

**Concours d'entrée en première année de l'Ecole Nationale Supérieure
d'Arts et Métiers – Meknès
Filières : Sciences mathématiques A et B**

Matière : Physique
Durée totale : 3h

- Remarques importantes :**
- La rédaction peut être en français ou en arabe.
 - Cette épreuve est composée de deux parties indépendantes :
 - * Une partie Rédaction (les réponses seront rédigées sur la feuille de rédaction).
 - * Une partie R.S.F (les réponses seront notées sur la fiche de réponse).

Partie Rédaction

Exercice 1 (Rédiger les réponses sur la feuille de rédaction)

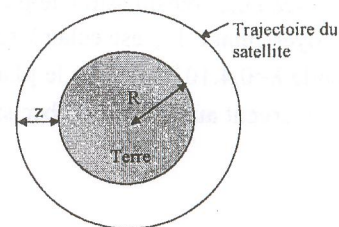
La loi d'attraction universelle, appliquée à deux corps de masses m_1 et m_2 dont les centres sont à la distance d s'écrit :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \text{ . Où } G \text{ étant une constante égale à } 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ (SI).}$$

- 1- Exprimer l'accélération de pesanteur g_0 au niveau du sol en fonction de G , du rayon R de la terre et de la masse M de la terre, supposée concentrée en son centre.
- 2- Sachant que $R = 6400 \text{ km}$, calculer M . On donne au niveau du sol $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$.
- 3- Exprimer, en fonction de g_0 , R et z , l'intensité g de la pesanteur à l'altitude z (z est mesurée par rapport au niveau du sol).
- 4- Montrer que si z est très petit devant R , l'accélération de pesanteur g est une fonction linéaire de z .

On donne : $\frac{1}{(1+x)^2} \approx 1 - 2x$ quand x est négligeable devant 1.

5- Un satellite artificiel de masse m évolue à très haute altitude, où la valeur de g est celle trouvée à la question 3-, en décrivant un cercle concentrique à la terre dans le plan de l'équateur (voir figure ci-contre).



- a- En appliquant le principe fondamental de la dynamique, exprimer la vitesse du satellite en fonction de g_0 , R et z .
- b- Calculer cette vitesse pour $z = 36000 \text{ km}$?
- c- Quelle est la durée d'une révolution ? L'exprimer en secondes et en heures. Conclure.

Pour les questions 6 et 7, on supposera que le centre de l'orbite circulaire est déplacé par rapport au centre de la terre. Le point A de cette orbite le plus rapproché à la terre a une altitude $z_A = 20000 \text{ km}$, le point B le plus éloigné à une altitude $z_B = 36000 \text{ km}$. La vitesse au point B est celle trouvée en 5-b.

- 6- On prendra sur toute l'orbite une valeur constante de g égale à celle qu'on calcule pour $z = 36000 \text{ km}$ d'après la question 3. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer l'expression et la valeur de la vitesse au point A.
- 7- On veut maintenant faire un calcul plus exact de la vitesse au point A. On tient alors compte de la variation de g en fonction de z .

a- Sachant que la variation de l'énergie potentielle de pesanteur correspondant à une variation dz de z est donnée par : $dE_{pp} = Fdz$ où F est le module de la force d'attraction à l'altitude z . Déterminer l'expression de l'énergie

potentielle de pesanteur $E_{pp}(z)$ à une altitude z en fonction de g_0 , R , z et m . On prendra le niveau du sol comme référence $E_{pp}(z=0) = 0$.

b- En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, déterminer numériquement la vitesse au point A.

Partie R.S.F

Les cinq exercices de cette partie sont indépendants.

Exercice 2 (Donner les réponses sur la fiche de réponse)

Un ressort **AB** de masse négligeable, de constante de raideur $k = 50 \text{ N/m}$ est fixé par son extrémité **A** à un point fixe. On accroche à l'extrémité **B** un corps solide **S** assimilé à un point matériel de masse $m = 50 \text{ g}$. Le solide **S** est écarté de sa position d'équilibre, verticalement, vers le bas d'une longueur $a = 5 \text{ mm}$.

