CONCOURS D'ENTREE **SESSION 2020**
A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE **DUREE : 04 H**

PREUVE DE PHYSIQUE

EXERCICE 1 (20 POINTS)

Un condensateur plan formé par deux plaques verticales identiques P_1 et P_2, de longueur commune L= 25 cm, placées à une distance d= 20 cm l'une de l'autre.
On applique entre P_1 et P_2 une d.d.p. $U_{P_1P_2} = U_0 > 0$ créant ainsi un champ électrique $\vec{E}$ uniforme, horizontal.
(voir figure 1).

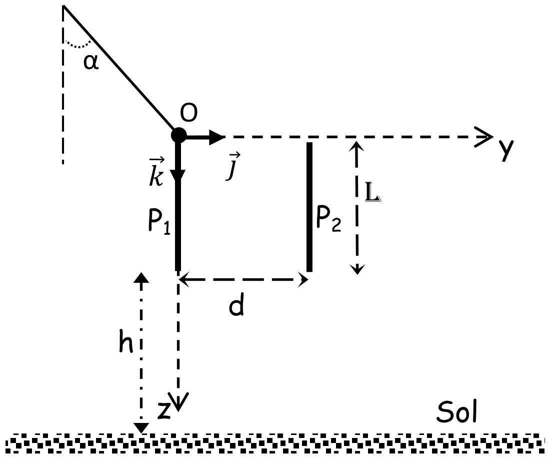


Figure 1

1.1. On apporte à l'aide d'un fil isolant non chargé une boule métallisée supposée ponctuelle de masse m= 8 g possédant une charge q=+3.10^{-6} C près du bord supérieur de la plaque P_1 en O sans toutefois la toucher. On prendra g= 10 N.kg^{-1}.

1.1.1. Faire le bilan des forces extérieures appliquées à la boule à l'équilibre puis les représenter.

1.1.2. Exprimer l'angle α que fait le fil avec la verticale, dans cette position d'équilibre, en fonction des grandeurs notées q, m, g, d et U_0. Calculer l'angle α pour $U_0 = 4.10^3 V$.

1.2. On coupe ensuite le fil libérant ainsi sans vitesse initiale, à partir du point O, la boule de masse m= 8 g ayant une charge électrique q=+3.10^{-6} C.

1.2.1. Faire le bilan des forces appliquées à la boule puis par application du théorème du centre d'inertie, déterminer les composantes de son accélération dans le repère R $(O, \vec{j}, \vec{k})$.

1.2.2. Etablir les équations horaires, y=f(t) et z= f(t), du mouvement de la boule .

1.2.3. Déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire dans l'espace plan $(O, \vec{j}, \vec{k})$ limité par les deux plateaux P_1 et P_2. Préciser la nature de cette trajectoire.

1.2.4. Montrer qu'il existe une valeur maximale U_{0max} de la tension U_0 pour que la boule sort du condensateur sans heurter les plaques. Calculer cette tension maximale U_{0max}.

1.3. Déterminer pour la tension $U_0 = 4.10^3 V$ les coordonnées du point S de sortie de la boule lorsque celle-ci quitte le condensateur.

1.4. Calculer, dans ces conditions, la durée du parcours OS.

1.5. Calculer la valeur V_s du vecteur vitesse de la boule à la sortie en S.

1.6. Sachant que la partie inférieure de ce condensateur se trouve à une hauteur h =25 cm du sol, déterminer :

1.6.1. les coordonnées du point d'impact J de la boule avec le sol

1.6.2. la valeur Vj de son vecteur vitesse en ce point.

EXERCICE 2 (20 POINTS)

Données : Constante de la gravitation universelle, G = 6,67×10^{-11} S.I. Rayon de l'orbite de Titan r = 1,22×10^{6} km. Rayon de la planète Saturne R = 6,0×10^{4} km. Période de rotation de Saturne sur elle-même Ts = 10 h 39 min. Masse de Saturne M_S = 5,69×10^{26} kg.

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens a photographié Titan de masse m, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance r du centre de Saturne.
Dans cet exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, supposé galiléen. On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leurs rayons respectifs.

2.1. Rappeler les caractéristiques de la force de gravitation $\vec{F}$exercée par Saturne sur le satellite Titan. On donnera l'expression de son intensité. Faire un schéma clair et annoté.

2.2. Etablir l'expression de l'intensité du champ de gravitation $\vec{g}$ créé par Saturne au point où se trouve le satellite Titan en fonction de G, M_S et r. Représenter le vecteur champ de gravitation $\vec{g}$ sur le schéma précédent.

2.3. Montrer qu'au voisinage de Saturne, à l'altitude h (h <<< R) que l'intensité du champ de gravitation qu'il crée, peut se mettre sous la forme : $g = g_0 - \frac{2hg_0}{R}$ avec g_o intensité du champ de gravitation créé par Saturne au niveau de sa surface.

