

Concours commun d'entrée en 1^{ère} année des années préparatoires de l'ENSAM

Epreuve de physique

24 juillet 2026

Durée : 1h 45 mn

- ❖ L'épreuve est composée de 4 exercices indépendants, comportant 30 questions en total.
- ❖ Une seule réponse est juste pour chaque question, et le candidat est invité à la cocher sur la feuille de réponse nominative.
- ❖ AR signifie : Autre réponse
- ❖ Le barème est : +2pts (Bonne réponse), -1pt (Mauvaise réponse) et 0pt (Pas de réponse)

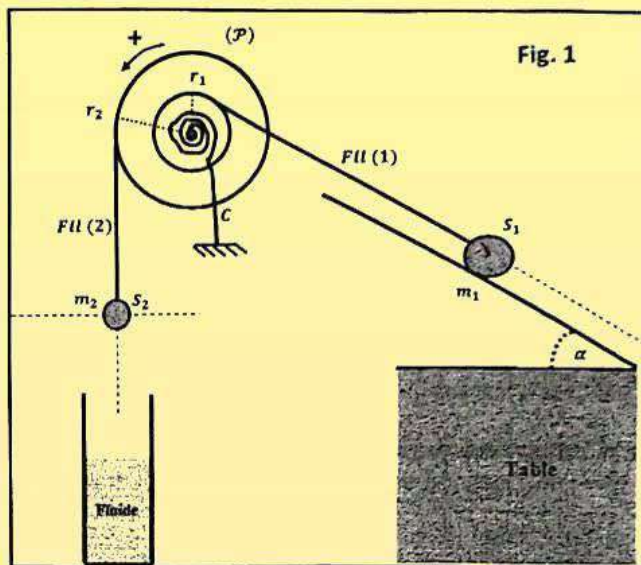
Exercice I (Mécanique) :

On se propose via ce problème d'étudier le mouvement du système mécanique représenté ci-contre (Fig. 1) constitué de :

- Une poulie ($\mathcal{P}$) à 2 gorges, de rayons r_1 et r_2 ($> r_1$) et de moment d'inertie J_Δ par rapport à son axe horizontal (Δ) passant par son centre.
- Deux corps sphériques (S_1, S_2) de masses (m_1, m_2) attachés à la poulie par des fils (1, 2) inextensibles et sans masses.
- Un fil de torsion de constante C attaché à la poulie

On note (x_1, x_2, θ) les déplacements de ($S_1, S_2, \mathcal{P}$) respectivement par rapport à leurs positions d'équilibre. On suppose que la position d'équilibre de la poulie correspond à $\theta_e = 0$ et que les frottements sont négligeables. On écarte le corps S_1 de sa position d'équilibre vers le bas d'une distance qui vaut r_1 et on le lâche sans vitesse. L'instant initial ($t = 0s$) correspond au passage de S_1 par sa position d'équilibre pour la première fois.

On donne : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$



Q31. À l'équilibre mécanique du système, montrer que :

- A. $m_2 r_2 = m_1 r_1 \sin(\alpha)$ B. $m_1 r_1 = m_2 r_2 \sin(\alpha)$ C. $m_2 r_2 = m_1 r_1$ D. $m_2 r_2^2 = m_1 r_1^2 \sin(\alpha)$ E. $m_1 r_1^2 = m_2 r_2^2 \sin(\alpha)$

Q32. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton au système, l'équation différentielle (ED) vérifiée par la coordonnée angulaire, θ , est :

- A. $\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta} \theta = 0$ B. $\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta - m_1 r_1^2 - m_2 r_2^2} \theta = 0$ C. $\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta + m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2} \theta = 0$ D. $\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta - m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2} \theta = 0$ E. $\ddot{\theta} + \frac{C + m_2 r_2^2}{J_\Delta - m_1 r_1^2} \theta = 0$

Q33. La période d'oscillation du système est :

- A. $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}$ B. $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta + m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2}{C}}$ C. $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta - m_1 r_1^2 - m_2 r_2^2}{C}}$ D. $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta - m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2}{C}}$ E. $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta - m_1 r_1^2}{C + m_2 r_2^2}}$

Q34. Le déplacement, $x_2(t)$, du corps S_2 au cours de son mouvement est :

- A. $r_1 \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$ B. $r_1 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$ C. $r_2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$ D. $r_2 \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$ E. $\frac{r_2 + r_1}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$

Q35. En doublant la longueur du fil de torsion, (L) on obtient une période $T = \sqrt{2} T_0$. La constante de torsion est proportionnelle à :

