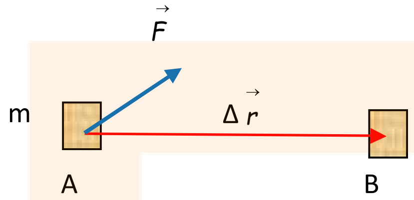
TEMA 2. TRABAJO Y ENERGÍA. FUERZAS CONSERVATIVAS Y NO CONSERVATIVAS

1. **Definición de trabajo mecánico.**
2. **Definición de potencia.**
3. **Fuerzas conservativas y no conservativas. Energía potencial.**
4. **Teorema de la energía cinética o teoerma del trabajo o teorema de las fuerzas vivas (TFV).**
5. **Relación entre el trabajo y la energía. Teorema o Principio de Conservación de la Energía Mecánica (TCEM).**

1. DEFINICIÓN DE TRABAJO

Decimos que una fuerza realiza trabajo sobre un cuerpo si le transfiere alguna forma de energía. En particular, si dicha energía es mecánica diremos que la fuerza ha realizado trabajo mecánico.

Supongamos un cuerpo de masa m que se desplaza entre dos posiciones A y B siguiendo una ***trayectoria rectilínea*** bajo la acción de una ***fuerza constante*** $\vec{F}$



Se define el trabajo realizado por una ***fuerza constante*** $\vec{F}$ en un ***desplazamiento rectilíneo*** de la masa m entre dos posiciones A y B, al producto escalar del vector fuerza $\vec{F}$ por el vector desplazamiento $\Delta \vec{r}$ entre ambas posiciones:

$$\boxed{W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = |\vec{F}| \cdot |\Delta\vec{r}| \cdot \cos(\vec{F}, \Delta\vec{r})} \qquad [2.1]$$

De la definición anterior se pueden sacar las siguientes conclusiones o comentarios:

1º.- El trabajo realizado por una fuerza es una magnitud física escalar, puesto que se define mediante el producto escalar de dos vectores. Por tanto el trabajo puede ser un nº positivo, negativo o valer cero.

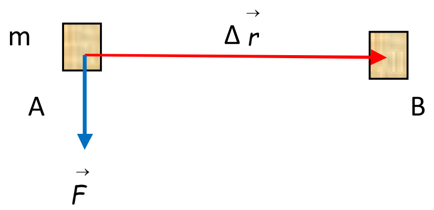
2º.- La unidad de trabajo coincide con la unidad de fuerza por la unidad de longitud, que en el SI de unidades sería el Newton (N) por el metro (m). Y a esta unidad se le da el nombre de Julio (J).

$$\boxed{\text{N.m = Julio (J)}}$$

La definición de Julio es la siguiente: "Un Julio es el trabajo que realizaría una fuerza de 1 N en un desplazamiento de 1 m, cuando la fuerza se aplicara en la misma dirección y sentido que el movimiento."

3º.- Si aplicamos una fuerza a un cuerpo y este no se mueve ($\Delta\vec{r} = 0$), la fuerza no realiza trabajo.

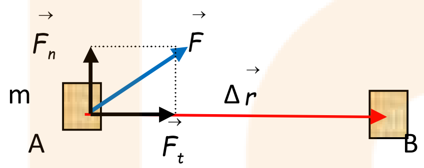
4º.- Si la fuerza aplicada es perpendicular al desplazamiento, la fuerza tampoco realiza trabajo, ya que el ángulo formado por los vectores fuerza y desplazamiento valdría 90º y el coseno de este ángulo vale 0 ($\cos(\vec{F}, \Delta\vec{r}) = \cos(90º) = 0$) (podemos afirmar que las fuerzas perpendiculares a los desplazamientos no realizan trabajo).



