Examen national 2021 :

Session rattrapage

Chimie :

Exercice 01 :

Partie 1 :

Quelques réactions avec l'ion ammonium :

1. Étude d'une solution aqueuse de chlorure d'ammonium :

1.1. Équation de la réaction :

$$NH_4{}^+ + H_2O \leftrightharpoons NH_3 + H_3O^+$$

1.2. Dressons tableau d'avancement :

	$NH_4{}^+$	$+ \quad H_2O$	$\rightleftharpoons$	H_3O^+	$+ \quad NH_3$
État initial	CV	Excès		0	0
État en cours	$CV - x$	Excès		x	x
État final	$CV - x_f$	Excès		x_f	x_f

On a $\tau = \dfrac{x_f}{x_m}$ où $x_m = CV$ (l'eau est en excès).
On a ainsi :

$$\sigma = \lambda_i[NH_4{}^+] + \lambda_2[H_3O^+] + \lambda_3[Cl^-]$$

Or :

$$\begin{cases} [NH_4{}^+] = \frac{CV - x_f}{V} = C - \frac{x_f}{V} \\ [H_3O^+] = \frac{x_f}{V} \\ [Cl^-] = C \end{cases}$$

Donc :

$$\begin{aligned} \sigma &= \lambda_1 \left(C - \frac{x_f}{V}\right) + \lambda_2 \frac{x_f}{V} + \lambda_3 C \\ &= \frac{x_f}{V}(\lambda_2 - \lambda_1) + C(\lambda_3 + \lambda_1) \\ \sigma - C(\lambda_3 + \lambda_1) &= \frac{x_f}{V}(\lambda_2 - \lambda_1) \\ x_f &= \frac{\sigma V}{\lambda_2 - \lambda_1} - CV(\lambda_3 + \lambda_1) \\ \tau &= \frac{\sigma / C - (\lambda_3 + \lambda_1)}{\lambda_2 - \lambda_1} \\ \tau &\overset{\text{A.N}}{=} 0,03\% \end{aligned}$$

1.3. L'expression de K_A :
On a :

$$K_A = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4{}^+]}$$

Avec :

$$\begin{cases} [H_3O^+] = [NH_3] = \tau C \\ [NH_4{}^+] = C - [NH_3] = C(1-\tau) \end{cases}$$

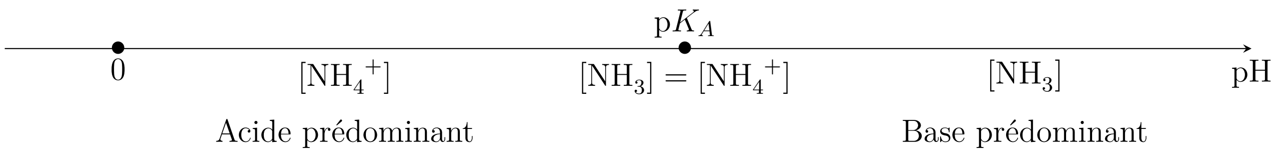
Donc :

$$K_A = \frac{\tau^2 C}{1-\tau} \overset{\text{A.N}}{=} 6,12 \times 10^{-10}$$

Par suite :

$$pK_A = -\log K_A \overset{\text{A.N}}{=} 9,2$$

1.4. Le diagramme de prédominance :



1.5. Vrai ou Faux ?

a. Le taux d'avancement de la réaction augmente Vrai

b. Le quotient de la réaction à l'équilibre $Q_{r,\text{éq}}$ de la réaction reste constant Vrai

c. L'avancement à l'équilibre ne varie pas Faux

d. Le pK_A diminue Faux

2. Dosage des ions ammonium dans un médicament :

2.1 Équation de la réaction :

$$NH_4{}^+ + OH^- \longrightarrow NH_3 + H_2O$$

2.2 La constante d'équilibre K :

$$\begin{aligned} K &= \frac{[NH_3]}{[NH_4{}^+][OH^-]} \\ &= \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4{}^+]} \times \frac{1}{[OH^-][H_3O^+]} \\ &= \frac{K_A}{K_e} \\ &\overset{\text{A.N}}{=} 10^{4,8} \end{aligned}$$