1- Déterminer l'expression, puis la valeur numérique de la période T des oscillations du corps **S**.

2- A l'instant $t=0$, le centre d'inertie **G** de **S** passe par sa position d'équilibre G_0 en allant vers le bas, dans le sens positif. On repère la position de **G** par son abscisse $y(t)$ sur une droite d'origine G_0 , orientée vers le bas.

a- Donner l'équation $y(t)$ du mouvement.

b- Déterminer les instants de t_k pour lesquelles l'énergie cinétique est maximale en fonction de T et k (k est un entier).

3- On fixe sur la partie inférieure de **S** une pointe verticale de masse négligeable (voir figure ci-dessous). L'extrémité de cette pointe est animée du mouvement étudié précédemment (question 2) et vient frapper au point **P** la surface d'une nappe d'eau. L'amplitude des ondes circulaires concentriques qui se propagent à partir de **P** est $a=5 \text{ mm}$.

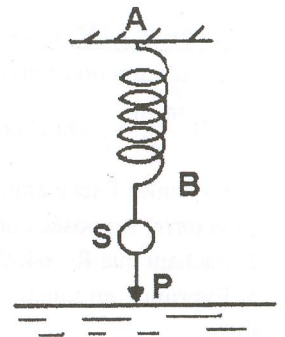
a- La distance qui sépare deux crêtes successives est 12 cm . En déduire la longueur d'onde λ .

b- Donner la vitesse V de propagation de l'onde en fonction de λ et T . Calculer sa valeur.

4- On place sur l'eau, à la distance d à partir de **P**, un morceau ponctuel de liège (**L**) (L'amortissement des ondes à la surface d'eau est négligeable).

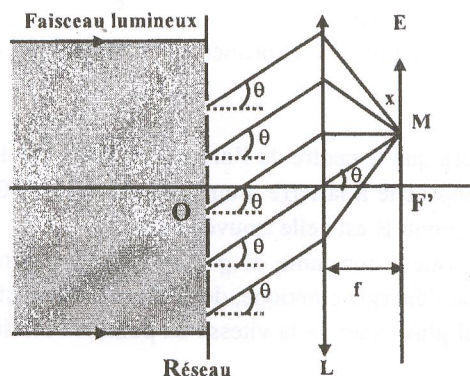
a- Quelle est la valeur minimale d_{\min} prise par d pour que les vibrations en **P** et en **L** soient en phase.

b- A un instant t_0 on mesure une elongation A de la vibration en **P**. A quelle instant t_1 après t_0 on retrouve cette même elongation en **L** (On exprime t_1 en fonction de t_0 , d , λ et T)?



Exercice 3 (Donner les réponses sur la fiche de réponse)

Un réseau par transmission de pas $a = 10^{-6} \text{ m}$, disposé devant une lentille convergente (**L**) de distance focale $f = 10 \text{ cm}$, et de foyer image **F'**, est éclairé sous une incidence normale par un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Dans le plan focal de la lentille on place un écran (**E**). Tous les rayons diffractés dans la direction θ convergent au point **M** d'abscisse x par rapport à l'axe ($F'x$) (figure ci-dessous).



1- Donner la relation entre x et θ .

- 2- Déterminer en fonction de a et θ , l'expression de la différence de marche δ entre deux rayons successifs diffractés dans la direction θ .
- 3- Déterminer en fonction de a , k et λ , l'expression de $\sin(\theta_k)$ (θ_k : l'angle correspondant à l'ordre k (k est un entier relatif)).
- 4- Quelles sont les valeurs numériques de tous les ordres possibles.
- 5- On incline maintenant le faisceau lumineux d'un angle θ_0 par rapport à la normale au réseau.
 - a- Que devient l'expression de $\sin(\theta_k)$ (θ_k est défini à la question 3).
 - b- Sachant que la tâche lumineuse de l'ordre 2 correspondant à l'incidence normale du faisceau s'est déplacée au foyer F' quand le faisceau est incliné de θ_0 . Déterminer l'expression donnant θ_0 puis calculer sa valeur en degré.

