Baccalauréat des voies générale et technologique

Épreuve de physique-chimie de série S

Annales 0 : exemples d'exercices
BO n° 27 du 4 juillet 2002

Physique, enseignement obligatoire :
Le radon 222

Attention : Les sujets proposés ne sont pas représentatifs de l'ensemble des possibilités offertes par les programmes et ne constituent donc pas une liste fermée de ces possibilités. Aussi doivent-ils être considérés comme des exemples et non comme des modèles.

27 août 2002

Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche
Direction de l'Enseignement scolaire
eduscol.education.fr/bac

LE RADON 222

L'usage de la calculatrice est autorisé.

1° Origine du radon 222

Le radon 222 ($^{222}_{86}Rn$) est issu de la désintégration de l'uranium 238 ($^{238}_{92}U$) contenu dans les roches terrestres. Plusieurs désintégrations successives de type α ou β^- sont nécessaires pour passer de l'uranium 238 au radon 222.

1.1. Écrire l'équation d'un noyau $^{A}_{Z}X$ aboutissant à un noyau Y par désintégration de type α.

1.2. Écrire l'équation d'un noyau $^{A}_{Z}X$ aboutissant à un noyau Y par désintégration de type β^-.

1.3. Calculer le nombre de désintégrations α et β^- nécessaires pour passer de l'uranium 238 au radon 222.

2° Mesures à partir d'un prélèvement à une date donnée

L'émission α du radon 222 est la principale source externe d'exposition de l'homme à la radioactivité naturelle. On se propose d'étudier sa désintégration en faisant un certain nombre de mesures sur un échantillon de ce gaz prélevé dans le sol.
On recueille dans une fiole scintillante de 120 cm^3, où on a préalablement réalisé un vide partiel, le gaz contenu dans le sol à une trentaine de centimètres de profondeur. Le prélèvement a lieu dans les Alpes. Le gaz contient du radon 222. Après une demie heure, la fiole est placée dans la chambre d'un photomultiplicateur** et on procède à une série de 10 mesures, chacune correspondant à une durée de comptage θ de 60 secondes. Cette durée est très inférieure à la demi-vie du radon 222.*

**Fiole scintillante* : lorsqu'une particule α frappe le sulfure de zinc qui tapisse intérieurement les parois latérales de la fiole, celui-ci absorbe son énergie et émet de la lumière dans le visible. Cette émission se produit dans toutes les directions possibles. Une partie de cette lumière sort de la fiole par le fond transparent qui peut être placé sur la fenêtre d'un photomultiplicateur.*
***Photomultiplicateur* : Cet appareil convertit un signal lumineux parvenant à sa fenêtre d'entrée en signal électrique comptabilisé. Son efficacité est inférieure à 1 mais elle est constante dans le temps ; l'instrument permet donc de compter un nombre d'évènements proportionnel au nombre de noyaux qui se sont désintégrés au cours d'un intervalle de temps donné. Cet intervalle de temps est réglable.*

On obtient les résultats reportés dans le tableau ci-dessous :

N° de la mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M = Nombre d'événements détectés par minute	*54*	*63*	*71*	*73*	*48*	*93*	*68*	*59*	*81*	*69*

2.1. Pourquoi observe-t-on une dispersion des valeurs relevées dans le tableau ?

2.2. Calculer la moyenne $\overline{M}$ et l'écart-type s de cette série de mesures.

2.3. *Pour chaque valeur de M mesurée, on peut définir le nombre d'événements détectés par seconde $m = M/\theta$. La moyenne $\overline{m}$ des valeurs de m vaut alors :* $\overline{m} = \overline{M}/\theta$
Calculer $\overline{m}$

2.4. *L'unité d'activité d'une source radioactive est le becquerel.*
Définir une activité de 1 becquerel (1 Bq) et montrer que la grandeur $\overline{m}$ a les dimensions d'une activité.
Le nombre $\overline{m}$ obtenu expérimentalement a une valeur plus faible que l'activité du radon 222 .
Chercher dans la description du dispositif expérimental deux arguments qui justifient ce fait.

