UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA I – prova del 30/01/2009

Traccia 1/2

(1)

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Un cacciatore tira orizzontalmente ad un bersaglio che giace alla stessa quota a distanza $d = 200$ m. Egli manca il bersaglio. Determinare di quanto manca il bersaglio per effetto della gravità sapendo che la velocità iniziale con cui esce il proiettile dalla canna è $v_0 = 300$ m/s.

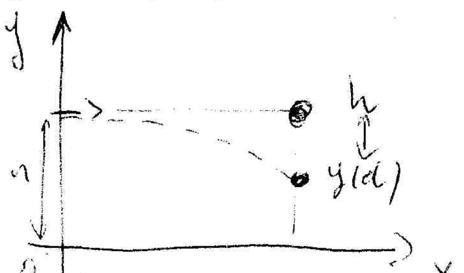
• 2 •

Un corpo scivola senza attrito su di un piano inclinato essendo partito con una velocità iniziale v_0. Giunto ai piedi del piano inclinato si muove orizzontalmente per un tratto $l = 50$ cm sottoposto ad una forza di attrito radente con coefficiente dinamico $\mu_D = 0.5$ fino a comprimere di un tratto Δx una molla di costante elastica k. A seguito della compressione della molla il corpo inverte il suo moto e risale su per il piano inclinato fino a raggiungere la quota di partenza ma con velocità nulla. Calcolare v_0.

• 3 •

Un gas perfetto biatomico compie un ciclo di forma rettangolare dato da due trasformazioni isobare e da due isocore. Calcolare il rendimento sapendo che $P_A = P_B = 2$ atm, $P_C = P_D = 1$ atm, $V_A = V_D = 1$ l e $V_B = V_C = 4$ l.

(1)



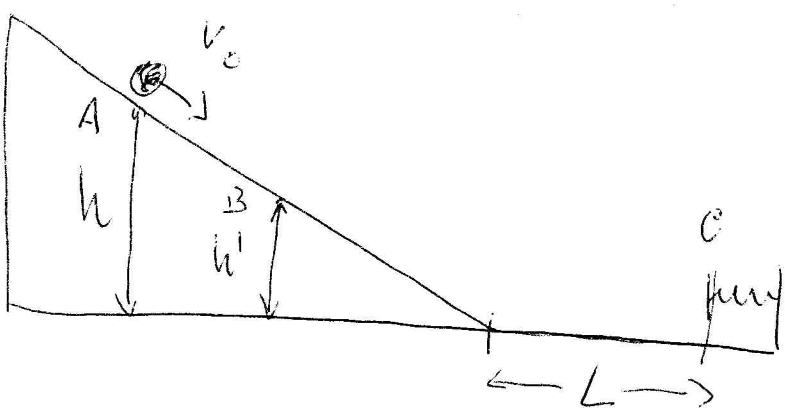
moto parabolico: $\begin{cases} x = v_0 t \\ y(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$

$$\Rightarrow y(x) = y_0 - \frac{1}{2} g \frac{x^2}{v_0^2}$$

$$y(d) = y_0 - \frac{1}{2} g \frac{d^2}{v_0^2} \Rightarrow y(d) - y_0 = -\frac{1}{2} g \frac{d^2}{v_0^2}$$

Il corpo si è abbassato di $1/2\, g d^2/v_0^2 \simeq 2.2$ m.

(2)



Dalla conservazione dell'energia otteniamo:

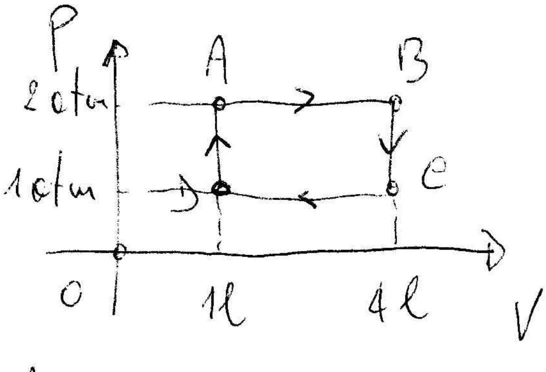
$$\begin{cases} E_A - E_C = \mu_D m g L \\ E_C - E_B = \mu_D m g L \end{cases} \Rightarrow E_A - E_B = 2\mu_D m g L$$

$$mgh + \frac{1}{2} m v_0^2 - mgh' = 2\mu_D m g L$$

se $h = h'$ $\qquad \frac{1}{2} v_0^2 = 2\mu_D g L \Rightarrow v_0 = 2\sqrt{\mu_D g L}$

$$v_0 \simeq 3{,}2 \ m/s$$

(3)



A → B isobara

A → D isocora

Rendimento $\quad \eta = L/Q_{ASS} = \dfrac{A_{ABCD}}{Q_{AB} + Q_{DA}}$

$$A_{ABCD} = (P_B - P_C)(V_C - V_D) = \ldots = 3 \ l \cdot atm$$

$$Q_{AB} = nc_p(T_B - T_A) = \frac{7}{2} nR\left(\frac{P_B V_B}{nR} - \frac{P_A V_A}{nR}\right) = \ldots = 21 \ l \cdot atm$$

$$Q_{DA} = nc_v(T_A - T_D) = \frac{5}{2} nR\left(\frac{P_A V_A}{nR} - \frac{P_D V_D}{nR}\right) = \ldots = \frac{5}{2} \ l \cdot atm$$

$$\eta = \frac{3}{5/2 + 21} = 0{,}13;$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

(2)

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA I – prova del 30/01/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Un punto materiale di massa m viene sparato con una velocità iniziale v_0 che forma un angolo di $\pi/4$ rispetto l'orizzonte. Determinare la velocità iniziale v_0 (minima) affinché la massa superi un ostacolo alto $h = 8$ m posto ad una distanza $d = 20$ m dal punto di sparo (che è avvenuto a quota nulla).

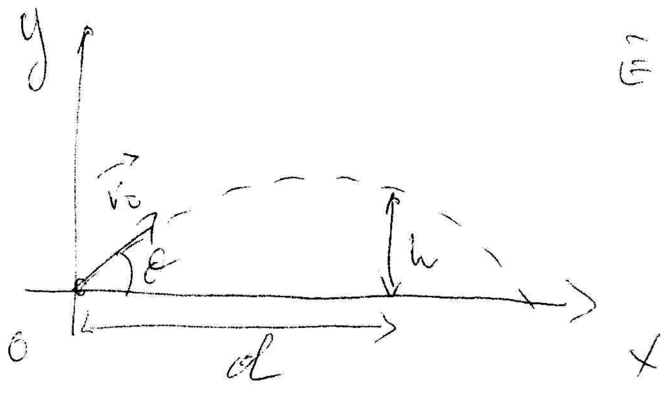
• 2 •

Due corpi di massa $m_1 = 2$ Kg e $m_2 = 4$ Kg sono collegati da un filo inestensibile di massa trascurabile. Il corpo m_1 si trova su di un piano inclinato con angolo $\alpha = \pi/6$ e coefficiente di attrito statico μ_S. Il corpo m_2 è sospeso e soggetto alla sola forza di gravità. La fune passa nella gola di una carrucola priva di massa posta sulla sommità del piano inclinato. Calcolare μ_S affinché sia tutto in equilibrio.

• 3 •

Calcolare il rendimento di una macchina termica che opera con un gas perfetto monoatomico e realizza il ciclo costituito da un'isobara ($A \to B$), un'adiabatica ($B \to C$) ed un'isoterma $C \to A$ con $P_A = P_B = 2P_C = 10$ atm.

(1)



È un moto parabolico

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos\theta \, t \\ y(t) = v_0 \sin\theta \, t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

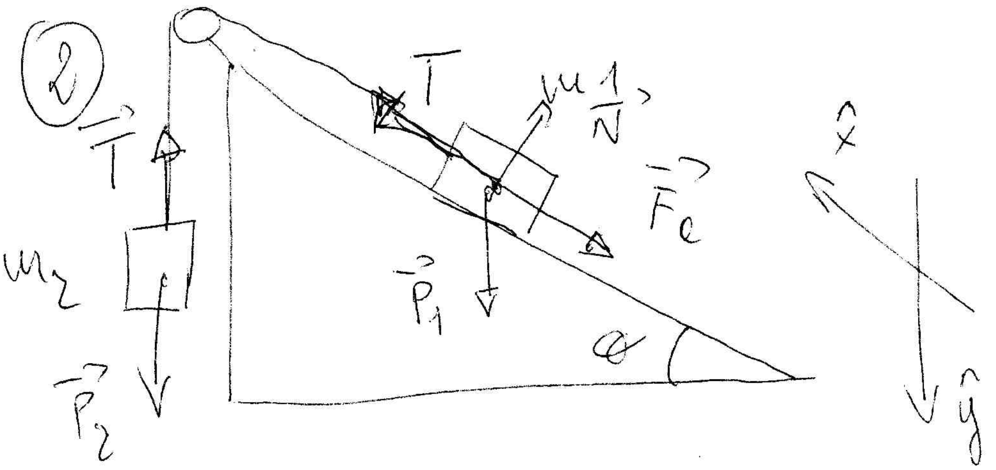
$$y(x) = tg\theta \, x - \frac{1}{2} \frac{g x^2}{v_0^2 \cos^2\theta}$$

Condizione minima è che $y(d) = h$

$$h = tg\theta \, d - \frac{1}{2} \frac{g d^2}{v_0^2 \cos^2\theta} \Rightarrow v_0^2 = \frac{g d^2}{2(d \, tg\theta - h)\cos^2\theta}$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g}{2(d\,tg\alpha - h)}}\;\frac{d}{\cos\alpha} \simeq 18{,}1\ m/s$$

(2)



$\hat{y}$: $m_2 g - T = m_2 a$

$\hat{x}$: $T - m_1 g \sin\alpha + - \mu m_1 g \cos\alpha = m_1 a$

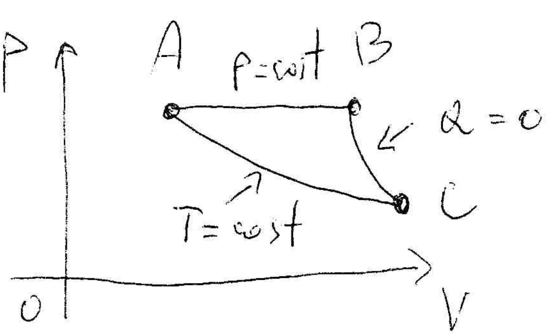
$$\Rightarrow g(m_2 - m_1 \sin\alpha - \mu m_1 \cos\alpha) = (m_1 + m_2)a$$

$$\Rightarrow a = \frac{g(m_2 - m_1 \sin\alpha - \mu m_1 \cos\alpha)}{m_1 + m_2}$$

se $a = 0 \Rightarrow m_2 - m_1 \sin\alpha - \mu m_1 \cos\alpha = 0$

$$\Rightarrow \mu = \frac{m_2}{m_1}\sec\alpha - tg\alpha = \ldots = 17$$

(3)



rendimento $\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \frac{Q_{ASS} - Q_{CED}}{Q_{ASS}} = \frac{Q_{AB} - Q_{AC}}{Q_{AB}}$

$$\eta = \frac{n c_p (T_B - T_A) - n R T_A \ln V_C/V_A}{n c_p (T_B - T_A)} =$$

$$\boxed{\text{Adiabatica: } \frac{T_B}{T_C} = \left(\frac{P_C}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \qquad \text{Isoterma } \frac{V_C}{V_A} = \frac{P_A}{P_C}}$$

$$= \frac{n\,5/2\,R T_A (T_B/T_A - 1) - n R T_A \ln V_C/V_A}{n\,5/2\,R T_A (T_B/T_A - 1)} = \ldots = 1 - \frac{2}{5}\,\frac{\ln 2}{2^{2/5} - 1} \simeq 0{,}58$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

3

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

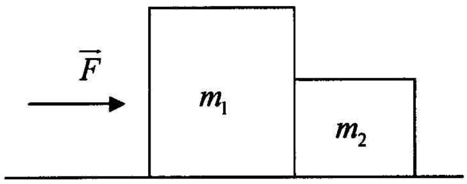
ESAME di FISICA I – prova del 20/02/2009

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

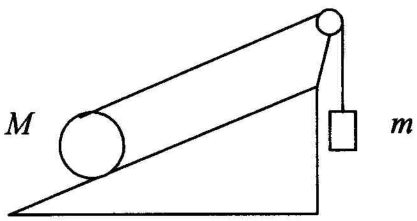
• 1 •

Sia un piano scabro con coefficiente dinamico μ_d e due blocchi di massa m_1 ed m_2 in contatto soggetti ad una forza $\vec{F}$ applicata orizzontalmente. Calcolare la forza di contatto tra i blocchi.



