

# Introduzione alla fisica: Prova scritta [30/09/2022]

*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. (i) Fornisci l'espressione vettoriale della forza gravitazionale  $\vec{F}_{12}$  su un corpo di massa  $m_1$  dovuta a un corpo di massa  $m_2$ . (ii) Un esperimento permette di determinare il modulo  $|\vec{F}_{12}|$  della forza gravitazionale in funzione della distanza  $r$  tra i due corpi. Quale grafico permette di verificare facilmente la relazione attesa tra queste due grandezze? Giustifica la tua risposta.
2. Le seguenti equazioni mettono in relazione un'energia  $E$ , la massa di un corpo  $m$ , la sua temperatura  $T$ , la sua velocità  $\vec{v}$  e la sua altezza rispetto al suolo  $h$

$$(a) E = \frac{1}{2}m(\vec{v} \cdot \vec{v}) \quad (b) E = \exp\left(-\frac{mgh}{k_B T}\right) \quad (c) E = \frac{\pi^2}{4}k_B T \quad (d) E = \frac{2(mgh)^2}{m|\vec{v}|^2}$$

Utilizzando l'analisi dimensionale, stabilisci quali equazioni sono fisicamente accettabili e quali no, spiegando in ciascun caso perchè.

3. (i) Enuncia il secondo principio della termodinamica e (ii) fornisci un'interpretazione microscopica dell'entropia.
4. 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?

## (B) Incidente autostradale

Nel corso di un incidente in autostrada, un'automobile subisce un urto perfettamente anelastico contro un automezzo in panne, fermo in mezzo all'autostrada. Stima l'ordine di grandezza dell'energia (in Joule) dissipata durante l'urto.

## (C) Massa appesa a una molla nel campo di gravità terrestre

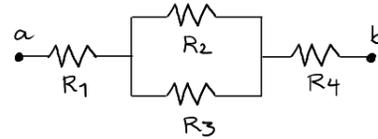
Una molla ideale di massa trascurabile e di costante elastica  $k$  è agganciata a un'estremità al soffitto di una stanza. Scegliamo l'origine del sistema di coordinate in corrispondenza della

posizione dell'estremità libera della molla a riposo. Una corpo di massa  $m$  viene quindi appeso all'estremità libera della molla e si può muovere lungo l'asse  $z$ . Tale asse è orientato parallelamente al vettore accelerazione di gravità terrestre,  $\vec{g} = g\vec{e}_z$ .

1. Determina la posizione di equilibrio  $z_{eq}$  del corpo.
2. Esprimi l'energia potenziale  $E_p$  del sistema {molla, corpo} in funzione di  $z$ . L'equilibrio trovato al punto precedente è stabile, instabile o indifferente? Giustifica la tua risposta.
3. Scrivi l'equazione del moto del corpo e risolvilva, determinando la funzione  $z(t)$  con le condizioni iniziali seguenti:  $z(0) = z_{eq} + \delta$ ,  $v_z(0) = 0$ .

#### (D) Circuito elettrico con resistenze

1. Enuncia le regole di composizione delle resistenze elettriche in serie e in parallelo.
2. Trova quindi la resistenza equivalente tra i punti  $a$  e  $b$  indicati in figura. I valori delle resistenze sono  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 8\Omega$ ,  $R_3 = 10\Omega$ ,  $R_4 = 8\Omega$ .
3. Calcola la corrente in ciascuna delle resistenze se viene applicata una differenza di potenziale di 12V tra  $a$  e  $b$ .



#### (E) Ciclo di Otto

Consideriamo il ciclo di Otto per descrivere un motore a combustione. La miscela di gas e carburante sarà modellizzata come un gas perfetto diatomico di parametro  $\gamma = 1.4$  che effettua un ciclo composto dalle seguenti trasformazioni quasi-statiche:

- 1  $\rightarrow$  2: compressione adiabatica
- 2  $\rightarrow$  3: riscaldamento isocoro
- 3  $\rightarrow$  4: espansione adiabatica
- 4  $\rightarrow$  1: raffreddamento isocoro

Il rapporto  $x = V_1/V_2$  tra il volume occupato dal gas nello stato 1 e quello occupato nello stato 2 definisce il tasso di compressione del motore.

1. Traccia il ciclo nel diagramma  $(P, V)$ .
2. Determina l'efficienza  $e$  del motore ed esprimila quindi in funzione dei soli parametri  $\gamma$  e  $x$ .
3. Calcola il tasso di compressione necessario a raggiungere un'efficienza del 50%.