

5.1 Lavoro di una forza costante

1 Fai due esempi di forze che agiscono su un oggetto senza compiere lavoro.

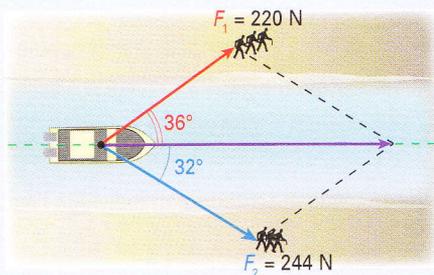
[Ad es. il lavoro è nullo quando lo spostamento è nullo oppure quando il vettore forza è perpendicolare al vettore spostamento]

2 Calcola il lavoro compiuto dalla forza di gravità su un oggetto di 120 g che scivola fino alla base di un piano inclinato alto 1,8 m e inclinato di 26° .

[2,1 J]

3 Un'imbarcazione è trainata per 500 m da due gruppi di marinai, come illustrato nel disegno. La forza esercitata dal primo gruppo è di 220 N, inclinata di 36° , dal secondo gruppo di 244 N, inclinata di 32° .

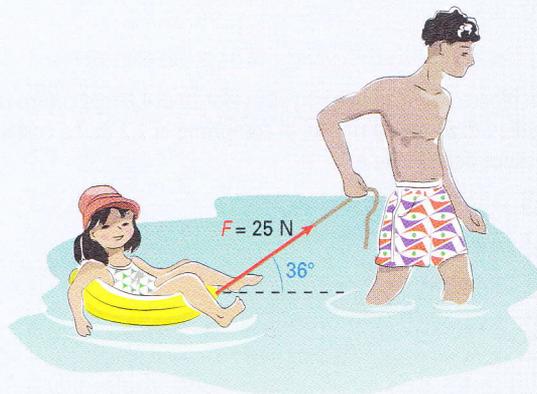
Calcola il lavoro compiuto separatamente dai due gruppi e verifica che il lavoro totale è equivalente a quello compiuto dalla forza risultante.



[89 kJ; 103 kJ]

4 Una bimba a bordo di un canotto viene accompagnata a riva dal fratello maggiore, che applica una forza di 25 N, inclinata di 36° rispetto all'orizzontale, e avanza alla velocità di 1,2 m/s.

Calcola la potenza impiegata dal ragazzo e il lavoro che compie, sapendo che il tempo occorso è di 4,0 minuti.



[24 W; 5,8 kJ]

5 Un banco di massa 6,0 kg viene spinto sul pavimento a una velocità costante di 1,0 m/s. Il coefficiente di attrito dinamico tra banco e pavimento è 0,8. Calcola la potenza utilizzata durante la spinta e il lavoro compiuto se tale spinta dura 10 s.

[47 W; 470 J]

6 Uno snowboarder con massa di 80,0 kg, avendo sbagliato un'acrobazia in aria a 4,00 m di altezza, si infila in un cumulo di neve fresca sprofondando di 40,0 cm.

Si chiede:

a) qual è il lavoro compiuto dalla forza peso;

b) a quale velocità è atterrato sul cumulo;

c) qual è stata la forza mediamente esercitata dalla neve nell'impatto.

[a) $3,45 \cdot 10^3$ J; b) 8,85 m/s; c) $7,83 \cdot 10^3$ N]

7 Calcola la potenza necessaria per spingere una cassa di 20,0 kg lungo un pavimento orizzontale che ha un coefficiente di attrito dinamico di 0,40, a una velocità di 0,50 m/s. Calcola poi il lavoro svolto se viene spinta per un minuto.

[39,2 W; 2350 J]

- 8 ENGLISH** A 6-kg block slides down a frictionless incline making an angle of 60° with the horizontal. (a) What is the total work done on the block when the block slides 2 m along the incline? (b) What is the speed of the block after it has slid 1.5 m if it starts from rest? (c) What is its speed after 1.5 m if it starts with an initial speed of 2 m/s? [a) 102 J; b) 5,1 m/s; c) 5,4 m/s]

- 9 ENGLISH** Force A does 45 J of work in 10 s. Force B does 30 J of work in 15 s. Which force delivers greater power? [A]

- 10 ENGLISH** A 8-kg box is lifted by a force equal to the weight of the box. The box moves upward at a constant velocity of 10.8 km/h. (a) What is the power of the force? (b) How much work is done by the force in 14 s? [a) 235.4 W; b) 3296.2 J]