• 2 •

Un cilindro di massa $M = 20$ Kg e raggio $R = 7$ cm rotola senza strisciare su un piano inclinato di $\alpha = \pi/6$ ed è collegato tramite una fune ad un secondo corpo di massa $m = 5$ Kg come in figura. Calcolare l'accelerazione del centro di massa del cilindro e la tensione della fune. La fune e la carrucola sono da considerare ideali (fune di massa trascurabile ed inelastica, carrucola di dimensione trascurabile e priva di attrito).



• 3 •

Un volume di 22,4 litri di azoto ad 1 atm e 0° C viene compresso adiabaticamente fino ad 1/10 del volume iniziale. Calcolare la pressione finale, la temperatura finale ed il lavoro esterno compiuto sul gas ($\gamma = 1{,}4$, $c_V = 0{,}17\ \dfrac{\text{cal}}{\text{g °C}}$, $1\ \text{mol} = 28\ \text{g}$).

(1)
$$\begin{cases} F - F_c - F_{a1} = m_1 a \\ F_c - F_{a2} = m_2 a \end{cases}$$

$$F - F_{a2} - m_2 a - F_{a1} = m_1 a$$

$$\Rightarrow a = \frac{F - F_{a1} - F_{a2}}{m_1 + m_2}$$

dato che $F_{a1} = \mu_D m_1 g$ e $F_{a2} = \mu_D m_2 g$

$$a = \frac{F - \mu_B g (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2};$$

$$F_c = m_2 a + F_{a2} = m_2 \frac{F - \mu_D g (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2} + \mu_D m_2 g$$

$$F_c = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$$

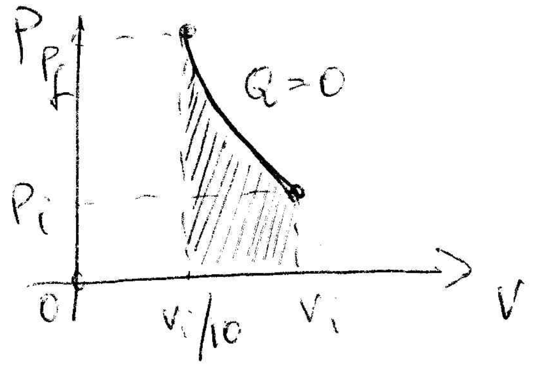
(2)
$$\begin{cases} Mg \sin\alpha - T - F_a = Ma \\ R(F_a - T) = I \dot{\omega} \\ T - mg = ma \end{cases}$$

con $\dot{\omega} = a/R$

$I = \frac{1}{2} MR^2$

$$\Rightarrow a = \frac{M \sin\alpha - 2m}{3/2\, M + 2m} g$$

$$T = mg + m \frac{M \sin\alpha - 2m}{3/2\, M + 2m} g = \frac{Mm(3 + 2\sin\alpha)}{3M + 4m} g$$

(3)


Il numero di moli

$$n = \frac{P_i V_i}{R T_i}$$

$$P_f V_f^{\gamma} = P_i V_i^{\gamma} \Rightarrow P_f = P_i \left(V_i/V_f\right)^{\gamma}$$

$$P_f V_f = nRT_f \Rightarrow T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = \frac{\cancel{P_i}(V_i/V_f)^{\gamma} V_f}{\frac{\cancel{P_i} V_i}{\cancel{R} T_i} \cancel{R}} = T_i \left(V_i/V_f\right)^{\gamma - 1}$$

$$L = \int_{V_i}^{V_f} P\,dV = K \int_{V_i}^{V_f} V^{-\gamma}\,dV = \dots = \frac{1}{1-\gamma}\left(P_f V_f - P_i V_i\right) = \dots$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

(4)

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

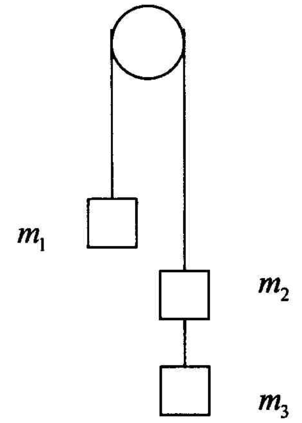
ESAME di FISICA I – prova del 20/02/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

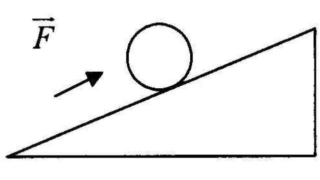
• 1 •

Calcolare le accelerazioni dei corpi di massa m_1, m_2, m_3 e le tensioni delle funi del sistema descritto in figura. Si consideri la carrucola ideale (di dimensione e massa trascurabile) ed $m_1 > m_2 + m_3$.



• 2 •

Su di un piano inclinato di altezza h rotola senza strisciare un cilindro di massa M ed un vento contrario provoca una resistenza schematizzabile come una forza di modulo F opposta al verso del moto (vedi figura). Calcolare la velocità del centro di massa del cilindro quando arriva in fondo al piano inclinato assumendo che sia partito da fermo dalla sommità del piano inclinato. Si assuma $M = 0.5$ Kg, $\alpha = \pi/6$, $F = 2$ N, $h = 5$ m. (Si consideri come punto di applicazione della forza esterna il centro di massa del cilindro).



• 3 •

La temperatura di 5 Kg di azoto è innalzata da 10 °C a 130 °C. Se la pressione è tenuta costante, i) calcolare il calore fornito al sistema, ii) l'aumento di energia interna, iii) il lavoro realizzato dal gas ($c_p = 0{,}248\ \dfrac{\text{Kcal}}{\text{Kg °C}}$, $c_V = 0{,}177\ \dfrac{\text{Kcal}}{\text{Kg °C}}$).

(1)
$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 a \\ m_2 g - T_1 + T_2 = m_2 a \\ m_3 g - T_2 = m_3 a \end{cases} \Rightarrow a = \frac{m_2 + m_3 - m_1}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

$$T_1 = m_1 g + m_1 \frac{m_2 + m_3 - m_1}{m_1 + m_2 + m_3} g = \frac{2 m_1 (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

$$T_2 = m_3 g - m_3 \frac{m_2 + m_3 - m_1}{m_1 + m_2 + m_3} g = \frac{2 m_1 m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g$$

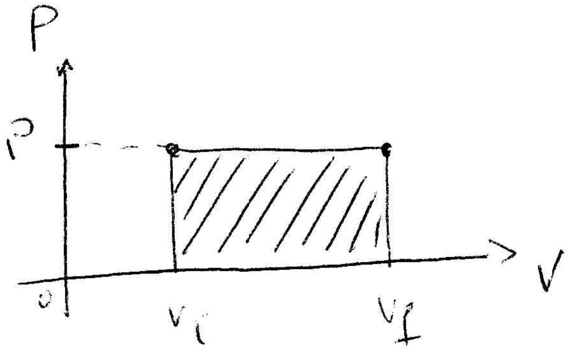
(2)
$$\begin{cases} M g \sin\alpha - F - F_a = M a \\ R F_a = I \dot{\omega} \end{cases} \quad \text{con} \quad \dot{\omega} = a/R \qquad I = \frac{1}{2} M R^2$$

$$\Rightarrow a = \frac{2}{3} \frac{M g \sin\alpha - F}{M}$$

lo spazio percorso $s = \dfrac{h}{\sin\alpha}$ $\qquad v = \sqrt{2 s a}$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 h a}{\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{h}{\sin\alpha} \frac{4}{3} \frac{M g \sin\alpha - F}{M}}$$

(3)



$$L = \int_{V_i}^{V_f} p\, dV = p (V_f - V_i)$$

ma $\quad V = \dfrac{nRT}{p}$

$$L = p\left(\frac{nRT_f}{p} - \frac{nRT_i}{p}\right) = nR(T_f - T_i) = \ldots$$

$$Q = n c_p (T_f - T_i) = \ldots$$

$$Q - L = \Delta U \Rightarrow \Delta U = n c_p (T_f - T_i) - nR(T_f - T_i) = \ldots$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

5

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

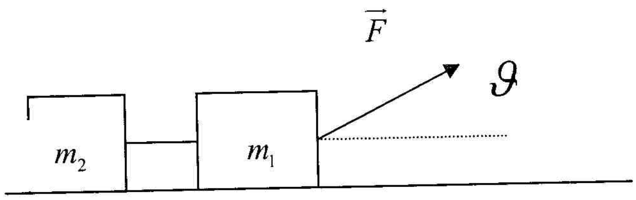
ESAME di FISICA I – prova del 17/04/2009

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

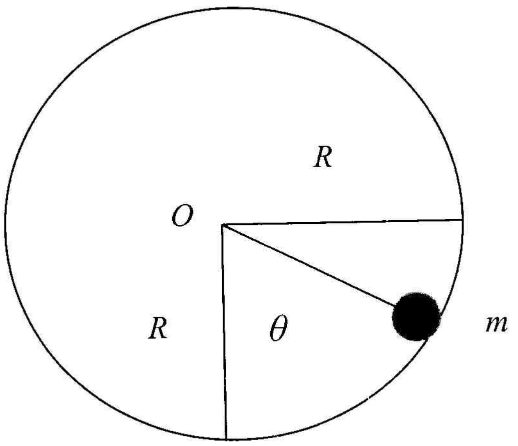
• 1 •

Sia un piano scabro con coefficiente dinamico μ_D e due blocchi di massa m_1 ed m_2 legati da una fune ideale. I due blocchi sono in moto a causa di forza $\vec{F}$ applicata sul primo blocco che forma un angolo ϑ con la direzione del moto (vedere figura). Calcolare la tensione della fune e l'accelerazione dei due blocchi.



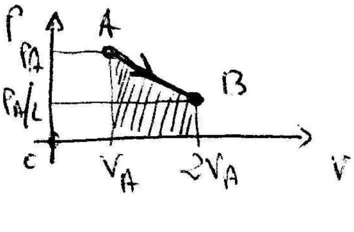
• 2 •

Un corpo di massa m scivola all'interno di una guida circolare di raggio R come in figura in assenza di attrito. Supponendo che il corpo parta da fermo per $\theta = \pi/2$ calcolare la reazione vincolare a cui è soggetto il corpo in funzione dell'angolo θ. E se vi fosse attrito sulla guida come si modificherebbero i risultati ottenuti?



• 3 •

Due moli di gas perfetto, a partire da uno stato iniziale A in cui la temperatura è $T_A = 273°$, raddoppiano il loro volume e dimezzano la loro pressione, seguendo una trasformazione lineare quasi statica. Calcolare il calore assorbito.

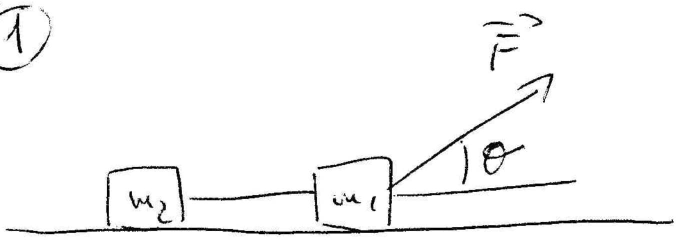


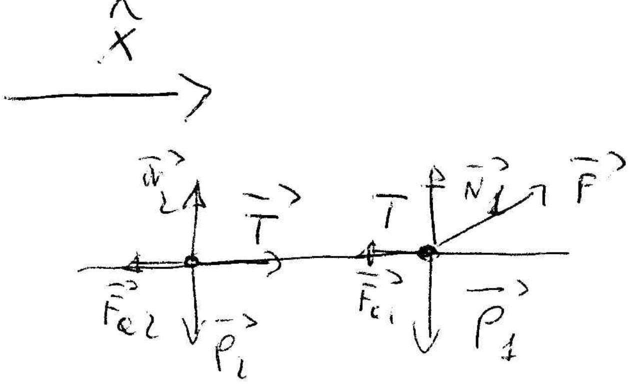
$p_A V_A = p_B V_B = \text{cost.} \Rightarrow T_B = T_A \Rightarrow \Delta U = 0$

$Q = L = \int_{V_A}^{2V_A} p(V)\, dV = \int_{V_A}^{2V_A} \left(\frac{3p_A}{2} - \frac{p_A}{2V_A} V\right) dV =$

$= \frac{p_A}{2} \{3V_A - \frac{1}{2V_A}[(2V_A)^2 - V_A^2]\} = \dots = \frac{3}{4} p_A V_A = \frac{3}{4} nRT_A = \dots$

1





$$\begin{cases} N_2 - m_2 g = 0 \\ -\mu_D N_2 + T = m_2 a \\ N_1 + F\sin\theta - m_1 g = 0 \\ -\mu_D N_1 - T + F\cos\theta = m_1 a \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\mu_D m_2 g + T = m_2 a \\ -\mu_D(m_1 g - F\sin\theta) - T + F\cos\theta = m_1 a \end{cases}$$