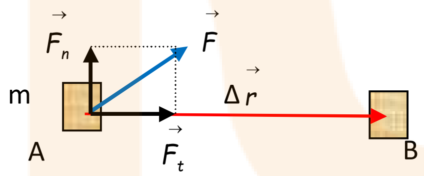
$$W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = |\vec{F}| \cdot |\Delta \vec{r}| \cdot \cos(90º) = 0$$

5º.- El trabajo realizado por una fuerza coincide con el trabajo que realiza su componente tangencial. En efecto, podemos descomponer a la fuerza aplicada en sus dos componentes $\vec{F}_t$ y $\vec{F}_n$ de modo que la componente normal no realiza trabajo.

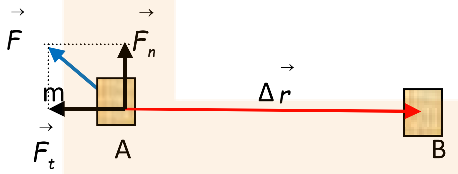
$$W(\vec{F}) = W(\vec{F}_n) + W(\vec{F}_t) = 0 + W(\vec{F}_t) = W(\vec{F}_t)$$



6º.- El trabajo realizado por una fuerza es positivo cuando la fuerza favorece el desplazamiento del cuerpo, es decir, la componente tangencial de la fuerza tiene la misma dirección y sentido que el movimiento, y sería negativo cuando la fuerza se opone al movimiento, es decir, la componente tangencial se opone al movimiento del cuerpo.



$W_A^B > 0$

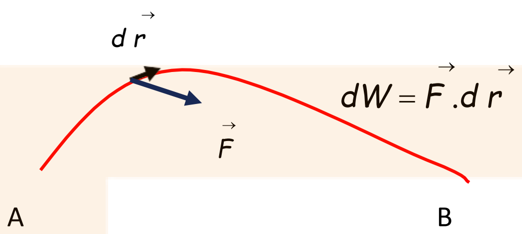


$W_A^B < 0$

7º.- No hay que confundir trabajo con esfuerzo. Esfuerzo consiste en aplicar fuerza, mientras que trabajo consiste en aplicar fuerza y producir desplazamiento que no sea perpendicular a la fuerza.

8º.- La definición de trabajo que se ha dado al iniciar la pregunta ha sido para una fuerza constante en un desplazamiento rectilíneo, pero las fuerzas no siempre son constantes y los desplazamientos pocas veces son rectilíneos. Entonces ¿cómo definir el trabajo realizado por una fuerza cualquiera en un desplazamiento cualquiera?.

En estos casos se divide la trayectoria en infinitas trayectorias elementales de modo que cada una de estas trayectorias infinitesimales puede ser considerada como rectilínea y la fuerza constante en cada una de ellas. Calcularíamos entonces el trabajo elemental dW realizado en cada trayectoria elemental mediante el producto escalar $dW = \vec{F}.d\vec{r}$ y sumaríamos todos estos trabajos para obtener el trabajo a lo largo de toda la trayectoria. Esta sumatoria se realiza mediante una operación matemática denominada integral y se escribe así:

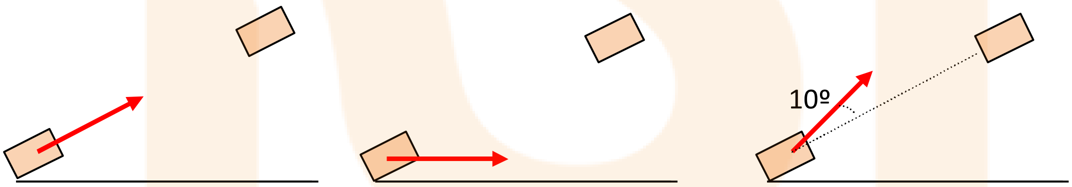


$$\boxed{W = \int_A^B dW = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r}}$$

donde A y B son los puntos inicial y final de la trayectoria y $d\vec{r}$ es un vector de desplazamiento infinitesimal tangente a la trayectoria en cada uno de sus puntos.

