

# Introduzione alla fisica: Prova scritta [20/07/2022]

*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. Utilizzando il teorema dell'energia cinetica, dimostra che l'energia meccanica di un sistema su cui agiscono soltanto forze conservative è costante.
2. L'equazione di stato  $P(V - \alpha N) = Nk_B T$ , dove  $N$  è il numero di particelle e  $\alpha$  è un parametro, permette di descrivere con buona approssimazione il comportamento fisico di alcuni gas diluiti. Traccia l'equazione di stato nel diagramma  $(P, V)$ . In cosa differisce da quella dei gas perfetti? Qual è il significato fisico del parametro  $\alpha$  e qual è la sua unità di misura nel sistema internazionale?
3. Enuncia i primi due principi della termodinamica e descrivi sinteticamente il loro significato fisico.
4. Dimostra la legge di associazione in serie delle resistenze termiche ( $R = R_1 + R_2$ ) e poi quella delle resistenze termiche in parallelo ( $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ ). Per quale ragione tali leggi sono formalmente identiche a quelle trovate per le resistenze elettriche?

## (B) Pneumatici

Prima di partire per un viaggio in automobile, misuri la pressione degli pneumatici e trovi che il manometro indica 2.1 bar. La temperatura esterna è  $20^\circ$ . Alla prima sosta in autostrada, misuri nuovamente la loro pressione e ottieni 2.6 bar. E' importante notare che la pressione indicata dal manometro non è la pressione  $P$  dell'aria contenuta negli pneumatici, ma è  $P - P_{\text{atm}}$ , dove  $P_{\text{atm}}$  è la pressione atmosferica. Supponendo che l'aria contenuta negli pneumatici si comporti come un gas perfetto e che il volume da esso occupato sia costante, stima la temperatura dell'aria dentro gli pneumatici durante il viaggio.

*Nota:* il controllo della pressione degli pneumatici va sempre fatto "a freddo", entro una decina di chilometri dalla partenza, mai durante un viaggio!

### (C) Sfida!

Puoi far scivolare un piccolo oggetto metallico di massa  $m$  lungo un tavolo di legno la cui superficie è ortogonale a  $\vec{g}$ . L'attrito viscoso dell'oggetto con l'aria è trascurabile, ma non il coefficiente di attrito radente in regime dinamico ( $\mu_d > 0$ ). Un amico ti sfida a lanciare l'oggetto in modo che esso si fermi il più vicino possibile al bordo del tavolo. Durante il moto, l'oggetto resta sempre a contatto con il tavolo. La distanza tra il punto in cui lanci l'oggetto e il bordo del tavolo è  $L$ .

1. Determina l'espressione della velocità iniziale  $v_i$  che devi imprimere all'oggetto per farlo arrivare precisamente sul bordo del tavolo e vincere la sfida.
2. Calcola  $v_i$  utilizzando i seguenti valori numerici:  $m = 50$  g,  $\mu_d = 0.2$ ,  $L = 30$  cm.

### (D) Atmosfera terrestre

Modellizziamo l'atmosfera terrestre come un gas perfetto di massa molare  $M = 28$  g/mol a temperatura costante  $T = 20^\circ$ . Supponiamo inoltre che l'atmosfera sia in condizioni di equilibrio locale e che valga la legge fondamentale della fluidostatica.

1. Determina la variazione della pressione  $P$  dell'atmosfera in funzione dell'altitudine  $z$ . La pressione a livello del suolo è  $P_{\text{atm}}$ .
2. Determina la densità  $\rho$  in funzione di  $z$ .
3. A quale altitudine la densità dell'aria diventa pari alla metà di quella a livello del suolo?

### (E) Ciclo di Carnot

Consideriamo una mole ( $n = 1$ ) di gas perfetto che effettua un ciclo di Carnot composto dalle seguenti trasformazioni reversibili

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

La temperatura del gas nello stato 1 è 410 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  $(P, V)$
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? Perché?
3. Calcola l'efficienza del ciclo.