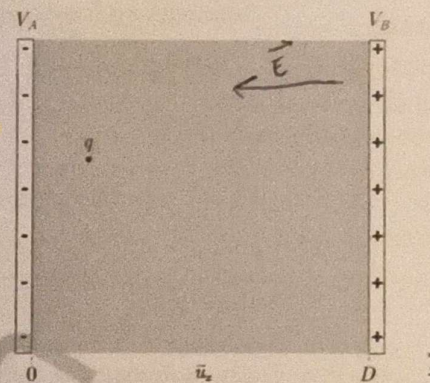


Migration d'une molécule

La figure ci-contre illustre la vue de dessus d'un dispositif d'électrophorèse. Deux plaques séparées d'une distance $D = 25 \text{ cm}$ délimitent une cuve remplie d'un liquide de viscosité η . Lorsque le dispositif est sous tension, la plaque située au niveau du plan $x = 0$ porte une densité surfacique de charge $\sigma_A = -\sigma < 0$ au potentiel électrique V_A et la plaque située au niveau du plan $x = D$ porte une densité surfacique de charge $\sigma_B = +\sigma > 0$ au potentiel électrique V_B . Le vecteur unitaire de l'axe Ox est noté $\vec{u}_x$.



On considère une molécule sphérique de rayon R et de charge q ne subissant que la force électrique $\vec{F}_E$ due au condensateur plan et la force de frottement $\vec{F}_\eta$ due au liquide dans lequel il baigne. On admet que la norme de la force de frottement visqueux s'écrit $|\vec{F}_\eta| = 6\pi\eta R|\vec{v}|$ avec $|\vec{v}|$ la norme de la vitesse de la molécule par rapport au liquide. Lorsque le dispositif est sous tension, le champ électrostatique entre les plaques est uniforme et de norme $|\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon}$ avec $\epsilon = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ la permittivité du liquide.

À la date $t = 0$, la molécule est immobile en $x = 0$. On met alors le dispositif sous tension avec $|\Delta V| = |V_B - V_A| = 150 \text{ V}$ et l'on constate qu'après une courte période transitoire, la molécule se déplace à vitesse constante selon $\vec{u}_x$ vers la plaque de potentiel V_B .

On donne la charge élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ de l'électron. On rappelle que la capacité du condensateur plan est $C = \frac{\epsilon S}{D}$ avec S la surface d'une plaque.

Question 1 On s'intéresse au champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques une fois le dispositif sous tension. Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. Le champ $\vec{E}$ pointe vers la plaque de potentiel V_A .
- B. Le champ $\vec{E}$ pointe vers la plaque de potentiel V_B .
- C. $|\vec{E}| = 37,5 \text{ V/m}$
- D. $|\vec{E}| = 600 \text{ V/m}$
- E. $|\vec{E}| = 2,4 \times 10^3 \text{ V/m}$

Question 2 Calculer la charge $|Q|$ des plaques du condensateur plan, ainsi que l'énergie stockée E_{pot} dans ce condensateur lors de sa mise en tension à $|\Delta V| = 150 \text{ V}$. Les plaques ont chacune une surface $S = 45 \text{ cm}^2$. On rappelle que l'énergie stockée par le condensateur plan est $E_{pot} = \frac{1}{2} C |\Delta V|^2$. Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $|Q| = 1,1 \times 10^{-15} \text{ C}$
- B. $|Q| = 2,4 \times 10^{-11} \text{ C}$
- C. $E_{pot} = 1,1 \times 10^{10} \text{ eV}$
- D. $E_{pot} = 1,7 \times 10^{12} \text{ eV}$
- E. $E_{pot} = 1,8 \times 10^{-9} \text{ eV}$

Question 3 Exprimer le potentiel $V(x)$ à une position d'abscisse x . Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $V(x) = \left(\frac{V_B - V_A}{D} \right) x$
- B. $V(x) = \left(\frac{V_B - V_A}{D} \right) x + V_A$
- ☒ C. $V(x) = \left(\frac{V_A - V_B}{D} \right) x + V_A$
- D. $V(x) = -\frac{\sigma}{\epsilon} x$
- E. $V(x) = \frac{\sigma}{\epsilon} x + V_A$

Question 4 On s'intéresse à la molécule et à l'équation de son mouvement pendant la période transitoire. On note m sa masse, $|\vec{E}| = E$ et $|\vec{v}(t)| = v$ les normes des vecteurs champ électrique et vitesse.

Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. La charge de la molécule est négative.
- B. La charge de la molécule est positive.
- C. L'équation vérifiée par la vitesse de la molécule est : $m \frac{dv}{dt} + 6\pi\eta R v = qE$
- D. L'équation vérifiée par la vitesse de la molécule est : $m \frac{dv}{dt} + 6\pi\eta R v = -qE$ ✓
- E. L'équation vérifiée par la vitesse de la molécule est : $m \frac{dv}{dt} - 6\pi\eta R v = qE$ ☒

Question 5 Exprimer la norme v_∞ de la vitesse atteinte après la période transitoire. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- ☒ A. $v_\infty = \frac{-qE}{6\pi\eta R}$
- ✗ B. $v_\infty = \frac{E}{6\pi\eta R}$
- C. $v_\infty = \frac{qE}{6\pi\eta R}$
- D. $v_\infty = \frac{qE}{3\pi\eta R}$
- E. $v_\infty = \frac{-E}{3\pi\eta R}$

Question 6 On s'intéresse à la norme v_∞ de la vitesse atteinte après la période transitoire. Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. v_∞ est indépendante de la charge q de la molécule. ✗
- B. v_∞ est indépendante de la différence de potentiel entre les deux plaques. ✗
- C. v_∞ est inversement proportionnelle à la différence de potentiel entre les deux plaques. ✓
- D. v_∞ augmente si D diminue. ✓
- E. v_∞ augmente si la viscosité du liquide diminue. ✓

Tensiomètre

Un tensiomètre est composé d'un manomètre, d'un brassard, initialement dégonflé, de volume maximal $V_{max} = 0,5 \text{ L}$ et d'une poire de gonflage de volume $V_p = 0,05 \text{ L}$, reliée au brassard par un tube. Le médecin place le brassard autour de la partie supérieure du bras d'un patient et le gonfle en pressant la poire : seule la moitié du volume d'air contenu dans la poire est alors éjectée dans le brassard. Une valve de pression anti-retour s'ouvre et se referme sous l'effet de la différence de pression entre la poire et le brassard, empêchant l'air de revenir en arrière lorsque le médecin relâche la poire. Une valve d'admission permet à la poire de se remplir entièrement avec de l'air ambiant à pression atmosphérique $p_{atm} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$. Le médecin répète son geste plusieurs fois afin de gonfler le brassard jusqu'à V_{max} . La matière du brassard est souple mais inextensible.

La température de l'air $T = 20^\circ\text{C}$ est supposée constante et uniforme dans la poire, le brassard et à l'extérieur. On néglige le volume du tube reliant la poire au brassard. On considère l'air comme un gaz parfait diatomique. On note $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ la constante des gaz parfaits.

Question 7 L'air contenu dans la poire peut passer dans le brassard lors de l'ouverture de la valve anti-retour.

Calculer la quantité n_{inj} d'air injecté dans le brassard à chaque pression du médecin sur la poire.

Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $n_{inj} = 1 \text{ mmole}$
- B. $n_{inj} = 2 \text{ mmoles}$
- C. $n_{inj} = 1 \text{ mole}$
- D. Lors du gonflage, la pression de l'air augmente dans le brassard.
- E. Lors du gonflage, la pression de l'air est constante dans le brassard et égale à p_{atm} .

