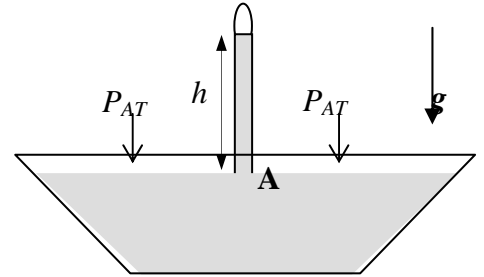


**Corso di Laurea Ing. EA – ESERCIZI DI FISICA GENERALE – nr. 14/06**

1. Volete misurare la pressione atmosferica con un “barometro di Torricelli”, che è realizzato prendendo una lunga provetta ed immergendola completamente in una bacinella contenente un liquido di densità  $\rho_m$ . Dopo che la provetta è stata completamente riempita di liquido, essa viene estratta facendo in modo che resti sempre piena (ad esempio, tappandone l’estremità). A questo punto, essa viene re-immersa parzialmente nella bacinella mantenendola in direzione verticale, con la sua estremità aperta (stappata!) sotto il pelo del liquido (vedi figura).



a) Indicando la pressione atmosferica con  $P_{ATM}$ , quanto vale la pressione  $P$  al punto A indicato in figura?

$P = \dots\dots\dots P_{ATM}$  [legge di Pascal e di Stevino]

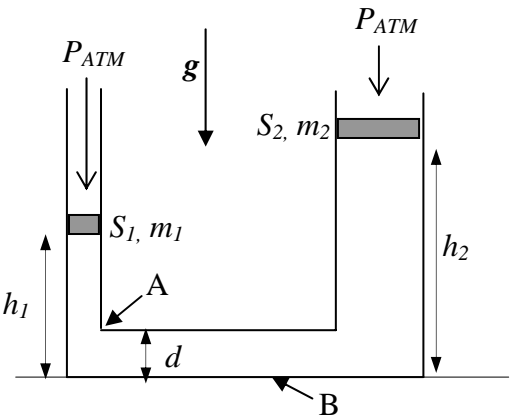
b) Quant’è l’altezza  $h$  della colonna di liquido nella provetta? [Notate che la particolare operazione di riempimento che avete eseguito garantisce che nella parte superiore della provetta c’è vuoto, cioè la pressione in questa zona è trascurabile]

$h = \dots\dots\dots P/(\rho_m g)$

c) Numericamente, quanto vale l’altezza  $h_A$ ,  $h_M$ ,  $h_E$  nel caso utilizzate come liquido rispettivamente acqua (densità  $\rho_A = 1.00 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ ), mercurio (densità  $\rho_M = 13.6 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ ), etanolo (densità  $\rho_E = 0.800 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ )? [Supponete  $P_{ATM} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  e prendete  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ ]

$h_A = \dots\dots\dots \text{ m } 10.3 \text{ m } h_M = \dots\dots\dots \text{ m } 758 \times 10^{-3} \text{ m } h_E = \dots\dots\dots \text{ m } 12.9 \text{ m}$   
 [originariamente Torricelli usò del mercurio e stabilì il torr (1 torr = 1 mmHg) come unità di misura della pressione, ponendo la pressione atmosferica pari a 760 torr]

2. Il sistema in figura è costituito da due tubi aperti di sezione rispettivamente  $S_1 = 5.0 \text{ cm}^2$  ed  $S_2 = 10 \text{ cm}^2$  che sono in collegamento fra di loro. Essi sono riempiti di un fluido ideale (**incomprimibile**) di densità  $\rho_m = 5.0 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$  e sono tappati, come in figura, da due tappi scorrevoli verticalmente di massa rispettivamente  $m_1 = 10 \text{ Kg}$  ed  $m_2 = 15 \text{ Kg}$ . I tappi si trovano rispettivamente alle altezze  $h_1$  ed  $h_2$  rispetto alla quota di riferimento indicata in figura, ed il sistema, nelle condizioni di figura, si trova in equilibrio statico. [Supponete trascurabili tutte le forme di attrito nel sistema, ad esempio l’attrito di scorrimento dei tappi, ed usate il valore  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  per il modulo dell’accelerazione di gravità]]



a) Sapendo che il tratto di congiunzione tra i due tubi ha sezione di diametro  $d = 10 \text{ cm}$  (vedi figura) e che  $h_1 = 50 \text{ cm}$ , quanto vale la pressione  $P$  al punto A indicato in figura? [Ricordate che i tappi sono a contatto con la pressione atmosferica, il cui valore supponete sia  $P_{ATM} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ]

$P = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ Pa } P_{ATM} + m_1 g/S_1 + \rho_m g (h_1 - d) = 3.2 \times 10^5 \text{ Pa}$

b) Quanto vale l’altezza  $h_2$ ?