- 11 ENGLISH** How much power must be expended to accelerate a 1500-kg car at $3,2 \text{ m/s}^2$ at a speed of 100 km/h? [133.3 kW]

5.2 Lavoro di una forza variabile: forza elastica

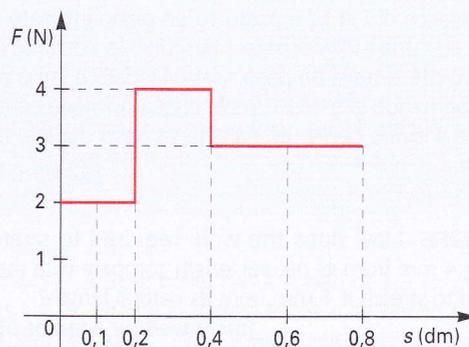
- 12** Una molla orizzontale a riposo, di costante 180 N/m, viene compressa di 12 cm. Calcola il lavoro compiuto dalla forza. [1,3 J]

- 13** Calcola il minimo lavoro che compiamo quando, con il pollice, facciamo uscire la punta di una penna a sfera con pulsante a molla, considerando che il movimento della punta è di 1,0 cm, e la molla interna ha una costante elastica pari a 130 N/m. [0,0065 J]

- 14** Calcola il lavoro necessario per comprimere dalla posizione di riposo una molla orizzontale di costante elastica 380 N/m, quando viene applicata una forza che crescendo linearmente a partire dal valore zero ha un valore medio di 80 N, e calcola il valore di tale compressione. [34 J; 42 cm]

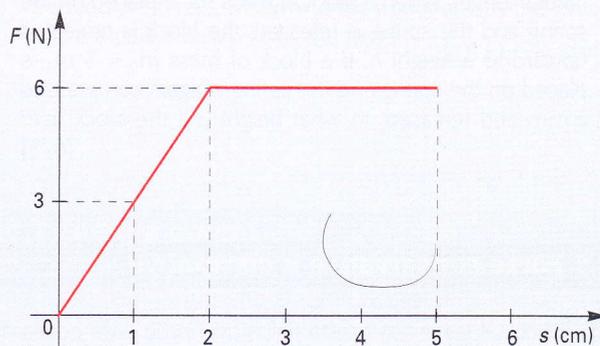
- 15** Una molla di costante elastica 12 N/m viene allungata di 8,0 cm partendo da un precedente allungamento di 3,0 cm. Disegna il grafico forza-spostamento e calcola il valore del lavoro compiuto dalla forza esterna utilizzando il grafico realizzato. [$3,3 \cdot 10^{-2}$ J]

- 16** Una forza F dipendente dalla posizione agisce su un corpo come indicato nel grafico. Calcola il lavoro compiuto dalla forza tra le posizioni $s_1 = 1,0 \text{ cm}$ e $s_2 = 6,0 \text{ cm}$.



[0,16 J]

- 17** Una forza F agisce su un corpo come indicato nel grafico. Calcola il lavoro compiuto dalla forza tra le posizioni $s_1 = 0,0 \text{ cm}$ ed $s_2 = 5,0 \text{ cm}$.



[0,24 J]

- 18** Una forza F varia in funzione dello spostamento Δs secondo la legge:

$$F = 3 \Delta s \quad \text{per i primi} \quad 2 \text{ metri}$$

$$F = 6 \quad \text{per i successivi} \quad 3 \text{ metri}$$

- con F misurata in N e lo spostamento Δs in m. Rappresentala in un diagramma F - s e calcola il lavoro che compie nei primi 4 metri. [18 J]

- 19** Una forza F varia in funzione dello spostamento Δs secondo la legge:

$$F = 3 \quad \text{per i primi} \quad 2 \text{ metri}$$

$$F = 3 + 2 \Delta s \quad \text{per i successivi} \quad 3 \text{ metri}$$

$$F = 9 - \Delta s \quad \text{per i restanti} \quad 2 \text{ metri}$$

- con F misurata in N e lo spostamento Δs in m. Rappresentala in un diagramma F - s e calcola il lavoro che compie nei primi 7 metri.

Suggerimento Nel secondo tratto la forza ha intensità iniziale pari a 3 N e giunge a un valore di 9 N. Un'analoga considerazione vale per gli ultimi due metri.

