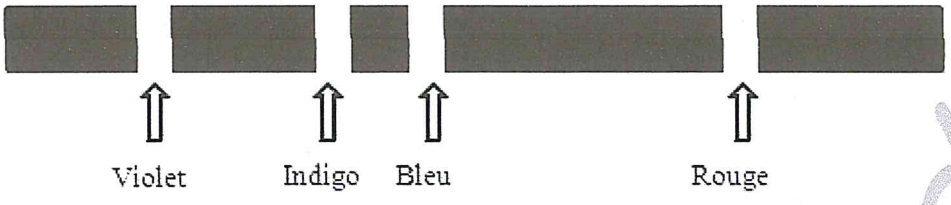
Chapitre 7

Le Spectre Atomique

Exercice N°1: *(Principale 2012 Science)*

On donne : $h=6,62.10^{-34}$ J.s ; $c=3.10^{8}$m.s^{-1} ; 1MeV $=1,6.10^{-13}$J

On donne dans le domaine visible, le spectre de l'atome d'hydrogène et la relation permettant de trouver les niveaux énergétiques possibles de l'atome.



$E_n = -\dfrac{E_0}{n^2}$ avec $E_0 = 13,6$eV ; $n \in \mathbb{N}^*$ et 1eV = $1,6.10^{-19}$J.

1°/ a) Préciser en justifiant si le spectre analysé est un spectre d'émission ou bien d'absorption.
b) Un atome à l'état fondamental est-il capable d'émettre des radiations ?
c) Le spectre observé est-il continu ou discontinu ? Donner une interprétation énergétique ?

2°/ a) Calculer les valeurs numériques (E_1 ; E_2 ;.... E_6) puis représenter le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène.
b) Définir l'énergie d'ionisation E_i de l'atome d'hydrogène et calculer sa valeur.
c) Préciser en justifiant si l'atome d'hydrogène perd ou bien gagne de l'énergie quand il passe du niveau E_5 au niveau E_2.

3°/ Les quatre raies observées correspondent aux transitions de n vers p =2 avec n =3 ; 4 ; 5 ; 6.
a) Calculer puis accorder à chaque radiation observée la longueur d'onde correspondante.
b) Laquelle des quatre radiations la moins énergétiques ?
c) Déterminer la transition qui amène l'atome d'hydrogène au niveau d'énergie E_2 avec émission d'une lumière bleu.

4°/ On fournit successivement à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental les radiations électromagnétiques d'énergie : E= 8eV et E' =10,2eV.
Laquelle des deux radiations est observée par l'atome d'hydrogène ?

Exercice N°2 : *(Principale 2008)*

Le diagramme de la figure 2 est un diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium, ou E_0 est l'état fondamental et E_1, E_2, E_3, E_4 et E_5 sont des états excités.

Dans une lampe à vapeur de sodium, les atomes sont excités par un faisceau d'électrons. Lors de leur retour à l'état fondamental, l'énergie qui a été absorbée et restituée sous forme de radiations lumineuses.

L'analyse de la lumière émise par cette lampe révèle un spectre formé de raies colorées correspondant à des longueurs d'ondes bien déterminées, comme le montre la figure 1.

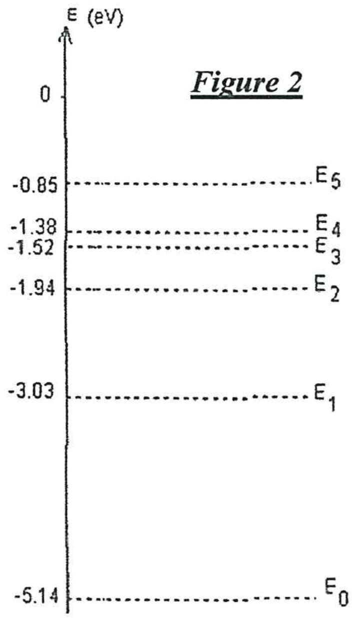


Figure 2

1°/ a) Indiquer si le spectre obtenu est un spectre d'émission ou bien un Spectre d'absorption et s'il est continu ou bien discontinu.
b) Préciser, en le justifiant, si le même spectre peut être obtenu avec l'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure.

2°/ La raie la plus intense du spectre de la lampe à vapeur de sodium a pour longueur d'onde λ=589,0nm.
a) Calculer la fréquence υ de cette raie ainsi que l'énergie correspondante en eV.
b) Reproduire le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium et y indiquer par une flèche, la transition qui a donné cette raie sachant qu'elle correspond à un retour à l'état fondamental E_0. Justifier la réponse.

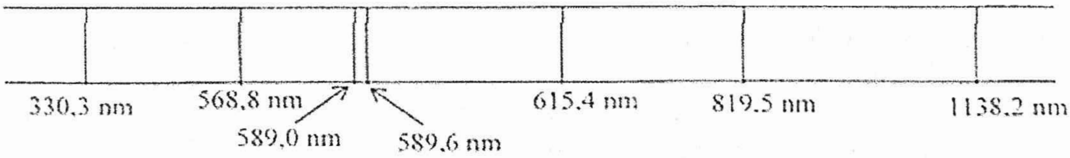


Figure 1

3°/ Parmi les quantums d'énergie $\Delta E = 3{,}62$ eV et $\Delta E' = 4$ eV, préciser en le justifiant, celui qui convient pour faire passer un atome de sodium de l'état fondamental à un état excité que l'on déterminera.

4°/ Déterminer la valeur du quantum d'énergie qu'il faut fournir à l'atome de sodium pour le faire passer de l'état fondamental à l'état ionisé.

On donne :
- Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s.
- Célérité de la lumière : $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1}.
- Charge électrique élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.
- 1 nm $= 10^{-9}$ m.

Exercice N°3 : *(Principale 2009 - Math Principale 2012)*

On donne :
- la célérité de la lumière dans le vide : **$c = 3.10^{8}$ m.s^{-1}** ;
- la constante de Planck : **$h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s** ;
- **1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J ;**
- spectre de la lumière visible :

A) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

1) Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad \text{où } \mathbf{n} \text{ est un entier naturel non nul}$$

a- Expliquer brièvement le terme " niveaux d'énergie quantifiés". Que représente $\mathbf{E_0}$ pour l'atome d'hydrogène ?

b- Compléter le diagramme des niveaux d'énergie de la **page-5**.

2) Dans une expérience voisine de celle réalisée par Franck et Hertz, un faisceau d'électrons homocinétiques (de même énergie cinétique **Ec = 12,2 eV**) traverse un gaz formé par des atomes d'hydrogène isolés (à l'état fondamental).

