

# 4º E.S.O.

## FÍSICA Y QUÍMICA

### 11. TRABAJO Y ENERGÍA



R. Artacho  
Dpto. de Física  
y Química

## Índice

### CONTENIDOS

1. La energía · 2. ¿Qué es el trabajo? · 3. El trabajo y la energía mecánica · 4. La conservación de la energía mecánica · 5. Potencia y rendimiento

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

1. Analizar las transformaciones entre energía cinética y energía potencial, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica cuando se desprecia la fuerza de rozamiento, y el principio general de conservación de la energía cuando existe disipación de la misma debida al rozamiento.

2. Reconocer que el calor y el trabajo son dos formas de transferencia de energía, identificando las situaciones en las que se producen.

3. Relacionar los conceptos de trabajo y potencia en la resolución de problemas, expresando los resultados en unidades del Sistema Internacional así como otras de uso común.

### ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE

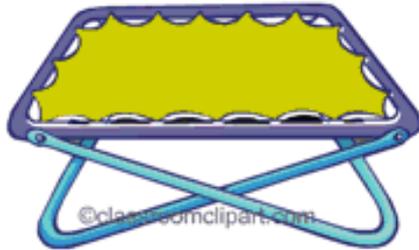
1.1. Resuelve problemas de transformaciones entre energía cinética y potencial gravitatoria, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica.  
1.2. Determina la energía disipada en forma de calor en situaciones donde disminuye la energía mecánica.

2.1. Identifica el calor y el trabajo como formas de intercambio de energía, distinguiendo las acepciones coloquiales de estos términos del significado científico de los mismos.  
2.2. Reconoce en qué condiciones un sistema intercambia energía. en forma de calor o en forma de trabajo.

3.1. Halla el trabajo y la potencia asociados a una fuerza, incluyendo situaciones en las que la fuerza forma un ángulo distinto de cero con el desplazamiento, expresando el resultado en las unidades del Sistema Internacional u otras de uso común como la caloría, el kWh y el CV.



## 1. La energía



☞ Cuando los cuerpos interaccionan, intercambian energía.

La **energía** es una propiedad de los cuerpos o de los sistemas materiales que les permite producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es una magnitud escalar y se mide en **julios** (J).

Existen otras unidades:

- El calor se suele medir en **calorías** (cal):

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

- El consumo de energía eléctrica suele medirse en **kilovatios hora** (kWh):

$$1 \text{ kwh} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

## 1. La energía

### 1.1. Cómo se transfiere la energía

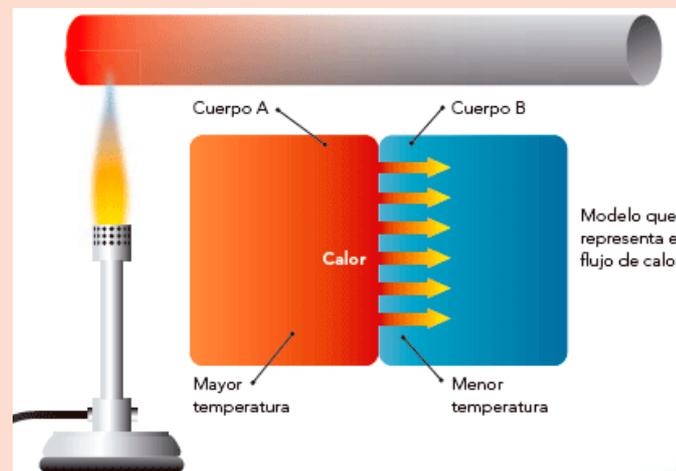
#### Forma mecánica

Cuando existe una fuerza que produce un desplazamiento, mediante la realización de un **trabajo**:



#### Forma térmica

Cuando se ponen en contacto dos cuerpos o sistemas que están a distinta temperatura, mediante el intercambio de **calor** hasta que alcanzan la misma temperatura:



2. ¿Qué es trabajo?