2.4. Déterminer la nature du mouvement du satellite Titan dans le référentiel d'étude.

2.5. Montrer que l'angle de rotation de Saturne pendant une révolution de Titan peut s'écrire sous la forme :

$$\Delta\theta = \frac{4\pi^2}{T_s}\sqrt{\frac{r^3}{G.M_s}}.$$

2.6. Pourquoi dit-on qu'un tel satellite est un satellite à défilement ?

2.7. Titan se déplaçant dans le même sens que Saturne. Etablir l'expression de l'intervalle de temps Δt qui sépare deux passages successifs de Titan à la verticale d'un point donné de l'équateur de Saturne en fonction de T_S et T_T la période de rotation de Titan autour de Saturne.

2.8. Quelles sont les conditions que Titan devrait satisfaire pour être un satellite saturnostationnaire de Saturne. Calculer dans ce cas son altitude h_G.

2.9. Etablir les expressions de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique du système Saturne-Titan ainsi que celle de l'énergie cinétique du satellite en fonction de, m, r R et g_o. On choisira la surface de Saturne comme état de référence pour l'énergie potentielle.

2.10. Montrer que la variation d'énergie mécanique ΔE du satellite Titan est liée à la variation Δh de son altitude par la relation $\Delta \mathbf{E} = \boldsymbol{A}.\Delta\mathbf{h}$. Exprimer A en fonction de m, r et T_T.

EXERCICE 3 (20 POINTS)

On considère le dispositif représenté à la figure 2 ci-contre. Le solide A de masse m_1 = 200 g glisse sans frottement sur le plan incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontal. Il est relié au solide B de masse m_2 = 420 g par l'intermédiaire d'un fil inextensible, de masse négligeable passant sur la gorge d'une poulie (P), de masse négligeable, mobile sans frottement autour d'un axe horizontal. Un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable, de longueur à vide ℓ_0 =25 cm et de constante de raideur k = 40 N.m^{-1} est fixé en E et est lié au solide A.

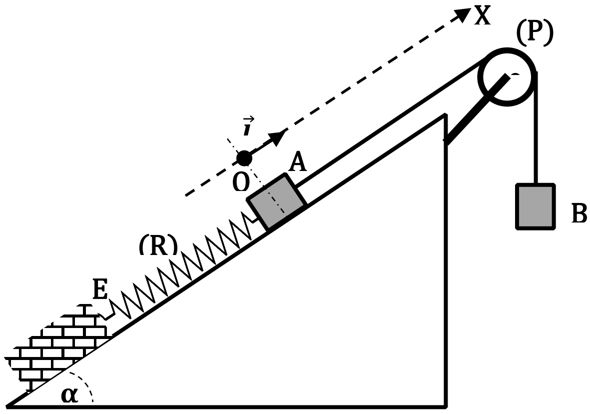


Figure 2

Le centre d'inertie du solide A et le centre d'inertie du solide B sont dans le même plan horizontal à l'équilibre.

La position du centre d'inertie du solide A, à l'équilibre, est prise comme état de référence pour les énergies potentielles de pesanteur. Pour l'énergie potentielle élastique, la référence est prise au niveau de la position de l'extrémité supérieure du ressort, au repos, étant ni allongé ni comprimé. (g = 10 m.s^{-2}).

3.1. On considère que les solides A et B sont en équilibre.

3.1.1. Faire le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le solide A. En déduire l'état (allongé ou comprimé) du ressort.

3.1.2. Représenter les forces qui s'exercent sur le solide A. Déterminer l'allongement x_0 et la longueur l du ressort.

3.2. Partant de sa position d'équilibre, on déplace le solide B verticalement, vers le bas d'une longueur d = 4 cm puis on l'abandonne sans vitesse à la date t = 0.

3.2.1. Par une étude dynamique, montrer que l'équation différentielle régissant le mouvement du centre d'inertie du solide A est de la forme : $\ddot{x} + \frac{k}{m_1 + m_2}x = 0.$

3.2.2. La solution de cette équation différentielle est de la forme $x = x_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$

2.2.1. Exprimer la pulsation propre ω_0 du mouvement en fonction de k, m_1 et m_2. En déduire l'expression et la valeur de la période propre du mouvement de A.

2.2.2. Etablir l'équation horaire du mouvement du solide A. On prendra pour origine des espaces la position de A à l'équilibre. On suppose que les deux brins du fil, reliant les solides A et B, restent toujours tendus et que le fil ne glisse pas sur la poulie.

3.2.3. Montrer que l'énergie cinétique et l'énergie potentielle du solide A sont exprimées par des fonctions sinusoïdales de même pulsation ω_e, que l'on exprimera en fonction de la pulsation ω_0.

