



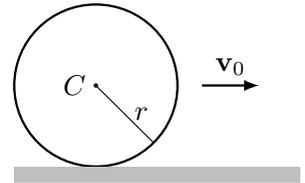
FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE  
Corso di laurea in Ingegneria Clinica

Anno Accademico 2023-2024  
Prova scritta dell'esame di Fisica I - 5 luglio 2024

*Risolvete, prima analiticamente poi numericamente, gli esercizi seguenti.*

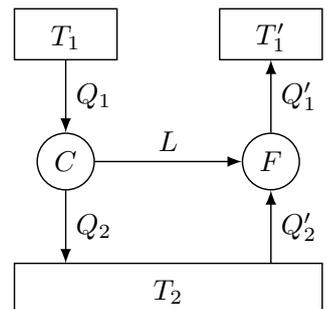
1. Un punto materiale di massa  $m = 0,1 \text{ kg}$  viene lanciato verso l'alto con velocità di modulo  $v_0 = 100 \text{ m/s}$ , in una direzione che forma l'angolo  $\vartheta = 45^\circ$  con l'orizzontale. Sul punto materiale agisce una forza addizionale costante  $F = 0,8 \text{ N}$  parallela all'asse orizzontale  $x$  e dovuta al vento (a favore). Sono trascurabili le forze di attrito. Determinare la quota massima raggiunta dal punto materiale e la gittata del lancio.

2. Un cilindro retto di massa  $m$  e raggio  $r$  trasla senza ruotare lungo una superficie orizzontale liscia con velocità  $\mathbf{v}_0$  costante e parallela alla superficie. Da un certo punto in avanti, però, la superficie orizzontale diventa scabra. Si determini la velocità del centro di massa del cilindro quando ha inizio il moto di puro rotolamento.



3. Un gas è contenuto all'interno di un cilindro, con pareti adiabatiche, di diametro  $D = 10 \text{ cm}$ . La parte superiore del cilindro è chiusa da un pistone di massa  $m = 5 \text{ kg}$  libero di scorrere senza attrito, inizialmente fermo. All'esterno la pressione viene mantenuta a  $1 \text{ atm}$ . A un certo istante il gas viene riscaldato con una quantità di calore  $Q = 140 \text{ J}$  e si osserva che il pistone si solleva molto lentamente di  $10 \text{ cm}$  rispetto alla posizione iniziale. Determinare la variazione di energia interna del gas tra lo stato iniziale e lo stato finale.

4. È stato progettato un sistema termodinamico nel quale il lavoro prodotto da una macchina di Carnot ( $C$ ) viene utilizzato per far funzionare un frigorifero non ideale ( $F$ ) secondo lo schema illustrato nella figura. Si determinino i calori  $Q_2$  e  $Q'_2$  e il lavoro  $L$ ; si spieghi, inoltre, se e perché il sistema può o non può funzionare. ( $T_1 = 400 \text{ K}$ ;  $T'_1 = 350 \text{ K}$ ;  $T_2 = 300 \text{ K}$ ;  $Q_1 = 1000 \text{ J}$ ;  $Q'_1 = 100 \text{ J}$ .)





SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 05/07/2024  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CLINICA

**Esercizio N. 1**

Leggi orarie del moto sono:

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \vartheta t + \frac{1}{2} \frac{F}{m} t^2 \\ y(t) = v_0 \sin \vartheta t - \frac{1}{2} g t^2. \end{cases}$$

La quota massima raggiunta è quella in cui si annulla la componente  $y$  della velocità. Non essendoci forze addizionali lungo  $y$ , si trova:

$$y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \vartheta}{2g} = 255 \text{ m.}$$

Per trovare la gittata  $x_G$  si risolve il sistema:

$$\begin{cases} x(t^*) = x_G \\ y(t^*) = 0. \end{cases}$$

Dalla seconda equazione si trova il tempo di volo

$$t^* = \frac{2v_0 \sin \vartheta}{g}$$

da cui

$$x(t^*) = v_0 \cos \vartheta \left( \frac{2v_0 \sin \vartheta}{g} \right) + \frac{1}{2} \frac{F}{m} \left( \frac{2v_0 \sin \vartheta}{g} \right)^2 = \frac{2v_0^2 \sin \vartheta}{g} \left( \cos \vartheta + \frac{F}{mg} \sin \vartheta \right) \simeq 1850 \text{ m.}$$

