

## Treball i energia – Resum teoria

**Trabajo:** - Fuerza por el desplazamiento, en el sentido de la fuerza:  $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha$

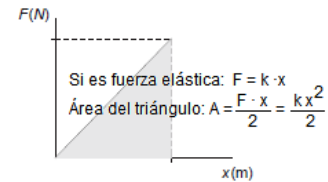
Si actúan varias fuerzas:  $W = \Sigma F_{ix} \cdot \Delta x$

- También es la energía gastada al variar la energía cinética o potencial:

$$W = \Delta E_{\text{cinética}} = \frac{1}{2} m (v-v_0)^2 \quad ; \quad W = \Delta E_{\text{potencial}} = mg(h_2-h_1) \quad W = \Delta E_{\text{elástica}} = \frac{1}{2} K x^2$$

**Interpretación gráfica:** Si F no es constante, equivale al área sombreada: →

Si no es lineal, equivale al área de la integral



**Potencia:** Potencia Media: Trabajo realizado / por unidad de tiempo.  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$  (Watt: Energía gastada en 1 segundo)

Potencia Instantánea:  $P = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t}$

**Rendimiento:** Relación entre la pot. útil y la consumida:  $\eta = \frac{P_u}{P_c}$

**Energía:** Capacidad para realizar un Trabajo.  $E_{\text{mecánica}} = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}}$

$$E_{\text{cinética}} = \frac{1}{2} mv^2 \quad ; \quad E_{\text{potencial}} = mgh \quad ; \quad E_{\text{elástica}} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

**Fuerzas conservativas:** cuando su trabajo sólo depende de la posición inicial y final, no del recorrido.

**Principio de conservación de la energía mecánica:**

-  $\Delta E_m = 0$  si las fuerzas son conservativas (No se pierde energía → W pérdidas=0)

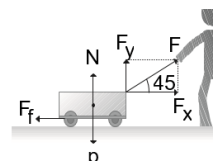
-  $W_{nc} = \Delta E$  si las fuerzas no son conservativas (W pérdidas=Em2 – Em1)

La pérdida de energía mecánica es por la transformación en otro tipo de energía

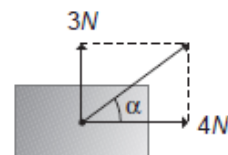
**Calor:** Energía calorífica:  $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$  (Masa · Calor específico del material · Incremento de Temperatura)

## Treball i energia - Problemes

- Un avió vola a una certa altura. Com es calcula l'energia mecànica?  $E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} mv^2 + mgh$
- Calculeu el treball que realitza una noia amb una motxilla de 15 kg.
  - L'aguanta 5 min mentre espera entrar a l'institut per començar les classes.  $W = F \cdot \Delta r \rightarrow \Delta r = 0 \rightarrow W = 0$
  - Es dirigeix a l'aula caminant a velocitat constant.  $v$  constant  $\rightarrow a=0 \rightarrow F=0 \rightarrow W=0$
  - Se la treu de l'esquena a 1 m del terra i la hi deixa.  $W = F \cdot r \rightarrow W = mg \cdot y \cos 180^\circ \rightarrow W = -147 \text{ J}$
- Un objecte es desplaça 10 m quan hi actua una força de 20 N. Calculeu el treball realitzat sobre l'objecte, quan la força:
  - Té el mateix sentit que el desplaçament de l'objecte.
  - Té sentit contrari al desplaçament de l'objecte.
  - És perpendicular al desplaçament de l'objecte
 Sol: a)  $W = F \cdot r \rightarrow W = 20 \cdot 10 \cdot \cos 0 = 200 \text{ J}$  b)  $W = F \cdot r \rightarrow W = 20 \cdot 10 \cdot \cos 180 = -200 \text{ J}$  c)  $W = 20 \cdot 10 \cdot \cos 90^\circ = 0$
- Volem moure un armari de massa 100 kg. Si la força de fregament amb el terra és de 250 N:
  - Quina és la mínima força que cal fer per moure'l?
  - Amb quina acceleració es mourà si apliquem una força constant de 300 N?
  - Quin és el treball que haurem fet els primers 10 s?
 Sol: a)  $F - F_f = ma \rightarrow F = F_f = 250 \text{ N}$  b)  $F - F_f = ma \rightarrow 300 - 250 = 100a \rightarrow a = 0,5 \text{ m/s}^2$  c)  $\Delta x = \frac{1}{2} a \Delta t^2 = 25 \text{ m}$ ;  $W = (300 - 250) \cdot 25 = 1250 \text{ J}$
- Un nen vol arrossegar 5 m el carretó de 2 kg de massa per una superfície horitzontal i ho fa mitjançant una corda que forma un angle de 45° amb la superfície (fig. 6.44), i amb una força de 25 N. Si el coeficient de fregament entre les rodes del carretó i la superfície és de 0,1, calculeu:
  - El treball que realitza cada una de les forces que actuen sobre el carretó.
  - El treball total. Comproveu que és igual al treball que realitza la força resultant.
 a)  $W_p = 0$ ;  $W_n = 0$ ;  $W_F = 25 \cdot 5 \cdot \cos 45 = 88,39 \text{ J}$ ;  $N = P - F_y = 1,92 \text{ J}$ ;  $W_{r_f} = 0,1 \cdot N \cdot \cos 180^\circ = -0,965 \text{ J}$  b)  $88,39 - 0,96 = 87,42 \text{ J}$



