

Università degli Studi di Parma
 Corso di Laurea in Ingegneria Informatica, Elettronica e delle Telecomunicazioni
FISICA GENERALE 1 (13 giugno 2016)

Nome Cognome:

Numero di matricola:

Barrare il compito che si è svolto (in assenza di questa dichiarazione, il compito è automaticamente nullo):

☐ **compito intero**

☐ **parte II**

Nota: Gli studenti che hanno superato la prova intermedia possono completare la prova svolgendo i 3 esercizi della Parte II (tempo 2 ore dall'inizio della prova);

Gli studenti che devono (o vogliono) sostenere la prova scritta completa devono svolgere i 2 esercizi della Parte I e 2 esercizi della parte II, scelti tra i 3 proposti (tempo 2 ore e 40 minuti dall'inizio della prova).

Parte I (meccanica)

I-1 Un corpo puntiforme di massa $m = 1.50 \text{ kg}$ è legato tramite un filo ideale (inestensibile e di massa trascurabile) di lunghezza $l = 80 \text{ cm}$ ad un punto fisso O . Il corpo si trova all'esterno di una guida circolare di centro O e di raggio l disposta su un piano **verticale**. In questo modo, in caso di scivolamento lungo la guida il corpo è vincolato a rimanere sempre a distanza l da O . Il punto A lungo la guida è individuato dall'angolo $\theta_A = 60^\circ$. Si supponga che il corpo inizi a scivolare verso destra partendo dalla sommità della guida (come mostrato in figura) con una velocità iniziale nulla. Supponendo gli attriti trascurabili e che la tensione iniziale del filo sia nulla, determinare:

- il modulo della velocità v_A del corpo nel punto A ;
- le componenti dell'accelerazione del corpo (tangenziale $a_{\parallel}$ e normale $a_{\perp}$ alla guida) nel punto A ;
- i moduli della tensione T del filo e della reazione normale N della guida nel punto A (*si noti che quando $N \neq 0$, T è nulla infatti l'oggetto è appoggiato e la corda non è tesa, analogamente se $T \neq 0$, N è nulla quindi solo una delle due forze è non nulla e bisogna dire quale e quanto vale nel punto A*).

Risposte (espressione analitica e valore numerico):

I-1a) $v_A = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta_A)} = \sqrt{gl} = 2.7 \text{ m/s}$

I-1b) $a_{\parallel} = g \sin\theta_A = 8.5 \text{ m/s}^2$
 $a_{\perp} = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta_A)} = g = 9.8 \text{ m/s}^2$

I-1c) $T - N + mg \cos\theta = a_{\perp} m$

$T - N = \frac{mg}{2} > 0 \Rightarrow N = 0$

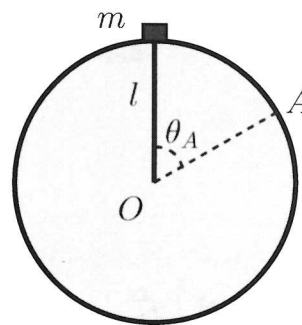
$T = \frac{mg}{2} = 7.35 \text{ N}$

in generale:

$T - N = 2mg(1 - \cos\theta) - mg \cos\theta$

$= 2mg(1 - \frac{3}{2}\cos\theta) > 0 \cdot \cos\theta < \frac{2}{3}$

$\Rightarrow \theta > 48^\circ \quad N = 0 \quad T \neq 0$



I-2 Un cilindro omogeneo di massa $M = 10 \text{ kg}$ e raggio $R = 12 \text{ cm}$ poggia su un piano orizzontale. Al centro di massa del cilindro è agganciata una corda ideale (instensibile e di massa trascurabile) al cui altro estremo è appeso un corpo di massa m . La puleggia indicata in figura si intende di massa trascurabile e priva di attrito.

Sapendo che il coefficiente di attrito statico tra cilindro e piano è $\mu_s = 0.250$ determinare:

a) il valore massimo di m , m_{max} , entro il quale il moto del cilindro è di puro rotolamento.

Sapendo poi che il coefficiente di attrito dinamico tra cilindro e piano è $\mu_k = \frac{1}{2}\mu_s$ e supponendo $m = 25.0 \text{ kg}$, dire se il moto del cilindro è di puro rotolamento o no e determinare:

b) l'accelerazione lineare a con cui scende il corpo di massa m e l'accelerazione angolare α del cilindro.

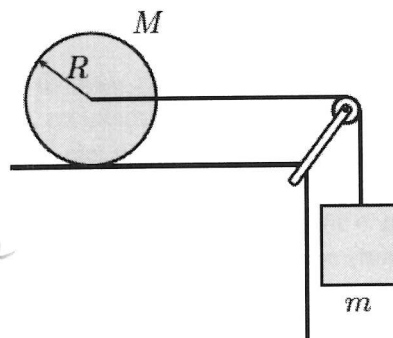
Risposte (espressione analitica e valore numerico):