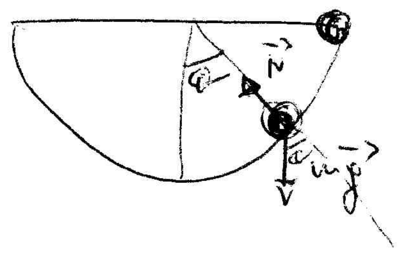
$$\begin{cases} -\mu_D m_2 g + T = m_2 a \\ -\mu_D m_1 g + \mu_D F\sin\theta - T + F\cos\theta = m_1 a \end{cases}$$

$$\Rightarrow -\mu_D g(m_1+m_2) + \mu_D F\sin\theta + F\cos\theta = (m_1+m_2)a$$

$$a = \frac{F\cos\theta + \mu_D F\sin\theta - \mu_D g(m_1+m_2)}{m_1+m_2}$$

$$T = m_2 a + \mu_D m_2 g = m_2 \frac{F\cos\theta + \mu_D F\sin\theta - \mu_D g(m_1+m_2)}{m_1+m_2} + \mu_D m_2 g = \dots$$

2



$$N = mg\cos\theta + mv^2/R$$

Nello conservazione dell'energia

$$mgR = mgR(1-\cos\theta) + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow v^2 = 2gR\cos\theta$$

$$N = mg\cos\theta + \frac{m}{R}2gR\cos\theta$$

$$\boxed{N = 3mg\cos\theta}$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO (6)

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

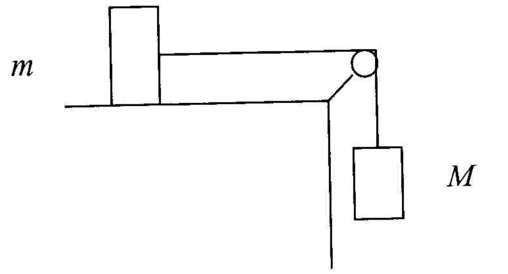
ESAME di FISICA I – prova del 17/04/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

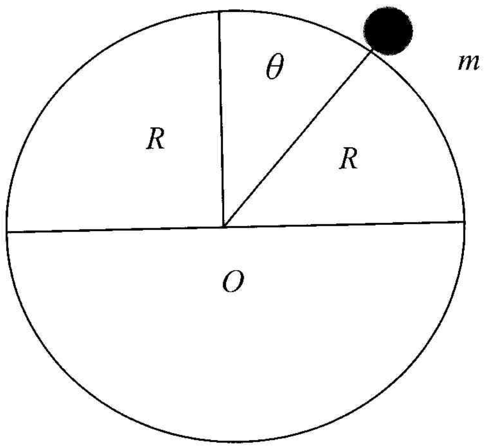
• 1 •

Due blocchi di massa m ed $M > m$ sono collegati da una fune ideale come in figura. Tra il blocco di massa m e la superficie vi un coefficiente d'attrito dinamico pari a μ_D. Calcolare l'accelerazione dei blocchi e la tensione della fune.



• 2 •

Un corpo di massa m scivola partendo da ferma dalla sommità di una guida circolare priva di attrito di raggio R. Calcolare a che altezza (espressa come una frazione del raggio) si ottiene il distacco dalla guida. E se vi fosse attrito sulla guida come si modificherebbero i risultati ottenuti?



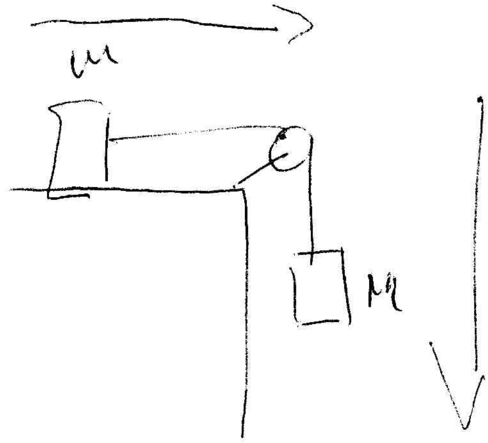
• 3 •

Due moli di gas perfetto sono soggetti ad una trasformazione isocora ($A \to B$) ed una isobara ($B \to C$). Calcolare il calore scambiato durante la trasformazione se $T_A = T_C$. Si supponga $A = (V_i, P_i)$, $B = (V_i, P_f)$ e $C = (V_f, P_f)$.

$= nR(T_A - T_A P_f/P_i) = nRT_A(1 - P_f/P_i)$;

$\Rightarrow \boxed{Q_{TOT} = nRT_A(1 - P_f/P_i)}$

I)



$$\begin{cases} Mg - T = Ma \\ T - f_a = ma \\ N - mg = 0 \end{cases}$$

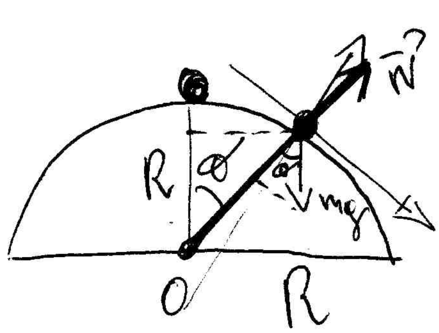
$$f_a = \mu_D N = \mu_D mg$$

$$\begin{cases} Mg - T = Ma \\ T - \mu_D mg = ma \end{cases} \qquad Mg - \mu_D mg = (M+m)a$$

$$a = \frac{M - \mu_D m}{m+M} g$$

$$T = ma + \mu_D mg = m \frac{M - \mu_D m}{m+M} g + \mu_D mg = \frac{\varepsilon m M}{m+M} g \,;$$

II)



$$N - mg\cos\theta + mv^2/R = 0$$

Il distacco è per $N = 0$

$$\Rightarrow -g\cos\theta + v^2/R = 0$$

$$v^2 = gR\cos\theta$$

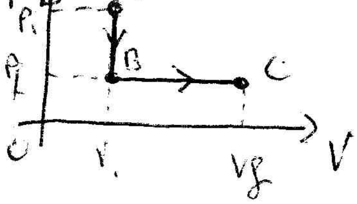
Dalla conservazione dell'energia $mgR = mgR\cos\theta + \frac{1}{2}mv^2$

$$mgR(1-\cos\theta) = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v^2 = 2(1-\cos\theta)gR$$

$$gR\cos\theta = 2(1-\cos\theta)gR \quad \Rightarrow \quad \cos\theta = 2/3$$

$$\Rightarrow \boxed{h = R\cos\theta = 2R/3}$$

III)



$$Q_{TOT} = Q_{AB} + Q_{BC} \,; \quad Q_{AB} = nc_v(T_B - T_A)$$

$$Q_{BC} = nc_p(T_C - T_B) = nc_p(T_A - T_B) \,;$$

$$Q_{TOT} = nc_v(T_B - T_A) + nc_p(T_A - T_B) = n(c_p - c_v)(T_A - T_B) = nR\left(T_A - \frac{p_f V_i}{nR}\right) = nR\left(T_A - \frac{p_i V_i}{nR}\frac{p_f}{p_i}\right) =$$

(7)

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA I – prova del 26/05/2009

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Un corpo è soggetto ad un'accelerazione $\vec{a}(t) = \alpha t^2 \hat{\imath} + \beta \cos(\lambda t)\hat{\jmath}$, dove α, β e λ sono costanti dimensionali ed $\hat{\imath}$, $\hat{\jmath}$ i versori degli assi x, y. Determinare le dimensioni delle costanti. Individuare la legge oraria del moto. Individuare la relazione che lega le varie costanti tali che il vettore accelerazione e quello posizione siano ortogonali all'istante di tempo $t = 0$.

• 2 •

State tirando una scatola su un pavimento incerato (attrito trascurabile), mediante una fune legata alla scatola e nel farlo applicate una forza costante $\vec{F}$ orizzontale. Un vostro amico sta tirando la stessa scatola con la stessa forza $\vec{F}$ ma inclina la fune di un angolo θ verso l'alto. Trovare il rapporto tra le velocità scalari dopo un certo tempo t e dopo avere tirato la scatola per una certa distanza d.

• 3 •

Una massa di gas, costituita da $n = 2$ moli di gas perfetto monoatomico, compie una trasformazione reversibile seguendo la legge $P = bT^2$ con $b = 2\ \mathrm{J\ m^{-3}\ (°K)^{-2}}$: la temperatura passa dal valore iniziale $T_0 = 400\ °\mathrm{K}$ al valore finale $T_f = 300\ °\mathrm{K}$. Si calcoli il lavoro compiuto dal gas e la quantità di calore scambiata dal gas.

(3) $P = bT^2 \qquad PV = nRT \qquad V = \frac{nRT}{P} = \frac{nR}{bT}$

$$dV = d\left(\frac{nR}{bT}\right) = -\frac{nR}{bT^2}\,dT$$

$$L = \int P\,dV = \int_{T_i}^{T_f} bT^2\left(-\frac{nR}{bT^2}\right)dT = -nR\int_{T_i}^{T_f} dT =$$

$$= -nR(T_f - T_i);$$

$$Q = L + \Delta U = nR(T_i - T_f) + nC_v(T_f - T_i) =$$

$$= -nR(T_f - T_i) + n\frac{3}{2}R(T_f - T_i) = -\frac{nR}{3}(T_i - T_f) = -831\,J$$

(1) $[\alpha] = [L][T]^{-4}$, $[\beta] = [L][T]^{-2}$, $[\lambda] = [T]^{-1}$

$$\vec{v}(t) = \int \vec{a}(t)\,dt + \vec{v}_0$$

$$\vec{v}(t) = \int (\alpha t^2 \hat{\imath} + \beta \cos\lambda t\, \hat{\jmath})\,dt + \vec{v}_0 =$$

$$= \frac{\alpha t^3}{3}\hat{\imath} + \beta/\lambda \sin\lambda t\, \hat{\jmath} + \vec{v}_0 ;$$

$$\vec{S}(t) = \int \vec{v}(t)\,dt + \vec{S}_0$$

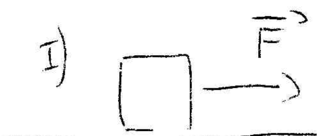
$$\vec{S}(t) = \dots = \frac{\alpha t^4}{12}\hat{\imath} - \beta/\lambda^2 \cos\lambda t\, \hat{\jmath} + \vec{v}_0 t + \vec{S}_0$$

$$\vec{S}(t=0) \cdot \vec{a}(t=0) = 0 \qquad (\vec{S}_0 - \beta/\lambda^2\, \hat{\jmath}) \cdot (\beta\, \hat{\jmath}) = 0$$

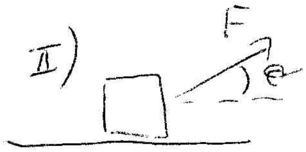
$$\vec{S}_0 \cdot \hat{\jmath}\, \beta - \beta^2/\lambda^2 = 0 \qquad S_{0y}\beta - \beta^2/\lambda^2 = 0$$

$$\boxed{S_{0y} - \beta/\lambda^2 = 0}$$

(2) I)



II)



$$a_I = |\vec{F}|/m \qquad a_{II} = \frac{|\vec{F}|\cos\theta}{m}$$

$$v_I = a_I t \qquad v_{II} = a_{II} t$$

$$\boxed{v_I / v_{II} = \dots = 1/\cos\theta}$$

$$v_{II} = \sqrt{2 a_{II} d}$$

$$v_I = \sqrt{2 a_I d}$$

$$\boxed{v_I / v_{II} = \sqrt{a_I / a_{II}} = \sqrt{\frac{1}{\cos\theta}}}$$

8

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA I – prova del 26/05/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Durante un viaggio in motocicletta, metà percorso è stato fatto ad una velocità v_1 e l'altra metà a velocità v_2. Quale è stata la velocità media relativa all'intero viaggio? Se i tratti percorsi non sono uguali quanto vale la velocità media e l'accelerazione media relative all'intero viaggio? (Siano l_1 ed l_2 i due tratti di percorso).

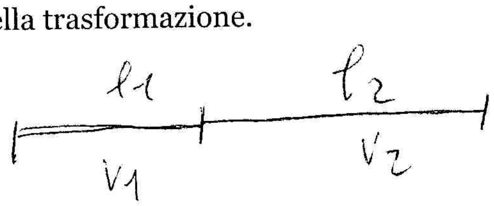
• 2 •

Uno sciatore la cui massa è m = 70 kg scende lungo una pista innevata (si trascura quindi l'attrito) inclinata di α = 30° rispetto all'orizzontale. Percorre partendo da fermo una distanza d = 300 m su questo pendio. Trovare di quanto è sceso di quota e la velocità alla fine della discesa. Lo stesso sciatore rifà la stessa pista, ma ora soffia un vento costante forte parallelo alla pista. Se lo sciatore parte con velocità iniziale di modulo v_0, calcolare modulo e verso della forza se la sua velocità rimane costante lungo la discesa e se la sua velocità aumenta costantemente con a = 1 m/s².