**Esercizio N. 2**

La superficie scabra esercita sul cilindro la forza di attrito dinamico  $\mathbf{A}$ , cosicché per la prima legge della dinamica dei sistemi è:

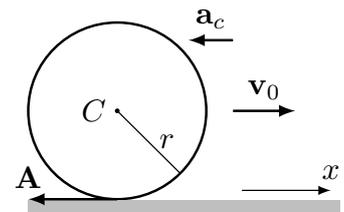
$$\mathbf{A} = m \mathbf{a}_c \Rightarrow \mathbf{a}_c = \frac{\mathbf{A}}{m}.$$

Di conseguenza, se  $t = 0$  è l'istante nel quale il cilindro comincia a muoversi sulla superficie scabra, la velocità del centro di massa  $C$  è:

$$v_C(t) = v_0 - \frac{A}{m} t.$$

Per la seconda legge della dinamica dei sistemi di punti si ha:

$$Ar = I_C \dot{\omega} \Rightarrow \dot{\omega} = \frac{2A}{mr} \Rightarrow \omega(t) = \frac{2A}{mr} t$$



essendo  $I_C = 1/2mr^2$  il momento di inerzia del cilindro rispetto al suo asse. Se  $\bar{t}$  è l'istante nel quale ha inizio il moto di puro rotolamento, deve essere verificata la relazione

$$v_C(\bar{t}) = \omega(\bar{t})r \quad \Rightarrow \quad v_0 - \frac{A}{m}\bar{t} = \left(\frac{2A}{mr}\bar{t}\right)r$$

da cui si ricava

$$\bar{t} = \frac{mv_0}{3A} \quad \Rightarrow \quad v_C(\bar{t}) = \frac{2}{3}v_0.$$

### Esercizio N. 3

La trasformazione è isobara, con pressione sul gas determinata dalla pressione atmosferica più quella dovuta al pistone dotato di massa:

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{atm}} + \frac{mg}{S} = p_{\text{atm}} + \frac{mg}{\pi(D/2)^2}.$$

Pertanto, la variazione di energia interna sarà:

$$\Delta U = Q - L = Q - p_{\text{tot}}\Delta V = Q - p_{\text{atm}}\Delta V - \frac{mg}{\pi(D/2)^2}\Delta V.$$

Poiché  $\Delta V = \pi(D/2)^2\Delta h$ , si trova

$$\Delta U = Q - p_{\text{atm}}\pi(D/2)^2\Delta h - mg\Delta h \simeq 56 \text{ J}.$$

Rispetto al caso in cui la massa del pistone sia trascurabile, è presente il termine  $mg\Delta h$  che rappresenta il lavoro aggiuntivo necessario per spostare di un tratto  $\Delta h$  il pistone di massa  $m$ .

### Esercizio N. 4

Per la macchina di Carnot si ha:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_2 = -\frac{T_2}{T_1}Q_1 = -750 \text{ J} \quad \Rightarrow \quad L = Q_1 + Q_2 = 250 \text{ J}.$$

Per il frigorifero, esplicitando i segni del lavoro e dei calori, si ha:

$$-|L| = |Q'_2| - |Q'_1| \quad \Rightarrow \quad |Q'_2| = -|L| + |Q'_1| = -150 \text{ J}.$$

Tale valore non è accettabile dovendo essere  $|Q'_2| > 0$ . Il sistema non può funzionare; infatti, con 150 J di calore assorbiti dalla sorgente termica a temperatura  $T_2$ , la variazione di entropia dell'universo, coincidente con la variazione di entropia delle sorgenti termiche, sarebbe negativa:

$$\Delta S_{\text{univ}} = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q'_1}{T'_1} + \frac{Q'_2}{T'_2} = \frac{Q'_1}{T'_1} + \frac{Q'_2}{T'_2} = \frac{100 \text{ J}}{350 \text{ K}} - \frac{150 \text{ J}}{300 \text{ K}} \simeq -0,2 \text{ J/K}.$$