6. Una força de 3 N i una altra de 4 N són perpendiculars i actuen durant 10 s sobre un cos de 2,5 kg, que es mou en la direcció de la força de 4 N sense fregament. Calculeu:  
 a) Quin és el treball de la força resultant? b) Quin és el treball de la força de 3 N?  
 Quin és el treball de la força de 4 N? c) El treball de la força resultant és igual a la suma dels treballs fets per cadascuna de les forces?



Sol:  $a=F/m = 1,6$  ;  $F_r = \sqrt{25} = 5$  ;  $\text{tg } \alpha = 3/4 \rightarrow \alpha = 36,87$  ;  $\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 = 80$  ;  $W = 320\text{J}$  b)  $W_{3N} = 0 \rightarrow 90^\circ$  c)  $W = 4 \cdot 80 \cdot \cos 0^\circ = 320\text{ J}$  c)  $W_{3N} + W_{4N} = 320\text{ J}$

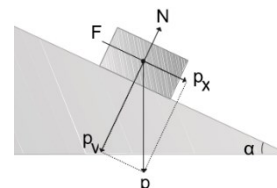
7. Volem fer pujar un bloc de 50 kg a velocitat constant per un pla inclinat de 4 m d'alçària i 5 m de longitud, mitjançant una força aplicada en la mateixa direcció i sentit del desplaçament del cos. Calculeu:  
 - La força que s'ha de realitzar, suposant que no existeix fregament entre el cos i el pla inclinat.  
 - El treball que s'ha realitzat quan el bloc arriba a dalt del pla inclinat.  
 - La força que s'ha de realitzar, si el coeficient de fregament entre el cos i el pla és de 0,1.  
 - Quin és l'avantatge d'utilitzar un pla inclinat per pujar el bloc en lloc d'elevat-lo verticalment?

a)  $\Sigma F = m a$   $F = p_x = m g \sin \alpha$   $F = m g \frac{h}{x} = 50 \cdot 9,8 \cdot \frac{4}{5} = 392\text{ N}$

b)  $W = F \Delta x = 392 \cdot 5 = 1960\text{ J}$

c)  $F = p_x + F_f = m g \sin \alpha + \mu N = m g \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha = m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

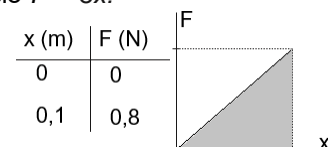
$\sin \alpha = \frac{4}{5} \rightarrow \alpha = 53,13^\circ$   $F = 50 \cdot 9,8 \cdot (\sin 53,13^\circ + 0,1 \cdot \cos 53,13^\circ) = 421,4\text{ N}$



Tot i que realitzen el mateix treball, per pujar-lo pel pla indicant la força que fan és de 392 N; i quan l'elevem la força que hem de fer ha de ser igual al pes del cos, és a dir, 490 N.

