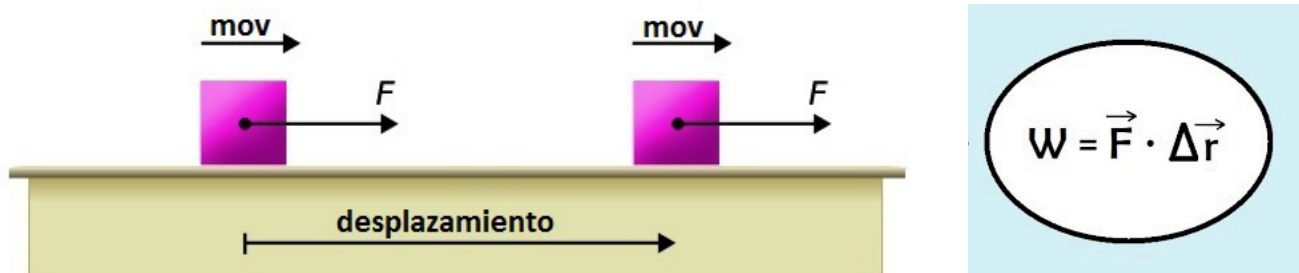


UNIDAD 7 : Trabajo, Energía y Calor

7.1. Trabajo.

Supongamos que aplicamos una fuerza sobre un objeto de tal manera que provocamos un desplazamiento en éste, tal como se indica en la figura:



Podemos definir TRABAJO (W) como una magnitud escalar cuyo valor se determina multiplicando el módulo de la fuerza aplicada por el desplazamiento producido.

La unidad de medida del Trabajo en el sistema internacional es el Julio (J):

$$W = \text{Newton} \cdot \text{metro} = \text{Julio (J)}$$

Así podemos definir el Julio como el trabajo efectuado al aplicar una fuerza de 1 N y provocar un desplazamiento de un metro.

En ningún momento debemos confundir trabajo con esfuerzo, si no hay desplazamiento no se realiza trabajo alguno, por mucho esfuerzo que se haga.

Consideraremos el trabajo positivo cuando la fuerza aplicada tiene la misma dirección y sentido que el desplazamiento. Por ejemplo: el trabajo realizado al empujar una caja.

Si la fuerza coincide en dirección pero no en sentido con el desplazamiento, el trabajo tendrá signo negativo. Por ejemplo: el trabajo efectuado por una fuerza de rozamiento.

A.1. Con el fin de tener una idea intuitiva del valor de 1 J, propón trabajos que equivalgan aproximadamente a 1 J, a 10 J y a 100 J.

A.2. Calcula el trabajo que realiza:



- a) Un burro al arrastrar sobre el suelo un paquete de 30 kg, tirando horizontalmente de él con una fuerza de 100 N a lo largo de una distancia de 5 m
- b) un levantador de pesas que consigue elevar 157 kg desde el suelo hasta una altura de 2 metros con una aceleración de 3 m/s^2 .
- c) el mismo levantador de pesas al mantenerlos 157 kg durante 15 segundos en el aire.

7.2. Energía. Concepto

A la hora de intentar explicar qué hace falta para producir cambios deseados, las personas, en el lenguaje cotidiano, solemos referirnos a la necesidad de energía, de realizar trabajo, de calentar, de hacer fuerzas, etc. No obstante, aunque estas ideas y estas palabras nos permiten comunicarnos fácilmente en la vida cotidiana, su significado es ambiguo y, si queremos avanzar en la comprensión científica de los cambios, será necesario precisarlas y cuantificarlas.

Hemos dicho que «hace falta energía» para que se produzcan cambios. Comenzaremos por precisar esta idea. *Proponed distintos ejemplos de sistemas (objetos o conjuntos de objetos) que, en vuestra opinión, tengan energía y explicad a qué es debido que la tengan.*

Solemos afirmar, por ejemplo, que la gasolina contenida en un depósito, una corriente de agua, una pila eléctrica, un arco tenso, un horno caliente, etc., tienen energía porque **podemos imaginar fácilmente situaciones en las que podrían producir cambios en otros objetos o sistemas**, como, por ejemplo, el movimiento de un vehículo, el movimiento de una noria, el funcionamiento de un ventilador a pilas, el lanzamiento de una flecha, la fabricación de pan, etc.