3. Mesures à partir d'un prélèvement à différentes dates

À partir d'un nouveau prélèvement, et dans les mêmes conditions que précédemment, une nouvelle série de comptage est réalisée. ***On renouvelle ce comptage, avec le même prélèvement****, pendant une dizaine de jours. L'heure du début des mesures est toujours la même : 10 h chaque matin. Pour chaque série de mesures, on calcule la moyenne $\overline{M}$, l'écart-type s, $\overline{m} = \overline{M}/\theta$, ln $\overline{m}$ et l'écart-type s_m de la série statistique de m : $s_m = \frac{s}{\theta}$. Certaines de ces valeurs sont reportées dans le tableau ci-dessous.*

Dates des mesures	$\overline{m}$	$s_m = s/\theta$	ln $\overline{m}$
8 mai	1,83	0,18	0,604
9 mai	1,54	0,15	0,43
10 mai	1,20	0,12	0,18
11 mai	0,95	0,10	- 0,05
13 mai	0,70	0,067	- 0,36
14 mai	0,61	0,067	- 0,49
15 mai	0,47	0,050	- 0,76
16 mai	0,40	0,050	- 0,92
17 mai	0,30	0,033	- 1,2

Tracer $\overline{m}$ = f(t) en reportant les écarts-types s/θ.
échelles : 2cm pour 1 jour
1 cm pour m = 0,1

4. Loi d'évolution temporelle des événements détectés.

4.1. Si l'évolution temporelle de $\overline{m}$ est une fonction exponentielle de la forme $\overline{m} = \overline{m}_0 e^{-\mu t}$, quelle doit être l'allure de la courbe représentative de la fonction ln $\overline{m}$ = f(t) ?
4.2. Tracer ln $\overline{m}$ = f(t).
échelles : 2 cm pour 1 jour
1 cm pour ln $\overline{m}$ = 0,1
Peut-on valider l'hypothèse précédente ?
4.3. Déterminer μ en $jour^{-1}$.
4.4. *Soit N(t) le nombre de noyaux radioactifs présents, à la date t, dans l'échantillon .*
Écrire l'expression de la loi de décroissance N = f(t) en précisant la signification de chaque constante.

5. Demi-vie

On admet que le nombre moyen d'évènements $\overline{m}$ détectés par seconde, à la date t, est proportionnel au nombre de noyaux N(t) présents à cette même date dans l'échantillon. On peut montrer par un calcul que la constante μ est égale à la constante radioactive λ de l'isotope étudié.

5.1. Énoncer la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$.
5.2. Donner la relation entre $t_{1/2}$ et λ En déduire la valeur de $t_{1/2}$ en jours.

<u>Remarque destinée aux professeurs</u>
Par souci de cohérence avec la question 2.4 qui introduit l'unité d'activité, les résultats expérimentaux ont été ramenés à un temps de comptage de 1 s à partir de la question 2.3.
Il aurait été possible de garder le nombre d'événements détectés par minute pour les questions suivantes.

