercicio. El trabajo se efectúa cuando se estira el resorte.



4. El corazón puede considerarse como una bomba intermitente que empuja aproximadamente 70 cm^3 de sangre dentro de la aorta casi 75 veces por minuto. La potencia que utiliza el corazón para mover la sangre a esta arteria es de $1,4 \text{ W}$ aproximadamente.



5. El ejercicio aeróbico quema bastantes calorías. Esta energía proviene de los alimentos que nosotros consumimos y se almacena como grasa en nuestro cuerpo.
6. El principio de conservación de la energía se aplica también en la microbiología, es así como algunas bacterias utilizan energía química para producir luz, esto se da en ciertos peces que tienen sacos debajo de sus ojos llenos de bacterias emisoras de luz. La luz emitida atrae a otras criaturas más pequeñas que sirven de alimento al pez.
7. En los puentes cuando se produce el salto bungee.

EXPLICA UTILIZANDO LO APRENDIDO

- Un joven empuja una podadora de césped cuatro veces más lejos que otro joven, mientras ejerce solo la mitad de la fuerza. Determinar quién realiza más trabajo y en qué cantidad.
- Un estudiante de física y una sobrecarga se lanzan entre sí una pelota dentro de un avión en vuelo. Explicar si la E_c de la pelota depende de la rapidez del avión.
- El peso hace trabajo sobre un automóvil que baja por una cuesta, pero no efectúa trabajo cuando el automóvil va por una carretera plana.
- En una resbaladera, la energía potencial de un niño disminuye $1\ 000 \text{ J}$ mientras que su energía cinética aumenta 900 J . Determinar que otra forma de energía interviene y cuánto vale.
- Si una pelota de golf y una de ping pong se mueven con la misma energía cinética. Se puede decir cual tiene mayor rapidez aplicando la definición de E_c .
- Un ingeniero diseña una montaña rusa para un parque de diversiones. Su jefe le pide

proyectar una montaña rusa que deberá soltar un carro desde una posición de reposo en lo alto de una cima de altura h para que rueda libremente cuesta abajo y alcance la cima siguiente cuya altura es de $1,1h$. Que le dirá el ingeniero a su jefe.

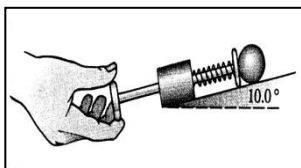
- Se puede afirmar que un automóvil quema más gasolina cuando enciende sus luces, es decir el consumo total de la gasolina depende de si el motor trabaja mientras las luces están encendidas.
- Cuando un conductor aplica los frenos para mantener el vehículo cuesta abajo con una rapidez constante y con una energía cinética constante, la energía potencial del automóvil disminuye. Indicar a donde va esta energía.
- La energía que necesitamos para vivir proviene de la energía potencial química almacenada en el alimento, que se convierte en otras formas de energía durante el proceso del metabolismo. Describir que sucede a una persona cuya producción combinada de trabajo y calor es menor que la energía que consume. Cuando el trabajo y el calor producidos por la persona son mayores que la energía que consume. Una persona desnutrida podrá efectuar trabajo adicional sin alimento adicional.
- Para combatir los hábitos de desperdicios, con frecuencia se habla de **“conservar la energía”** apagando las luces, no planchar la ropa en la noche, mantener los termostatos en un valor moderado. Existe diferencias cuando hablamos del principio de la **“conservación de la energía”**.

REFORZANDO LO APRENDIDO.