- A. L B. $\frac{1}{L}$ C. L^2 D. $\sqrt{L}$ E. $\frac{1}{L^2}$

Q36. Cette fois-ci, on double le diamètre du fil de torsion, (d), et on obtient une période, $T = \frac{T_0}{4}$. La constante de torsion est proportionnelle à :

- A. d B. d^2 C. d^3 D. d^4 E. $\frac{1}{d}$

À un instant pris comme nouvelle origine du temps, le corps (S_2) se détache du fil (2) sans vitesse et traverse en chute libre une distance H ($= 20 \text{ cm}$) dans l'air avant d'arriver à un fluide où il subit une force de frottement visqueux, $f = \beta v^{2/3}$. On néglige l'effet de la poussée d'Archimède.

Q37. La vitesse du corps (S_2) lorsqu'il arrive juste à la surface du fluide est :

- A. 0.2 m.s^{-1} B. 2 m.s^{-1} C. 20 m.s^{-1} D. 0.25 m.s^{-1} E. AR

Q38. L'unité du coefficient β est :

- A. $N.(m/s)^{3/2}$ B. $N.(m/s)^{2/3}$ C. $N.(s/m)^{3/2}$ D. $N.(s/m)^{2/3}$ E. $m.(s/N)^{3/2}$

Q39. L'expression de la vitesse limite, v_l , de (S_2) dans le fluide est

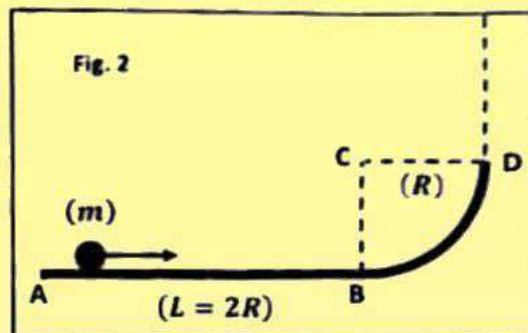
- A. $\left(\frac{mg}{f}\right)^{3/2}$ B. $\left(\frac{mg}{f}\right)^{2/3}$ C. $\left(\frac{f}{mg}\right)^{3/2}$ D. $\left(\frac{f}{mg}\right)^{1/3}$ E. $\frac{mg}{f}$

Q40. En doublant le rayon du corps (S_2) , on obtient une vitesse limite huit (8) fois plus grande que celle obtenue précédemment. Le coefficient de frottement visqueux, β , est alors proportionnel à

- A. R^3 B. R^2 C. R D. $\sqrt{R}$ E. $1/R$

Exercice II (Mécanique) :

Une bille métallique de masse (m) est assujettie à se déplacer sur un contour constitué d'une partie horizontale $(AB = L)$ et d'une partie sous forme d'un quart (1/4) de cercle (BD) de rayon $(R = L/2)$ et de centre C (Fig. 2). On suppose que le mouvement sur la partie circulaire s'effectue sans frottement tandis qu'il s'effectue avec frottement (Force de frottement f) sur la partie horizontale. La bille est lancée au point A avec une vitesse v_A .



Q41. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, la vitesse de la bille au point D, v_D , est

- A. $\sqrt{v_A^2 + L\left(g + \frac{2f}{m}\right)}$ B. $\sqrt{v_A^2 + L\left(\frac{2f}{m} - g\right)}$ C. $\sqrt{v_A^2 - L\left(g + \frac{2f}{m}\right)}$ D. $\sqrt{v_A^2 + L\left(g - \frac{2f}{m}\right)}$ E. AR

Q42. Cette fois-ci, on communique à la bille une vitesse $v_A = \sqrt{5} v_{A,min}$ avec $v_{A,min}$ sa vitesse minimale au point A pour qu'il s'arrête au point D. En négligeant les frottements dans l'air, la hauteur que peut atteindre la bille, par rapport au plan horizontal contenant (AB) , est

- A. $R\left(4 + \frac{5f}{mg}\right)$ B. $R\left(5 + \frac{5f}{mg}\right)$ C. $R\left(5 - \frac{5f}{mg}\right)$ D. $R\left(5 - \frac{4f}{mg}\right)$ E. AR

Exercice III (Electricité) :

On considère le montage ci-contre (Fig. 3) constitué de :

- > Un générateur de tension continue idéal ($E = 10$ V),
- > Un interrupteur K ,
- > 4 résistances ($R = 100 \Omega, r_0$)
- > Bobine (L, r) à caractériser,
- > 2 condensateurs déchargés de capacités C_1 et C_2 à déterminer

