1.9.- TRABALLO. POTENCIA. ENERXÍA CINÉTICA.

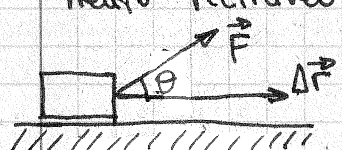
- En moitas situacións, non se coñecen con exactitude as forzas presentes ou a forza neta que actúa sobre un obxecto non é constante nin depende do tempo, senón que depende da posición do obxecto.

  Ex: Forza gravit., forza eléctrica, forza elástica.

  Para resolver problemas nestas situacións cómpre utilizar os conceptos de traballo e enerxía.
- Esforzo vs. traballo: facemos <u>esforzo</u> ao aplicar unha forza; realizamos <u>traballo</u> se a forza aplicada produce unha transformación, que implica un desprazamento.
- Os corpos, ademais de teren masa, posúen <u>enerxía</u>, enerxía que poden transferir a outros sistemas físicos. As transferencias poden ser en forma de traballo ou en forma de calor e permítennos explicar o universo dun xeito diferente: tendo en conta as transferencias de enerxía que se producen entre eles.

1.9.1.- Definición de traballo

- Traballo que realiza unha forza $\vec{F}$ sobre un corpo ao longo dun desprazamento rectilíneo $\Delta\vec{r}$, sendo $\vec{F}$ unha forza constante:



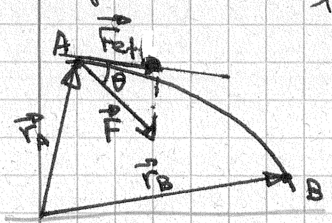
$$W = \vec{F}\cdot\Delta\vec{r} = F\cdot\Delta r\cdot\cos\theta$$

$F.\cos\theta$ denomínase <u>forza efectiva</u> e é a proxección da forza na dirección do desprazamento: $W = F_{ef}\cdot\Delta r$

- O traballo é unha magnitude escalar. No S.I., mídese en xulios (J)
- Se en vez de realizar un desprazamento macroscópico, $\Delta\vec{r}$, realizamos un desprazamento infinitesimal, $d\vec{r}$, o traballo realizado será tamén infinitesimal:

$$dW = \vec{F}\cdot d\vec{r} = F\cdot dr\,\cos\theta = F_{ef}\cdot dr$$

- En xeral, nun intervalo finito, o traballo realizado pola forza $\vec{F}$ é a suma dos traballos infinitesimais desenvolvidos nos sucesivos desprazamentos infinitesimais que levan o obxecto dende A (pos. inicial) ata B (pos. final):



$$W = \int_A^B dW = \int_{r_A}^{r_B} \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{r_A}^{r_B} F\cos\theta\, dr = \int_{r_A}^{r_B} F_{et}\, dr$$

1.9.2.- Definición de potencia

- Na práctica, resulta importante coñecer a rapidez coa que se realiza un traballo. <u>Potencia</u> é o traballo realizado por unidade de tempo:

- Potencia instantánea: intervalo de tempo infinitesimal:

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F}\cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F}\cdot\vec{v}$$

- Potencia media: $P_m = \dfrac{W}{\Delta t} = \vec{F}\cdot\vec{v}_m$

- Unidades: · No SI: vatio (W): $1\,W = \dfrac{1\,J}{1\,s}$
  - · sistema inglés e técnico: Cabalo de vapor: (C.V.): $1\,CV = 735\,W$
  - · Unidade de traballo: o quilovatio-hora:

$$1\,kW\cdot h = 3{,}6\cdot 10^6\,J$$

1.9.3.- Definición de enerxía

- <u>Enerxía</u> é a capacidade que posúe un obxecto para producir transformacións. Sempre que un obxecto sexa capaz de <u>realizar</u> traballo diremos que <u>contén</u> enerxía.