Lors des collisions entre un électron incident et des atomes d'hydrogène, un transfert d'énergie peut avoir lieu.

a- Justifier que l'atome d'hydrogène ne peut absorber que deux quantums d'énergie que l'on calculera.

b- Pour retrouver son état fondamental, l'atome d'hydrogène se désexcite en émettant l'énergie absorbée sous forme de radiations lumineuses.

Sur le diagramme des niveaux d'énergie de la **page-5**, représenter par des flèches les transitions possibles et calculer les longueurs d'onde des radiations correspondantes.

B) Les raies de la série de Balmer

Les radiations émises lorsqu'un atome d'hydrogène passe d'un état excité tel que **n > 2** à l'état **n =2**, constituent la série de Balmer (du nom de leur découvreur).

1) Montrer que les longueurs d'onde de ces radiations vérifient la relation :

$$\lambda = 4\frac{hc}{E_0}\left(\frac{n^2}{n^2-4}\right)$$

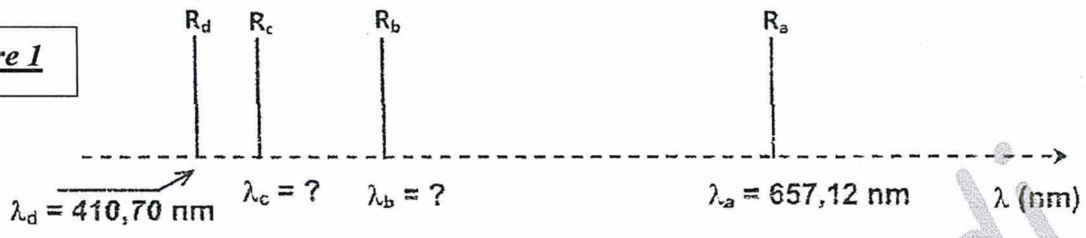
où **h** est la constante de Planck et **c** la célérité de la lumière dans le vide.

2) Déterminer le nombre et les longueurs d'onde de toutes les radiations de cette série de Balmer qui appartiennent au domaine de visible.

***Exercice N°4 :** (Principale Math 2012)*

On donne : Constante de Planck $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ;
Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} ; 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J ; La longueur d'onde λ du spectre visible : 400 nm $\leq \lambda \leq$ 750 nm.
Sur la figure 1, on représente le spectre de l'atome d'hydrogène dans sa partie visible, constitué de quatre raies notées R_a, R_b, R_c et R_d ; de longueurs d'onde respectives dans le vide : λ_a = 657,12 nm, λ_b , λ_c et λ_d = 410,70 nm.

Figure 1



L'énergie, exprimée en eV, d'un niveau n d'énergie de l'atome d'hydrogène, est donnée par $E_n = -\dfrac{13{,}6}{n^2}$ ou n est un nombre entier naturel non nul.

1°/ a) Lorsque les atomes d'hydrogène, préalablement excités, passent d'un état d'énergie caractérisé par $n > 2$ à l'état d'énergie caractérisé par $n = 2$, ils restituent de l'énergie en émettant des photons correspondants à des radiations de longueur d'onde λ_n.

Montrer que la longueur d'onde satisfait à la relation : $\lambda_n = 365{,}07.\dfrac{n^2}{n^2 - 4}$ (en nm).

b) Préciser, en le justifiant, les valeurs possibles de n qui correspondent aux raies précédentes. En déduire les valeurs de λ_b et de λ_c.

2°/ On considère l'émission d'une raie R_f qui correspond au passage de l'atome d'hydrogène du niveau $n_2 = 2$ au niveau $n_1 = 1$ ou état fondamental.

a) Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_f de la radiation R_f.

b) Préciser, en le justifiant, si cette radiation est visible ou non.

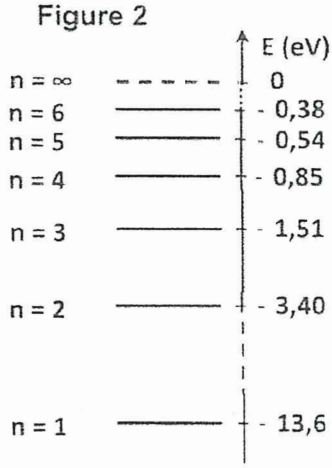
3°/ Maintenant, on fournit, à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental, un quantum d'énergie E = 2,38 eV. Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène peut absorber le photon correspondant.

***Exercice N°5 :** (Contrôle Math 2011)*

On donne : constante de Planck $h = 6{,}62.10^{-3}$J.s ; célérité de la lumière $c = 3.10^{8}$m.s^{-1}; 1 ev = $1{,}6.10^{-19}$J.

Le document de la figure 2 donne le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène H.

Figure 2



1°/ Nommer le passage de l'atome d'hydrogène d'un niveau **n** à un niveau **m.**

2°/ D'écrire brièvement le spectre obtenue dans chacun des cas suivant :

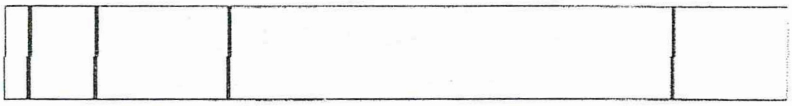
n > m et **n < m**

3°/ Donner la valeur de l'énergie de l'atome H à l'état fondamental.

4°/ Définir l'énergie d'ionisation d'un atome. Préciser sa valeur pour l'atome H.

5°/ Un atome d'hydrogène peut présenter différentes séries de raies suite à un ensemble de transitions. Le spectre d'émission d'une lampe à hydrogène, obtenu à l'aide d'un spectroscope à prisme, est schématisé sur la figure 3.

Figure 3



La série se situe dans le visible et correspond à des transitions vers le niveau n = 2.

a) Vérifier que l'énergie W, exprimée en eV, des différentes raies émises est donnée par la relation $W = \dfrac{1241}{\lambda}$ avec λ en nm.

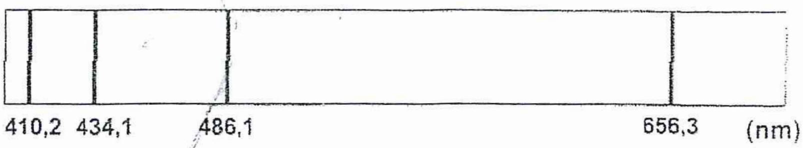
b) Calculer l'énergie W(eV) correspondant à chaque raie émise. En déduire, pour chacune de ces raies, le niveau d'énergie E_n, dans lequel l'atome H s'est trouvé à l'état excité.

6°/ Les atomes d'hydrogène sont dans leur état fondamental.

a) Déterminer les énergies, en eV, des photons absorbés lors des transitions de l'état fondamental (n = 1) vers les états excités n = 3 et n = 4.

b) Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène peut absorber un photon d'énergie 12,3 ev.