On donne : $\pi^2 \approx 10$

1^{ère} Partie : K sur la position (1)

À l'instant $t = 0$ s, le commutateur est mis sur la position (1). L'équation différentielle (ED) vérifiée par la tension $U_C(t)$ est donnée par :

$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{U_C(t)}{\tau} = \alpha$$

Q43. Le couple (τ, α) est :

- A. $\left(\frac{2R}{1 + \frac{C_1}{C_2}}, \frac{2E}{3R(C_1 + C_2)}\right)$ B. $\left(\frac{2R}{1 + \frac{C_1}{C_2}}, \frac{2E}{3R(C_1 + C_2)}\right)$ C. $\left(\frac{2R}{1 + \frac{C_1}{C_2}}, \frac{2E(C_1 + C_2)}{3R(C_1 + C_2)}\right)$ D. $\left(\frac{R}{1 + \frac{C_1}{C_2}}, \frac{2E}{R(C_1 + C_2)}\right)$ E. $\left(RC_1, \frac{E}{RC_1}\right)$

La tension aux bornes des condensateurs est donnée par : $U_C(t) = E \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$. Le courant électrique, $i_1(t)$, circulant dans le condensateur (1) est donné en fonction de la tension $U_C(t)$ par l'expression suivante : $i_1(t) = a - b \cdot U_C(t)$

Q44. Le couple (a, b) est donnée par :

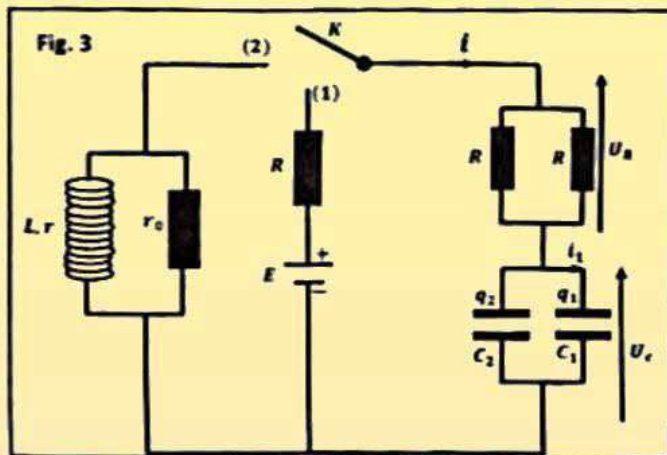
- A. $\left\{\frac{2E}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}, \frac{2}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}\right\}$ B. $\left\{\frac{2E}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}, \frac{2}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}\right\}$ C. $\left\{\frac{2E}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}, \frac{2}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}\right\}$ D. $\left\{\frac{2E}{R(1 + \frac{C_1}{C_2})}, \frac{2}{R(1 + \frac{C_1}{C_2})}\right\}$ E. $\left\{\frac{E}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}, \frac{1}{3R(1 + \frac{C_1}{C_2})}\right\}$

Q45. Pour une constante de temps qui vaut $\tau = 1$ ms d'une part et une énergie électrique stockée dans le condensateur (2) qui vaut trois fois celle stockée dans le condensateur (1) en régime permanent d'autre part, les capacités (C_1, C_2) des deux condensateurs, en μF , sont :

- A. (0.5, 1.67) B. (5, 16.7) C. (5, 1.67) D. (1.67, 5) E. AR

Q46. Les charges $(q_1(\infty), q_2(\infty))$, en μC , des deux condensateurs en régime permanent sont :

- A. (16.7, 50) B. (50, 16.7) C. (50, 16.7) D. (5, 16.7) E. AR



2^{ème} Partie : K sur la position (2)

À un instant ($t > t$) pris comme nouvelle origine du temps, le commutateur est basculé vers la position (2). L'équation différentielle vérifiée par la tension $U_C(t)$ s'écrit comme suivant

$$a_0 \frac{d^2 U_C(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dU_C(t)}{dt} + \left(1 + \frac{r}{r_0}\right) U_C(t) = 0$$

Q48. Le doublet (a_0, a_1) est donné par

- A. $\left\{ L(C_1 + C_2), \frac{R(C_1 + C_2)}{2} \left(1 + \frac{r}{2r_0}\right) + \frac{1}{r_0} \right\}$ B. $\left\{ L \left(1 + \frac{R}{2r_0}\right), \frac{R(C_1 + C_2)}{2} \left(1 + \frac{r}{2r_0}\right) + r(C_1 + C_2) \right\}$
 C. $\left\{ L(C_1 + C_2) \left(1 + \frac{R}{2r_0}\right), \frac{R(C_1 + C_2)}{2} \left(1 + \frac{r}{r_0}\right) + \frac{1}{r_0} + r(C_1 + C_2) \right\}$ D. $\left\{ L(C_1 + C_2) \left(1 + \frac{R}{2r_0}\right), \frac{R}{2} \left(1 + \frac{r}{2r_0}\right) + \frac{1}{r_0} \right\}$ E. AR