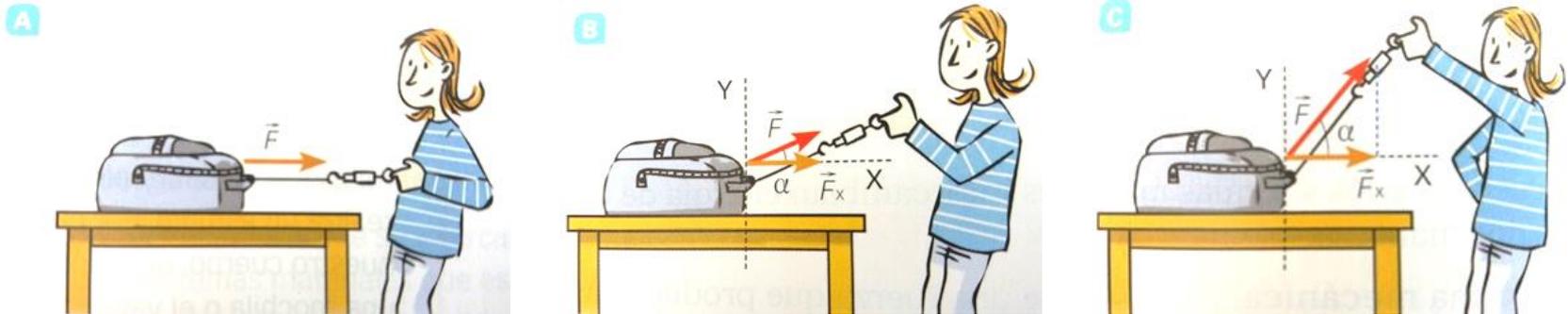


¿Esfuerzo o trabajo?

- ☞ En física, solo existe **trabajo (W)** si actúa una fuerza y causa un desplazamiento.
- ☞ En A el trabajo realizado es nulo.
- ☞ En B y C se desplaza la caja, luego hay trabajo.

2. ¿Qué es trabajo?

2.1. Relación entre la fuerza, el desplazamiento y el trabajo



- ☞ Para arrastrar la mochila solo realiza trabajo la componente que tiene la misma dirección que el desplazamiento.
- ☞ La llamamos **fuerza útil** y vale:

$$F_x = F \cdot \cos\alpha$$

## 2. ¿Qué es trabajo?

## 2.2. La magnitud trabajo

El trabajo es una magnitud escalar, mientras que la fuerza y el desplazamiento son magnitudes vectoriales. El trabajo se calcula mediante un producto escalar de vectores, y se representa:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{x} = F \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha$$

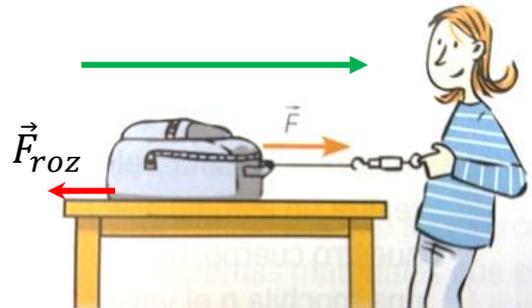
- ☞ El trabajo es la **energía intercambiada** por los cuerpos cuando existe una fuerza que provoca un desplazamiento.

La unidad de trabajo es el **julio (J)**. Se realiza el trabajo de un julio cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza de un newton y le provoca un desplazamiento de un metro en la dirección y sentido de la fuerza aplicada.

$$1 J = 1 N \cdot 1 m$$

## 2. ¿Qué es trabajo?

### 2.3. El trabajo de la fuerza de rozamiento



- ☞ La fuerza de rozamiento siempre se opone al sentido del deslizamiento, forma un ángulo de  $180^\circ$  con el desplazamiento, por tanto:

$$W_{roz} = \vec{F}_{roz} \cdot \Delta\vec{r} = F_{roz} \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ = -F_{roz} \cdot \Delta x$$

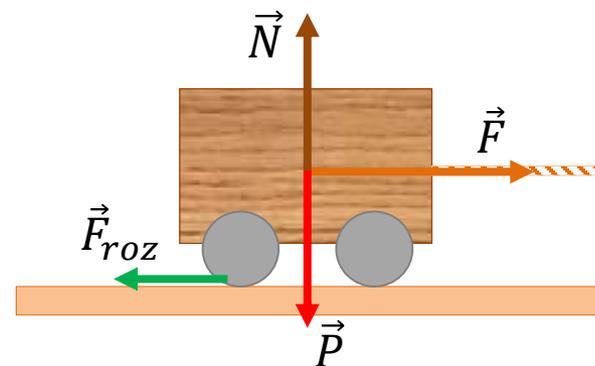
- ☞ Por tanto, en cualquier desplazamiento hay un gasto de energía: el destinado a vencer el rozamiento.

