SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE
Corso di laurea in Ingegneria Clinica

Anno Accademico 2020-2021
Prova scritta dell'esame di Fisica I - 15 settembre 2021

Risolvete, prima analiticamente poi numericamente, gli esercizi seguenti.

1. Un pattinatore procede alla velocità iniziale di $v_0 = 10\,\mathrm{m/s}$ su un piano ghiacciato e si arresta, a causa delle forze di attrito tra pattini e ghiaccio, dopo aver percorso una distanza $d = 102\,\mathrm{m}$. Si calcoli lo spazio di arresto nel caso in cui il piano ghiacciato sia inclinato di un angolo pari a $\theta = 2°$ rispetto all'orizzontale (a) in salita ed (b) in discesa. Determinare, infine, il valore dell'angolo di inclinazione del piano affinché il pattinatore si muova di moto rettilineo uniforme.

2. Un sottile anello rigido di raggio r è appeso a un chiodo e giace in un piano verticale. Il periodo delle piccole oscillazioni dell'anello attorno alla sua posizione di equilibrio è di $2\,\mathrm{s}$. Si determini il valore di r.

3. I valori iniziali di volume e pressione di una certa quantità di gas perfetto sono rispettivamente V_1 e p_1. Il gas subisce un processo isocoro (processo 1-2) che triplica la pressione; successivamente segue un processo isobaro (processo 2-3) che riduce il volume a metà del volume iniziale; infine il gas si espande adiabaticamente e, mentre il volume del gas raddoppia, la sua temperatura assoluta diminuisce di un fattore 1,32 (processo 3-4). Determinare la temperatura iniziale (T_1) e finale del gas (T_4), conoscendo la temperatura dopo il primo processo (isocoro) $T_2 = 1083\,\mathrm{K}$; determinare inoltre la tipologia di gas (monoatomico o biatomico).

4. Un sistema termodinamico passa reversibilmente da uno stato A a uno stato B assorbendo una quantità di calore $Q_1 = 100\,\mathrm{J}$ da una sorgente termica alla temperatura $T_1 = 350\,\mathrm{K}$ e cedendo una quantità di calore $Q_2 = 50\,\mathrm{J}$ a una sorgente termica alla temperatura $T_2 = 300\,\mathrm{K}$. Nel passare dallo stato A allo stato B il sistema compie un lavoro $L = 30\,\mathrm{J}$. Si determini la variazione di energia interna e di entropia del sistema.

SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 15/09/2021
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CLINICA

Esercizio N. 1

Indicando con t^* il tempo impiegato dal pattinatore per percorrere la distanza d, si ha:

$$v(t) = v_0 - \mu_d g t \quad \Rightarrow \quad t^* = \frac{v_0}{\mu_d g}$$

e quindi

$$x(t) = v_0 t - \frac{1}{2}\mu_d g t^2 \quad \Rightarrow \quad \mu_d = \frac{v_0^2}{2gd} = 0,05.$$

Pista inclinata di θ in salita:

$$a_{\text{sal}} = -g(\sin\theta + \mu_d \cos\theta) = -0{,}832\,\text{m/s}^2$$

da cui

$$d_{\text{sal}} = -\frac{1}{2}\frac{v_0^2}{a_{\text{sal}}} = \frac{v_0^2}{2g(\sin\theta + \mu_d\cos\theta)} = 60\,\text{m}.$$

Pista inclinata di θ in discesa:

$$a_{\text{dis}} = g(\sin\theta - \mu_d \cos\theta) = -0{,}148\,\text{m/s}^2$$

da cui

$$d_{\text{dis}} = -\frac{1}{2}\frac{v_0^2}{a_{\text{dis}}} = \frac{v_0^2}{2g(\sin\theta - \mu_d\cos\theta)} = 338{,}2\,\text{m}.$$

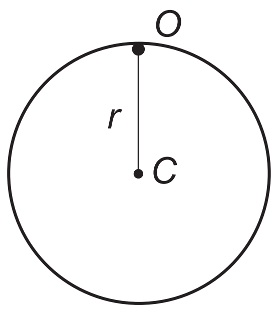
Aumentando l'angolo θ di inclinazione del piano, in discesa, si ottengono le condizioni di moto uniforme:

$$a_{\text{dis}} = g(\sin\theta - \mu_d\cos\theta) = 0 \quad \Rightarrow \quad \tan\theta = \mu_d \quad \Rightarrow \quad \theta = \arctan\mu_d = 2{,}86°.$$

Nota: l'esercizio può essere risolto anche applicando il teorema del lavoro e dell'energia cinetica.

Esercizio N. 2

Data l'espressione del periodo delle piccole oscillazioni di un pendolo fisico vincolato a ruotare attorno a un asse orizzontale, il periodo dell'anello, se m è la sua massa e O indica la posizione del chiodo, è:



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_o}{mgr}}$$

dove

$$I_o = I_c + mr^2 = mr^2 + mr^2 = 2mr^2.$$

Si trova quindi

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2r}{g}} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{g}{2}\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \simeq 50\,\text{cm}.$$

Esercizio N. 3

Per il processo isocoro (1-2) si ha:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{3p_1}{T_2} \quad \Rightarrow \quad T_1 = \frac{T_2}{3} = 361\,\mathrm{K}.$$

Per il processo isobaro (2-3) si ha:

$$\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{2T_3} \quad \Rightarrow \quad T_3 = \frac{T_2}{2} = 541{,}5\,\mathrm{K} \quad \Rightarrow \quad T_4 = \frac{T_3}{1.32} = 410{,}2\,\mathrm{K}.$$

Inoltre, considerando l'espansione adiabatica (3-4), si ha:

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_3}{T_4} = 1,32 \quad \Rightarrow \quad 2^{\gamma-1} = 1,32$$

da cui si ottiene

$$\gamma = 1 + \frac{\log 1,32}{\log 2} = 1,4.$$

Il gas perfetto risulta essere biatomico.

Esercizio N. 4

Dal primo principio della termodinamica applicato al sistema si ha:

$$\Delta U = (Q_1 - Q_2) - L = 20\,\mathrm{J}.$$

Poiché il sistema passa reversibilmente dallo stato A allo stato B, deve essere

$$\Delta S_{\text{univiverso}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta S_{\text{ambiente}} + \Delta S_{\text{sistema}} = 0$$

e quindi si ottiene

$$\Delta S_{\text{sistema}} = -\Delta S_{\text{ambiente}} = -\left(-\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2}\right) = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} \simeq 0{,}12\,\mathrm{J/K}.$$