2.3 D'après la relation d'équilibre :

$$\begin{aligned} C_A V_A &= C_B V_{B_{\text{éq}}} \\ C_A &= \frac{C_B V_{B_{\text{éq}}}}{V_A} \\ C_m &= \frac{C_B V_{B_{\text{éq}}}}{V_A} \times M \\ C_m &\overset{\text{A.N}}{=} 1,5 \text{ g/L} \end{aligned}$$

Donc l'indication portée sur le médicament est vérifiée.

Partie 2 :

Étude de la pile nickel-argent :

2.1 L'équation de la réaction :

$$2Ag^+ + Ni \leftrightharpoons Ni^{2+} + Ag$$

2.2. Dressons tableau d'avancement :

	$2Ag^+$	+ Ni	$\rightleftharpoons$	Ni^{2+}	+ Ag
État initial	n_1	n_2		n_3	n_4
État en cours	$n_1 - 2x$	$n_2 - x$		$n_3 + x$	$n_4 + x$
État final	$n_1 - 2x_f$	$n_2 - x_f$		$n_3 + x_f$	$n_4 + x_f$

Le réactif limitant :

$$\begin{cases} [Ag^+]V - 2x_m & = 0 \\ \dfrac{m}{M} - x_= & = 0 \end{cases} \Longleftrightarrow \begin{cases} x_{m_1} & = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \\ x_{m_2} & = 10^{-2} \text{ mol} \end{cases}$$

Le réactif limitant est donc Ag^+ avec : $x_m = 10^{-2}$ mol.
Et on a :

$$\begin{aligned} n\left(e^-\right) &= 2x_m \\ \frac{Q_m}{\mathscr{F}} &= 2x_m \\ Q_m &= 2x_m\mathscr{F} \\ Q_m &= \overset{\text{A.N}}{=} 9650 \text{ C} \end{aligned}$$

2.3. Trouvons la nouvelle concentration de Ni^{2+} :
On a :

$$I\Delta t = \underbrace{n\left(e^-\right)}_{=2x_f}\mathscr{F} \Longleftrightarrow x_f = \frac{I\Delta t}{2\mathscr{F}}$$

Donc :

$$x_f \overset{\text{A.N}}{=} 0,93 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Par suite :

$$[Ni^{2+}]_f = \frac{n_3 + x_f}{V} \overset{\text{A.N}}{=} 1,93 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

Physique :

Exercice 02 :

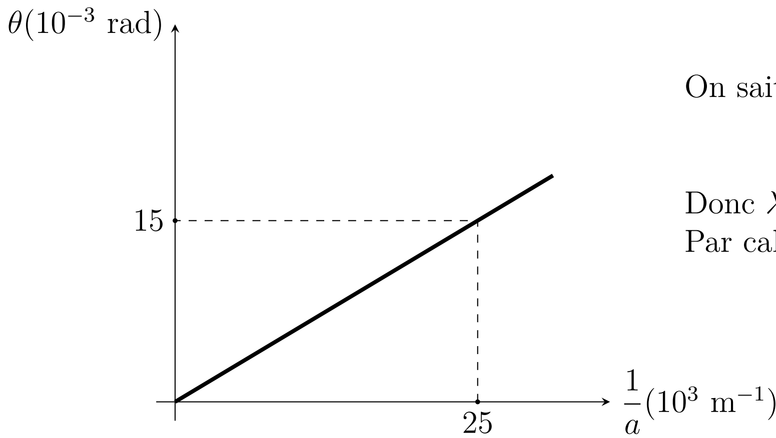
1. Faux, l'onde lumineuse est une onde électromagnétique.
2. La condition sur a pour avoir le phénomène de diffraction est : $10\lambda \leq a \leq 100\lambda$
3. Vrai ou Faux ?
   a. La lumière est une onde transversale, dont la célérité est la même dans tout milieu transparent Faux
   b. La lumière monochromatique d'un laser est constituée de radiations d'ene seule longueur d'onde mais de plusieurs fréquences différentes Faux