Exercice 4 (Donner les réponses sur la fiche de réponse)

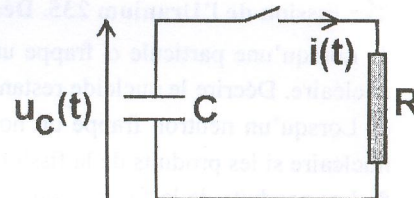
Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène vérifient la relation $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n étant un entier naturel non nul et

$E_0 = 13,6 \text{ eV}$. On donne $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (constante de Plank); $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ et $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- 1- Quelle est l'énergie d'ionisation E_i de l'atome d'hydrogène quand il est à son état fondamental ($n=1$).
- 2- Déterminer l'expression de la vitesse minimale V_{\min} d'un électron de masse m qui rentre en choc avec un atome d'hydrogène au repos et permettant de l'exciter depuis l'état fondamental jusqu'à l'état correspondant au niveau n .
- 3- a- Déterminer l'expression de la longueur d'onde λ du rayonnement émis par l'atome d'hydrogène quand il passe de l'état excité d'énergie E_n ($n \geq 2$) à l'état fondamental, en fonction de n , h , c et E_0 .
b- Pour quelle valeur de n la longueur d'onde est minimale. En déduire la valeur numérique de λ_{\min} .

Exercice 5 (Donner les réponses sur la fiche de réponse)

Un condensateur de capacité $C = 100 \text{ microfarads}$ est préalablement chargé sous la tension $U = 1000 \text{ V}$. On installe ce condensateur dans un circuit comportant une résistance $R = 100 \text{ k}\Omega$ et un interrupteur (figure ci-contre). On ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0 \text{ s}$.



- 1- A l'instant de la fermeture, Calculer la différence de potentiel entre les armatures du condensateur $u_C = U_0$ (en V) et le courant i_0 (en mA) dans le circuit.
- 2- A l'instant de la fermeture, la différence de potentiel entre les armatures du condensateur montre une tendance à la diminution. Calculer (en V/s) la pente de la tangente à l'origine de la tension aux bornes du condensateur.
- 3- Calculer la différence de potentiel u_{C10} (en V) aux bornes du condensateur à l'instant $t = 10 \text{ s}$.
- 4- Calculer la valeur du courant i_{50} (en μA) dans le circuit à l'instant $t = 50 \text{ s}$.

Exercice 6 (Donner les réponses sur la fiche de réponse)

Les trois parties A, B et C sont indépendantes.

A- La radioactivité est utilisée dans le traitement des tumeurs et des cancers: c'est la radiothérapie. Le principe consiste à bombarder une tumeur avec le rayonnement β^- émis par le "cobalt 60". Dans certains cas, il faut une source radioactive plus ionisante: on utilise un rayonnement de type alpha, plus massif que les autres. La découverte de la radioactivité a donné aux sciences, à la médecine et à l'industrie un élan qui ne s'est pas ralenti.

Le cobalt ${}_{27}^{60}\text{Co}$ est émetteur β^- de constante radioactive $\lambda = 4 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$.

- 1- Écrire l'équation de désintégration du "cobalt 60". On supposera que le noyau fils est produit dans un état excité.

Données:

Extrait de la classification périodique:

${}_{25}\text{Mn}$	${}_{26}\text{Fe}$	${}_{27}\text{Co}$	${}_{28}\text{Ni}$	${}_{29}\text{Cu}$
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Constante d'Avogadro: $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Masse molaire atomique du cobalt 60 : $60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

2- Un centre hospitalier reçoit un échantillon de "cobalt 60".

2.1- Déterminer le nombre N_0 de noyaux contenus dans l'échantillon de $1\mu\text{g}$ à l'instant de sa réception dans l'établissement hospitalier.

2.2- Donner l'expression liant dN , dt , λ et N dans laquelle N représente le nombre de noyaux encore présents dans l'échantillon à l'instant de date t et dN étant le nombre de désintégrations pendant une courte durée dt .