## 2. ¿Qué es trabajo?

## Ejemplo resuelto

El cochecito de la figura tiene una masa de 750 g. Tiramos de él con una fuerza de 5 N y logramos que se desplace 80 cm en esa misma dirección. El coeficiente de rozamiento entre el coche y la superficie de la mesa es 0,4. Calcula:

- El trabajo que realiza la fuerza  $F$ .
- El trabajo que realizan las fuerzas  $P$ ,  $N$  y  $F_{roz}$ .
- El trabajo total que se realiza sobre el cochecito.



$$a) W_F = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F \cdot \Delta x \cdot \cos 0^\circ = 5 \cdot 0,8 \cdot 1 = 4 \text{ J}$$

$$b) W_P = \vec{P} \cdot \Delta\vec{r} = P \cdot \Delta x \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ J}$$

$$W_N = \vec{N} \cdot \Delta\vec{r} = N \cdot \Delta x \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ J}$$

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 0,75 \cdot 9,8 = 2,94 \text{ N}$$

$$W_{roz} = \vec{F}_{roz} \cdot \Delta\vec{r} = F_{roz} \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ = 2,94 \cdot 0,8 \cdot (-1) = -2,35 \text{ J}$$

$$c) W_T = W_F + W_{roz} = 4 - 2,35 = 1,65 \text{ J}$$



## 2. ¿Qué es trabajo?

### ACTIVIDADES

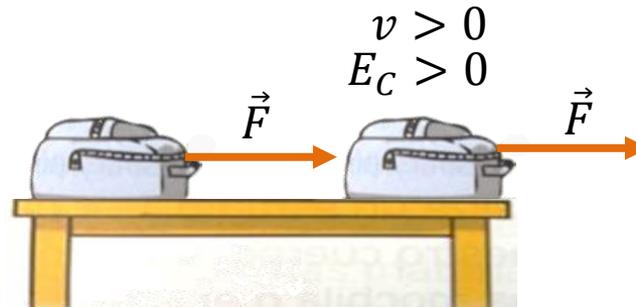
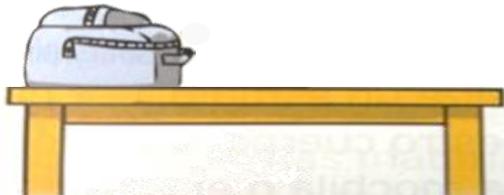
1. Repite el ejemplo resuelto suponiendo que la fuerza  $F$  forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. ¿Cómo varía el  $W_{roz}$  si nos trasladamos a una superficie donde el coeficiente de rozamiento es menor?
2. Un levantador de pesas eleva 107 kg desde el suelo hasta una altura de 2 m y los aguanta 15 s en esa posición. Calcula el trabajo que realiza:
  - a) Mientras levanta las pesas.
  - b) Mientras las mantiene arriba.

## 3. Trabajo y la energía mecánica

### 3.1. El trabajo modifica la energía cinética

$$v_0 = 0$$

$$E_C = 0$$



Al realizar trabajo sobre la mochila, esta adquiere energía cinética

En un choque se produce disminución de la energía cinética que se transforma en trabajo de deformación

☞ El trabajo que realiza la fuerza  $\vec{F}$ :

$$W_F = F \cdot \Delta x \cdot \cos 0^\circ = m \cdot a \cdot \Delta x$$

Como, en este caso:

$$\Delta x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \text{y} \quad a = \frac{v}{t}$$

$$W_F = m \cdot \frac{v}{t} \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = m \cdot \frac{v}{t} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v}{t} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = E_C$$

### 3.1. El trabajo modifica la energía cinética

La **energía cinética** ( $E_C$ ) que tiene un cuerpo por estar en movimiento viene dada por la expresión:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

