Conservación de la Energía

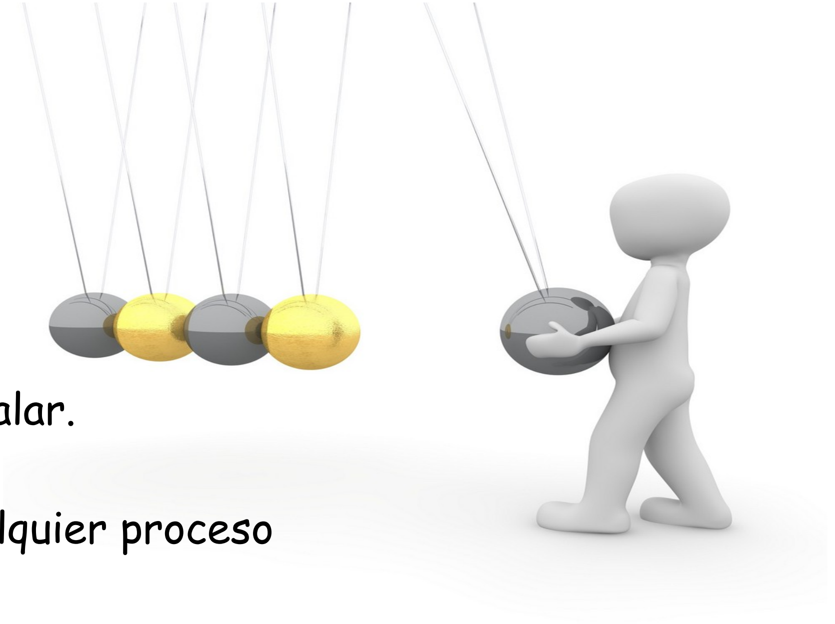
Trabajo Mecánico

Energías Cinética y Potencial

Curso: Introducción a la Meteorología 2020

Profesor: Nicolás Díaz Negrín

¿Qué es la Energía?



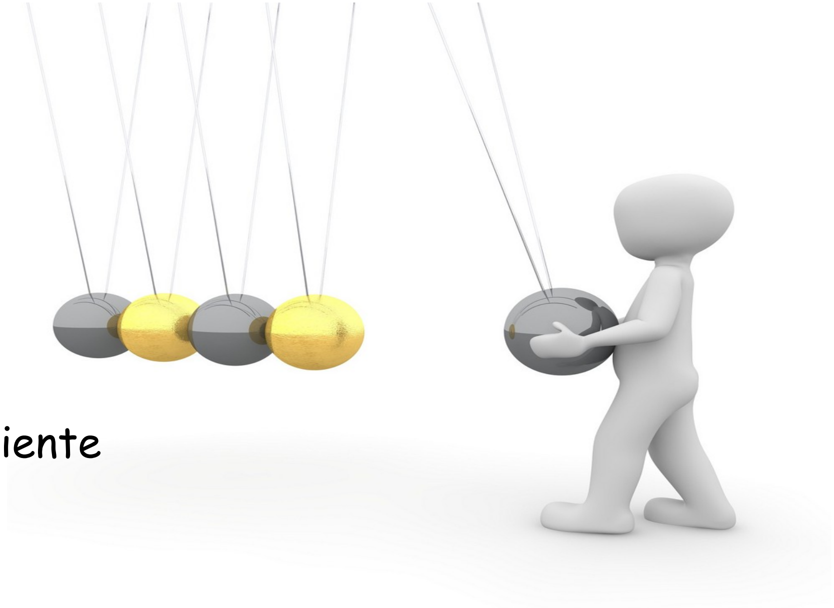
Cantidad física escalar.

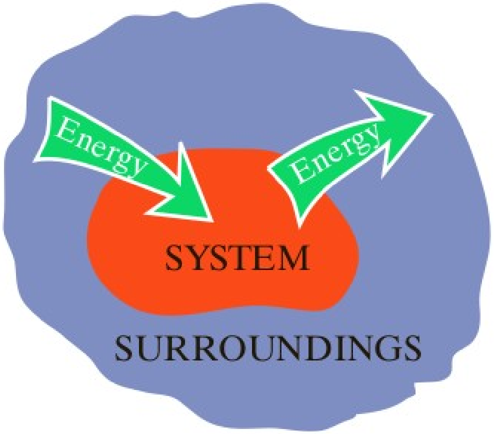
Responsable de cualquier proceso

- Cuerpo en movimiento
- Deformación
- Calentamiento/enfriamiento
- Explosión
- Cambios de fases de la materia
- Etc….

Es, empíricamente, una cantidad conservada.

Conservación de la Energía





Interacción Sistema-Ambiente

Flujo entrante de Energía (+) ΔE_{in}

Flujo saliente de Energía (-) ΔE_{out}

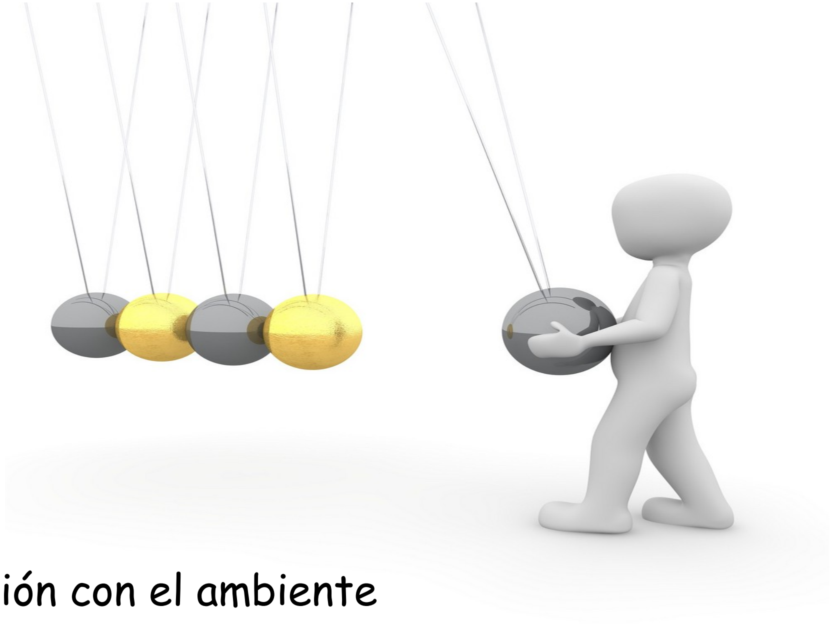
$$\boxed{\Delta E_{sis} = -\Delta E_{amb}}$$

Si $|\Delta E_{in}| > |\Delta E_{out}| \rightarrow$ el sistema gana energía → el ambiente pierde energía

Si $|\Delta E_{in}| = |\Delta E_{out}| \rightarrow$ el sistema no cambia su energía → el ambiente no cambia su energía

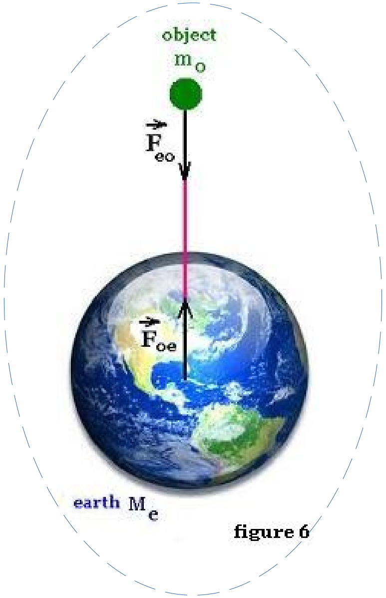
Si $|\Delta E_{in}| < |\Delta E_{out}| \rightarrow$ el sistema pierde energía → el ambiente gana energía

Sistema Aislado vs No Aislado



Sistema Aislado: no hay interacción con el ambiente

Ej: Caida Libre

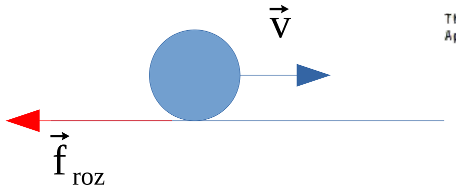


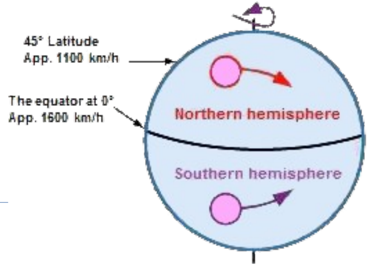
Sistema No Aislado: sí hay interacción con el ambiente

Flujos de energía:

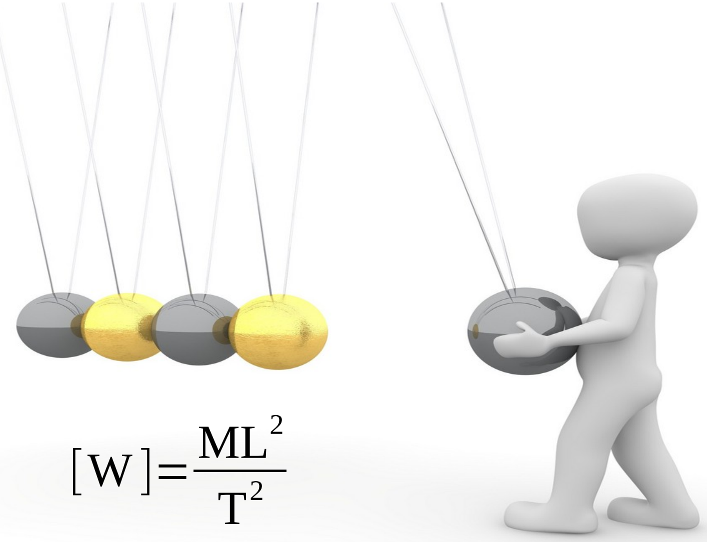
- Trabajo
- Calor
- Ondas
- Transferencia de Masa

Cómo la aplicación de una fuerza aumenta/disminuye la energía de una Partícula.





Trabajo de una Fuerza Constante 1



Definición de trabajo de una fuerza constante:

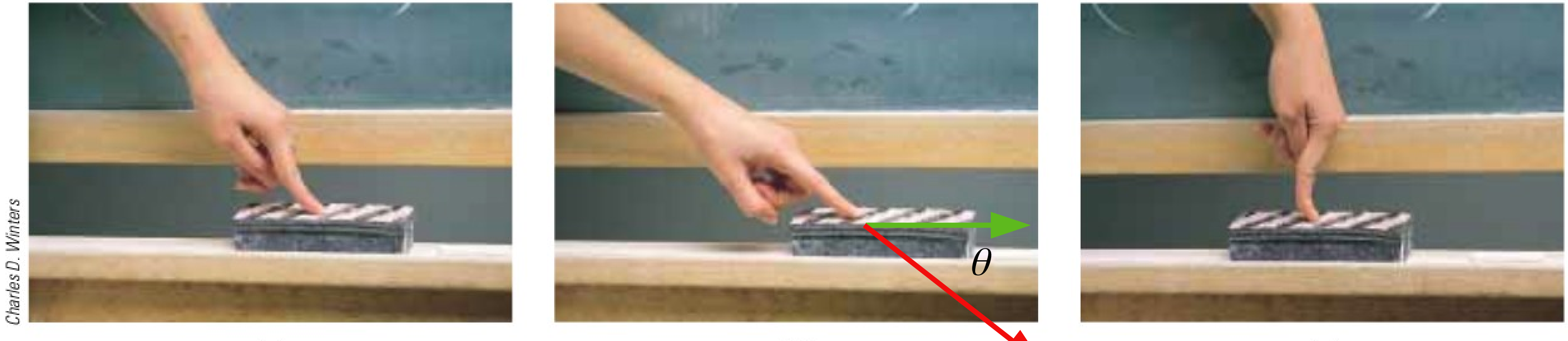
$\boxed{W = \vec{F} . \Delta \vec{r}}$ → Desplazamiento del objeto

↓

Fuerza aplicada sobre objeto

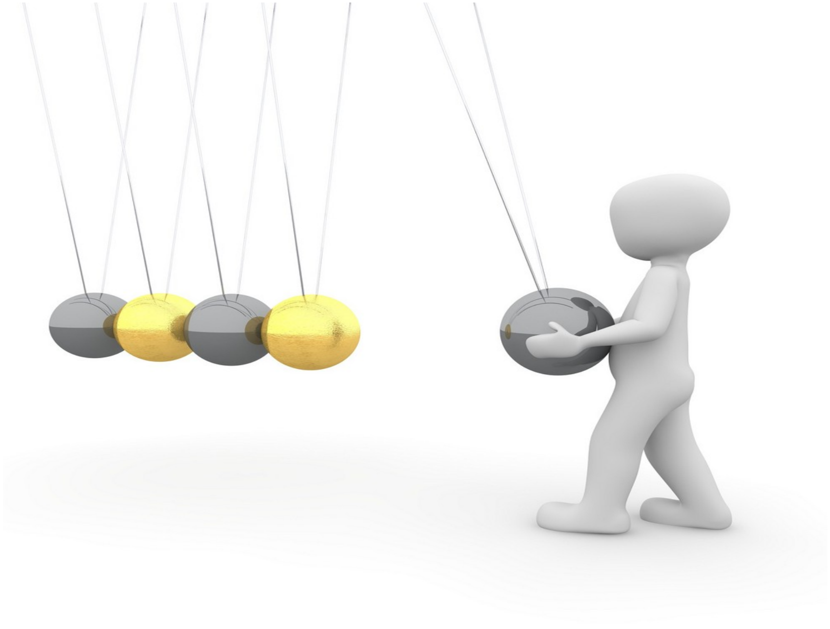
$$[W] = \frac{ML^2}{T^2}$$

$$W = F \Delta r \cos(\theta) \longrightarrow 1\,Joule = 1\,N\,1\,m$$



(a) (b) (c)

Trabajo de una Fuerza Constante 2



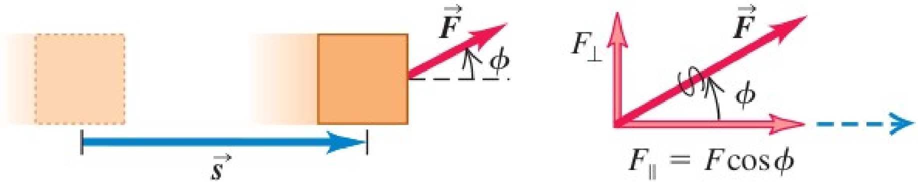
Observaciones:

1. El trabajo es una cantidad escalar

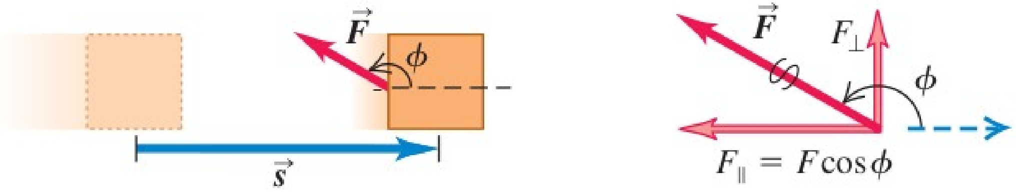
2. Se requiere de un deplazamaiento

3. Es máximo para ángulo 0°, y mínima para ángulo 180° $W_{Max} = F \Delta r > 0$ $W_{min} = -F \Delta r < 0$

4. Es nulo para ángulo 90°

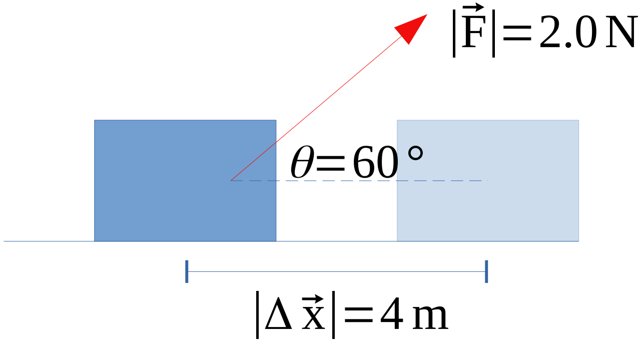


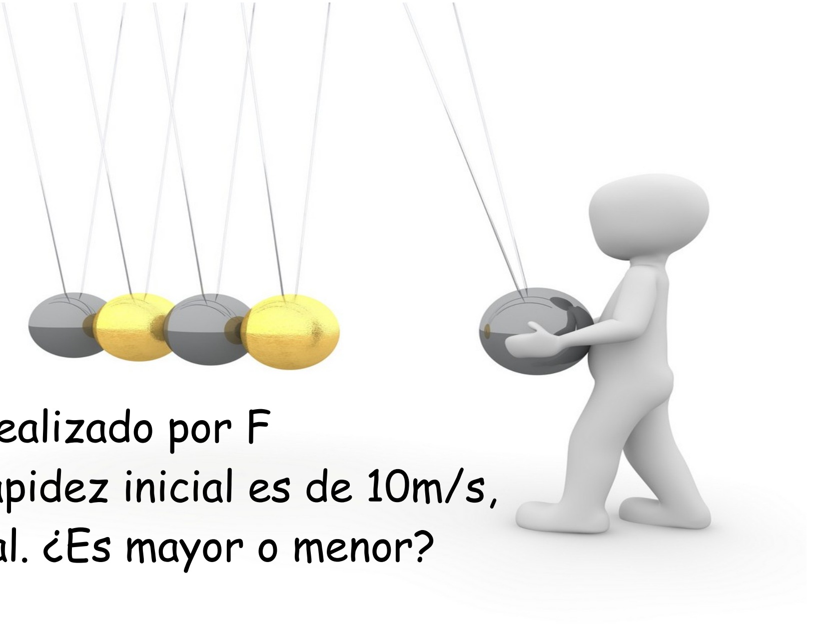
$$\text{Si } 0 < \theta < 90 \rightarrow W > 0$$



$$\text{Si } 90 < \theta < 180 \rightarrow W < 0$$

Ejemplo 1





a) Calcular el trabajo realizado por F
b) Suponiendo que la rapidez inicial es de 10m/s, calcular la rapidez final. ¿Es mayor o menor?