Figure 3



La série se situe dans le visible et correspond à des transitions vers le niveau n = 2.

a) Vérifier que l'énergie W, exprimée en eV, des différentes raies émises est donnée par la relation $W = \frac{1241}{\lambda}$ avec λ en nm.

b) Calculer l'énergie W(eV) correspondant à chaque raie émise. En déduire, pour chacune de ces raies, le niveau d'énergie E_n, dans lequel l'atome H s'est trouvé à l'état excité.

6°/ Les atomes d'hydrogène sont dans leur état fondamental.

a) Déterminer les énergies, en eV, des photons absorbés lors des transitions de l'état fondamental (n = 1) vers les états excités n = 3 et n = 4.

b) Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène peut absorber un photon d'énergie 12,3 ev.

Exercice N°2 : *(Contrôle 1998)*

Le carbone ${}^{16}_{4}C$ et le carbone ${}^{12}_{6}C$ sont des nucléides présents dans l'atmosphère et dans tout organisme vivant dans des proportions sensiblement constantes (c'est à dire que le rapport du nombre de noyaux ${}^{16}_{4}C$ sur le nombre de noyaux ${}^{12}_{6}C$ est constant). Une fois que l'organisme cesse de vivre, le nombre de noyaux ${}^{12}_{6}C$ reste inchangé, par contre celui de noyaux ${}^{14}_{6}C$ décroît avec le temps par désintégration radioactive de type β^- de période T = 5570 ans avec formation d'un noyau fils ${}^{A}_{Z}X$.

1°/ Ecrire l'équation de cette réaction de désintégration.

Préciser le symbole du noyau fils ${}^{A}_{Z}X$. en utilisant la liste suivante : ${}^{12}_{5}B$; ${}^{13}_{6}C$; ${}^{12}_{7}N$; ${}^{13}_{7}N$; ${}^{14}_{7}N$; ${}^{15}_{7}N$.

2°/ Définir l'activité A(t) d'un radioélément en précisant son unité dans le système international et établir son expression en fonction du temps.

3°/ Une épave d'une barque a été retrouvée récemment au large des côtes tunisiennes. Dans le but d'estimer l'âge de cette barque, on en prélève un morceau de bois bien conservé. La mesure du nombre de désintégrations de noyaux ${}^{16}_{4}C$ donne 1307 désintégrations par minute.

La même mesure effectuée sur un morceau de bois récent, de même nature et de même masse que celui utilisé précédemment, donne la valeur de 1720 désintégrations par minute.

Déterminer l'âge de la barque.

Exercice N°3: *(Principale 2006)*

On donne : • c = 3.10^{8} ms^{-1}. • 1 u = 1,66.10^{-27}kg. • 1 Mev = 1,6.10^{-13}j.

Symbole	${}^{4}_{2}He$	${}^{27}_{13}A\ell$	${}^{30}_{15}P$	${}^{A}_{Z}X$.
Masse[en unité de masse atomique (u)]	4,0015	26,9744	29,9701	1,0086

Particule	*Proton*	*Neutron*	*Electron*	*Positon β^+*
Symbole	${}^{1}_{1}P$	${}^{1}_{0}n$	${}^{0}_{-1}e$	${}^{0}_{+1}e$

En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie ont découvert la radioactivité artificielle en bombardant des noyaux d'aluminium par des particules $\alpha({}^{4}_{2}He)$. Il se forme alors du phosphore radioactif ${}^{30}_{15}P$ selon l'équation :

$${}^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}A\ell \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{A}_{Z}X \quad (1)$$

1°/ a) Identifier la particule X émise, tout en précisant les lois de conservation utilisées.

b) S'agit-il d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée ?

c) Calculer en MeV l'énergie consommée par la réaction (1).

2°/ Le phosphore ${}^{30}_{15}P$ se désintègre à son tour en silicium Si avec émission d'une particule $\beta^+({}^{0}_{+1}e)$ selon l'équation : ${}^{30}_{15}P \longrightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{1}e$.

En se référant aux nombres de neutrons et de protons des noyaux de phosphore et de silicium.

Montrer que cette particule β^+ résulte de la transformation dans le noyau d'un proton en un neutron.

3°/ Sachant que le défaut de masse du noyau ${}^{30}_{15}P$ est Δm = 0,2617u et que l'énergie de liaison du noyau ${}^{30}_{14}Si$ est $E_\ell = 248,91 Mev$:

a) Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b) Calculer en MeV, l'énergie de liaison du noyau ${}^{30}_{15}P$.

c) Peut-on s'appuyer, dans ce cas particulier, sur les énergies de liaison pour comparer les stabilités des noyaux ${}^{30}_{15}P$ et ${}^{30}_{14}Si$? Pourquoi ?

d) Comparer les stabilités de ces deux noyaux entre elles.

Exercice N°4: *(Principale 2007)*

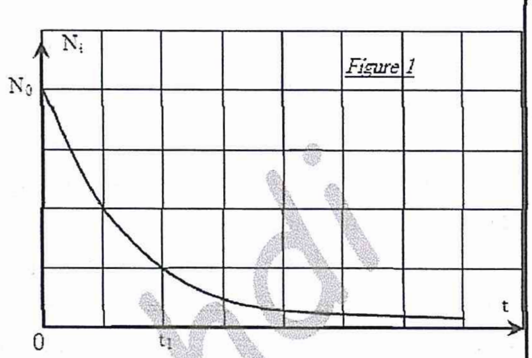
Le radon $^{222}_{86}Rn$ est radioactif. Il émet une particule α , (noyau d'hélium $^{4}_{2}He$) et se transforme en polonium $^{A}_{Z}Po$.

1°/ a) Préciser les lois de conservation à utiliser pour écrire correctement l'équation de cette désintégration.

b) En déduire l'équation de la désintégration précédente en précisant les valeurs de A et Z.

2°/ Le nombre d'atome d'un échantillon de radon $^{222}_{86}Rn$, à un instant $t_0 = 0$ choisi comme origine du temps, est $N_0 = 287.10^{20}$.

La variation du nombre d'atomes N_i de cet échantillon de radon $^{222}_{86}Rn$ au cours du temps t est donnée par la relation: $N_i = N_0.e^{-\lambda.t}$ avec λ une constante positive. Cette variation est représentée par la courbe de la figure1.



a) *Définir la période radioactive T d'un radioélément.*

b) Montrer que la durée t_1, signalée sur la figure -1-, est $t_1 = 2T$.

c) Calculer la valeur de T, si à l'instant $t_2 = 11.10^3$min, le nombre d'atomes N_i de radon $^{222}_{86}Rn$ devient $N_2 = 71,8.10^{20}$.

d) Déterminer le nombre de noyaux de polonium présent à t = 3T.