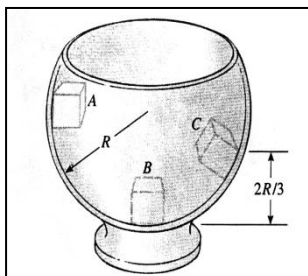
- Un hombre que limpia su departamento estira del cuerpo de una aspiradora con una fuerza de magnitud $F = 50 \text{ N}$ con un ángulo de 25° . El hombre desplaza la aspiradora una distancia de $2,5 \text{ m}$. Calcular el trabajo realizado por la fuerza de 50 N .
- El segundo piso de una casa está 4 m por arriba del nivel de la calle. Demostrar que el trabajo que se requiere para subir un refrigerador de 300 kg al nivel del segundo piso es de $12\ 000 \text{ J}$.
- Cuando una fuerza F se ejerce sobre cierta distancia en un carrito de supermercado de masa m , su energía cinética aumenta $\frac{1}{2} mv^2$. Demostrar que la distancia en que actúa la fuerza f es $mv^2/2F$. Si se ejerce el doble de la fuerza durante el doble de la distancia en qué

forma varia la energía cinética en las dos situaciones.

4. Un cajón de 3 kg se desliza por una rampa en un muelle de carga. La rampa tiene 1 m de largo y tiene un ángulo de inclinación de 30° . El cajón parte del reposo en la parte más alta, experimenta una fuerza de fricción constante cuya magnitud es de 5 N y continúa moviéndose una distancia corta sobre el piso plano. Utilizando métodos energéticos determinar la rapidez del cajón cuando llega al pie de la rampa.
5. Un martillo de 1,03 kg que se mueve a 1,25 m/s encaja un clavo 0,752 cm dentro de un tablero. Calcular la fuerza de resistencia promedio.
6. Si un auto de 1200 kg aumenta su velocidad de 10 a 30 km/h y luego de 30 a 50 km/h sin considerar los efectos de la fricción. Calcular:
 - A) El trabajo necesario para mantener la velocidad en el primer tramo.
 - B) Aumentara el trabajo en el segundo tramo.
7. El lanzador de bolas de una máquina de "pinball" tiene un resorte cuya constante de fuerza es 1,2 N/cm. La superficie sobre la que se desplaza la bola está inclinada 10° respecto a la horizontal. Si el resorte se comprime inicialmente 5 cm, determinar la rapidez con la que se lanza una bola de 0,100 kg cuando se suelta el émbolo. La fricción y la masa del embolo son insignificantes.

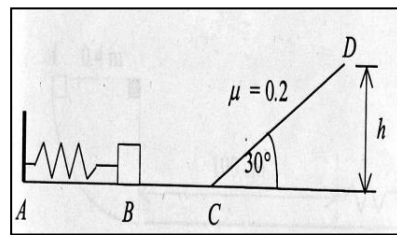


8. En el deporte del salto bungee, un osado estudiante de física salta de un puente con una cuerda elástica de diseño especial sujeta a sus tobillos. La longitud de la cuerda sin alargamiento es de 25 m, el estudiante pesa 70 N y el puente esta 36 m por encima de la superficie de un río. Calcular la constante de fuerza de la cuerda que se necesita para que el estudiante se detenga sin peligro a 4 m arriba del río.
9. Un cubo de hielo de 200g que está en reposo en el punto A se suelta dentro de un tazón semiesférico



liso de radio $R = 20$ cm. Calcular:

- A) La energía potencial gravitacional en A respecto a B.
 - B) La energía cinética y rapidez en B.
 - C) La energía potencial en C respecto a B y la energía cinética en C.
10. Una bomba de agua sube un el líquido desde un lago hasta un gran tanque colocado 20 m arriba del nivel lago. Calcular la cantidad de trabajo desarrollado por la bomba contra la gravedad para transferir 6 m^3 de agua al tanque. Un metro cúbico de agua tiene una masa de 1000 kg.
 11. En la figura, el tramo A-B-C es liso, mientras que el tramo C-D es rugoso. El resorte se encuentra comprimido 8 cm y luego se suelta. Si $m = 3$ kg y $k = 40$ N/cm. Calcular:
 - A) La rapidez del cuerpo en C
 - B) La altura a la que llega el cuerpo.