3.2.4. Etablir l'expression de l'énergie mécanique du système «ressort-solide A-solide B-Terre» à tout instant en fonction de $m_1,\ m_2,\ x, x_0\ et\ \dot{x} = \frac{dx}{dt}$.

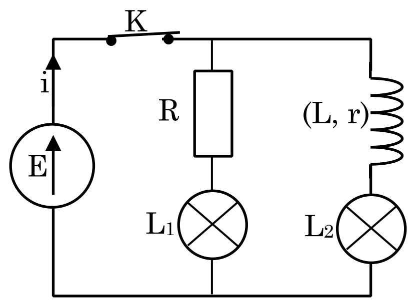
3.2.5. En déduire son expression en fonction de k, x_0 et x_m amplitude du mouvement du solide A.

EXERCICE 4 (20 POINTS)

Un groupe d'élèves effectue trois expériences décrites ci-dessous :

Expérience 1 :

4.1. Ils réalisent le circuit électrique qui comporte une bobine de résistance r, un générateur idéal de tension de f.é.m. E, un conducteur ohmique de résistance R = r, deux lampes identiques (L_1 et L_2) et un interrupteur K. (figure 3)



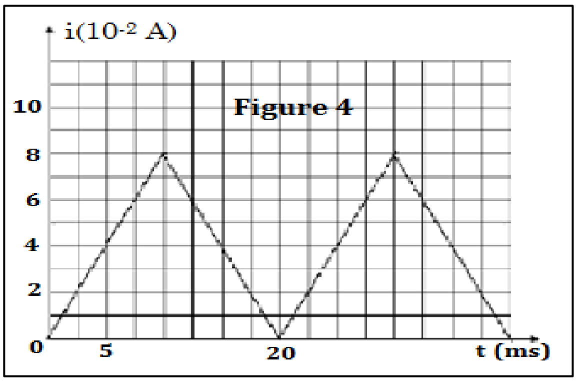
(Figure 3)

4.1.1. Qu'observent-t-ils lorsqu'ils ferment l'interrupteur K ? Quel est le phénomène physique mis en évidence dans cette expérience ?

4.1.2. Comparer les luminosités des lampes (L_1 et L_2), une fois le régime permanent établi ?

Expérience 2 :

4.2. La bobine précédente est insérée dans un autre circuit électrique. Elle est parcourue par un courant dont l'intensité varie en fonction du temps comme le montre la courbe de la figure 4.



4.2.1. Etablir les expressions de l'intensité i du courant électrique en fonction du temps dans les intervalles [0, 10 ms] et [10 ms, 20 ms].

4.2.2. Déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine sachant que dans l'intervalle de temps [0, 10 ms], la f.é.m. d'auto-induction a la valeur e_1 = - 280 mV.

4.2.3. En déduire la valeur e_2 de la f.é.m. d'auto-induction dans l'intervalle [10 ms, 20 ms].

4.2.4. Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans cette bobine à la date t =10 ms.

Expérience 3 :

4.3. Ils réalisent maintenant le circuit électrique représenté sur la figure 5, comportant un générateur de tension continue, la même bobine de résistance r et d'inductance L et un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω

À partir de la date t = 0, ils enregistrent l'évolution des tensions visualisées sur les voies Y_A et Y_B lors de la fermeture de l'interrupteur.

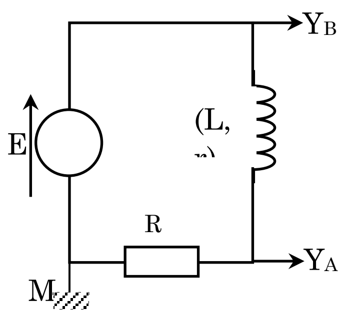


Figure 5

4.3.1. Faire correspondre à chacune des courbes (1) et (2) de la figure 6 la voie de la tension qui permet sa visualisation.

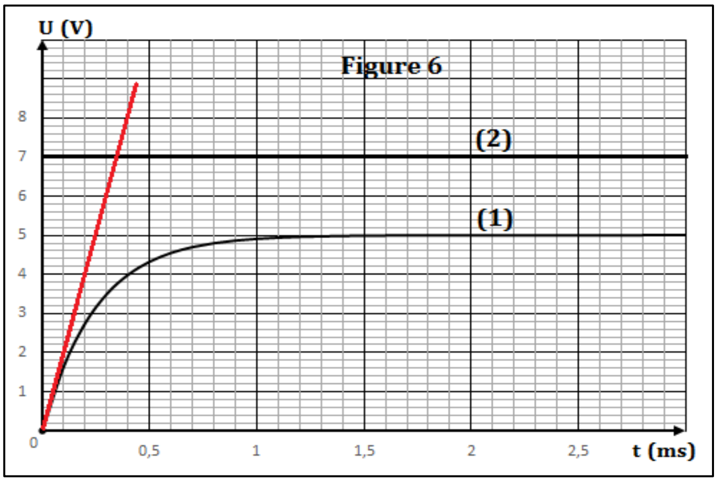
4.3.2. En utilisant les oscillogrammes de la figure 6 :

4.3.2.1 Déterminer l'intensité I_P du courant lorsque le régime permanant est établi.

4.3.2.2 Quelle est la valeur de la tension aux bornes de la bobine en régime permanant.

4.3.2.3 En déduire la valeur de la résistance r de cette bobine.

4.3.2.4 Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ du circuit. En déduire l'inductance L de la bobine.