EJEMPLO 1º

En cada una de las situaciones siguientes se representa la fuerza $\vec{F}$ que se aplica a un cuerpo. Suponiendo que esta fuerza tiene un valor de 10 N, el ángulo de inclinación del plano es de 30º, el desplazamiento por el plano es de 2 m, el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es 0,2 y la masa que se desplaza es de 1 Kg.



Para cada una de las tres situaciones calcula:

a) El trabajo realizado por la fuerza peso.
b) El trabajo realizado por la fuerza normal.
c) El trabajo realizado por la fuerza $\vec{F}$.
d) El trabajo realizado por la fuerza de rozamiento.

2. DEFINICIÓN DE POTENCIA.

Se define la potencia como el trabajo realizado por unidad de tiempo, y se calcula dividiendo el trabajo realizado entre el tiempo empleado en realizarlo:

$$\boxed{P = \frac{W}{t}} \quad [2.2]$$

De la definición de potencia podemos sacar las siguientes conclusiones:

1º.- La potencia es una magnitud física derivada y escalar que mide la eficacia con la se realiza un determinado trabajo. En efecto cuanto menos tiempo se emplee en realizar el mismo trabajo mayor será la potencia.

2º.- El trabajo se mide en la unidad de de trabajo dividida entre la unidad de tiempo y, por tanto, en el SI será J/s. A esta unidad se le conoce con el nombre de vatio (w)

$$1\frac{J}{s} = 1w$$

Un vatio es la potencia desarrollada cuando se realiza un trabajo de 1 julio en un segundo.
Otras unidades de potencia son los múltiplos y submúltiplos del vatio (Kw, Mw, etc) y el caballo de vapor (1 CV = 735 w)

3º.- Si en la expresión de la potencia despejamos en trabajo obtenemos:

$$\boxed{W = P\,.t} \quad [2.3]$$

De esta expresión podemos deducir que las unidades de trabajo (o energía) coinciden con las unidades de potencia por las unidades de tiempo. Una de estas unidades es el Kw.h, que es la unidad en la que se mide la energía eléctrica consumida en los hogares y cuya equivalencia con el julio es la siguiente:

$$1Kw\,.h = 1000w\,.3600s = 3.600.000w\,.s = 3,6.10^{6}\,J$$

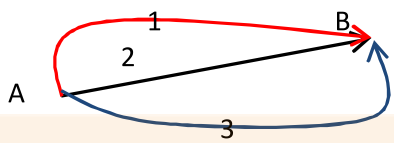
EJEMPLO 2º

Un coche de 1,5 t sube por una pendiente del 12% con una velocidad constante de 72 Km/h. Despreciando los rozamientos, calcular:

a) Trabajo realizado por el motor durante los 10 primeros minutos.
b) Potencia desarrollada por el motor. Exprésala en CV.

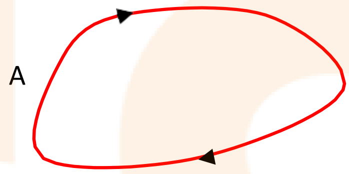
3. FUERZAS CONSERVATIVAS Y NO CONSERVATIVAS. ENERGÍA POTENCIAL

Una **fuerza conservativa** es aquélla cuyo trabajo realizado sobre un cuerpo que se traslada entre dos puntos dados, A y B, es independiente de la trayectoria seguida por aquél entre dichos puntos.



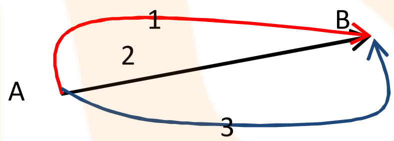
$$W_A^B(1) = W_A^B(2) = W_A^B(3) = \dots$$

Consecuencia inmediata de la anterior definición es que el trabajo realizado por una fuerza conservativa a lo largo de cualquier ciclo (trayectoria cerrada) es nulo.