12. Un motor de un automóvil de 900 kg desarrolla una potencia máxima de 40 HP para mantenerlo con una rapidez constante de 120 km/h en una superficie nivelada. Calcular la magnitud de la fuerza de fricción que impide su movimiento a esa rapidez.
13. La escalera mecánica de los grandes almacenes de autoservicio transporta una carga constante de 36 personas por minuto desde la primera planta hasta la segunda con una diferencia de niveles de 8 m. La masa promedio de una persona es de 65 kg. Si el motor eléctrico que acciona a la transmisión mecánica de la escalera entrega 3 kW, determine la eficiencia mecánica del sistema.
14. Un ascensor de sillas está diseñado para transportar 900 esquiadores por hora desde la base A hasta la cima B. El peso promedio de un esquiador es de 80 N y la velocidad promedio del ascensor es de 25 m/s. Determine:
 - A) La potencia promedio requerida
 - B) La capacidad requerida del motor eléctrico si la eficiencia mecánica del sistema es del 85 % y se debe permitir un 300 % de sobrecarga

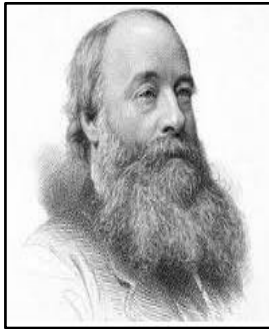
BIOGRAFÍAS

Heinrich Rudolf Hertz

(1818/12/24 - 1889/10/11)

Nació en la ciudad de Salford, Mánchester, el 24 de diciembre de 1818. Fue un físico inglés conocido por sus investigaciones en electricidad y termodinámica. Nació en el seno de una familia humilde dedicada a la fabricación de cervezas. Joule recibió clases particulares de física y matemáticas, de Joule Dalton, quien lo aliento hacia la investigación científica, a la vez se formó en la universidad de Mánchester.

El área más fructífera de investigación de Joule es la relativa a la energía. La investigación de ésta le lleva a enunciar el Principio de la Conservación de la energía y aunque hubo otros físicos que contribuyeron al estudio de esta (Mayer y Helmholtz), fue Joule quién le proporcionó una mayor solidez. Publicó a lo largo de su vida varios artículos, como por ejemplo, en 1840, la Producción de calor de la electricidad voltáica en la que estableció la ley que afirma que el calor es proporcional al producto de la resistencia del conductor por el cuadrado de la intensidad de la corriente. Sus escritos científicos (dos volúmenes) se publicaron en 1885 y 1887. Inventó el motor eléctrico, pudo demostrar que al fluir por un conductor una corriente eléctrica, aumenta su temperatura y pudo encontrar relación entre el calor disipado y la corriente eléctrica que atraviesa una resistencia. Junto a William Thomson, físico de profesión, descubrió que la temperatura de un gas baja cuando se expande sin efectuar ningún trabajo. Fenómeno el cual se conoce como efecto Joule-Thomson, necesario en la refrigeración y el sistema de aire acondicionado. Estudió también el magnetismo y su relación con el trabajo mecánico, originando la Teoría de la energía. Trabajo junto a Lord Kelvin para descubrir la escala absoluta de la temperatura, encontró entre la corriente eléctrica que pasa por una resistencia y el calor disipado, una relación que actualmente se conoce como Ley de Joule. Muere el 11 de octubre de 1889 en Salford, Inglaterra.



consumían energía. En un principio se basaba en su propio esfuerzo físico y en ocasiones se ayudaba de animales como los burros, bueyes, caballos, etc.

En el paleolítico los protagonistas eran el fuego y los combustibles vegetales. Entonces la madera era abundante y gratuita. La gente vivía en tribus y empezaron a surgir aldeas, ciudades y a medida que éstas crecieron hubo mayor necesidad de energía y los bosques comenzaron a sobre explotarse. Así, poco a poco se empezaba a hacer necesario una cierta monitorización de la oferta y la demanda de la leña. En la edad del bronce destacaron la metalurgia, las velas, y el movimiento rotatorio entre otros.