El trabajo realizado por a fuerza  $\vec{F}$  se invierte en variar su energía cinética:

$$W_F = E_{C2} - E_{C1} = \Delta E_C$$

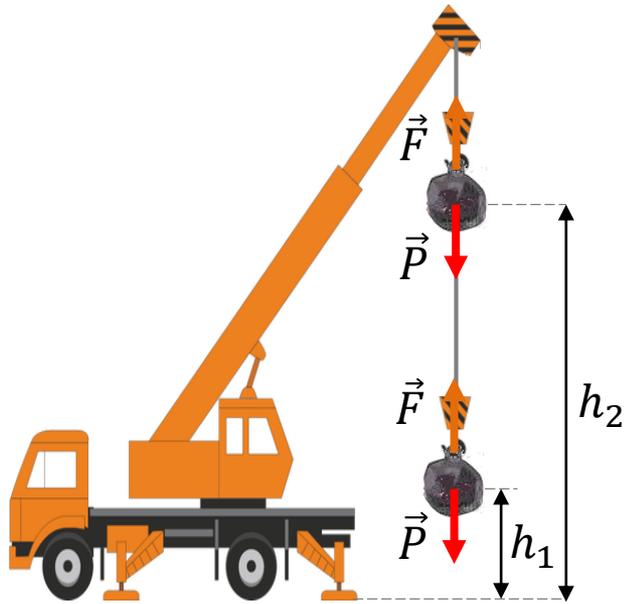


### 3. Trabajo y la energía mecánica

#### ACTIVIDADES

3. Un cuerpo de 5 kg se mueve a 3 m/s. Sobre él actúa una fuerza de 2 N, en la misma dirección y sentido del movimiento, a lo largo de 15 m. ¿Qué velocidad adquiere el cuerpo?
4. Un coche de 500 kg viaja a 90 km/h, percibe un obstáculo y frena. Las marcas del suelo indican que el espacio de frenada fue de 125 m. Calcula la fuerza de rozamiento entre el coche y la carretera.

### 3.2. El trabajo modifica la energía potencial



Cuando el cuerpo desciende, el trabajo de la fuerza peso es positivo y el cuerpo pierde energía potencial.

Si el cuerpo asciende, el trabajo de la fuerza peso es negativo y el cuerpo gana energía potencial

- Para que el cuerpo suba con velocidad constante, se debe ejercer una fuerza  $\vec{F} = \vec{P}$ .
- El trabajo que realiza la fuerza  $\vec{F}$ :

$$W_F = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F \cdot \Delta y \cdot \cos 0^\circ$$

$$W_F = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

$$W_F = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

La **energía potencial gravitatoria** ( $E_p$ ) que tiene un cuerpo por estar a cierta altura viene dada por:

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

El trabajo de una fuerza que modifica la altura, sin variar la velocidad, se invierte en modificar su energía potencial:

$$W_F = E_{p2} - E_{p1} = \Delta E_p$$

### 3.2. El trabajo modifica la energía potencial

#### Trabajo de la fuerza peso

- En el **descenso**:

$$W_P = \vec{P} \cdot \Delta\vec{r} = P \cdot \Delta y \cdot \cos 0^\circ = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

$$W_P = E_{P1} - E_{P2} = -(E_{P2} - E_{P1}) = -\Delta E_P$$

Cuando el cuerpo está bajando,  $\Delta E_P < 0 \rightarrow W_P > 0$ .

- En el **ascenso**:

$$W_P = \vec{P} \cdot \Delta\vec{r} = P \cdot \Delta y \cdot \cos 180^\circ = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot (-1)$$