• 3 •

Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente alla pressione $P_A = 1$ atm e $V_A = 8$ l, compie una trasformazione quasi statica rappresentata dall'equazione $VT = \text{cost.}$ Il volume finale è $V_B = 2$ l. Calcolare il lavoro della trasformazione.

1



$$t = t_1 + t_2 = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}$$

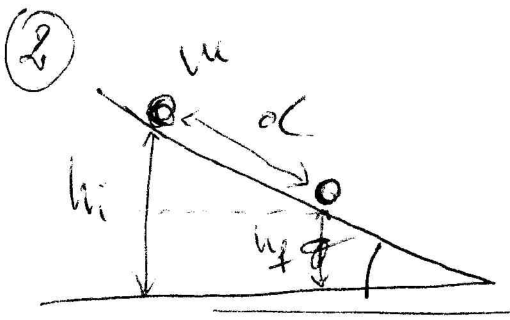
$$\bar{v} = \frac{l_1 + l_2}{l_1/v_1 + l_2/v_2} = \boxed{\frac{v_1 v_2 (l_1 + l_2)}{l_1 v_2 + v_1 l_2}};$$

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_1 + t_2} = \frac{v_2 - v_1}{l_1/v_1 + l_2/v_2} = \boxed{\frac{v_1 v_2 (v_2 - v_1)}{v_1 l_1 + v_2 l_2}},$$

se $l_1 = l_2 \Rightarrow \boxed{\bar{v} = \frac{2 v_1 v_2}{v_1 + v_2}}$

se $l_1 = l_2 \Rightarrow \boxed{\bar{a} = \frac{v_1 v_2 (v_2 - v_1)}{l (v_1 + v_2)}}$

(2)



$$\boxed{\Delta h = h_i - h_f = d \sin\theta}$$

$$m g h_i = m g h_f + \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$\Rightarrow \boxed{v_f = \sqrt{2 g d \sin\theta}};$$

Se scende con velocità costante allora $|\vec{F}_{vento}| = m g \sin\theta$ e deve essere opposta al moto di discesa. Altrimenti:

$$|\vec{F}_{vento}| - m g \sin\theta = m a \Rightarrow \boxed{|\vec{F}_{vento}| = m(a + g \sin\theta)}$$

$$|\vec{F}_{vento}| = m g \sin\theta = 70\,kg \cdot 9{,}8\,\frac{m}{sec^2} \cdot \frac{1}{2} = \ldots$$

$$|\vec{F}_{vento}| = m(a + g \sin\theta) = 70\,kg\left(1\,m/s^2 + 9.8\,m/s^2 \cdot \frac{1}{2}\right) = \ldots$$

(3) Noto che $PV = nRT \Rightarrow PV^2 = nRTV = $ costante

$PV^2 = K$ (politropica)

$$L = \int_A^B P\,dV = \int_A^B \frac{P_A V_A^2}{V^2}\,dV = \frac{P_A V_A}{V_B}(V_B - V_A) =$$

$$= \frac{1\,atm \cdot 8\,l}{2\,l}(2\,l - 8\,l) = -24\,l \cdot atm =$$

$$= \ldots = -2431\,J$$

9

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

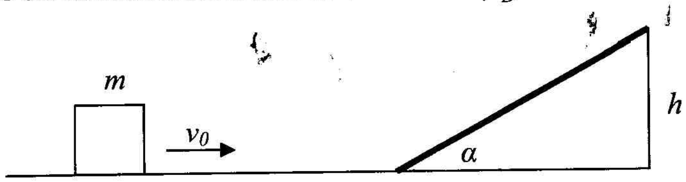
ESAME di FISICA I – prova del 19/06/2009

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

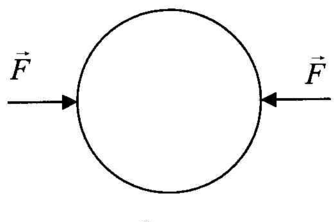
• 1 •

Un corpo di massa $m = 1\ \text{Kg}$ viene lanciato su di un piano orizzontale liscio con una velocità iniziale $v_0 = 6\ \text{m/s}$. Calcolare l'altezza h raggiunta dal corpo sul piano obliquo con inclinazione $\alpha = \pi/6$ (vedi figura) sul quale è presente un coefficiente d'attrito dinamico $\mu_D = 0.1$.



• 2 •

Un disco omogeneo di raggio R, massa M e spessore trascurabile ruota con una velocità angolare costante di modulo ω_0 lungo la direzione ortogonale al disco e passante per il centro del disco. All'istante $t = 0$ il disco viene sottoposto all'azione di due piani tangenti con coefficiente d'attrito dinamico pari μ_D. Tale azione è approssimabile a due forze di pari modulo $|\vec{F}| = F$ con la stessa direzione ma opposte come in figura. Il disco comincia a rallentare finché si ferma. Calcolare il tempo necessario per arrestare il moto.



• 3 •

Un gas ideale con un numero di moli pari ad $n = 0,8$ compie una trasformazione isobara reversibile dallo stato $A \equiv (10^{-2}\ \text{m}^3, 2\ \text{bar})$ allo stato $B \equiv (2 \cdot 10^{-2}\ \text{m}^3, 2\ \text{bar})$ con un rapporto tra calore e lavoro $Q/L = 2,5$. Calcolare la variazione di energia interna ΔU.

(1)

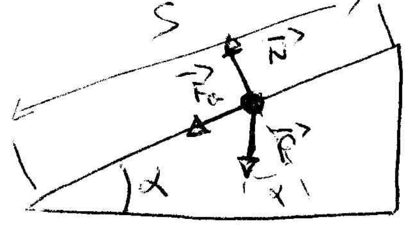


Diagramma forze applicate al punto materiale.

$$N - mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha$$

$$|\vec{F}_a| = \mu_D N = \mu_D mg\cos\alpha$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = mgh + \mu_D mg\cos\alpha\, S$$

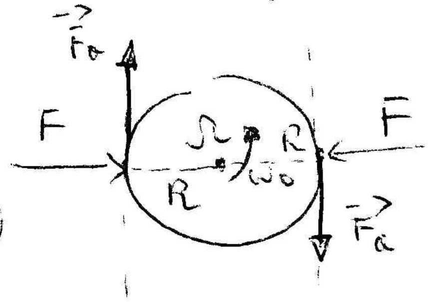
$$= mgh + \mu_D mg\cos\alpha \frac{h}{\sin\alpha}$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = h(mg + \mu_D mg \cot g\alpha)$$

$$h = \frac{1/2\, m v^2}{mg + \mu_D mg \cot g\alpha} = \frac{1}{2} \frac{v^2}{g + \mu_D g \cot g\alpha} =$$

$$= \frac{1}{2} \frac{36\ m^2/s^2}{9{,}8\ m/s^2 + 0{,}1 \cdot 9{,}8\ m/s^2 \cdot \sqrt{3}} = 1{,}56\ m;$$

(2)



$\hat{z}$ ⊙

$$|\vec{F}_a| = \mu_D F$$

$$\hat{z}: -R|\vec{F}_a| - R|\vec{F}_a| = I\alpha$$

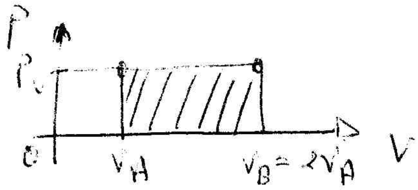
$$-2R\mu_D F = I\alpha \Rightarrow \alpha = -\frac{2\mu_D RF}{I} = -\frac{2\mu_D \cancel{R}F}{1/2\, MR^{\cancel{2}}}$$

perché $I = 1/2\, MR^2$ $\qquad \alpha = -4\mu_D F/MR$

$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha t \Rightarrow \omega(t) = \omega_0 - 4\mu_D F/_{MR}\, t$$

$$\omega(t^*) = 0 \Rightarrow \omega_0 - 4\mu_D F/_{MR}\, t^* = 0 \rightarrow \boxed{t^* = \frac{\omega_0 MR}{4\mu_D F}}$$

(3)



$$L = P_0(V_B - V_A) = P_0 V_A$$

$$Q = \frac{5}{2} L = \frac{5}{2} P_0 V_A$$

$$\Delta U = Q - L = (5/2 - 1) P_0 V_A = \frac{3}{2} \cdot 2\ bar \cdot 10^{-2}\ m^3 = 3 \cdot 10^{-2}\ bar\, m^3;$$

10

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

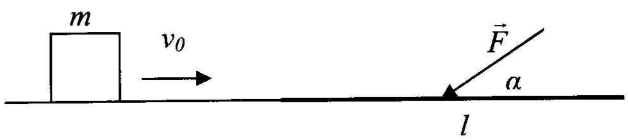
ESAME di FISICA I – prova del 19/06/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

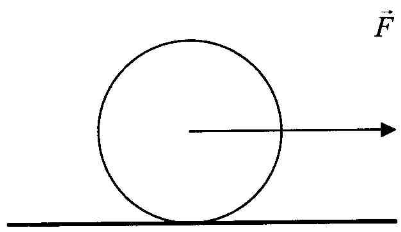
• 1 •

Un blocco di massa m con una velocità iniziale orizzontale v_0 si muove su un piano orizzontale. Si calcoli il valore del coefficiente d'attrito dinamico μ_D necessario per arrestare il moto su un tratto di lunghezza l avendo applicato anche una forza frenante di modulo $|\vec{F}| = F$ la cui direzione forma un angolo α rispetto alla direzione del moto (vedi figura).



• 2 •

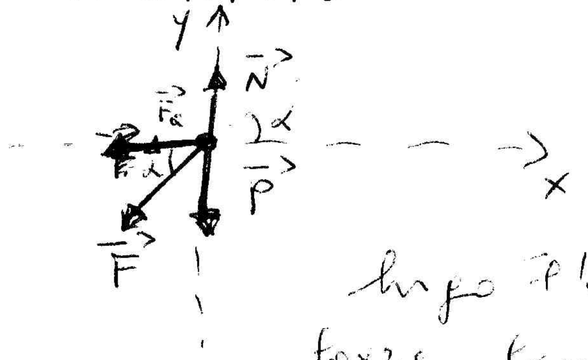
Un disco di raggio R, spessore trascurabile e massa uniformemente distribuita pari ad M ruota senza strisciare su un piano orizzontale scabro di coefficiente d'attrito statico pari a μ_S essendo sottoposto ad una forza, applicata nel centro di massa, costante di modulo F e direzione orizzontale (vedi figura). Calcolare il valore massimo di F affinché l'anello non strisci. Si assuma: $R = 30\ \text{cm}$, $M = 1{,}5\ \text{Kg}$, $\mu_S = 0.2$.



• 3 •

Un gas ideale con un numero di moli pari ad $n = 0{,}8$ compie una trasformazione isobara reversibile dallo stato $A \equiv (10^{-2}\ \text{m}^3, 2\ \text{bar})$ allo stato $B \equiv (2 \cdot 10^{-2}\ \text{m}^3, 2\ \text{bar})$ con un rapporto tra calore e lavoro $Q/L = 2{,}5$. Calcolare il calore specifico a pressione costante del gas.

① Il diagramma delle forze nel punto materiale è



$\hat{y}$: $N - mg - F\sin\alpha = 0$

$$\boxed{N = mg + F\sin\alpha}$$

lungo l'asse $\hat{x}$ agisce una forza frenante di modulo

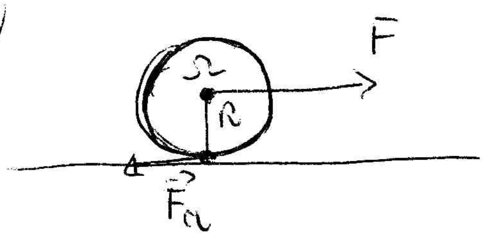
$$|\vec{F}_{fren}| = |\vec{F}_a| + F\cos\alpha$$

$$|\vec{F}_{fren}| = \mu_D(mg + F\sin\alpha) + F\cos\alpha$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = |\vec{F}_{fren}|\, l = [\mu_D(mg + F\sin\alpha) + F\cos\alpha]\, l$$

$$\Rightarrow \boxed{\mu_D = \frac{1/2\, mv^2 - Fl\cos\alpha}{l(mg + F\sin\alpha)}}$$

②



$$\begin{cases} RF_a = I\alpha \\ F - F_a = Ma_{cm} \\ N - Mg \end{cases}$$

$\alpha = a_{cm}/R$

$I = \frac{1}{2}MR^2$

$$\cancel{R}F_a = \left(\frac{1}{2}M R^{\cancel{2}}\right)\frac{a_{cm}}{\cancel{R}} \Rightarrow a_{cm} = 2F_a/M$$

$$F - F_a = \cancel{M}\,2F_a/\cancel{M} \Rightarrow F_a = F/3$$

affinché rotoli abbiamo $F_a \le \mu_s N = \mu_s M g$

$$\Rightarrow F/3 \le \mu_s M g \Rightarrow \boxed{F \le 3\mu_s M g}$$

Quindi $F_{max} = 3\mu_s M g = 3 \cdot 0,2 \cdot 1,5\,\mathrm{kg} \cdot 9,8\,\mathrm{m/s^2} = 8,82\,\mathrm{N}$.