Question 8 Calculer le nombre N de pressions sur la poire qui sont nécessaires pour atteindre le volume V_{max} dans le brassard. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $N = 2$
- B. $N = 5$
- C. $N = 10$
- D. $N = 20$
- E. $N = 50$

Une fois le volume V_{max} atteint, le médecin continue de presser la poire pour augmenter la pression dans le brassard jusqu'à ce que l'artère du patient soit totalement comprimée. Le manomètre indique alors une pression $p = 1140 \text{ mm Hg}$.

Question 9 Calculer le nombre N' de pressions supplémentaires effectuées par le médecin. Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. L'ouverture de la valve anti-retour et le remplissage du brassard nécessitent de plus en plus d'énergie.
- B. L'ouverture de la valve anti-retour et le remplissage du brassard nécessitent autant d'énergie qu'avant.
- C. $N' = 5$
- D. $N' = 10$
- E. $N' = 30$

Question 10 Calculer l'énergie interne de l'air dans le brassard. On néglige les vibrations des molécules d'air à la température $T = 20^\circ\text{C}$. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $U_{\text{air}} = 110 \text{ J}$
- B. $U_{\text{air}} = 152 \text{ J}$
- C. $U_{\text{air}} = 183 \text{ J}$
- D. $U_{\text{air}} = 256 \text{ J}$
- E. $U_{\text{air}} = 365 \text{ J}$

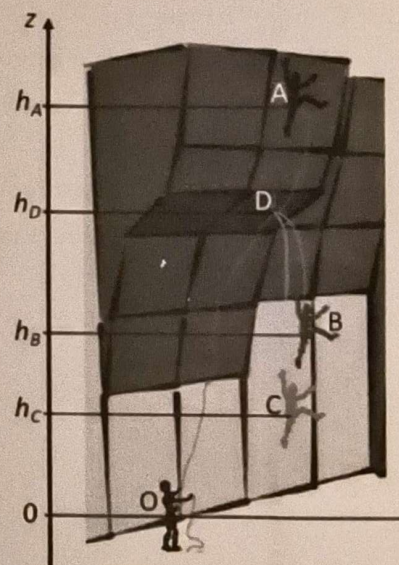
Chute en escalade

Deux personnes équipées chacune d'un baudrier s'entraînent dans une salle d'escalade. Ces deux personnes sont reliées entre elles au niveau du baudrier par une corde dynamique de constante de raideur $k = 6 \text{ kN/m}$. La personne qui assure le grimpeur, l'assureur, est située au niveau du sol, le niveau 0 pour l'axe vertical Oz étant pris au niveau de son baudrier, selon le schéma ci-contre.

Le grimpeur, de masse $m = 80 \text{ kg}$, escalade la paroi en démarrant du point O. Il accroche régulièrement à des points d'ancrage de la paroi une dégaîne dans laquelle il fait passer la corde, afin de sécuriser son ascension et de le protéger en cas de chute. La dernière dégaîne se situe au point D. Au point A de hauteur $h_A = 15 \text{ m}$, le grimpeur fait une pause pour se reposer. La corde est tendue et l'assureur a bloqué la corde. Du fait de la présence de dévers dans la paroi, la longueur de corde déployée entre les points O et A est augmentée de 6 % par rapport à une paroi entièrement verticale.

Malheureusement, le grimpeur chute depuis le point A. Dans un premier temps, le grimpeur est en chute libre jusqu'au point B, la corde n'étant plus tendue. Dans un second temps, la corde commence à se tendre et s'allonge d'une longueur maximale $\Delta l = 90 \text{ cm}$, de sorte que le grimpeur soit stoppé au point C. À ce moment-là, le grimpeur encaisse une force de choc, assimilable à la force de rappel d'un ressort, de norme $|\vec{F}_c| = k\Delta l$ et dérivant d'une énergie potentielle de la forme : $E_p(l) = \frac{1}{2} k(l - l_0)^2$ où l est la longueur de la corde « étirée » et l_0 sa longueur « au repos ».