On se place dans le cas où le régime est pseudopériodique et que $r_0 \gg (r, R)$ ($r_0 \rightarrow \infty$)

Q49. En supposant que la période vaut approximativement celle du régime périodique ($T_0 = 2 \text{ ms}$), la valeur de l'inductance de la bobine est

- A. 15 mH B. 1.5 mH C. 10 mH D. 2.5 mH E. AR

Q50. Sachant que le temps caractéristique de la décroissance temporelle de la tension $U_C(t)$ est $\tau = 0.57 \text{ ms}$, la résistance interne de la bobine, r , vaut

- A. 3.5 Ω B. 2.5 Ω C. 1.5 Ω D. 4.5 Ω E. AR

3^{ème} Partie : Régime forcé

Le circuit représenté sur la figure 4, constitué par les éléments précédemment utilisés en plus d'une boîte à caractériser comportant un condensateur de capacité C_0 et une résistance R_0 montés en série, est alimenté par un générateur à basse fréquence idéal GBF de fréquence ajustable (N). Les courbes correspondantes aux tensions $U_R(t)$ et $U(t)$, visualisées via un oscilloscope numérique, sont représentées sur la Fig. 5

Q51. La capacité de la boîte, C_0 , vaut :

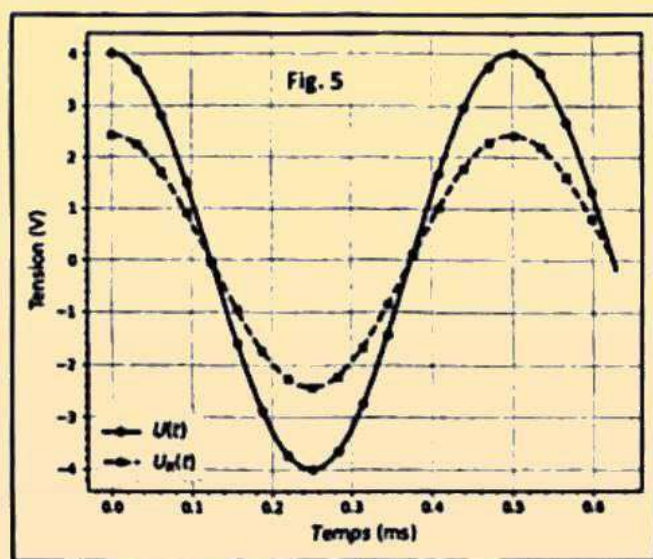
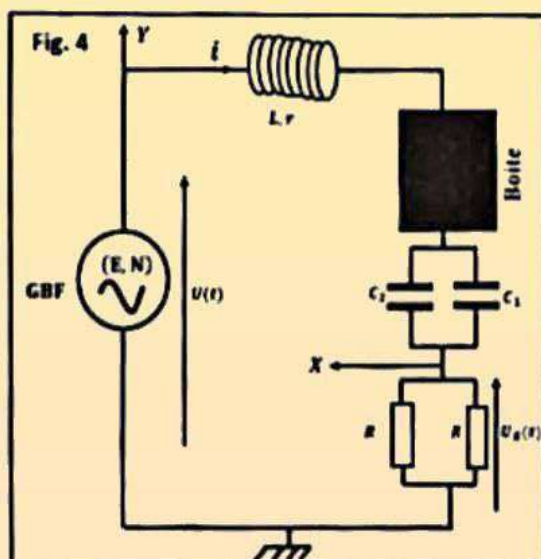
- A. 2.1 μF B. 4.5 μF C. 1.2 μF D. 0.45 μF E. AR

Q52. La résistance de la boîte, R_0 , vaut

- A. 0.38 k Ω B. 3.08 Ω C. 30.8 Ω D. 3.8 k Ω E. AR

Q53. En doublant la fréquence du générateur ($N = 2N_0$), la phase de la tension $U(t)$ par rapport au courant devient