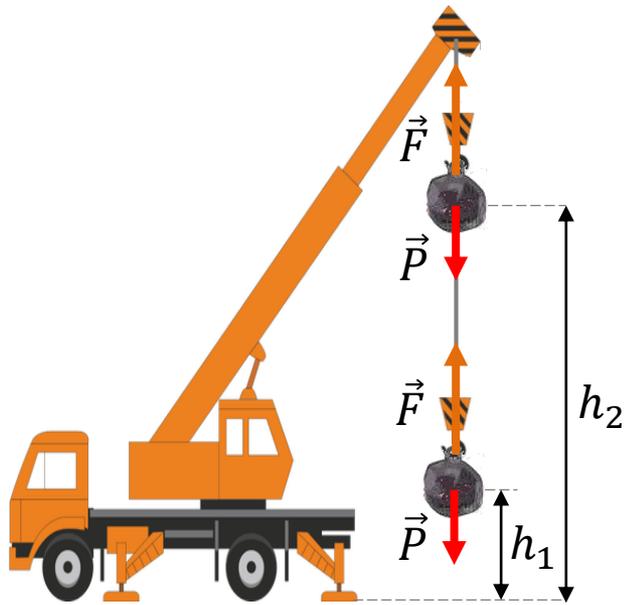
$$W_P = E_{P1} - E_{P2} = -(E_{P2} - E_{P1}) = -\Delta E_P$$

Cuando el cuerpo está subiendo,  $\Delta E_P > 0 \rightarrow W_P < 0$ .

Para subir el cuerpo tenemos que gastar energía en vencer la fuerza peso.

## 3. Trabajo y la energía mecánica

### 3.3. El trabajo modifica la energía mecánica



☞ Si  $\vec{F} > \vec{P}$ , el cuerpo se eleva con un MRUA. En este caso:

$$W_F = (E_{C2} - E_{C1}) + (E_{P2} - E_{P1})$$

$$W_F = (E_{C2} + E_{P2}) - (E_{C1} + E_{P1})$$

$$W_F = E_{M2} - E_{M1} = \Delta E_M$$

$$E_M = E_C + E_P \quad \text{Energía mecánica}$$

El trabajo de una fuerza externa sobre un cuerpo al que modifica su velocidad y su altura es igual a la variación de la energía mecánica que experimenta dicho cuerpo:

$$W_F = E_{M2} - E_{M1} = \Delta E_M$$



#### ACTIVIDADES

5. Una grúa sube verticalmente un cuerpo de 5 kg que está apoyado en el suelo con una fuerza de 80 N. ¿Con qué velocidad llega al punto de destino si está a 6 m del suelo?

## 4. La conservación de la energía mecánica

☞ En el caso de caídas libre de un cuerpo, solo actúa la fuerza peso:

$$W_F = 0 \rightarrow \Delta E_M = 0 \rightarrow E_{M2} = E_{M1}$$

Cuando un cuerpo se mueve solo bajo la acción de su propio peso, su energía mecánica permanece constante:

$$E_{M2} = E_{M1}$$

### 4.1. Movimiento con rozamiento

En este caso:

$$W_{F_{roz}} = E_{M2} - E_{M1}$$

Como:

$$W_{F_{roz}} = \vec{F}_{roz} \cdot \Delta \vec{r} = F_{roz} \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ = -F_{roz} \cdot \Delta x$$

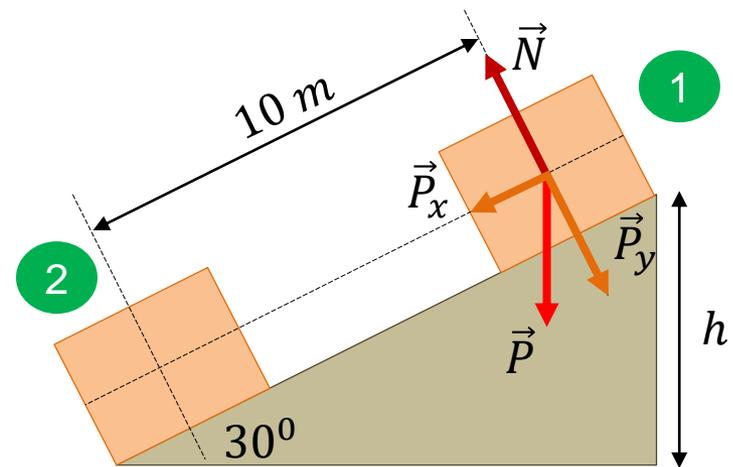
$$-F_{roz} \cdot \Delta x = E_{M2} - E_{M1} < 0$$

Cuando un cuerpo se mueve solo bajo la acción de la fuerza peso y existen fuerzas de rozamiento, una parte de la energía mecánica se invierte en vencer el trabajo de rozamiento.