a) Trabajo

$$W=\vec{F}.\Delta\vec{r} \longrightarrow W=|\vec{F}||\Delta\vec{r}|\cos(\theta)$$

$$W=2.0\,\mathrm{N}\,4.0\,\mathrm{m}\cos(60°)=4.0\,\mathrm{J}$$

b) Rapidez final

$$F\cos(\theta)=m\,a \longrightarrow a=\frac{F\cos(60)}{m}=1.0\,\mathrm{m/s^2}$$

El movimiento es MRUA

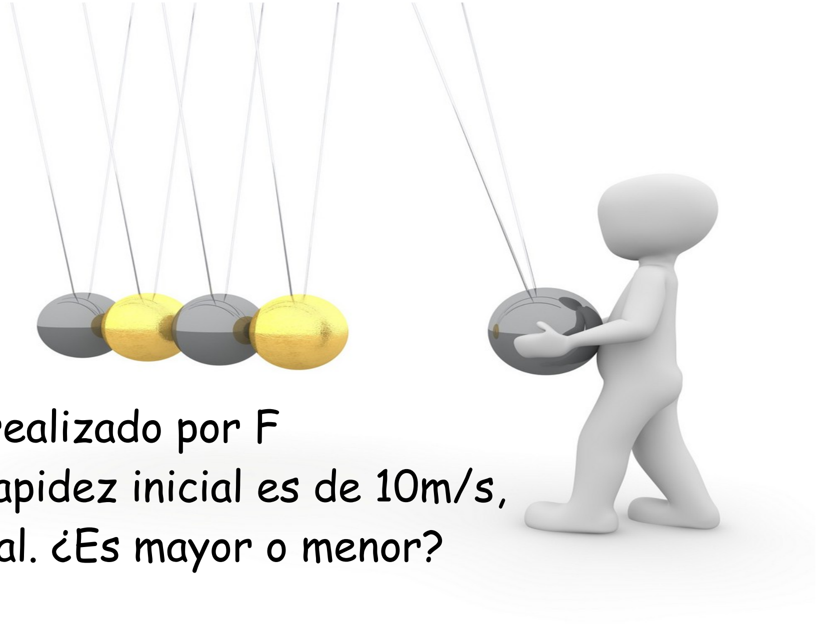
$$\left.\begin{array}{l} x(t)=\frac{1}{2}a t^2+v_0 t+x_0 \\ v(t)=a t+v_0 \end{array}\right\} \longrightarrow v_f^2-v_i^2=2a\Delta x$$

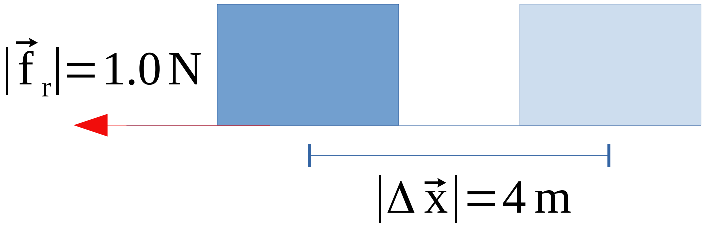
$$v_f^2=v_i^2+2a\Delta x$$

$$v_f^2=100.0\,\mathrm{m^2/s^2}+2\times1.0\,\mathrm{m/s^2}\,4\,\mathrm{m}$$

$$v_f^2=108.0\,\mathrm{m^2/s^2} \longrightarrow v_f=10.39\,\mathrm{m/s}$$

Ejemplo 2





a) Calcular el trabajo realizado por F
b) Suponiendo que la rapidez inicial es de 10m/s, calcular la rapidez final. ¿Es mayor o menor?

a) Trabajo

$$W = \vec{f}_r . \Delta\vec{r} \longrightarrow W = |\vec{f}_r||\Delta\vec{r}|\cos(\theta)$$

$$W = 1.0\,\mathrm{N}\, 4.0\,\mathrm{m} \cos(180°) = -4.0\,\mathrm{J}$$

b) Rapidez final

$$f_r = m a \longrightarrow a = \frac{f_r}{m} = 1.0\,\mathrm{m/s^2}$$

El movimiento es MRUA

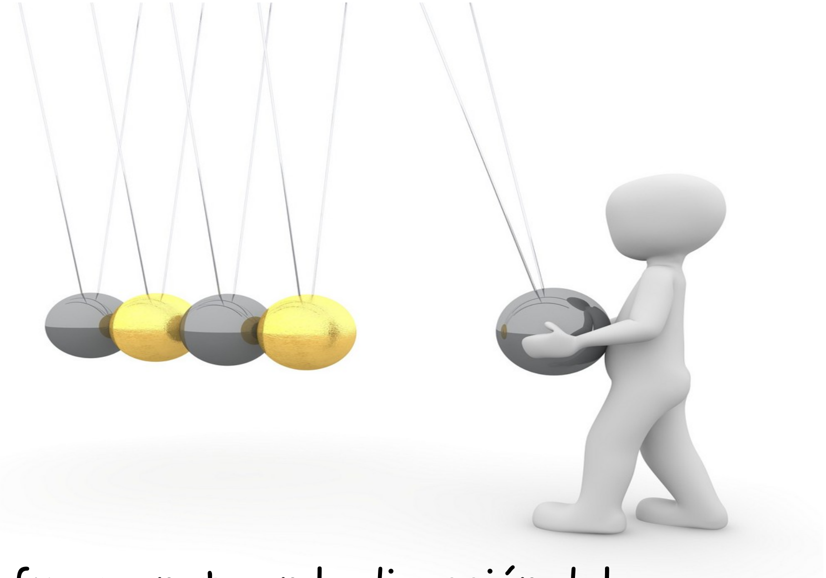
$$\left.\begin{array}{l} x(t) = -\frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0 \\ v(t) = -a t + v_0 \end{array}\right\} \longrightarrow v_f^2 - v_i^2 = -2 a \Delta x$$

$$v_f^2 = v_i^2 - 2 a \Delta x$$

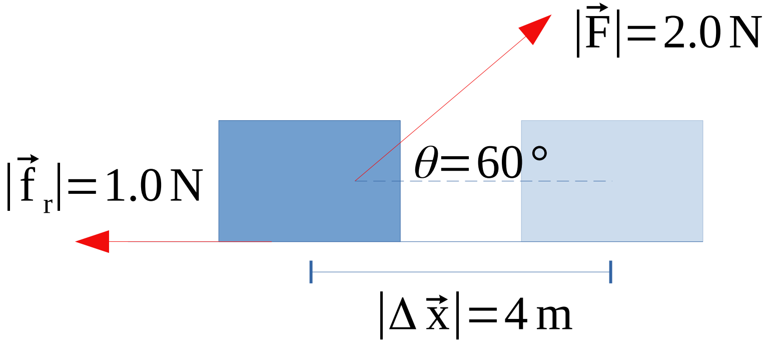
$$v_f^2 = 100.0\,\mathrm{m^2/s^2} - 2 \times 1.0\,\mathrm{m/s^2}\, 4\,\mathrm{m}$$

$$v_f^2 = 92.0\,\mathrm{m^2/s^2} \longrightarrow v_f = 9.59\,\mathrm{m/s}$$

Ejemplos 1 y 2



1. ¿Qué pasa si sobre la partícula actúan ambas fuerzas?

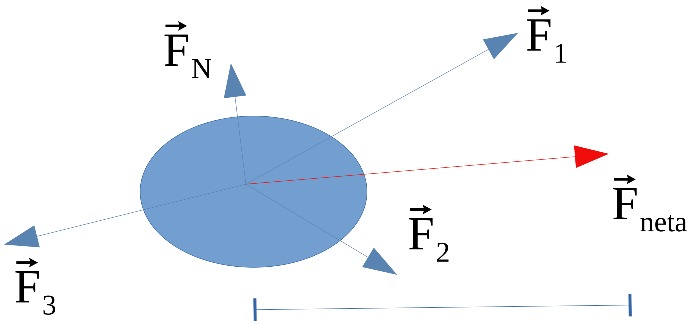


Por Newton, no hay fuerza neta en la dirección del Movimiento, y entonces la velocidad se mantiene constante.

¿Cómo explicamos esto desde el punto de vista energético?.

2. ¿Cómo se relaciona el trabajo calculado, con la rapidez final del movimiento?

Trabajo de N Fuerzas Constantes



Como el trabajo es una cantidad escalar, podemos sumar algebraicamente los trabajos realizados por cada fuerza.

$$W_{total} = W_1 + W_2 + \dots + W_N$$

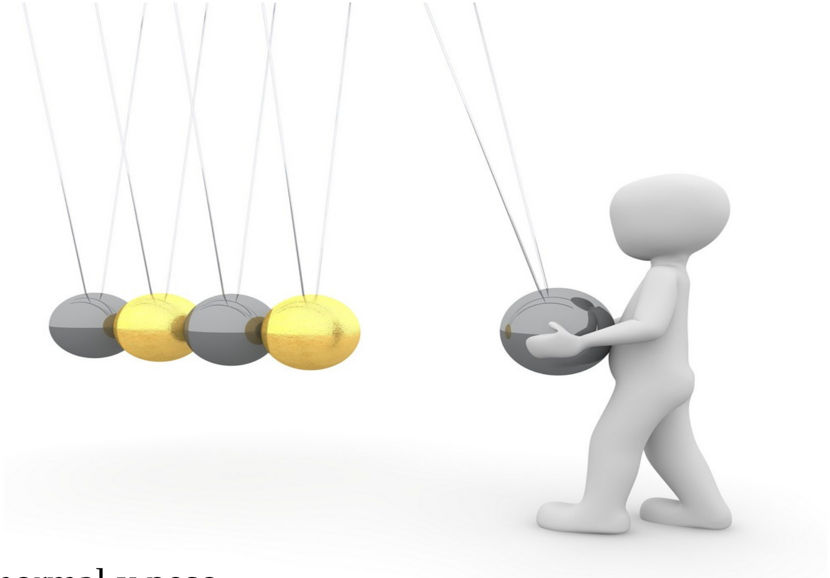
$$W_{total} = \vec{F}_1 \cdot \Delta\vec{r} + \dots + \vec{F}_N \cdot \Delta\vec{r}$$

Por otro lado, podemos calcular el trabajo de la fuerza neta

$$\left.\begin{aligned} W_{neto} &= \vec{F}_{neta} \cdot \Delta\vec{r} \\ \vec{F}_{neta} &= \vec{F}_1 + \dots + \vec{F}_N \end{aligned}\right\} \rightarrow W_{neto} = \vec{F}_1 \cdot \Delta\vec{r} + \dots + \vec{F}_N \cdot \Delta\vec{r}$$

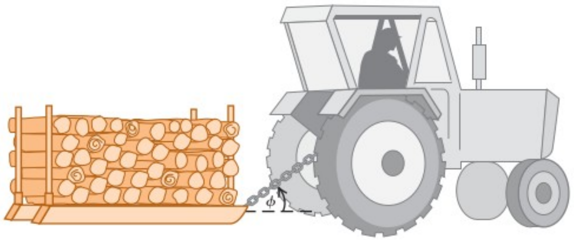
$$\rightarrow \boxed{W_{neto} = W_{total}}$$

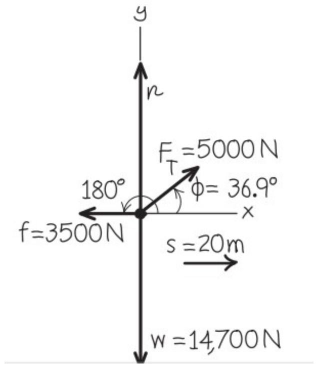
Ejemplo: Fuerza Neta



Ejemplo 6.2 **Trabajo realizado por varias fuerzas**

Un granjero engancha su tractor a un trineo cargado con leña y lo arrastra 20 m sobre el suelo horizontal (figura 6.7a). El peso total del trineo y la carga es de 14,700 N. El tractor ejerce una fuerza constante de 5000 N a 36.9° sobre la horizontal, como se indica en la figura 6.7b. Una fuerza de fricción de 3500 N se opone al movimiento del trineo. Calcule el trabajo realizado por cada fuerza que actúa sobre el trineo y el trabajo total de todas las fuerzas.





Fuerza normal y peso

$$W_n = W_w = 0$$

Fuerza del tractor

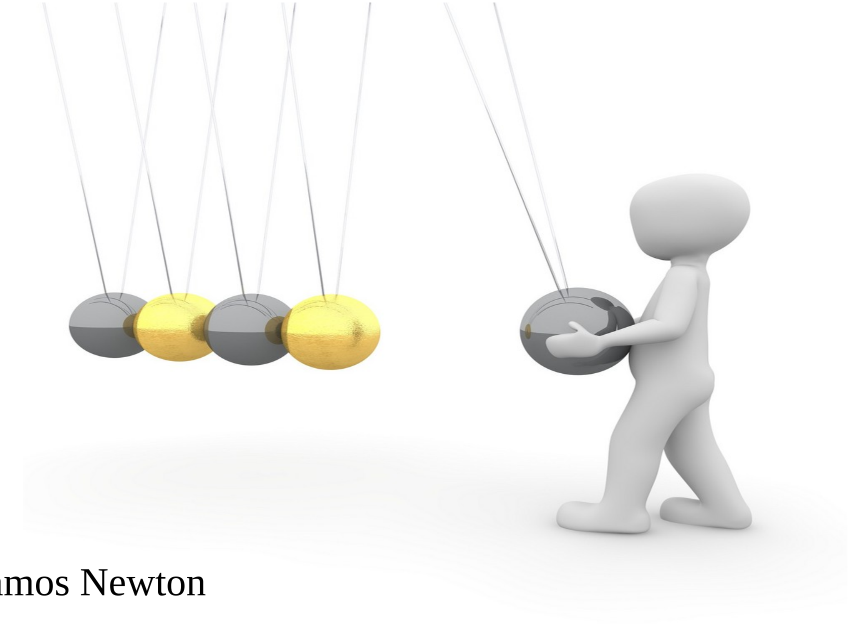
$$W_{F_T} = 5000\,\mathrm{N}\;20\,\mathrm{m}\cos(36.9°) \approx 79969\,\mathrm{J} = 79.969\,\mathrm{KJ}$$

Fuerza de rozamiento

$$W_{f_r} = 3500\;20\,\mathrm{m}\cos(180) = -70000\,\mathrm{J} = -70.0\,\mathrm{KJ}$$

$$W_{total} = 9.969\,\mathrm{KJ}$$

Ejemplo: Fuerza Neta



Ejemplo 6.2 Trabajo realizado por varias fuerzas

Un granjero engancha su tractor a un trineo cargado con leña y lo arrastra 20 m sobre el suelo horizontal (figura 6.7a). El peso total del trineo y la carga es de 14,700 N. El tractor ejerce una fuerza constante de 5000 N a 36.9° sobre la horizontal, como se indica en la figura 6.7b. Una fuerza de fricción de 3500 N se opone al movimiento del trineo. Calcule el trabajo realizado por cada fuerza que actúa sobre el trineo y el trabajo total de todas las fuerzas.