[40 J]

20 Sapendo che il lavoro necessario per allungare una molla da 10 cm a 12 cm è 0,5 J, calcola il lavoro necessario per allungarla da 20 cm a 24 cm.

[2,0 J]

21 Un blocco di 2,4 kg è posto su un piano inclinato di 18° , vincolato con una molla di massa trascurabile, costante elastica 140 N/m, che si trova a riposo. Viene lasciato e inizia a scivolare comprimendo la molla. Calcola di quanto viene compressa la molla e il lavoro compiuto dalla forza peso durante la compressione.

[52 mm; 0,38 J]

22 ENGLISH How does the work required to stretch a spring 4 mm from its natural length compare with that required to stretch it 1 mm from its natural length?

[increased by a factor of 16]

23 ENGLISH A spring has a force constant of $k = 3 \cdot 10^4$ N/m. How far must it be stretched for its potential energy to be 400 J and 4000 J?

[16.3 cm; 51.6 cm]

24 ENGLISH A vertical spring is compressed x mm from its natural length. When a block of mass m_1 is placed on the spring and the spring is released, the block is projected upward to a height h . If a block of mass $m_2 = 3 m_1$ is placed on the spring and the spring is again compressed x mm and released, to what height will the block rise?

[$h/3$]

5.5 Forze conservative e dissipative

25 Calcola il lavoro compiuto dalla forza peso e da quella di attrito quando un tavolino di 12 kg viene spostato tra due angoli opposti di una stanza quadrata, di lato 4,6 m, sapendo che il coefficiente di attrito dinamico tra pavimento e tavolino è 0,4 nei seguenti casi:

- percorrendo la diagonale;
- lungo due lati consecutivi.

[a) 0 J; 306 J; b) 0 J; 433 J]

26 Un banco che si trova in aula ha una massa di 14 kg.

- Calcola il lavoro totale compiuto dalla forza peso quando il banco viene sollevato in verticale a 1,5 m da terra e poi appoggiato nuovamente.
- Calcola il lavoro totale compiuto dalla forza di attrito quando il banco viene spinto sul pavimento, descrivendo un percorso quadrato di lato 2,0 m, con un coefficiente di attrito dinamico di 0,6.

[a) 0 J; b) 660 J]

27 Un dischetto di massa 30 g viene lanciato con una velocità iniziale di 2,4 m/s su un piano inclinato di 27° , in cui il coefficiente di attrito dinamico vale 0,3.

Calcola la massima distanza percorsa dal dischetto, il lavoro compiuto dalla forza peso e da quella di attrito in questo tragitto.

[41 cm; $55 \cdot 10^{-3}$ J; $32 \cdot 10^{-3}$ J]

28 Calcola la potenza necessaria per far avanzare uno scatolone di 4,5 kg su un piano inclinato di 18° , con un attrito dinamico 0,2, alla velocità 0,6 m/s, e il lavoro per fargli percorrere un dislivello di 1,2 m.

[13 W; 85 J]

30 Un ragazzo di 30 kg si prepara a scendere dallo scivolo del parco giochi alto 4,5 m e inclinato di 30° .

a) Calcola la potenza impiegata e il lavoro necessario per portarsi in cima allo scivolo in 20 secondi.

b) Se la velocità con cui giunge a terra è di 4 m/s, calcola il lavoro compiuto dalla forza di attrito lungo lo scivolo.

[a) 66 W; b) -1084,4 J]

31 ENGLISH How high must a 2000-kg car be lifted to gain an amount of potential energy equal to the kinetic energy it has when it is moving at 130 km/h?

[66.5 m]

32 ENGLISH Assume that a 70-kg man can expend energy at a constant rate of 230 W. Estimate how fast he can run up three flights of stairs, with each flight 3.2 m high.

[28.7 s]

33 ENGLISH A 75-kg man climbs a 200-m hill. What is the increase in the gravitational potential energy of the man? The man's body is 28% efficient; that is, for every 28 J that are converted to mechanical energy, 100 J of internal energy are expended. How much chemical energy is expended by the man during the climb?

[147.2 kJ; 525.5 kJ]

5.6 Relazione tra energia cinetica e lavoro

34 Che cosa si può dire della velocità di un oggetto che ha subito uno spostamento se il lavoro totale svolto su di esso è nullo?

