

Bac Term Spé Physique Chimie - 2026 - Asie J2

Exercice 1 - Jeu d'évasion (11 points)

Partie 1 - Cible à atteindre

Q1- Coordonnées du vecteur accélération

En appliquant la deuxième loi de Newton au projectile de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen, et en négligeant toute action autre que le poids (chute libre) :

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \implies m\vec{g} = m\vec{a} \implies \vec{a} = \vec{g}$$

Dans le repère (O, x, z) où l'axe Oz est vertical vers le haut, le vecteur pesanteur s'écrit $\vec{g} \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$. Les coordonnées du vecteur accélération de M sont donc :

$$\vec{a} \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{pmatrix}$$

Q2- Équations horaires du mouvement

Par définition, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$. En intégrant les coordonnées de l'accélération, on obtient la vitesse :

$$\vec{v}(t) \begin{pmatrix} v_x(t) = C_1 \\ v_z(t) = -g \cdot t + C_2 \end{pmatrix}$$

À l'instant $t = 0$ s, la vitesse initiale est $\vec{v}_0 \begin{pmatrix} v_0 \cos(\alpha) \\ v_0 \sin(\alpha) \end{pmatrix}$. Par identification, on trouve $C_1 = v_0 \cos(\alpha)$ et $C_2 = v_0 \sin(\alpha)$.

Par définition, $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$. En intégrant à nouveau :

$$\vec{OM}(t) \begin{pmatrix} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \cdot t + C_3 \\ z(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + v_0 \sin(\alpha) \cdot t + C_4 \end{pmatrix}$$

À l'instant $t = 0$ s, le projectile part de la position $M_0 \begin{pmatrix} 0 \\ H \end{pmatrix}$. D'où $C_3 = 0$ et $C_4 = H$. On retrouve bien :

$$\vec{OM}(t) \begin{pmatrix} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + v_0 \sin(\alpha) \cdot t + H \end{pmatrix}$$

Q3- Équation de la trajectoire

De l'expression de $x(t)$, on exprime le temps t :

$$t = \frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}$$

On substitue t dans l'expression de $z(t)$:

$$z(x) = -\frac{1}{2}g \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} \right)^2 + v_0 \sin(\alpha) \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} \right) + H$$

$$z(x) = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 + \tan(\alpha) \cdot x + H$$

Q4- Calcul de la hauteur H_T de la table

Pour débloquent la serrure, le projectile doit passer par le point C de coordonnées (D, h_C) . On doit donc avoir $z(D) = h_C$:

$$h_C = -\frac{g \cdot D^2}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha) \cdot D + H$$

On en déduit l'expression de la hauteur totale H :

$$H = h_C + \frac{g \cdot D^2}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} - \tan(\alpha) \cdot D$$

Application numérique :

$$H = 1,00 + \frac{9,81 \times 3,00^2}{2 \times 5,60^2 \times \cos^2(43,0^\circ)} - \tan(43,0^\circ) \times 3,00$$

$$H \approx 1,00 + 2,63 - 2,80 = 0,83 \text{ m}$$

Sachant que $H = H_T + H_B$, on trouve :

$$H_T = H - H_B = 0,83 - 0,30 = 0,53 \text{ m} = 53 \text{ cm}$$

Cette hauteur est bien comprise dans la gamme de réglage de la table (entre 40 et 80 cm).

Partie 2 - Résistance à régler

Q5- Équation différentielle

Lors de la décharge du condensateur dans le conducteur ohmique, la loi des mailles s'écrit :

$$u_C(t) + u_R(t) = 0$$

D'après la loi d'Ohm, $u_R(t) = R \cdot i(t)$. De plus, l'intensité du courant de décharge est liée à la tension aux bornes du condensateur par la relation $i(t) = C \frac{du_C}{dt}$. On obtient :

$$u_C(t) + RC \frac{du_C}{dt} = 0 \implies \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C(t) = 0$$

On pose $\tau = RC$ (constante de temps du circuit). L'équation s'écrit bien :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C = 0$$

Q6- Vérification de la solution

On pose la solution générale sous la forme $u_C(t) = A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$. Sa dérivée par rapport au temps est :

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{A}{\tau} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

En injectant ces deux expressions dans l'équation différentielle :

$$-\frac{A}{\tau} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + \frac{1}{\tau} A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = 0$$