Podemos decir que hasta la llegada en el siglo XVIII de la I Revolución Industrial, los únicos sistemas mecánicos que se empleaban para la obtención de energía eran los molinos de viento y los de agua y la fuente de energía fundamental, por ser la más abundante, era la leña.

La invención de la máquina de vapor marcaba el origen de la I Revolución Industrial. Estas máquinas quemaban carbón para generar energía.

Hacia 1825-1830, se pudo proliferar la aplicación práctica de la máquina de vapor; ya no se necesitaban las fuerzas de origen animal y por ello, empezó a intensificarse su empleo industrial.

Con la máquina de vapor se mejoraron los medios de transporte; apareció la locomotora de Stephenson pero consumía enormes cantidades de carbón para transformar la energía calorífica en mecánica con un rendimiento inferior al 1%.

Así la nueva sociedad que surgía con la Revolución Industrial implicaba también nuevas y mayores demandas de energía; fue así como surgió con mayor fuerza la comercialización del petróleo y sus derivados. Las compañías petrolíferas se desarrollaban proporcionalmente a los mercados nuevos que se creaban: transportes, calefacción etc. Y la búsqueda de yacimientos petrolíferos era el objetivo perseguido por los países que ya intuían su poder. Así Gran Bretaña estableció en 1941 su primer campo petrolífero en Irán.

Historia de la Energía.

El hombre a lo largo de la historia, siempre ha llevado a cabo diversas actividades que

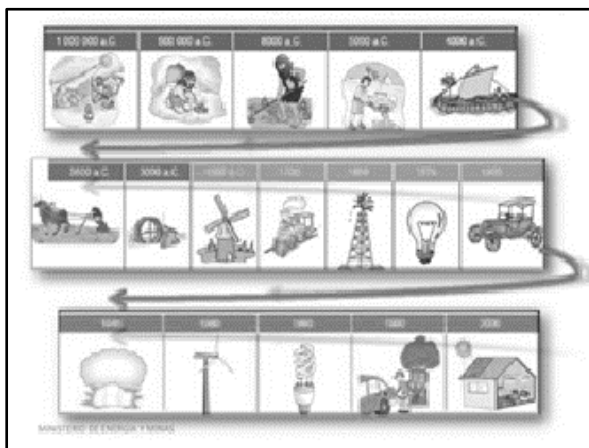
Las grandes demandas de combustibles generadas por la Segunda Guerra Mundial hizo que las empresas americanas se expandieran por todo el mundo; de hecho en 1955 las dos terceras partes del petróleo del mercado mundial eran suministradas por empresas de Estados Unidos. A su vez, Oriente Próximo se perfilaba como la mayor reserva de crudo del mundo.

La primera gran crisis del petróleo tuvo lugar en 1973; los productores de petróleo (países árabes) embargaron el suministro de crudo a Estados Unidos y recortaron su producción haciendo saltar todas las alarmas.

A finales de los setenta, una segunda crisis azotaría de nuevo; la producción de Irán bajó a niveles mínimos tras ser destronado el Sha de Persia. En consecuencia entre 1970 y 1980 el precio del petróleo se había multiplicado por 19. Esta situación provocó que los mercados, que hasta ahora se habían consolidado en el petróleo y en el gas, dieran nuevas oportunidades al carbón que poco a poco comenzó a recuperar el terreno perdido sobre todo como alternativa más económica para industrias y centrales eléctricas.

El petróleo es un combustible que es mejor que la leña o el carbón que utilizaban las máquinas de vapor. Era más fácil de transportar y tenía mayor densidad energética. Esto significa que, para obtener la misma cantidad de energía, necesitamos menos petróleo que carbón.

