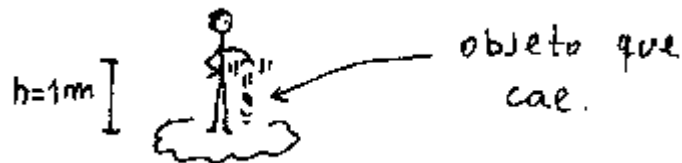


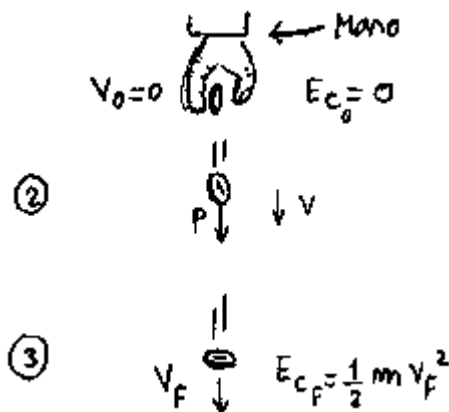
## Energía mecánica. Conservación de la energía.

### ENERGÍA POTENCIAL

Suponé que sostengo una cosa a 1 m del piso y la suelto.



Al principio la cosa tiene velocidad inicial cero. Pero resulta que cuando toca el piso tiene una velocidad  $V_{final}$ . Es decir que, inicialmente, la energía cinética vale cero ( $V_0 = 0$ ) y al final NO. ( $V_f$  no es cero).



La pregunta entonces es: ¿ Quién fue el que le entregó energía al cuerpo ?

Yo no fui porque el cuerpo cayó solo ( yo no lo empujé para abajo ).

La respuesta a esta pregunta es:

La fuerza Peso es la que le dio energía al cuerpo. El peso recorrió una distancia de 1m e hizo un trabajo que vale:  $L_{Peso} = P \cdot 1m$ . Ese trabajo se convirtió en energía cinética.

La conclusión que saco de acá es que un cuerpo que está a una determinada altura tiene energía. Esa energía es igual al trabajo que la fuerza peso puede realizar si se deja caer al cuerpo desde esa altura.

¿ Y cuánto vale el trabajo que puede realizar la fuerza peso ?

Bueno, el trabajo realizado por una fuerza es  $F \cdot d$ .

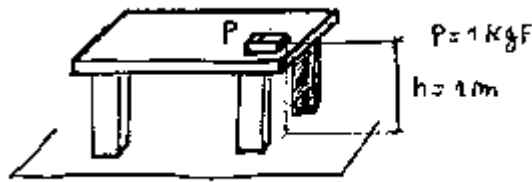
En este caso la fuerza es el peso y la distancia es la altura  $h$ . Por lo tanto, si se suelta un peso  $P$  desde una altura  $h$ , el trabajo valdrá  $pe$  por  $hache$ .

$$E_p = P \cdot h \quad \text{ó} \quad m \cdot g \cdot h$$

— Energía potencial que tiene un cuerpo de peso  $P$  que está a una altura  $h$ .

### Ejemplo

Calcular la  $E_{pot}$  del cuerpo que está arriba de la mesa.



$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$= E_p = 1 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m}$$

$$= \underline{E_p = 9,8 \text{ Joule}}$$

← **Energía Potencial Que tiene el objeto**

Fijate lo siguiente: la energía potencial se mide en Joules, como la energía cinética y cualquier otra energía. ( Como la eléctrica, por ejemplo ).

Esta  $E_p$  que tiene el objeto es **con respecto al piso**. Al calcular energías potenciales, uno siempre tiene que indicar el nivel de referencia, es decir, el lugar desde donde uno empieza a medir la altura.

### ENERGÍA MECÁNICA DE UN SISTEMA ( Ver )

La  $E_m$  de un sistema en un momento determinado es la suma de la energía cinética, más la potencial que el tipo tiene en ese momento. ( Esto es una definición ).