c. La dispersion de la lumière blanche par un prisme montre que l'indice de réfraction du milieu varie avec la fréquence Vrai

d. Le vide est parfaitement non dispersif Vrai

4. Diffraction d'une onde monochromatique :

4.1. Déterminons la longueur d'onde λ graphiquement :



On sait que :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

Donc λ est la pente de la courbe ci jointe :
Par calcul simple on obtient :

$$\lambda = \frac{15 \times 10^{-3}}{25 \times 10^3} = 600\ \mathrm{nm}$$

4.2. Déterminons le nouveau diamètre a_1 :
On sait que :

$$\theta = \frac{\lambda}{a_1} = \frac{L}{2D} \Longleftrightarrow a_1 = \frac{2\lambda D}{L}$$
$$\Longleftrightarrow a_1 \overset{\text{A.N}}{=} 60\ \mu\mathrm{m}$$

Exercice 03 :

1. L'équation de la réaction nucléaire :

$${}^1_0\mathrm{n} + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{146}_{58}\mathrm{Ce} + {}^{85}_{34}\mathrm{Se} + 5\,{}^1_0\mathrm{n}$$

2. Calculons $|\Delta E|$ en joule :

$$|\Delta E| = |m\,(\mathrm{Ce}) + m\,(\mathrm{Se}) + 4m_{\mathrm{n}} - m\,(\mathrm{U})\,| \times 931,5 \times 1,6022 \times 10^{-13}$$
$$\overset{\text{A.N}}{=} 2,65^{-11}\ \mathrm{J}$$

3. Commençons d'abord par déterminer le nombre de noyaux présents dans 1 Kg :

$$N = \frac{m}{m\,(\mathrm{U})}$$

On sait que l'échantillon est activé à 5% donc :

$$E = \frac{5}{100} \times N \times |\Delta E|$$
$$\overset{\text{A.N}}{=} 3,38 \times 10^{12}\ \mathrm{J}$$

4. Déterminons la masse utilisée par le réacteur pendant un an :
On a :

$$r = \frac{P_e}{P_N} \Longleftrightarrow P_N = \frac{P_e}{r} \overset{\text{A.N}}{=} 4264,7\ \mathrm{MW}$$

Donc :

$$E = P_N \underbrace{\Delta t}_{1 \text{ an}}$$

On sait que :

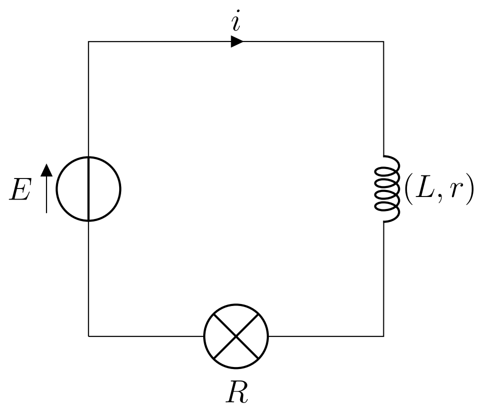
$$\begin{aligned} 1 \text{ Kg} &\longrightarrow 3,38 \times 10^{12} \text{ J} \\ m &\longrightarrow E \end{aligned}$$

Alors par application du principe de proportionnalité (règle à 3) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{P_N \Delta t}{E} \\ &\overset{\text{A.N}}{=} 4 \times 10^{-2} \text{ Kg} \end{aligned}$$

Exercice 04 :

1. Éveil lumière :
1.1 L'équation différentielle vérifiée par u :