8. Pengem un cos de massa  $m$  d'una molla que compleix la llei de Hooke, segons la funció  $F = 8x$ . Calculeu el treball necessari per deformar-la 10 cm.

$$W = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 0,1 = 0,04\text{ J}$$



9. Calculeu el treball que realitza una grua per aixecar 500 kg de totxos i col·locar-los a una altura de 20 m. Expreseu el resultat en J i kWh.

$$W = F \cdot \Delta x = mgh = 98000\text{ J} = 0,027\text{ kw} \cdot \text{h}$$

10. Una grua aixeca una biga de 100 kg a una altura de 15 m i després desplaça la càrrega horitzontalment 10 m. Calculeu:

- Quant val el treball realitzat?

14700

- Quina potència útil té la grua si tarda 1 min a alçar la biga?

245

11. S'aixequen  $100\text{ m}^3$  d'aigua a una altura de 30 m en un temps de 5 s. Calculeu la potència de la bomba que aixeca l'aigua.

$$P = \frac{w}{t} = \frac{Fx}{t} = \frac{mgx}{t} = 5,88 \cdot 10^6\text{ w}$$

12. Una màquina de 8 CV funciona durant una hora i mitja. Quin treball ha desenvolupat? Doneu el resultat en J i kWh.

$$W = P \cdot t = 3,17 \cdot 10^7 = 8,82\text{ w} \cdot \text{h}$$

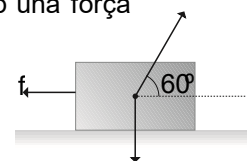
13. Un motor té un consum mitjà d'1,2 kW. Si desenvolupa una potència de 2,5 CV, quin és el rendiment d'aquest motor?

$\eta = 0,65$

14. Un objecte de 10 kg és arrossegat per una pista horitzontal una distància de 10 m, amb una força constant de 100 N que forma un angle de  $60^\circ$  amb la direcció del desplaçament.

La força de fregament d'aquest objecte amb el terra és de 60 N. Calculeu:

- El treball realitzat per la força aplicada, per la força de fregament i per la força pes.
- La potència total desenvolupada per totes les forces que hi actuen.



a)  $W_p = mg \Delta x \cos \alpha = 0$  ;  $W_F = F \Delta x \cos \alpha \rightarrow W_F = 500\text{ J}$  ;  $W_{Ff} = F_f \Delta x \cos \alpha = -60\text{ J}$

b)  $\Sigma F = F_x - F_f = 100 \cos 60^\circ - 60 = 44\text{ N}$  ;  $\Sigma F = ma \rightarrow a = 4,4\text{ m/s}^2$  ;  $x = \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow t = 2,13\text{ s}$   $P_F = W_F/t = 234,52\text{ W}$  ;  $P_{Ff} = W_{Ff}/t = 28,17\text{ W}$  ;  $P_p = 0$

15. Una vagoneta que té una massa de 200 kg es troba sobre una via horitzontal. Calculeu el treball que es fa en els casos següents:

- a) Si empenyeu la vagoneta amb una força de 100 N durant 50 s sense aconseguir que la vagoneta es mogui.

- b) Si l'empenyeu amb una força constant de 200 N en la direcció de la via, fent un recorregut 50 m en 10 s.

- c) Si empenyeu la vagoneta amb una força de 500 N que fa un angle de  $60^\circ$  amb la via, i la vagoneta recorre 100 m en 12,65 s.

- d) Calculeu la potència desenvolupada en els tres apartats anteriors.

S: a)  $W = 100 \cdot 0 = 0\text{ J}$  b)  $W = 200 \cdot 50 = 10000\text{ J}$  c)  $W = 500 \cdot 100 \cdot \cos 60^\circ = 25000\text{ J}$  d)  $P_a = 0$  ;  $P_b = 1000\text{ W}$   $P_c = 1976,28\text{ W}$

16. Empenyeu una vagoneta de 500 kg per una via horitzontal i sense fregament, amb una força de 250 N, i es desplaça 10 m. a) Quin ha estat el treball fet per la força? b) Quina és l'energia cinètica que ha adquirit la vagoneta? c) Quina velocitat té quan acaba el seu recorregut?