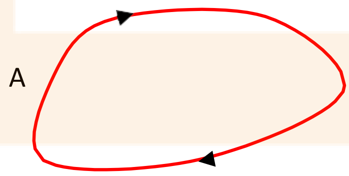
$$W_A^A = W \text{ (por cualquier trayectoria)} = 0$$

Una fuerza se dice que no es conservativa cuando el valor del trabajo realizado por ella entre dos posiciones depende de la trayectoria seguida entre ambas posiciones



$$W_A^B(1) = W_A^B(2) = W_A^B(3)\dots$$

Consecuencia inmediata de la anterior definición es que debe de existir al menos un ciclo en el que trabajo realizado por la fuerza no conservativa es distinto de 0.



$$W_A^A \text{ (por lo menos en un ciclo)} \neq 0$$

Son ejemplos de fuerzas conservativas: la fuerza gravitatoria (y por tanto la fuerza peso), la fuerza elástica, la fuerza eléctrica y la …(se completará cuando demos el tema 9).

Son ejemplos de fuerzas no conservativas la fuerza de rozamiento y …(se completará en el tema 4). Cualquier otra fuerza de la que no se haya dicho explícitamente que es conservativa se tratará como no conservativa.

¿Qué ventajas presentan las fuerzas conservativas frente a las no conservativas?.

La ventaja de las fuerzas conservativas se encuentra enque el trabajo realizado por las mismas sólo depende de los valores que toma una magnitud escalar, a la que llamamos **energía potencial** (E_p), en los puntos extremos de la trayectoria, de manera que podemos escribir la siguiente relación, conocida como **<u>teorema de la energía potencial</u>** y que dice:

El trabajo realizado por las fuerzas conservativas cuando una partícula se desplaza entre dos posiciones coincide con la variación de energía potencial de la partícula entre dichas posiciones, pero cambiada de signo.

$$\boxed{W_C = -\Delta E_p = -\,[\,E_p(B) - E_p(A)\,] = E_p(A) - E_p(B)} \qquad [2.4]$$

donde $\Delta E_p = E_p(B) - E_p(A)$ es la variación de energía potencial entre los puntos A(inicial) y B(final) de la trayectoria seguida por el cuerpo.

El signo "-" significa que el cuerpo disminuye su energía potencial siempre que en su movimiento la fuerza conservativa haya realizado trabajo positivo. Así pues:

"La energía potencial asociada a una determinada fuerza conservativa disminuye en una cantidad igual al trabajo realizado por dicha fuerza entre dos puntos dados de una trayectoria."

Según este teorema, podemos calcular el trabajo de las fuerzas conservativas sin tener que hacer uso de la definición de trabajo, bastaría con evaluar la variación de energía potencial.

Cada fuerza conservativa tiene asociada su propia energía potencial:

<u>Energía potencial gravitatoria en un punto próximo a la superficie terrestre</u>

En puntos suficientemente próximo a la superficie terrestre, la fuerza peso puede considerarse prácticamente constante y la energía potencial asociada es:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \qquad [2.5]$$

Si se trata de puntos alejados de la tierra donde la fuerza peso no puede considerarse constante, la expresión de la energía potencial es diferente y se verá en el tema siguiente.

<u>Energía potencial elástica</u>

Supongamos un muelle de constante K situado horizontalmente. La fuerza recuperadora del muelle puede expresarse $\vec{F} = -K \cdot x\,\vec{\imath}$, siendo x la distancia de separación de la posición de equilibrio del muelle y la expresión de la energía potencial elástica asociada a esta fuerza es:

$$E_p = \frac{1}{2}\,K \cdot x^2 \qquad [2.6]$$

Energía potencial eléctrica

La estudiaremos en el tema siguiente.