35 Calcola la velocità raggiunta da un carrello di massa 250 g e la sua energia cinetica, dopo che ha percorso 1,8 metri, partendo da una velocità iniziale di 0,4 m/s, trainato da una forza di 1,4 N.

[4,5 m/s; 2,5 J]

36 Una massa di 600 g viene spinta con una forza costante di 9,3 N su un piano orizzontale con attrito e risente di un'accelerazione costante di 12 m/s^2 .

Calcola il valore del coefficiente di attrito dinamico tra la massa e il piano.

[0,36]

37 Un blocco di massa $m = 4,0 \text{ kg}$, inizialmente in moto a una velocità di 1,0 m/s, viene poi trainato con una forza costante di 10 N inclinata di 30° rispetto all'orizzontale, su un piano senza attrito, per una distanza di 10 metri.

Calcola il lavoro compiuto dalla forza trainante e la velocità finale del blocco.

[87 J; 6,7 m/s]

38 Una forza F parallela a un piano inclinato senza attrito, compie un lavoro di 11,8 J trainando in salita un blocco di 460 g, per una distanza di 2,80 m.

Sapendo che, essendo partito da fermo, al termine del percorso la velocità del blocco è di 1,40 m/s, calcola l'inclinazione del piano.

[64°]

39 Un tragheto, di massa $4 \cdot 10^3 \text{ kg}$ deve attraccare al molo di un porto, avvicinandosi con una velocità di 0,8 m/s. Grazie all'azione del motore si arresta in uno spazio di 10 m. Calcola, nel caso ideale in cui vengono trascurati gli attriti, l'energia e la potenza erogate dal motore nella fase di arresto.

[1280 J; 51,2 W]

40 ENGLISH A 30-g bullet has a speed of 1,9 km/s. What is its kinetic energy in joules? What is its kinetic energy if its speed is halved? What is its kinetic energy if its speed is doubled?

[54.2 kJ; 13.5 kJ; 216.6 kJ]

41 ENGLISH A constant force acts on a box of mass 15.0 kg that is moving in the direction of the applied force with a speed of 10 m/s. Ten seconds later the box is moving with a speed of 50 m/s. Determine the work done by the force and the power delivered by the force.

[18 kJ; 1.8 kW]

5.7 Energia potenziale

42 Calcola il lavoro che compie approssimativamente un escursionista di 70 kg per superare un dislivello in salita di 1200 m e la potenza necessaria se il tragitto viene compiuto in 3,0 ore.

[$8,2 \cdot 10^5 \text{ J}$; 76 W]

43 Una pompa che trasferisce il calcestruzzo di densità 2400 kg/m^3 sulla sommità di un edificio in costruzione, lo solleva a 15 m di altezza impiegando 8 minuti con una portata di $18 \text{ m}^3/\text{h}$. Calcola la potenza minima della pompa e il lavoro compiuto.

[1,8 kW; $8,5 \cdot 10^5 \text{ J}$]

44 In un'imbarcazione una pompa di sentina con una capacità di 80,0 l/min espelle l'acqua marina, portandola fuori dallo scafo a un'altezza di 2,40 m e compiendo l'intero lavoro in 15,0 minuti.

Calcola la potenza minima della pompa e il lavoro compiuto, considerando per la densità dell'acqua di mare il valore di $1,02 \text{ g/cm}^3$.

[32,0 W, 28,8 kJ]

45 Calcola l'allungamento di una molla a riposo di costante elastica 140 N/m quando vi è un incremento della sua energia potenziale di 9,6 J.

[37 cm]

46 Una molla di costante elastica 36 N/m è compressa di 32 cm rispetto alla sua posizione di equilibrio. Calcola di quanto si comprime ulteriormente se forniamo un lavoro di 3,0 J.

