BURHAN

Décroissance radioactive : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/decroissance-radioactive/exercices/entrainement

Chapitre	Palier	Exercices
Décroissance radioactive	Entraînement	7

Exercice 1

Iode 131 pour traiter une thyroïde

Pour traiter une thyroïde trop active, un patient avale une gélule d'iodure de sodium contenant de l'iode 131, radioactif β^-. L'iode se fixe dans la thyroïde.

Données.

Donnée	Valeur
demi-vie de l'iode 131	$t_{1/2} = 8{,}02\,\text{j}$
activité de la gélule à la prise	$a_0 = 5{,}5 \times 10^{8}\,\text{Bq}$
masse molaire de l'iode 131	$131\,\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
nombre de charge de l'iode	$Z = 53$
nombre de charge du xénon	$Z = 54$

On donne $1\,\text{j} = 86\,400\,\text{s}$ et $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$; calculatrice autorisée.

1.

Écrire l'équation de la désintégration de l'iode 131.

INDICE

Outil : la particule émise par une désintégration β^-, puis les deux lois de conservation.

2.

Calculer la constante radioactive λ de l'iode 131 en s^{-1}.

INDICE

Outil : la relation entre demi-vie et constante radioactive, avec la demi-vie en secondes.

3.

Calculer le nombre N_0 de noyaux d'iode 131 de la gélule à la prise, puis la masse d'iode 131 correspondante.

INDICE

Outil : l'activité est proportionnelle au nombre de noyaux ; la masse s'obtient par la quantité de matière.

4.

Calculer l'activité de l'iode 131 du patient $6{,}0\,\text{j}$ après la prise, en admettant que tout l'iode reste dans son organisme.

INDICE

Outil : la décroissance de l'activité ; le produit λt se calcule avec λ et t dans la même unité de temps.

5.

Au bout de combien de jours l'activité est-elle divisée par 100 ?

INDICE

Outil : écris $\frac{a}{a_0} = \frac{1}{100}$ avec la loi de l'activité, puis applique le logarithme népérien.

Exercice 2

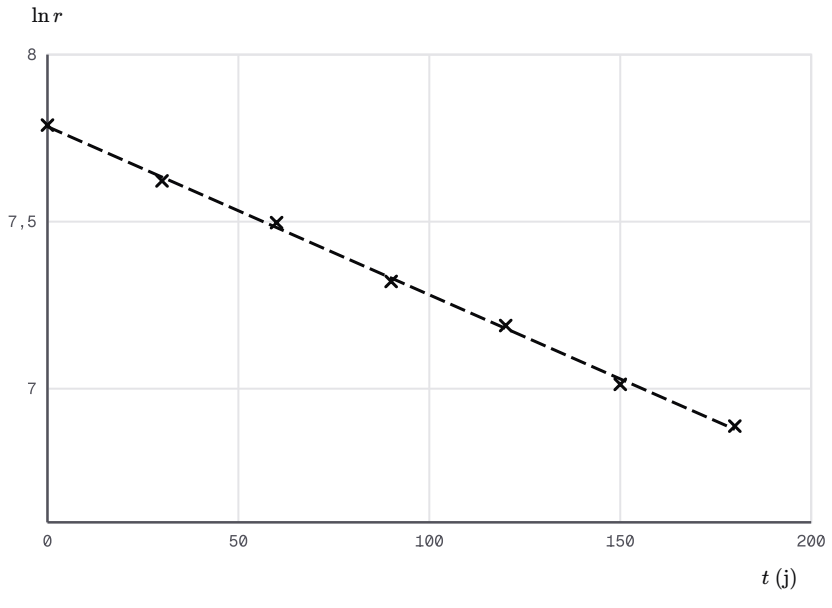
Comptages d'une source de polonium 210

Un laboratoire de contrôle suit une source de polonium 210. Tous les 30 jours, un technicien place la source sur le même support, devant un compteur, et relève le nombre n de coups en $1{,}00\ \text{min}$. Sans source, le compteur relève en moyenne 30 coups par minute : c'est le bruit de fond.

On note $r = n - 30$ le taux de comptage corrigé, en coups par minute ; on admet qu'il est proportionnel à l'activité a de la source : $r = k\,a$.

Document. Relevés et représentation de $\ln r$ en fonction de t, avec la droite de modélisation.

t (jours)	n (coups)
0	$2\,444$
30	$2\,072$
60	$1\,833$
90	$1\,541$
120	$1\,355$
150	$1\,141$
180	$1\,010$



Logarithme du taux de comptage corrigé de la source de polonium

1.

Pourquoi mesure-t-on le bruit de fond ? Calculer r et $\ln r$ pour la mesure faite à $t = 90\,\text{j}$, puis repérer le point correspondant sur le document.