4.3.3. Etablir l'équation différentielle relative à l'intensité i(t) du courant.

4.3.4. La solution de cette équation différentielle est de la forme : $\mathbf{i(t) = Ae^{\alpha t} + B}$.

Etablir les expressions de i(t) et de $U_{bobine}= U_b(t)$ en fonction de R, L, r et de la tension E délivrée par le générateur.

EXERCICE 5 (20 POINTS)

Les trois parties sont indépendantes

Données : Célérité de la lumière $C = 3.10^8$ m.s^{-1} ; constante de Planck $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; Charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ; masse de l'électron $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg

Nombre de charge (Z) des éléments chimiques : H(1) ; He (2) ; Li (3) ; Be(4) ; B(5) ; Na(11).

Partie A : Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n est un nombre entier positif et $E_0 = 13{,}6$ eV.

5.1. Quelle est l'énergie de l'atome d'hydrogène à l'état stable ? Donner le nom de cet état.

5.2. Une transition d'un niveau n = 4 à un niveau n' = 2 peut-elle se faire par absorption ou par émission d'un photon ? Quelle est la quantité d'énergie du photon mis en jeu au cours de cette transition ?

5.3. Lorsque l'atome d'hydrogène est dans son état fondamental, quelles sont les longueurs d'onde limites (λ_{max} et λ_{min}) des radiations qu'il peut absorber ? A quel domaine spectral appartiennent-t-elles ?

Partie B : l'atome de sodium.

Le sodium, comme l'hydrogène, possède un électron sur son dernier niveau. La figure 7 représente le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium.

5.4. Comment peut-on expliquer la discontinuité des niveaux d'énergie de l'atome de sodium ?

5.5. Calculer l'énergie d'ionisation de l'atome de sodium, à partir de son état fondamental.

5.6. Calculer, en eV, la variation d'énergie qui correspond à l'émission, par l'atome de sodium, de la raie jaune de longueur d'onde $\lambda_1 = 589$ nm. Quels sont les états d'énergie concernés par la transition correspondant à l'émission de cette radiation menant au niveau fondamental ?

5.7. On fournit successivement à l'atome de sodium, pris dans son état fondamental, les quanta d'énergie suivants $E_{ph1} = 3$ eV ; $E_{ph2} = 3{,}21$ eV ; $E_{ph3} = 7$ eV. Dans quel état d'énergie se retrouvera l'atome de sodium dans chacun des trois cas ?

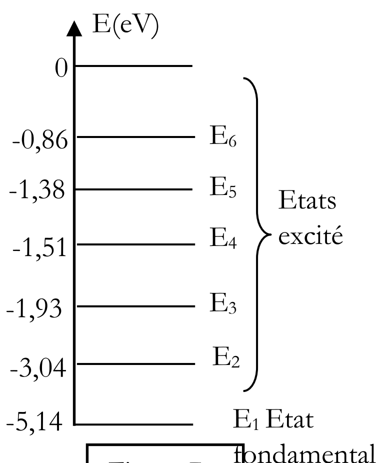


Figure 7

Partie C : Les ions hydrogénoïdes

Les ions hydrogénoïdes sont des atomes ionisés dont le noyau est entouré d'un seul électron. Les niveaux d'énergie de ces atomes ionisés sont de la forme :

$\boldsymbol{E_n = -\frac{K}{n^2}}$ où n est un nombre entier positif et k une constante positive.

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n est un nombre entier positif et E_0 = 13,6 eV.

Les ions B^{3+} et Li^{2+} sont des ions hydrogénoïdes dont les énergies d'ionisation à partir de l'état fondamental sont respectivement 340 eV et 122,4 eV.

5.8. Trouver une relation simple entre le numéro atomique Z d'un hydrogénoïde, son énergie d'ionisation E_i et celle E_0 de l'atome d'Hydrogène H. En déduire l'expression de K en fonction de Z et E_0.

5.9. Un hydrogénoïde inconnu est noté X^{n+}. L'énergie de son état fondamental est de-54,4 eV . En déduire l'identité de cet hydrogénoïde.

FIN.