

# Introduzione alla fisica: Prova scritta [10/09/2021]

*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:  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
- accelerazione di gravità terrestre:  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- costante di gravitazione universale:  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$
- costante di Coulomb:  $k_e = 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

## (A) Domande teoriche

1. Indica l'espressione della forza gravitazionale  $\vec{F}_g$  e della forza elettrostatica  $\vec{F}_e$  tra due corpi puntiformi, rispettivamente di massa  $m_1$  e  $m_2$  e di carica  $q_1$  e  $q_2$ .
2. Fornisci sinteticamente l'interpretazione microscopica delle seguenti grandezze termodinamiche: (i) temperatura e (ii) entropia.
3. Definisci (i) la conducibilità termica e (ii) la conducibilità elettrica. Per ciascuna grandezza, indica l'unità di misura nel sistema internazionale. In quali materiali le due grandezze risultano fortemente correlate?
4. Durante un esperimento di laboratorio, alcuni studenti di fisica misurano l'accelerazione di gravità terrestre  $g$ . Quali tra i seguenti risultati *non* sono riportati correttamente? Spiega chiaramente perchè.

a)  $9.81 \pm 0.02$     b)  $(9.82 \pm 0.02) \text{ m/s}^2$     c)  $(9.8 \pm 0.12) \text{ m/s}^2$     d)  $(9.81 \pm 0.32) \text{ m/s}^2$

## (B) Ordini di grandezza

Determina l'ordine di grandezza del numero di palle da ping-pong che potrebbero entrare (senza essere schiacciate) nell'aula in cui stai svolgendo l'esame.

## (C) Attrito viscoso

Un oggetto di massa  $m$  si muove in un fluido viscoso. La forza di attrito viscoso tra il corpo e il fluido è  $\vec{F}_v = -\xi\vec{v}$ , dove  $\xi$  è il coefficiente di attrito viscoso e  $\vec{v}$  la velocità del corpo. Sul corpo non agiscono altre forze. Scegliamo il sistema di coordinate in modo che la velocità del corpo all'istante  $t_i$  sia  $\vec{v}_i = v_i\vec{e}_x$  e che la posizione  $\vec{r}$  del corpo all'istante  $t_i$  coincida con l'origine del sistema di coordinate,  $\vec{r}_i = \vec{0}$ .

1. Determina la velocità dell'oggetto  $\vec{v}$  in funzione del tempo  $t$  e verifica che la massa s'immobilizza se  $t \rightarrow \infty$ .
2. Determina la posizione dell'oggetto  $\vec{r}$  in funzione del tempo  $t$ .
3. Determina la distanza totale percorsa dalla massa, tra  $t = t_i$  e  $t = \infty$ .

## (D) Bungee jumping

Una ragazza di 60kg fa "bungee jumping" lasciandosi cadere (senza velocità iniziale) da un ponte, legata ad una corda elastica assicurata al ponte stesso. La lunghezza a riposo della corda è 11 m. La ragazza raggiunge il punto più basso della traiettoria 36 m sotto il ponte, prima di rimbalzare verso l'alto. Vogliamo determinare la durata del volo, dall'istante iniziale  $t_i$  del salto a quello finale  $t_f$  in cui raggiunge *per la prima volta* il punto più basso della traiettoria.

Trascurando ogni forma di attrito, possiamo separare il moto tra  $t_i$  e  $t_f$  in due parti:

- caduta libera per i primi 11 metri
- moto armonico per i successivi 26 metri

Rispondi alle seguenti domande:

1. Per quale intervallo di tempo la ragazza rimane in caduta libera?
2. Qual è la costante elastica  $k$  della corda?
3. Qual è la durata totale  $t_f - t_i$  del volo?

## (E) Ciclo di Carnot

Consideriamo una mole di gas perfetto che effettua un ciclo di Carnot composto dalle seguenti trasformazioni reversibili

- $1 \rightarrow 2$  e  $3 \rightarrow 4$ : adiabatiche
- $2 \rightarrow 3$  e  $4 \rightarrow 1$ : isoterme

La temperatura del gas nello stato 1 è 400 K, le pressioni negli stati 1, 2 e 3 sono rispettivamente  $P_1 = 9$  bar,  $P_2 = 3$  bar e  $P_3 = 1$  bar. Il parametro  $\gamma = C_P/C_V$  vale  $7/5$ .

1. Traccia il ciclo nel diagramma  $(P, V)$  indicando sugli assi i valori numerici di pressione e volume in ciascuno degli stati
2. Determina il lavoro e il calore scambiato dal gas durante ciascuna delle trasformazioni. Il ciclo corrisponde a un motore termico o a un frigorifero?
3. Determina l'efficienza del ciclo e calcola il suo valore numerico.

## (F) Bollitore elettrico

Un bollitore ben isolato termicamente, dotato di un conduttore metallico interno, porta la temperatura di 1 kg di acqua da  $10^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$  in 10 minuti. Il bollitore funziona con una differenza di potenziale  $\Delta V = 110$  V. La capacità termica del conduttore e del bollitore sono trascurabili rispetto alla capacità termica dell'acqua (ricorda che la capacità termica per unità di massa dell'acqua in fase liquida è  $c = 4.18$  J/K/g). Supporremo inoltre l'acqua incompressibile.

1. Qual è la resistenza elettrica  $R$  del conduttore metallico all'interno del bollitore?
2. Stima il costo del riscaldamento dell'acqua, assumendo un prezzo di 5 centesimi di euro per kilowattora.