Aplicamos Newton

Eje y: $n + F_{Ty} - w = 0$

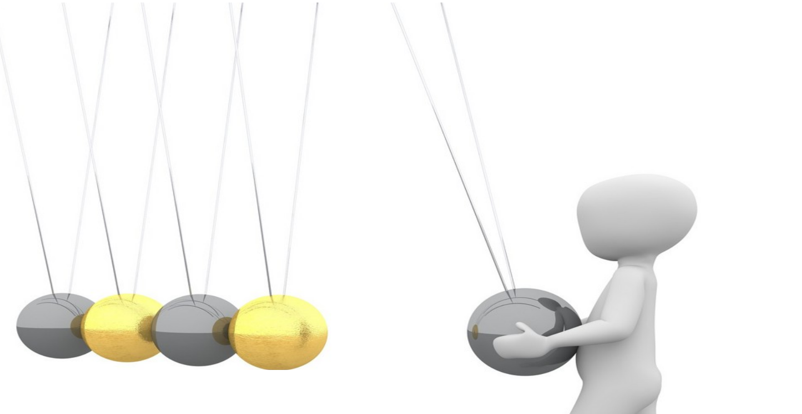
Eje x: $F_{neta} = F_{Tx} - f_r$

$$F_{neta} = 5000\,\mathrm{N}\cos(36.9°) - 3500\,\mathrm{N} \approx 498.4\,\mathrm{N}$$

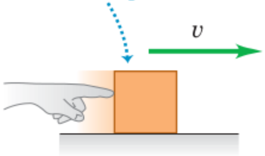
$$W_{neto} = \vec{F}_{neta}\,.\,\Delta\vec{r} = F_{neta}\,\Delta r\cos(0°)$$

$$W_{neto} = 498.4\,\mathrm{N}\;20\,\mathrm{m} = 9968\,\mathrm{J} = 9.968\,\mathrm{KJ}$$

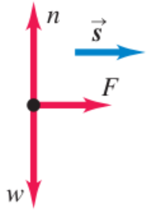
Teorema del Trabajo y la Energía



a)
Un bloque que se desliza hacia la derecha
sobre una superficie sin fricción.

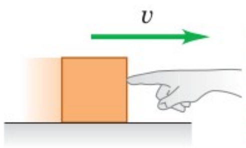


Si usted empuja a la
derecha sobre el bloque
en movimiento, la fuerza
neta sobre el bloque
es hacia la derecha.

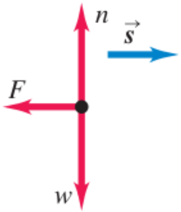


- El trabajo total efectuado sobre el bloque durante un desplazamiento $\vec{s}$ es positivo: $W_{tot} > 0$.
- El bloque aumenta de rapidez.

b)

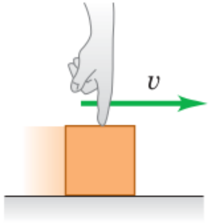


Si usted empuja a la
izquierda sobre el bloque
en movimiento, la fuerza
neta sobre el bloque
es hacia la izquierda.

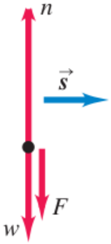


- El trabajo total efectuado sobre el bloque durante un desplazamiento $\vec{s}$ es negativo: $W_{tot} < 0$.
- El bloque se frena.

c)

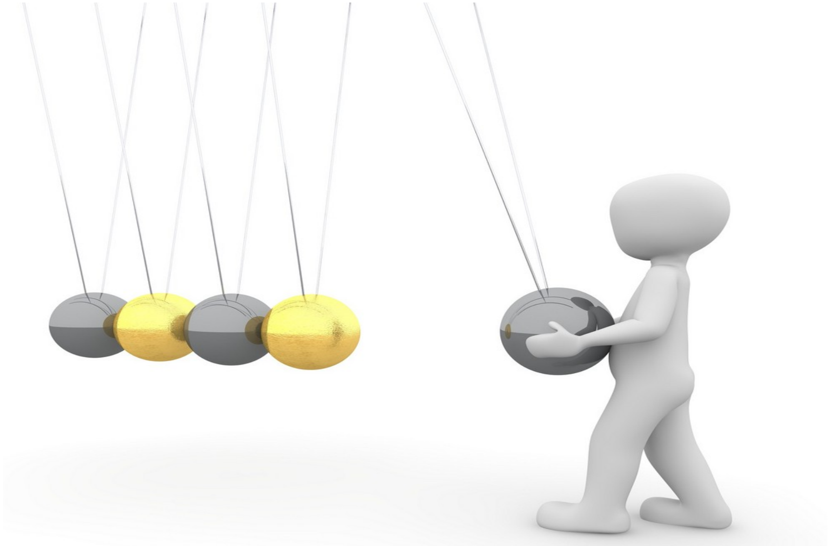


Si usted empuja
directo hacia abajo
sobre el bloque en
movimiento, la fuerza
neta sobre el bloque
es cero.

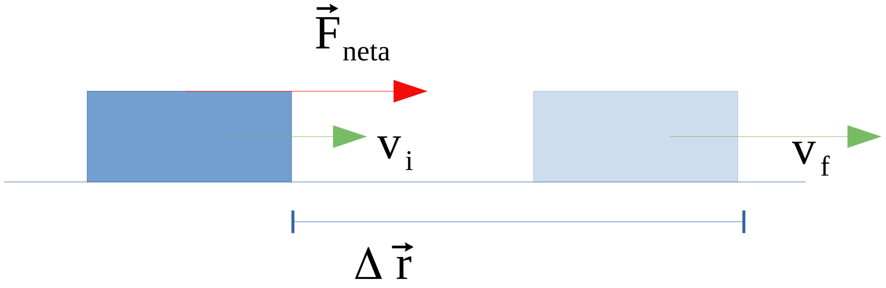


- El trabajo total realizado sobre el bloque durante un desplazamiento $\vec{s}$ es cero: $W_{tot} = 0$.
- La rapidez del bloque permanece igual.

Teorema del Trabajo y la Energía



Si tenemos una fuerza neta constante:



$$\vec{F}_{neta} = m\vec{a}$$

$$W_{neto} = \vec{F}_{neta} \cdot \Delta\vec{r}$$

$$W_{neto} = |\vec{F}_{neta}||\Delta\vec{r}|$$

$$W_{neto} = ma|\Delta\vec{r}|$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2|\Delta\vec{r}|}$$

$$W_{neto} = m\left(\frac{v_f^2 - v_i^2}{2}\right)$$

Definición de energía cinética:

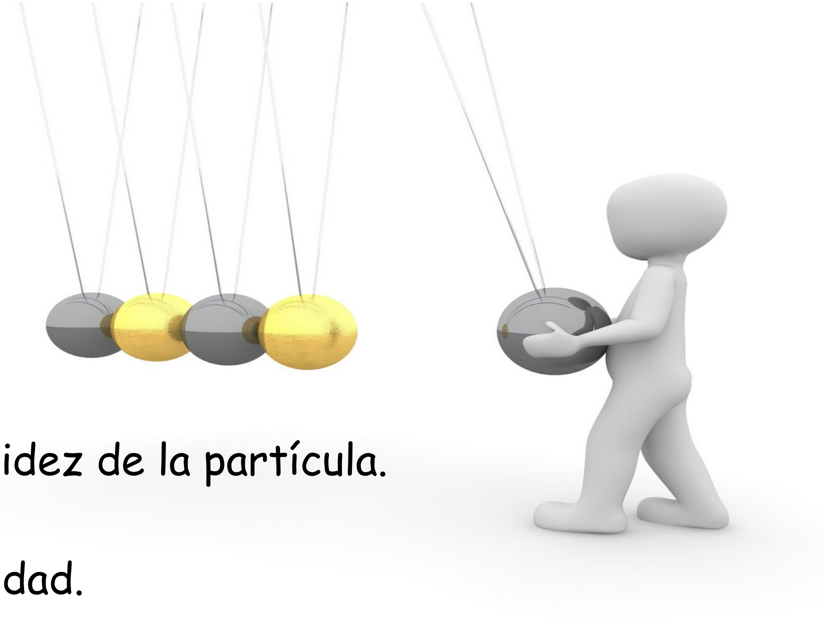
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\boxed{W_{neto} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2}$$

$$\boxed{W_{neto} = \Delta E_c}$$

El trabajo de la fuerza
Neta es igual a la variación
De energía cinética

Teorema del Trabajo y la Energía



Observaciones:

1. La energía cinética es más grande cuánto mayor sea la rapidez de la partícula.

2. No depende de las características vectoriales de la velocidad.

2. Si $v_f > v_i \rightarrow W_{neto} > 0, \; \Delta E_c > 0$ ⟶ El sistema ganó energía

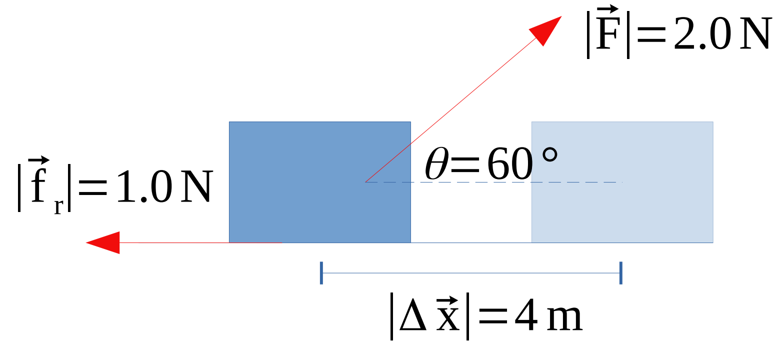
3. Si $v_f < v_i \rightarrow W_{neto} < 0, \; \Delta E_c < 0$ ⟶ El sistema perdió energía

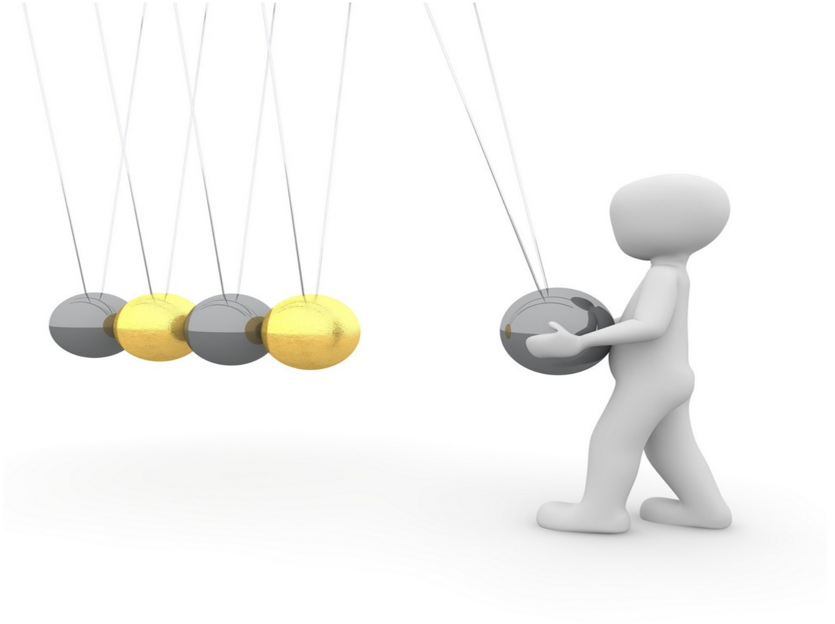
4. Si $v_f = v_i \rightarrow W_{neto} = 0, \; \Delta E_c = 0$ ⟶ El sistema no ganó ni perdió energía

$$\boxed{W_{neto} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2}$$

$$\boxed{W_{neto} = \Delta E_c}$$

Ejemplo 1 y 2





Suma de los trabajos:

$$\left.\begin{array}{l} W_F = 4.0\,\mathrm{J} \\ W_{f_r} = -4.0\,\mathrm{J} \\ W_n = W_p = 0\,\mathrm{J} \end{array}\right\} \longrightarrow \boxed{W_{total} = 0\,\mathrm{J}}$$

El sistema no gana ni pierde energía

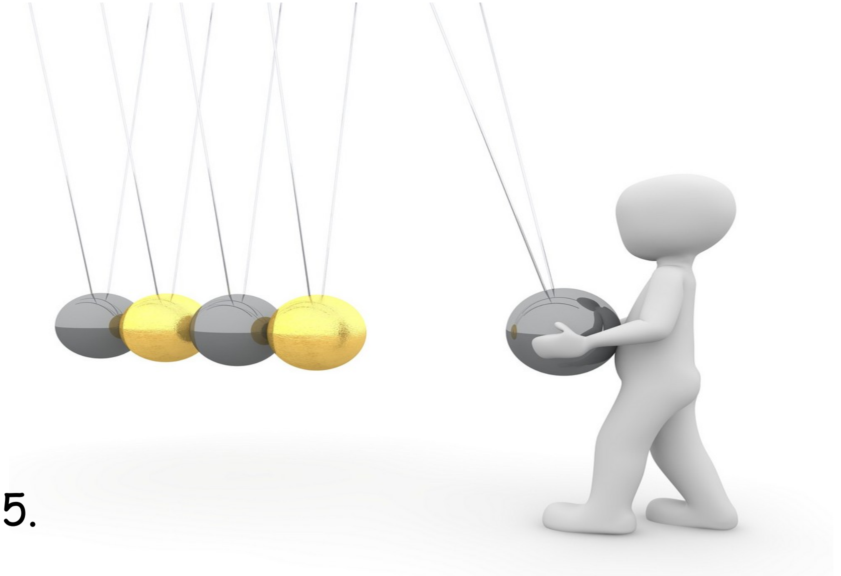
Trabajo Neto:

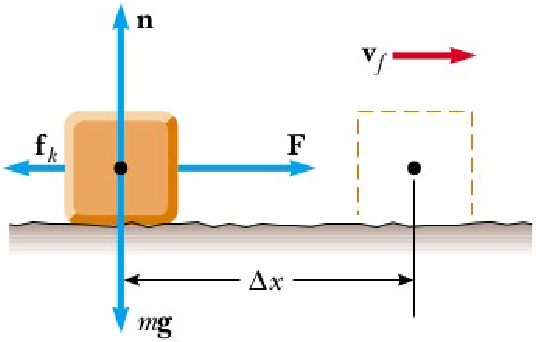
$$\vec{F}_{neta} = 0 \longrightarrow \boxed{W_{neto} = 0\,\mathrm{J}} \longrightarrow \boxed{\Delta E_c = 0\,\mathrm{J}} \longrightarrow \boxed{v_f = v_i}$$

Por primera ley de Newton, si la fuerza Neta es cero, la Partícula sigue Moviéndose con la Velocidad que tenía.

Ejemplo 2

Un bloque de 6.0kg, inicialmente en reposo, es tirado hacia la derecha por una fuerza constante de 12.0N.
Encuentre la rapidez luego de que el objeto se movió 3.0m, si el piso tiene un coeficiente de rozamiento cinético de 0.15.





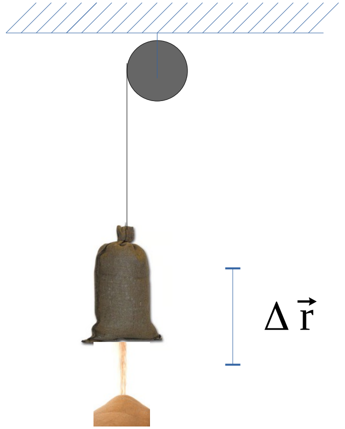
$$\left.\begin{array}{l}\text{Eje y} \rightarrow \; n = mg \\ \text{Eje y} \rightarrow \; F_{neta} = F - f_r\end{array}\right\} \longrightarrow \left.\begin{array}{l} W_{neto} = \vec{F}_{neta} \cdot \Delta \vec{r} \\ W_{neto} = \Delta E_c \end{array}\right\} \longrightarrow \vec{F}_{neta} \cdot \Delta \vec{r} = \Delta E_c$$

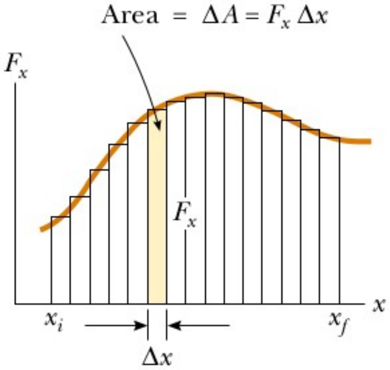
$$\left.\begin{array}{l} |\vec{F}_{neta}||\Delta \vec{r}| = \Delta E_c \\ \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \end{array}\right\} \longrightarrow \begin{array}{l} \frac{1}{2} m v_f^2 = \frac{1}{2} m \cancel{v_i^2} + F_{neta} \Delta r \\ \frac{1}{2} m v_f^2 = F \Delta r - f_r \Delta r \longrightarrow \end{array}$$

$$\longrightarrow v_f^2 = \frac{2 \times (12.0\,N - 8.82\,N)\,3.0\,m}{6.0\,kg} \longrightarrow \boxed{v_f \approx 1.8\,m/s}$$

Trabajo de una Fuerza Variable

Caso Unidimensional:





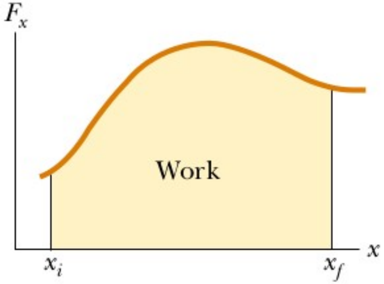
Tomamos pequeños pedacitos
donde la fuerza sea casi constante

$w_j = F_j \Delta x_j \longrightarrow$ Área bajo la curva

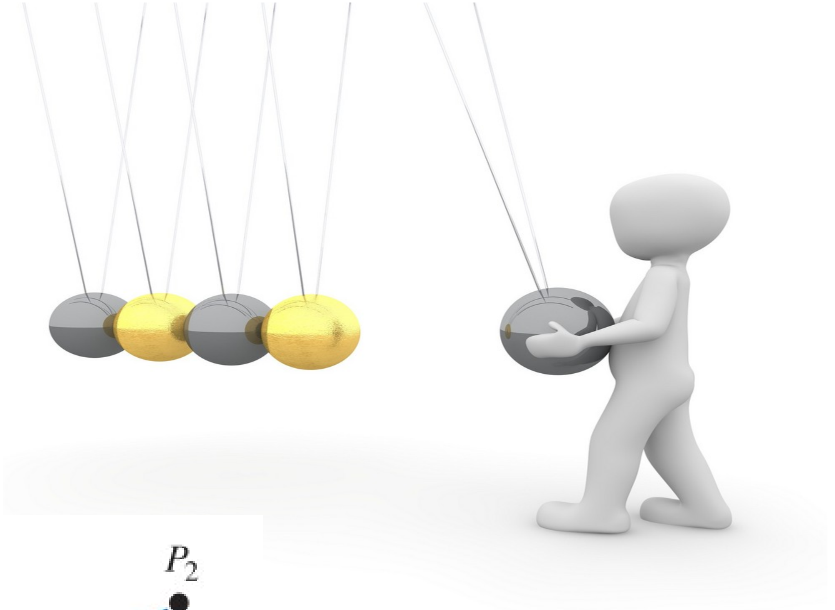
¿Cómo calculamos el trabajo total, desde
La posición inicial i hasta la final f?