Exercice N°5 : *(Contrôle 2009)*

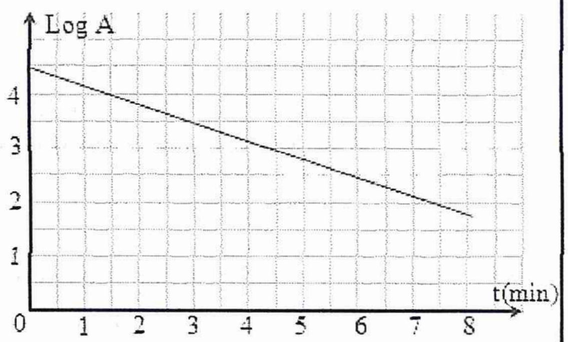
1°/ L'argent 108 ($^{108}_{47}Ag$) se désintègre en un noyau de cadmium $^{108}_{48}Cd$. La transformation nucléaire s'accompagne de l'émission d'une particule X.

a) Ecrire l'équation de la réaction nucléaire et préciser les lois utilisées ainsi que la nature de la particule X.

b) La réaction nucléaire considérée est-elle provoquée ou spontanée ?

c) Expliquer l'origine de la particule X.

2°/ Dans le but de déterminer la période radioactive T de l'argent 108, on étudie expérimentalement l'évolution de l'activité A d'un échantillon d'argent 108 au cours du temps. Les résultats obtenus ont permis de tracer le graphe Log A = f(t) de la figure ci-contre. Sachant que l'activité A s'écrit sous la forme $A = A_0e^{-\lambda t}$, où A. est l'activité de l'échantillon à l'instant t = 0 et λ est la constante radioactive de l'argent 108 :



a) *En déterminant l'expression théorique de Log A en* fonction du temps, expliquer l'allure de la courbe de la figure ci-contre.

b) Définir la période d'une substance radioactive et déterminer son expression en fonction de la constante λ .

c) Déterminer à partir du graphe Log A = f(t), la constante radioactive λ et en déduire la valeur de la période radioactive T de l'argent 108.

3°/ Déterminer l'activité initiale A_0. de l'argent 108 et en déduire le nombre N_0 de noyaux initialement présents dans l'échantillon d'argent 108.

Exercice N°6 :

L'astate At est un élément radioactif, il existe en faible quantité dans la croute terrestre.

Le nucléide ${}^{211}_{85}At$ est un isotope de l'astate : il se désintègre en un noyau de bismuth ${}^{207}_{83}Bi$ en émettant une particule ${}^{a}_{b}X$.

1°/ a) Préciser s'il s'agit d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée.

b) Déterminer les valeurs de a et b. Identifier cette particule parmi les particules suivantes : ${}^{0}_{1}e$, ${}^{0}_{-1}e$, ${}^{1}_{0}n$, et ${}^{4}_{2}He$,

c) Ecrire l'équation de cette désintégration.

2°/ a) Calculer, en u (unité de masse atomique), la masse perdue par un noyau ${}^{211}_{85}At$ lors de cette désintégration.

On donne les masses des noyaux au repos : ${}^{211}_{85}At$: 210,94152 u ; ${}^{207}_{83}Bi$: 206,93355 u, ${}^{a}_{b}X$: 4,00151 u.

b) Préciser, en le justifiant, la forme sous laquelle est transformée cette masse.

c) Déterminer l'énergie libérée, W, par un noyau d'astate. Donner le résultat en MeV et en joule sachant que : $1\ u = 931{,}5\ MeV.c^{-2} = 1{,}66.10^{-27}\ kg$; $c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}$; $1\ MeV = 1{,}6.10^{-13}J$.

3°/ A l'instant $t_0 = 0$, un échantillon d'astate contient N_0 noyaux d'astate ${}^{211}_{85}At$.

A une date ultérieure t, on détermine le nombre N de noyaux d'astate non désintégrés. On trace sur la figure 6 l'évolution de N au cours du temps.

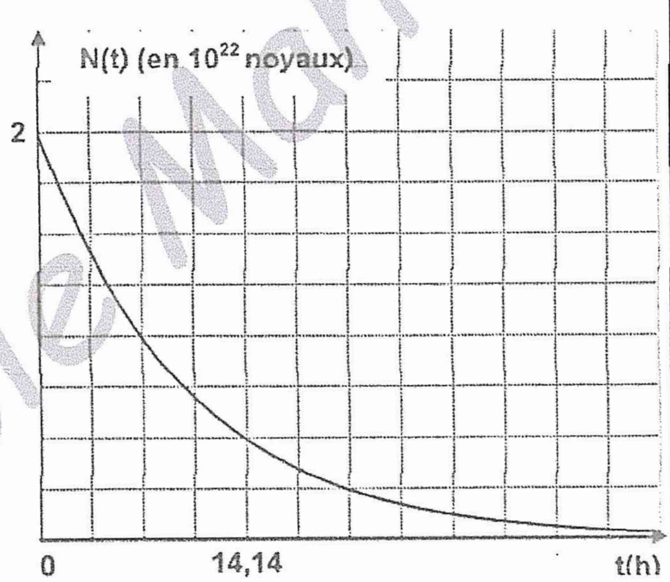
a) Montrer la loi : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$; ou λ représente la constante radioactive T.

b) Définir la période radioactive T.

c) Déterminer sa valeur à partir du graphe.

d) En déduire la valeur de λ .

e) Déterminer le nombre de particules ${}^{a}_{b}X$ émises au cours des dix (10) premières heures de désintégration.



EX N°1

1°) a) spectre d'émission : car il s'agit d'un spectre discontinu constitué de bandes fines multicolores (raies colorées) sur fond sombre (noir)

b) Non : Car il est situé dans son niveau d'énergie le plus faible.

c) discontinu :
• la discontinuité du spectre est le résultat de la quantification de l'énergie de l'atome et de ses échanges énergétiques

2°) a)

$E_1 = -13{,}6\,eV$

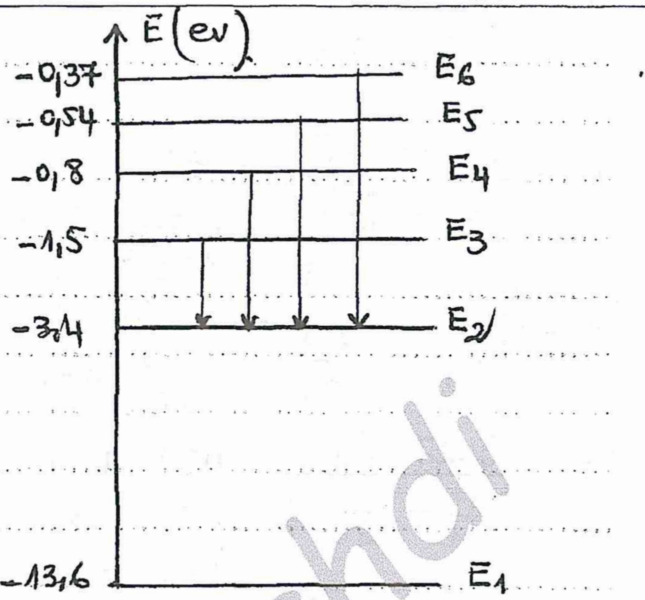
$E_2 = -\frac{13{,}6}{4} = -3{,}4\,eV$

$E_3 = -\frac{13{,}6}{9} = -1{,}5\,eV$

$E_4 = -\frac{13{,}6}{16} = -0{,}8\,eV$

$E_5 = -\frac{13{,}6}{25} = -0{,}54\,eV$

$E_6 = -\frac{13{,}6}{36} = -0{,}37\,eV$



b) L'énergie d'ionisation d'un atome c'est l'énergie minimale qu'il faut fournir à un atome pris dans son état fondamental pour le faire passer dans son état ionisé.