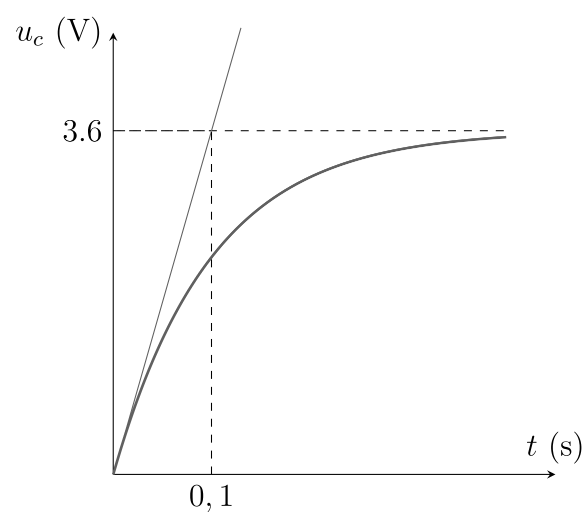
D'après la loi des mailles, on a :

$$\begin{aligned} E &= u + u_L \\ E &= u + ri + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \\ E &= (R+r)i + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \\ \frac{E}{R+r} &= i + \frac{L}{R+r}\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \\ \frac{R}{R+r}E &= u + \frac{L}{R+r}\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} \end{aligned}$$

Par suite :

$$\frac{R}{L}E = \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + (R+r)u$$

1.2. Déterminons r et L :



On a graphiquement : $U_m = 3,6$ V, or $U = RI_m \iff I_m \overset{\text{A.N}}{=} 0,9$ A
D'où :

$$E = (R+r)I_m \iff r = \frac{E}{I} - R \overset{\text{A.N}}{=} 6\ \Omega$$

Et on a aussi d'après le graphe : $\tau = 0,1$ s Donc :

$$\tau = \frac{L}{R+r} \iff L = \tau(R+r) \overset{\text{A.N}}{=} 1 \text{ H}$$

1.3. Dans la suite on a l'expression de $u = u_m\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right)$.

1.3.1. On a la puissance électrique reçue par la lampe est :

$$\begin{aligned} P &= \frac{98,01}{100} P_m \\ \frac{u^2}{R} &= \frac{98,01}{100} \frac{u_m^2}{R} \\ u &= \sqrt{\frac{98,01}{100}} u_m \\ u &= \frac{99}{100} u_m \end{aligned}$$

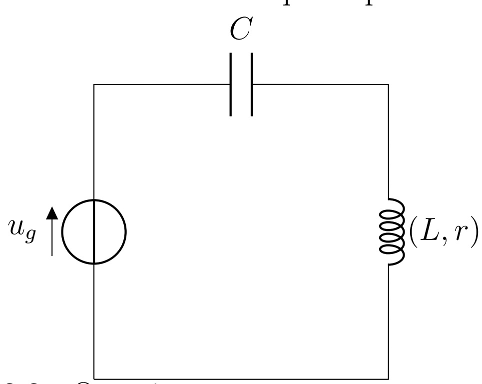
Donc pour réveiller une personne la lumière est suffisante lorsque :

$$u = 0,99 u_m$$

1.3.2. Déterminons le temps t_R nécessaire pour permettre le réveil :
On sait que :

$$\begin{aligned} u_m\left(1 - e^{-t_R/\tau}\right) = 0,99 u_m &\iff 1 - e^{-t_R/\tau} = 0,99 \\ &\iff e^{-t_R/\tau} = 1 - 0,99 \\ &\iff -\frac{t_R}{\tau} = \ln(0,01) \\ &\iff t_R = -\tau \ln(0,01) \\ &\iff t_R \overset{\text{A.N}}{=} 0,46 \text{ s} \end{aligned}$$

Et c'est le temps nécessaire.
1.3.3. On a trouvé que $t_R \propto \tau = L/(R+r)$, donc pour prolonger la durée t_R, il suffit donc de diminuer $R + r$ ou bien d'augmenter L.
2. Étude d'un circuit LC :
2.1. Déterminons k pour que l'oscillateur soit entretenue :



$$\begin{aligned} u_c + u_L &= u_g \\ u_c + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + ri &= ki \\ u_c + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} &= (k - r)i \end{aligned}$$

