Capitolo 9

RESISTENZE PASSIVE

SOLUZIONE ESERCIZI PROPOSTI Pagina 173 - 176

Esercizio 1 (vedi figura 22)

Soluzione
Calcolo il peso del corpo Q = m g = 150 9,81 = 1471,5 N

Dato che la forza motrice è inclinata di 20° rispetto al piano, questa avrà due componenti
F_x = F cos 20° e F_y = F sen 20°

Forza di attrito radente F_{Att} = F_x = f (Q – F_y)

Quindi F cos 20° = f (Q – F sen 20°) da cui posso ricavare la forza F necessaria per eseguire il trasporto

F 0,939 = 0,4 (1471,5 – F 0,342) F = 547 N

===

Esercizio 2

Soluzione
F_{Att} = F_x
F_x = F cos 20°
Il lavoro delle resistenze passive è

$$L = - F_{Att}\ s = - F_x\ s = - F \cos 20°\ s = - 547 \cos 20°\ 50 = - 25700\ J$$

===

Esercizio 3

Soluzione
Calcolo il peso del corpo Q = m g = 20 9,81 = 196,2 N

Forza di attrito radente F_{Att} = f (Q cos 15°) = 0,15 (196,2 cos 15°) = 28,43 N

Per trascinare il corpo metallico su un piano inclinato di 15° oltre ad equilibrare la forza di attrito radente devo equilibrare anche Q sen 15°

Quindi F = F_{Att} + Q sen 15° = 28,43 + 196,2 sen 15° = 79,21 N

Forza orizzontale F_x = F / cos 15° = 79,21 / cos 15° = 82 N

===

Esercizio 4

Soluzione
Calcolo il peso del corpo Q = m g = 500 9,81 = 4905 N

Forza di attrito radente F_{Att} = f (Q cos 30°) = 0,5 (4905 cos 30°) = 2124 N

==

Esercizio 5

Soluzione
Calcolo il peso del corpo Q = m g = 4 9,81 = 39,24 N

Forza di attrito radente F_{Att} = f (Q cos 30°) = 0,2 (39,24 cos 30°) = 6,79 N

La forza che fa scendere la cassa sul piano inclinato è

F = Q sen 30° - F_{Att} = 39,24 sen 30° - 6,79 = 12,83 N

Dalla formula F = m a calcolo l'accelerazione $a = \frac{F}{m} = \frac{12,83}{4} = 3,2\ m/s^2$

Calcolo il tempo impiegato per fermarsi dalla velocità V_0 = 20 m/s

Dalla formula V_0 = a t calcolo $t = \frac{V_0}{a} = \frac{20}{3,2} = 6,25\ s$

Spazio percorso $s = \frac{1}{2}\ a\ t^2 = \frac{1}{2}\ 3,2\ 6,25^2 = 62,5\ m$

==

Esercizio 6

Soluzione
Calcolo il peso dell'armadio Q = m g = 100 9,81 = 981 N

La forza minima per spostare l'armadio è uguale alla forza di attrito radente

F_{Att} = f Q = 0,5 981 = 490,5 N

==

Esercizio 7

Soluzione
Calcolo il peso del blocco Q = m g = 8 9,81 = 78,48 N

Forza di attrito radente F_{Att} = f (Q cos 30°) = 0,22 (78,48 cos 30°) = 14,95 N

Il blocco tende a scendere per effetto della forza F = Q sen 30° = 39,24 N

Quindi la forza minima, parallela al piano, che impedisce al blocco di scivolare è

$F_{min} = F – F_{Att} = 39,24 – 14,95 =$ 24,3 N

==

Esercizio 8

Soluzione
Calcolo il peso della cassa Q = m g = 2 9,81 = 19,62 N

Calcolo la forza che fa muovere la cassa F = m a = 2 1,5 = 3 N

La cassa scivola sul piano per effetto della componente del peso Q sen 30°, trattenuta dalla forza di attrito F_{Att} = f (Q cos 30°)