③

$L = P_0(V_B - V_A) = P_0V_A \Rightarrow Q = 5/2\, P_0V_A$;

ma $Q = n c_p (T_B - T_A) \Rightarrow \frac{5}{2}P_0V_A = n c_p\left(\frac{P_0V_B}{nR} - \frac{P_0V_A}{nR}\right) \Rightarrow c_p = \frac{5}{2}R$

Il gas è monoatomico.

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO (11)

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

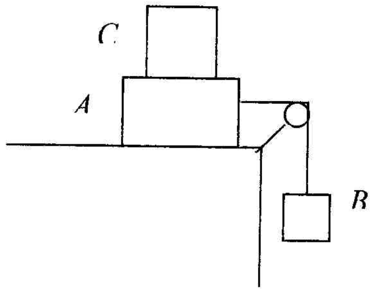
ESAME di FISICA I – prova del 10/07/2009

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

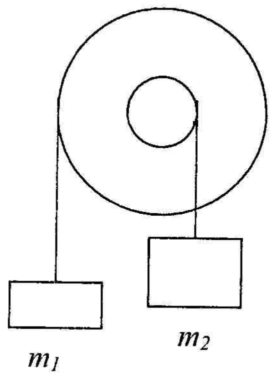
• 1 •

Un blocco A di massa $m_A = 4.4$ Kg è collegato tramite una fune ideale ad un blocco B di massa $m_B = 2.6$ Kg. Il coefficiente di attrito statico e dinamico tra A ed il piano valgono rispettivamente $\mu_S = 0.18$ e $\mu_D = 0.15$. Calcolare il valore minimo della massa m_C del blocco C posto come in figura affinché il blocco A resti fermo. Se C è rimosso, quanto vale l'accelerazione di A?



• 2 •

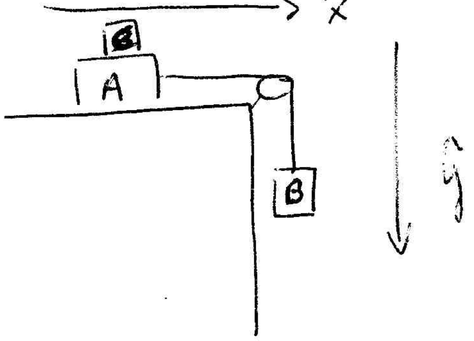
Una puleggia è costituita da due cilindri coassiali di raggi diversi come mostrato in figura. La puleggia ha un momento di inerzia $I = 0.3$ Kg m^2. I blocchi hanno una massa pari a $m_1 = 30$ Kg e $m_2 = 80$ Kg ed i raggi sono pari a $R_1 = 4$ cm e $R_2 = 2$ cm. Calcolare *i)* l'accelerazione angolare α della puleggia, *ii)* le tensioni delle corde quando i due blocchi sono liberi di muoversi.



• 3 •

Una mole di gas perfetto monoatomico compie una trasformazione ciclica così composta: $A \to B$ (isocora), $B \to C$ (adiabatica) e $C \to A$ (isobara). Calcolare il calore assorbito, il calore ceduto ed il rendimento del ciclo. Siano $A \equiv (2\ \text{m}^3; P)$, $B \equiv (2\ \text{m}^3; 10\ \text{atm})$, $C \equiv (4\ \text{m}^3; P)$ con $P < 10$ atm. (N.B. 1 atm = 1.02×10^5 Pa).

1.



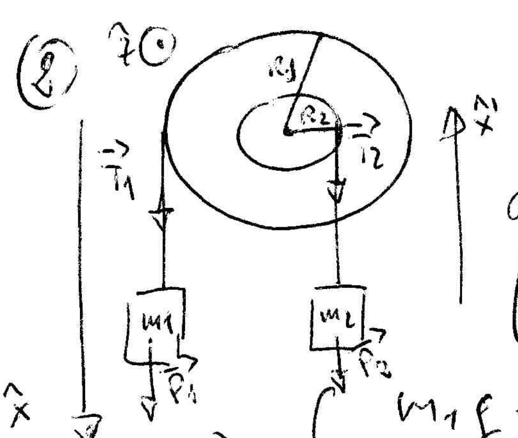
$$\begin{cases} m_B g - T = m_B a & (\hat{y}) \\ T - \mu_D (m_A + m_C) g = (m_A + m_C) a & (\hat{x}) \end{cases}$$

se $a = 0$ $\quad m_B g - \mu_S (m_A + m_C) g = 0 \Rightarrow \boxed{m_C = \frac{m_B - \mu_S m_A}{\mu_S}}$

$m_C = \dots = 10{,}04$ kg ; Se $a \neq 0$ $\quad T = m_B g - m_B a$

$$\Rightarrow \boxed{a = \frac{m_B - \mu_D m_A}{m_A + m_B} g} \Rightarrow a = \dots = 2{,}716 \ m/s^2$$

2.



$$\begin{cases} m_1 g - T_1 = m_1 a_1 & (\hat{x}) \\ T_2 - m_2 g = m_2 a_2 & (\hat{x}') \\ R_1 T_1 - R_2 T_2 = I \alpha & (\hat{z}) \end{cases}$$

puro rotolamento $\begin{cases} a_1 = \alpha R_1 \\ a_2 = \alpha R_2 \end{cases}$

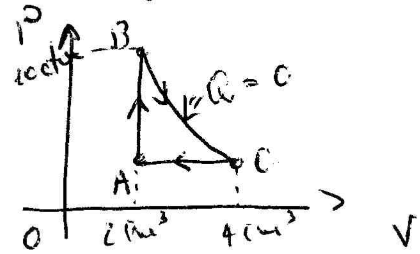
$$\Rightarrow \begin{cases} m_1 g - T_1 = m_1 R_1 \alpha \\ T_2 - m_2 g = m_2 R_2 \alpha \\ R_1 T_1 - R_2 T_2 = I \alpha \end{cases}$$

$$\dots \boxed{\alpha = \frac{m_1 R_1 - m_2 R_2}{m_1 R_1^2 + m_2 R_2^2 + I} g}$$

Quindi $T_1 = m_1 g - m_1 R_1 \dfrac{m_1 R_1 - m_2 R_2}{m_1 R_1^2 + m_2 R_2^2 + I} g = \dots$

$T_2 = \dots$

3.



$\gamma = 5/3$; $c_V = 3/2 R$; $c_p = 5/2 R$

$P_B V_B^\gamma = P_C V_C^\gamma \Rightarrow P_C = \left(V_B/V_C\right)^\gamma P_B = P_A$

$Q_{CA} = n c_p (T_A - T_C) = \frac{5}{2} R \left(\frac{P_A V_A}{R} - \frac{P_C V_C}{R}\right) =$

$= \frac{5}{2} (V_A - V_C) \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^\gamma P_B < 0$; $Q_{AB} = n c_V (T_B - T_A) = \frac{3}{2} R \left(\frac{P_B V_B}{R} - \frac{P_A V_A}{R}\right) =$

$= \frac{3}{2} V_A (P_B - P_A) > 0$; $Q_{TOT} = Q_{CA} + Q_{AB} = \dots$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO (12)

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

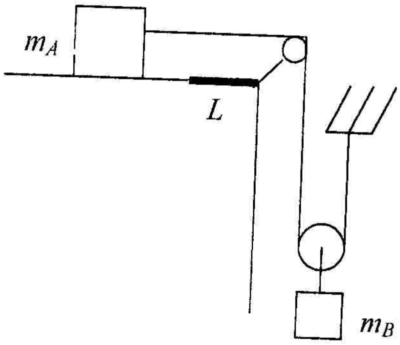
ESAME di FISICA I – prova del 10/07/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

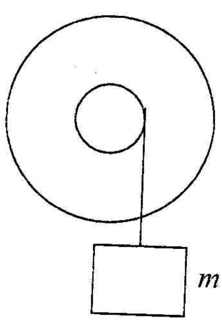
• 1 •

Un blocco di massa $m_A = 40$ g legato ad una fune ideale si muove su un piano orizzontale privo di attrito se non per un tratto $L = 20$ cm (vedi figura) in cui è presente un coefficiente di attrito $\mu_D = 0.6$. Calcolare la massa m_B affinché la massa m_A inizialmente ferma nel punto in cui inizia la parte di attrito giunga sul bordo del piano con una velocità pari a $v_{fin} = 1$ m/s. Si considerino le carrucole ideali.



• 2 •

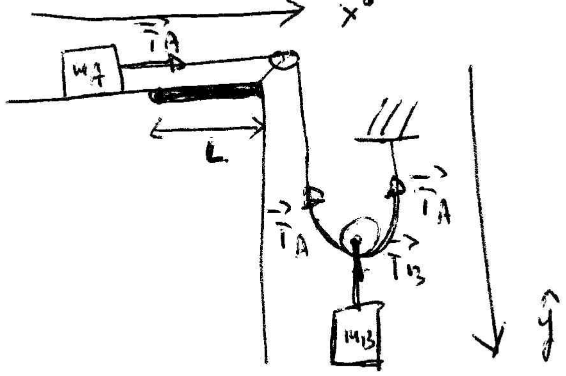
Un meccanismo a ruota viene fatto ruotare intorno ad un asse orizzontale tramite una massa $m = 8$ Kg come mostrato in figura. La massa cade verticalmente di un tratto $h = 2$ m in un tempo $\tau = 6$ s partendo da fermo. Calcolare il momento di inerzia del meccanismo. La distanza dall'asse di rotazione del punto di applicazione della fune è pari ad $R = 10$ cm.



• 3 •

Due moli di gas perfetto biatomico compiono una trasformazione ciclica così composta: $A \rightarrow B$ (adiabatica), $B \rightarrow C$ (isobara) e $C \rightarrow A$ (lineare). Calcolare il lavoro ed il calore scambiato durante il ciclo. Siano $P_A = 5$ atm, $P_B = 1$ atm e $T_A = T_C = 20°$ C. (N.B. 1 atm = 1.02×10^5 Pa).

(1)



$$(\hat{x}) \begin{cases} T_A - \mu_D m_A g = m_A a_A \\ m_B g - T_B = m_B a_B \end{cases} (\hat{y})$$

Da notare che lo spazio percorso da m_A (L_A) e quello percorso da m_B (L_B) sono in relazione: $L_A = 2 L_B \Rightarrow \boxed{a_A = 2 a_B}$

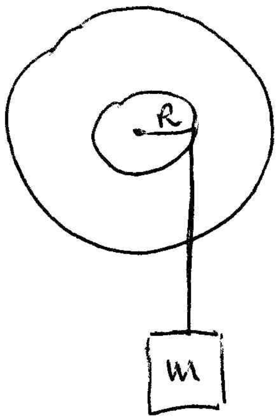
Inoltre $T_B = 2 T_A = 2T$

$$\begin{cases} T - \mu_D m_A g = m_A 2a \\ m_B g - 2T = m_B a \end{cases} \Rightarrow \boxed{a = \frac{m_B - 2\mu_D m_A}{m_B + 4 m_A} g}$$

$$v_f^2 - v_0^2 = 2 a_A L \Rightarrow v_f^2 = 2\left[\frac{2(m_B - 2\mu_D m_A)}{m_B + 4m_A} g\right] L$$

$$\ldots \Rightarrow m_B = \frac{4 m_A v^2 + 8\mu_D m_A g L}{4gL - v^2} = 4 m_A \frac{1 + 2\mu_D g L/v^2}{4gL/v^2 - 1};$$

(2)



$$\begin{cases} TR = I\alpha \\ mg - T = ma \end{cases}$$

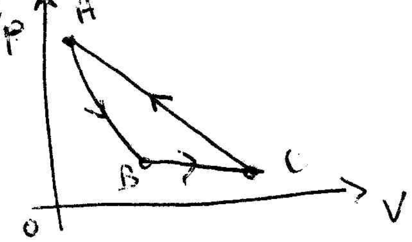
puro rotolamento $a = \alpha R$

$$\Rightarrow \ldots \quad \alpha = \frac{mgR}{I + mR^2} \Rightarrow \boxed{a = \frac{mgR^2}{I + mR^2}}$$

$$h = \frac{1}{2} a \tau^2 \Rightarrow h = \frac{1}{2} \frac{mgR^2}{I + mR^2} \tau^2$$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{mgR^2\tau^2 - 2mR^2 h}{2h}}$$

(3)



Poniamo $P_B = P_C$ e $T_A = T_0$. Quindi $A \equiv \left(5P_c, \frac{2RT_0}{5P_c}\right)$

$C \equiv \left(P_c, \frac{2RT_0}{P_c}\right)$ $\quad B \equiv (P_c, V_B)$ e T_B.

$$P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma \Rightarrow V_B = 5^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \frac{2RT_0}{P_c};$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{2R} = \ldots = 5^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_0,$$ Ora si conoscono t[...] facilmente ...