$h_2 = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ m } h_1 + m_1/(\rho_m S_1) - m_2/(\rho_m S_2) = 1.5 \text{ m}$  [viene dall’uguaglianza delle pressioni nei due rami alla stessa quota, ad esempio alla quota A di figura]

c) Se a questo punto si aggiunge un corpo di massa  $M_1 = 5.0 \text{ Kg}$  sul tappo 1, quale dovrà la massa  $M_2$  da aggiungere sul tappo 2 per salvaguardare l’equilibrio (nelle stesse condizioni di figura)?

$M_2 = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ Kg } M_1 S_2 / S_1 = 10 \text{ Kg}$

3. Avete un blocco di lega metallica di forma cubica con spigolo  $d = 10.000 \text{ cm}$ . La densità di massa della lega è  $\rho = 5.0 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ . Inizialmente il blocco si trova alla temperatura  $T_0 = 25.000 \text{ }^\circ\text{C}$  e viene quindi portato, poggiandolo su un fornello, alla temperatura finale  $T_1 = 275.000 \text{ }^\circ\text{C}$ ; ovviamente in tutte le fasi del processo esso si trova sempre a contatto con la pressione atmosferica, che vale  $P_{ATM} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

- a) Sapendo che il coefficiente di dilatazione termica **lineare** vale  $\lambda = 2.000 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ , quanto vale la lunghezza  $d'$  dello spigolo del blocco quando questo si trova alla temperatura  $T_1$ ?  
 $d' = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ m}$        $d(I + \lambda(T_1 - T_0)) = d(I + \lambda\Delta T) = 100.5 \times 10^{-3} \text{ m}$
- b) Quanto vale il volume  $V'$  alla temperatura  $T_1$ ?  
 $V' = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ m}^3$        $d'^3 = d^3(I + \lambda\Delta T)^3 = 1.015 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- c) E quanto vale il coefficiente di dilatazione termica **volumica**  $\lambda_V$ ? [Dimostrate che è, “al primo ordine”,  $\lambda_V \sim 3\lambda$ ]  
 $\lambda_V = \dots\dots\dots \sim \dots\dots \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$        $(V' - V) / (V\Delta T) = d^3 ((I + \lambda\Delta T)^3 - I) / (d^3\Delta T) = ((I + \lambda\Delta T)^3 - I) / \Delta T = (I + 3\lambda\Delta T + 3(\lambda\Delta T)^2 + (\lambda\Delta T)^3 - I) / \Delta T \sim 3\lambda\Delta T / \Delta T = 3\lambda$ ,  
dove nel penultimo passaggio si è sfruttata la condizione che  $\lambda\Delta T \ll 1$ , e quindi le sue potenze sono molto più piccole del termine di grado uno [in pratica, si è fatto uno “sviluppo in serie di potenze”, o sviluppo di Taylor, e lo si è arrestato al primo ordine]
- d) Quanto vale il lavoro  $L$  fatto dal blocco durante la sua espansione? [Ricordate che la pressione rimane in pratica costantemente pari a quella atmosferica]  
 $L = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ J}$        $P_{ATM} \Delta V = P_{ATM} (V' - V) \sim P_{ATM} V\lambda_V \Delta T = P_{ATM} 3 d^3 \lambda \Delta T = 1.5 \text{ J}$
- e) Supponendo che il materiale abbia calore specifico  $c = 2.0 \text{ J}/(\text{Kg } ^{\circ}\text{C})$ , quanto vale il calore  $Q$  che lui ha acquisito nel processo? Confrontatelo con  $L$ !  
 $Q = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ J}$        $m c \Delta T = \rho V c \Delta T = (V' - V) \sim P_{ATM} V\lambda_V \Delta T = P_{ATM} 3 d^3 \lambda \Delta T = 2.5 \times 10^3 \text{ J}$ , molto maggiore di  $L$ !!