* $E_i = E(\infty) - E_1$
$= 0 + 13{,}6 = 13{,}6\,V$

c/ en passant du niveau E_5 plus élevé vers le niveau E_2 moins élevé l'atome d'hydrogène perd de l'énergie (émission)

3°) a)

$\Delta E = E_n - E_2$ avec $n > 2$

$\frac{h.c}{\lambda} = E_n - E_2$

$\lambda = \frac{hc}{E_n - E_2} = \frac{hc}{-\frac{13{,}6}{n^2} + \frac{13{,}6}{4}}$

$\lambda = \frac{hc}{13{,}6\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)}$

$\lambda = \frac{6{,}62\,10^{-34} \cdot 3\,10^{8}}{13{,}6 \times 1{,}6 \cdot 10^{-19}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)}$

$$\lambda = \frac{9{,}127.10^{-8}}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)}$$

$$\lambda_3 = \frac{9{,}127.10^{-8}}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)} = 6{,}57.10^{-7}\,m = 657.10^{-9}\,m$$

rouge

$$\lambda_4 = \frac{9{,}127.10^{-8}}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right)} = 486.10^{-9}\,m = 486\,nm$$

Bleu

$$\lambda_5 = \frac{9{,}127.10^{-8}}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25}\right)} = 434.10^{-9}\,m = 434\,nm$$

indigo

$$\lambda_6 = \frac{9{,}127.10^{-8}}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{36}\right)} = 410.10^{-9}\,m = 410\,nm.$$

violet

visible

U.V ——————— IR. → λ

b) $W = \frac{h.c}{\lambda}$

La radiation la moins energetique correspond à la radiation qui a la plus grande longueur d'onde λ soit $\lambda_3 = 657.10^{-9}\,m$.

c) $\Delta E = \frac{hc}{\lambda_4}$

$$= \frac{6{,}62.10^{-34}.\,3.10^{8}}{486.10^{-9}}$$

$\Delta E = 4{,}08.10^{-19}\,J$

$\Delta E = 2{,}55\,eV$

4°) $\Delta E = E_n - E_1$

E_n : niveau atteint par l'atome après absorption d'energie :

$E_n = \Delta E + E_1$

* $E_n = 8 - 13{,}6 = -5{,}6\,eV$

ne correspond à aucun niveau d'energie : Energie non absorbée

* $E_n = 10{,}2 - 13{,}6 = -3{,}4\,eV$

$E_n = E_2$

donc la radiation d'energie $E' = 10{,}2\,eV$ est absorbée par l'atome d'hydrogene pour passer du niveau fondamental aux niveaux E_2.

Fin

Ex N° 2 (P 2008)

1/a) • Le spectre d'émission
• discontinu

b) Non car le spectre d'émission (absorption) est une caractéristique de l'élément (il constitue la carte d'identité de l'élément)

2°/ a) on a $\lambda = c.T = \dfrac{c}{\nu}$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.10^{8}}{589.10^{-9}} = 5{,}09.10^{14}\ Hz$$

• $\Delta E = h.\nu = 6{,}62.10^{-34}.5{,}09.10^{14}$

$$\Delta E = h.\nu = 3{,}37.10^{-19}\ J$$

$$\Delta E = \frac{3{,}37.10^{-19}}{1{,}6.10^{-19}} = 2{,}11\ eV$$

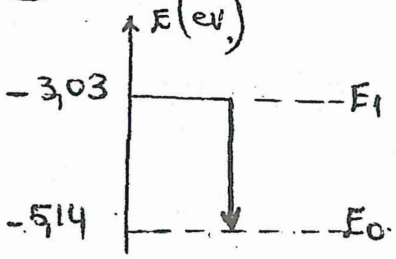
b/ cette transition correspond à une Energie $\Delta E = E_n - E_0$ / $n = 5, 4, 3, 2, 1$

$E_n = \Delta E + E_0$

$E_n = 2{,}11 + (-5{,}14)$

$E_n = -3{,}03\ eV = E_1$

donc il s'agit d'un ~~chaut~~ du niveau d'énergie E_1 au niveau E_0.



3°/ • $\Delta E = E_n - E_0$

* $\Delta E = 3{,}62\ eV \Leftrightarrow E_n = 3{,}62 + (-5{,}14)$
$= -1{,}52\ eV$ d'où $E_n = E_3$.

* $\Delta E' = 4\ eV \Leftrightarrow E_n = 4 + (-5{,}14) = -1{,}14\ eV$ d'où E_n ne correspond à aucun niveau d'énergie ⇒ Energie n'est pas absorbée.

Donc c'est seulement $\Delta E = 3{,}62\ eV$ qui convient

⇒ L'état excité est caractérisé par le niveau d'énergie E_3.

EX N°3 (P2009-2012)

1°/a) L'état fondamental d'un atome est l'état le plus stable, correspondant au niveau d'énergie le plus bas.

b) $E_n = -\dfrac{13,6}{n^2}$

pour l'état fondamental $n=1 \Rightarrow E = -13,6\ eV$

2°) pour le niveau P $E_p = -\dfrac{13,6}{p^2}$

pour le niveau Q $E_q = -\dfrac{13,6}{q^2}$

or $q > p$ d'où $-\dfrac{13,6}{q^2} > -\dfrac{13,6}{p^2} \Rightarrow E_q > E_p$

donc au cours d'une telle transition il y a perte d'énergie, celle ci est libérée par l'atome sous forme de rayonnement.