EJEMPLO 3º

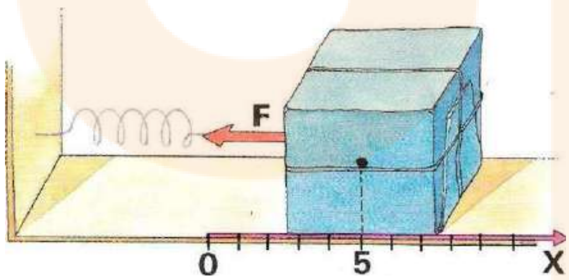
Un cuerpo de 2 Kg de masa se levanta desde el suelo hasta una altura de 4 m. Calcula:

a) Haciendo uso de la definición de trabajo, calcula el trabajo realizado por la fuerza peso si se levanta verticalmente.
b) Comprueba que este trabajo coincide con menos la variación de energía potencial de la partícula entre la posición inicial y final.
c) Imagina que la partícula se eleva a la misma altura, pero desplazándola por un plano inclinado de 30º. Responde a las mismas preguntas de los apartados a) y b). ¿Qué te llama la atención de los resultados obtenidos?
d) ¿Por qué crees que las carreteras de montaña se hacen en zig-zag y no en línea recta?

EJEMPLO 4º

Supongamos que un cuerpo de 100 g de masa está sujeto a un muelle horizontal de constante elástica 50 N/m. Si lo separamos 5 cm de su posición de equilibrio estirando el muelle, calcular:

a) La energía potencial elástica que tiene el cuerpo en dicha posición.
b) El trabajo realizado por la fuerza elástica en el desplazamiento desde la posición de equilibrio hasta los 5 cm.
c) El trabajo realizado por la fuerza que produce el desplazamiento (fuerza externa).
d) ¿Qué energía potencial elástica tendría el cuerpo si en vez de estirar el muelle lo hubiésemos comprimido 5 cm desde su posición de equilibrio? ¿Qué trabajo habría realizado la fuerza elástica en este desplazamiento? ¿Y la fuerza externa?.



4. TEOREMA DEL TRABAJO, O TEOREMA DE LA ENERGÍA CINÉTICA O TEOREMA DE LAS FUERZAS VIVAS (TFV)

El teorema del trabajo, de la energía cinética o TFV dice que: "Cuando una partícula se desplaza entre dos posiciones, el trabajo total realizado por las fuerzas que actúan sobre el cuerpo a lo largo de un determinado desplazamiento, es igual a la variación de energía cinética que experimenta dicho cuerpo"

$$\boxed{W_A^B{}_{TOTAL} = \Delta E_C = E_C(B) - E_C(A)} \quad [2.7]$$

Comentarios:

1º.- Este teorema es aplicable a cualquier tipo de fuerzas (conservativas y/o no conservativas) y cualquier desplazamiento (rectilíneo o no).

2º.- Este teorema nos permite calcular el trabajo total realizado sobre una partícula sin necesidad de utilizar la definición de trabajo, bastaría con evaluar la energía cinética de la partícula en las posiciones inicial y y final.

3º.- Si despejamos a la energía cinética final en la ecuación del teorema obtenemos:

$$E_C(B) = E_C(A) + W_A^B{}_{TOTAL}$$

Como vemos según el signo del trabajo total realizado sobre la partícula la energía cinética de la partícula habrá aumentado, disminuido o permanecido constante.

$$\text{Si } W_A^B{}_{TOTAL} > 0 \Rightarrow E_C(B) > E_C(A) \Rightarrow E_C \uparrow$$

$$\text{Si } W_A^B{}_{TOTAL} < 0 \Rightarrow E_C(B) < E_C(A) \Rightarrow E_C \downarrow$$

$$\text{Si } W_A^B{}_{TOTAL} = 0 \Rightarrow E_C(B) = E_C(A) \Rightarrow E_C = cte.$$

4º.- Según el comentario anterior el trabajo realizado sobre una partícula debe entenderse como una transferencia de energía.

EJEMPLO 5º

Se deja deslizar a un cuerpo de 1 Kg de masa por un plano inclinado de 30º. Si el cuerpo parte del reposo y el coeficiente de rozamiento entre este y el plano es de 0,1, hallar:

a) El trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y el trabajo resultante cuando el cuerpo se desplace 3 m sobre el plano.
b) La velocidad que adquiere el cuerpo al final cuando ha recorrido 3m sobre el plano aplicando el TFV.
c) Responde al apartado anterior mediante la dinámica.