Les hauteurs atteintes par le grimpeur seront considérées comme celles atteintes au niveau de son baudrier. On donne l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. On néglige toute forme de frottements, ainsi que la masse de la corde.



Question 11 Le grimpeur escalade la paroi et atteint la hauteur h_A au bout de $t = 4$ min. Calculer sa vitesse moyenne d'ascension v_{moy} . On note ΔE_{pp} la variation d'énergie potentielle de pesanteur du grimpeur pendant son ascension. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $v_{moy} = 62,5$ mm/s

B. $v_{moy} = 66,3$ mm/s

C. La gravitation est motrice lors de cette ascension. ✗

☒ D. $\Delta E_{pp} > 0$

E. $\Delta E_{pp} < 0$

$$\frac{h_A \times 10^6}{4 \times 60}$$

On s'intéresse à la phase de chute du grimpeur. On considère uniquement les mouvements verticaux.

Question 12 On note v_A , v_B , v_C et v_D les normes des vitesses de chute du grimpeur respectivement aux points A, B, C et D. Comparer ces vitesses. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $v_A = 0$ ✓

B. $v_A > v_B$ ✗

C. $v_D < v_B$ ✓

D. $v_C = 0$ ✓

E. $v_C > v_D$ ✗

Question 13 Calculer la hauteur h_B . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

A. $h_B = 9,7$ m

B. $h_B = 10,5$ m

C. $h_B = 11,9$ m

D. $h_B = 12,8$ m

E. $h_B = 14,1$ m

Question 14 La hauteur de chute est définie par $h = h_A - h_B$. Calculer les hauteurs h et h_D . On considère la paroi verticale entre les points A et D. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $h = 2,2$ m

B. $h = 3,1$ m

C. $h_D = 12,4$ m

D. $h_D = 13,9$ m

E. $h_D = 14,6$ m

Question 15 Calculer la vitesse de chute v_B du grimpeur au niveau du point B. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $v_B = 6,6 \text{ km/h}$
- B. $v_B = 16,7 \text{ km/h}$
- C. $v_B = 23,7 \text{ km/h}$
- D. $v_B = 57,1 \text{ km/h}$
- E. $v_B = 61,8 \text{ km/h}$

Question 16 Calculer la variation d'énergie potentielle de pesanteur ΔE_{ppAC} du grimpeur entre les points A et C lors de sa chute. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $\Delta E_{ppAC} = -11,8 \text{ kJ}$
- B. $\Delta E_{ppAC} = -2,4 \text{ kJ}$
- C. $\Delta E_{ppAC} = -1,7 \text{ kJ}$
- D. $\Delta E_{ppAC} = +1,7 \text{ kJ}$
- E. $\Delta E_{ppAC} = +2,4 \text{ kJ}$

$$\begin{aligned} 10 \times 9,81 \times \\ 0,812 \\ 81 \times 10 \\ 810 \end{aligned}$$

Le grimpeur est immobile à la hauteur h_C , suspendu dans le vide par la corde bloquée par l'assureur. Celui-ci fait ensuite descendre le grimpeur, de sorte qu'il atteigne le sol avec une vitesse $v_{desc} = 5 \text{ km/h}$.

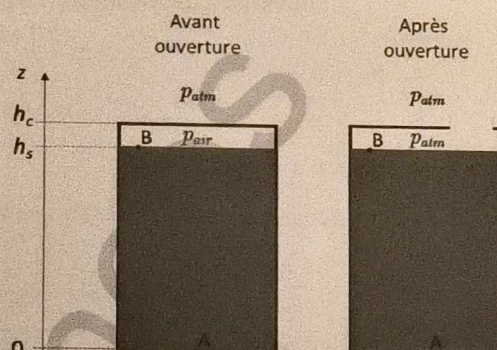
Question 17 Calculer le travail $|W|$ fourni par l'assureur lors de cette descente. On suppose que la corde est indéformable lors de cette descente. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $|W| = 77 \text{ J}$
- B. $|W| = 9,18 \text{ kJ}$
- C. $|W| = 9,26 \text{ kJ}$
- D. $|W| = 9,34 \text{ kJ}$
- E. $|W| = 9,42 \text{ kJ}$