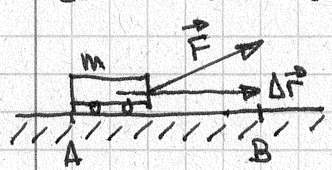
- Diferentes tipos de enerxía, en función dos diferentes cambios ou transformacións da materia: química, térmica, nuclear, <u>mecánica</u>, ...
(diferentes tipos de traballo que é quen de realizar)

- A <u>enerxía mecánica</u> está asociada aos cambios no estado mecánico dos corpos (posición e velocidade). Enerxía Mecánica ⟺ capacidade. realizar traballo físico.

posición → E. potencial
velocidade → E. cinética

1.9.4.- Enerxía Cinética. Teorema das forzas vivas ou da enerxía cinética.

- Enerxía Cinética é a capacidade que ten un corpo para realizar traballo en función do seu estado de movemento.
- A enerxía cinética dun corpo corresponde co traballo que foi necesario realizar para comunicarlle esa velocidade ou co traballo necesario para reducir a súa velocidade ou detelo.
- Cálculo da enerxía cinética dun corpo. Supoñamos que sobre un



obxecto de masa m que se move nunha traxectoria recta e horizontal con velocidade inicial v_0, actúa un unha forza $\vec{F}$ constante. Debido á acción da forza, o obxecto ten unha aceleración a. O traballo realizado por $\vec{F}$ cando o obxecto se despraza de A a B será:

$$W_{A\to B} = \vec{F}\cdot\Delta\vec{r} = F_{ef}\cdot\Delta r$$

Como o obxecto ten un MRUA:

$$W_{A\to B} = F_{ef}\cdot\left(v_0 t + \frac{1}{2}at^2\right) = F_{ef}\left[\frac{1}{2}(v+v_0)t\right]$$

Pola 2ª lei de Newton: $F_{ef} = m\cdot a = m\,\frac{v-v_0}{t}$. Substituíndo:

$$W_{A\to B} = m\,\frac{v-v_0}{t}\cdot\frac{1}{2}(v+v_0)\cdot t = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \qquad (*)$$

A expresión:

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2}mv^2}$$

é a enerxía cinética dun corpo de masa m que se move con veloc. v.

A Ec é escalar, sempre positiva, non depende do sentido de $\vec{v}$.

- Tma das forzas vivas ou da enerxía cinética:

O traballo que realiza un corpo ou o que se realiza sobre el é igual á variación que experimenta a súa enerxía cinética.

En xeral, para dúas posicións calesquera, de (*):

$$\boxed{W_{A\to B} = Ec_B - Ec_A = \Delta Ec_{A\to B}}$$

Observamos:

- Se realizamos traballo sobre un corpo ($W>0$) $\Rightarrow \Delta E_c > 0 \Rightarrow$ o corpo sobre o que se fai traballo aumenta a súa enerxía cinética
- Se un corpo realiza traballo ($W<0$) $\Rightarrow \Delta E_c < 0 \Rightarrow$ o corpo que fai traballo diminúe a súa enerxía cinética.
- Traballo é enerxía en tránsito, que pasa dun corpo a outro ou dunha forma a outra pola acción dunha forza que se despraza.

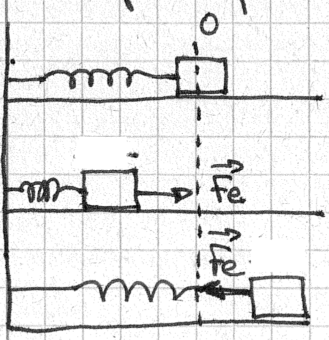
1. .5.- Traballo realizado por forzas que dependen da posición: forza recuperadora dun resorte (forza elástica).

