

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE -FORMATION CONTINUE

D.A.E.U. B - EXAMEN DE PHYSIQUE 2013

Pour les calculs numériques on veillera à préciser les unités et à respecter le nombre de chiffres significatifs.

Les trois sujets sont à traiter.

Les calculatrices et documents sont interdits.

1^{er} sujet : Radioactivité

L'américium est un élément dont l'isotope 241 n'existe pas à l'état naturel. Il est produit dans les réacteurs nucléaires à partir du plutonium 241(^{241}Pu) par désintégration β . Il est ensuite utilisé dans les centrales nucléaires comme source de neutrons.

Données :

- extraits de la classification périodique des éléments :

^3Li lithium	^4Be béryllium	^5B bore	^6C carbone	^7N azote	^8O oxygène	^9F fluor
--------------------------	----------------------------	----------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------	-----------------------

^{92}U uranium	^{93}Np neptunium	^{94}Pu plutonium	^{95}Am américium	^{96}Cm curium	^{97}Bk berkélium	^{98}Cf californium
----------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------------------	-------------------------------	---------------------------------

1. Obtention de l'américium 241

- 1.1. Énoncer les règles de conservation qui permettent d'écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
- 1.2. En vous aidant des données, écrire l'équation de la réaction de désintégration β donnant naissance à l'américium 241 à partir du plutonium 241.
- 1.3. L'américium 241 et le plutonium 241 sont-ils des isotopes ? Justifier.

2. Désintégration de l'américium 241

- 2.1. Lors de la désintégration d'un noyau d'américium 241, on obtient un noyau de neptunium 237 et une particule.

Écrire l'équation de cette réaction nucléaire en vous aidant des données. Comment nomme-t-on ce type de désintégration ?

- 2.2. Le noyau de neptunium est obtenu dans un état excité. Quelle est la nature du rayonnement alors émis ? Quelle est son origine ?

- 2.3. La loi de décroissance du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un échantillon s'exprime par la relation :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}.$$

- 2.3.1. Que représentent les grandeurs N_0 et λ ?

Préciser l'unité de ces grandeurs dans le système international.

- 2.3.2. Citer les trois paramètres dont dépend le nombre de désintégrations dans un échantillon.

- 2.4. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif peut s'exprimer par la relation suivante :

$$A(t) = \lambda \times N(t).$$

- 2.4.1. En déduire la loi de décroissance de l'activité $A(t)$.

- 2.4.2. Que représente une activité d'un becquerel ?

- 2.4.3. On prépare à partir d'un échantillon d'américium 241 deux sources secondaires : une première de masse m et une seconde de masse $2m$. Ont-elles la même activité ? Justifier.

- 2.5. La valeur du temps de demi-vie d'un échantillon d'américium 241 est d'environ 433 années, on prendra $t_{1/2} = 433$ années.

- 2.5.1. Définir le temps de demi-vie radioactive $t_{1/2}$ d'un échantillon.

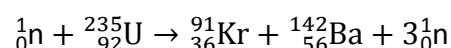
- 2.5.2. En déduire, en fonction de son activité présente notée A_0 , l'activité d'un échantillon de masse m d'américium 241 : 433 ans plus tard puis 1299 ans plus tard.

3. Utilisation industrielle de l'américium 241

- 3.1. Le mélange béryllium-américium sert de source de neutrons pour amorcer des réactions de fission. Le béryllium 9 réagit avec les particules α émises par l'américium 241 pour donner un noyau A_ZX et un neutron noté 1_0n .

À l'aide du tableau des données, écrire l'équation de cette réaction et déterminer la nature du noyau A_ZX .

- 3.2. Les réacteurs nucléaires exploitent l'énergie dégagée par les nombreuses réactions de fission possibles comme par exemple :



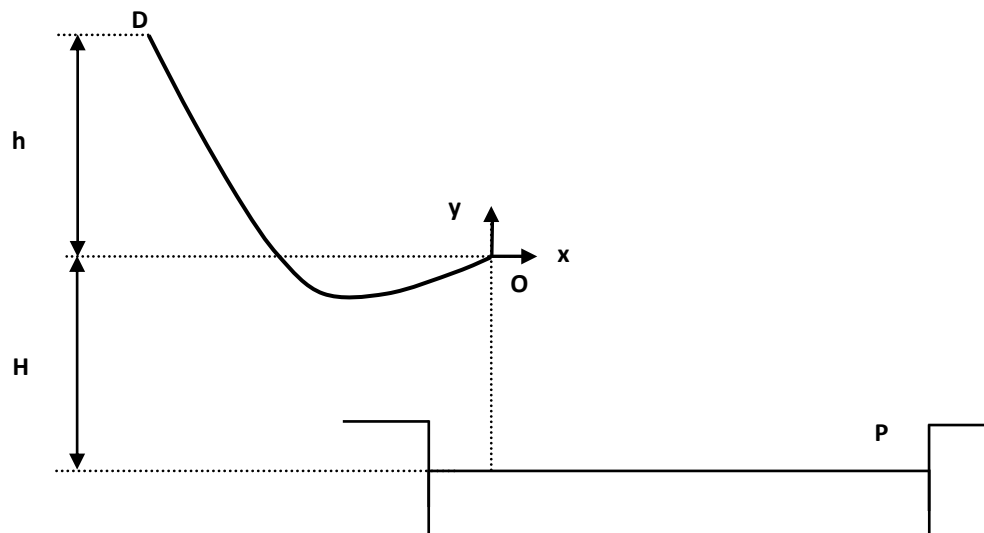
En s'appuyant sur l'exemple, proposer une définition pour une réaction de fission nucléaire.