INDICE

Outil : le compteur enregistre aussi des coups qui ne viennent pas de la source ; retranche-les avant de prendre le logarithme.

2.

Montrer que $\ln r$ est une fonction affine du temps, de coefficient directeur $-\lambda$.

INDICE

Outil : la décroissance de l'activité $a = a_0\, e^{-\lambda t}$, puis les propriétés du logarithme népérien.

3.

La droite de modélisation passe par les points $(0\,;7{,}78)$ et $(180\,;6{,}88)$, le temps étant en jours. En déduire la constante radioactive λ, puis la demi-vie du polonium 210. Comparer à la valeur tabulée $138\,\text{j}$.

INDICE

Outil : le coefficient directeur d'une droite qui passe par deux points, puis la relation entre demi-vie et constante radioactive.

4.

Les nombres de coups fluctuent d'une mesure à l'autre. Proposer un protocole qui réduit l'effet de ces fluctuations sur la demi-vie obtenue.

INDICE

Début : demande-toi de quoi dépend l'écart relatif d'un comptage. **Ensuite :** pense au bruit de fond et à la position de la source.

Exercice 3

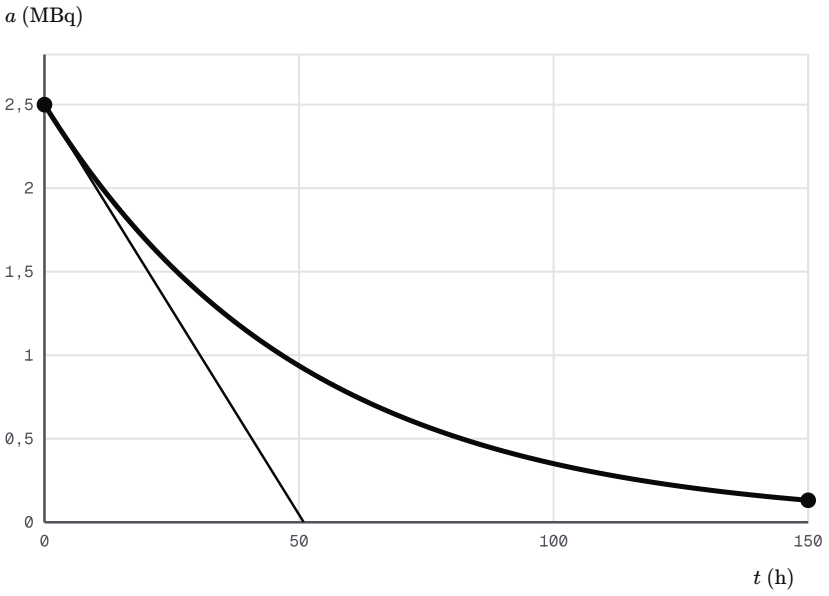
Tangente à l'origine pour un traceur au brome 82

Pour repérer une fuite sur une canalisation enterrée, une entreprise ajoute au liquide transporté un traceur au brome 82, radioactif β^-. Avant l'injection, elle contrôle un échantillon du traceur.

Le document représente l'activité a de cet échantillon au cours du temps, ainsi que la droite qui touche la courbe en son point d'abscisse $t = 0$.

On admet que $a(t) = a_0\, e^{-\lambda t}$. On donne $1\,\text{h} = 3\,600\,\text{s}$; calculatrice autorisée.

Document. Activité de l'échantillon.



Activité de l'échantillon de brome 82 et tangente à l'origine

Demi-tangente calculée en x = 0 : coefficient directeur ≈ −0,04909.

1.

On note $\tau = \dfrac{1}{\lambda}$ la constante de temps du brome 82. Montrer que la tangente à la courbe en $t = 0$ coupe l'axe des temps à l'instant $t = \tau$.

INDICE

Début : la pente de la tangente en $t = 0$ est la dérivée de a en 0. **Ensuite :** écris l'équation de cette droite, puis cherche où elle s'annule.

2.

Lire sur le document l'activité initiale a_0, puis la constante de temps τ.

INDICE

Outil : le résultat de la question précédente.

3.

En déduire la constante radioactive λ, en $\mathrm{h^{-1}}$ puis en $\mathrm{s^{-1}}$, et la demi-vie $t_{1/2}$.

INDICE

Outil : la définition de la constante de temps, puis la relation entre demi-vie et constante de temps.

4.

Déterminer directement la demi-vie sur la courbe, puis la comparer à la valeur tirée de la tangente et à la valeur tabulée $35{,}3\ \mathrm{h}$.

INDICE

Outil : la définition de la demi-vie ; cherche l'instant où l'activité vaut la moitié de a_0.

