

Introduzione alla fisica: Prova scritta [23/07/2021]

- 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: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- costante dielettrica del vuoto: $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

(A) Domande teoriche

1. Enuncia le tre leggi della dinamica newtoniana.
2. Dimostra che, per un corpo di massa m modellizzato come un punto materiale, la variazione di energia cinetica è pari al lavoro della risultante delle forze agenti sul corpo stesso (teorema dell'energia cinetica).
3. L'equazione di stato di van der Waals $(P - a\frac{n^2}{V^2})(V - nb) = nRT$ permette di descrivere con buona approssimazione il comportamento fisico dei fluidi. Qual è il significato fisico e l'unità di misura nel sistema internazionale dei parametri a e b ?
4. Un modello teorico predice che la viscosità η di un liquido dipende dalla temperatura T secondo la relazione

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{E}{k_B T}\right)$$

dove η_0 e E sono delle costanti per un dato liquido. Ti vengono forniti dei dati sperimentali per la viscosità della glicerina in fase liquida a diverse temperature: quale rappresentazione grafica dei dati permette di verificare facilmente la relazione predetta dal modello? Come puoi ottenere, da tale rappresentazione, il valore della costante E ?

5. Definisci le seguenti grandezze fisiche
 - (a) corrente termica
 - (b) densità di corrente termica
 - (c) conducibilità termica

e indica, per ciascuna di essa, l'unità di misura utilizzata nel sistema internazionale.

(B) Ordini di grandezza

Determina l'ordine di grandezza del numero di molecole di azoto e ossigeno presenti nell'aria dell'aula in cui stai svolgendo l'esame.

(C) Distanza di sicurezza

Un'automobile procede con velocità v_1 lungo una strada provinciale rettilinea. All'istante t_i , il guidatore frena bruscamente perchè scorge davanti a sè un'altra automobile che procede più lentamente, con velocità costante $v_2 < v_1$. Vogliamo determinare la distanza di sicurezza d_{\min} tra la due automobili, ovvero la distanza minima tra le due automobili, calcolata all'istante t_i , affinché sia evitato l'urto.

1. Determina la distanza di sicurezza d_{\min} supponendo che i freni dell'automobile possano fornire un'accelerazione negativa costante a .
2. Calcola il valore numerico di d_{\min} se $v_1 = 90$ km/h, $v_2 = 45$ km/h e $a = -5$ m/s.

(D) Fluidodinamica

Una colonna cilindrica di base A e altezza H è riempita integralmente d'acqua, che supporremo si comporti come un fluido ideale. La parte superiore della colonna è aperta ed è esposta alla pressione atmosferica P_{atm} . Sul fondo della colonna si trova un'apertura di area A' , molto più piccola di A .

1. Sfruttando il teorema di Bernoulli e trascurando i termini di ordine $(A'/A)^2$, mostra che l'altezza del livello dell'acqua h varia nel tempo secondo l'equazione

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{A'}{A} \sqrt{2gh} \quad .$$

2. Determina il tempo necessario per svuotare completamente la colonna e calcola il suo valore numerico per $H = 2$ m, $A = 0.6$ m² e $A' = 6 \times 10^{-4}$ m².

Richiamo: Il teorema di Bernoulli afferma che, per un fluido ideale, $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z + P = \text{cost}$, dove ρ è la densità del fluido, v la sua velocità, z è l'altitudine e P la pressione.

(E) Ciclo termodinamico

Un motore termico funziona secondo il seguente ciclo di trasformazioni quasi-statiche:

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

Il sistema che effettua il ciclo può essere modellizzato come un gas perfetto di costante $\gamma \equiv C_P/C_V$.

1. Traccia il ciclo nel diagramma (P, V) .
2. Determina l'efficienza e del ciclo in funzione del tasso di compressione $x = V_3/V_1$, dove V_1 e V_3 sono i volumi del gas rispettivamente negli stati 1 e 3.

(F) Capacità elettrica equivalente

Un elettricista dispone di tre condensatori piani, che chiameremo 1, 2 e 3, ciascuno composto da due piastre di area $A = 100$ cm². La distanza tra le piastre è $d_1 = 2$ mm, $d_2 = 4$ mm e $d_3 = 6$ mm rispettivamente nel condensatore 1, 2 e 3.

1. Calcola la capacità elettrica in Farad di ciascuno dei condensatori.
2. Quale tra le seguenti configurazioni permette all'elettricista di ottenere la massima capacità equivalente: (i) i tre condensatori in serie o (ii) i tre condensatori in parallelo? Giustifica la tua risposta.