De acuerdo con lo anterior, decimos que **un objeto o, en general, un sistema, tiene energía cuando posee capacidad para realizar transformaciones.**

Puesto que distintos sistemas pueden realizar cambios en otros debido a distintas causas, solemos hablar de distintas «formas de energía». En los medios de comunicación se suele hacer referencia con bastante asiduidad a muchas clases de energía. Ello podría hacer pensar que existe una gran variedad de formas de energía, pero ... *¿es eso realmente así?*

A.2. *Haced una lista con los distintos tipos de energía que conozcáis y de objetos o sistemas que tengan dichos tipos de energía, comentando en cada caso a qué es debido que tengan energía.*

Podemos pensar en una gran variedad de formas de energía, por ejemplo, la **hidráulica** (la que posee el agua de un embalse), la **nuclear** (un mineral de uranio o plutonio), la **solar** (la que tiene la radiación que nos llega del Sol), la **química** (el petróleo), la **elástica** (un muelle comprimido), la **eléctrica** (una batería eléctrica), la **eólica** (el viento), la **maremotriz** (olas del mar), la **térmica** (una barra de hierro caliente), la **cinética** (el agua de un río, un ventilador en marcha), etc.

No obstante, una reflexión sobre el porqué de los ejemplos anteriores pone de relieve que **la energía de muchos sistemas es debida a que se encuentran en movimiento respecto de otros** (agua de un río, ventilador en marcha, viento, un vehículo, etc.) y, hasta que paren, pueden realizar transformaciones. En estos casos, diremos que tienen **energía cinética**.

En otro gran grupo estarían sistemas que tienen energía debido a que dentro de ellos existen fuerzas tales que **distintas posiciones entre las partes del sistema implican diferente capacidad para realizar cambios** (diferente energía). Analicemos algunos ejemplos al respecto:

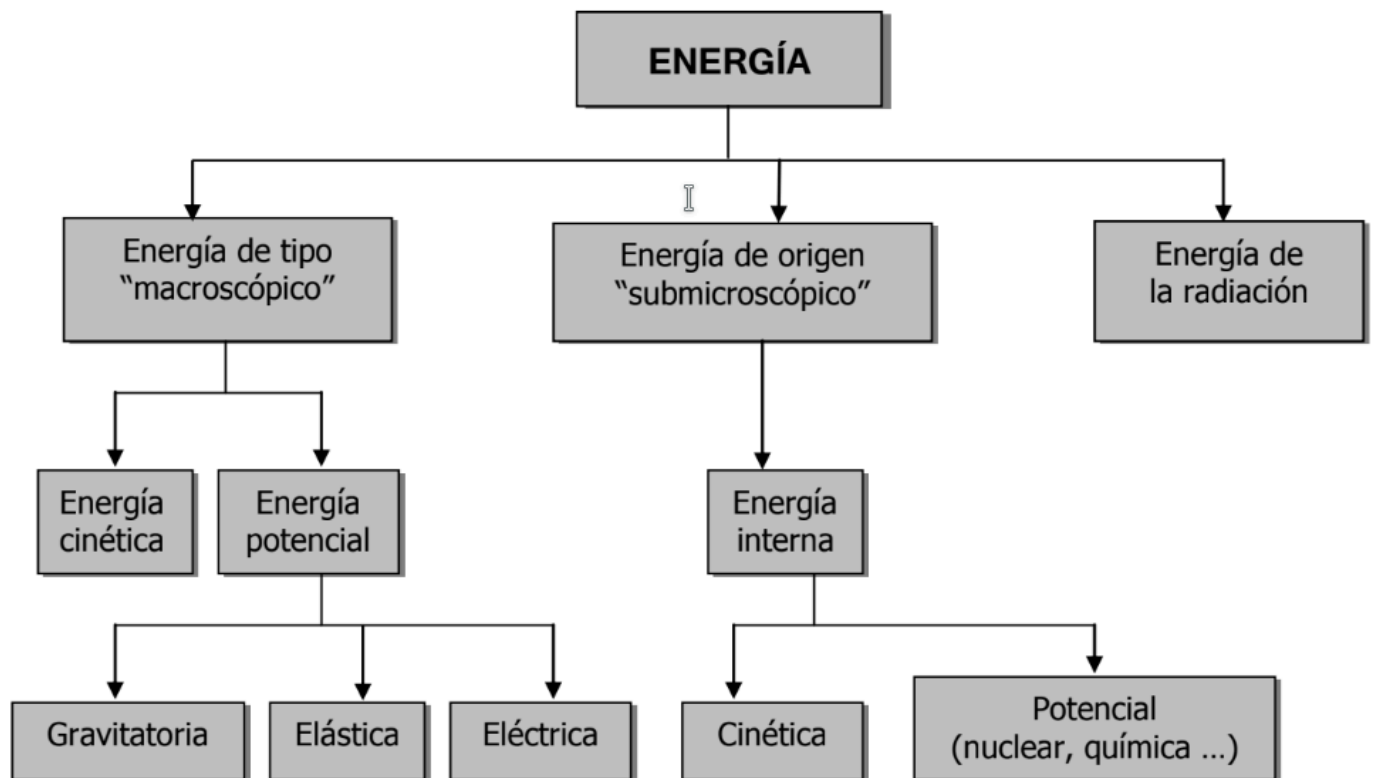
- ✓ **El agua de un embalse antes de comenzar a caer..** Es el conjunto agua/Tierra el que tiene energía. Si el agua estuviera en una zona donde no hubiera atracción gravitatoria, no tendría energía.
- ✓ **Un muelle perfectamente elástico.** En este caso, cuando se estira o se comprime (cambia la separación entre las partes del muelle) aparecen fuerzas que hacen que distinta posición equivalga a distinta capacidad del muelle para realizar transformaciones.
- ✓ **Dos cuerpos cargados eléctricamente.** Si pensamos, por ejemplo, en dos objetos puntuales con carga eléctrica del mismo signo, ejercerán uno sobre el otro una fuerza eléctrica repulsiva. Las fuerzas eléctricas dependen de la distancia y, por tanto, al variar la separación varía la capacidad para realizar transformaciones. De nuevo **es el sistema formado por ambos cuerpos (cargados) el que tiene energía**. Si hubiera un solo objeto puntual cargado, no podríamos hablar de energía.

Los tres casos que acabamos de analizar se caracterizan porque en cualquiera de ellos el sistema tiene energía «en potencia» o de forma más precisa: **energía potencial**. Además, según el tipo de fuerzas que existan entre las partes del sistema hablaremos de **energía potencial gravitatoria, elástica o eléctrica**.

A las fuerzas que son la causa de la energía potencial se las llama «fuerzas conservativas», porque gracias a ellas se puede «almacenar o conservar» la energía y utilizarla íntegramente para producir movimiento. No todas las fuerzas son conservativas: la de rozamiento o la que existe entre las partes de un muelle cuando ha perdido su elasticidad son «fuerzas no conservativas».

Por último, podemos identificar **sistemas que tienen energía** (como la gasolina y el oxígeno necesario para que se queme; un objeto a una temperatura más alta que la del ambiente; la de un trozo de uranio...) **cuyo origen podemos comprender si pensamos que todos los cuerpos están formados por partículas** (átomos, moléculas, iones...) que se encuentran en movimiento, ejercen fuerzas entre ellas, pueden reaccionar químicamente, etc. A este tipo de energía de origen «sub microscópico» lo llamaremos globalmente **energía interna**.