L'égalité est vérifiée quel que soit t . Pour déterminer la constante A , on utilise la condition initiale : à $t = 0$ s, le condensateur est chargé sous la tension U_0 :

$$u_C(0) = A \exp(0) = U_0 \implies A = U_0 = 5,0 \text{ V}$$

Q7- Choix de la courbe de décharge

La rotation commence pour $u_C = 4,0 \text{ V}$ et s'arrête pour $u_C = 1,0 \text{ V}$, avec une durée requise de $\Delta t = 14 \text{ s}$. Mesurons cet intervalle de temps sur les trois courbes :

Pour la courbe R_1 : $u_C = 4,0 \text{ V}$ à $t \approx 3 \text{ s}$ et $u_C = 1,0 \text{ V}$ à $t \approx 17 \text{ s}$. $\Delta t \approx 14 \text{ s}$.

Pour la courbe R_2 : $u_C = 4,0 \text{ V}$ à $t \approx 1 \text{ s}$ et $u_C = 1,0 \text{ V}$ à $t \approx 7,5 \text{ s}$. $\Delta t \approx 6,5 \text{ s}$.

Pour la courbe R_3 : $u_C = 4,0 \text{ V}$ à $t \approx 5 \text{ s}$ et $u_C = 1,0 \text{ V}$ à $t \approx 26 \text{ s}$. $\Delta t \approx 21 \text{ s}$.

La courbe correspondante est donc la courbe R_1 .

Q8- Détermination de la constante de temps τ

Par le calcul, à $t = \tau$:

$$u_C(\tau) = U_0 \exp(-1) \approx 5,0 \times 0,37 = 1,85 \text{ V}$$

En lisant l'abscisse du point d'ordonnée 1,85 V sur la courbe R_1 , on obtient :

$$\tau \approx 10 \text{ s}$$

Q9- Calcul de la résistance R

Comme $\tau = RC$, on en déduit :

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{10}{47 \times 10^{-6}} \approx 2,1 \times 10^5 \Omega = 210 \text{ k}\Omega$$

Partie 3 - Cellules à éclairer

Q10- Phénomène physique

Le phénomène physique responsable de cette alternance est le phénomène d'**interférences lumineuses**.

Q11- Définition de l'interfrange i

L'interfrange i est la distance séparant les milieux de deux franges brillantes (ou deux franges sombres) consécutives.

Q12- Détermination de la valeur de l'écartement b

Les cinq cellules doivent recevoir simultanément de la lumière. Leurs centres correspondent donc à cinq franges brillantes successives. La distance entre la première et la cinquième cellule correspond ainsi à 4 interfranges :

$$\ell = 4i \implies i = \frac{\ell}{4} = \frac{2,0 \times 10^{-2}}{4} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ m}$$

En utilisant l'expression de l'interfrange :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{b} \implies b = \frac{\lambda \cdot D}{i}$$

Application numérique :

$$b = \frac{650 \times 10^{-9} \times 0,30}{5,0 \times 10^{-3}} = 3,9 \times 10^{-5} \text{ m} = 39 \mu\text{m}$$

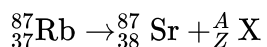
Exercice 2 - Datation (4 points)

Q1- Choix de la paire d'isotopes

Des isotopes ont le même nombre de protons Z mais des nombres de neutrons différents. La paire d'isotopes est donc $({}^{86}_{38}\text{Sr}; {}^{87}_{38}\text{Sr})$ car ces deux noyaux possèdent le même numéro atomique $Z = 38$.

Q2- Équation de désintégration

L'équation s'écrit :

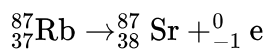


En appliquant les lois de conservation de Soddy :

$$\text{Conservation du nombre de nucléons : } 87 = 87 + A \implies A = 0$$

$$\text{Conservation de la charge : } 37 = 38 + Z \implies Z = -1$$

La particule émise est un électron ${}^0_{-1}\text{e}$. L'équation est :



Q3- Particule émise et type de radioactivité

La particule émise est un électron. Il s'agit d'une radioactivité de type β^- .

Q4- Définition de la demi-vie $t_{1/2}$

La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés.