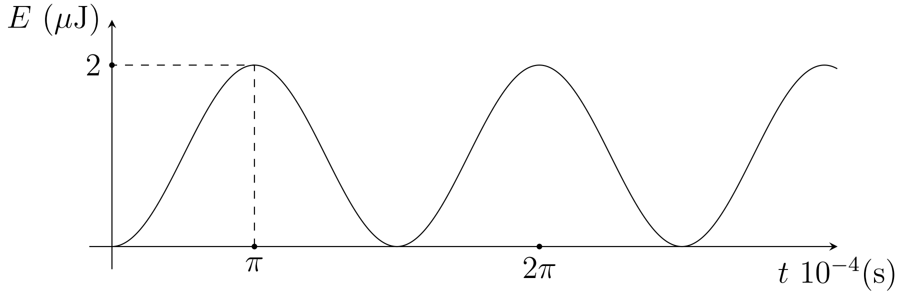
Alors pour que le système soit entretenue, il faut que :

$$(k - r)i = 0 \iff k = r = 6\ \Omega$$

2.2. On sait que :

$$E_T = \frac{1}{2} L I_m^2 \iff I_m = \sqrt{\frac{2E_T}{L}} \overset{\text{A.N}}{=} 2 \text{ mA}$$

2.3. On a le graphe suivant :



Déterminons I_m :

$$E_T = \frac{1}{2}LI_m^2 \Longleftrightarrow I_m = \sqrt{\frac{2E_T}{L}} \overset{\text{A.N}}{=} 2 \text{ mA}$$

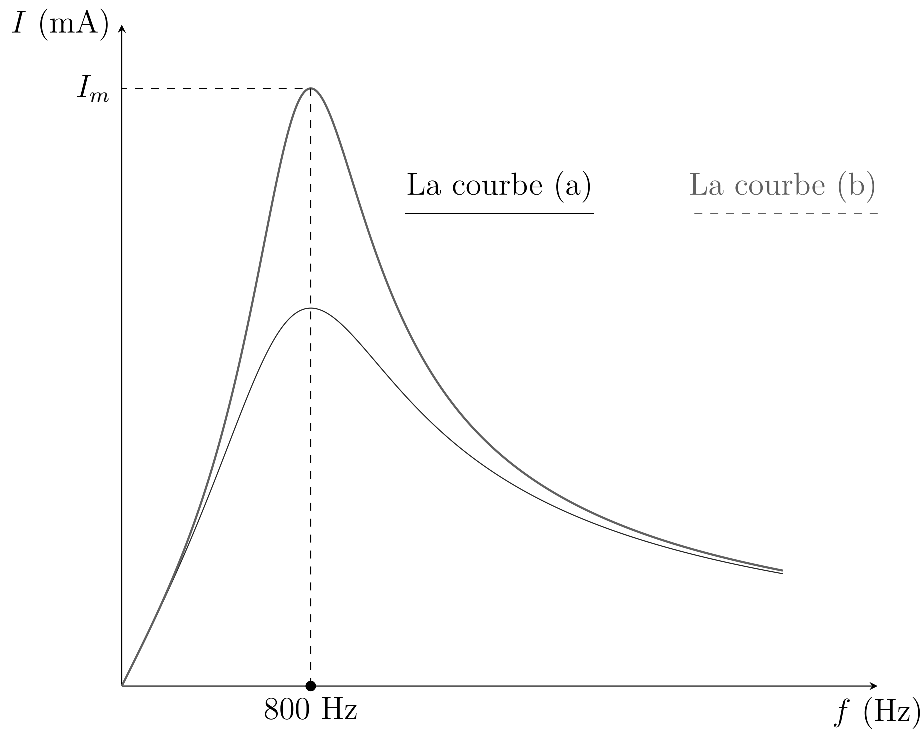
Déterminons C : On sait que $T = 2T_0$, donc :

$$\begin{aligned} 2T_0 = 2\pi\sqrt{LC} &\Longleftrightarrow 4\pi \times 10^{-4} = 2\pi\sqrt{LC} \\ &\Longleftrightarrow C \overset{\text{A.N}}{=} 40 \text{ nF} \end{aligned}$$