La energía de la luz solar o de cualquier otra radiación es difícilmente clasificable en los tipos anteriores, por lo que hablaremos simplemente de **energía de la radiación**.



Un sistema puede tener simultáneamente energías de distinto tipo y, en ese caso, cuando se habla de la energía del sistema nos referimos a la suma de todas las energías de distinto tipo que pueda tener.

A la suma de las energías de origen «macroscópico» asociadas a propiedades de tipo mecánico (masa, velocidad, distancia) se le llama **energía mecánica**. La energía mecánica de un sistema es, pues, la suma de su energía cinética, potencial elástica y potencial gravitatoria.

7.3. Energía Cinética:

La Energía Cinética (E_c) es una magnitud escalar que expresa la energía puesta en juego por un objeto debido a su estado de movimiento.

¿Qué significa que la energía cinética de un objeto es de 750 J? Podemos interpretarlo de dos formas:

- Que el cambio de E_c que experimentaría el objeto desde que está en reposo hasta que consigue esa velocidad, en el mismo sistema de referencia, sería de 750 J
- Que puede realizar sobre el exterior un trabajo de 750 J hasta quedar en reposo, siempre y cuando no se produzcan “pérdidas” de energía por calentamiento o deformaciones del objeto ya que, en ese caso, dicho trabajo sería menor.

La energía cinética se calcula con la fórmula:

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

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto y sólo varía su velocidad, el trabajo efectuado es iguala la variación de energía cinética



$$W = E_{c2} - E_{c1}$$

$$W = \Delta E_c$$

A.3. Una corredora de 54 kg comienza a correr hasta alcanzar una velocidad de 4,2 m/s ¿Cuál es la energía proporcionada por sus músculos si no hay pérdidas por rozamiento?

Solución $E_c = 476,28 \text{ J}$

A.4. Imagina que tienes un coche de juguete con una masa de 300 gramos que inicialmente está en reposo. Se le aplica una fuerza constante de 0.5 Newtons durante una distancia de 2 metros en una superficie horizontal sin fricción de forma que todo el trabajo realizado se convierte en energía cinética. Calcula la energía cinética que alcanza el coche al final de ese recorrido. ¿Qué velocidad llevará al final?

A.5. Una motorista que circula a 90 km/h en la carretera reduce su velocidad hasta 50 km/h al entrar en una población. ¿Cuál es el trabajo efectuado por los frenos si la masa de la moto y la motorista es de 230 kg?

$w = -49947 \text{ J}$

7.4. Energía Potencial gravitatoria: Concepto

La Energía Potencial Gravitatoria (E_p) es una magnitud escalar que representa la energía que puede intercambiar un objeto debido a su posición respecto a la Tierra.

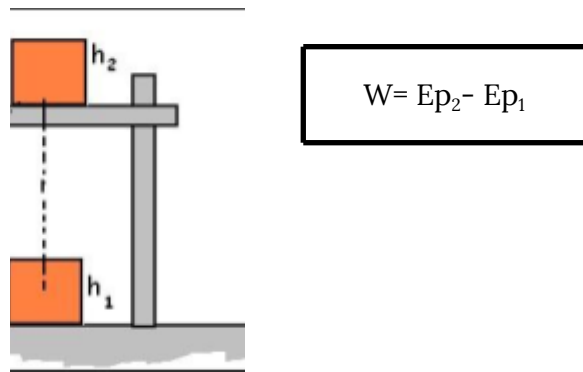
$$E_p = mgh$$

- m es la masa del cuerpo.
- g es la aceleración debida a la gravedad (aproximadamente 9.8 m/s^2 en la superficie de la Tierra).
- h es la altura del cuerpo respecto a un punto de referencia. Generalmente se elige la superficie de la Tierra como punto de referencia.