Sol: a)  $W = F \cdot \Delta x \cos \alpha = 2500\text{ J}$  b)  $W = \Delta E_c = 2500\text{ J}$  c)  $W = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = 3,16\text{ m/s}$

17. Un camió de 60 tones porta una velocitat de 72 km/h i de sobte frena. Si s'atura 10 s després, quina ha estat la potència mitjana de frenada?  $W = \Delta E_c \rightarrow W = -1,2 \cdot 10^7 \text{ J} \rightarrow P = W/t = 1,2 \cdot 10^6 \text{ W}$
18. Un automòbil de massa 1200 kg es desplaça a una velocitat de 20 m/s. Quin és el treball que han de fer els frens per reduir la seva velocitat a 8 m/s? És positiu o negatiu aquest treball? Per què?  $W = \Delta E_c = 201600 \text{ J}$   
Negatiu,  $\rightarrow$  disminució de la velocitat del cos, i aplicant el teorema de l'energia cinètica si  $\Delta E_c < 0 \rightarrow W < 0$ .
19. Un projectil de 250 g travessa una paret de 0,30 m de gruix. La velocitat en el moment de penetrar la paret és de 300 m/s i en sortir és de 90 m/s. Calculeu el treball realitzat pel projectil i la resistència de la paret.  
 $W = \Delta E_c \rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot 0,250 \cdot (90^2 - 300^2) = -10\,237,5 \text{ J}$ ;  $W = F \cdot \Delta x \rightarrow F = 34125 \text{ N}$
20. Una força constant de 100 N actua sobre un cos de 10 kg que inicialment es mou a 36 km/h durant 20 s. Si es mou amb una acceleració de 5 m/s<sup>2</sup>:
- a) Quina és la força de fregament?  $F - F_f = ma \rightarrow F_f = F - ma = 50 \text{ N}$
- b) A quina velocitat es mou als 20 s?  $V = v_0 + at = 110 \text{ m/s}$
- c) Quin espai recorre durant aquest temps?  $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \rightarrow x = 1200 \text{ m}$
- d) Quin treball s'ha realitzat?  $W = F_T x \rightarrow W = 60000 \text{ J}$
- e) Quin ha estat l'augment de l'energia cinètica?  $W = \Delta E_c = 60000 \text{ J}$
21. Un objecte de 100 kg es mou a una velocitat de 15 m/s. S'hi aplica una força de 500 N en el sentit del desplaçament, i la velocitat arriba fins a 20 m/s. Calculeu:
- a) Quin treball s'ha realitzat? 8750 J Quin ha estat el desplaçament de l'objecte? 17,5
- b) Quant val la força de fregament, si quan hi actua, el cos es desplaça 3 m més, per arribar a la mateixa velocitat final?  $\Delta x = 17,5 + 3 = 20,5 \text{ m}$ ;  $F' = F - F_f$ ;  $F' = W/x = 426,83$ ;  $F_f = F - F' = 500 - 426,83 = 73,17 \text{ N}$
22. Un conductor circula a 80 km/h per una avinguda; a 50 m hi ha un semàfor que es posa vermell i el conductor frena. L'automòbil i el conductor tenen una massa total de 1000 kg, i la força de frenada que actua és de 2000 N. Calculeu: a) L'energia cinètica inicial del cotxe.  $v_0 = 80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s}$ ;  $E_{c0} = \frac{1}{2} mv^2 = 246914 \text{ J}$
- El treball realitzat per la força de frenada en els 50 m.  $W = -F_f \Delta x = -100000 \text{ J}$
  - Raoneu si el cotxe s'aturarà just abans o després del semàfor.
- Perquè el cotxe s'aturi abans del semàfor, ha d'anul·lar tota la  $E_c$  que porta amb el treball realitzat pels frens. Dels resultats, veiem que la  $E_c$  inicial del cotxe és més gran que el treball que realitzen els frens en els 50 m. Per tant, el cotxe s'aturarà després del semàfor.