- $\vec{F}$ calquera, desprazamento calquera: $W_{A\to B} = \int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{r}$
- Caso máis simple de forza que depende da posición $\vec{F} = F_x \vec{i}$

Como $d\vec{r} = dx\,\vec{i} + dy\,\vec{j} + dz\,\vec{k}$:

$$W_{A\to B} = \int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{x_A}^{x_B} F_x\,dx$$

- Exemplo: forza elástica dun resorte: $\vec{F_e} = -Kx\,\vec{i}$ (lei Hooke)



$x=0,\ \vec{F_e}=0$

$x<0,\ \vec{F_e}>0$

$x>0,\ \vec{F_e}<0$

$$W = \int_A^B \vec{F_e}\cdot d\vec{r} = \int_{x_A}^{x_B} (-Kx)\,dx =$$

$$= \frac{1}{2}Kx_A^2 - \frac{1}{2}Kx_B^2$$

Como $x_A^2 > 0$, se $x_A > x_B \Rightarrow W>0$ (traballo realizado polo resorte); se $x_A < x_B \Rightarrow W<0$ (traballo realizado contra a forza elástica do resorte)

$\Rightarrow$ No 1º caso ($x_A > x_B$, $W>0$), o bloque aumenta a súa enerxía cinética, e por tanto a súa velocidade. No 2º caso, ao revés.

1.10.- FORZAS CONSERVATIVAS. ENERXÍA POTENCIAL. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DA ENERXÍA.

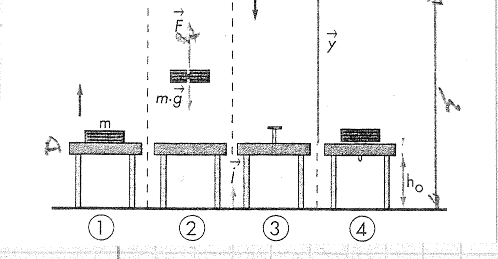
1.10.1.- Forzas conservativas. Enerxía potencial.

- Existe un tipo de enerxía denominada enerxía potencial que está asociada aos cambios de posición dos obxectos.
- Os corpos adquiren enerxía potencial cando sobre eles actúan un determinado tipo de forzas chamadas forzas conservativas que se caracterizan por devolver todo o traballo que se fai sobre elas ao aplicar unha forza exterior igual e de sentido oposto que desprata o obxecto e realiza traballo.
- Isto é, o traballo realizado para "vencer" estas forzas non é perdido, senón que pasa a unha forma de enerxía (potencial) esperando a ser devolto.

Ex: forza gravitatoria, forza elástica, forza eléctrica

- Características das forzas conservativas:
  - O traballo realizado por unha forza conservativa cando se desprata entre dous puntos é independente do camiño seguido; só depende das posicións inicial e final.
  - O traballo realizado por unha forza conservativa nun desprazamento cerrado é nulo.

1.10.2.- Enerxía potencial gravitatoria.



- Supoñamos que temos un obxecto en repouso e queremos trasladalo a unha altura h da posición inicial, mantendoo nesa posición.

Calculemos o traballo total que realizan sobre o obxecto as forzas que actúan sobre el:

$$\vec{F}_R = \Sigma \vec{F} = \vec{F}_{ext} + \vec{P} = (F - mg)\,\vec{j}$$

O traballo realizado pola forza resultante sobre o obxecto será:

$$W_R = \vec{F}_R \cdot \Delta\vec{r} = (F-mg)\,y \;(= W_{ext} + W_{peso})$$

Como a veloc. do obxecto en h é 0 $\Rightarrow$ $\Delta Ec_{A\to B} = 0$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ $W_R = \Delta E_{C_{A\to B}} = 0 \Rightarrow W_{ext} = -W_{peso} = mg\,y$

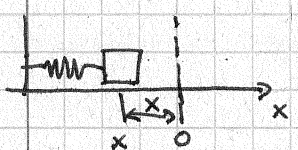
Isto é:

$$\boxed{W_{ext} = mg\,(h-h_0) = \Delta Ep_{A\to B}}$$

O traballo que realizamos sobre o obxecto aumenta a súa <u>enerxía potencial gravitatoria</u> nunha cantidade $mg\,(h-h_0)$.