Q5- Relation entre λ et $t_{1/2}$

À $t = t_{1/2}$, le nombre de noyaux est divisé par deux :

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda \cdot t_{1/2})$$

$$\exp(-\lambda \cdot t_{1/2}) = \frac{1}{2} \implies -\lambda \cdot t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln(2) \implies \lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$$

Q6- Détermination de l'âge t_R de la roche

Par identification entre l'équation expérimentale $y = 0,0650 \cdot x + 0,6990$ et l'équation théorique $y = (\exp(\lambda \cdot t_R) - 1) \cdot x + y_0$, le coefficient directeur vaut :

$$\exp(\lambda \cdot t_R) - 1 = 0,0650 \implies \exp(\lambda \cdot t_R) = 1,0650$$

$$\lambda \cdot t_R = \ln(1,0650) \implies t_R = \frac{\ln(1,0650)}{\lambda}$$

Calculons λ :

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{4,88 \times 10^{10}} \approx 1,42 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}$$

Puis calculons l'âge t_R :

$$t_R = \frac{\ln(1,0650)}{1,42 \times 10^{-11}} \approx 4,44 \times 10^9 \text{ ans}$$

L'âge de la roche est d'environ 4,44 milliards d'années. Cet âge est cohérent avec l'âge estimé de la formation du système solaire et de la Lune (environ 4,5 milliards d'années).

Exercice 3 - Phytoremédiation (5 points)

Q1- Définition de l'équivalence

À l'équivalence d'un titrage, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Il y a changement de réactif limitant.

Q2- Identification de l'oxydant et du réducteur

Lors du titrage :

Le diiode I_2 est réduit en ions iodure I^- selon la demi-équation $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$. C'est l'**oxydant**.

Les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ sont oxydés selon $2S_2O_3^{2-} \rightleftharpoons S_4O_6^{2-} + 2e^-$. C'est le **réducteur**.

Q3- Relation à l'équivalence

D'après la stœchiométrie de l'équation de titrage :

$$n_1(I_2) = \frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{2}$$

Q4- Relation entre $n_1(I_2)$ et $n_0(Cu^{2+})$

L'équation de réaction de formation du diiode est : $2Cu^{2+}(aq) + 4I^-(aq) \rightarrow 2CuI(s) + I_2(aq)$.

Les ions iodure étant introduits en excès, l'ion cuivre est le réactif limitant. On a donc :

$$n_1(\text{I}_2) = \frac{n_0(\text{Cu}^{2+})}{2}$$

Q5- Dédution de la valeur de $n_0(\text{Cu}^{2+})$

En combinant les relations des questions Q3 et Q4 :

$$\frac{n_0(\text{Cu}^{2+})}{2} = \frac{n_E(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2} \implies n_0(\text{Cu}^{2+}) = n_E(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = c_2 \cdot V_E$$

$$n_0(\text{Cu}^{2+}) = 2,0 \times 10^{-2} \times 15,0 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Q6- Masse de cuivre dans 1 kg de terre

La quantité n_0 a été dosée dans un prélèvement de volume $V_1 = 50,0 \text{ mL}$. La quantité totale n_{tot} présente dans le volume $V_0 = 1 \text{ L}$ de solution (provenant d'un kilogramme de terre) est :

$$n_{\text{tot}}(\text{Cu}^{2+}) = n_0(\text{Cu}^{2+}) \times \frac{V_0}{V_1} = 3,0 \times 10^{-4} \times \frac{1,0}{50,0 \times 10^{-3}} = 6,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

La masse de cuivre correspondante dans 1 kg de terre est :

$$m(\text{Cu}^{2+}) = n_{\text{tot}}(\text{Cu}^{2+}) \times M(\text{Cu}) = 6,0 \times 10^{-3} \times 63,5 = 0,381 \text{ g} = 381 \text{ mg}$$

Q7- Nombre minimum de cycles de culture

La teneur initiale en cuivre est de 381 mg par kg de terre. Après N cycles, la masse restante est $381 - N \times m_e$ où $m_e = 90 \text{ mg/kg}$.

On souhaite que la teneur finale soit inférieure ou égale à la limite autorisée $m_t = 150$ mg par kg de terre :

$$381 - 90 \cdot N \leq 150 \implies 90 \cdot N \geq 231 \implies N \geq \frac{231}{90} \approx 2,57$$

Le nombre de cycles devant être entier, le nombre minimum de cycles est $N_{\min} = 3$.