23. Ajudat per dos companys, empenyeu un automòbil que està inicialment parat amb una força constant de 1000 N i el cotxe es mou 10 m. Una vegada s'ha desplaçat els 10 m, el cotxe porta una velocitat de 3 m/s. La massa de l'automòbil és de 600 kg. Calculeu:
- a) Quin és el treball que heu fet?  $W = F \cdot \Delta x = 10000 \text{ J}$
- b) Quina és l'energia cinètica de l'automòbil en acabar el recorregut assenyalat?  $E_c = 2700 \text{ J}$
- c) Quin és el treball que s'ha perdut? En què s'ha transformat?  $W_T = E_c = 7300 \text{ J}$  S'ha transformat en calor
24. Un alpinista de 80 kg escala 300 m per hora en ascensió vertical. Quina energia potencial gravitatòria guanya cada hora?  $\Delta E_p = mgh = 235200 \text{ J}$
25. Un espeleòleg de 75 kg de massa baixa a una cova en descens vertical. Si la cova té una profunditat de 500 m, quina és la variació d'energia potencial gravitatòria quan arriba al fons de la cova?  $\Delta E_p = mgh = -367500 \text{ J}$
26. Un edifici té 12 pisos. Si cada pis fa 3,5 m d'alçària, calculeu per a una persona de 60 kg de massa, i prenent la planta baixa com a referència de energia potencial gravitatòria zero:
- a) L'energia potencial gravitatòria que té si viu al 5è pis.  $E_p = mgh = 10290 \text{ J}$
- b) L'energia potencial gravitatòria que té si viu al 8è pis.  $E_p = 16464 \text{ J}$
- c) Quina és la variació de l'energia potencial gravitatòria si puja des del 2n pis fins al terrat de l'edifici? 20580
- d) Quina és la variació de l'energia potencial gravitatòria si baixa des del 6è pis fins al carrer?  $E_p = -12348 \text{ J}$
27. Un test de flors està situat en un balcó en la mateixa vertical d'un pou (fig. 6.46). El test es troba damunt del terra a 15 m d'altura i té una energia potencial gravitatòria de 40 J. Si cau dins del pou, calculeu:
- a) La massa del test. b) L'energia potencial gravitatòria que té dins del pou, si el pou fa 20 m de profunditat
- c) La variació d'energia potencial gravitatòria. Sol:  $E_p = mgh \rightarrow m = 0,27 \text{ kg}$   $E_p = 53,3 \text{ J}$   $\Delta E_p = E_{pf} - E_{p0} = 93,3 \text{ J}$
28. Un cos de 200 g de massa està subjectat a una molla de constant recuperadora  $k = 1000 \text{ N/m}$ . El conjunt està recolzat en un pla horitzontal on negligim els fregaments. Si separem el conjunt 20 cm de la posició d'equilibri, calculeu: a) L'energia potencial elàstica que té la molla en aquesta posició. b) El treball que hem fet per portar el cos a aquesta posició. Sol:  $E_p = \frac{1}{2} kx^2 = 20 \text{ J}$   $W = \Delta E_p = 20 \text{ J}$
29. Una molla té una constant de 2500 N/m. Si s'hi penja una massa de 25 kg, quina longitud s'allarga la molla? Quina energia potencial elàstica emmagatzema?  $F = k\Delta x \rightarrow mg = k\Delta x \rightarrow \Delta x = 0,098 \text{ m}$ ;  $E_p = \frac{1}{2} kx^2 = 12 \text{ J}$
30. Un avió de 10000 kg de massa té una energia mecànica de  $10^9 \text{ J}$  i vola horitzontalment a 9 km d'altura. Calculeu: a) L'energia potencial gravitatòria i l'energia cinètica. b) La velocitat a la qual vola l'avió.  
Sol: a)  $E_p = mgh = 8,82 \cdot 10^8 \text{ J}$ ;  $E_c = E - E_p = 1,18 \cdot 10^8 \text{ J}$  b)  $v = 153,62 \text{ m/s}$