Quindi F = Q sen 30° - f (Q cos 30°) da cui ricavo il coefficiente di attrito dinamico tra la cassa e il piano

$$f = \frac{Q\ sen\ 30° - F}{Q\cos 30°} = \frac{19{,}62\ \ 0{,}5 - 3}{19{,}62\ \ 0{,}866} = 0{,}4$$

==

Esercizio 9 (vedi figura 23

Soluzione
Peso totale slittino più bambini a bordo
$Q_{Tot} = (m_1 + m_2 + m_3)\ g$ = (20 + 23 + 2) 9,81 = 441,45 N

Calcolo la pendenza della collinetta $\alpha = arcsen\frac{16{,}6}{80} = 12°$

La madre tira la fune con un angolo di 30° rispetto al piano del pendio, per cui tale forza viene scomposta in una forza parallela al pendio F_M cos 30° e una forza perpendicolare al pendio F_M sen 30°, quindi l'equilibrio delle forze parallele al piano del pendio è:

F_M cos 30° - Q sen α – (f Q cos α – f F_M sen 30°) = 0

Da cui ricavo la forza esercitata dalla madre

$$F_M = \frac{Q\ sen\ \alpha + f\ Q\cos\alpha}{\cos 30° + f\ sen\ 30°} = \frac{441{,}45\ sen\ 12° + 0{,}15\ 441{,}45\cos 12°}{\cos 30° + 0{,}15\ sen\ 30°} = 166{,}3\ N$$

Lavoro svolto dalla madre a fine giornata L = 10 F_M cos 30 s = 10 · 166,3· cos 30° · 80 = 115216 J = 115 kJ

Il padre tira la fune con un angolo di 45° rispetto al piano del pendio, per cui tale forza viene scomposta in una forza parallela al pendio F_P cos 45° e una forza perpendicolare al pendio F_P sen 45°, quindi l'equilibrio delle forze parallele al piano del pendio è:

F_P cos 45° - Q sen α – (f Q cos α – f F_P sen 45°) = 0

Da cui ricavo la forza esercitata dal padre

$$F_P = \frac{Q\ sen\ \alpha + f\ Q\cos\alpha}{\cos 45° + f\ sen\ 45°} = \frac{441{,}45\ sen\ 12° + 0{,}15\ 441{,}45\cos 12°}{\cos 45° + 0{,}15\ sen\ 45°} = 192{,}5\ N$$

Lavoro svolto dal padre a fine giornata L = 10 F_P cos 45 s = 10 · 192,5 · cos 45° · 80 = 108894 J = 109 kJ

NB: In apparenza potrebbe sembrare che sia il papà a fare più fatica perché, come si vede dai calcoli, la forza di tiro del papà F_P=192,5 N è maggiore della forza esercitata dalla mamma F_M=166,3 N. In realtà è la componente della forza parallela allo spostamento che dà lavoro, e di conseguenza, poiché l'angolo di tiro della mamma è inferiore, la mamma dovrà anche compiere un lavoro maggiore (ben 6 kJ in più; come sollevare per 100 volte a 1 metro da terra una massa di 6 kg)

===

Esercizio 10 (vedi figura 24)

Soluzione
In riferimento all'esercizio precedente:
Angolo di inclinazione pendio α = 12°
Lunghezza pendio s = 80 m

Equazione di equilibrio dinamico in discesa Q_{Tot} sen α – f Q_{Tot} cos α – m a = 0

Semplifico la massa m e ricavo l'accelerazione in discesa

a = g (sen α – f cos α) = 9,81 (sen 12° - 0,15 cos 12°) = 0,6 m/s^2

Applico le formule del moto uniformemente accelerato con partenza da fermo

Spazio $s = \frac{1}{2}\ a\ t^2$ da cui ricavo il tempo di discesa $t = \sqrt{\frac{2\ s}{a}} = \sqrt{\frac{2\ \ 80}{0{,}6}} = 16{,}32\ s$
Velocità a fine discesa V = a t = 0,6 16,32 = 9,79 m/s

