

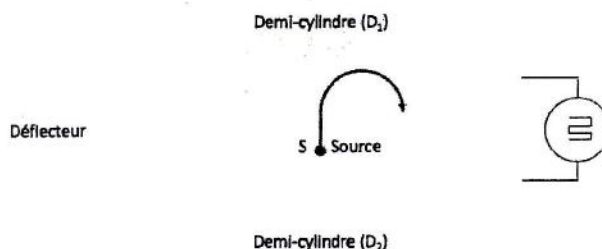


ÉPREUVE ÉCRITE	Branche : Physique
Section(s) : B & C	N° d'ordre du candidat :
Date de l'épreuve : 6 juin 2016	Durée de l'épreuve : 3 heures

A – Cyclotron (15 points)

Dans un cyclotron, composé de deux demi-cylindres en forme de « D » appelés « dés » et placés dans un champ magnétique ($B = 0,9 \text{ T}$) uniforme perpendiculaire au plan de la feuille, des protons sont accélérés à partir du repos. Les deux régions magnétiques sont séparées par une région dans laquelle le champ magnétique ne règne pas. L'amplitude de la tension appliquée aux bornes des demi-cylindres est $U = 75 \text{ kV}$. La polarité s'inverse chaque fois que les particules parcourent une demi-révolution.

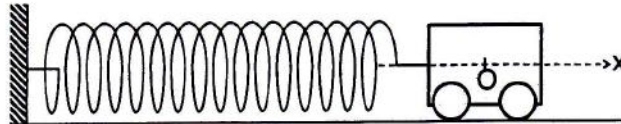
Au point S, entre les dés, se trouve une source de protons.



- 1) Montrer que le mouvement des protons dans un dé est plan, uniforme et circulaire. En déduire l'expression du rayon de la trajectoire. (7p)
- 2) Déterminer le sens du champ magnétique pour que les protons décrivent des demi-cercles dans le sens des aiguilles d'une montre (voir figure ci-dessus). (1p)
- 3) Déterminer l'expression du rayon de la trajectoire d'un proton en fonction de e , m , B et U
 - a) après une demi révolution,
 - b) après une première révolution complète,
 - c) après N révolutions. (4p)
- 4) En déduire le nombre de révolutions effectuées par les protons dans un cyclotron d'un rayon de 50 cm. (3p)

B – Oscillateur mécanique (16 points)

Un wagon de masse m , relié à une extrémité d'un ressort à spires non jointives, effectue des oscillations sans frottements dans une direction horizontale.



- 1) Etablir l'équation différentielle du mouvement de cet oscillateur par la méthode énergétique. (4p)
- 2) Proposer une solution et vérifier qu'il s'agit bien d'une solution de l'équation différentielle. (3p)
- 3) Les affirmations suivantes sont-elles vraies pour l'oscillateur décrit ici ? Donner une justification.
 - a) Les vecteurs accélération et vitesse du wagon ont à chaque instant le même sens. (1p)
 - b) Si on remplaçait le ressort par un ressort ayant une constante de raideur deux fois plus grande, la période des oscillations serait deux fois plus courte. (2p)
- 4) On considère maintenant que le wagon est soumis à une faible force de frottement lors de ses oscillations.
 - a) Décrire l'influence de ce faible amortissement sur le mouvement du wagon à l'aide d'un graphique. (2p)
 - b) On relie l'oscillateur faiblement amorti à un excitateur dont on peut choisir la fréquence de vibration. Décrire le mouvement du wagon en fonction de la fréquence de l'excitateur. (4p)

C – Expérience des muons revisitée (16 points)

On tente de répéter l'expérience des muons au sommet du Mont Blanc (altitude 4 810 m) et à Genève (altitude 370 m). Les muons sont des particules élémentaires produites dans la haute atmosphère qui se désintègrent spontanément d'après une loi exponentielle analogue à la loi de décroissance radioactive. Leur demi-vie dans un référentiel où ils sont au repos est $T = 1,5 \mu\text{s}$. Leur vitesse par rapport à un observateur terrestre est $v = 0,995 \cdot c$.

- 1) Etablir la loi de décroissance radioactive. (4p)

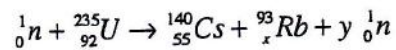
Au sommet du Mont Blanc, on détecte, grâce à un dispositif approprié, 6 254 ($= N_0$) muons en une heure. A Genève, on détecte N_1 muons en une heure.

- 2) Considérons les événements suivants :
 E_1 – « Le muon passe le sommet du Mont Blanc »
 E_2 – « Le muon passe Genève ».
L'intervalle de temps entre ces deux événements est-il un temps propre ou un temps impropre pour un observateur terrestre ? Expliquer ! (1p)
- 3) Calculer le nombre de muons qu'il faudrait détecter à l'altitude de Genève, si on ne tenait pas compte des effets relativistes. (3p)
- 4) Calculer le nombre de muons qu'il faudrait détecter à Genève, si on tenait compte des effets relativistes. (4p)
- 5) Sachant que le muon a une masse de $105,66 \text{ MeV}/c^2$, calculer son énergie cinétique. (2p)
- 6) Préciser dans quel référentiel les événements E_1 et E_2 ont lieu au même endroit ! Ces deux événements peuvent-ils être simultanés dans un autre référentiel en mouvement rectiligne uniforme par rapport à ce référentiel ? Justifier ! (2p)

D – Centrale nucléaire (13 points)

- 1) Énoncer les lois de conservation valables pour les réactions nucléaires. (2p)
- 2) Définir l'énergie de liaison. (1p)
- 3) Définir la fission nucléaire. (1p)

Une des nombreuses réactions se produisant dans une centrale nucléaire est la suivante:



- 4) Déterminer x et y de manière à équilibrer cette réaction. (1p)
- 5) Calculer l'énergie libérée lors de cette réaction. (2p)
- 6) Calculer en GeV et en joules l'énergie libérée par 1 g d'uranium 235. (4p)
- 7) Si on suppose un rendement de 80%, pendant combien de temps la fission de 1 g d'uranium permet-elle de délivrer une puissance de 1 MW? (2p)

Données:

Noyau	Masse atomique en u	Masse nucléaire en GeV/c ²	Énergie de liaison en MeV
uranium 235	235,044	218,896	1 783,10
césium 140	139,917	130,304	1 164,06
rubidium 93	92,917	86,533	798,92