2.3- En déduire l'expression de dN en fonction de dt , λ , N_0 et t .

Le technicien du laboratoire est chargé de contrôler cette source, tous les ans. A l'aide d'un compteur, il détermine le nombre de désintégrations qu'un échantillon radioactif produit par seconde. Ce nombre est appelé activité A définie

par : $A = \frac{-dN}{dt}$. L'activité peut se mettre alors sous la forme $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

2.4- Que vaut littéralement A_0 ?

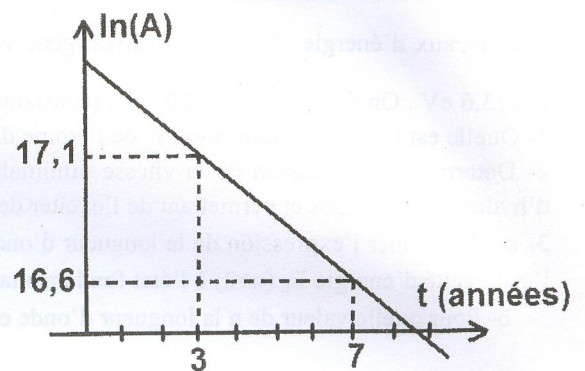
2.5- On trace à l'aide d'un logiciel approprié le graphe du logarithme de l'activité A en fonction du temps: $\ln(A) = f(t)$ (figure ci-contre).

Exprimer $\ln(A)$ en fonction de t , λ et A_0 : activité initiale de l'échantillon à l'instant de sa réception.

2.6- Déterminer graphiquement la valeur de la constante de désintégration radioactive λ en an^{-1} .

2.7- Donner la relation entre $t_{1/2}$ (temps de demi-vie) et λ .

2.8- Calculer $t_{1/2}$ en s. On donne : $1 \text{ an} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$.



B- Fission de l'Uranium 235. Déchets radioactifs subsistant au bout d'un siècle.

3- Lorsqu'une particule α frappe un noyau de béryllium ${}^9_4\text{Be}$, un neutron est émis. Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire. Décrire le nucléide restant.

4- Lorsqu'un neutron frappe un noyau d'Uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$, il se produit une fission. Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire si les produits de la fission sont le strontium ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ et le xénon ${}^{140}_{54}\text{Xe}$.

5- Les produits de la fission sont radioactifs et se transmutent en d'autres produits radioactifs. L'ensemble de tous ces produits de la fission constitue les « déchets radioactifs ». Parmi ces déchets, on trouve le strontium ${}^{90}\text{Sr}$ de demi-vie 25 ans et le césium ${}^{137}\text{Cs}$ de demi-vie 33,333 ans. Un déchet contient 8 mg de strontium ${}^{90}\text{Sr}$ et 8 mg de césium ${}^{137}\text{Cs}$.

Quelle quantité (en mg) de ces éléments restera-t-il dans ce déchet un siècle (100 ans) plus tard ?

C- Une centrale nucléaire type PWR (réaction à eau ordinaire pressurisée) utilise comme combustible de l'uranium enrichi en uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$.

6- Un noyau d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ peut absorber un neutron. Parmi les réactions possibles, il ya celle où apparaissent 2 nucléides radioactifs ${}^{144}_{56}\text{Ba}^*$ et ${}^{89}_{36}\text{Kr}^*$. Ecrire l'équation de cette réaction. S'agit-il d'une fission ou d'une fusion nucléaire ?

7- Chaque noyau d'uranium 235 libère en moyenne une énergie de 200 MeV au cours de la réaction précédente ; 30 % de cette énergie est transformée en énergie électrique. Une « tranche » d'une centrale nucléaire (type PWR) fournit une puissance électrique de 920 MW.

Calculer en kilogrammes la consommation journalière de ${}^{235}\text{U}$ dans cette centrale. On donne la masse d'un noyau d'uranium 235 : approximativement 235 u.

On donne : Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.