

LA FISICA DELLA MASCHERINA

Problemi

1.** Su una sferetta con raggio $r < 40\mu\text{m}$ in moto con velocità \mathbf{v} nell'aria agisce una resistenza aerodinamica \mathbf{R} , cioè una forza d'attrito, data dalla legge di Stokes

$$\mathbf{R} = -6\pi\eta r \mathbf{v}$$

dove $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ è la viscosità dinamica dell'aria.

Considera una gocciolina di raggio r che cade nell'aria per effetto della gravità.

-Verifica che, per il secondo principio della dinamica, l'accelerazione a di una gocciolina è tale che

$$mg - 6\pi\eta r v = ma$$

-Nel moto di caduta libera la gocciolina ha accelerazione costante $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e quindi la sua velocità cresce linearmente col tempo. Spiega perché ciò non accade quando la gocciolina risente della resistenza aerodinamica dell'aria. (*Suggerimento: il modulo della resistenza aerodinamica aumenta all'aumentare della velocità della gocciolina, quindi...*)

-Verifica che la gocciolina non può superare la velocità, detta velocità limite,

$$v_{\text{lim}} = \frac{\rho_{\text{liq}} g r^2}{18\eta}$$

dove $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e ρ_{liq} è la densità della gocciolina.

Suggerimento: più il modulo dell'accelerazione è piccolo, minore è il cambiamento di velocità.

Quando a tende a zero, la velocità tende a un valore limite v_{lim} ...

2.* Verifica che la velocità limite di una gocciolina di diametro d è data con buona approssimazione dalla relazione ($\eta=1,8 \cdot 10^{-5}$ Pa·s)

$$v_{\text{lim}} = (3 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}) d^2$$

3.** In un colpo di tosse viene emesso un volume V_{ct} di aria con densità ρ_{ct} e temperatura T_{ct} . La densità e la temperatura dell'aria esterna sono rispettivamente ρ_a e T_a , con $T_a < T_{\text{ct}}$.

-Applica il principio di Archimede e mostra che l'aria emessa subisce una spinta verso l'alto di modulo

$$F_s = (\rho_a - \rho_{\text{ct}})V g.$$

Tratta l'aria come un gas perfetto.

- A partire dall'equazione di stato del gas perfetto, verifica che la densità dell'aria è proporzionale a $P/(RT)$, dove P è la pressione atmosferica, R è la costante dei gas e T è la temperatura assoluta dell'aria.

Applica il secondo principio della dinamica a un dato volume V di aria emessa con un colpo di tosse, sottoposto alla forza totale ottenuta in precedenza $F_s = (\rho_a - \rho_{\text{ct}})V g$.

- Dimostra che la forza per unità di massa, cioè l'accelerazione, che agisce sul volume d'aria emesso è data dalla relazione

$$\frac{F_s}{m} = \frac{T_{\text{ct}} - T_a}{T_a} g$$

dove g è l'accelerazione di gravità.

- Calcola l'accelerazione nel caso in cui $T_{\text{ct}} = 34$ °C e $T_a = 23$ °C.

- Che cosa succede se la temperatura dell'aria esterna è maggiore di quella dell'aria emessa col colpo di tosse?

Stime numeriche

1. Disegna una piantina della tua classe. Stima il numero di banchi che si possono disporre in essa in modo tale ciascun alunno disti almeno 1,5 m da tutti gli altri e dall'insegnante.

2. Stima quanti COVID-19 occupano 1/100 del volume di una gocciolina di diametro 1 μm .

[$d_{\text{vir}} = 0,1 \mu\text{m}$, $D_{\text{dr}} = 5 \mu\text{m}$,

$\text{volume di una gocciolina} / \text{volume di un virus} = (D_{\text{dr}} / d_{\text{vir}})^3 = (5 \mu\text{m} / 0,1 \mu\text{m})^3 = 10^3$

$\text{virus contenuti in } 1/100 \text{ di droplet} = 10^3 / 10^2 = 10$]

3. Stima la velocità con cui l'aria viene emessa dalla bocca durante

- un normale atto respiratorio;

- un colpo di tosse

Suggerimenti: espira l'aria in un sacchetto e valutane il volume. Assumi che l'aria sia incompressibile

4. Come le nuvole, anche la nebbia è formata da una sospensione di minute goccioline d'acqua.

Perché non cadono a terra?

Stima il diametro massimo delle goccioline d'acqua della nebbia. Discuti il tuo risultato con i compagni.

5. Stima la spinta idrostatica sul volume d'aria espirato durante un colpo di tosse.

Discuti con i tuoi compagni una stima dell'effetto che tale spinta provoca nei primi 4 s dopo l'emissione.

Suggerimento: utilizza i risultati del problema 3