Si poteva arrivare allo stesso risultato attraverso un approccio energetico. Nel sistema considerato però esistono anche forze dissipative, per cui si dovrà scrivere una nuova equazione (il lavoro non conservativo uguale alla variazione di energia meccanica)

Lavoro delle forze di attrito
$L_{attrito}$= f Q_{Tot} cos α · s
$E_{iniziale}$= m · g · h
E_{finale}= ½ m v^2
$L_{attrito}$= E_{finale} - $E_{iniziale}$
f m g cos α · s = ½ m v^2 - m · g · h semplificando la massa m
da cui si ricava

$$v = \sqrt{2gh\left(1 - f\frac{s\ cos\alpha}{h}\right)} = 9{,}79\ m/s$$

Trascurando l'attrito si ricadrebbe nella ben nota espressione $v = \sqrt{2gh}$

===

Esercizio 11 (vedi figura 25)

Soluzione
Calcolo il peso dello slittino Q = m g = 45 9,81 = 441,45 N

Nel primo caso (spinta) la forza per fare avanzare lo slittino la ricavo dal seguente equilibrio

F sen 30° - (f Q + F sen 30°) = 0

F sen 30° - f Q – F sen 30° = 0   da cui $F = \frac{f\ Q}{\cos 30° - f\ sen\ 30°} = \frac{0{,}15\ \ 441{,}45}{\cos 30° - 0{,}15\ sen\ 30°} = 83{,}71\ N$

Nel secondo caso (tiro) la forza per fare avanzare lo slittino la ricavo dal seguente equilibrio

F sen 30° - (f Q - F sen 30°) = 0

F sen 30° - f Q + F sen 30° = 0   da cui $F = \frac{f\ Q}{\cos 30° + f\ sen\ 30°} = \frac{0{,}15\ \ 441{,}45}{\cos 30° + 0{,}15\ sen\ 30°} = 70{,}36\ N$

Come si può ben vedere dai risultati, tirando si riduce la componente N dell'attrito e di conseguenza anche la componente tangenziale dell'attrito diminuisce.

===

Esercizio 12 (vedi figura 26)

Soluzione
Calcolo il peso dello slittino Q = m g = 45 9,81 = 441,45 N

Nel primo caso lo slittino non si muove perché la forza di attrito

$F_{Att} = f_s\ Q$ = 0,3 441,45 = 132,43 N risulta maggiore di F_1 = 100 N $F_{Att} > F_1$

Secondo caso forza F_2 verticale verso l'alto

$F_1 - f_s\ (Q - F_2) = 0$ da cui ricavo $F_2 = \frac{f_s\ Q - F_1}{f_s} = \frac{0{,}3\ \ 441{,}45\ -\ 100}{0{,}3} = 108\ N$

Terzo caso F_1 e F_2 orizzontali

$F_1 + F_2 - f_s\ Q = 0$ da cui ricavo $F_2 = f_s\ Q - F_1$ = 0,3 441,45 – 100 = 32,43 N

===

Esercizio 13

Soluzione
Il veicolo viaggia alla velocità iniziale V_0, la forza frenante è la forza di attrito, applico quindi il teorema della quantità di moto F_{Att} t = m V_0 f m g t = m V_0 f g t = V_0

In frenata il veicolo viaggia di moto uniformemente decelerato quindi

Spazio = 50 m $\quad s = V_0 t - \frac{1}{2}\, a\, t^2$

Velocità finale = 0 $\quad 0 = V_0 - a\, t$

Da queste due formule ricavo il tempo di frenata $t = \frac{2\,s}{V_0}$ che sostituisco nella formula della quantità di moto per ricavare la velocità iniziale

$$V_0 = \sqrt{2\, f\, g\, s} = \sqrt{2\ \ 0{,}51\ \ 9{,}81\ \ 50} = 22{,}36\, m/s\ = 80{,}52 \text{ km/h}$$