## 4. La conservación de la energía mecánica

### Ejemplos resueltos

1. Un cuerpo de 5 kg se desliza por un plano inclinado  $30^\circ$  con la horizontal. Su poniendo que parte del reposo, calcula su velocidad cuando haya recorrido 10 m: a) Si no hay rozamiento; b) Si el coeficiente de rozamiento es 0,3.



Para calcular la altura:

$$\text{sen}30^\circ = \frac{h}{10} \rightarrow h = 10 \cdot \text{sen}30^\circ = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ m}$$

a) Si no hay rozamiento, la energía mecánica se conserva:

$$E_{C1} + E_{P1} = E_{C2} + E_{P2} \rightarrow 0 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 + 0$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} = \mathbf{9,9 \text{ m/s}}$$

## 4. La conservación de la energía mecánica

## Ejemplos resueltos

b) Si hay rozamiento, la energía mecánica no se conserva:

$$-F_{roz} \cdot \Delta x = E_{M2} - E_{M1}$$

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ$$

$$-\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x = (E_{C2} + E_{P2}) - (E_{C1} + E_{P1})$$

$$-\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x = \left( \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 + 0 \right) - (0 + m \cdot g \cdot h)$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = m \cdot g \cdot h - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x$$

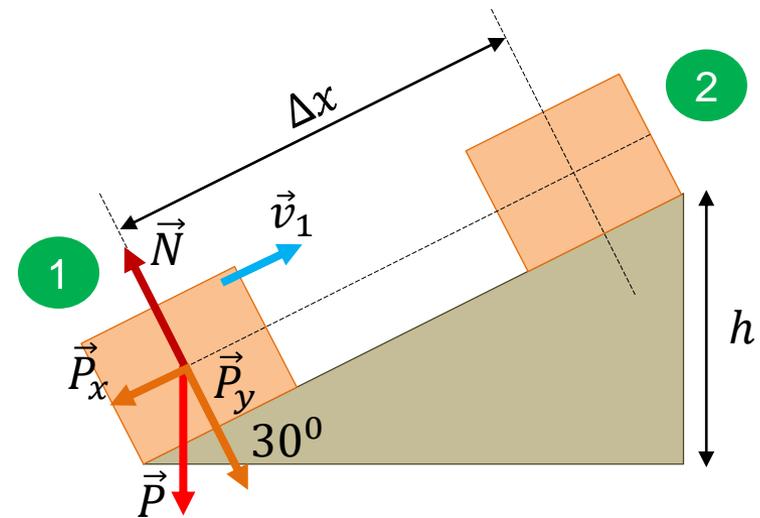
$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - \mu \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot (5 - 0,3 \cdot \cos 30^\circ \cdot 10)}$$

$$v_2 = 6,9 \text{ m/s}$$

4. La conservación de la energía mecánica

Ejemplos resueltos

2. Desde la base de un plano inclinado  $30^\circ$  con la horizontal se lanza hacia arriba un cuerpo de 5 kg con una velocidad de 10 m/s. Calcula qué distancia llega a recorrer sobre el plano: a) Si no existe rozamiento; b) Si el coeficiente de rozamiento es 0,3.



a) Si no hay rozamiento, la energía mecánica se conserva:

$$E_{C1} + E_{P1} = E_{C2} + E_{P2} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + 0 = 0 + m \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{10^2}{2 \cdot 9,8} = 5,1 \text{ m}$$

La longitud de la rampa:

$$\text{sen}30^\circ = \frac{h}{\Delta x} \rightarrow \Delta x = \frac{h}{\text{sen}30^\circ} = \frac{5,1}{0,5} = 10,2 \text{ m}$$

## 4. La conservación de la energía mecánica

### Ejemplos resueltos

b) Si hay rozamiento, la energía mecánica no se conserva:

$$-F_{roz} \cdot \Delta x = E_{M2} - E_{M1}$$

$$F_{roz} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ$$

$$-\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x = (E_{C2} + E_{P2}) - (E_{C1} + E_{P1})$$

$$-\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x = (0 + m \cdot g \cdot h) - \left( \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + 0 \right)$$