3)a) $W = E_q - E_p = \dfrac{hc}{\lambda}$

$-\dfrac{13,6}{q^2} + \dfrac{13,6}{4} = \dfrac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \dfrac{hc}{13,6_{eV}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{q^2}\right)} = \dfrac{6,62.10^{-34}.3.10^{8}.4}{13,6\times1,6.10^{-19}\left(1-\frac{4}{q^2}\right)}$

$\lambda = \dfrac{0,365.10^{-6}}{1-4/q^2} \Rightarrow \lambda = \dfrac{0,365}{1-\frac{4}{q^2}}$ (μ.m) q entier ≥ 3

b) $0,4\mu m \leq \lambda \leq 0,75\mu.m$

$0,4 \leq \dfrac{0,365}{1-4/q^2} \leq 0,75$

$\dfrac{0,365}{0,75} \leq 1-\dfrac{4}{q^2} \leq \dfrac{0,365}{0,4}$

$\dfrac{0,365}{0,75} - 1 \leq -\dfrac{4}{q^2} \leq \dfrac{0,365}{0,4} - 1 \Leftrightarrow \dfrac{\frac{0,365}{0,75}-1}{4} \geq \dfrac{1}{q^2} \geq \dfrac{\frac{0,365}{0,4}-1}{4}$

$\dfrac{4}{\frac{0,365}{0,4}-1} \leq q^2 \leq \dfrac{4}{\frac{0,365}{0,75}-1}$ or $q>0$

$$\frac{2}{\sqrt{\frac{0{,}365}{0{,}4}-1}} \leq q \leq \frac{2}{\sqrt{\frac{0{,}365}{0{,}75}-1}} \Rightarrow 3 \leq q \leq 6$$

$q \in \{3,4,5,6\}$ par suite le spectre d'emission de l'atome d'hydrogène dans le visible est composé de quatres raies

4°) a) $\lambda = \lambda_c$ donc l'atome H est capable d'absorber cette radiation monochromatique.

b) on a $\lambda = \dfrac{0{,}365}{1 - 4/q^2} \Leftrightarrow 1 - \dfrac{4}{q^2} = \dfrac{0{,}365}{\lambda}$

$\dfrac{4}{q^2} = \dfrac{1-0{,}365}{\lambda} \Rightarrow q = \dfrac{2}{\sqrt{\dfrac{1-0{,}365}{\lambda}}}$ pour $\lambda = 0{,}434\,\mu m$ on trouve $q = 5$.

5°) on a $E_n - E_1 = \dfrac{hc}{\lambda} = 2{,}38\,eV$

$+13{,}6 - \dfrac{13{,}6}{n^2} = 2{,}38\,eV$

$\dfrac{13{,}6}{n^2} = -2{,}38 + 13{,}6 \Leftrightarrow n = \sqrt{\dfrac{13{,}6}{-2{,}38+13{,}6}} = 1{,}1$

n : n'est pas entier, donc cette radiation ne peut pas être absorber.

Fin

Ex 4 (P Math 2012)

1°) a) W_2 $E_n - E_2$

$$\frac{h.c}{\lambda} = -\frac{13,6}{n^2} + \frac{13,6}{4} = 13,6\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\lambda = \frac{h.c}{13,6\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)} = \frac{h.c}{13,6\left(\frac{n^2-4}{4n^2}\right)}$$

$$\lambda = \frac{6,62.10^{-34}.3.10^{8}}{13,6\times 1,6.10^{-19}}\left(\frac{4n^2}{n^2-4}\right)$$

$$\lambda = 365,07.10^{-9}\left(\frac{n^2}{n^2-4}\right)$$

$$\lambda = 365,07.\frac{n^2}{n^2-4}\ (nm)$$

b)

$$410,70 \leq \lambda \leq 657,12 \Rightarrow \frac{410,70}{365,07} \leq \frac{n^2}{n^2-4} \leq \frac{657,12}{365,07}$$

$$\frac{410,70}{365,07} \leq \frac{1}{1-\frac{4}{n^2}} \leq \frac{657,12}{365,07}$$

$$\frac{365,07}{657,12} \leq 1-\frac{4}{n^2} \leq \frac{365,07}{410,70} \Leftrightarrow \frac{365,07}{657,12}-1 \leq \frac{-4}{n^2} \leq \frac{365,07}{410,70}-1$$

$$-\frac{1}{4}\left(\frac{365,07}{410,70}-1\right) \leq \frac{1}{n^2} \leq -\frac{1}{4}\left(\frac{365,07}{657,12}-1\right)$$

$$\frac{1}{-\frac{1}{4}\left(\frac{365,07}{657,12}-1\right)} \leq n^2 \leq \frac{1}{-\frac{1}{4}\left(\frac{365,07}{410,70}-1\right)}$$

$$\sqrt{9} \leq n \leq \sqrt{36} \Leftrightarrow 3 \leq n \leq 6$$

$n \in \{3, 4, 5, 6\}$

* $w = \frac{hc}{\lambda}$ pour $\lambda_{max} \Rightarrow w_{min} \Rightarrow n_{min}$

λ_b Correspond à $n = 4$: $\lambda_b = 365{,}07 \cdot \frac{16}{12} = 486{,}76\ nm$

λ_e correspond à $n = 5$: $\lambda_e = 365{,}07 \cdot \frac{25}{21} = 434{,}60\ nm$

2°) a) $w = E_2 - E_1$

$$\frac{hc}{\lambda_f} = -\frac{13{,}6}{4} + 13{,}6 \Leftrightarrow \lambda_f = \frac{hc}{13{,}6\left(1 - \frac{1}{4}\right)}$$

$$\lambda_f = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{13{,}6 \times 1{,}6 \cdot 10^{-19}\left(1 - \frac{1}{4}\right)} = 121{,}69 \cdot 10^{-9}\ m$$

b) $\lambda_f = 121{,}69\ nm \notin [400\ nm - 750\ nm]$

donc cette radiation n'est pas visible.

3°) $E = E_n - E_1$

$E_n = E + E_1$ avec E_n : energie du niveau excité

$$\frac{-13{,}6}{n^2} = E + E_1 \Leftrightarrow n = \sqrt{\frac{-13{,}6}{E + E_1}}$$

$\underline{CAN}$ $n = \sqrt{\frac{-13{,}6}{2{,}38 - 13{,}6}} = 1{,}1 \notin \mathbb{N}^*$

donc L'atome d'hydrogène ne peut pas absorber cette photon

Fin

Ex5 (C_2011)

1°/. transition

2°/. $n > m$: on observe un spectre d'emission formé de raies colorés.

. $n < m$: on observe un spectre d'absorption formé de raies noires.

3°/ $E_1 = -13,6$ eV

4°/ L'energie d'ionisation E_i d'un atome c'est l'energie minimale qu'il faut fournir à L'atome, pris dans son état fondamental pour lui arracher un électron.

