

Introduzione alla fisica: Prova scritta [11/02/2021]

Durata: 3 ore. La consultazione di appunti e documenti (scritti o in rete) non è autorizzata. L'uso della calcolatrice è autorizzato.

Ricorda di giustificare i passaggi e di dettagliare i calcoli numerici.

Costanti:

- costante universale dei gas: $R = 8.314 \text{ J/K/mol}$
- costante di Boltzmann: $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
- costante di gravitazione universale: $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
- accelerazione di gravità terrestre: $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

(A) Domande teoriche e concettuali

1. Determina la differenza percentuale tra l'accelerazione di gravità terrestre al polo nord e quella all'equatore, sapendo che la distanza tra il baricentro della terra e la superficie terrestre al polo nord è $6.356 \times 10^6 \text{ m}$ mentre quella all'equatore è $6.378 \times 10^6 \text{ m}$.
2. Un sistema meccanico è caratterizzato dall'energia potenziale

$$U(x) = \epsilon \left[1 - \left(\frac{x}{\sigma} \right)^2 \right]^2$$

dove x è una coordinata spaziale che descrive la configurazione del sistema, mentre ϵ e σ sono delle costanti. Determina le configurazioni di equilibrio del sistema, indicando per ciascuna di esse se l'equilibrio è stabile, instabile o indifferente. Traccia infine il profilo dell'energia potenziale $U(x)$.

3. Enuncia i primi due principi della termodinamica.
4. Definisci operativamente le seguenti grandezze fisiche e indica, per ciascuna di esse, l'unità di misura utilizzata nel sistema internazionale: (i) massa (inerziale), (ii) lavoro, (iii) quantità di moto.

(B) Ordini di grandezza

La teoria cinetica dei gas permette di determinare la seguente relazione tra l'energia cinetica media di un gas perfetto e la sua temperatura T

$$\frac{1}{2} m \langle |\vec{v}|^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$$

dove $\langle \rangle$ indica una media statistica e m è la massa delle molecole del gas. Utilizza questa relazione per stimare l'ordine di grandezza della velocità tipica $\sqrt{\langle |\vec{v}|^2 \rangle}$ delle molecole d'aria a temperatura ambiente.

(C) Misura del coefficiente di attrito

Un blocco di massa m è posto alla sommità di un piano inclinato di un angolo θ rispetto all'orizzontale, nel campo di attrazione gravitazionale terrestre. L'angolo θ può essere fatto variare a piacimento. Effettuando l'analisi delle forze agenti sul blocco, proponi un metodo per misurare (i) il coefficiente di attrito statico μ_s tra blocco e piano e (ii) il coefficiente di attrito dinamico μ_d tra blocco e piano.

(D) Limonata

Stai bevendo una limonata, aspirandola con una cannuccia. La cannuccia è cilindrica, con un diametro $d = 1$ cm. Il bicchiere è a sua volta cilindrico, con un diametro $D = 8$ cm. La cannuccia è immersa fino al fondo del bicchiere e il suo foro di uscita si trova a un'altezza $h = 20$ cm dal fondo del bicchiere. Bevi la limonata mantenendo, a partire dall'istante $t = 0$, un flusso costante di portata di $1 \text{ cm}^3/\text{s}$. All'istante $t = 0$ il bicchiere contiene $V_0 = 200$ ml di limonata. Supporremo che la limonata si comporti come un liquido ideale incomprimibile di densità $\rho = 1.0 \text{ g/cm}^3$. Ti trovi nel campo gravitazionale terrestre, a pressione atmosferica $P = 1$ bar.

1. Determina l'altezza $z(t)$ della superficie della limonata rispetto al fondo del bicchiere in funzione del tempo t , a partire da $t = 0$ fino all'istante t^* tale che $z(t^*) = 0$. Traccia il grafico di $z(t)$.
2. Calcola il tempo t^* necessario per bere la limonata.
3. Determina la pressione $P_b(t)$ che devi esercitare nella tua bocca in funzione del tempo per aspirare la limonata a portata costante.
4. Calcola la pressione finale $P_b(t^*)$ nel momento in cui finisci di bere la limonata.

(E) Frigorifero

Un frigorifero funziona grazie al ciclo termodinamico di un fluido che scambia calore con un termostato caldo a temperatura $T_c = 40^\circ$ (l'ambiente esterno, ovvero l'aria nella parte retrostante il frigorifero) e un termostato freddo a $T_f = 5^\circ$ (l'interno del frigorifero). Indica con Q_c e Q_f il calore scambiato dal fluido durante un ciclo, rispettivamente con il termostato caldo e con quello freddo. Indica con W il lavoro meccanico ricevuto dal fluido durante un ciclo. Supponi che le trasformazioni del fluido siano reversibili.

1. Traccia il diagramma termodinamico del frigorifero e indica il segno di Q_c , Q_f e W .
2. Determina l'efficienza del frigorifero.
3. Sapendo che il frigorifero assorbe una potenza media pari a 200 W e che essa viene utilizzata integralmente per fornire il lavoro meccanico ricevuto dal fluido, calcola il flusso termico medio trasmesso dal frigorifero all'ambiente esterno.

(F) Resistenza equivalente

Trova la resistenza equivalente tra i punti a e b indicati in figura e calcola la corrente in ciascuna delle resistenze se viene applicata una differenza di potenziale di 12 V tra i punti a e b. Dati: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, $R_4 = 5\Omega$.