Déterminons Q_m :

$$Q_m = I_m \frac{2\pi}{T_0} \overset{\text{A.N}}{=} 10^{-1} \text{ C}$$

3. Oscillateur en régime forcé :
3.1. On a le graphe suivant :



Généralement à la résonance on a :

$$I_r = \frac{U}{R}$$

Donc pour la résistance la plus faible, l'intensité de courant est plus grand.
La courbe (b) est celle de R_1 (on rappelle que $R_1 < R_2$).
3.2. Graphiquement la fréquence de résonance $f_r = 800$ Hz.
3.3. Graphiquement on a $\frac{I_m}{\sqrt{2}} \overset{\text{A.N}}{=} 4,2$ mA, donc par projection on trouve que $\Delta f = 180$ Hz, donc le facteur de qualité est :

$$Q = \frac{f}{\Delta f} \overset{\text{A.N}}{=} 4,44$$

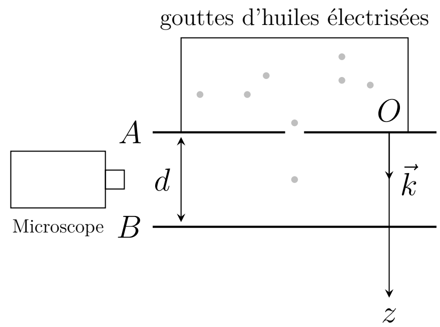
3.4. Calculons R_1 :

$$R_1 = \frac{U}{I} \overset{\text{A.N}}{=} 10^3 \ \Omega$$

Exercice 05 :

Partie 1 :

L'expérience de Millikan :



1. Calcul du rayon de la gouttelette d'huile :

1.1. Trouvons l'équation différentielle :

On rappelle que :

$$m = \rho_H V_S \quad \text{et} \quad V_s = \frac{4}{3}\pi r^3$$

Par application de la relation fondamentale de la dynamique, on a :

$$\begin{aligned}
\sum \vec{F} = m\vec{a} &\Longleftrightarrow \vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = m\vec{a} \\
&\Longleftrightarrow m\vec{g} - \rho_A V_s \vec{g} - 6\pi\eta r\vec{v} = m\vec{a} \\
&\Longleftrightarrow mg - \rho_A V_s g - 6\pi\eta r v = m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} \quad \text{(Projection sur } (Oz)) \\
&\Longleftrightarrow m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + 6\pi\eta r v = -\rho_A V_S g + mg \\
&\Longleftrightarrow \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + \frac{6\pi\eta r}{m} v = -\frac{\rho_A V_S g}{m} + g \\
&\Longleftrightarrow \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + \frac{9\eta}{2\rho_H r^2} v = g\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right)
\end{aligned}$$

D'où l'équation différentielle demandée.

1.2. L'expression de la vitesse limite v_l :

Lorsque $v = v_l$, on a :

$$\underbrace{\frac{\mathrm{d}v_l}{\mathrm{d}t}}_{=0} + \frac{9\eta}{2\rho_H r^2} v_l = g\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right) \Longleftrightarrow v_l = \frac{2g\rho_H r^2}{9\eta}\left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_H}\right)$$