==

Esercizio 14

Soluzione
Esercizio simile al precedente
Il veicolo viaggia alla velocità iniziale V_0, la forza frenante è la forza di attrito, applico quindi il teorema della quantità di moto F_{Att} t = m V_0 f m g t = m V_0 f g t = V_0

In frenata il veicolo viaggia di moto uniformemente decelerato quindi

Spazio di frenata = 30 m $\quad s = V_0 t - \frac{1}{2}\, a\, t^2$

Velocità finale = 0   tempo di frenata t = 3 s $\quad 0 = V_0 - a\, t$

Dalla seconda equazione ricavo la decelerazione $a = \frac{V_0}{t} = \frac{V_0}{3}$ che sostituisco nella prima

$30 = V_0 3 - \frac{1}{2}\, \frac{V_0}{3}\, 3^2$ da cui ricavo la velocità iniziale V_0 = 20 m/s = 72 km/h

Dato che (vedi esercizio precedente) $V_0^2 = 2\, f\, g\, s$ ricavo il coefficiente di attrito tra strada e pneumatico

$$f = \frac{V_0^2}{2\, g\, s} = \frac{20^2}{2\ \ 9{,}81\ \ 30} = 0{,}679$$

==

Esercizio 15

Soluzione
Calcolo il peso del paracadutista Q = m g = 60 9,81 = 588,6 N

Per scendere a velocità costante, la resistenza R del paracadute deve essere uguale al peso Q del paracadutista

Resistenza paracadute $R = ½ \rho V^2 C_r S$ quindi $Q = ½ \rho V^2 C_r S$

Ipotizzando densità dell’aria $\rho = 1$ kg/m^3

Posso ricavare la superficie del paracadute

$$S = \frac{2\ Q}{\rho\, V^2\ C_r} = \frac{2\ \ 588{,}6}{1\ \ 3{,}5^2\ \ 1{,}28} = 75\ m^2$$

==

Esercizio 16

Soluzione
Velocità automobile V = 79 km/h = 21,94 m/s
Ipotizzando densità dell’aria $\rho = 1$ kg/m^3 calcolo la resistenza dell’automobile

$R = ½ \rho V^2 C_r S = ½\ 1 \cdot 21{,}94^2 \cdot 0{,}38 \cdot 2{,}5 = 228{,}6$ N

==

Esercizio 17

Soluzione
Raggio dei perni r = 40 mm = 0,04 m

Calcolo la velocità angolare dei perni $\omega = \frac{2\,\pi\, n}{60} = \frac{2\,\pi\, 900}{60} = 94{,}25\ rad/s$
Calcolo il momento resistente $M_r = f\ N\ r = 0{,}50\ 5000\ 0{,}04 = 100$ Nm

Potenza assorbita nei perni portanti $P_a = M_r\ \omega = 100\ 94{,}25 = 9425$ W = 0,94 kW

Nei perni di spinta il momento resistente $M_r = (2/3)\ f\ N\ r = (2/3)\ 0{,}50\ 5000\ 0{,}04 = 66{,}66$ Nm

Potenza assorbita nei perni di spinta $P_a = M_r\ \omega = 66{,}66\ 94{,}25 = 6283$ W = 0,63 kW

==

Esercizio 18

Soluzione
Calcolo il peso del vagone ferroviario $Q = m\ g = 20000\ 9{,}81 = 196200$ N
Velocità V = 50 km/h = 13,88 m/s

Calcolo la forza di attrito volvente $F_{Att} = f\ Q = 0{,}003\ 196200 = 588{,}6$ N

Potenza assorbita per attrito volvente $P_a = F_{Att}\ V = 588{,}6\ 13{,}88 = 8175$ W

==