2^e sujet : Mouvement dans le champ de pesanteur

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on étudie le mouvement d'un enfant qui glisse le long d'un toboggan. Dans l'exercice, l'enfant sera assimilé à un point matériel **G** et on négligera tout type de frottement ainsi que toutes les actions dues à l'air.

Le toboggan est constitué par :

- une piste **DO** qui permet à l'enfant partant de **D sans vitesse initiale** d'atteindre le point **O** avec un vecteur-vitesse $\vec{v}_0$ faisant un angle α avec l'horizontale;
- une piscine de réception : la surface de l'eau se trouve à une distance **H** au-dessous de **O**.



Données :

- masse de l'enfant : $m = 35,0 \text{ kg}$
- intensité de la pesanteur : $g = 10,0 \text{ m.s}^{-2}$
- dénivellation $h = 5,00 \text{ m}$
- hauteur $H = 42,5 \text{ cm}$
- angle $\alpha = 35^\circ$
- l'altitude du point **O** est prise comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur de l'enfant ; $E_{ppO} = 0$ pour $y_O = 0$

1. Mouvement de l'enfant entre D et O

- 1.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{ppD} de l'enfant au point **D**.
- 1.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique E_{mD} de l'enfant au point **D**.
- 1.3. Donner l'expression de l'énergie mécanique E_{mO} de l'enfant au point **O**.
- 1.4. En déduire l'expression de la vitesse v_0 en justifiant le raisonnement.
- 1.5. Calculer la valeur de la vitesse v_0 de l'enfant en **O**.
- 1.6. En réalité, la vitesse en **O** est nettement inférieure et vaut $5,00 \text{ m.s}^{-1}$. Expliquez cette différence.

2. Étude de la chute de l'enfant dans l'eau

En **O**, origine du mouvement dans cette partie, on prendra $\mathbf{v}_0 = 5,00 \text{ m.s}^{-1}$.

- 2.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.
- 2.2. Appliquer la deuxième loi de Newton à l'enfant une fois qu'il a quitté le point **O**.
- 2.3. Déterminer l'expression des composantes $\mathbf{a}_x(\mathbf{t})$ et $\mathbf{a}_y(\mathbf{t})$ du vecteur-accélération dans le repère **Oxy**.
- 2.4. Déterminer l'expression des composantes $\mathbf{v}_x(\mathbf{t})$ et $\mathbf{v}_y(\mathbf{t})$ du vecteur-vitesse dans le repère **Oxy**.
- 2.5. Déterminer l'expression des composantes $\mathbf{x}(\mathbf{t})$ et $\mathbf{y}(\mathbf{t})$ du vecteur-position dans le repère **Oxy**.
- 2.6. Montrer que l'expression de la trajectoire de l'enfant notée $\mathbf{y}(\mathbf{x})$ a pour expression :

$$\mathbf{y}(\mathbf{x}) = -\frac{1}{2}g \frac{\mathbf{x}^2}{\mathbf{v}_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} + \mathbf{x} \cdot \tan \alpha$$

- 2.7. En déduire la valeur de l'abscisse $\mathbf{x}_p$ du point d'impact **P** de l'enfant dans l'eau.

Aide au calcul :

$$\cos 35^\circ \approx \sqrt{\frac{2}{3}}; \tan 35^\circ = 0,700;$$

3^e sujet : Mouvement d'électrons dans un champ magnétique uniforme

Dans tout l'exercice, on négligera le poids devant la force magnétique.

Dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$, un faisceau d'électrons homocinétiques pénètre en **O** avec un vecteur-vitesse $\vec{\mathbf{v}}_0$ orthogonal à $\vec{\mathbf{B}}$.

1. Force magnétique

- 1.1 Donner l'expression de la force de Lorentz $\vec{\mathbf{F}}$ (force magnétique) appliquée aux électrons et préciser ses caractéristiques.
- 1.2 Représenter sur un schéma clair les vecteurs $\vec{\mathbf{v}}_0$, $\vec{\mathbf{B}}$, $\vec{\mathbf{F}}$ et l'allure de la trajectoire des électrons (la direction de $\vec{\mathbf{B}}$ est perpendiculaire au plan de la figure et le sens de $\vec{\mathbf{B}}$ sera choisi arbitrairement).

2. Trajectoire des électrons

- 2.1 Montrer que la trajectoire des électrons est plane.
- 2.2 Montrer que le mouvement des électrons est uniforme.
- 2.3 Etablir l'expression du rayon **R** de la trajectoire en fonction de **e**, **m**, **v₀** et **B** puis calculer sa valeur.

Application numérique :

$$\mathbf{e} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}, \mathbf{m} \approx 10^{-30} \text{ kg}, \mathbf{v}_0 = 3,2 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}, \mathbf{B} = 10^{-3} \text{ T}.$$