4. Supponete che l'aria sia costituita da molecole di azoto (massa  $M = 28.0 \text{ u.m.a.}$ , cioè unità di massa atomica – prendete  $1 \text{ u.m.a} \sim 1.6 \times 10^{-24} \text{ Kg}$ ). Pesate una quantità di aria pari a  $m = 4.48 \text{ g}$  e la mettete in un recipiente **deformabile**.
- a) Quanto vale il numero di moli (o grammo-moli, o grammo-molecole, per noi sono più o meno sinonimi)  $n$  del vostro campione? E qual è il numero  $N$  di molecole che lo costituiscono? [Ricordate il numero di Avogadro,  $N_{AV} = 6.02 \times 10^{23}$ ].  
 $n = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ moli}$        $m / M = 0.160 \text{ moli}$ , per definizione!  
 $N = \dots\dots\dots = \dots\dots$        $n N_{AV} = 96.3 \times 10^{21}$
- b) Considerate ora il vostro campione di aria come un **gas perfetto**. Supponendo che esso occupi un volume (quello del recipiente!)  $V_0 = 10.0 \text{ l}$ , quanto vale la densità di massa  $\rho_0$ ? E se lo riscaldate, aumentandone la temperatura di  $\Delta T = 100 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ , quanto viene a valere la densità  $\rho$ ? [Considerate la dilatazione termica del gas, supponete irrealisticamente che il recipiente non abbia alcun ruolo!]  
 $\rho_0 = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ Kg/m}^3$        $m / V_0 = 0.448 \text{ Kg/m}^3$   
 $\rho = \dots\dots\dots \sim \dots\dots \text{ Kg/m}^3$        $m / (V_0(I + \alpha\Delta T)) = \rho_0 / (1 + \alpha\Delta T) \sim 0.328 \text{ Kg/m}^3$  [avendo considerato il coefficiente di dilatazione termica volumica dei gas perfetti,  $\alpha = 1/273.16$ ]
- c) Sapendo che il volume  $V_0$  era occupato quando il gas si trovava a temperatura  $\theta_0 = 26.8 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ , quanto vale la pressione  $P_0$  del campione di gas? [La costante dei gas perfetti vale  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{K mole})$ ]  
 $P_0 = \dots\dots\dots \sim \dots\dots \text{ Pa}$        $nRT_0/V_0 = nR(\theta_0 + 1/\alpha)/V_0 \sim 39.9 \times 10^3 \text{ Pa}$   
[ricordate di esprimere la temperatura in gradi Kelvin, cioè di sommare  $1/\alpha$ !!]
- d) Tenendo conto che, per un gas perfetto biatomico quale quello che state considerando, il “numero di gradi di libertà” vale 5, quanto valgono energia cinetica media  $\langle E_K \rangle$  e velocità media  $\langle v \rangle$  di ogni **singola** molecola di “aria”? [Ricordate che la costante di Boltzmann vale  $k_B = R/N_{AV} = 1.380 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ , e considerate il gas alla temperatura  $\theta_0$ ]  
 $\langle E_K \rangle = \dots\dots\dots \sim \dots\dots \text{ J}$        $(5/2) k_B T_0 = (5/2) k_B (\theta_0 + 1/\alpha) \sim 10.35 \times 10^{-21} \text{ J}$   
 $\langle v \rangle = \dots\dots\dots \sim \dots\dots \text{ m/s}$        $(2\langle E_K \rangle / \mu)^{1/2} \sim 462 \text{ m/s}$  [avendo espresso con  $\mu$  la massa della molecola, cioè il prodotto  $28 \times 1.6 \times 10^{-24} \text{ Kg}$  – trattazioni statistiche più raffinate darebbero valori leggermente diversi per la velocità media molecolare, che comunque resterebbe sempre dello stesso ordine di grandezza di quella calcolata, cioè molto grande. Ricordate che questa velocità è distribuita “isotropicamente” nello spazio, cioè non ha direzioni e versi preferenziali]