EJEMPLO 6º

Un cuerpo de 10 Kg se lanza sobre una superficie horizontal con una velocidad de 10 m/s. Debido al rozamiento, el cuerpo acaba deteniéndose después de recorrer 200 m sobre la superficie. Calcula el valor de la fuerza de rozamiento:

a) Mediante el TFV.
b) Mediante la dinámica.

5. RELACIÓN ENTRE EL TRABAJO Y LA ENERGÍA. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA MECÁNICA

Consideremos a una partícula que se desplaza entre dos posiciones A y B siguiendo una trayectoria cualquiera y bajo la acción de fuerzas de cualquier tipo (conservativas y/o no conservativas, constantes y/o no constantes). Aplicando el teorema del trabajo (TFV) obtenemos:

$$W_A^{B}{}_{TOTAL} = \Delta E_c$$

Si descomponemos el trabajo total en la suma de dos trabajos: el realizado por las fuerzas conservativas y el realizado por las fuerzas no conservativas la expresión anterior nos queda:

$$W_{A\,TOTAL}^{B} = W_{A\,FC}^{B} + W_A^{B}{}_{FNC}$$

si tenemos en cuenta que el trabajo de las fuerzas conservativas coincide con la menos variación de la energía potencial de la partícula (teorema de la energía potencial), la ecuación anterior queda:

$$\Delta E_c = -\Delta E_p + W_{A\,FNC}^{B}$$

Despejando el trabajo de las fuerzas no conservativas, obtenemos

$$\Delta E_c + \Delta E_p = W_{A\,FNC}^{B}$$

Y si tenemos en cuenta que la energía mecánica es la suma de las energías cinética y potencial, podemos escribir la siguiente expresión que se conoce con el nombre de **Teorema de la Energía Mecánica**:

$$\boxed{\Delta E_m = W_A^{B}{}_{FNC}} \quad [2.8]$$

La variación de energía mecánica que experimenta un cuerpo en una determinada trayectoria, coincide con el trabajo realizado por todas las fuerzas no conservativas que actúan sobre la partícula en dicha trayectoria.

A partir de este teorema podemos extraer las siguientes consecuencias:

1º.- Si a lo largo de una determinada trayectoria entre dos puntos A y B sólo realizan trabajo las fuerzas conservativas ($W_{NC} = 0$), entonces $\Delta E_m = 0$, es decir, la energía mecánica permanece constante. Este resultado se conoce como **principio de conservación de la energía mecánica (PCEM) o teorema de conservación de la energía mecánica,** uya expresión matemática puede escribirse así:

$$\boxed{\text{Si } W_A^{B}{}_{FNC} = 0 \Rightarrow \Delta E_m = 0 \Rightarrow E_m = \text{cte.} \Rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_p} \quad [2.9]$$

Es importante destacar que si la energía mecánica de la partícula permanece constante, esto no implica necesariamente que lo sean sus energías cinética y potencial. Lo que debe de ocurrir es que el aumento o disminución en su energía cinética se verá compensada, respectivamente, por una disminución o aumento en la misma cantidad de su energía potencial.

2º.- Si a lo largo de una determinada trayectoria entre dos puntos A y B, realizan trabajo las fuerzas no conservativas ($W_{NC} \neq 0$), entonces $\Delta E_m \neq 0$, es decir, la energía mecánica varía en una cantidad igual al trabajo realizado por las fuerzas no conservativas. Según sea el signo de este trabajo, así será el signo de la variación de energía mecánica, y por tanto, la energía mecánica de la partícula habrá aumentado o disminuido:

$$\text{Si } W_A{}^B{}_{FNC} > 0 \Rightarrow \Delta E_m > 0 \Rightarrow E_m \uparrow$$

$$\text{Si } W_A{}^B{}_{FNC} < 0 \Rightarrow \Delta E_m < 0 \Rightarrow E_m \downarrow$$

En particular, aquellas fuerzas no conservativas que realizan un trabajo negativa harán disminuir la energía mecánica; dichas fuerzas se denominan **disipativas** dado que cuando actúan hacen que la energía mecánica se disipe en forma de calor. Entre dichas fuerzas destacan las fuerzas de rozamiento por deslizamiento o las de resistencia de un medio al cuerpo que se mueve a través de él.