Donc :

$$v_l = \frac{2gr^2(\rho_H - \rho_A)}{9\eta}$$

1.3. Calculons le rayon r :

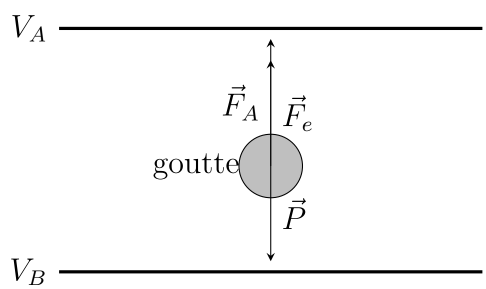
On a :

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v_l}{2g(\rho_H - \rho_A)}} \overset{\text{A.N}}{=} 3,6\ \mu\text{m}$$

2. Calcul de la charge de la gouttelette d'huile électrisée :

2.1. L'expression de q :

Pour une tension $U_0 = 3,1$ KV, la charge est en équilibre :



Par application du PFD, on trouve :

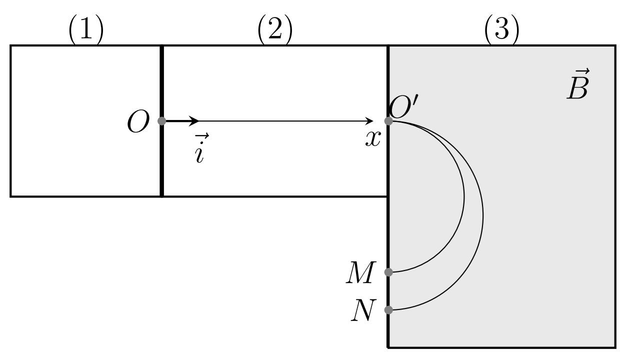
$$
\begin{aligned}
m\vec{g} &= q\vec{E} + \rho_A V_S \vec{g} \\
mg &= |q|E + \rho_A V_S g \\
|q|\frac{U_0}{d} &= \rho_H V_S g - \rho_A V_S g \\
|q| &= \frac{4d(\rho_H - \rho_A)g\pi r^3}{3U_0}
\end{aligned}
$$

2.2. Trouvons le nombre des charges élémentaires portées par cette goutte :
On a : $|q| = N.e$, où N est le nombre de charge élémentaire, alors :

$$N = \frac{4d(\rho_H - \rho_A)g\pi r^3}{3U_0 e} \overset{\text{A.N}}{\approx} 10$$

Partie 2 :

Séparation d'un mélange d'isotopes à l'aide d'un spectrographe de masse :



1. Étude dans le compartiment (1) :
1.1. On a par application du PFD sur l'ion :

$$
\begin{aligned}
\vec{F}_e &= m\vec{a} \\
qE &= ma \\
a &= \frac{qU_0}{md} = \mathrm{C}^{\mathrm{te}}
\end{aligned}
$$

Le mouvement est donc rectiligne uniformément accéléré.
1.2. On sait que :

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$$

Or $v_0 = 0$ et $x_0 = 0$, alors :

$$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qU_0}{2md}t^2$$

Et on a, par dérivation :

$$v = \frac{qU_0}{md}t$$

1.3. Trouvons l'expression de v_1 :
Lorsque $x = d$, on a :

$$t = \sqrt{\frac{2md^2}{qU_0}}$$

Donc :

$$v = \frac{qU_0}{md} \times \sqrt{\frac{2md^2}{qU_0}} = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$$

2. Trouvons l'expression de MN : On sait que le mouvement est circulaire uniforme, donc :

$$\frac{mv^2}{R} = qvB \Longleftrightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

Donc :

$$2R_1 = \frac{2m_1v_1}{qB} \qquad 2R_2 = \frac{2m_2v_2}{qB}$$

$$D_1 = \frac{2}{eB}\sqrt{2eU_0m_1} \qquad D_2 = \frac{2}{eB}\sqrt{2eU_0m_2}$$

D'où

$$\begin{aligned} MN &= D_2 - D_1 \\ &= \frac{2}{eB}\sqrt{2eU_0}\,(\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1}) \\ &\overset{\text{A.N}}{=} 25,4 \text{ mm} \end{aligned}$$