Es decir:

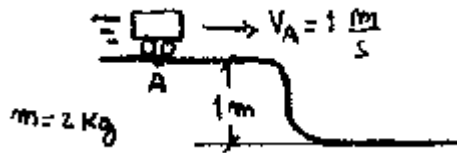
$$E_m = E_c + E_p$$

— Energía mecánica.

\*NOTA: La energía potencial en realidad se llama " Energía potencial gravitatoria " . Yo la voy a llamar solamente " energía potencial " . Esto lo hago para abreviar, nada más.

**Ejemplo**

CALCULAR LA ENERGÍA MECÁNICA DEL CARRITO EN EL PUNTO A.



La energía mecánica del carrito en el punto **A** va a ser la suma de las energías cinética y potencial.

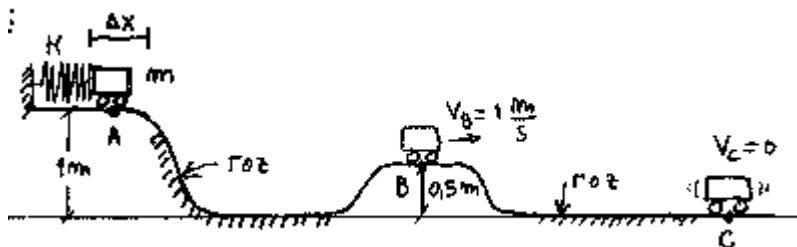
$$E_{MA} = E_{CA} + E_{PA}$$

$$? E_{mA} ? \frac{1}{2} 2 \text{Kg} ? 1 \text{m/s}^2 ? 2 \text{Kg} ? 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} ? 1 \text{m}$$

$$? \underline{E_{mA} ? 20,6 \text{ Joule}}$$

**Otro ejemplo**

SE EMPUJA AL CARRITO DÁNDOLE VELOCIDAD DE MANERA QUE SU ENERGÍA CINÉTICA INICIAL ES DE 0,2 JOULE. EL CARRITO CAE LUEGO POR LA PENDIENTE. CALCULAR LA  $E_{MEC}$  DEL CARRITO EN LOS PUNTOS A, B Y C. DATOS:  $m = 1 \text{ Kg}$

**EN EL PUNTO A:**

La energía mecánica en el punto **A** va a ser:  $E_{MA} = E_{CA} + E_{PA}$

$$? E_{mA} ? 1 \text{Kg} ? 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} ? 1 \text{m} ? 0,2 \text{ Joule}$$

$$? \underline{E_{mA} ? 10 \text{ Joule}}$$

**EN EL PUNTO B:**

1 Tra

$$? E_{mB} ? \frac{1}{2} m v_B^2 ? m ? g ? h_B$$

$$? E_{mB} ? \frac{1}{2} 1\text{Kg} (1\text{ m/s})^2 ? 1\text{Kg} (9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (0,5\text{ m})$$

$$? \underline{E_{mB} ? 5,4 \text{ Joule}}$$

PREGUNTA: En A, el carrito tiene una energía mecánica de 10 Joule y en B de 5,4 Joule. ¿ Dónde están los 4,6 Joule que faltan ? .

RESPUESTA: Se los comió el rozamiento que hay entre A y B.

EN EL PUNTO C:

$$E_{mC} ? E_{cC} ? E_{pC}$$

$$? E_{mC} ? 0 ? 0$$

$$? \underline{E_{mC} ? 0}$$

Es decir, en el punto **C** el carrito no tiene energía mecánica. Su velocidad es cero. ( $? \frac{1}{2} m v^2 ? 0$ ) y su altura es cero ( $? P ? h ? 0$ ).

Al igual que antes, toda la energía mecánica que el tipo tenía en B ( 5,4 J ) se la comió el rozamiento.

¿ Pero cómo ? . ¿ No era que la energía siempre se conservaba ?. ¿ No era que no se perdía sino que sólo se transformaba de una forma en otra ? .

Y bueno, justamente. Toda la energía mecánica que el tipo tenía se transformó en calor. El calor también es energía ( energía calórica ).