5.

Calculer le nombre N_0 de noyaux de brome 82 de l'échantillon à $t = 0$.

INDICE

Outil : l'activité est proportionnelle au nombre de noyaux ; λ doit être en $\mathrm{s^{-1}}$ pour une activité en becquerels.

Exercice 4

Famille radioactive du thorium 232

Le thorium 232, présent dans certaines roches, est le premier noyau d'une famille radioactive. Par une suite de désintégrations α et β^-, elle aboutit au plomb 208, stable.

Données. Nombres de charge utiles.

Élément	Symbole	Z
plomb	Pb	82
radium	Ra	88
actinium	Ac	89
thorium	Th	90

1.

Le thorium 232 est radioactif α. Écrire l'équation de sa désintégration.

INDICE

Outil : la particule α, puis les deux lois de conservation.

2.

Le radium 228 formé est radioactif β^-. Écrire l'équation de sa désintégration.

INDICE

Outil : l'électron émis, puis les deux lois de conservation.

3.

On note x le nombre de désintégrations α et y le nombre de désintégrations β^- qui mènent du thorium 232 au plomb 208. Écrire l'équation bilan de la famille, avec x et y, puis déterminer ces deux nombres.

INDICE

Début : le bilan a pour père le thorium 232, pour produits le plomb 208, x noyaux d'hélium et y électrons. **Ensuite :** une loi de conservation par inconnue.

4.

Calculer le déplacement global du point représentatif dans le diagramme (N, Z), du thorium 232 au plomb 208, puis le retrouver à partir des déplacements dus à chaque type de désintégration.

INDICE

Début : calcule $N = A - Z$ pour les deux noyaux. **Ensuite :** les déplacements dus à α et à β^- dans le diagramme (N, Z).

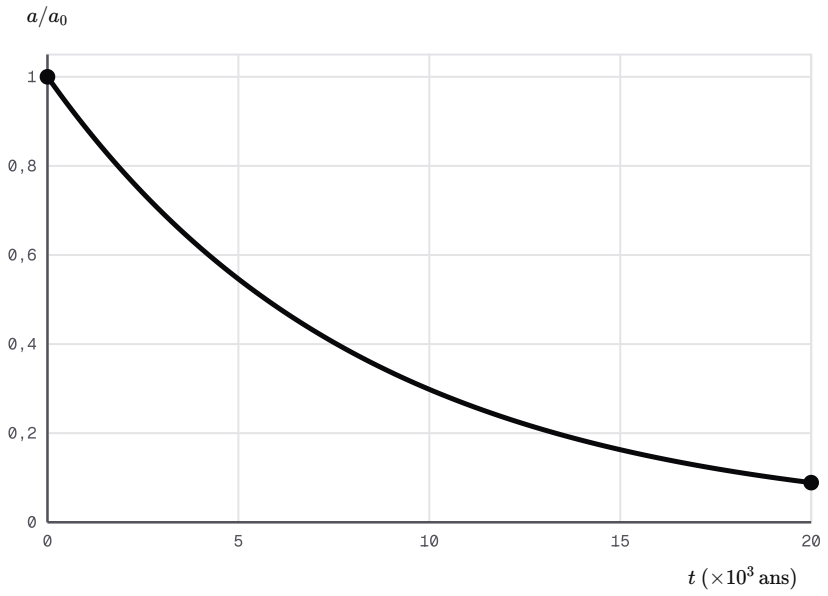
Exercice 5

Dater un parchemin par le carbone 14

Un musée fait dater un fragment de parchemin. On en extrait $m = 2{,}00\ \text{g}$ de carbone, placé devant un compteur dans une enceinte blindée. Le compteur enregistre $1\,400$ coups en $60{,}0\ \text{min}$. Sans échantillon, il enregistre en moyenne $2{,}0$ coups par minute. On admet que chaque désintégration de l'échantillon est comptée.

Le carbone d'un organisme vivant a une activité $a_0 = 13{,}6$ désintégrations par minute et par gramme. Demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2} = 5\,730\ \text{ans}$; calculatrice autorisée.

Document. Rapport $\dfrac{a}{a_0}$ de l'activité du carbone 14 d'un échantillon mort à celle d'un échantillon vivant, en fonction du temps écoulé depuis la mort.



Décroissance relative de l'activité du carbone 14

1.

Calculer l'activité a du carbone du parchemin, en désintégrations par minute et par gramme.

INDICE

Outil : retranche le bruit de fond au taux de comptage, puis rapporte le résultat à la masse.

2.

Calculer le rapport $\dfrac{a}{a_0}$, puis lire sur le document l'âge approximatif du parchemin.