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO (13)

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

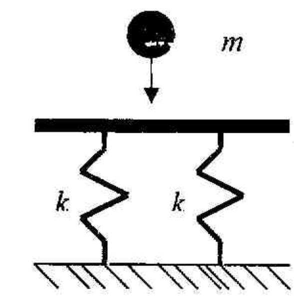
ESAME di FISICA I – prova del 3/09/2009

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

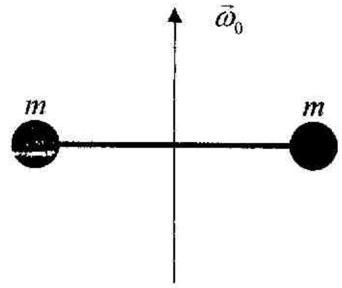
• 1 •

Una bilancia è schematizzata in un piatto di massa $M = 0.5$ Kg e due molle di costante elastica $k = 50$ N/m e lunghezza a riposo $l_0 = 2$ m (vedi figura). Un corpo di massa $m = 5$ Kg cade da un'altezza $h = 25$ cm rispetto al piatto. Calcolare *i*) la posizione di equilibrio del piatto prima dell'arrivo del corpo in caduta, *ii*) la massima compressione delle molle quando il corpo di massa m, lasciato cadere, resta a contatto con il piatto.



• 2 •

Un manubrio, costituito da due corpi di massa uguale pari ad $m = 5$ Kg collegati tra loro da un'asta di massa trascurabile e lunghezza $l = 50$ cm, è in rotazione con una velocità angolare $|\vec{\omega}_o| = 3$ rad/s lungo la direzione individuata dal proprio asse (vedi figura). Calcolare *i*) il momento di inerzia I del manubrio, *ii*) il valore del modulo del momento della forza frenante da applicare affinché il manubrio si fermi in un tempo $\Delta t = 10$ s e *iii*) la velocità angolare finale se a causa di forze interne la distanza tra le due masse aumenta del 10 %.

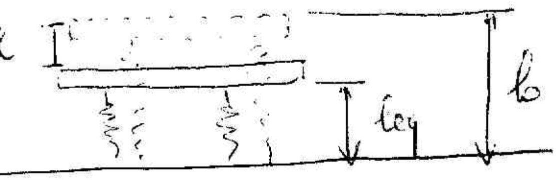


• 3 •

4 moli di gas perfetto biatomico compiono una trasformazione ciclica così composta: $A \rightarrow B$ (isocora), $B \rightarrow C$ (isoterma) e $C \rightarrow A$ (isobara). Essendo $A \equiv (V_A; P_A)$, $B \equiv (V_A; P_B)$, $C \equiv (V; P_A)$ con $V > V_A$ esprimere il calore assorbito, il calore ceduto ed il rendimento del ciclo in termini di V_A, P_A e P_B.

(1) Condizione d'equilibrio: $2k\Delta l = Mg$ $\Delta l = \frac{Mg}{2k}$

d'equilibrio nuova posizione $\boxed{l_{eq} = l_0 - \Delta l = l_0 - \frac{Mg}{2k}}$



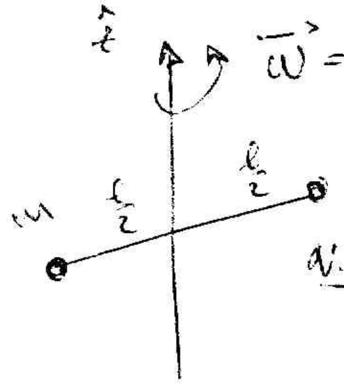
Condizione massima compressione:

$$Mg\, l_{eq} + mg(l_{eq}+h) + k\Delta l^2 = (M+m)g\, l'_{eq} + k(\Delta l + \Delta l')^2$$

$$\Rightarrow \Delta l' = \frac{mg}{2k}\left\{1 \pm \sqrt{1+\frac{4kh}{mg}}\right\}$$ ma $\Delta l'$ deve essere > 0

$$\Rightarrow \boxed{l'_{eq} = l_0 - \frac{Mg}{2k} - \frac{mg}{2k}\left\{1+\sqrt{1+\frac{4kh}{mg}}\right\}}$$

②



$\vec{L} = I\omega_0 \hat{z} = 2\left(\frac{\ell}{2} m \frac{\ell}{2}\omega_0\right)\hat{z}$

N.B. $I = \frac{1}{2} m \ell^2 = \dots$

$|\Delta \vec{L}| = |\vec{L}_{fin}| - |\vec{L}_{IN}| = -|\vec{L}_{IN}| = |\vec{M}|\Delta t$

$\Rightarrow \vec{M} = -\frac{\vec{L}_{IN}}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{M}| = \frac{|\vec{L}_{IN}|}{\Delta t} = \frac{1}{2} m \ell^2 \omega_0 \frac{1}{\Delta t}$;

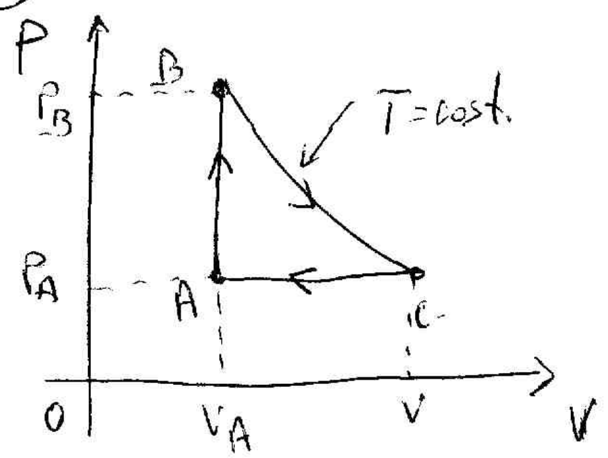
$\Rightarrow |\vec{M}| = \dots$

Conservazione momento angolare: $\vec{L}_{IN} = \vec{L}_{fin}$

$\Rightarrow \boxed{I_{IN}\omega_{IN} = I_{fin}\omega_{fin}} \Rightarrow \frac{m}{2}\ell^2\omega_0 = \frac{m}{2}(\ell + \alpha\ell)^2 \omega_{fin}$

$\Rightarrow \boxed{\omega_{fin} = \frac{\omega_0}{(1+\alpha)^2}} \Rightarrow \omega_{fin} < \omega_0$;

③



$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{P_B V_A}{nR} = T_C$

(B → C è isoterma).

$V_C = \frac{nRT_C}{P_C} = P_B/P_C \; V_A$

$Q_{BC} = L_{BC} = nRT_C \ln\frac{V_C}{V_B} = P_B V_A \ln P_B/P_A > 0$

$Q_{CA} = nc_p(T_A - T_C) = -nc_p\left(\frac{P_B V_A}{nR} - \frac{P_A V_A}{nR}\right) = -\frac{7}{2}V_A(P_B - P_A) < 0$

$Q_{AB} = nc_V(T_B - T_A) = nc_V\left(\frac{P_B V_A}{nR} - \frac{P_A V_A}{nR}\right) = \dots = \frac{3}{2}V_A(P_B - P_A) > 0$

$L = L_{BC} + L_{CA} = P_B V_A \ln P_B/P_A + P_A(V_A - V_C)$ $\quad \eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \dots$;

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO 14

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

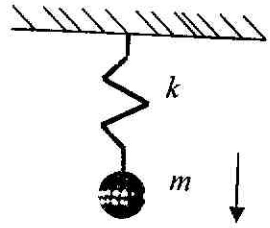
ESAME di FISICA I – prova del 3/09/2009

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

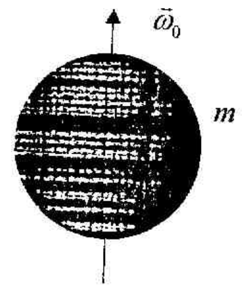
• 1 •

Un corpo di massa $m = 1.5$ Kg, soggetto alla forza peso, è collegato ad una molla di costante elastica $k = 75$ N/m e di lunghezza a riposo $l_0 = 15$ cm (vedi figura). Inizialmente la molla è compressa di un tratto $\Delta l = 5$ cm. Calcolare *i)* il massimo allungamento della molla e la posizione di equilibrio una volta che questa è lasciata libera, *ii)* la velocità del corpo quando la lunghezza della molla è pari alla lunghezza a riposo.



• 2 •

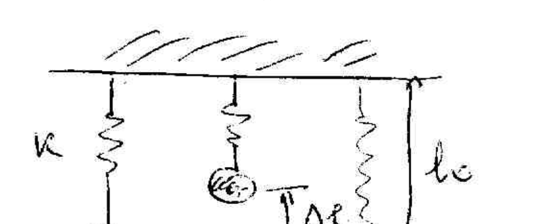
Una sfera di massa $m = 10$ Kg e di raggio $R = 20$ cm è in rotazione con una frequenza $f = 50\ s^{-1}$. Calcolare *i)* il momento angolare $\vec{L}$ posseduto dalla sfera, *ii)* il valore del modulo del momento della forza da applicare esternamente affinché la sfera raddoppi il modulo del momento angolare in un tempo $\Delta t = 10$ s e *iii)* la velocità angolare finale se a causa di forze interne il raggio della sfera diminuisce del 20 %. (Il momento di inerzia di una sfera vale $\frac{2}{5} mR^2$).



• 3 •

2 moli di gas perfetto monoatomico compiono una trasformazione ciclica così composta: $A \to B$ (adiabatica), $B \to C$ (isocora) e $C \to A$ (isoterma). Essendo $A \equiv (V_A; P_A)$, $B \equiv (V_B; P_B)$, $C \equiv (V_B; P_C)$ con $V_A > V_C$ e $P_B > P_C$ e $\bar{T}$ la temperatura della trasformazione isoterma, esprimere il calore assorbito, il calore ceduto ed il rendimento del ciclo in termini di V_A, V_C e $\bar{T}$.

1



Δl: contrazione iniziale. massimo allungamento si ottiene con la conservazione dell'energia

$$\boxed{mg(l+\Delta l) + \frac{1}{2}k\Delta l^2 = \frac{1}{2}k l^2}$$

$$\Rightarrow l = \frac{mg}{k}\left\{1 \pm \sqrt{1 + \frac{k(2mg+k\Delta l)\Delta l}{m^2g^2}}\right\}$$ ma l deve essere > 0

Massimo allungamento: $\boxed{l_0 + \frac{mg}{k}\left(1+\sqrt{1+\frac{k\Delta l(2mg+k\Delta l)}{m^2g^2}}\right)}$

Velocità nel punto di molla a riposo: $mg\Delta l + \frac{1}{2}k\Delta l^2 = \frac{1}{2}mv^2$

$\Rightarrow \boxed{v = \sqrt{2g\Delta l + k/m\, \Delta l^2}}$

(2) La velocità angolare $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$;

$$|\vec{L}| = I\omega = \tfrac{2}{5} m R^2 \, 2\pi f = \frac{4\pi}{5} m R^2 f;$$

$$\boxed{|\vec{L}| = \frac{4\pi}{5} m R^2 f} \; ; \quad \Delta\vec{L} = \vec{L}_{fin} - \vec{L}_{IN} \mp 2\vec{L}_{IN};$$

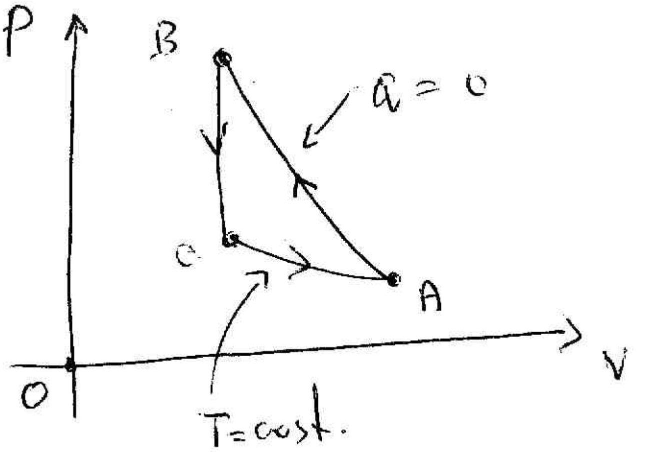
$$\frac{2\vec{L}_{IN}}{\Delta t} = \vec{M} \Rightarrow \boxed{|\vec{M}| = \frac{8\pi}{5} m R^2 f \frac{1}{\Delta t}}$$

Conservazione momento angolare:

$$I_{IN}\,\omega_{IN} = I_{fin}\,\omega_{fin} \Rightarrow \cancel{\tfrac{2}{5}} \cancel{m} R^2 \omega_{IN} = \cancel{\tfrac{2}{5}} \cancel{m} (R - \alpha R)^2 \omega_{fin}$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega_{fin} = \frac{\omega_{IN}}{(1-\alpha)^2}}$$ con $\alpha = 0.2$, quindi $\omega_{fin} > \omega_{IN}$.