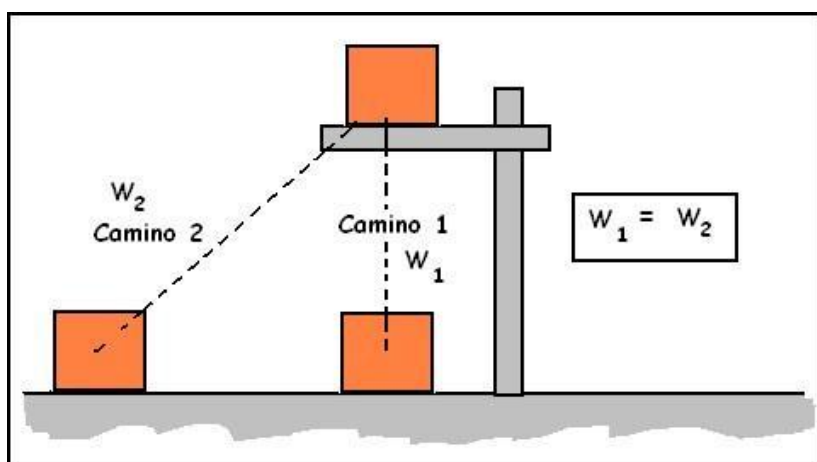
¿Qué significa que la energía potencial gravitatoria de un objeto es de 750 J? Podemos interpretarlo de varias formas:

- Que el cambio de E_p que experimentaría para subir a esa altura desde el suelo sería de 750 J (en este caso, aumentaría en 750 J).
- Que el cambio de E_p que experimentaría el objeto si volviese al origen del sistema de referencia (al suelo) sería de 750 J (en este caso, disminuiría en 750 J).
- Que puede realizar sobre el exterior un trabajo de 750 J hasta volver al suelo, siempre y cuando no se produzcan “pérdidas” de energía por calentamiento o deformaciones del objeto ya que, en ese caso, dicho trabajo sería menor.

Cuando sobre un objeto actúa una fuerza, la estrictamente necesaria para vencer a su peso, el trabajo realizado es igual a la variación de energía potencial gravitatoria



La variación de la energía potencial gravitatoria depende de la diferencia de alturas entre la posición inicial y la posición final. **NUNCA** dependerá del camino elegido:



A.6. Calcula la energía potencial de un saltador de trampolín si su masa es de 50 kg y está sobre un trampolín de 12 m de altura sobre la superficie del agua.
 $E_p = 5880 \text{ J}$

A.7. Un pájaro de masa 500 g está posado en una rama de un árbol, si el pájaro tiene una energía potencial de 58,8 J calcular la altura de la rama.
 $h = 12 \text{ m}$

A.8. Una grúa levanta un bloque de 80 kg desde el suelo hasta una altura de 15 metros a una velocidad constante. Calcula el trabajo realizado por la grúa para elevar el bloque y la fuerza con que lo hace.

7.5. Ley de conservación de la Energía Mecánica

La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial de un sistema. Es la energía asociada al movimiento y la posición de los objetos.

$$E_m = E_c + E_p$$

Donde:

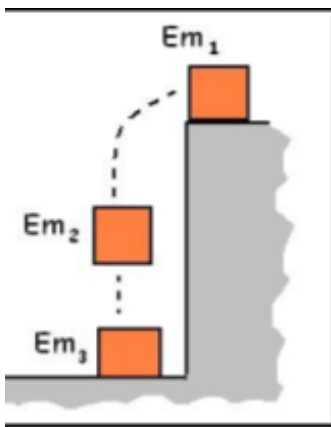
- E_m es la energía mecánica total.

- E_c es la energía cinética.

- E_p es la energía potencial

Una situación especialmente interesante sucede cuando no se realiza trabajo exterior sobre el sistema, es decir, cuando elegimos un sistema aislado. Si no hay ninguna fuerza que realice un trabajo sobre el sistema, la energía mecánica del sistema no cambiará, se “conservará”.