INDICE

Outil : place le rapport sur l'axe des ordonnées et lis l'abscisse du point de la courbe.

3.

Calculer l'âge du parchemin.

INDICE

Outil : la relation qui donne l'âge d'un échantillon par datation radioactive, avec les activités non arrondies.

4.

Pourquoi le compteur est-il placé dans une enceinte blindée, et pourquoi compte-t-on pendant $60{,}0\ \mathrm{min}$ plutôt que pendant une minute ?

INDICE

Outil : compare le taux de comptage de l'échantillon au bruit de fond, puis pense aux fluctuations d'un comptage.

5.

Quelles hypothèses ce calcul d'âge suppose-t-il ?

INDICE

Outil : les conditions d'emploi de la relation de datation.

Exercice 6

Âge de l'eau d'une nappe par le tritium

Pour savoir depuis quand l'eau d'une nappe souterraine s'est infiltrée, un hydrologue mesure l'activité du tritium $^{3}_{1}\mathrm{H}$, radioactif β^-. L'eau de pluie de la région sert de témoin.

Document. Mesures et données.

Donnée	Valeur
activité volumique de l'eau de pluie	$a_0 = 0{,}72\,\mathrm{Bq\cdot L^{-1}}$
activité volumique de l'eau du forage	$a = 0{,}21\,\mathrm{Bq\cdot L^{-1}}$
demi-vie du tritium	$t_{1/2} = 12{,}3\,\mathrm{ans}$
nombre de charge de l'hélium	$Z = 2$

Calculatrice autorisée.

1.

Écrire l'équation de la désintégration du tritium.

INDICE

Outil : l'électron émis par une désintégration β^-, puis les deux lois de conservation.

2.

Montrer que l'âge de l'eau du forage s'écrit $t = \dfrac{t_{1/2}}{\ln 2}\,\ln\dfrac{a_0}{a}$, puis le calculer.

INDICE

Début : écris la décroissance de l'activité entre l'infiltration et la mesure. **Ensuite :** isole λt par le logarithme népérien.

3.

Le tritium convient-il pour cette datation ? Le carbone 14, de demi-vie $5\,730\,\mathrm{ans}$, conviendrait-il ?

INDICE

Outil : compare l'âge obtenu à chaque demi-vie ; calcule le rapport $\dfrac{a}{a_0}$ que donnerait le carbone 14.

4.

Donner deux hypothèses sur lesquelles repose cet âge.

INDICE

Outil : ce que la relation de datation suppose sur l'état initial et sur l'échantillon depuis sa formation.

Exercice 7

Source d'américium 241 d'un détecteur de fumée

Certains détecteurs de fumée contiennent une petite source d'américium 241, radioactif α, qui rend l'air de la chambre de mesure conducteur.

Données.

Donnée	Valeur
activité de la source	$a = 3{,}3 \times 10^{4}\,\mathrm{Bq}$
masse molaire de l'américium 241	$241\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$
conversion	$1\,\mathrm{an} = 3{,}16 \times 10^{7}\,\mathrm{s}$
demi-vie de l'américium 241	$432\,\mathrm{ans}$
nombre de charge de l'américium	$Z = 95$
nombre de charge du neptunium	$Z = 93$

On donne $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}$; calculatrice autorisée.

1.

Écrire l'équation de la désintégration de l'américium 241.

INDICE

Outil : la particule α, puis les deux lois de conservation.

2.

L'activité de la source est $a = -\dfrac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}$, où $N(t) = N_0\,e^{-\lambda t}$ est le nombre moyen de noyaux d'américium 241 à l'instant t. Montrer que $a = \lambda N$.

INDICE

Outil : la dérivée de $t \mapsto e^{kt}$, avec la constante $k = -\lambda$.

3.

Calculer le nombre N de noyaux d'américium 241 de la source, puis sa masse.

INDICE

Outil : l'activité est proportionnelle au nombre de noyaux, avec λ en $\mathrm{s^{-1}}$; la masse vient de la quantité de matière.

4.

Un détecteur est remplacé au bout de $10{,}0$ ans. De quel pourcentage l'activité de sa source a-t-elle diminué ? La décroissance radioactive limite-t-elle cette durée d'usage ?

INDICE

Outil : la décroissance de l'activité, avec λ et t dans la même unité de temps.

5.

Un technicien place un compteur à quelques centimètres de la source sortie du détecteur. Il relève $2\,520$ coups en $2{,}00\,\text{min}$; le bruit de fond vaut 35 coups par minute. Calculer le taux de comptage corrigé en coups par seconde, le comparer à l'activité de la source et interpréter.

INDICE

Début : le bruit de fond se compte sur la même durée que la mesure. **Point délicat :** compare le taux de comptage à l'activité de la source.