* $E_i = E_\infty - E_1 = 0 + 13,6 = 13,6$ eV

5°/* a) $W = h\nu = \frac{hC}{\lambda}$

$$= \frac{6,62.10^{-34} . 3.10^{8}}{\lambda(m) . 1,6.10^{-19}}$$

$$= \frac{1241.10^{-9}}{\lambda(m)} \text{ ev}$$

$$W = \frac{1241}{\lambda(nm)} \text{ ev}$$

b)

λ (nm)	410,2	434,1	486,1	656,3
W (ev)	3,03	2,86	2,55	1,89

or $W = E_n - E_2$

$E_n = W + E_2$

$= W + (-3,40)$

λ (nm)	410,2	434,1	486,1	656,3
E_n (ev)	−0,38	−0,54	−0,85	−1,51
Niveau n	6	5	4	3

6°/a). $n = 1 \longrightarrow n = 3$

$W_{1,3} = E_3 - E_1$

$= -1,51 + 13,6 = 12,09$ eV

• $n = 1 \longrightarrow n = 4$

$W_{1,4} = E_4 - E_1$

$= -0,85 + 13,6$

$= 12,75$ eV

b)

$W_{1,3} < 12,3 \text{ eV} < W_{1,4}$

doù L'atome H ne peut absorber cette énergie

Fin

La Radioactivité

EXN°1

1) a)

$$\Delta m = (Zm_p + (A-Z)m_n - m)$$

b) $\Delta m = Zm_p + Am_n - Zm_n - m$

$$Z(m_p - m_n) = \Delta m + m - Am_n$$

$$Z = \frac{\Delta m + m - Am_n}{m_p - m_n}$$

$$Z = \frac{1,881 + 225,977 - 226 \cdot 1,009}{1,007 - 1,009}$$

$Z = 88$

2°/ $\underset{(J)}{E_\ell} = \underset{kg}{\Delta m} \cdot \underset{(m s^{-1})^2}{c^2}$

3°) a)

L'energie de liaison c'est l'energie qu'il fournir à un noyau pour liberer ces nucleons.

$$E_\ell = \Delta m \cdot c^2$$
$$= 3,04 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$
$$= 2,736 \cdot 10^{-10}\ J$$

c/ $E_\ell = ?$

$1\ MeV = 1,6 \cdot 10^{-13}\ J$

$$E_\ell = \frac{2,736 \cdot 10^{-10}}{1,6 \cdot 10^{-13}}$$

$E_\ell = 1,71 \cdot 10^3\ MeV$

d/ $E_\ell/_{nucléon}(Rn) = \frac{1,71 \cdot 10^3}{222} = 7,7\ MeV$

4°) $E_\ell/_{nucléon}(Ra) = \frac{1,881 \cdot 931,5\ \frac{MeV}{c^2} \cdot c^2}{226}$

$= 7,75\ MeV$

ona $E_\ell/_{nucléon}(Ra) > E_\ell/_{nucléon}(Rn)$

donc Ra est plus stable que Rn

5°) a)

$$E = \Delta m \cdot c^2$$
$$= (m(Ra) - m(Rn) - m\alpha) \cdot c^2$$

b) $E = (225,977 - 221,970 - 4,001) \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$

$= 8,96 \cdot 10^{-13}\ J$

$E = 5,6\ MeV$

6°) $\frac{N(Rn)_{rest}}{N_0(Rn)} \times 100 = 12,5\ \%$

ona $N(Rn)(rest) = N_0\, e^{-\lambda \cdot t}$

$$\frac{N(Rn)_{rest}}{N_0} = e^{-\frac{Ln2}{T} \cdot t}$$

$$= e^{-\frac{Ln2}{3,8} \cdot 11,4}$$

$$= 0,125$$

d'où $\frac{N(Rn)_{rest}}{N_0} \cdot 100 = 12,5\ \%$

Fin

Ex N°2 (Principale 98)

1°/ $^{14}_{6}C \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{0}_{-1}e$

L.C.N.M $14 = A + 0 \Rightarrow A = 14$

L.C.N.C $6 = Z - 1 \Rightarrow Z = 7$

$^{14}_{6}C \longrightarrow ^{14}_{7}X + ^{0}_{-1}e$

$^{14}_{7}X = ^{14}_{7}N$

2°/ L'activité $A(t)$ d'une substance radioactive représente le nombre de désintégration par unité de temps.

* Son unité dans SI est le Béquerel.

* $A(t) = -\frac{dN}{dt}$ or $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$\Rightarrow A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$

$A = \lambda N$ or $A_0 = \lambda N_0$

d'où $A(t) = A_0 e^{-\lambda . t}$

or $\lambda = \frac{Ln 2}{\lambda}$

$\Rightarrow A(t) = A_0 e^{-\frac{Ln2}{T}.t}$

3°). A la date $t = 0$ s de la fabrication de la barque, l'activité du morceau de bois était

$A_0 = 1720$ des/min

. A la date t_1 où la barque a été retrouvée (t_1 age de la barque) l'activité du même morceau de bois est $A_1 = 1307$ des/min

$A_1 = A_0 e^{-\frac{Ln2}{T}.t_1}$

$\frac{A_1}{A_0} = e^{-\frac{Ln2}{T}.t_1}$

$-\frac{Ln 2}{T}.t_1 = Ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right)$

$t_1 = \frac{Ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right)}{-\frac{Ln 2}{T}}$

$t_1 = -T . \frac{Ln\left(\frac{A_1}{A_0}\right)}{Ln 2}$

$t_1 = -5570 . \frac{Ln\left(\frac{1307}{1720}\right)}{Ln 2}$

$t_1 = 2207$ ans

Fin

EX N°3

1) a) Loi de conservation du nbre de masse

$4 + 27 = 30 + A \Rightarrow A = 1$

Loi de conservation du nbre de charge.

$2 + 13 = 15 + Z \Rightarrow Z = 0$

$\Rightarrow {}^{1}_{0}X = {}^{1}_{0}n$: neutron

b) il s'agit d'une réaction provoquée car il s'agit de bombardement d'un noyau par un autre noyau.

c) $W = \Delta m \cdot c^2$

$= (m_P + m_X - m(He) - m_{Al}) c^2$

$= (29,9701 + 1,0086 - 4,0015 - 26,9744) \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$

$= 4,16 \cdot 10^{-13}$ J

$W = \dfrac{4,16 \cdot 10^{-13}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 26$ MeV

2) ${}^{30}_{15}P$ $\begin{cases} 15 \text{ protons} \\ 15 \text{ neutrons} \end{cases}$

${}^{30}_{14}Si$ $\begin{cases} 14 \text{ protons} \\ 16 \text{ neutrons} \end{cases}$

par analyse du noyau et fils on constate que le nbre de protons diminue de 1 et le nbre de neutrons augmente de 1. c à d il y a transformation dans le noyau d'un proton en un neutron et un positon

${}^{1}_{1}P \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$

3) a) c'est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pour libérer ses nucléons.

b) $E_l({}^{30}_{15}P) = \Delta m \cdot c^2$

$= \dfrac{0,2617 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} (3 \cdot 10^8)^2}{1,6 \cdot 10^{-13}}$