EJEMPLO 7º

Un cuerpo de masa m se deja caer desde la azotea de un edificio de 40 m de altura.

A) Analiza si se conserva o no la energía mecánica del cuerpo durante su caída.
B) Analiza como varían las energías cinética y potencial gravitatoria del cuerpo durante su caída.
C) Calcula la velocidad con la que golpea al suelo aplicando el Principio de Conservación de la Energía Mecánica (PCEM).
D) Calcula la velocidad con la que golpea al suelo aplicando las ecuaciones del movimiento de caída libre.

SOLUC: C) y D) v = -28 m/s

EJEMPLO 8º

Repite el problema anterior suponiendo que el cuerpo se lanza hacia abajo con una velocidad de 8 m/s.

SOLUC: C) y D) v = -29,1 m/s

EJEMPLO 9º

Un cuerpo de masa m se deja deslizar por un plano inclinado de 30º sin rozamiento desde una altura de 2 m.

A) Analiza si se conserva o no la energía mecánica del cuerpo durante su descenso.
B) Analiza como varían las energías cinética y potencial gravitatoria del cuerpo durante su descenso.
C) Calcula la velocidad del cuerpo cuando llegue a la base del plano aplicando el PCEM.
D) Calcula la velocidad del cuerpo cuando llegue a la base del plano aplicando las ecuaciones de la cinemática.

SOLUC: C) y D) v = 6,3 m/s

EJEMPLO 10º

Repite el problema anterior suponiendo que hay rozamiento y que el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 0,2.

EJEMPLO 11º

Un cuerpo de masa m se lanza hacia arriba desde el suelo por un plano inclinado de 30º sin rozamiento con una velocidad de 14 m/s.

A) Analiza si se conserva o no la energía mecánica del cuerpo durante su ascenso.
B) Analiza como varían las energías cinética y potencial gravitatoria del cuerpo durante su ascenso.
C) Calcula la altura máxima alcanzada aplicando el PCEM.
D) Calcula la altura máxima alcanzada aplicando las ecuaciones de la cinemática.

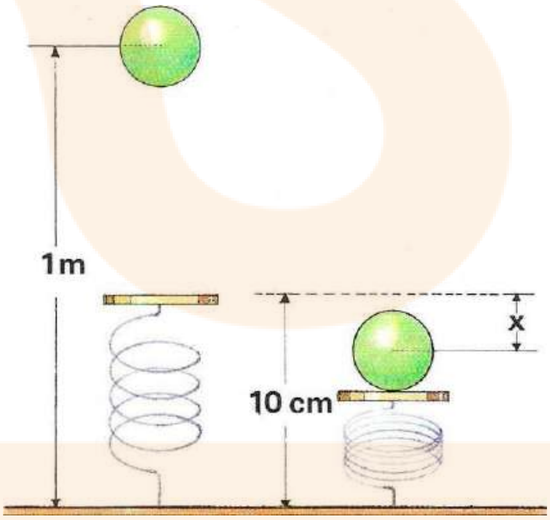
SOLUC: C) y D) h = 10 m

EJEMPLO 12º

Repite el problema anterior suponiendo que hay rozamiento y que el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 0,2.

EJEMPLO 13º

Desde una altura de 1m se deja caer un cuerpo de 50 g de masa sobre un muelle elástico de 10 cm de longitud y cuya constante elástica es 500 N/m.

