

# Introduzione alla fisica: Prova scritta [25/02/2021]

*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 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. Fornisci la definizione di (i) urto elastico e (ii) urto anelastico. Durante un urto anelastico, la quantità di moto è conservata?
2. Fornisci l'espressione dell'energia interna  $U$  e del calore specifico  $C_V$  di  $N$  particelle di gas perfetto monoatomico. Giustifica l'espressione dell'energia interna utilizzando il teorema di equipartizione dell'energia.
3. Le seguenti equazioni mettono in relazione la velocità di un corpo  $v$ , la sua accelerazione  $a$ , una lunghezza  $d$  e un intervallo di tempo  $t$ :

$$(a) a = \frac{v^2}{d^3} \quad (b) d = vt + at^2 \quad (c) \frac{1}{t} = \frac{v}{a} \quad (d) 1 = \log\left(\frac{vt}{d}\right)$$

Usa l'analisi dimensionale per stabilire quali equazioni sono fisicamente accettabili e quali no, spiegando in ciascun caso perchè.

4. Il lato di un cubo di legno è  $(9.1 \pm 0.2)$  cm e la sua massa è  $(0.52 \pm 0.02)$  kg. A partire da queste due misure, calcola la densità in  $\text{kg/m}^3$  e l'incertezza ad essa associata, riportando il risultato nella forma  $\rho \pm \Delta\rho$ .

## (B) III legge di Keplero

Consideriamo il moto circolare di una massa  $m$  attorno ad un'altra massa  $M$  fissa all'origine di un sistema di riferimento inerziale.

1. Mostra che il periodo di rotazione  $\tau$  della massa  $m$  è proporzionale a  $R^{3/2}$ , dove  $R$  è il raggio dell'orbita (III legge di Keplero).
2. Per che fattore bisogna moltiplicare il raggio affinché il periodo raddoppi?
3. Quale rappresentazione grafica permette di verificare facilmente la III legge di Keplero a partire da un insieme di dati sperimentali?

## (C) Gita in montagna

Stai per fare una gita in montagna sull'altopiano del Montasio nelle alpi Giulie, situato a un'altitudine di 1800 m. Vuoi stimare la pressione atmosferica a cui ti troverai una volta arrivato lassù.

Assumeremo che la temperatura dell'atmosfera terrestre diminuisca in funzione dell'altitudine  $y$  secondo l'equazione

$$T(y) = T_0 - \alpha y$$

dove  $T_0$  è la temperatura dell'atmosfera a livello del mare e  $\alpha$  è una costante positiva chiamata "gradiente termico". Assumeremo inoltre che l'atmosfera si comporti come un gas perfetto di massa molare  $M_A = 28$  g/mol.

1. Determina l'espressione della pressione dell'atmosfera  $P(y)$  in funzione dell'altitudine  $y$ , sapendo che  $P_0 = P(y = 0)$  è la pressione a livello del mare.
2. Calcola la pressione sull'altopiano del Montasio, sapendo che la temperatura misurata lassù è  $5^\circ$  e che a livello del mare la temperatura è  $T_0 = 20^\circ$  e la pressione  $P_0 = 10^5$  Pa.

### (D) Motore a due tempi

Un motore a combustione interna a due tempi funziona secondo il seguente ciclo di trasformazioni quasi-statiche di una miscela di aria e carburante:

- 1  $\rightarrow$  2: combustione a volume costante
- 2  $\rightarrow$  3: espansione adiabatica
- 3  $\rightarrow$  1: raffreddamento a pressione costante

Il modello utilizzato in questo esercizio corrisponde a un ciclo di un sistema chiuso, in cui la miscela di aria e carburante è descritta come un gas perfetto di costante  $\gamma$ .

1. Traccia il ciclo nel diagramma  $(P, V)$
2. Determina l'efficienza del ciclo in funzione di  $\gamma$  e di  $V_3$  e  $V_1$ , ovvero i volumi del gas rispettivamente negli stati 3 e 1.
3. Calcola l'efficienza per un gas perfetto diatomico ( $\gamma = 1.4$ ) e un tasso di compressione  $x = V_3/V_1 = 4$

### (E) Risparmio energetico

Vuoi cambiare le 5 finestre del tuo appartamento per migliorare l'efficienza energetica. Allo stato attuale, tutte le finestre sono a vetro singolo di spessore  $d_1 = 10$  mm e conducibilità termica  $\lambda = 1 \frac{W}{mK}$ . Ogni finestra ha una superficie di  $3m^2$ . Una ditta di costruzioni ti propone di sostituirle con finestre a doppio vetro di uguale superficie, in cui ciascun vetro ha spessore  $d_2 = 5$  mm e conducibilità termica  $\lambda = 1 \frac{W}{mK}$ . I due vetri che compongono la finestra sono distanziati di  $D = 5$  mm e lo spazio intermedio è riempito di gas rarefatto di conducibilità termica  $\lambda_g = 3 \times 10^{-2} \frac{W}{mK}$ .

1. Calcola la resistenza termica di una finestra a vetro singolo
2. Calcola la resistenza termica di una finestra a doppio vetro
3. Definiamo il risparmio energetico come il rapporto tra il flusso termico prima della sostituzione delle finestre e quello dopo la sostituzione. Assumendo che la resistenza termica media di pareti, soffitto e pavimento resti invariato prima e dopo la sostituzione delle finestre, e sia pari a  $2 \times 10^{-3} \frac{K}{W}$ , determina il risparmio energetico introdotto dalla sostituzione delle finestre.