

# Introduzione alla fisica: Prova scritta [24/06/2022]

*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 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. Che cosa si intende per forza conservativa? Dimostra che la forza di attrito radente in regime dinamico non è conservativa.
2. Un libro di fisica di 320 pagine misura  $(2.7 \pm 0.1)$  cm di spessore. Qual è lo spessore di una pagina? Qual è l'incertezza sullo spessore di una pagina? Riporta il risultato finale nella forma  $X \pm \Delta X$ , facendo attenzione al numero di cifre significative.
3. L'interazione tra due particelle è descritta dalla seguente energia potenziale

$$E_p(r) = \epsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$

dove  $\sigma$  e  $\epsilon$  sono delle costanti e  $r$  è la distanza tra le particelle. Traccia qualitativamente il grafico di  $E_p$  in funzione di  $r$  e determina l'espressione della posizione di equilibrio  $r_{\text{eq}}$  meccanico delle due particelle. Quale tipo di moto effettuano le particelle se la loro distanza differisce di poco da  $r_{\text{eq}}$ ? Giustifica la tua risposta.

4. In cosa consiste una trasformazione quasi-statica? Spiega la sua utilità ai fini del calcolo della variazione di una variabile di stato durante una trasformazione termodinamica.
5. 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?

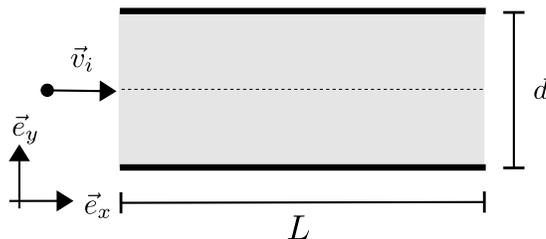
## (B) Luna park

In un'attrazione da luna park, le persone siedono su un seggiolino che segue una traiettoria circolare di raggio  $R = 5 \text{ m}$  mantenendo una velocità di modulo costante. Sapendo che l'accelerazione massima tollerata dall'uomo per questo tipo di moto è pari a  $8g$ , calcola il massimo numero di giri al minuto che potrà effettuare la ruota.



### (C) Protone in campo elettrico costante

Un protone di carica  $e$  e massa  $m$  entra in una regione compresa da due piastre metalliche, indicata da una regione grigia in figura, in cui è presente un campo elettrico costante  $\vec{E} = |\vec{E}|\vec{e}_y$ . In tale regione, sul protone non agiscono altre forze. Le due piastre sono separate da una distanza  $d$  e hanno lunghezza  $L$ . Il protone entra a metà altezza tra le due piastre e con una velocità  $\vec{v}_i = |\vec{v}|\vec{e}_x$  come indicato in figura.



1. Determina la velocità iniziale minima  $v_{\min}$  (in modulo) del protone affinché esso esca dalla regione compresa tra le piastre, senza urtare contro di esse.
2. Supponendo  $|\vec{v}| > v_{\min}$ , determina l'angolo di uscita  $\theta$ , ovvero l'angolo tra  $\vec{e}_x$  e il vettore velocità  $\vec{v}_f$  nell'istante in cui il protone esce dalla regione compresa tra le piastre.

### (D) Atmosfera isoterma

Supponi che l'atmosfera possa essere descritta come un gas perfetto di massa molare  $M_A = 28$  g/mol e di temperatura costante  $T = 300$  K e che valga l'equazione

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

dove  $P$  è la pressione dell'aria,  $\rho$  la sua densità e  $z$  è l'altitudine rispetto al livello del suolo. Tale equazione esprime la condizione di equilibrio meccanico per un fluido.

1. Determina la densità  $\rho$  in funzione di  $z$ , sapendo che la densità dell'aria al suolo è  $\rho_0$ .
2. A quale altitudine la densità dell'aria diventa pari alla metà di quella a livello del suolo?

### (E) Climatizzatore

Un climatizzatore d'appartamento funziona facendo compiere a un fluido un ciclo termodinamico composto da trasformazioni che supporremo reversibili. Il fluido scambia calore con due termostati rispettivamente a temperatura  $T_c = 35^\circ$  (l'ambiente esterno all'appartamento) e  $T_f = 24^\circ$  (l'interno dell'appartamento). Indica con  $Q_c$  e  $Q_f$  il calore scambiato dal fluido durante un ciclo rispettivamente con il termostato caldo e con quello freddo. Indica con  $W$  il lavoro meccanico scambiato dal fluido durante un ciclo.

1. Traccia il diagramma termodinamico del climatizzatore e indica il segno di  $Q_c$ ,  $Q_f$  e  $W$ .
2. Di quanto varia l'entropia del fluido dopo un ciclo? Giustifica la tua risposta.
3. Se  $W = 100$  J, quanto calore  $|Q_c|$  viene rilasciato nell'ambiente esterno all'appartamento per ciclo? Quanto calore  $|Q_f|$  viene estratto dall'appartamento? Commenta questo risultato.