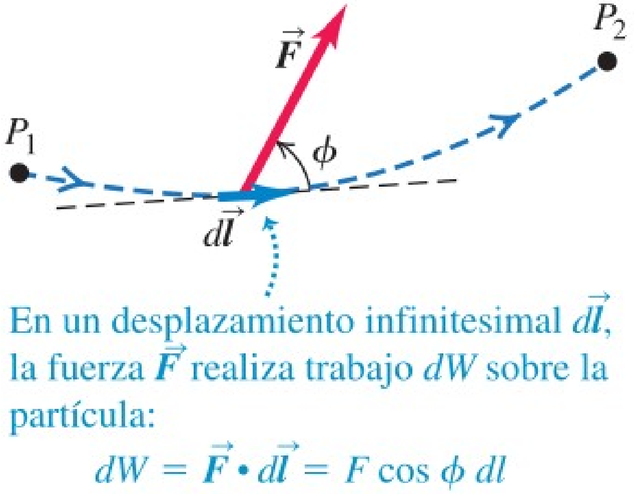
$$W = w_i + \ldots + w_f$$

$$W = F_i \Delta x_i + \ldots + F_f \Delta x_f \longrightarrow \boxed{W = \int_{x_i}^{x_f} F\,dx}$$

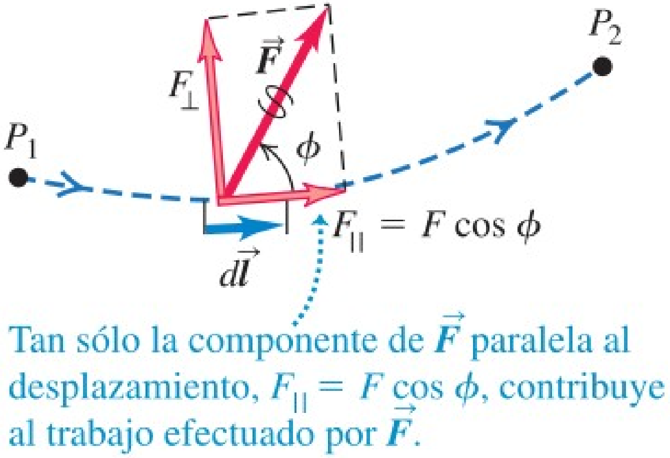


Trabajo en Trayectoria Curvilínea





$$W = \int_{p_1}^{p_2} \vec{F} \cdot d\vec{l}$$



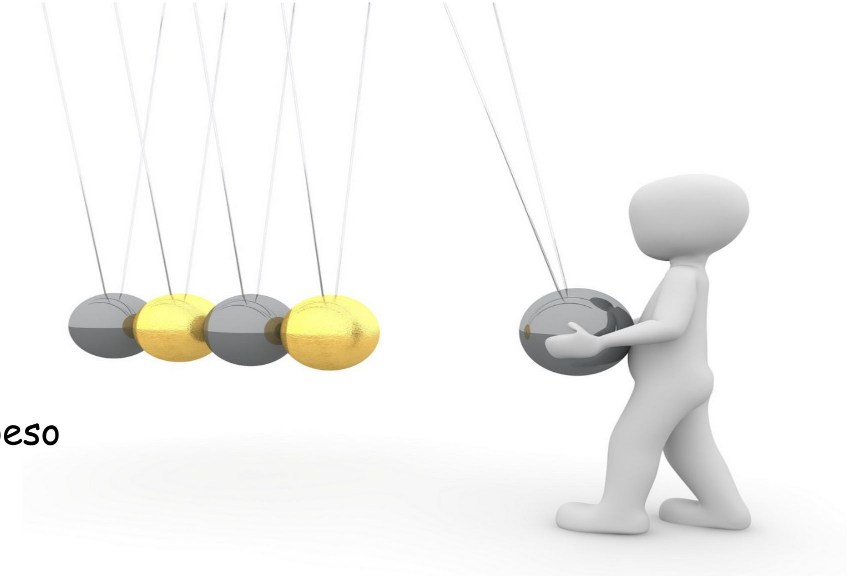
La componente perpendicular de la fuerza no contribuye al trabajo

↓

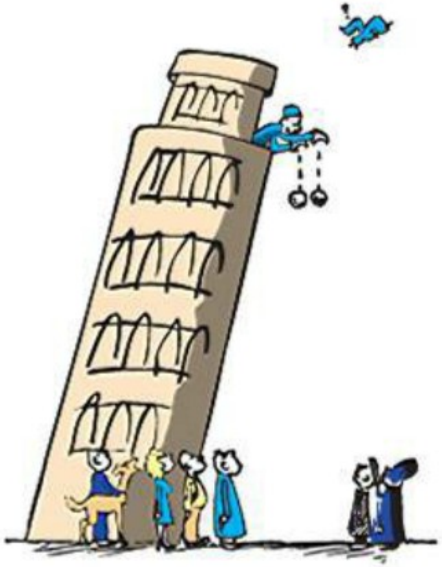
Sólo la fuerza paralela es capaz de cambiar la rapidez.

Contraejemplo: Coriolis

Energía Potencial Gravitatoria



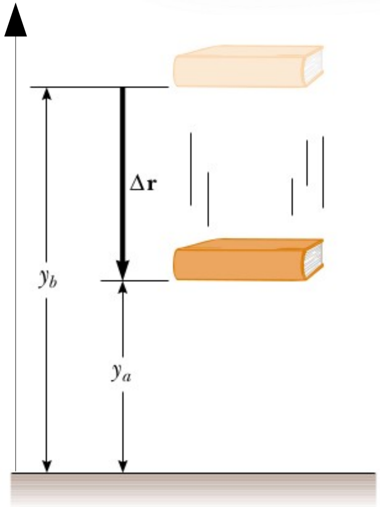
Motivación:



Calculemos el trabajo de la fuerza peso en el desplazamiento $\Delta \vec{r}$

$$\left.\begin{array}{l} W_{mg} = m\,\vec{g} \,.\, \Delta \vec{r} \\ \vec{g} = -g\,\hat{j} \\ \Delta \vec{r} = (y_f - y_i)\,\hat{j} \end{array}\right\} \longrightarrow \begin{array}{l} W_{mg} = -m\,g\,(y_f - y_i)\,\hat{j} \,.\, \hat{j} \\ W_{mg} = -m\,g\,(y_f - y_i) \end{array}$$

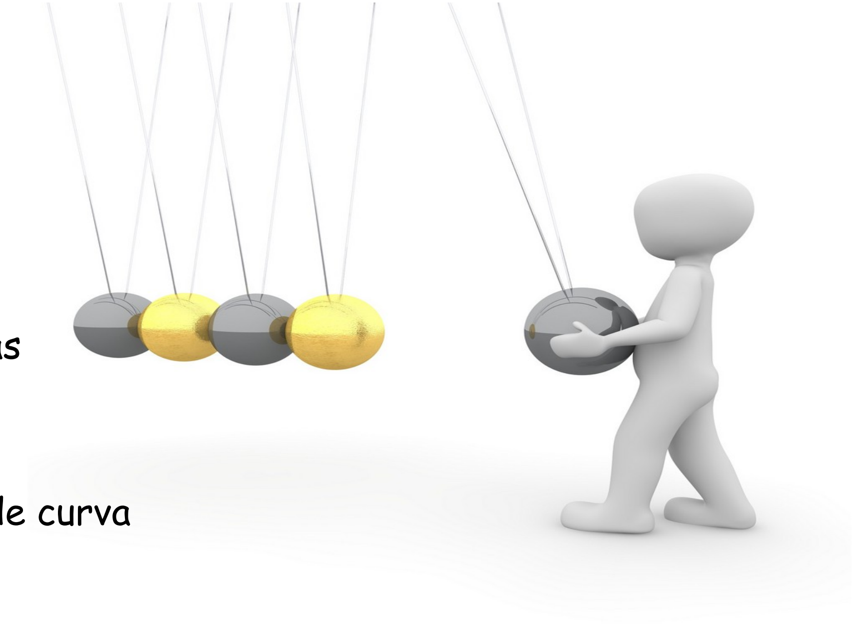
$$W_{mg} = -(m\,g\,y_f - m\,g\,y_i)$$

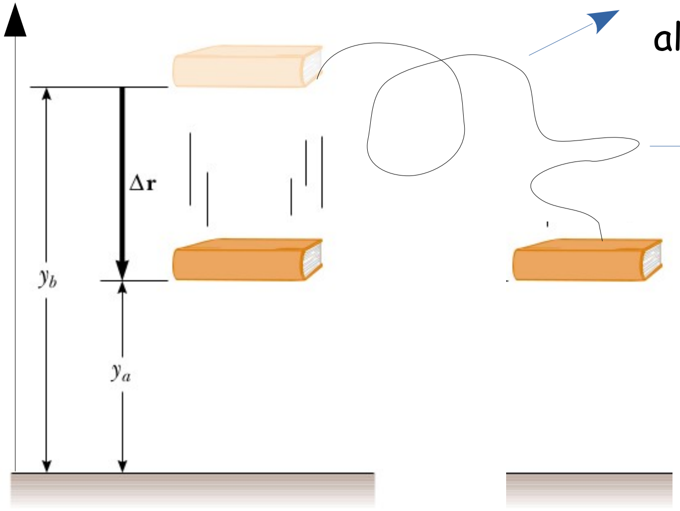


Definición de energía potencial gravitatoria:

$$U_g = mgy \longrightarrow \boxed{W_{mg} = -\Delta U_g}$$

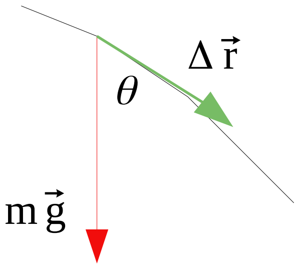
Energía Potencial Gravitatoria



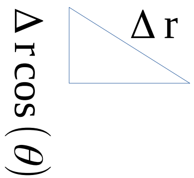


Trayectoria curvilínea entre las alturas inicial y final

Zoom en un pedacito de curva



$$w = m\,g\,\Delta r \cos(\theta)$$



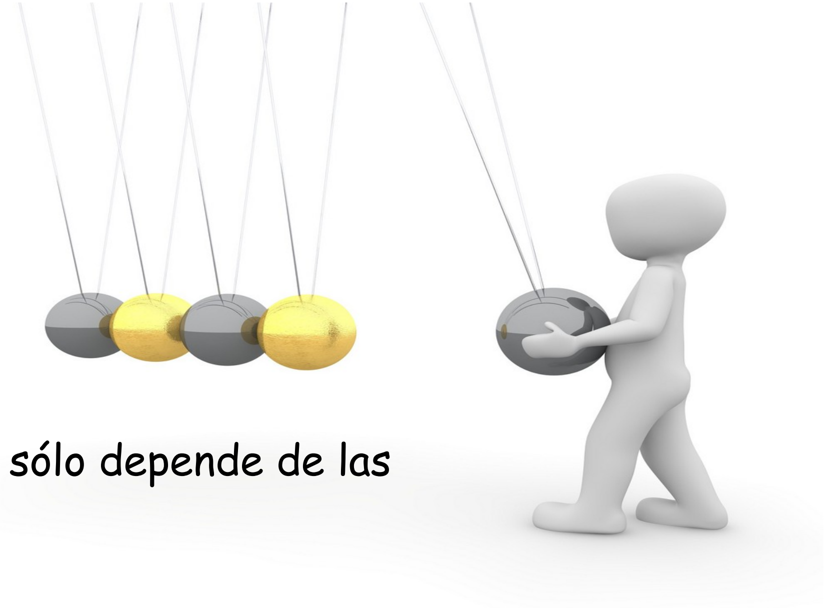
$$w = m\,g\,\Delta y$$

Sólo importa el desplazamiento vertical en el pedacito de curva

Al movernos a lo largo de la curva, el resultado depende del desplazamiento neto entre las alturas inicial y final

$$\boxed{W_{mg} = -m\,g\,(y_f - y_i)}$$

El trabajo del peso no depende de la trayectoria seguida.



Energía Potencial Gravitatoria

Observaciones:

1. El trabajo del peso, no depende de la trayectoria seguida, sólo depende de las posiciones inicial y final.

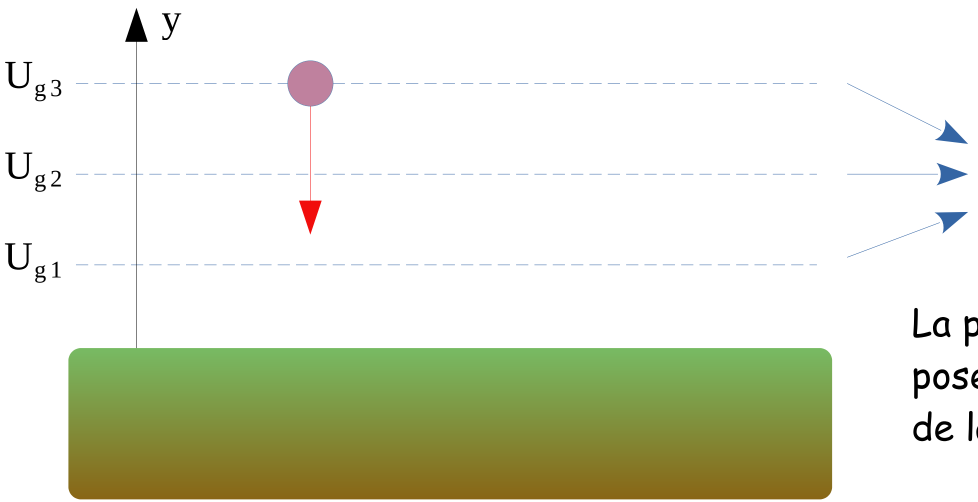
2. Si $y_f<y_i \rightarrow W_{mg}>0,\ \Delta U_g<0$ ⟶ El objeto en caida ganó energía, y disminuyó su Ug

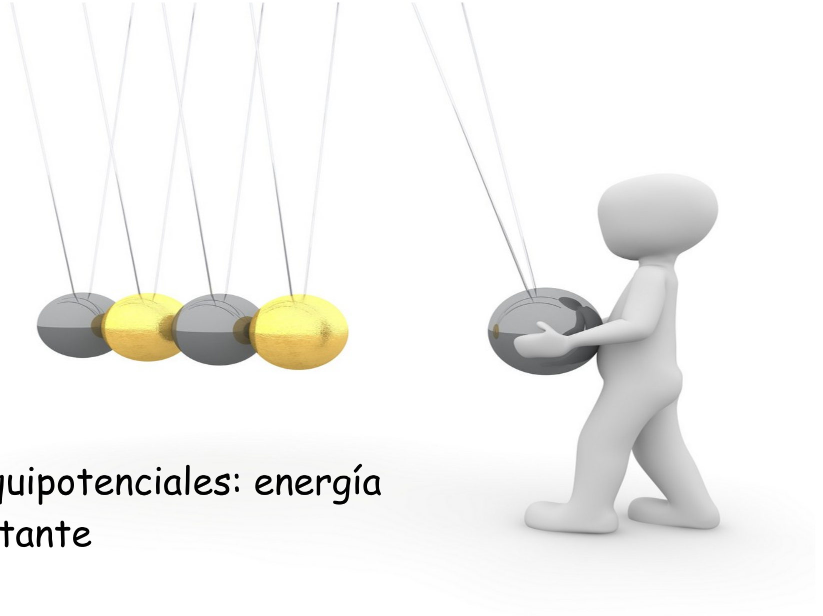
3. Si $y_f>y_i \rightarrow W_{mg}<0,\ \Delta U_g>0$ ⟶ El objeto en caida perdió energía, y aumentó su Ug

4. Si $y_f=y_i \rightarrow W_{mg}=0,\ \Delta U_g=0$ ⟶ El objeto no ganó ni perdió energía, ni cambió su Ug

¿Cómo se conectan estos resultados con la energía cinética ya introducida?