$= 244,36$ MeV

c) pour même A le noyau qui possède l'énergie de liaison la plus élevée est le plus stable.

d) $E_l(Si) > E_l(P)$

d'où (Si) est plus stable que (P)

Fin

Ex N° 4 (P2007)

1°/a) Loi de conservation du nbre de masse
Loi de conservation du nbre de charge

b) $^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}Po$

LCNM : $222 = 4 + A \Leftrightarrow A = 218$
LCNC $86 = 2 + Z \Leftrightarrow Z = 84$

$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{218}_{84}Po$

2°) a) La période radioactive d'un radioélément est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présent se désintègrent.

b) on a $N = N_0 e^{-\lambda t}$

à t_1 on a $N_1 = \frac{N_0}{4}$ (Courbe)

$\frac{N_0}{4} = N_0 e^{-\lambda . t_1} \Leftrightarrow -\lambda . t_1 = -\ln 4$

$\frac{\ln 2}{T} . t_1 = \ln 4.$

$t_1 = \frac{\ln 4}{\ln 2} . T \Leftrightarrow t_1 = 2T$

c/ $N_2 = N_0 e^{-\lambda . t_2}$

$e^{-\lambda t_2} = \frac{N_2}{N_0} \Leftrightarrow -\lambda t_2 = \ln \frac{N_2}{N_0}$ or $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

$\frac{\ln 2}{T} = \frac{-\ln \frac{N_2}{N_0}}{t_2} \Leftrightarrow T = \frac{-\ln 2 . t_2}{\ln\left(\frac{N_2}{N_0}\right)}$

$T = 5,5 . 10^3$ min

d) $${}^{226}_{86}Rn \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{218}_{84}Po$$

à $t=0$	N_0	0	0	noyaux
à t_1	$N_0 - x$	x	x	noyaux

$N(Po)_{formé} = N(Rn)_{réagit}$

$= N(Rn)_{initial} - (Rn)_{non\ désintégré}$

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

$= N_0 (1 - e^{-\lambda . t})$

$= 287 . 10^{20} \left(1 - e^{-\frac{Ln2}{T} . 3T}\right)$

$N(Po)_{formé} = 251,1 \, 10^{22}$ noyau

Fin

Ex N°5 Contrôle 2009

1°) a) Loi de conservation du nbre de masse

$^{108}_{47}Ag \longrightarrow ^{108}_{48}Cd + ^{A}_{Z}X$

$\begin{cases} Z=47 \\ N=61 \end{cases}$ $\begin{cases} Z=48 \\ N=60 \end{cases}$

$108 = 108 + A \Rightarrow A = 0$

Loi de conservation du nbre de charge.

$47 = 48 + Z \Rightarrow Z = -1$

donc la particule x emise est un électron $^{0}_{-1}e$

b) il s'agit d'une désintegration β^-. Donc c'est une réaction nucleaire spontanée.

c/ L'électron émis resulte de la transformation à l'interieur du noyau $^{108}_{47}Ag$ d'un neutron et un proton selon l'equation

$$^{1}_{0}n \longrightarrow ^{1}_{1}p + ^{0}_{-1}e$$

2°) a) $A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \text{Log} A = \text{Log} A_0 - \lambda . t = a.t + b$

Eq d'une droite affine de pente négative $(-\lambda)$; ce qui explique L'allure de la courbe representant $\text{Log} A = f(t)$

b) La période T d'une substance radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présent se desintegrent.

• à $t = 0$ on a $N = N_0 \Rightarrow A = A_0$

à $t = T$ on a $N = \frac{N_0}{2} \Rightarrow A = \frac{A_0}{2}$

$\frac{\cancel{A_0}}{2} = \cancel{A_0} e^{-\lambda T} \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$

c/ coef directeur $= -\lambda = -0{,}33 \text{ min}^{-1}$

$\lambda = 0{,}33 \text{ min}^{-1} = \frac{0{,}33}{60} = 5{,}5 . 10^{-3} s^{-1}$

d'ap b/ on trouve $T = 2\,min$.

3/ graphiquement $\ln A_0 = 4,5$

$$A_0 = e^{4,5} = 90\,Bq.$$

on a $A_0 = \lambda N_0$

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{90}{5,5\,10^{-3}} \simeq 16,4 \cdot 10^{3}$$ noyaux

Fin

EX N°6

1°) a) Réaction nucléaire spontanée

b) (particule émise)

$^{211}_{85}At \longrightarrow ^{207}_{83}Bi + ^{a}_{b}X$ (1)

Loi de conservation du nbre de masse

$211 = 207 + A \Rightarrow a = 4$

Loi de conservation du nbre de charge

$85 = 83 + b \Rightarrow b = 2$

$\Rightarrow ^{4}_{2}X = ^{4}_{2}He$

c/ $^{211}_{85}At \longrightarrow ^{207}_{83}Bi + ^{4}_{2}He$

2°) a) $\Delta m = |m(Bi) + m(X) - m(At)|$

$\Delta m = |206,93355 + 4,00151 - 210,94112|$

$\Delta m = 6,46 \cdot 10^{-3}\ U$

b) cette masse est transformée sous forme d'énergie (d'après la relation masse énergie d'Einstein)

c/ • $W = \Delta m \cdot c^2$

$= 6,46 \cdot 10^{-3} \times 931,5 \cdot \frac{MeV}{c^2} \cdot c^2$

$= 6,01749\ MeV$

• $W = 6,01749 \times 1,6 \cdot 10^{-13}$

$= 9,627\ 10^{-13}\ J$

3°) a) soit

• N_0 : nbre d'astate non désintégré à $t = 0$

• N : nbre d'astate présent à t.

$\Rightarrow dN = -\lambda N . dt$

$\int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt$

$Ln N = -\lambda . t + cte$

à $t = 0 \Rightarrow Ln N_0 = cte$

$\Rightarrow Ln N = -\lambda t + Ln N_0$

$Ln N - Ln N_0 = -\lambda t$

$Ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

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

b) c'est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présent se désintègre.

c/ pour $N = \frac{N_0}{2} = 1 . 10^{22}$ noyaux

on a $t = T$

courbe $T = \frac{14,14}{2} = 7,07\ h$

d/ $\lambda = \frac{Ln 2}{T} = \frac{Ln 2}{7,07} = 9,8 . 10^{-2}\ h^{-1}$

e/ D'après l'équation de désintégration (1):

$N(^4_2X)_{émise} = N(At)$ désintégré

$= N_0 - N(At)$ restant

$= N_0(1 - e^{-\lambda t})$

$= 2 . 10^{22}(1 - e^{-9,8 \cdot 10^{-2} \cdot 10})$

$= 1,25 . 10^{22}$ noyau

Fin