La ley de conservación de la energía establece que la energía no se crea ni se destruye; solo se transforma. Esto significa que en un sistema sin fuerzas externas ni fricción, la energía mecánica total se conserva. Puesto que la energía mecánica es la suma de la energía cinética y la potencial, cualquier cambio en la energía cinética de un objeto será compensado por un cambio opuesto en su energía potencial, y viceversa. Así, la suma de ambas (energía mecánica) permanece constante. Es decir:



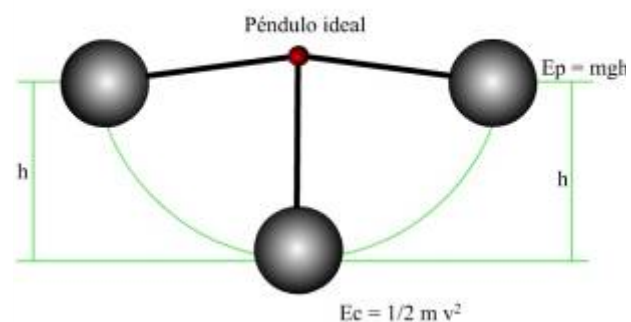
$$Em_1 = Em_2 = Em_3$$

$$Ec_1 + Ep_1 = Ec_2 + Ep_2 = Ec_3 + Ep_3$$

Ejemplos:

1. Péndulo:

la energía mecánica total se conserva. En el punto más alto, la energía es completamente potencial, y en el punto más bajo, es completamente cinética.

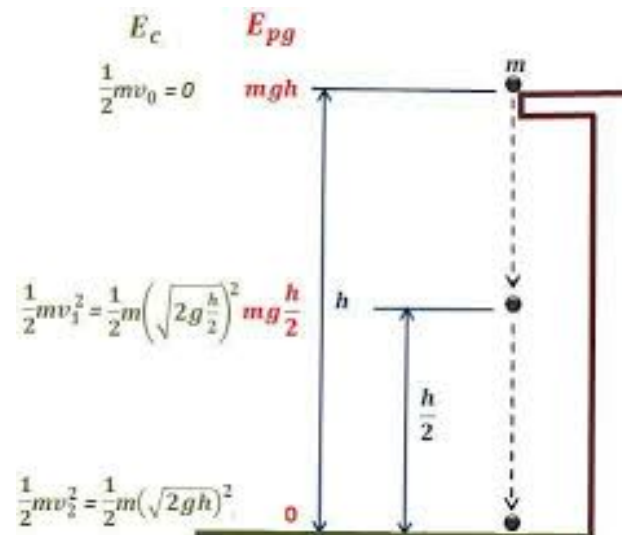


2. Caída Libre: Un objeto en caída libre convierte su energía potencial en energía cinética a medida que desciende. Justo antes de tocar el suelo, toda la energía potencial se habrá convertido en energía cinética.

7.5.1 Fuerzas no conservativas: el rozamiento

Cuando un cuerpo se desliza horizontalmente por una superficie se termina parando debido a la fuerza de rozamiento, la energía cinética va disminuyendo hasta que se hace cero al pararse. ¿Contradice esto al principio de conservación de la energía?

La presencia de fuerza de rozamiento afecta la conservación de la energía en un sistema, ya que parte de la energía mecánica se convierte en calor debido a la fricción. En un sistema ideal sin rozamiento, la energía mecánica total (suma de la energía cinética y la energía potencial) se conservaría. Sin embargo, cuando hay rozamiento, la energía mecánica disminuye con el tiempo. Por ejemplo, en el caso de un objeto deslizándose sobre una superficie con fricción, la energía cinética del objeto se convierte en energía térmica a medida que el objeto pierde velocidad debido al rozamiento.



$$\begin{aligned} W_{\text{fext}} &= \Delta E_m \\ W_{\text{fext}} &= E_{m2} - E_{m1} \end{aligned}$$