Superficies Equipotenciales





Superficies equipotenciales: energía potencial constante

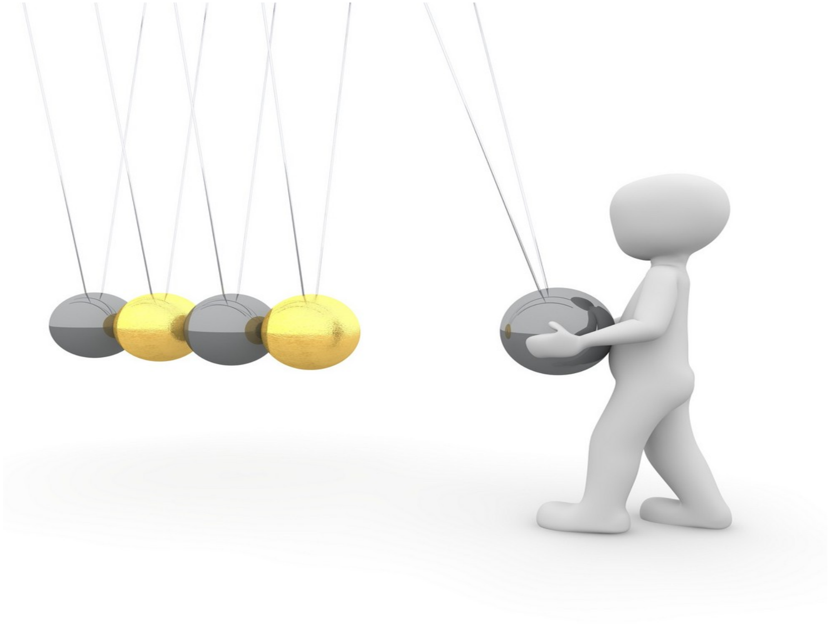
La pelota al interactuar con la Tierra (campo gravitatorio), posee una energía potencial la cual depende (localmente) sólo de la altura sobre un nivel de referencia.

Dicha energía puede transformarse en otras formas de energía Al pasar de una superficie equipotencial a otra.

Podemos pensar al peso como la fuerza que resulta debido a una diferencia de energía potencial.

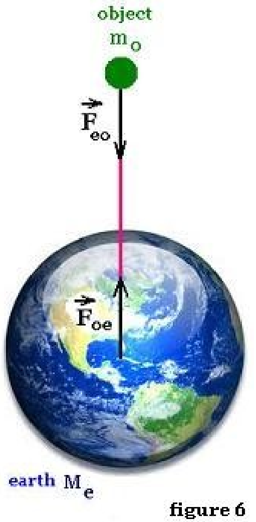
La fuerza peso es perpendicular a las Superficies equipotenciales.

Peso como Fuerza Neta



¿Qué pasa si el peso es la única fuerza actuando?

Ej: Caida Libre, Movimiento de Poryectil

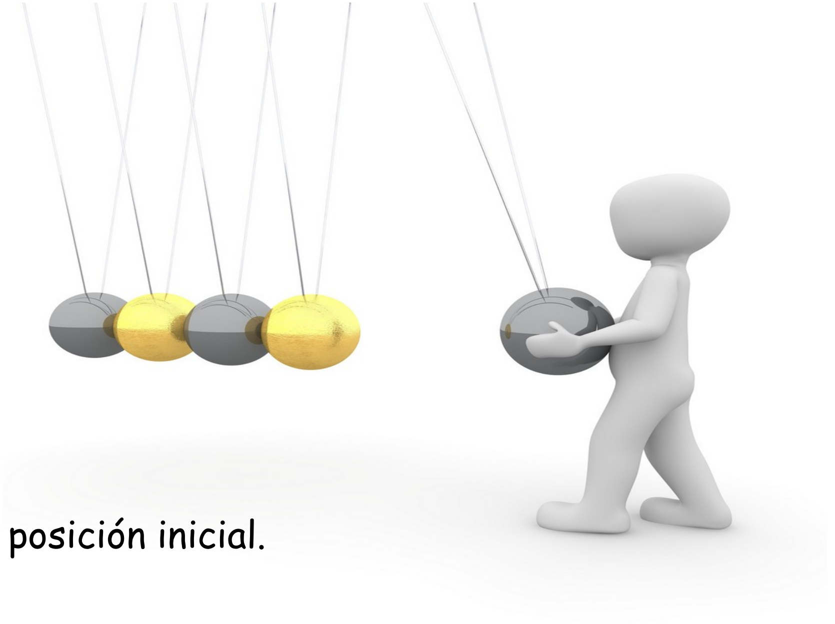


$$\left.\begin{aligned} W_{mg} &= -\Delta U_g \\ \vec{F}_{neta} &= m\vec{g} \\ W_{neto} &= \Delta E_c \end{aligned}\right\} \longrightarrow \begin{aligned} &\Delta E_c = -\Delta U_g \\ &E_{cf} - E_{ci} = -U_{gf} + U_{gi} \longrightarrow \boxed{E_{ci} + U_{gi} = E_{cf} + U_{gf}} \end{aligned}$$

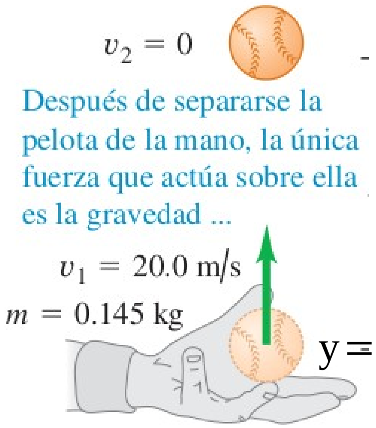
Existe para este sistema (masa-Tierra), una cantidad conservada, la cual llamamos energía mecánica.

$$E_{mec} = E_c + U_g \longrightarrow \boxed{E_{mec,i} = E_{mec,f}}$$

Ejemplo: Conservación de la Emec 1



Usted lanza una pelota de béisbol con masa de 0.145 kg hacia arriba, dándole una velocidad inicial hacia arriba de 20.0 m/s. Determine qué altura alcanza, despreciando la resistencia del aire.



$y = 0$

Origen del sistema de referencia en posición inicial.

Únicamente actúa la fuerza peso:

$$E_{mec,i} = E_{mec,f}$$

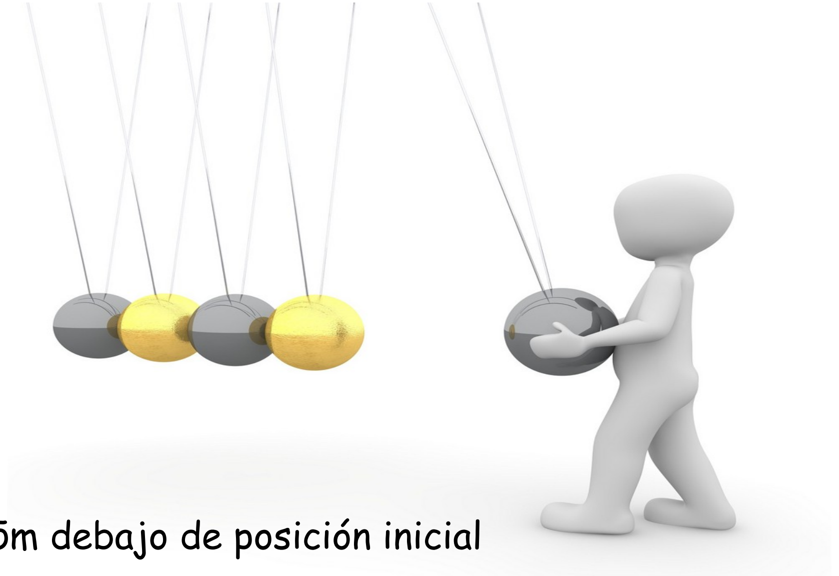
$$E_{mec,i} = \cancel{U_{gi}} + E_{ci} = \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$E_{mec,f} = U_{gf} + \cancel{E_{cf}} = mgy_f$$

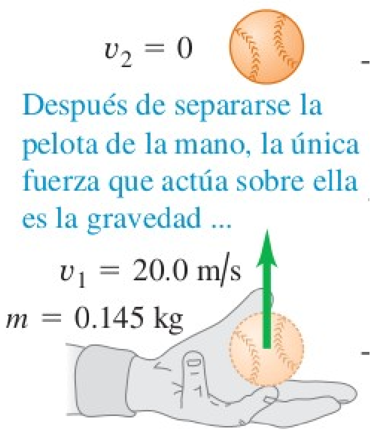
$$\rightarrow \frac{1}{2} m v_i^2 = mgy_f \rightarrow \boxed{y_f = \frac{v_i^2}{2g}}$$

Altura máxima de la caida libre

Ejemplo: Conservación de la Emec 2



Usted lanza una pelota de béisbol con masa de 0.145 kg hacia arriba, dándole una velocidad inicial hacia arriba de 20.0 m/s. Determine qué altura alcanza, despreciando la resistencia del aire.



$y=0$

Origen del sistema de referencia 1.5m debajo de posición inicial

Únicamente actúa la fuerza peso:

$$E_{mec,i} = E_{mec,f}$$

$$E_{mec,i} = U_{gi} + E_{ci} = mgy_i + \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$E_{mec,f} = U_{gf} + \cancel{E_{cf}} = mgy_f$$

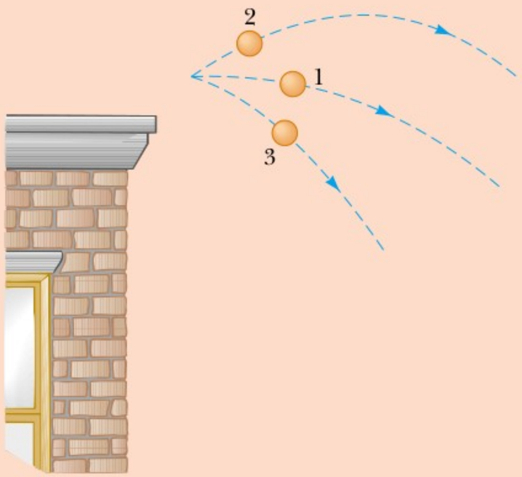
$$\rightarrow \quad mgy_i + \frac{1}{2} m v_i^2 = mgy_f \quad \rightarrow \quad \boxed{y_f = y_i + \frac{v_i^2}{2g}}$$

Altura máxima de la caida libre

Lo importante físicamente no es el valor de energía potencial, sino su variación

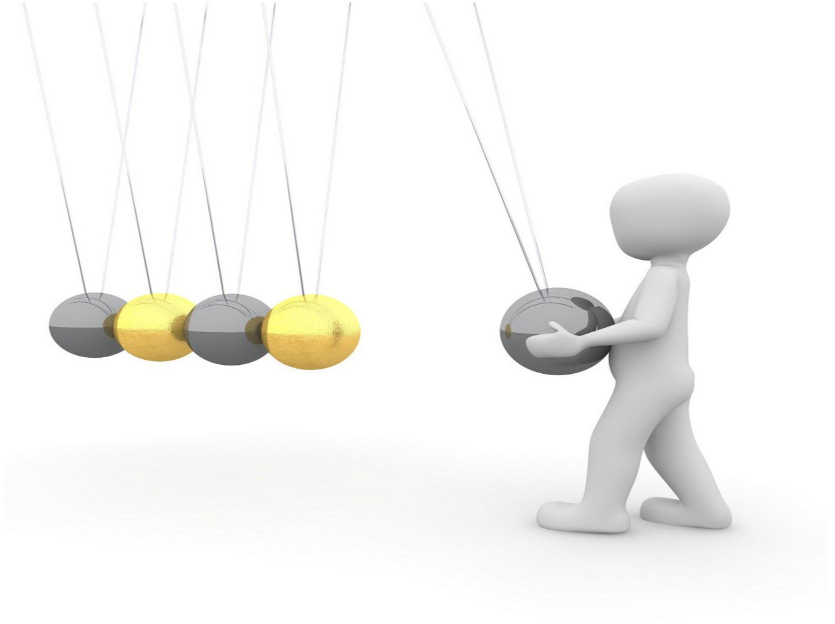
Ejercicio Conceptual

Quick Quiz 8.6 Three identical balls are thrown from the top of a building, all with the same initial speed. The first is thrown horizontally, the second at some angle above the horizontal, and the third at some angle below the horizontal, as shown in Figure 8.3. Neglecting air resistance, rank the speeds of the balls at the instant each hits the ground.

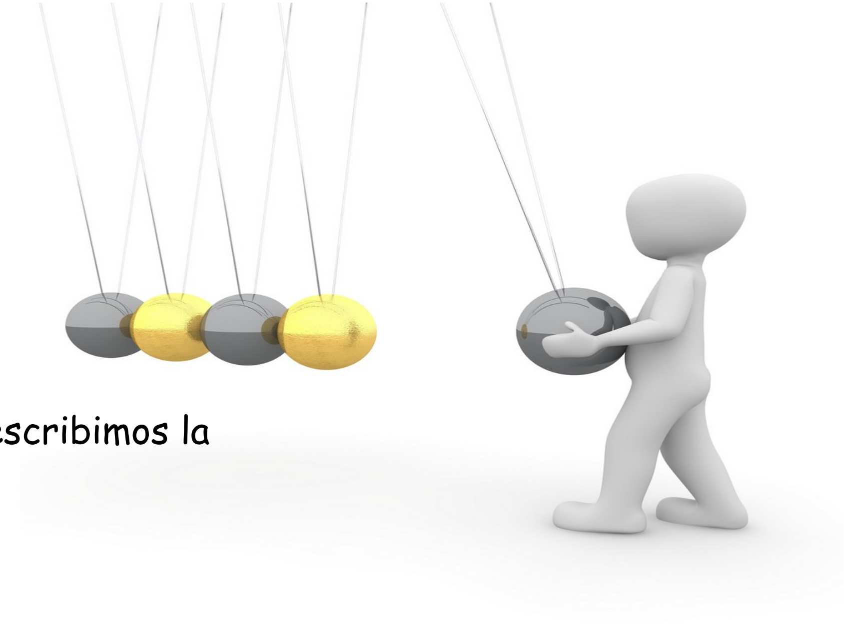


Active Figure 8.3 (Quick Quiz 8.6) Three identical balls are thrown with the same initial speed from the top of a building.

At the Active Figures link at http://www.pse6.com, you can throw balls at different angles from the top of the building and compare the trajectories and the speeds as the balls hit the ground.



¿Qué Pasa Si Actúan Otras Fuerzas?



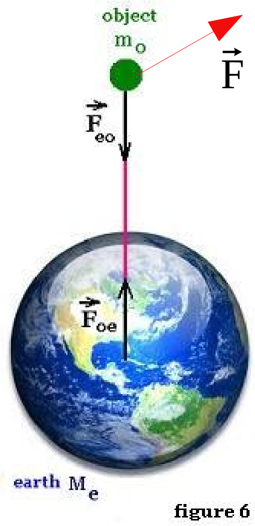


figure 6

Identificamos cada una de las fuerzas, y escribimos la fuerza neta.

$$\vec{F}_{neta} = \vec{F} + m\vec{g}$$

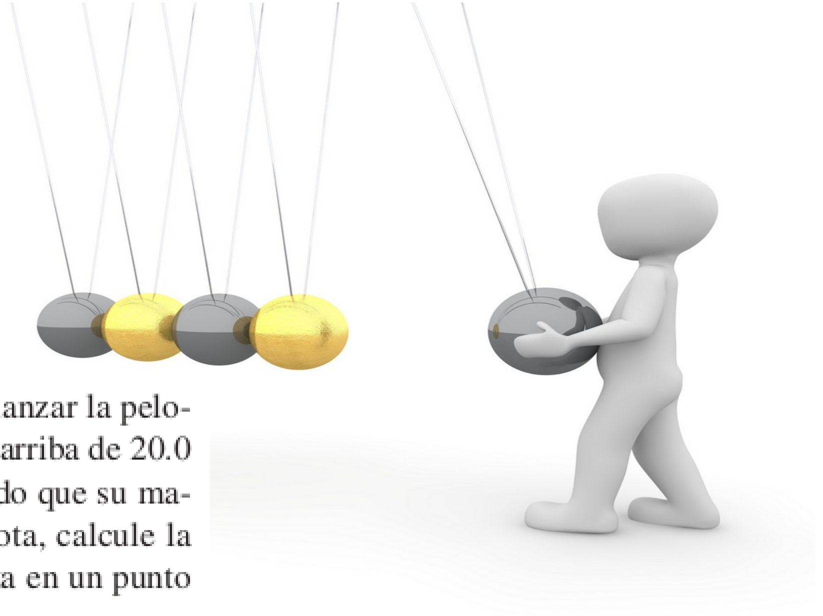
Calculamos el trabajo de la fuerza neta

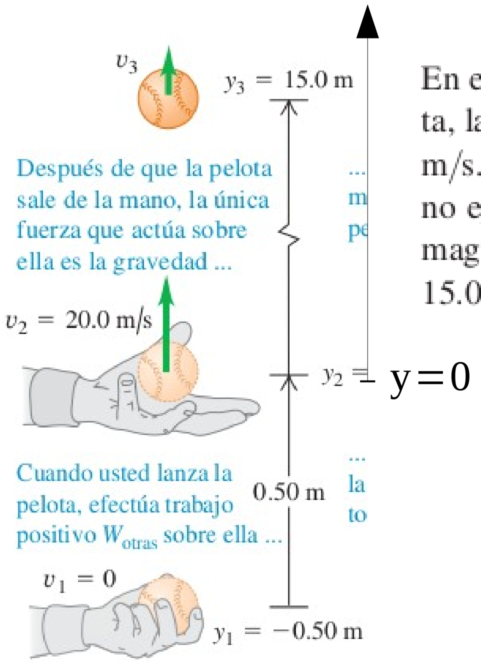
$$\left.\begin{aligned} W_{neto} &= W_F + W_{mg} \\ W_{neto} &= \Delta E_c \end{aligned}\right\} \longrightarrow \left.\begin{aligned} W_F + W_{mg} &= \Delta E_c \\ W_{mg} &= -\Delta U_g \end{aligned}\right\} \longrightarrow \boxed{W_F = \Delta E_c + \Delta U_g}$$