## FUERZAS CONSERVATIVAS

Una fuerza es conservativa si hace que la energía **mecánica** del sistema **no cambie** mientras ella actúa. O sea, una fuerza conservativa hace que la energía mecánica se conserve. ( De ahí viene el nombre )

Es decir, yo tengo un sistema con una determinada energía mecánica inicial.

Digamos 100 Joules. Ahora hago que actúe la fuerza.

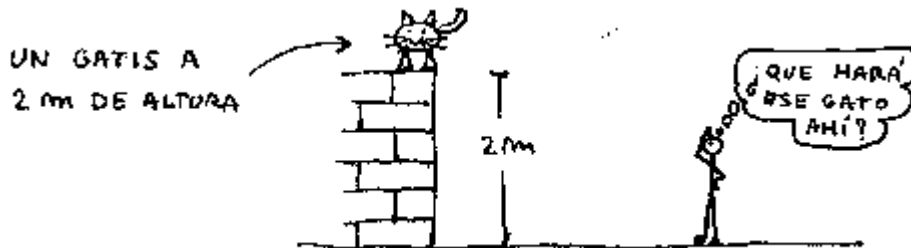
Si cuando la fuerza dejó de actuar, la  $E_{mec}$  del sistema es otra vez 100 Joules, digo que esta fuerza es una **fuerza conservativa**.

¿ Cómo es esto de que una fuerza puede actuar sin que la energía mecánica del sistema aumente o disminuya ?.

Veamos.

## FUERZA CONSERVATIVA PESO

Suponé que tengo un cuerpo que está a 2 m de altura.



Si el tipo se deja caer desde ahí arriba qué pasa ? .

**Rta:** Bueno, inicialmente su energía potencial vale  $m \cdot g \cdot h$  y a medida que va cayendo la va perdiendo. Pero atención con esto: Pierde energía potencial...

¡ pero va **ganando** energía cinética !

Por ejemplo, suponé que la masa del gatis es de 1Kg. Su energía potencial inicial vale:

$$E_{pot0} = m \cdot g \cdot h = 1\text{Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2\text{m} = 19,6 \text{ Joule}.$$

Por cinemática sé que la velocidad final con la que toca el suelo un cuerpo que se deja caer desde una altura  $h$  es:

$$v_f^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

$$= v_f^2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$= v_f = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2\text{m}}$$

$$= v_f = 6,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Entonces cuando el tipo toque el suelo su energía cinética será:

$$E_{cf} = \frac{1}{2} m v_f^2 = \frac{1}{2} 1\text{Kg} \cdot (6,26 \text{ m/s})^2 = 19,6 \text{ J}.$$

Es decir, toda la  $E_{pot}$  se transformó en cinética al final. La fuerza peso no hizo ni que se ganara ni que se perdiera energía **mecánica**.

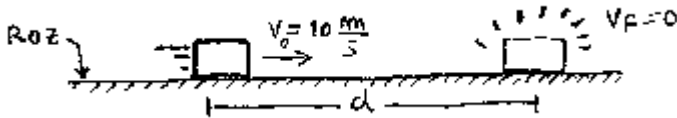
La fuerza peso, lo único que hizo fue **transformar** toda la  $E_{pot}$  del principio en energía cinética. Pero la **mecánica no cambió**. Era 19,6 al principio y es 19,6 al final.

**Conclusión:** La energía mecánica no se modificó. Se mantuvo igual. **Se conservó.**

Digo entonces que la fuerza peso es una fuerza **conservativa**.

### 1ª FUERZA NO CONSERVATIVA: El Rozamiento

Suponé que tiro una cosa por el piso con una velocidad de 10 m/s. Si hay rozamiento, después de recorrer unos metros se va a parar.



Inicialmente el tipo venía con  $v = 10 \text{ m/s}$  y su energía cinética era  $\frac{1}{2} m (10 \text{ m/s})^2$ .

Al final, el tipo queda quieto y su energía cinética final es cero.

¿ Dónde fue toda la energía que el tipo tenía al principio ?

RTA: Se la comió el rozamiento.

El rozamiento hizo que el sistema perdiera energía. La  $E_{\text{mec}}$  no se conservó.