I-2a) $m_{max} = \mu_s \frac{3M}{1-2\mu_s} = 15 \text{ kg}$

puro rotolamento: si ☐ no ☒

I-2b) $a = \frac{g(m - \mu_k M)}{M + m} = 6.65 \text{ m/s}^2$

$\alpha = \frac{2\mu_k g}{R} = 20.4 \text{ rad/s}^2$



$$-T + mg = ma$$

$$+T - f_s = Ma$$

$$f_s R = I\alpha = \frac{1}{2}MR^2 \frac{a}{R} \Rightarrow f_s = \frac{Ma}{2}$$

$$m(g - a) = T = Ma + f_s \Rightarrow mg - m \frac{2f_s}{M} = 3f_s \Rightarrow mg = f_s \left(3 + \frac{2m}{M}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{mM}{3M + 2m} g = f_s \leq \mu_s Mg \Rightarrow \frac{m}{3M + 2m} \leq \mu_s$$

$$m \leq (3M + 2m)\mu_s \quad m \leq \frac{3M\mu_s}{1 - 2\mu_s}$$

$$-T + mg = ma$$

$$T - \mu_k Mg = Ma$$

$$T = m(g - a)$$

$$m(g - a) - \mu_k Mg = Ma \Rightarrow a = \frac{g(m - \mu_k M)}{M + m}$$

$$f_k R = I\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{\mu_k Mg R}{\frac{1}{2}MR^2} = \frac{2\mu_k g}{R}$$

Parte II (onde, fluidi, termodinamica)

II-1 Una corda di massa $m = 2.8 \text{ g}$ è tesa tra i due morsetti di una chitarra distanti $l = 70 \text{ cm}$. Calcolare:

- la massima velocità di propagazione dell'onda nella corda in corrispondenza della nota La (440 Hz);
- il corrispondente valore della tensione della corda.

Risposte (espressione analitica e valore numerico):

II-1a) $n\lambda = 2l$ $v = \lambda f = \frac{2l}{m} n = 1.2$ $v_{max} = v_1 = \frac{2l}{1} = 666 \text{ m/s}$

II-1b) $T = \frac{mv^2}{l} = 1518 \text{ N}$

II-2 In un recipiente cilindrico con pareti adiabatiche di area di base $A = 500 \text{ cm}^2$, è contenuta dell'acqua fino ad una quota $h = 50.0 \text{ cm}$ (vedi figura). Il recipiente è chiuso superiormente con un pistone adiabatico a tenuta, di massa $M = 100 \text{ kg}$, che può scorrere liberamente in verticale. Tra acqua e pistone sono presenti n moli di un gas ideale biatomico. Sapendo che il sistema è in equilibrio meccanico e termico, che la temperatura di gas e acqua è pari a $T_0 = 300 \text{ K}$ e che il pistone è ad una distanza $h_1 = 5.00 \text{ cm}$ dall'acqua, determinare (tenendo conto anche della pressione atmosferica):

- il numero di moli n di gas presenti.

Supporre poi che al sistema acqua + gas venga fornita (lentamente) una quantità di calore $Q = 15 \times 10^5 \text{ J}$. Determinare:

- la temperatura finale T_f di gas e acqua;
- la distanza finale, h_{1f} , tra pistone e acqua;
- la velocità con cui zampillerebbe l'acqua se venisse praticato un forellino (di sezione molto inferiore alla base del recipiente. (Supporre che il volume dell'acqua non vari sensibilmente al variare della temperatura e che la massa del gas sia trascurabile rispetto a quella del pistone)

Risposte (espressione analitica e valore numerico):

II-2a) $pV = nRT$ $p = p_0 + \frac{Mg}{A}$ $n = \frac{(p_0 + \frac{Mg}{A}) A h_1}{RT} = 0.121 \text{ mol}$

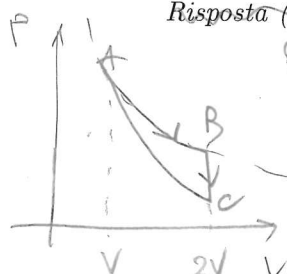
II-2b) $Q = Q_{H_2O} + Q_{gas}$ $Q_{H_2O} = C_{H_2O} \rho h A (T_f - T_0) = 105 \cdot 10^3 (T_f - T_0)$

II-2c) $Q_{gas} = n c_p (T_f - T_0) = 0.12 \cdot \frac{7}{2} R (T_f - T_0) = 3.5 (T_f - T_0) \ll Q_{H_2O}$
 $\Rightarrow T_f = T_0 + \frac{15}{1.05} = 314^\circ \text{K}$

II-2d) $p + \rho g h = p_0 + \frac{\rho v^2}{2}$ $\frac{Mg}{A} + \rho g h = \frac{\rho v^2}{2}$ $v = \sqrt{2gh + \frac{2Mg}{A\rho}}$
 $= 7 \text{ m/s}$

II-3 Un gas ideale monoatomico compie un ciclo reversibile, costituito da una espansione isoterma AB, dove il gas raddoppia il volume, da una isocora BC e da una adiabatca CA. Calcolare il rendimento del ciclo.

Risposta (espressione analitica e valore numerico):



$Q_{AB} = nRT \ln 2 = p_A V_A \ln 2$ $p_C V_C^\gamma = p_A V_A^\gamma \Rightarrow p_C = p_A \left(\frac{V}{2V}\right)^\gamma = p_A 2^{-\gamma}$ $\gamma = \frac{5}{3}$ $\gamma - 1 = \frac{2}{3} = 0.67$
 $Q_{BC} = n C_V (T_C - T_B) = \frac{n}{2} R (T_C - T_B) = \frac{3}{2} (p_C V_C - p_B V_B) = \frac{3}{2} V_A p_A (2^{-\gamma+1} - 1) < 0$
 $\eta = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_A} = 1 - \frac{\frac{3}{2} V_A p_A (1 - 2^{1-\gamma})}{p_A V_A \ln 2} = 1 - \frac{1 - 2^{-0.67}}{2 \ln 2} = 0.2...$