Si F tiene una energía potencial asociada → la energía mecánica se va a conservar

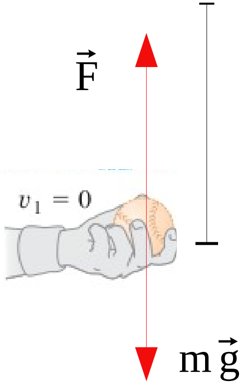
Si F no tiene una energía potencial asociada → la energía mecánica no se va a conservar

Ejemplo: Otras Fuerzas





En el ejemplo 7.1, suponga que la mano sube 0.50 m al lanzar la pelota, la cual, al salir de la mano, tiene una velocidad hacia arriba de 20.0 m/s. Otra vez ignore la resistencia del aire. *a*) Suponiendo que su mano ejerce una fuerza constante hacia arriba sobre la pelota, calcule la magnitud de esa fuerza. *b*) Calcule la rapidez de la pelota en un punto 15.0 m arriba del punto de donde salió de la mano.



$$W_F = \Delta E_c + \Delta U_g$$

$$E_{ci} = 0, \quad U_{gi} = mgy_1$$

$$E_{cf} = \frac{1}{2} m v_2^2, \quad U_{gf} = 0$$

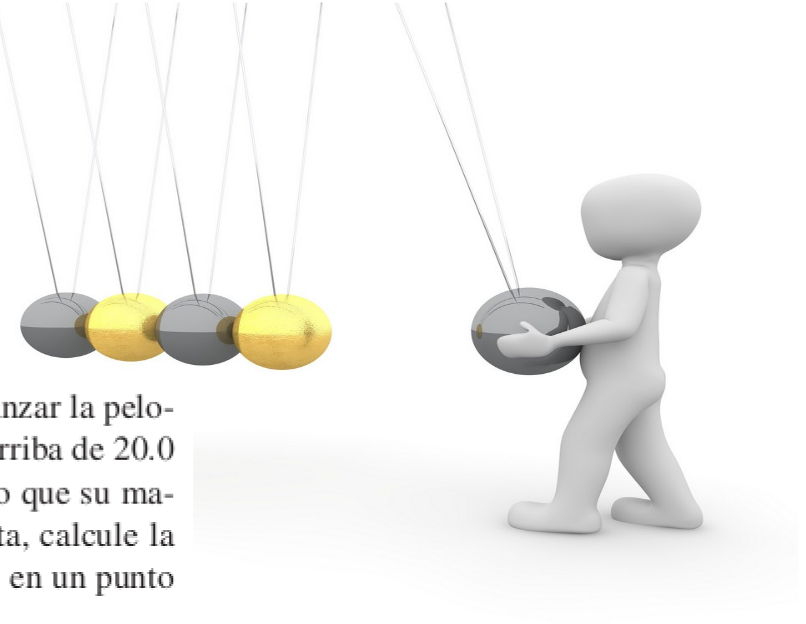
$$W_F = F(y_2 - y_1)$$

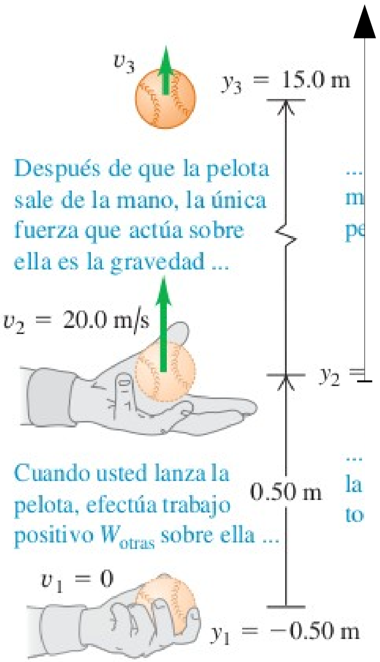
$$-Fy_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - mg\, y_1$$

$$F = -\frac{1}{2y_1} m v_2^2 + mg$$

$$F = 59.4\,\mathrm{N}$$

Ejemplo: Otras Fuerzas





$y=0$

En el ejemplo 7.1, suponga que la mano sube 0.50 m al lanzar la pelota, la cual, al salir de la mano, tiene una velocidad hacia arriba de 20.0 m/s. Otra vez ignore la resistencia del aire. *a*) Suponiendo que su mano ejerce una fuerza constante hacia arriba sobre la pelota, calcule la magnitud de esa fuerza. *b*) Calcule la rapidez de la pelota en un punto 15.0 m arriba del punto de donde salió de la mano.

Desde y2 a y3, sólo actúa el peso y la energía mecánica se conserva.

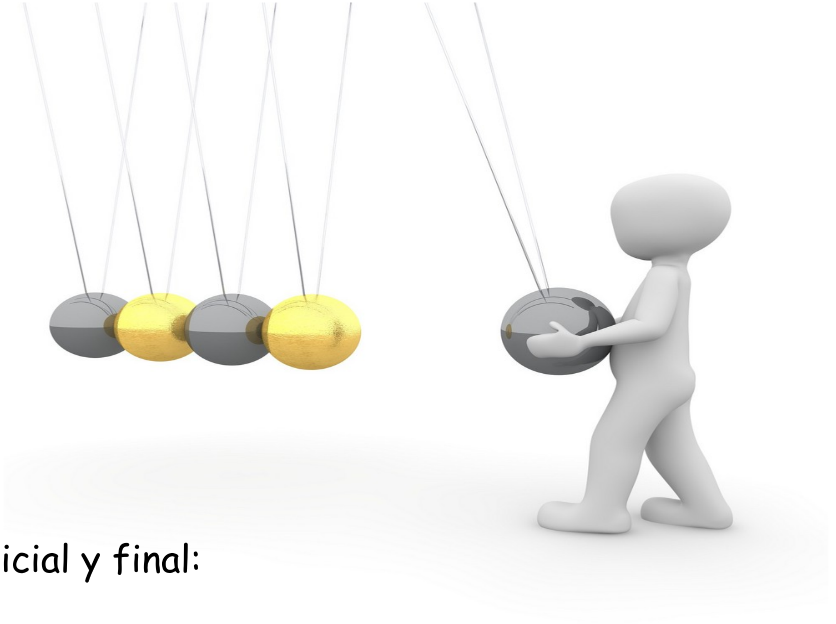
$$E_{mec,i}=\frac{1}{2}m\,v_2^2$$

$$E_{mec,f}=\frac{1}{2}m\,v_3^2+mgy_3$$

$$\frac{1}{2}m\,v_2^2=\frac{1}{2}m\,v_3^2+mgy_3$$

$$v_3=\sqrt{(v_2^2-2gy_3)}=10.3\,m/s$$

Clasificación de Fuerzas



Fuerzas Conservativas: Conservan la energía mecánica

Fuerzas no Conservativas: Disipan la energía mecánica

El trabajo de una fuerza conservativa sólo depende de los puntos inicial y final:

$$W_C = \int_1^2 \vec{F}_C . d\vec{r} = -(U_2 - U_1)$$

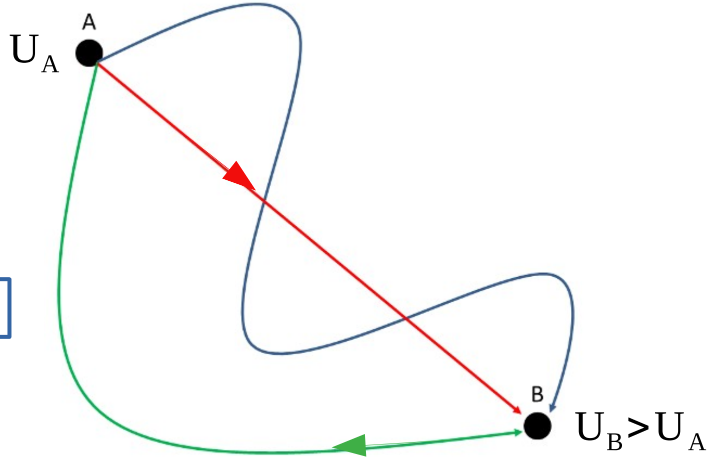
U energía potencial asociada a la fuerza conservativa

W en trayectoria cerrada roja-verde

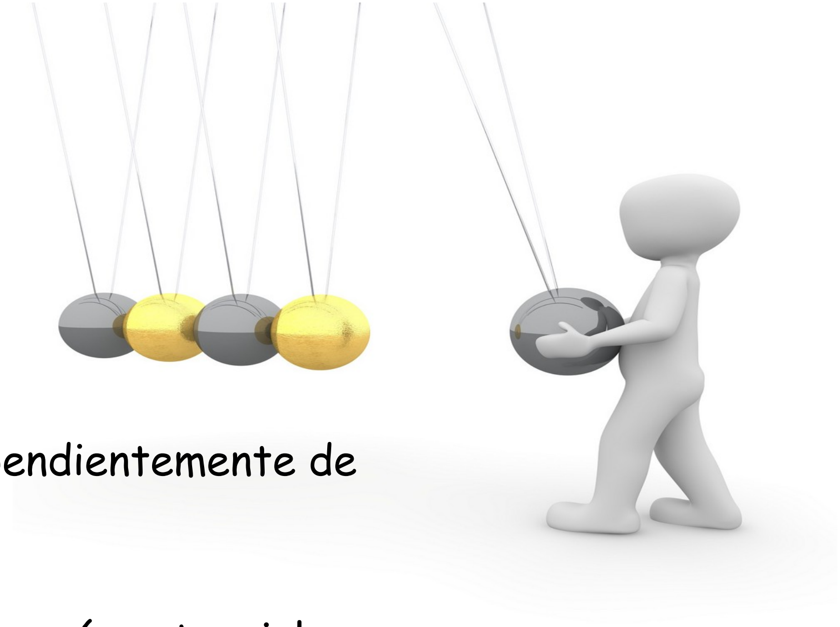
$$W_{AB} = -(U_B - U_A) < 0$$

$$W_{BA} = -(U_A - U_B) > 0$$

$$\boxed{W_{AA} = W_{AB} + W_{BA} = 0}$$



Fuerzas Conservativas



Características:

1. El trabajo sólo depende de los puntos inicial y final, independientemente de la trayectoria seguida

2. El trabajo puede expresarse como la diferencia de una energía potencial

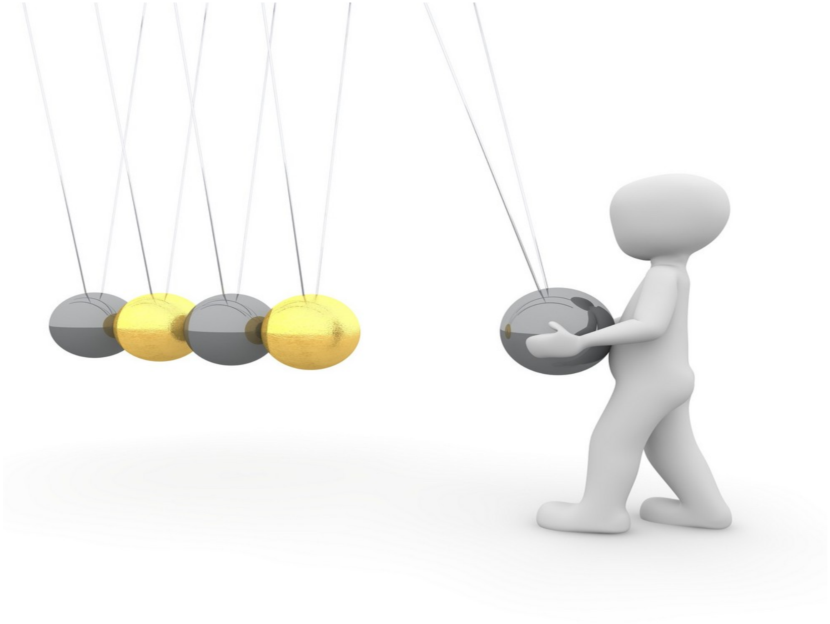
3. El trabajo es reversible

4. El trabajo en una trayectoria cerrada es cero

Ejemplos:

Fuerza peso, fuerza de un resorte, fuerza eléctrica

Clasificación de Fuerzas

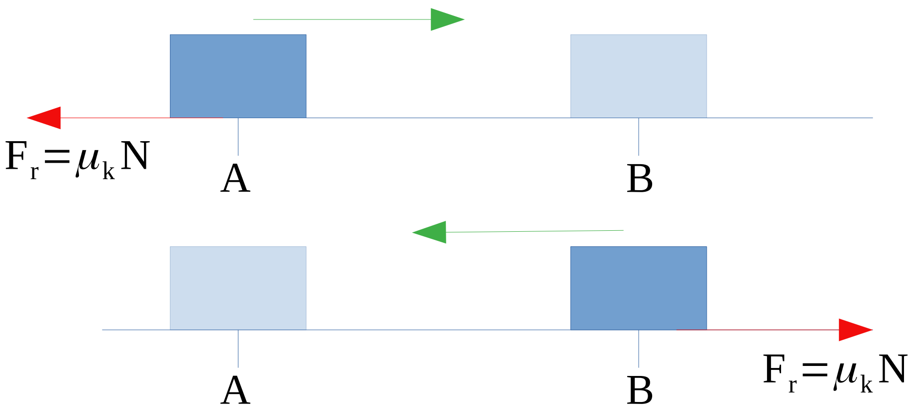


Fuerzas Conservativas: Conservan la energía mecánica

Fuerzas no Conservativas: Disipan la energía mecánica

No Cumple ninguna de las características antes mencionadas.

Trabajo de Fuerza de rozamiento en trayectoria cerrada



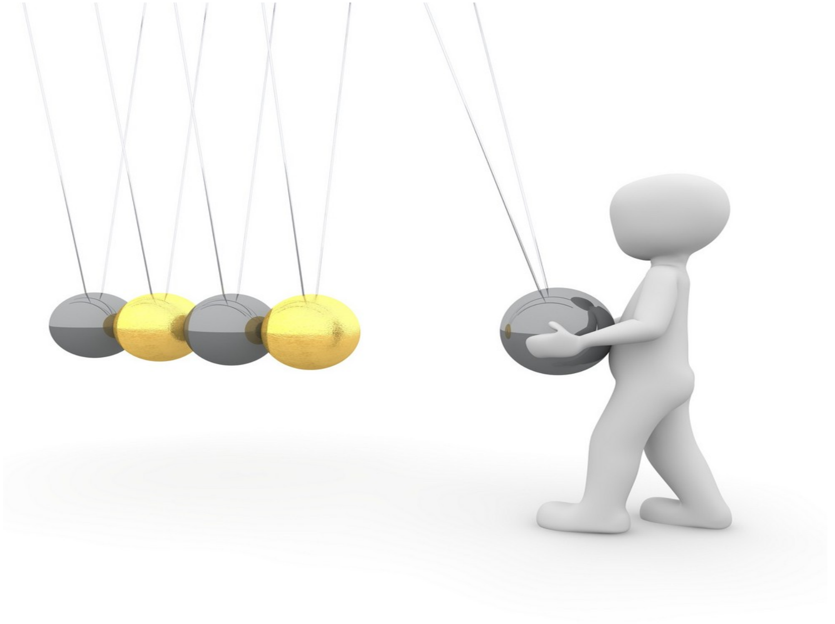
$$\begin{cases} W_{AB} = \vec{F}_r \cdot \Delta \vec{x}_{AB} \\ W_{AB} = -\mu_k N \Delta x \end{cases}$$

$$\begin{cases} W_{BA} = \vec{F}_r \cdot \Delta \vec{x}_{BA} \\ W_{BA} = -\mu_k N \Delta x \end{cases}$$

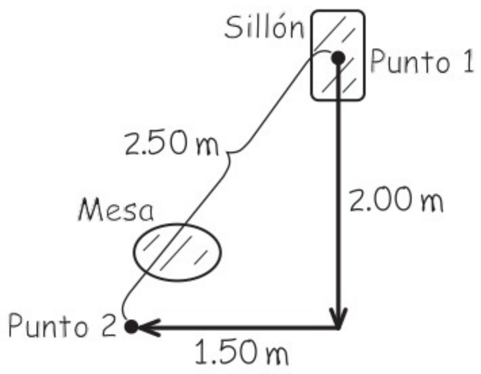
$$W_{AA} = -2 \mu_k \Delta x$$

La fuerza de rozamiento quita energía en ambos tramos de la trayectoria cerrada

Ejemplo: Fuerza No Conservativa



Imagine que está reacomodando sus muebles y desea mover 2.50 m un sillón de 40.0 kg en una habitación. Sin embargo, el camino rectilíneo está bloqueado por una pesada mesa de centro que no desea mover. Por lo tanto, mueve el sillón siguiendo una doble trayectoria, cuyos lados tienen 2.00 m y 1.50 m de longitud. En comparación con la trayectoria recta, ¿cuánto trabajo más se debe realizar usted para empujar el sillón por la trayectoria acodada? El coeficiente de fricción cinética es de 0.200.