Con el petróleo también llegó el gas. Permitió la aparición de las primeras redes de alumbrado público en el siglo XIX. Pero, a principios del siglo XX, la escasez de gas forzó el cambio hacia otra fuente de energía: la electricidad.



La electricidad fue posible gracias al alternador. Es el aparato que transforma el movimiento del agua o del viento en energía eléctrica. La electricidad y el petróleo son las dos grandes

fuentes de energía del siglo XX y configuraron las ciudades tal como las conocemos.

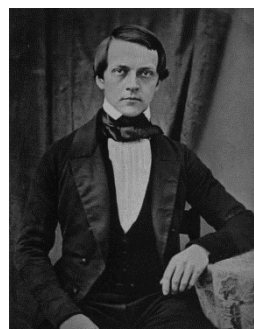
Poco después, las investigaciones científicas permitieron entender el funcionamiento del átomo. Y descubrieron que romper el núcleo de un átomo genera mucha energía. Este es el principio de la energía nuclear, una fuente de energía muy potente.

Principio de Conservación de la Energía.

Mayer y Joule fueron sólo dos de al menos una docena de personas que, entre 1832 y 1854, propusieron de alguna forma la idea de que la energía se conserva.

Algunos expresaron la idea vagamente; otros con toda claridad. Algunos llegaron al convencimiento principalmente a través de la filosofía; otros a partir de consideraciones prácticas en el uso de motores y máquinas o a partir de experimentos de laboratorio; otros más por una combinación de factores. Muchos, entre ellos Mayer y Joule, trabajando independientemente de todos los demás. Una cosa era evidente, la idea de la conservación de la energía estaba, de alguna manera, «en el aire».

Pero si hemos de poner fecha al inicio de la aceptación mayoritaria de la ley de la conservación de la energía hemos de referirnos a la publicación de uno de los artículos más influyentes de la historia, no ya de la física, sino de la ciencia, lo que no implica que sea de los más conocidos. Se publicó en 1847, dos años antes de que Joule publicase los resultados de sus experimentos más precisos. El autor, un joven médico alemán que estaba estudiando el metabolismo del músculo llamado Hermann von Helmholtz, tituló su trabajo *Über die Erhaltung der Kraft* (Sobre la conservación de la fuerza). Helmholtz (usando » fuerza «en el sentido moderno de «energía»), afirmaba audazmente en él la idea que otros sólo expresaban vagamente, a saber, «que es imposible crear una fuerza motriz duradera a partir de nada». Con esto rechazaba la existencia de una «fuerza vital» necesaria para el movimiento del músculo, una idea la de la necesidad de la fuerza vital directamente extraída de la Naturphilosophie imperante en la fisiología alemana de la época.



Helmholtz volvería sobre este tema aún más claramente muchos años después en una de sus conferencias de divulgación:

Llegamos a la conclusión

de que la Naturaleza en su conjunto posee una reserva de fuerza [energía] que no puede de ninguna manera ser aumentada ni disminuida y que, por lo tanto, la cantidad de fuerza en la Naturaleza es igual de eterna e inalterable que la cantidad de materia. Expresado en esta forma, he llamado a la ley general «El Principio de la Conservación de la Fuerza».

Así pues, a mediados del siglo XIX queda establecido un principio básico y universal de la ciencia con enormes consecuencias prácticas. Cualquier máquina o motor que realice trabajo (proporciona energía) sólo puede hacerlo si la extrae de alguna fuente de energía. O, de otra forma, la máquina no puede suministrar más energía de la que obtiene de la fuente.

Cuando se agote la fuente, la máquina dejará de funcionar. Las máquinas y los motores sólo pueden transformar la energía; no pueden crearla o destruirla.

Esto, que hoy día debería estar asumido, no lo está tanto como debiera. En cualquier caso, con lo que llevamos visto en esta serie de forma tan sencilla, ya podemos formular dos de las leyes que rigen el funcionamiento del universo (así, como suena) y que veremos en las dos próximas entregas de la serie.