Por lo tanto: **El rozamiento es una fuerza NO conservativa.**

### 2ª FUERZA NO CONSERVATIVA: Una Fuerza Exterior.

Una fuerza exterior es una fuerza de este tipo:

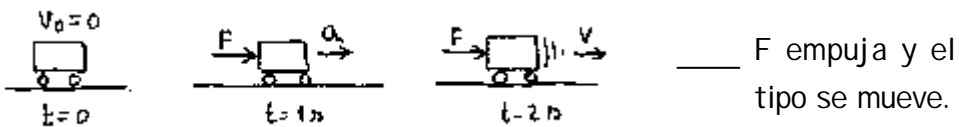


Es decir, es una fuerza que viene de afuera. Podés imaginarte a esta  $F$  como la fuerza que hace una cañita voladora o un tipo que empuja con la mano o el viento o algo así.

Suponé que el carrito está quieto y la fuerza exterior  $F$  empieza a actuar.

¿ Qué pasa ? .

Pasa que el carrito se empieza a mover. ( Empieza a acelerar ).



Inicialmente la  $E_{\text{cin}}$  del carrito vale cero y al final NO.

¿ Quién hizo que aumentara la energía del sistema ?

RTA: La fuerza  $F$ . Efe recorrió una distancia  $d$ , hizo un trabajo que vale  $F \cdot d$  y entregó ese trabajo al carrito.

Ahora el tipo lo tiene almacenado en forma de energía cinética.

F entregó energía al sistema. La  $E_{mec}$  aumentó y no se conservó. Por lo tanto, **una fuerza exterior es una fuerza NO conservativa.**

**FUERZAS CONSERVATIVAS Y NO CONSERVATIVAS - RESUMEN**

Básicamente y sin hilar fino, digamos que en la mayoría de los problemas, salvo el rozamiento y una fuerza  $F$  exterior, todas las demás fuerzas terminan siendo conservativas. Es decir, o son conservativas o a la larga no realizan trabajo. Saber esto viene bien para resolver los problemas.

Hay más fuerzas conservativas y hay más fuerzas no-conservativas, pero para lo que vos tenés que saber y para los problemas que vos vas a tener que resolver con esto alcanza.

**TEOREMA DEL TRABAJO Y LA ENERGÍA MECÁNICA ( Importante )**

Con la cuestión de fuerzas conservativas y no conservativas llegué a la siguiente conclusión: Hay dos casos posibles: o sobre el sistema actúan fuerzas conservativas o sobre el sistema actúan fuerzas no conservativas. Analicemoslos:

**CASO UNO**

Actúan sólo fuerzas conservativas y se conserva la  $E$  mecánica del sistema.

Si sobre el sistema dado sólo actúan fuerzas conservativas ( Es decir, no actúa ni el rozamiento ni una Fuerza exterior).

Se cumple  $E_{mec} = O$  Es decir

$E_{mf} = E_{m0}$
-------------------

La energía mec. no varía.

**CASO DOS:**

Actúan fuerzas no conservativas. La energía mecánica no se conserva. Ahora va a haber una disminución o un aumento de la  $E_{mec}$  del sistema.

† Si sobre el sistema dado actúan fuerzas no conservativas ( Es decir el roz o una Fuerza  $F$  exterior).

Se cumple  $E_{mec} \neq O$  Es decir

$E_{mf} \neq E_{m0}$
----------------------

La energía mec. varía.

¿ Quién provocó ese cambio en la energía del sistema ? .

Bueno, eso ya quedamos en que fue la fuerza no conservativa. La fuerza no conservativa ( sea el rozamiento o una fuerza exterior  $F$  ) realizó un trabajo que hizo que aumentara ( o disminuyera ) la  $E_{mec}$  del sistema.

Ahora bien... ¿ Y cuánto vale esa variación de la Energía mecánica ?

Rta: ¡ Justamente vale el trabajo que hizo la fuerza no conservativa !

Es decir, si tengo un sistema que tiene una energía mecánica de 100 Joule y después de que actuó una fuerza exterior veo que la energía mecánica es de 120 J, digo entonces que el trabajo que hizo la fuerza exterior vale 20 Joule.

