

Introduzione alla fisica: Prova scritta [19/01/2024]

Durata: 3 ore. Sono vietati la consultazione di appunti e documenti (scritti o in rete) e l'utilizzo di computer, smartphone, smartwatch e dispositivi analoghi. L'uso della calcolatrice è autorizzato.

Ricorda di giustificare i passaggi e di dettagliare i calcoli numerici.

Costanti e dati utili:

- costante di Boltzmann: $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K
- costante dei gas: $R = 8.314$ J/K/mol
- accelerazione di gravità terrestre: $g = 9.8$ m/s²

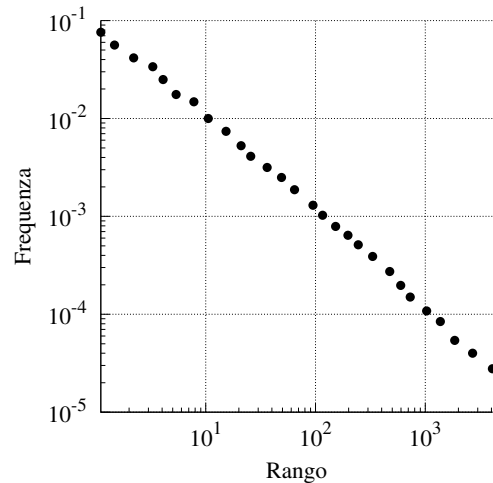
(A) Domande teoriche e concettuali

1. Indica l'espressione della forza gravitazionale \vec{F}_g e della forza elettrostatica \vec{F}_e tra due particelle, rispettivamente di massa m_1 e m_2 e di carica q_1 e q_2 .
2. Fornisci una definizione operativa di temperatura. Quale osservazione empirica permette di definire una scala assoluta di temperatura (scala Kelvin)?
3. In cosa differiscono i frigoriferi e le pompe di calore? Definisci, in termini delle sole energie scambiate, l'efficienza di questi due tipi di macchine termiche e tracciane il diagramma termodinamico.
4. Stima l'ordine di grandezza della massa d'acqua presente sulla superficie della terra.

(B) Statistica delle parole

La figura qui a lato mostra la frequenza f con cui appaiono le parole in un libro in lingua inglese (“*La guerra dei mondi*” di H. G. Wells) in funzione del rango r della parola. *Nota:* per rango s'intende che la parola più frequente ha rango 1, la seconda parola più frequente ha rango 2 e così via.

Stando a questi dati, quale funzione $f = f(r)$ descrive bene la relazione tra f e r ? Giustifica la tua risposta.



(C) Inseguimento stradale

Un'automobile guidata da un pirata della strada viaggia a una velocità costante $v_p = 100$ km/h su una strada rettilinea in cui il limite è 50 km/h. Una moto della polizia stradale, inizialmente ferma in corrispondenza di un cartello pubblicitario, si mette al suo inseguimento partendo 5

secondi dopo che l'auto è passata davanti al cartello. La moto della polizia ha un'accelerazione costante $a_m = 3.5 \text{ m/s}^2$. Quanto tempo serve alla moto per raggiungere l'automobile del pirata?

(D) Pallone aerostatico

Un pallone aerostatico sferico di raggio $r = 5 \text{ m}$ e di massa complessiva $m = 500 \text{ kg}$ (inclusa la cabina, di cui trascureremo il volume) è riempito di elio e azoto ed è lasciato libero nell'atmosfera terrestre. Supponi che l'atmosfera sia in condizioni di equilibrio locale e che valga la legge fondamentale della fluidostatica. Modellizza l'aria presente nell'atmosfera come un gas perfetto di massa molare $M = 28 \text{ g/mol}$ e di temperatura costante $T = 300 \text{ K}$.

1. Determina la variazione della pressione P in funzione dell'altitudine z , sapendo che la pressione a livello del suolo è $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$.
2. A quale altitudine z_* il pallone sarà in equilibrio statico?



(E) Raffreddamento dell'acqua

Dell'acqua in fase liquida, di massa $m = 1 \text{ kg}$ e inizialmente a temperatura $T_i = 100^\circ$, viene raffreddata quasi-staticamente a pressione atmosferica costante fino a raggiungere $T_f = 0^\circ$. Supporremo che, in questo intervallo di temperatura, la capacità termica dell'acqua a pressione costante sia costante e valga $c_P = 4.18 \times 10^3 \text{ J/K/kg}$.

1. Calcola la variazione di entropia ΔS dell'acqua.
2. L'acqua viene successivamente fatta cristallizzare sottraendole calore e si trasforma completamente in ghiaccio. Durante tale trasformazione, la temperatura dell'acqua resta costante a $T_f = 0^\circ$. Calcola la variazione di entropia dell'acqua durante la cristallizzazione, sapendo che il calore latente di fusione a pressione atmosferica vale $L_f = 334 \text{ kJ/mol}$ e che la massa molare dell'acqua è 18 g/mol .
3. Enuncia il secondo principio della termodinamica. Le variazioni di entropia ottenute ai punti 1. e 2. sono in accordo con tale principio oppure no? Perché?