Canette de soda

Pour se remettre de ses émotions après sa chute, le grimpeur, une fois redescendu, boit du soda contenu dans une canette, assimilée à un cylindre de diamètre $d_c = 60$ mm et de hauteur $h_c = 145$ mm. La hauteur de soda dans la canette est $h_s = 125$ mm. Avant ouverture de la canette, la pression de l'air p_{air} au-dessus du soda dans la canette vaut le triple de la pression atmosphérique $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$. Après ouverture de la canette, la pression au-dessus du soda est p_{atm} . La température dans le soda, la canette et à l'extérieur de celle-ci est constante et uniforme. Le soda est un liquide incompressible de densité $d_s = 0,993$.

On donne l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ et la masse volumique de l'eau $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$.



Question 18 L'air dans la canette fermée contient du CO_2 , à la pression partielle $p_{\text{CO}_2} = 2,85 \text{ atm}$, le reste étant un mélange de gaz inertes initialement composé de 80% de diazote N_2 , de 10% d'argon Ar et de 10% d'hélium He . L'air dans la canette se comporte comme un mélange de gaz parfaits. Calculer x_{CO_2} la fraction molaire en CO_2 et p_{N_2} la pression partielle en N_2 dans la canette fermée. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $x_{\text{CO}_2} = 0,8$
- B. $x_{\text{CO}_2} = 0,95$
- C. $p_{\text{N}_2} = 1,2 \times 10^4 \text{ Pa}$
- D. $p_{\text{N}_2} = 1,5 \times 10^4 \text{ Pa}$
- E. $p_{\text{N}_2} = 2,4 \times 10^5 \text{ Pa}$

Question 19 Calculer la pression p_A au point A situé dans le soda au fond de la canette quand celle-ci est fermée. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $p_A = 0,99 \text{ atm}$
- B. $p_A = 1,01 \text{ atm}$
- C. $p_A = 2,99 \text{ atm}$
- D. $p_A = 3,01 \text{ atm}$
- E. $p_A = 3,03 \text{ atm}$

Question 20 Comparer les pressions p_A et p_B avant ouverture de la canette aux pressions p'_A et p'_B après ouverture de la canette. Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $p_B = p'_B$
- B. $p_B > p'_B$
- C. $p_A > p'_A$
- D. $p_B < p'_A$
- E. $p'_B < p'_A$

Le grimpeur boit son soda à l'aide d'une paille de diamètre $d_p = 6$ mm. Il vide la canette en 6 fois par aspiration du soda via la paille : les aspirations durent chacune $t = 2$ s et sont toutes de même volume. On néglige les frottements lors de l'écoulement du soda.

Question 21 Calculer le débit Q d'une aspiration de soda par le grimpeur. Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $Q = 2,9 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- B. $Q = 3,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- C. $Q = 1,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- D. $Q = 1,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- E. $Q = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Question 22 Lors d'une aspiration, on assimile l'écoulement du soda entre la canette et la paille à l'écoulement d'un liquide incompressible dans une conduite passant d'une section S_c à une section S_p , où S_c et S_p sont les sections respectives de la canette et de la paille. Comparer les vitesses d'écoulement v_c et v_p du soda respectivement dans la canette et dans la paille lors d'une aspiration. Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $v_c < v_p$
- B. $v_c > v_p$
- C. $\frac{v_p}{v_c} = 10$
- D. $\frac{v_c}{v_p} = 100$
- E. $\frac{v_p}{v_c} = 100$