Conclusión: ( Muy importante ).

**ver**

El trabajo realizado por la fuerza no conservativa es igual a la variación de la energía mecánica del sistema.

Enunciado del teorema del Trabajo y la Energía Mecánica.

En forma matemática esto se suele poner así:

$$L_{F \text{ No-Cons}} ? E_{mf} ? E_m$$



Teorema del L y la E. Mecánica.

Esta fórmula se lee así: En un sistema donde actuó una fuerza no conservativa, la energía que falta ( o sobra ) con respecto a la  $E_{mec}$  que había al principio es igual al trabajo que hizo la fuerza no-conservativa. ( Punto ).

¿ CÓMO SE RESUELVEN LOS PROBLEMAS DE TRABAJO Y ENERGÍA ?

Bueno, tengo 2 casos posibles:

- 1) - Problemas en donde **se conserva** la energía mecánica.  
Llamémoslos problemas caso 1.
- 2) - Problemas en donde **NO se conserva** la energía mecánica.  
Llamémoslos problemas caso 2 .

Si los tipos te toman un problema en el examen, éste tendrá que ser caso 1 o caso 2. Otra posibilidad no hay.

Es decir que tengo estas dos situaciones:

Tipo de Problema	Conclusión	Se plantea que:
<b>Caso 1</b> Sólo actúan fuerzas <b>conservativas</b> , es decir, no actúa el rozamiento ni ninguna fuerza exterior.	La energía mecánica del sistema <u>se conserva</u> . La energía mecánica final será igual a la inicial.	$E_{mecf} ? E_{mec0}$
<b>Caso 2</b> Actúa por lo menos una fuerza <b>NO conservativa</b> , es decir, el rozamiento o una fuerza exterior F.	La energía mecánica del sistema <u>NO se conserva</u> . La energía mecánica final <u>NO</u> será igual a la inicial.	$L_{F no cons} ? E_{mf} ? E_{m0}$

Supongamos que te cae un caso 1. Tu manera de razonar tiene que ser algo de así:

Bueno, en este problema veo que no actúa el rozamiento ni ninguna fuerza F exterior. Todas las fuerzas parecen ser conservativas. Por lo tanto al no haber fuerzas NO conservativas, la energía mecánica se tendrá que conservar. Lo que tengo que plantear entonces es que:

$$E_{mec\ inicial} ? E_{mec\ final}$$

Ahora elijo el nivel cero de energía potencial y escribo:

$$E_{c0} ? E_{p0} ? E_{cf} ? E_{pf}$$

Tacho las energías que son cero y reemplazo las otras por lo que corresponda. Es decir, reemplazo la  $E_c$  por  $\frac{1}{2}m \cdot v^2$  y la  $E_p$  por  $m \cdot g \cdot h$ . Haciendo cuentas despejo lo que me piden.

Supongamos que te cae un caso 2. Tu manera de razonar tiene que ser algo así:

Bueno, veo que en este problema actúa una fuerza NO conservativa que es el rozamiento ( o una fuerza F exterior ). De acá saco como conclusión que en este problema la energía mecánica **no se va a conservar**. Voy a plantear entonces que:

$$L_{F no cons} ? E_{mf} ? E_{m0}$$

Ahora elijo el nivel de referencia para la energía potencial y escribo que:

$$L_{F \text{ no cons}} ? E_{cf} ? E_{pf} ? (E_{c0} ? E_{p0})$$

Se tachan las energías que son cero, se reemplaza todo lo demás por los datos del problema y de ahí uno despeja lo que le piden.

\* NOTA : Para el caso 1 y para el caso 2:

Algunos problemas tienen varios tramos. Eso pasa mucho en los problemas de montañas rusas de este tipo:



En estas situaciones puede ser que haya que plantear el teorema del trabajo y la energía mecánica varias veces ( Por ejemplo  $1^{\text{ro}}$  entre A y B, después entre B y C, etc ).