(3)



$$Q_{AB} = 0; \quad Q_{BC} = n c_v (\bar{T} - T_B)$$

$$Q_{CA} = L_{CA} = nR \ln V_A/V_C$$

$$P_A = \frac{nR\bar{T}}{V_A};$$

$$P_A V_A^{\gamma} = P_B V_B^{\gamma} \Rightarrow P_B = \frac{nR\bar{T}}{V_A}\frac{V_A^{\gamma}}{V_B^{\gamma}} = nR\bar{T}\frac{V_A^{\gamma-1}}{V_B^{\gamma}};$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{\cancel{nR}\bar{T}}{V_B^{\gamma}} V_A^{\gamma-1} \frac{V_B}{\cancel{nR}} = \bar{T}\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1};$$

$$Q_{BC} = n c_v \left(\bar{T} - \bar{T}\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1}\right) = n c_v \bar{T}\left[1 - \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1}\right];$$

$$\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \ldots$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO 15

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA I – prova del 2/10/2009

Studente ______________________________ matricola ________

Anno Accademico di immatricolazione ________

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Uno sciatore viene tirato su per un pendio dal dispositivo di traino di una sciovia a velocità costante. Il pendio è inclinato di 25° rispetto al piano orizzontale. La forza applicata allo sciatore dal dispositivo di traino è parallela al pendio. La massa dello sciatore è 55 Kg ed il coefficiente d'attrito tra gli sci e la neve è $\mu = 0.12$. Si trovi il modulo della forza che il dispositivo di traino esercita sullo sciatore.

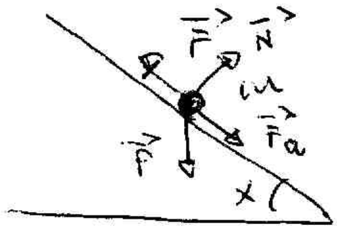
• 2 •

I tuffatori di Acapulco si lanciano, in direzione orizzontale, da una piattaforma rocciosa, all'incirca $h = 35$ m al di sopra dell'acqua, ma devono evitare gli scogli che si estendono per una distanza $d = 5$ m dalla base della piattaforma, immediatamente sotto al punto di lancio dei tuffatori. Calcolare la velocità di lancio minima per evitare che i tuffatori cadano sugli scogli.

• 3 •

Una mole di gas ideale descrive il seguente ciclo: dallo stato iniziale A ($T_A = 560$ °K) passa allo stato B con una trasformazione isoterma reversibile; di qui, con una trasformazione isocora reversibile, passa allo stato C ($T_C = 280$ °K); infine dallo stato C ritorna allo stato A con una trasformazione adiabatica reversibile. Calcolare il rendimento del ciclo.

1

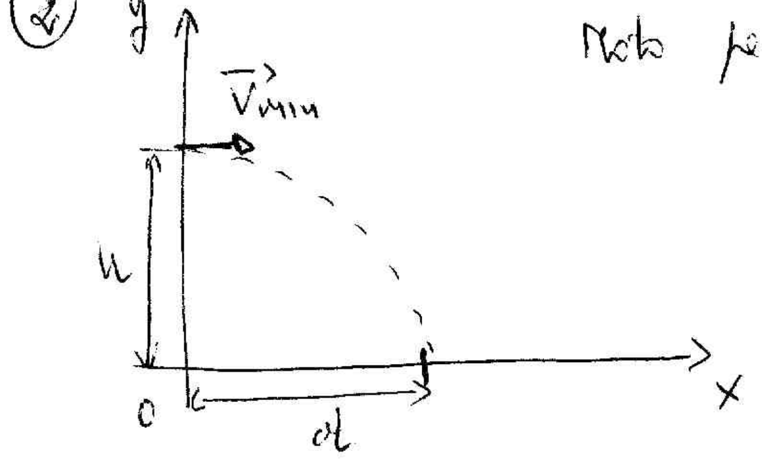


$$\vec{a} = 0 \iff \begin{cases} F - \mu_D|\vec{N}| - mg\sin\alpha = 0 \\ |\vec{N}| - mg\cos\alpha = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad F - \mu_D mg\cos\alpha - mg\sin\alpha = 0$$

$$\boxed{F = mg(\mu_D\cos\alpha + \sin\alpha)}$$

(2)



Moto parabolico

$$\begin{cases} x = x(t) = V_{min}\, t \\ y = y(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

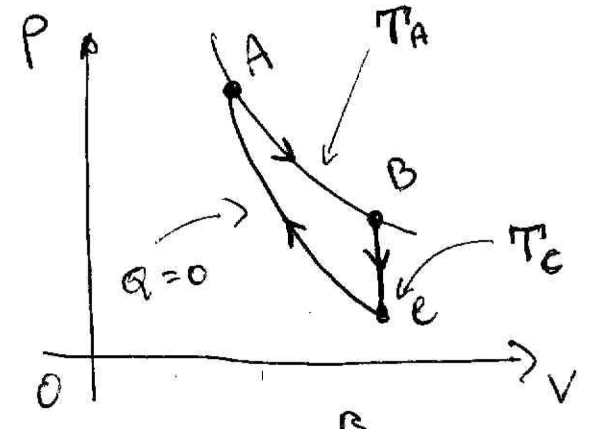
$d = V_{min}\, t \Rightarrow t = d/V_{min}$

$\cancel{ht}\quad y\left(d/V_{min}\right) = 0 \Rightarrow 0 = h - \frac{1}{2} g \left(d/V_{min}\right)^2$

$\Rightarrow 0 = h - \frac{1}{2} g \frac{d^2}{V_{min}^2}$

$$\boxed{V_{min} = \sqrt{\frac{g d^2}{2h}}}$$

(3)



$\underline{T_C < T_A}$ $\quad n = 1$

$$Q_{AB} = L_{AB} = \int_A^B p\, dV = \dots = R T_A \ln V_B/V_A > 0$$

$$Q_{BC} = n c_v (T_C - T_B) = c_v (T_C - T_A) < 0; \quad L_{BC} = 0;$$

$$L_{CA} = \int_C^A p\, dV = \dots = \frac{1}{1-\gamma}\left(P_A V_A - P_C V_C\right) = -\frac{R}{\gamma-1}\left(T_A - T_C\right) < 0$$

$$\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \frac{R T_A \ln V_B/V_A - \frac{R}{\gamma-1}(T_A - T_C)}{R T_A \ln V_B/V_A} = 1 - \frac{T_A - T_C}{(\gamma-1) T_A \ln V_B/V_A} = \dots$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO 16

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA I – prova del 2/10/2009

Studente ______________________________ matricola ________

Anno Accademico di immatricolazione ________

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Una locomotiva sta trainando due carri merce con un'accelerazione $a = 0.52$ m/s^2. La massa del primo carro è $M_1 = 51300$ Kg, mentre quella del secondo carro è $M_2 = 18400$ Kg. Sapendo che il coefficiente d'attrito con i binari è $\mu = 0.2$, calcolare la tensione T_1 nel gancio di trazione fra la locomotiva ed il primo carro e la tensione T_2 nel gancio di trazione fra primo e secondo carro.

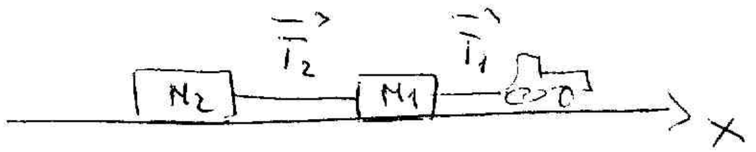
• 2 •

Un corpo scivola lungo un piano scabro, inclinato di un angolo di 20° rispetto all'orizzonte. Il corpo si trova, per $t = 0$, ad un'altezza $h = 3$ m e possiede una velocità pari a 2.5 m/s; il coefficiente d'attrito vale 0.16. Determinare il tempo che impiega per giungere in fondo al piano.

• 3 •

Un gas ideale monoatomico descrive il seguente ciclo: dallo stato iniziale A, passa allo stato B ($T_B = 1210$ °K) con un aumento isocoro reversibile della pressione; di qui, con un'espansione adiabatica reversibile, passa allo stato C ($T_C = 610$ °K); infine dallo stato C ritorna allo stato A con una compressione isobara reversibile. Calcolare il rendimento del ciclo.

1



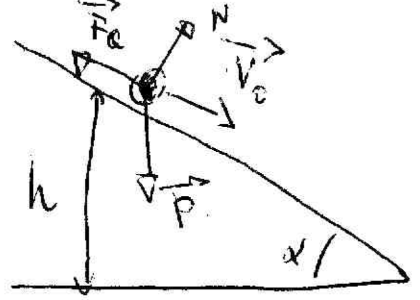
$$\begin{cases} T_2 - \mu_D M_2 g = M_2 a \\ T_1 - T_2 - \mu_D M_1 g = M_1 a \end{cases} \Rightarrow T_1 - \mu_D g (M_1 + M_2) = (M_1 + M_2) \cdot a$$

$$\Rightarrow \boxed{T_1 = (M_1 + M_2)[\mu_D g + a]}$$

$$T_2 = (M_1 + M_2)[\mu_D g + a] - \mu_D M_1 g - M_1 a$$

$$\boxed{T_2 = M_2(\mu_D g + a)}$$

(2)



$$\begin{cases} mg\sin\alpha - \mu_D|\vec{N}| = ma \\ |\vec{N}| - mg\cos\alpha = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad a = g(\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha)$$

$$S(t) = S_0 + V_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$

$$S(t) = V_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2 \qquad \text{per } t = \tau \quad S(\tau) = \frac{h}{\sin\alpha}$$

$$\frac{h}{\sin\alpha} = V_0\tau + \tfrac{1}{2}(g\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha)\tau^2$$

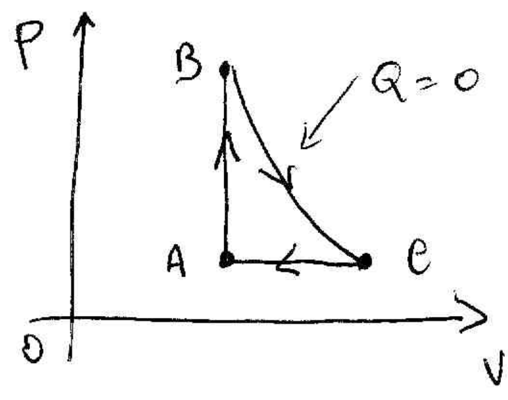
$$\Rightarrow (g\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha)\tau^2 + 2V_0\tau - \frac{2h}{\sin\alpha} = 0$$

$$\tau = \left(-V_0 \pm \sqrt{V_0^2 + g(\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha)\frac{2h}{\sin\alpha}}\right)\frac{1}{g\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha}$$

ma τ deve essere > 0. Quindi,

$$\boxed{\tau = \frac{-V_0 + \sqrt{V_0^2 + \frac{2hg}{\sin\alpha}(\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha)}}{g\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha}}$$

(3)



$C_V = \frac{3}{2}R$; $C_p = \frac{5}{2}R$;

$\gamma = C_p/C_V = 5/3$;

$L_{AB} = 0 \quad Q_{AB} = nC_V(T_B - T_A) =$

$= \frac{3n}{2}R(T_B - T_A) > 0$;

$$L_{BC} = \frac{1}{1-\gamma}(P_C V_C - P_B V_B) = \frac{R}{5/3 - 1}(T_B - T_C) > 0$$

$$L_{CA} = \ldots = -P_A(V_C - V_A) < 0 ; \quad Q_{CA} = nC_p(T_A - T_C) = \frac{5n}{2}R(T_A - T_C) < 0$$

$$\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \ldots$$

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

17

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA – prova del 14/12/2009

Studente ______________________________ matricola ________

Anno Accademico di immatricolazione ________

Traccia 1/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Un punto materiale di massa $m = 0.8$ Kg, inizialmente in quiete, è sottoposto all'azione di una forza $\vec{F} = F\,\hat{x}$ con $F = 16$ N. Dopo un tempo pari a $\tau_1 = 3$ sec cessa l'azione della forza $\vec{F}$ e si osserva che il punto rallenta uniformemente fermandosi dopo un tempo pari a $\tau_2 = 6$ sec. Calcolare la forza $\vec{F}_0 = F_0\,\hat{x}$ che agisce durante la frenata e lo spazio percorso.