¿Qué fuerzas actúan? $\vec{F}_{neta} = \vec{F} + \vec{F}_r$

Queremos hacer la fuerza mínima para moverlo

$$\vec{F} = -\vec{F}_r$$

$$W_{neto} = W_F + W_{F_r} = 0$$

$$\boxed{W_F = -W_{F_r}}$$

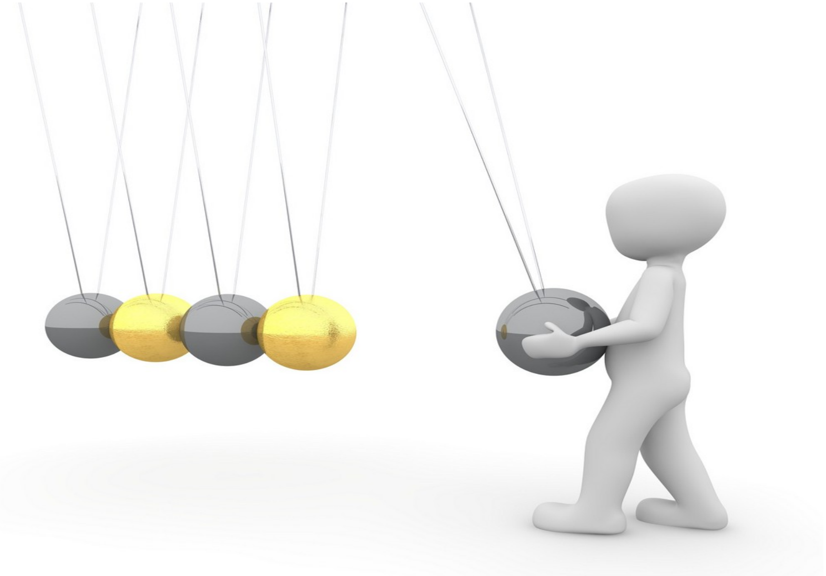
Trayectoria recta: $W_{F_r} = \vec{F}_r . \Delta \vec{x}_{12}$

$$W_{F_r} = -\mu_k \, mg \, \Delta x$$

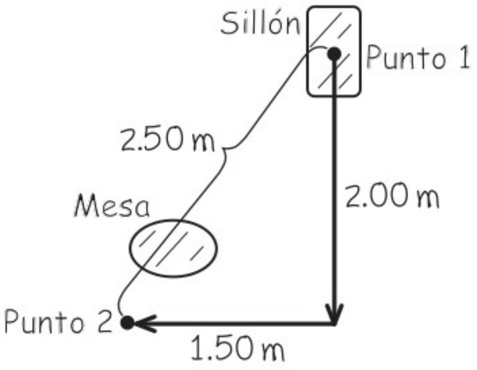
$$W_{F_r} = -0.2 \, 40 \, kg \, 9.8 \, m/s^2 \, 2.5 \, m$$

$$W_{F_r} = -196.0 \, J$$

Ejemplo: Fuerza No Conservativa



Imagine que está reacomodando sus muebles y desea mover 2.50 m un sillón de 40.0 kg en una habitación. Sin embargo, el camino rectilíneo está bloqueado por una pesada mesa de centro que no desea mover. Por lo tanto, mueve el sillón siguiendo una doble trayectoria, cuyos lados tienen 2.00 m y 1.50 m de longitud. En comparación con la trayectoria recta, ¿cuánto trabajo más se debe realizar usted para empujar el sillón por la trayectoria acodada? El coeficiente de fricción cinética es de 0.200.



Trayectoria por Catetos:

$$W_{F_r} = \vec{F}_r . \Delta \vec{x}_{cat\,1} + \vec{F}_r . \Delta \vec{x}_{cat\,2}$$

$$W_{F_r} = -\mu_k mg \Delta x_{cat\,1} - \mu_k mg \Delta x_{cat\,2}$$

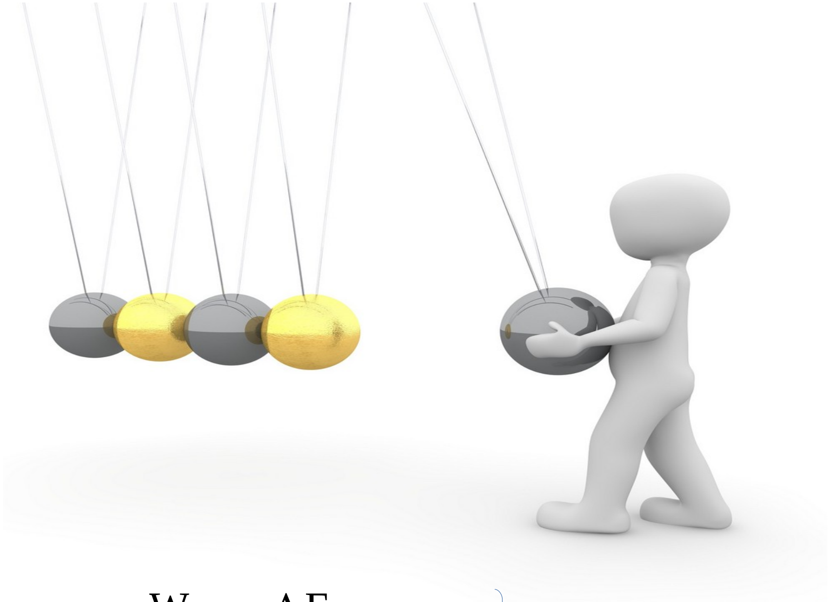
$$W_{F_r} = -\mu_k mg \left(\Delta x_{cat\,1} + \Delta x_{cat\,2} \right)$$

$$W_{F_r} = -0.2\, 40\, kg\, 9.8\, m/s^2\, 3.5\, m$$

$$W_{F_r} = -274.4\, J$$

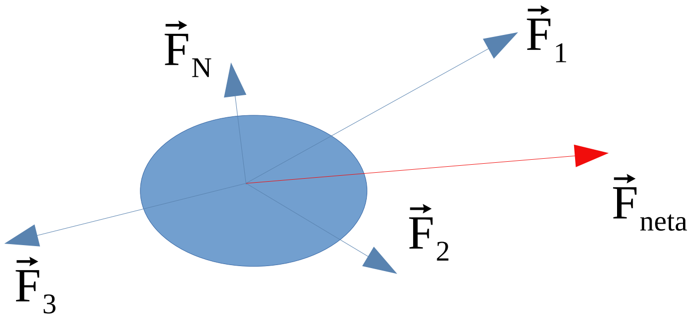
$$\boxed{W_{F,cat} - W_{F,recta} = 78.4\, J}$$

Trabajo de Fuerza Neta



Vimos que podemos dividir las fuerzas en dos tipos:

Conservativas, y No Conservativas.



$$\vec{F}_{neta}=\vec{F}_C+\vec{F}_{NC}$$
$$\vec{F}_C=\vec{F}_{C1}+\vec{F}_{C2}+\ldots$$
$$\vec{F}_{NC}=\vec{F}_{NC1}+\vec{F}_{NC2}+\ldots$$

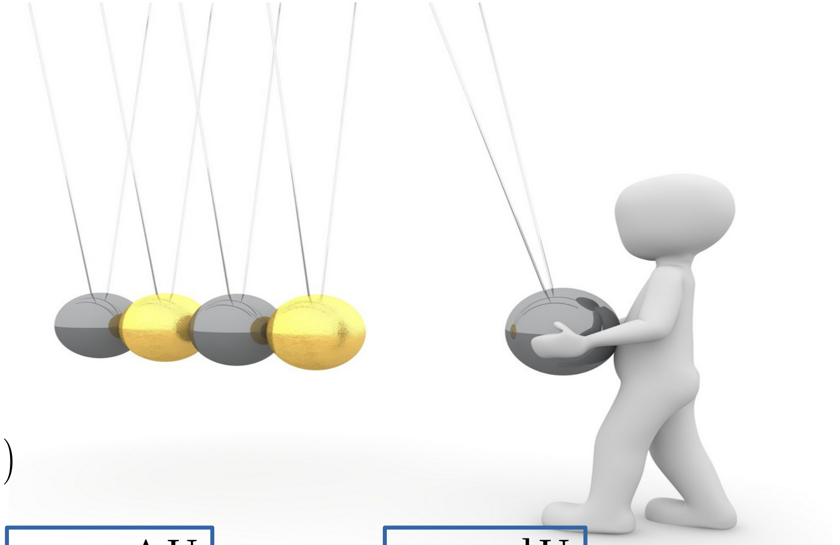
$$W_{neta}=\Delta E_c$$
$$W_{neta}=W_{FC}+W_{FNC}$$

$$W_{FC}+W_{FNC}=\Delta E_c$$
$$W_{FCi}=-\Delta U_i$$
$$W_{FC}=-\Delta U_1-\Delta U_2-\ldots$$
$$U=U_1+U_2-\ldots$$

$$-\Delta U+W_{FNC}=\Delta E_c$$
$$W_{FNC}=\Delta E_c+\Delta U$$
$$\boxed{W_{FNC}=\Delta E_{mec}} \quad \boxed{E_{mec}=E_c+U}$$

Si sólo actúan fuerzas conservativas,
La energía mecánica del sistema se conserva

Relación Fuerza/Energía Potencial

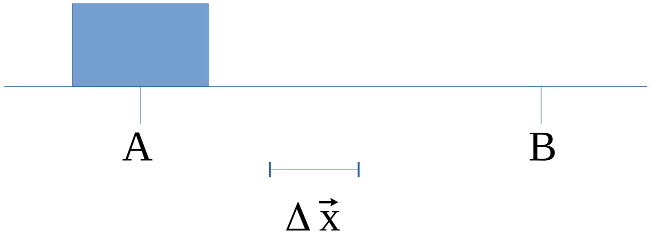


Caso 1-dimensional

Trabajo de Fuerza Conservativa.

$$W = \int_A^B F_C \, dx = -(U_B - U_A)$$

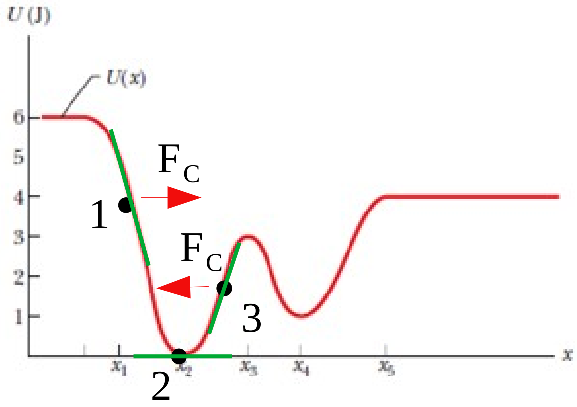
$$w = F_C \Delta x = -\Delta U \longrightarrow \boxed{F_C = -\frac{\Delta U}{\Delta x}} \xrightarrow[\Delta x \to 0]{} \boxed{F_C = -\frac{dU}{dx}}$$



Interpretación Gráfica:

↓

Pendiente de la curva



$$\begin{cases} 1.\ \dfrac{\Delta U}{\Delta x} < 0 \rightarrow F_C > 0 \\ 2.\ \dfrac{\Delta U}{\Delta x} = 0 \rightarrow F_C = 0 \\ 3.\ \dfrac{\Delta U}{\Delta x} > 0 \rightarrow F_C < 0 \end{cases}$$

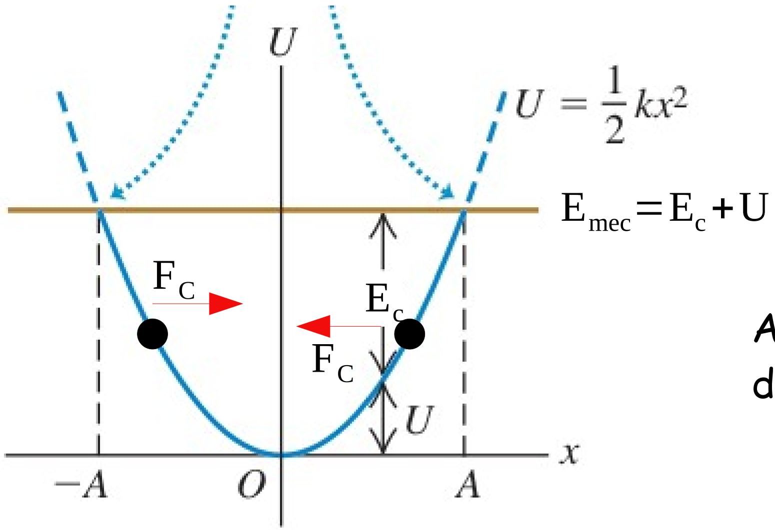
Diagramas de Energía: ptos de equilibrio

Caso 1-dimensional

Únicamente hay Fuerzas Conservativas.

¿Qué tipos de movimientos podemos tener, observando la función U(x)?

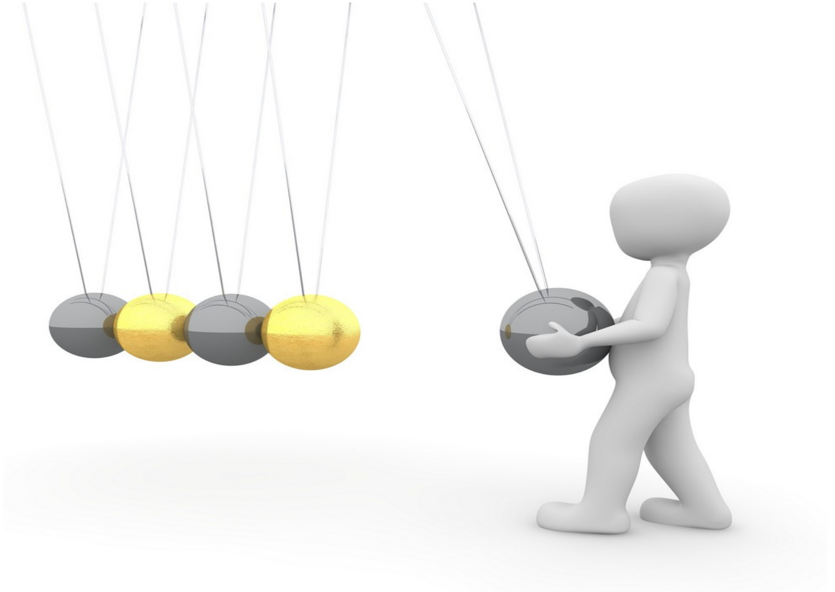
Como sólo hay fuerzas conservativas, la energía mecánica se conserva.

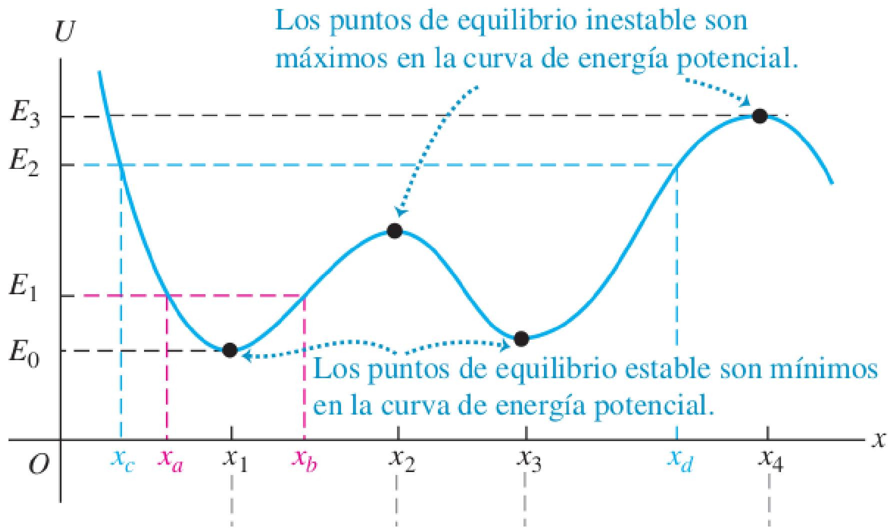


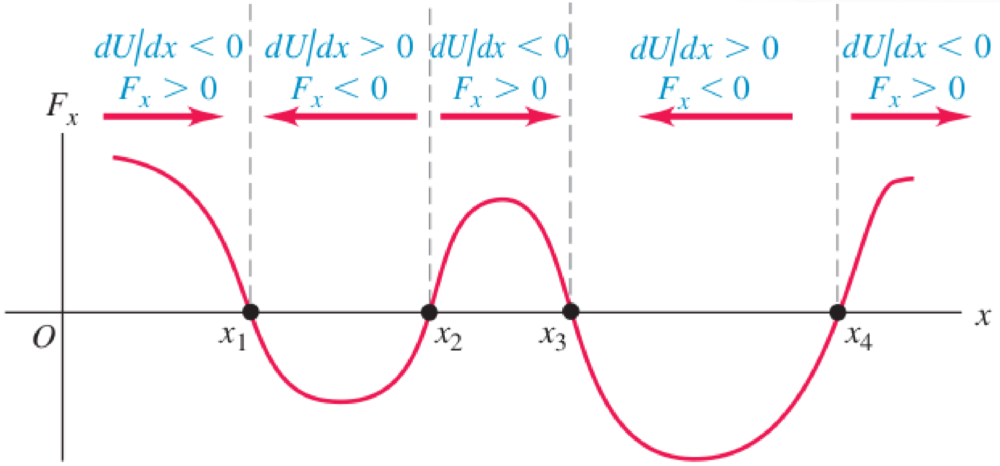
El punto O es un punto de equilibrio: $F_C=0$

Además es un punto de equilibrio estable: al alejar la partícula del punto O, la fuerza conservativa lo devuelve.