[20 cm]

51 ENGLISH A 28-g ball is shot from a spring gun with a force constant of 300 N/m. The spring is compressed 7 cm. How high will the ball go if the gun is aimed vertically? [2.6 m]

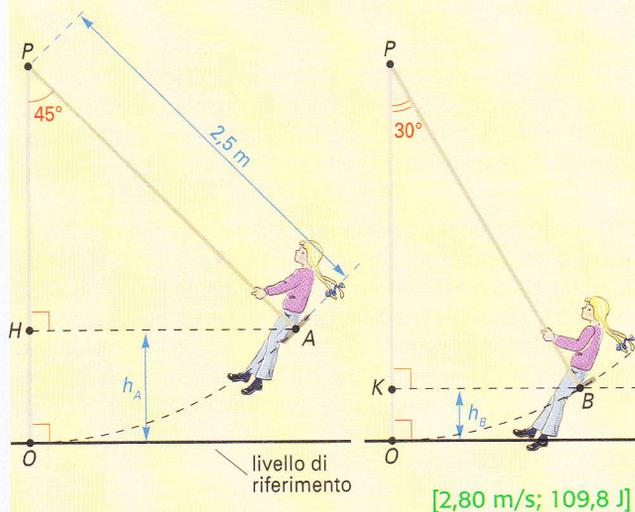
52 ENGLISH A crane lifts a 6000-kg container 30 m, swings it out over a deck, and lowers the container into the hold, which is 5 m below the level of the dock. Neglecting friction losses, how much work is done by the crane? [-294.3 kJ]

53 ENGLISH A stone is thrown upward at an angle of 70° above the horizontal. Its maximum height during the trajectory is 16 m. What was the stone's initial speed? [18.8 m/s]

5.8 Conservazione dell'energia meccanica

Esercizio svolto

54 Un'altalena, che con una bambina seduta ha una massa di 28 kg, è costruita con una fune di lunga 2,5 m. Quando viene lasciata oscillare, senza spinta, partendo dal punto più alto, l'angolo formato con la verticale è di 45°. Trascurando gli attriti, calcola la velocità dell'altalena e la sua energia cinetica quando, scendendo, forma un angolo di 30° rispetto alla verticale.



Applichiamo la conservazione dell'energia meccanica nei due punti A e B.

Il livello di riferimento O è stato scelto facendolo coincidere con il punto più basso della traiettoria.

Nella figura relativa alla posizione A:

$$PH = PA \cos 45^\circ = \frac{2,5}{\sqrt{2}} \text{ m} = 1,77 \text{ m}$$

$$h_A = HO = PO - PH = (2,5 - 1,77) \text{ m} = 0,73 \text{ m}$$

Analogamente per B:

$$PK = PB \cos 30^\circ = 2,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 2,17 \text{ m}$$

$$h_B = KO = PO - PK = (2,5 - 2,17) \text{ m} = 0,33 \text{ m}$$

Schematizziamo i dati:

A	B
$h_A = 0,73 \text{ m}$	$h_B = 0,33 \text{ m}$
$v = 0 \text{ m/s}$	$v = ?$
$m = 28 \text{ kg}$	

Dalla conservazione dell'energia meccanica si ha:

$$mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

semplifichiamo m :

$$gh_A + \frac{1}{2}v_A^2 = gh_B + \frac{1}{2}v_B^2$$

sostituiamo i dati:

$$9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,73 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot 0^2 = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,33 \text{ m} + \frac{1}{2}v_B^2$$

Risolviendo l'equazione si ottiene $v_B = 2,80 \text{ m/s}$.

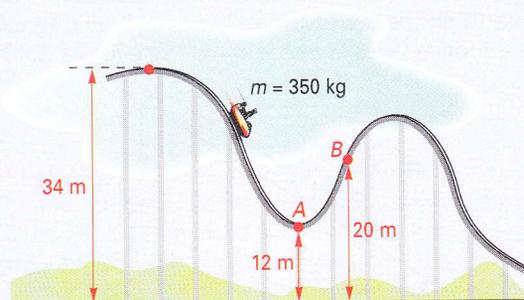
L'energia cinetica in B è data da:

$$E_c = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2} \cdot 28 \cdot (2,80)^2 = 109,8 \text{ J}$$

55 Un'altalena, che con un bambino seduto ha una massa di 35 kg, è costruita con una fune lunga 3 m. Quando viene lasciata oscillare, con una velocità iniziale pari a 2 m/s, l'angolo formato con la verticale è di 30°. Trascurando gli attriti, calcola la velocità dell'altalena e la sua energia cinetica quando, scendendo, forma un angolo di 15° rispetto alla verticale. Calcola inoltre la velocità massima che può raggiungere l'altalena. [3,1 m/s; 168 J; 3,4 m/s]

56 Un pendolo semplice è formato da un filo di 120 cm e da una massa di 50 g. Quando la massa viene sollevata e lasciata libera di oscillare, l'angolo formato con la verticale è di 20°. Calcola la velocità della massa e la sua energia cinetica quando il filo forma un angolo di 14° rispetto alla verticale. [0,84 m/s; 0,178 10⁻³ J]

57 Un carrello delle montagne russe di massa 350 kg scende, con velocità iniziale di 1,2 m/s, da un'altezza di 34 m ed esegue il percorso descritto in figura. Calcola quale sarebbe la velocità nei punti A e B, ad altezza rispettivamente di 12 m e 20 m, in assenza di attriti.