- A. 2.183 rd B. 0.283 rd C. 1.823 rd D. 1.803 rd E. 1.283 rd



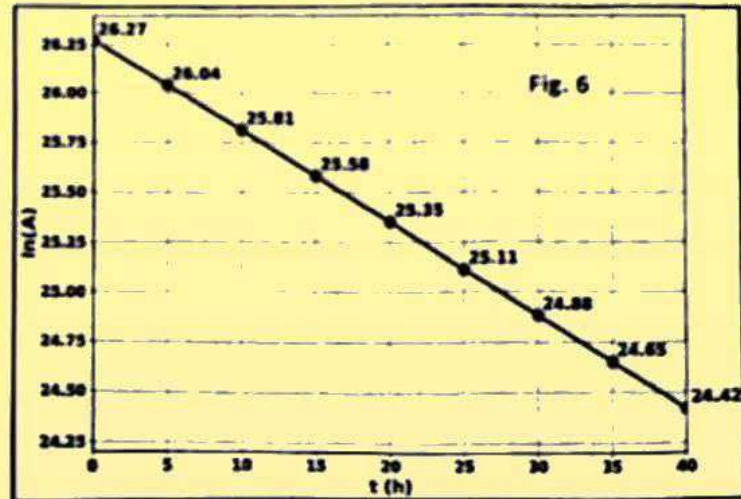
Exercice IV (Nucléaire) :

En général, le sodium radioactif $^{24}_{11}\text{Na}$, utilisé comme traceur dans certaines installations industrielles afin de mesurer le débit d'un fluide ou de détecter des fuites dans des conduites, est un noyau radioactif de type β^- qui se transforme en Magnésium dans un état excité $^{24}_{12}\text{Mg}^*$ en émettant un électron (${}^0_{-1}e$) et un antineutrino électronique, $\bar{\nu}_e$, selon la réaction nucléaire suivante :



Données :

- Masses
 $m_p = 1.00728u$, $m_n = 1.00866u$, $m_e = 5.49 \cdot 10^{-4}u$,
 $m(^{24}_{11}\text{Na}) = 23.98180u$, $m(^{24}_{12}\text{Mg}^*) = 23.97704u$,
 $1u = 931.5 \text{ MeV}/c^2$.
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Célérité de la lumière : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Constante de Planck : $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
- $1 \text{ eV} \cong 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $\ln(2) = 0,693$



Q54. L'énergie moyenne de liaison par nucléon ($\text{MeV}/\text{Nucléon}$) du sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ est :

- A. 4.56 B. 0.82 C. 12.61 **D. 8.18** E. AR

Q55. Le nombre initial de noyaux radioactifs de ^{24}Na de masse molaire ($\cong 24 \text{ g/mol}$) contenus dans un échantillon de $0.8 \mu\text{g}$ vaut :

- A. $4.0 \cdot 10^{16}$ B. $2.0 \cdot 10^{16}$ C. $4.0 \cdot 10^{17}$ D. $2.0 \cdot 10^{17}$ E. AR

Q56. L'énergie libérée par cet échantillon est :

- A. 14.19 KJ B. 1.42 KJ C. 141.9 J D. 14.19 J E. AR

Q57. La Fig. 6 représente l'activité radioactive de cet échantillon en fonction du temps. Le temps de demi-vie du Sodium vaut :

- A. 30h B. 3h C. 15h D. 1.5h E. AR

Q58. La durée, en jours, nécessaire pour que 98 % des noyaux radioactifs initiaux de ^{24}Na se soient désintégrés est :

- A. 35.721 B. 3.527 C. 350.712 D. 0.537 E. AR

En pratique, le noyau fils Mg^* se désexcite en émettant deux photons γ_1 et γ_2 qui ont des énergies d'environ 1.37 MeV et 2.75 MeV , ce qui le rend particulièrement utile comme traceur radioactif dans les applications industrielles. À titre d'exemples, le sodium 24 est injecté dans une conduite de rayon 8 cm sur laquelle sont montés deux détecteurs nucléaires D_1 et D_2 placés 400 m l'un de l'autre. Ces derniers signalent respectivement un maximum d'activité aux instants $t_1 = 10 \text{ h } 32 \text{ mn}$ et $t_2 = 10 \text{ h } 36 \text{ mn}$.

Q59. Les longueurs d'ondes, en pm ($= 10^{-12} \text{ m}$), correspondantes aux photons $\{\gamma_1, \gamma_2\}$ sont respectivement :

- A. {4.051, 9.05} B. {0.451, 0.905,} C. {0.905, 4.051} D. {9.05, 4.051} E. {0.905, 0.451}

Q60. Le débit volumique du fluide, $D_v = v \cdot S$ (S : Section de base), vaut :

- A. 35.3 l/s B. 27.6 l/s C. 23.2 l/s D. 33.5 l/s E. AR