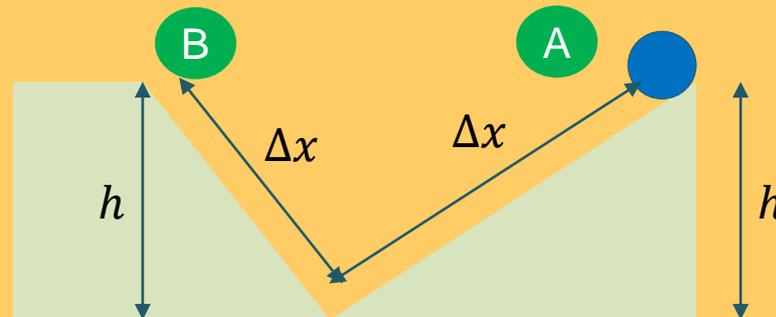
$$\sin 30^\circ = \frac{h}{\Delta x} \rightarrow h = \Delta x \cdot \sin 30^\circ$$

$$-\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \Delta x = m \cdot g \cdot \Delta x \cdot \sin 30^\circ - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

$$\Delta x = \frac{v_2^2}{2 \cdot g \cdot (\sin 30^\circ + \mu \cdot \cos 30^\circ)} = \frac{10^2}{2 \cdot 9,8 \cdot (\sin 30^\circ + 0,3 \cdot \cos 30^\circ)} = 6,7 \text{ m}$$

### ACTIVIDADES

6. Una pelota desciende por el tobogán A desde la posición que se indica. Al llegar a la base, se encuentra con el tobogán B y sube por él. Teniendo en cuenta los resultados de los ejercicios resueltos anteriores, razona si es correcto:



- Si no hay rozamiento, la pelota recorre en el tobogán B una longitud ( $\Delta x$ ) idéntica a la que recorre en el tobogán A.
- Si no hay rozamiento, la pelota llega en B a una altura ( $h$ ) igual a la altura desde que salió en A.
- Si hay rozamiento, es imposible que la pelota llegue en el tobogán B a la misma altura desde la que salió.

## 4. La conservación de la energía mecánica

## ACTIVIDADES

7. Un cuerpo de 8 kg se desliza por un plano inclinado  $20^\circ$  con respecto a la horizontal. Si parte del reposo, calcula su velocidad cuando haya recorrido 15 m:
- Suponiendo que no hay rozamiento.
  - Si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es 0,3.
8. Teniendo en cuenta los resultados del ejemplo resuelto 2 y de la actividad anterior, razona si para un cuerpo que cae por una rampa:
- La velocidad con que llega al final de la rampa *depende/no depende* de la masa del cuerpo.
  - Si no hay rozamiento, la velocidad final *depende/no depende* de la longitud de la rampa y *depende/no depende* de la altura desde la que cae.
  - Si hay rozamiento, la velocidad final *depende/no depende* de la longitud de la rampa y *depende/no depende* de la altura desde la que cae.

- ☞ Cuando una máquina realiza un trabajo, no solo interesa la cantidad de trabajo o energía, sino que también el tiempo que tarda en hacerlo.

La **potencia (P)** es una magnitud física que relaciona el trabajo realizado (o la energía aportada) con el tiempo que se emplea en ello:

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow P = \frac{E}{t}$$

- ☞ La potencia es una magnitud escalar. Se mide en vatios (W):

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

- ☞ Como es muy pequeña, se utilizan otras unidades:

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} \quad 1 \text{ CV} = 735 \text{ W}$$

- ☞ El kWh es una unidad de trabajo y energía:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3600 \text{ kJ}$$

### Potencias típicas

Máquina	Potencia (CV)
Ascensor	8
Motocicleta	10
Grúa de obra	5 – 20
Turismo	80 – 150
Lancha motora	3 – 200
Excavadora	150 – 300
Camión	400
Avioneta	≈ 1000
Remolcador	20 000
Petrolero	30 000 – 40 000
Avión Airbus 380	100 000
Lanzadera espacial	12 000 000

### 5.1. Potencia y velocidad

☞ Cuando las máquinas producen movimiento, se puede relacionar su potencia con la velocidad que desarrollan:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{t} \rightarrow P = F \cdot v \quad \text{donde } F = m \cdot a$$

☞ Para una misma fuerza, cuanto mayor sea la masa, menor es la aceleración.