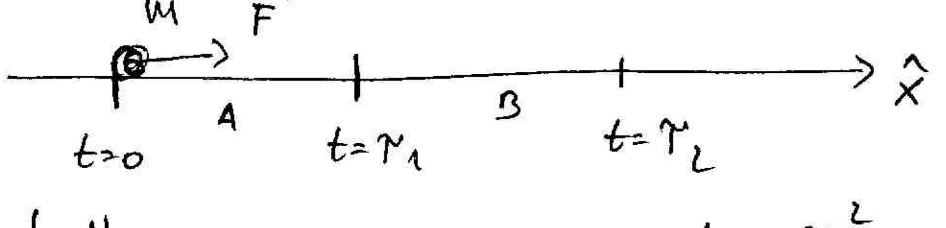
• 2 •

Un punto materiale si muove lungo una circonferenza di raggio $R = 1,8$ m con un'accelerazione angolare di modulo $\alpha = 2,39$ rad/sec^2 e all'istante $t = 0$ si ha $\vartheta(0) = 0$ e $\omega(0) = 0$. Dopo mezzo giro il moto è uniformemente decelerato ed il punto si ferma dopo un altro mezzo giro. Calcolare l'accelerazione angolare nel secondo mezzo giro ed il tempo totale a percorrere un giro completo.

• 3 •

Una mole di gas perfetto monoatomico compie una trasformazione ciclica così composta: $A \equiv (P_0, V_0) \rightarrow B \equiv (P_0, 2V_0)$ (isobara), $B \rightarrow C \equiv \left(P_0/32, 16V_0\right)$ (adiabatica), $C \rightarrow D \equiv \left(P_0/32, 8V_0\right)$ (isobara) ed infine $D \rightarrow A$ (adiabatica). Calcolare il rendimento del ciclo.

1



tratto A: $s(\tau_1) = \frac{1}{2} a_A \tau_1^2$;

$a_A = F/m$

$v(\tau_1) = a_A \tau_1$;

tratto B: $s(\tau_2) = v_0 \tau_2 - \frac{1}{2} a_B \tau_2^2 = a_A \tau_1 \tau_2 - \frac{1}{2} a_B \tau_2^2$;

a_B vale tale che $v(\tau_2) = 0 \Rightarrow v_0 - a_B \tau_2 = 0$ $\quad a_B = v_0/\tau_2$;

$a_B = a_A \tau_1/\tau_2 = F/m \; \tau_1/\tau_2$; $\quad \boxed{F_0 = m\,a_B = F\,\tau_1/\tau_2}$

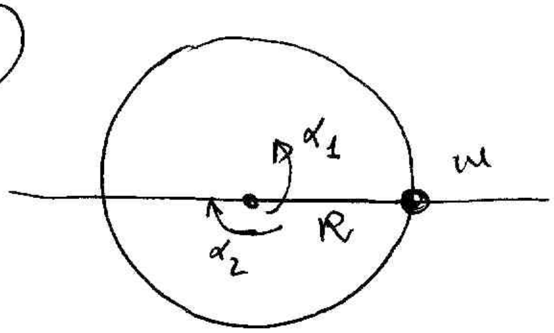
Lo spazio percorso vale: $S(\tau_1) + S(\tau_2)$.

$$S = \frac{1}{2} F/m\, \tau_1^2 + F/m\, \tau_1 \tau_2 - \frac{1}{2} F/m\, \tau_1/\cancel{\tau_2}\, \tau_2^2$$

$$S = \frac{1}{2} F/m\, \tau_1^2 + \frac{1}{2} F/m\, \tau_1 \tau_2 = \frac{1}{2} F/m\, \tau_1 (\tau_1 + \tau_2)$$

$$\boxed{S_{TOT} = \frac{1}{2} F/m\, \tau_1 (\tau_1 + \tau_2)}$$

(2)



$$\theta(t) = \frac{1}{2} \alpha_1 t^2$$

$$\theta(\tau_1) = \pi \Rightarrow \pi = \frac{1}{2} \alpha_1 \tau_1^2$$

$$\Rightarrow \boxed{\tau_1 = \sqrt{\frac{2\pi}{\alpha_1}}}$$

$$\omega(t) = \alpha_1 t \Rightarrow \omega(\tau_1) = \alpha_1 \sqrt{2\pi/\alpha_1} = \sqrt{2\pi\alpha_1};$$

Nel secondo "mezzo giro"

$$\begin{cases} \theta(t) = \omega_0 t - \frac{1}{2}\alpha_2 t^2 = \sqrt{2\pi\alpha_1}\, t - \frac{1}{2}\alpha_2 t^2 \\ \omega(t) = \omega_0 - \alpha_2 t = \sqrt{2\pi\alpha_1} - \alpha_2 t \end{cases}$$

$$\omega_f^2 - \omega_i^2 = 2\theta\alpha \Rightarrow 0 - 2\pi\alpha_1 = 2\pi(+\alpha_2)$$

$\Rightarrow \boxed{\alpha_2 = +\alpha_1}$ Il moto è decelerato con lo stesso modulo!

$$\pi = \theta(\tau_2) = \sqrt{2\pi\alpha_1}\, \tau_2 - \frac{1}{2}\alpha \tau_2^2 \Rightarrow \tau_2 = \sqrt{\frac{2\pi}{\alpha_1}};$$

Il tempo è lo stesso.

$$\Rightarrow T = \tau_1 + \tau_2 = 2\sqrt{2\pi/\alpha_1};$$

(3) Continua nel foglio successivo.

Continua nel foglio successivo.

18

UNIVERSITA' degli STUDI del SANNIO

FACOLTA' di INGEGNERIA

CORSO di LAUREA in INGEGNERIA CIVILE

ESAME di FISICA – prova del 14/12/2009

Studente ______________________________ matricola ________

Anno Accademico di immatricolazione ________

Traccia 2/2

Gli esercizi che non contengono tutti i calcoli, con relative spiegazioni e commenti sui singoli passaggi, saranno considerati insufficienti.

• 1 •

Un punto materiale di massa $m = 3$ Kg scivola senza attrito su un piano inclinato partendo con velocità iniziale pari a $v_0 = 2$ m/sec per un tratto $l = 8$ m. In fondo al piano inclinato vi è una molla che arresta il moto del punto essendosi contratta di una lunghezza $x = 10$ cm. Calcolare il coefficiente elastico della molla. Sia $\alpha = \pi/3$ l'angolo del piano inclinato e si consideri nulla l'energia potenziale gravitazionale quando la molla è contratta.

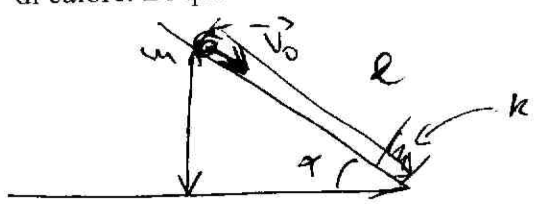
• 2 •

Un bombardiere che viaggia alla velocità $v_0 = 275$ m/sec rispetto al suolo alla quota $h = 3$ Km sgancia una bomba. A quale distanza, rispetto alla verticale al di sotto del punto in cui viene sganciata, la bomba colpirà il suolo? Quando la bomba colpisce il suolo dove si troverà l'aereo?

• 3 •

La temperatura di 2 moli di un gas perfetto aumenta poiché il gas assorbe 750 J di calore in condizioni di volume costante. In condizioni di pressione costante, la temperatura aumenta della stessa quantità quando il gas assorbe 1000 J di calore. Di quanti kelvin varia la temperatura [$R = 8.315$ J/mole °K].

1

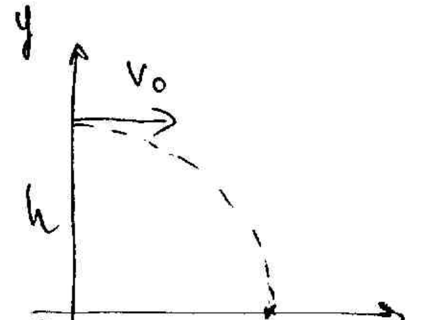


Conservazione energia meccanica

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgl\sin\alpha = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\boxed{k = \frac{mv_0^2 + 2mgl\sin\alpha}{x^2}}$$

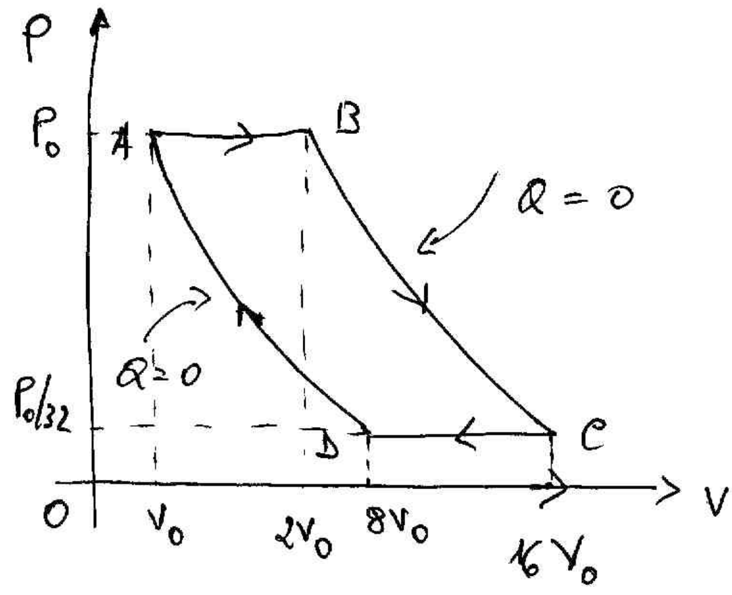
2



$$\begin{cases} y(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 & \Rightarrow T = \sqrt{2h/g} \\ x(t) = v_0 t & \Rightarrow \boxed{x_g = v_0\sqrt{2h/g}} \end{cases}$$

L'aereo si troverà esattamente nel punto di impatto della bomba poiché entrambi si muovono con la stessa velocità.

③ (1/2)



$$Q_{BC} = Q_{DA} = 0$$

$$L_{AB} = P_0(V_B - V_A) = P_0 V_0 > 0$$

$$L_{CD} = \frac{P_0}{32}(V_D - V_C) = -\frac{\cancel{8}^{1}}{\cancel{32}_{4}} P_0 V_0 < 0$$

$$L_{BC} = \frac{1}{1-\gamma}\left(P_C V_C - P_B V_B\right) = \frac{1}{1-\gamma}\left(\frac{P_0}{32} 16 V_0 - P_0 2V_0\right) = \frac{-1}{1-\gamma}\,\frac{3}{2}(P_0V_0) = \frac{3 P_0 V_0}{2(\gamma-1)} > 0$$

$$L_{DA} = \frac{1}{1-\gamma}\left(P_A V_A - P_D V_D\right) = \frac{1}{1-\gamma}\left(P_0V_0 - \frac{P_0}{32} 8V_0\right) = -\frac{3 P_0 V_0}{4(\gamma-1)} < 0 ;$$

$$L_{TOT} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} = \frac{3}{4} P_0 V_0 + \frac{3 P_0 V_0}{4(\gamma-1)} = \frac{3 P_0 V_0}{4}\left[\frac{1}{(\gamma-1)} + 1\right] = \frac{15}{8} P_0 V_0 ;$$

$$Q_{AB} = n c_p (T_B - T_A) = \frac{5}{2} R\left(\frac{P_B V_B}{R} - \frac{P_A V_A}{R}\right) = \frac{5}{2} P_0 V_0 > 0.$$

$$Q_{CD} = n c_p (T_D - T_C) = \dots = -\frac{5}{8} P_0 V_0 ;$$

$$\boxed{\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \frac{15/8\, \cancel{P_0V_0}}{5/2\, \cancel{P_0V_0}} = 3/4 ;}$$

③ (2/2)

Lungo l'isocora : $Q_1 = n c_v (T_B - T_A) = 750\,J$

lungo l'isobara : $Q_2 = n c_p (T_B - T_A) = 1000\,J$

$$Q_2 - Q_1 = n(c_p - c_v)(T_B - T_A) = 250\,J$$

$$2R(T_B - T_A) = 250\,J \quad \Rightarrow \quad \boxed{T_B - T_A = \frac{250\,J}{2R}}$$