1.10.3.- Enerxía Potencial elástica.

· O traballo realizado externamente ao alongar ou acurtar unha distancia x un resorte é (mesmo razoamento):



$$W_{0\to x} = \frac{1}{2}Kx^2$$

Mentres comprimimos o resorte, a forza elástica realiza o mesmo traballo pero en negativo (ver páx. 14), pois se opón ao acurtamento:

$$W'_{0\to x} = -\frac{1}{2}Kx^2$$

· O traballo que realizamos sobre o resorte aumenta a súa <u>enerxía potencial elástica</u>. Para unha deformación calquera x o aumento é:

$$\boxed{Ep(x) = \frac{1}{2}Kx^2}$$

sendo $Ep = 0$ na posición de equilibrio.

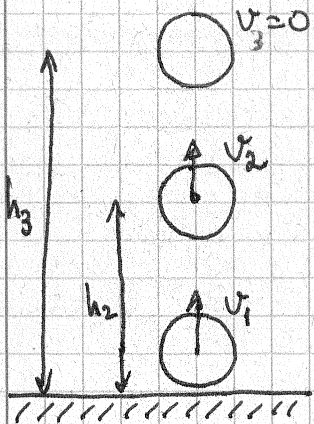
<u>Observación</u>:

· Traballo realizado <u>contra</u> a forza conservativa: $W_{A\to B} = \Delta Ep_{A\to B}$

· Traballo realizado <u>pola</u> forza conservativa: $\boxed{W_{A\to B} = -\Delta Ep_{A\to B} = -(Ep_B - Ep_A)}$

1.10.4.- Principio de conservación da enerxía mecánica

- Enerxía mecánica dun corpo é a suma das enerxías cinética e potencial do corpo: $E_M = E_C + E_P$
- Principio de conservación da enerxía mecánica: a enerxía dun sistema que se move baixo a acción de forzas conservativas fica constante.
-



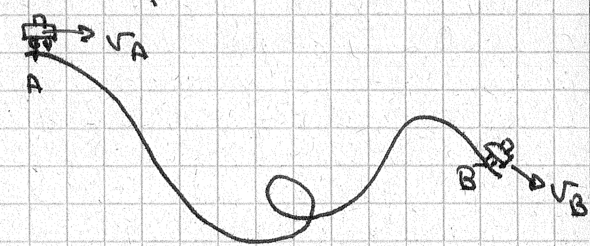
$E_3 = mgh_3$

$E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$

$E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$

$E_{M_1} = E_{M_2} = E_{M_3}$

Se un corpo se despraza dunha posición A a unha B:



O traballo realizado polas forzas conservativas (neste caso f. gravitatoria):

$$W_{A\to B} = \Delta E_{C_{A\to B}} = E_{C_B} - E_{C_A}$$

Como a forza é conservativa:

$$W_{A\to B} = -\Delta E_{P_{A\to B}} = E_{PA} - E_{PB}$$

$$E_{C_B} - E_{CA} = E_{PA} - E_{PB}$$

$$E_{CA} + E_{PA} = E_{CB} + E_{PB}$$

$$\boxed{E_{M_A} = E_{M_B}}$$

A enerxía mecánica total do corpo fica constante se sobre este só actúan forzas conservativas.

1.10.5.- Forzas non conservativas

Se existen forzas non conservativas, como a forza de rozamento ou forza motora

$$W_R = W_C + W_{NC}$$

- Polo teorema das forzas vivas: $W_R = \Delta E_C = E_{CB} - E_{CA}$
- O traballo realizado polas forzas conservativas: $W_C = -\Delta E_{P_{A\to B}} = E_{PA} - E_{PB}$

$$\boxed{W_{NC} = E_{M_B} - E_{M_A} = \Delta E_{M_{A\to B}}}$$

(W_{NC} pode ser $<$ ou $>$ 0)
$<$: roz. ; $>$: f. motora