31. Un automòbil de massa 1000 kg està parat just en el moment de pujar una rampa. Arrenca i agafa una velocitat de 54 km/h quan ha arribat a una altura de 5 m per damunt del punt de partida. Calculeu l'energia mecànica adquirida.

$$E = E_c - E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 161\,500 \text{ J}$$

32. Un cos de 5 kg cau des de 10 m d'altura, arriba a terra i rebot fins a una altura de 8 m. Calculeu l'energia mecànica inicial i la final.

$$E_i = mgh_o = 490 \text{ J} ; E_f = mgh_f = 392 \text{ J}$$

33. Un carrito de 10 kg de masa se mueve con una velocidad de 3 m/s, calcular:

- a) La energía cinética si debe subir una pendiente. b) La altura que alcanzará.

$$E_c = 45 \text{ J} ; h = 0,45 \text{ m}$$

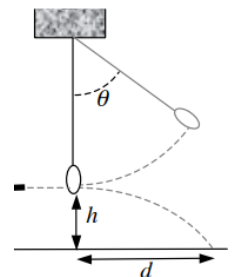
34. Un ascensor sube con una velocidad constante de 2 m/s. Un niño que va en el ascensor lanza una piedra de 0.6 kg hacia arriba con una velocidad de 5 m/s con relación al ascensor. Obténgase: a) el trabajo efectuado por el niño para lanzar la piedra, b) la diferencia de energía cinética de la piedra antes y después de ser lanzada. c) ¿Por qué no son iguales los resultados de los apartados a) y b)?

a) Trabajo realizado por el niño se habrá invertido en modificar la energía cinética de la piedra:  $W_n = \Delta E_c = \frac{1}{2}mv^2 = 7,5 \text{ J}$

b) Visto por alguien externo al ascensor (observador O)  $W_o = \Delta E_c = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2 = 13,5 \text{ J}$

c) Con objeto de mantener constante la velocidad del ascensor el motor de éste debe hacer un trabajo adicional mientras el niño lanza la piedra, lo que se traduce en una mayor variación de energía cinética de ésta

35. Un saco de arena de 4 kg de masa pende de un hilo de 0.6 m de longitud. Sobre el saco se dispara un fusil cuya bala tiene una masa de 40 g. La bala atraviesa el saco y recorre una distancia horizontal  $d = 20 \text{ m}$  antes de pegar en el suelo que se encuentra a  $h = 1.5 \text{ m}$  por debajo del impacto en el saco. El saco oscila alcanzando un ángulo máximo  $\alpha = 60^\circ$  con la vertical. Determinar:



- a) la velocidad de la bala después del choque, b) la velocidad del saco después del choque, c) la velocidad de la bala antes del choque, d) la energía perdida por el sistema al atravesar la bala el saco, e) la fuerza media que ejerce la arena sobre la bala si tarda en atravesarlo 0.5 s.

$$\text{Sol: a) } v = \frac{d}{t} = \sqrt{\frac{g}{2h}} d = 36,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; \text{ b) } \frac{1}{2} m v^2 = mgl(1 - \cos\alpha) \rightarrow v = 2,42 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; \text{ c) } v_{\text{bantes}} = \frac{624m}{s} \text{ d) } -7,70 \text{ e) } 47 \text{ N}$$

- Un chico de 60 kg asciende por una cuerda hasta 10m de altura en 6 segundos. ¿Qué potencia desarrolla en la ascensión? (R: 1000 W).
- Un saltador de pértiga de 60 kg alcanza una velocidad máxima de 12 m/s. Suponiendo que la pértiga permita transformar toda la energía cinética en potencial. a) ¿Hasta qué altura se elevará? b) ¿Con qué energía caerá? c) ¿Qué velocidad llevará?
- Desde un globo aerostático, que está a una altura de 3710 m y subiendo con una velocidad ascendente de 10 km/h, se suelta un paquete de medicinas de 80 kg. Calcula:
  - a) La energía mecánica del paquete cuando llega al suelo. (Resultado:  $E_m = 2908949 \text{ J}$ )
  - b) La velocidad a la que el paquete llega al suelo. (Resultado:  $v = 269,6 \text{ m/s}$ )
- Un ciclista que va a 72 km/h por un plano horizontal, usa su velocidad para subir sin pedalear por una rampa inclinada hasta detenerse. Si el ciclista más la bicicleta tienen una masa de 80 kg y despreciamos el rozamiento, calcula a) Su energía mecánica. (Resultado:  $E_m = 16000 \text{ J}$ ) b) La altura hasta la que logra ascender. (Resultado:  $h = 20 \text{ m}$ )
- Se quiere instalar una bomba para elevar un caudal de 300 litros por minuto a un depósito de 20 metros de altura. Calcula la potencia del motor, si el rendimiento es del 70 %. Solución: 1400 W
- Un muelle de constante K cuelga verticalmente. Un bloque de masa m se ata al extremo del muelle sin deformar y se le deja caer desde el reposo.

Determinar la máxima distancia que cae el bloque antes de moverse hacia arriba.

$$E_{m1} = E_{m2} \rightarrow mgy_1 + \frac{1}{2}K y_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgy_2 + \frac{1}{2}K y_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$0 + \frac{1}{2}K d^2 + 0 = mgd + 0 + 0 \rightarrow d = 2mg/k$$