### ACTIVIDADES

**9. Hay que elevar a 6m de altura un palé de 10 sacos de cemento de 20 kg de masa cada uno. Una grúa lo hace en 4 s, mientras que un grupo de obremos tarda 20 min.**

- ¿Quién realiza más trabajo, la grúa o el grupo de obreros?
- ¿Cuál tiene más potencia?

### 5.2. Rendimiento de una máquina o de una instalación

- ☞ En todas las máquinas se realiza un trabajo (**trabajo motor**) y se obtiene otro trabajo (**trabajo útil**).
- ☞ Parte del trabajo o energía se pierde debido al rozamiento, transformándose en calor.

Se llama **rendimiento** de un máquina ( $\eta$ ) a la relación entre el trabajo útil que se obtiene y el trabajo aplicado o trabajo motor:

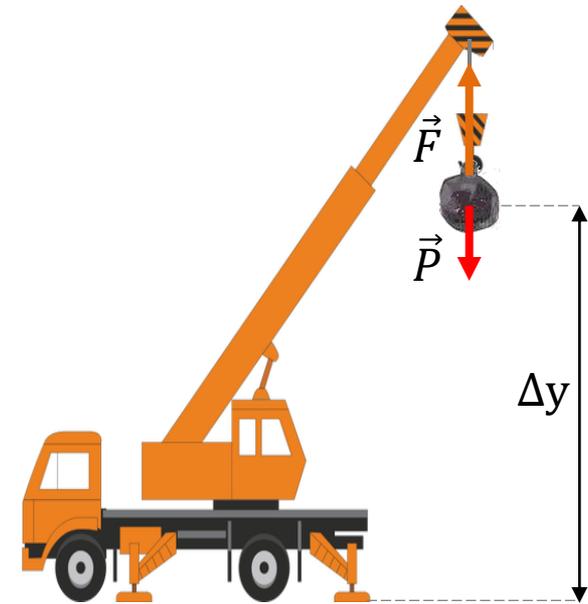
$$\eta = \frac{W_{\text{útil}}}{W_{\text{motor}}} \cdot 100 ; \quad \eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{suministrada}}} \cdot 100 ; \quad \eta = \frac{W_{\text{útil}}}{E_{\text{suministrada}}} \cdot 100$$

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{teórica}}} \cdot 100$$

### Ejemplo resuelto

Una grúa con un motor de 100 CV eleva un cuerpo de 10 toneladas hasta una altura de 30 m del suelo en un minuto:

- Expresa la potencia del motor en vatios.
- ¿Qué trabajo realiza el motor?
- Calcula el rendimiento del motor.



$$a) \quad 100 \text{ CV} \cdot \frac{735 \text{ W}}{1 \text{ CV}} = 73\,500 \text{ W}$$

b) El trabajo útil de la grúa:

$$W_{\text{útil}} = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F \cdot \Delta y \cdot \cos 0^\circ = m \cdot g \cdot \Delta y = 10\,000 \cdot 9,8 \cdot 30$$

$$W_{\text{útil}} = 2\,940\,000 \text{ J}$$

c) La potencia útil y el rendimiento: 
$$P_{\text{útil}} = \frac{W_{\text{útil}}}{t} = \frac{2\,940\,000}{60} = 49\,000 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{teórica}}} \cdot 100 = \frac{49\,000}{73\,500} \cdot 100 = 66,7 \%$$



## ACTIVIDADES

**10. Un motor de 10 CV de potencia y un rendimiento del 30 % se utiliza para elevar 1000 L de agua desde un pozo de 25 m de profundidad:**

- ¿Cuánto trabajo realiza el motor?
- ¿Qué cantidad de energía debemos suministrar al motor? Calculala en J y en kWh.
- ¿Cuánto tiempo emplea en subir el agua?