LE RADON 222

Questions	Références aux compétences inscrites au BO
1.1. Écrire l'équation de la désintégration α d'un noyau X aboutissant à un noyau Y.	Définir la radioactivité α, β^-, β^+, l'émission γ et écrire l'équation d'une réaction nucléaire pour une émission α, β^-ou β^+, en appliquant les lois de conservation.
1.2. Écrire l'équation de la désintégration β^- d'un noyau X aboutissant à un noyau Y.	
1.3. Calculer le nombre de désintégrations α et β^- nécessaires pour passer de l'uranium 238 au radon 222	
2.1. Pourquoi observe-t-on une dispersion des valeurs relevées dans le tableau ?	Définir un noyau radioactif. *Réaliser une série de comptages relatifs à une désintégration radioactive.*
2.2. Calculer la moyenne $\overline{M}$ et l'écart-type s de cette série de mesures.	*À partir d'une série de mesures, utiliser un tableur ou une calculatrice pour calculer la moyenne, la variance et l'écart-type du nombre de désintégrations enregistrées pendant un intervalle de temps donné.*
2.3. Calculer $\overline{m}$.	Utiliser les fonctions du programme de mathématiques.
2.4. Définir une activité de 1 becquerel (1 Bq) et montrer que la grandeur $\overline{m}$ a les dimensions d'une activité. Chercher dans la description du dispositif expérimental deux arguments qui justifient ce fait	Savoir que 1 Bq est égal à une désintégration par seconde. Utiliser l'analyse dimensionnelle. Analyser, en termes scientifiques, une situation, une expérience, un document. Élaborer une argumentation.
3. Tracer $\overline{m}$ = f(t) en reportant les écarts-types s/θ.	Construire une courbe à partir d'un ensemble de mesures et l'exploiter.
4.1. Si l'évolution temporelle de $\overline{m}$ est une fonction exponentielle de la forme $\overline{m} = \overline{m}_0\, e^{-\mu t}$, quelle doit être l'allure de la courbe représentative de la fonction ln $\overline{m}$ = f(t) ?	Utiliser les fonctions du programme de mathématiques.
4.2. Tracer ln $\overline{m}$ = f(t). Peut-on valider l'hypothèse précédente ?	Construire une courbe à partir d'un ensemble de mesures et l'exploiter. Associer un modèle à un phénomène.
4.3. Déterminer μ en jour^{-1}.	Construire une courbe à partir d'un ensemble de mesures et l'exploiter. Connaître la définition de la constante de temps et du temps de demi-vie.
4.4 Écrire l'expression de la loi de décroissance N = f(t) en précisant la signification de chaque constante.	Connaître l'expression de la loi de décroissance. .
5.1. Énoncer la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$.	Connaître la définition du temps de demi-vie
5.2. Donner la relation entre $t_{1/2}$ et λ En déduire la valeur de $t_{1/2}$ en jours.	Utiliser les relations entre λ *et* $t_{1/2}$.

LE RADON 222

Questions	Réponses	Points	Commentaires
1.1	${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A-4}_{Z-2}Y$	0,25	
1.2	${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z+1}Y$	0,25	
1.3	${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + x\ {}^{4}_{2}He + y\ {}^{0}_{-1}e$ $238 = 222 + 4x \quad x = 4$ $92 = 86 + 2x - y \quad y = 2$ Pour passer de l'uranium 238 au radon 222 il faut 4 désintégrations α et 2 désintégrations β^-.	0,25	Tout raisonnement juste conduisant au résultat sera accepté.
2.1.	La désintégration d'un noyau radioactif est un phénomène aléatoire.	0,25	
2.2.	$\overline{M} = 67$ $s = 14$	0,25 0,25	Accepter s = 13
2.3.	$\overline{m} = 1,1$ 1 Bq est égal à une désintégration par seconde. $\overline{M}$ est proportionnel au nombre de noyaux qui se sont désintégrés en θ s. $\overline{m}$ est proportionnel au nombre de désintégrations par seconde, $\overline{m}$ a la dimension d'une activité. 1,1 n'est pas l'activité du radon 222 car : - Une partie de cette lumière sort de la fiole. - l'efficacité du photomultiplicateur est inférieure à 1	0,25 0,25 0,25 0,5	
3.	Graphe : Grandeurs portées sur les axes Échelles respectées Titre Écart-types reportés Courbe tracée	0,5	- 0,25 par omission.
4.1.	ln $\overline{m}$ = f(t) sera une droite de coefficient directeur $-\mu$ et d'ordonnée à l'origine ln $\overline{m}_0$.	0,5	Mettre les points si l'ordonnée à l'origine n'est pas indiquée.
4.2.	Graphe : Grandeurs portées sur les axes Échelles respectées Titre Droite tracée L'hypothèse est validée $\overline{m} = \overline{m}_0\, e^{-\mu t}$	0,5 0,25	- 0,25 par omission.
4.3.	$\mu = 0,19$ jour^{-1}	0,25	$0,18 \leq \lambda \leq 0,20$
4.4	$N = N_0\, e^{-\lambda t}$ Signification des constantes	0,25 0,25	
5.1.	La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux présents dans l'échantillon à la date t soit désintégrée à la date t + $t_{1/2}$	0,25	Toute définition correcte est acceptée.
5.2.	$t_{1/2} = (\ln 2)/\lambda$ $t_{1/2}$ = 3,6 jours	0,25 0,25	$3,9 \geq t_{1/2} \geq 3,4$
TOTAL		**6**	