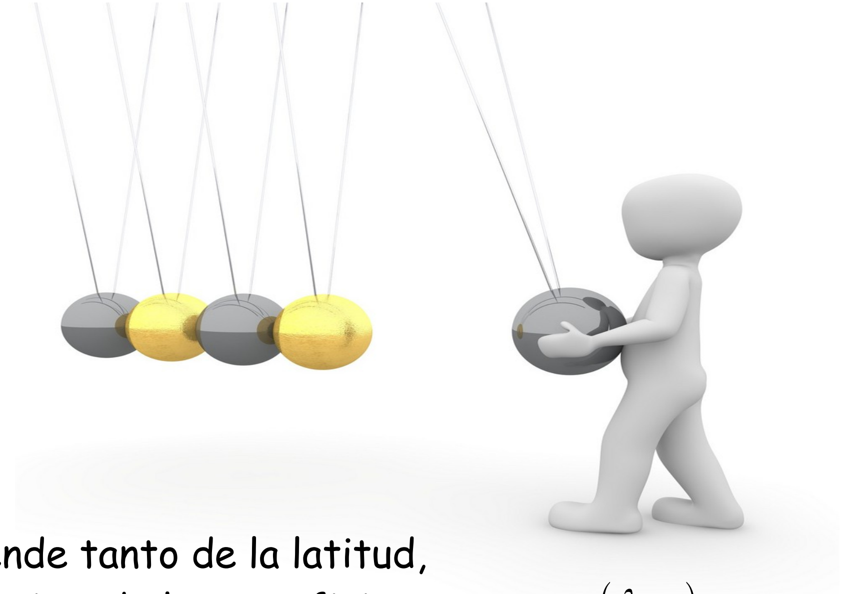
Diagramas de Energía: ptos de equilibrio



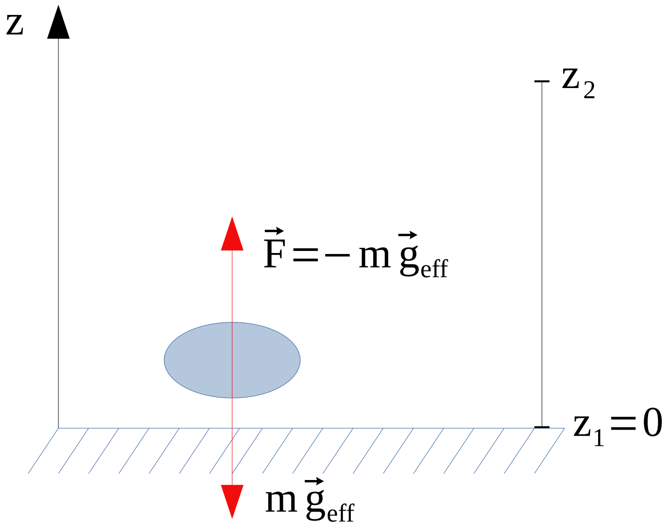




Geopotencial y Altura de Geopotencial



Geopotencial: trabajo por unidad de masa que hay que realizar contra la fuerza peso para llevar una parcela hasta una altura dada.



Sabemos que geff depende tanto de la latitud, como de la altura por encima de la superficie $\longrightarrow$ $g_{eff}(\lambda, z)$

$$W_F = \int_{z_1}^{z_2} m\, g_{eff}\, dz \longrightarrow \phi = \frac{W_F}{m} = \int_{z_1}^{z_2} g_{eff}\, dz$$

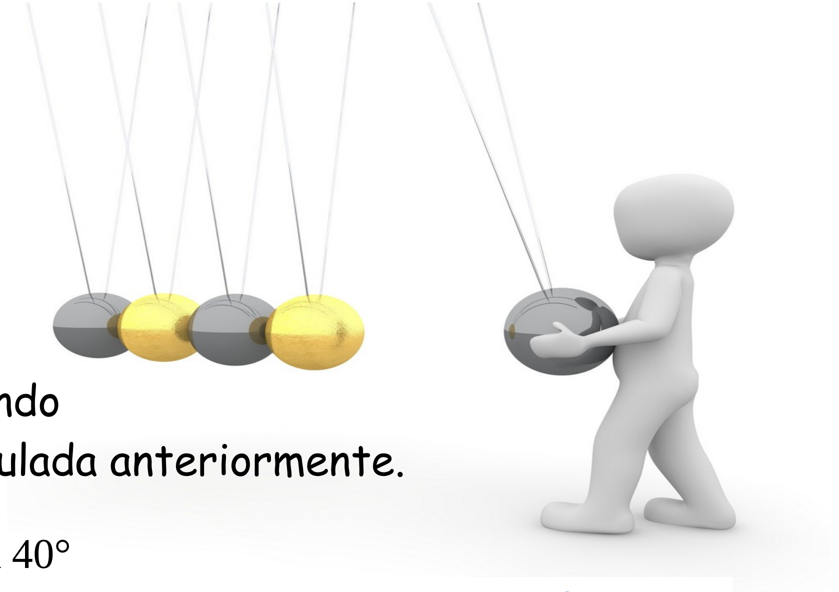
$$\downarrow \qquad\qquad \downarrow$$

$$W_F = \Delta U \longrightarrow \phi = \frac{\Delta U}{m}$$

$\Big\} \longrightarrow$

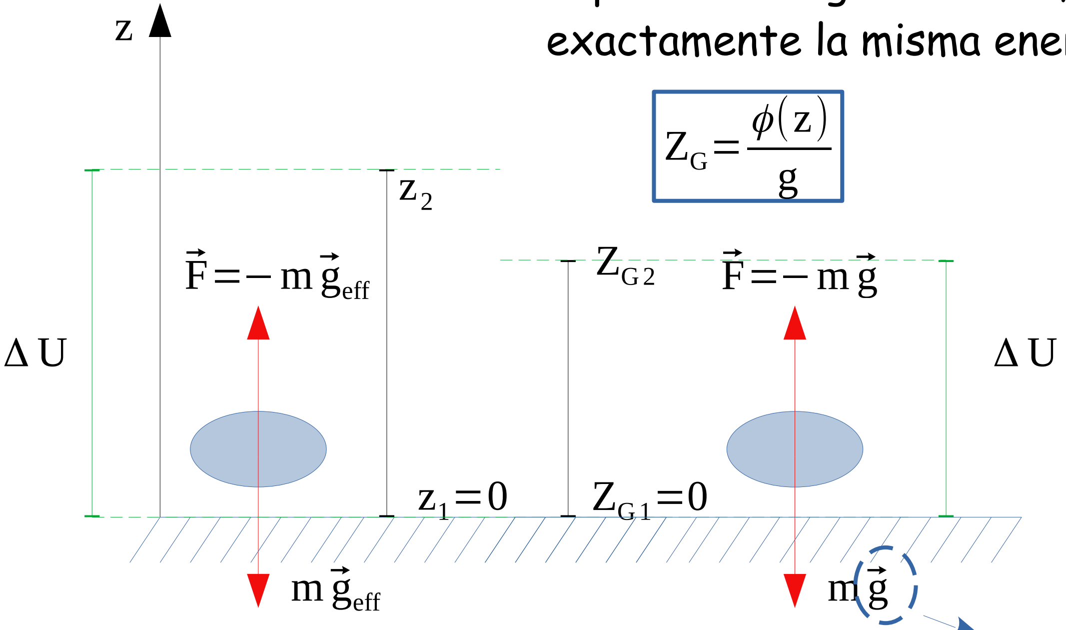
El geopotencial es cuánta eneregía hay que invertir sobre Una parcela de masa unitaria, para llevarla a una altura dada

Geopotencial y Altura de Geopotencial



Altura de Geopotencial: altura a la cual puedo llevar a la parcela con g constante, invirtiendo exactamente la misma energía calculada anteriormente.

$$\boxed{Z_G = \frac{\phi(z)}{g}}$$

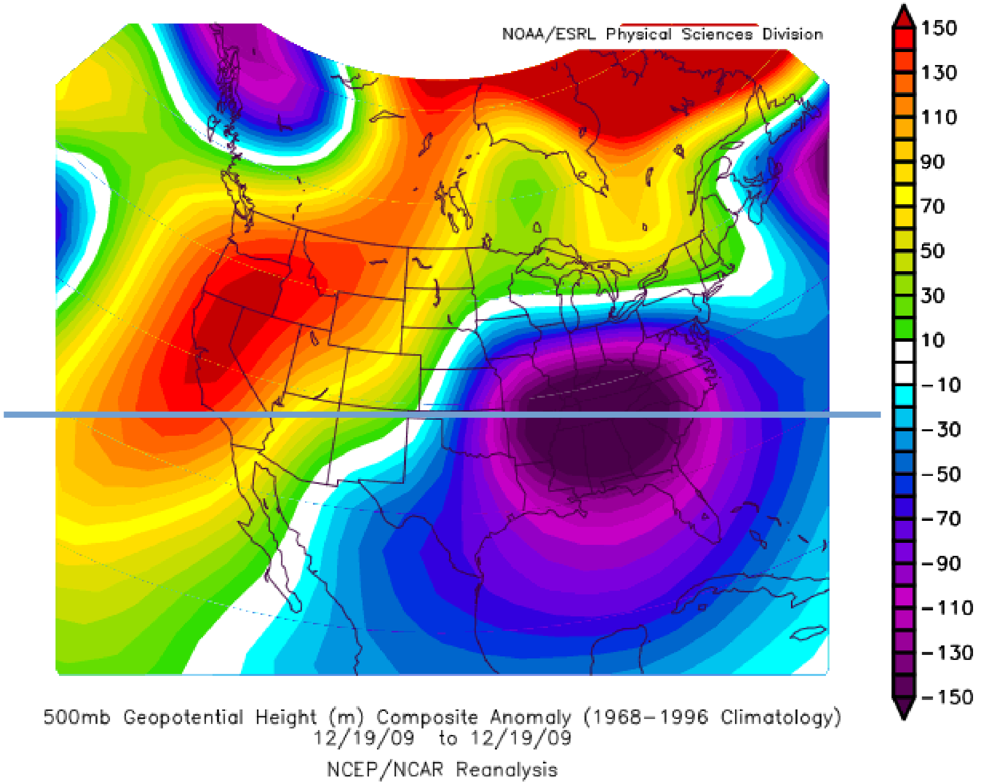


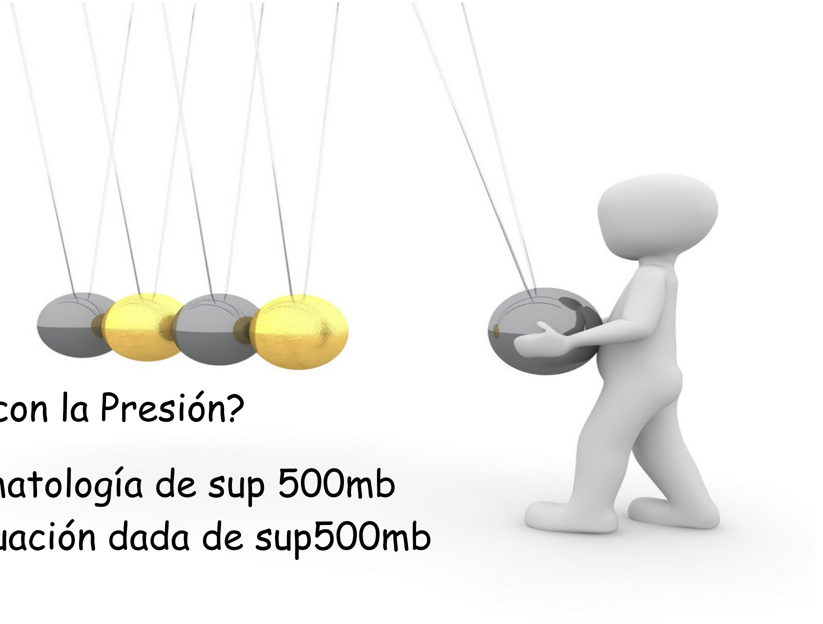
Aceleración de la gravedad promediada en superficie

Latitud 40°

z (km)	Z (km)	g (m s^{-2})
0	0	9.81
1	1.00	9.80
10	9.99	9.77
100	98.47	9.50
500	463.6	8.43

Mapa de Altura de Geopotencial

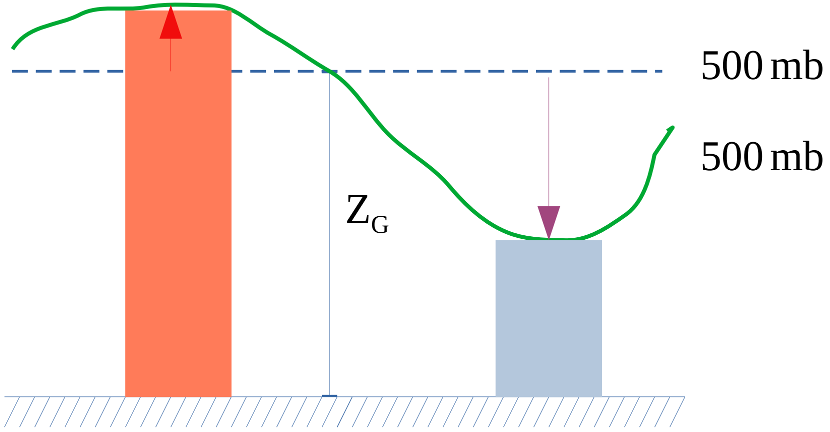




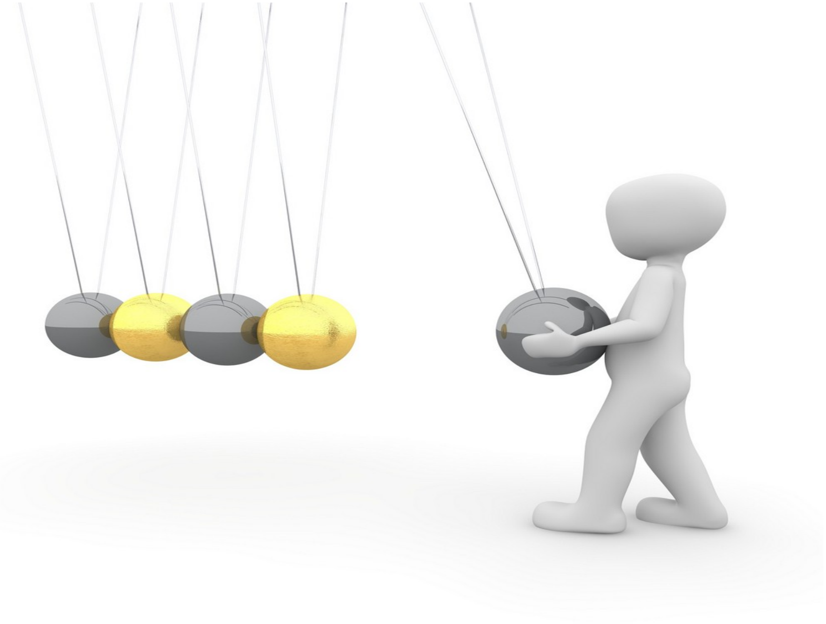
¿Qué pasa con la Presión?

Climatología de sup 500mb

Situación dada de sup500mb



Referencias



[1] Física Universitaria, vol1. Sears y Zemansky.

- Cap. 6, secc. 6.1 y 6.2
- Cap. 7, secc. 7.1, 7.3, 7.4 y 7.5

[2] Física para Ciencias e Ingeniería, Serway.

- Cap. 7, secc. 7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 7.7
- Cap. 8, secc. 7.1-7.6