En ese caso habrá varios estados iniciales y varios estados finales, de manera que en vez hablar de  $E_{m0}$  convendrá hablar de  $E_{mA}$  ( por ejemplo ) y en vez de poner  $E_{mf}$  va a ser mejor poner  $E_{mB}$  .( Esto sería cuando planteo el teorema entre A y B).

Cuando lo planteo entre B y C pondré  $E_{mB}$  en vez de  $E_{m0}$ , y  $E_{mC}$  en vez de  $E_{mf}$ .

### UNA ULTIMA COSA:

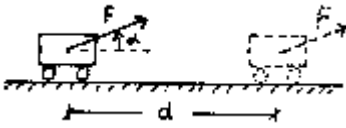
Para entender bien todo esto no alcanza con leerlo de acá. Tenés que ponerte y resolver muchos problemas. Es la única manera.

Más adelante vas a ver que en realidad todos los problemas se parecen y que todo el asunto consiste en plantear la ecuación  $E_{mf} ? E_{m0}$  para los problemas caso 1 , y la ecuación  $L_{F \text{ no cons}} ? E_{mf} ? E_{m0}$  para los problemas caso 2.

Fin de la Teoría de Trabajo y Energía.

RESUMEN, Continuación

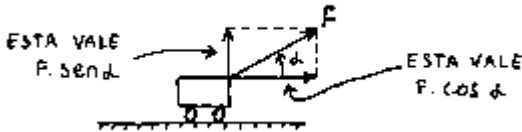
TRABAJO Y ENERGIA



$$L = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Fuerza aplicada.      Distancia recorrida      Ángulo entre F y d (o F y V)

Trabajo de una fuerza.



[ L ] ? N ? m      ?      Joule

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

Energía Cinética.

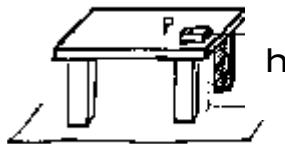
$$F \cdot d = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{L_F}$        $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{E_{cf}}$        $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{E_{c0}}$



**Teorema del trabajo y la Energ. cinética.**

UNA ALTURA  $h$



CUERPO DE PESO  $P$

$$E_p = P \cdot h \quad \text{ó} \quad m \cdot g \cdot h$$

— Energía potencial que tiene un cuerpo de peso  $P$  que está a una altura  $h$ .

$$E_m = E_c + E_p$$

— Energía mecánica.

CONSERVACION DE LA ENERGIA

$$E_{mec\ inicial} = E_{mec\ final}$$

$$E_{c0} + E_{p0} = E_{cf} + E_{pf}$$

FUERZAS NO CONSERVATIVAS

$$\boxed{L_{F \text{ No-Cons}} \quad ? \quad E_{mf} \quad ? \quad E_{m0}} \quad \leftarrow \text{Teorema del L y la E. Mecánica.}$$

$$L_{F \text{ nocons}} \quad ? \quad E_{cf} \quad ? \quad E_{pf} \quad ? \quad (E_{c0} \quad ? \quad E_{p0})$$

## POTENCIA

$$\boxed{P \quad ? \quad \frac{L}{t}}$$

Trabajo efectuado  
Tiempo empleado

$$? \quad \boxed{P \quad ? \quad F \quad ? \quad v} \quad ? \quad \text{Otra forma de calcular la potencia}$$

$$1 \text{ H.P.} \quad ? \quad 76 \quad \frac{\text{Kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad ? \quad 745 \text{ Watt}$$

## INFORMACIONES

La teoría del tema Estática no la ponemos acá porque ya está puesta al principio del cuadernillo con los ejercicios resueltos de la guía de estática.

Tenés algunos temas de parciales viejos para bajar en nuestra página web : [www.resueltosCBC.com.ar](http://www.resueltosCBC.com.ar)

Estamos tratando de conseguir los temas de primeros parciales que se tomaron el cuatrimestre pasado para resolverlos. No puedo prometerte que los consigamos. Esperemos que sí.

Probá preguntar unos días antes del 1er parcial si salió el apunte con los temas resueltos del parcial del cuatrimestre pasado.