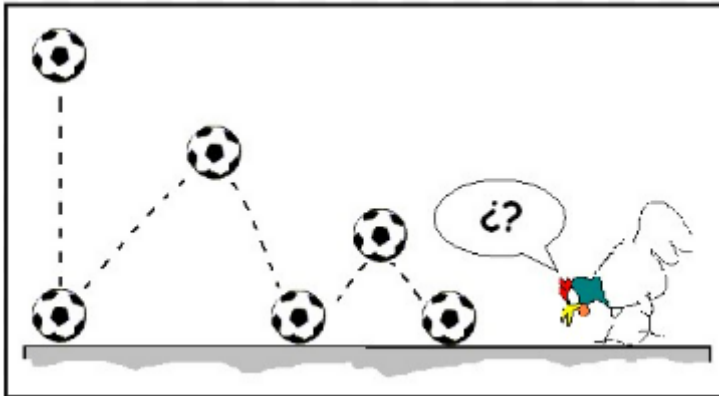
$$W_r = F_r \cdot x \quad \left\{ \begin{array}{l} W_r < 0 = \text{trabajo perdido por rozamiento (J)} \\ F_r = \text{Fuerza de rozamiento (N.)} \\ x = \text{desplazamiento (m.)} \end{array} \right.$$

Entonces, si bien la energía mecánica (cinética + potencial) no se conserva en presencia de fuerzas de rozamiento, la energía total del sistema sí se conserva (considerando tanto la energía mecánica como la energía térmica generada por el rozamiento). En resumen, si la energía se transfiere a otras formas (como el calor) lo que implica es una transformación, no una pérdida.

A.9. Una maceta cae desde una altura de 15 m sobre el suelo. ¿Con qué velocidad llegará al suelo? (suponed el rozamiento con el aire despreciable).

Rdo. $v = 17.15 \text{ m/s}$.

A.10. La imagen de la figura, ¿Contradice al principio de conservación de la energía?



A.11. Un paracaidista ($m = 100 \text{ kg}$) se deja caer desde la cima de una montaña de 1000 m de altura y llega al suelo con una velocidad de 5 m/s . ¿Cuánta energía se ha perdido a causa del rozamiento?

Rdo. $978\,750 \text{ J}$

REPASO PROBLEMAS DE ENERGÍA

1.- Indica qué trabajo se realiza cuando:

- A. Una fuerza de 6N desplaza un objeto 3 m.
- B. Una fuerza de 10N desplaza un objeto 10 mm.

2.- Una fuerza de 10N actúa sobre un cuerpo que se desplaza a lo largo de un plano horizontal en la misma dirección del movimiento. Si el cuerpo se desplaza 25 m. ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza?

3.- Calcula la energía cinética de un cuerpo de 10 kg si su velocidad es de 4 m/s.

4.- Una pelota de 0,5 kg de masa posee una energía cinética de 100 J. ¿cuál es la velocidad de la pelota?

5. Un cajón de 20 kg de masa es elevado de la primera planta de un edificio de 10 m de altura, a la cuarta planta de 50 m de altura. Calcula la variación de Energía potencial gravitatoria.

6.- Se lanza verticalmente hacia arriba una pelota de tenis con una velocidad de 15 m/s.

Calcula :

- A. La altura máxima que alcanza
- B. La altura en la que la pelota presenta una velocidad de 2 m/s.

7.- Desde lo alto un plano inclinado de 12 m de longitud y 6 m de altura se desliza un objeto de 2 kg de masa que inicialmente estaba en reposo. Calcula: A. la velocidad del objeto cuando llega a la base del plano

8.- En lo alto de una montaña rusa está situado un coche de 200 kg de masa en el que se encuentran dos personas de 75 kg cada una. El coche se pone en marcha desde el reposo haciendo el recorrido de A a C sin rozamiento. A partir de C actúa el rozamiento y detiene al coche en D. Calcula:

- A. La velocidad del coche en B y C.
- B. La distancia de frenado si la fuerza de rozamiento es de 20 N.