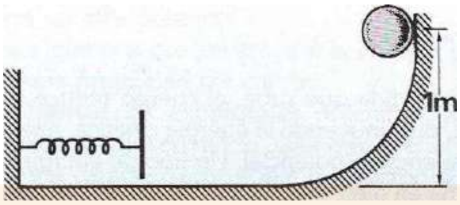


A) Haz un análisis energético del movimiento de caída del cuerpo desde su posición inicial hasta que se produce la máxima compresión del muelle, suponiendo que no hay rozamiento.
B) Calcula la máxima deformación del muelle.
C) ¿Qué ocurrirá después de haberse producido la máxima deformación del muelle?

SOLUC: B) 4 cm

EJEMPLO 14º

Un cuerpo de 1 Kg de masa se deja caer desde 1 m de altura, tal y como se indica en la figura:



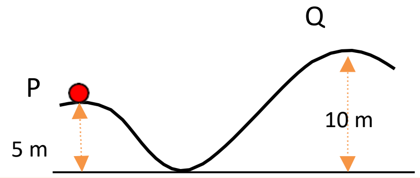
Suponiendo despreciable el rozamiento:

A) Haz un análisis energético del problema desde que el cuerpo se suelta hasta que se produce la máxima deformación del muelle.
B) Calcula la velocidad con la que golpea el cuerpo al muelle.
C) Calcula la máxima deformación del muellesi su constante elástica vale 200 N(m.
D) ¿Qué ocurrirá después de haberse producido la máxima deformación del muelle?

SOLUC: B) 4,4 m/s C) 31 cm

EJERCICIOS DE TRABAJO Y ENERGÍA

1º. El cuerpo de la figura desliza por la pendiente sin fricción. Cuando está en el punto P su velocidad es v.



A) ¿Cuál es la mínima velocidad con la que tiene que moverse la partícula en P para que llegue a Q?
B) ¿Con qué velocidad llegará a Q si en P tiene una velocidad de 12 m/s?

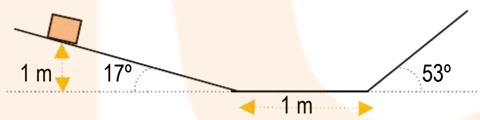
SOLUC: A) 9,9 m/s B) 6,8 m/s

2º.- Un muelle de constante elástica 250 N/m, horizontal y con un extremo fijo, está comprimido 10 cm. Unido al extremo libre del muelle se encuentra un cuerpo de 0,5 Kg que sale despedido al descomprimirse el muelle.

A) Explica las variaciones de energía que experimenta el cuerpo mientras se descomprime el muelle suponiendo que no hay rozamiento, y calcula la velocidad con la que sale despedido el cuerpo.
B) Suponiendo que a partir de que el cuerpo abandona el muelle aparece una fuerza de rozamiento de coeficiente 0,2, explica las variaciones de energía del cuerpo y calcula distancia recorrida hasta que se detiene.

SOLUC: A) 2,24 m/s B) 1,25 m

3º.- Desde el punto A de la figura se suelta un cuerpo de masa m. Calcula la longitud que recorrerá el cuerpo sobre la rampa de 53º si:



A) No ha rozamiento en todo el recorrido.
B) Hay rozamiento solo en el plano de 53º siendo el coeficiente 0,1.

SOLUC: A) B)

4º.- Un cuerpo de 2 Kg se lanza con una velocidad de 6 m/s por una superficie horizontal rugosa (μ = 0,2). El bloque, después de recorrer 4 m por el plano, choca con el extremo libre de un muelle cuya constante elástica es 200 $N.m^{-1}$, colocado horizontalmente y sujeto por el otro extremo. Calcular:

A) La máxima compresión del resorte suponiendo que durante la compresión la superficie está perfectamente pulimentada.
B) El trabajo total realizado durante la compresión.

SOLUC: A) 45 cm B) - 20,25 J

De la relación de ejercicios de selectividad:
79-84-87-88-92-96-105-107-109-110-112-113-114-115-117-119-120-125-126-132-133-134-136-137-138-140-390-391-392-395-398