[21 m/s; 17 m/s]

58 Un paracadutista giocattolo, di massa 120 g, viene lanciato verso l'alto grazie a una molla, fissata a terra, che viene compressa e poi rilasciata. La compressione massima raggiunta dalla molla è di 24 cm e la sua costante elastica è 48 N/m. Calcola l'altezza che raggiunge il paracadutista in seguito al lancio.

[1,2 m]

59 Un mattone di massa 2,0 kg viene lasciato cadere su un paletto infisso nel terreno da un'altezza di 1,0 m e lo fa sprofondare di 10 cm. Usando il teorema dell'energia cinetica, calcola la forza media esercitata dal paletto sul mattone, fino al momento dell'arresto. Se anziché un paletto ci fosse una molla di costante elastica 200 N/m, di quanto si comprimerebbe?

[196 N; 44 cm]

60 In una pista giocattolo un trenino di 200 g viene lanciato nel punto più alto, posto a 80 cm di altezza, in cui transita alla velocità di 0,4 m/s, per poi percorrere grazie alla sola forza di gravità una discesa lungo una traiettoria curva. a) Calcola, trascurando gli attriti, la velocità nel punto più basso. b) Valuta se e come eventualmente cambia questa velocità, aggiungendo un gruppo di passeggeri per una massa di 80 g.

[a) 4,0 m/s; b) la massa è irrilevante]

61 Calcola la velocità con cui un blocco di massa $m = 1,0$ kg viene spinto via da una molla orizzontale di costante elastica $k = 2,0 \cdot 10^2$ N/m, precedentemente compressa di 5,0 cm.

[0,71 m/s]

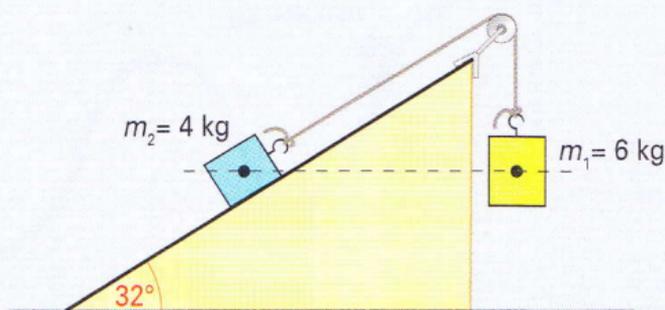
62 Un blocco di ghiaccio di massa 2,0 kg scivola a una velocità di 1,0 m/s su un piano orizzontale, senza attrito, dove viene arrestato da un dispositivo avente una molla di costante elastica 80 N/m. Calcola l'energia cinetica del blocco e l'energia potenziale della molla in corrispondenza delle compressioni: a) 0,0 cm, b) 5,0 cm. c) Calcola la massima compressione che può essere raggiunta.

[a) 1,0 J; 0,0 J; b) 0,9 J; 0,1 J; c) 16 cm]

63 In un'industria i prodotti della lavorazione vengono sollevati e fatti scivolare, con velocità iniziale di 1,4 m/s, su superfici con attrito trascurabile da un'altezza di 2,1 m, alla base della quale vengono incanalati e rallentati per le successive lavorazioni. Giungono al termine della discesa alla velocità di 1,8 m/s. Calcola la variazione di energia potenziale durante la discesa e l'energia ceduta ai dispositivi frenanti da ogni manufatto che ha una massa di 2,5 kg.

[- 51,5 J; 49,9 J]

64 Due masse sono collegate con una carrucola e un filo inestensibile di massa trascurabile, su un piano inclinato di 32° e sono posizionate inizialmente alla stessa altezza come indicato in figura. Dopo che viene rilasciata la massa m_1 di 6 kg, calcola la sua velocità quando la massa m_2 di 4 kg è risalita di 40 cm.



[1,7 m/s]