 Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 10
RADIOACTIVITE

RAPPEL DU COURS

I/ Le noyau atomique :

1°) Equivalence masse-énergie :

Soit la transformation $\underbrace{X + Y}_{m_i} \longrightarrow \underbrace{Z + T}_{m_f}$

1er cas : $(m_X + m_Y) > (m_Z + m_T)$

$m \searrow \Rightarrow$ masse $\xrightarrow{\text{transformée en}}$ énergie **libérée** .

2ème cas : $(m_X + m_Y) < (m_Z + m_T)$

$m \nearrow \Rightarrow$ énergie **consommée** $\xrightarrow{\text{transformée en}}$ masse .

$$\boxed{|W| = |\Delta m|.c^2 = |m_i - m_f|.c^2 = |m_f - m_i|.c^2}$$

défaut de masse

2°) Energie de liaison :

C'est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pour séparer ses différents nucléons . Elle est donnée par :

$$\boxed{E_\ell = [\, Z.m_p + (A - Z).m_n - m_X \,].c^2}$$

3°) Energie de liaison par nucléon :

$$\boxed{E = \frac{E_\ell}{A} = \frac{[Z.m_p + (A - Z).m_n - m_X].c^2}{A}}$$

De deux noyaux , celui qui a l'énergie de liaison par nucléon la plus grande est le plus stable .

II/ Réactions nucléaires spontanées :

1°) Lois de conservation :

Lors de toute désintégration nucléaire , il y'a ;

- ✷ Conservation du nombre total de charges **Z** .
- ✷ Conservation du nombre total de masses A .
- ✷ Conservation de l'énergie .

2°) Equations des réactions nucléaires spontanées :

a) La radioactivité α :

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He}$$

b) La radioactivité β⁻ :

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e}$$

Mécanisme : ${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e$ émission

SERIE DE PHYSIQUE N° 10

RADIOACTIVITE

c) La radioactivité β^+ :

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e}$$

Mécanisme : ${}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$ émission

d) La désexcitation γ :

La désexcitation γ accompagne souvent les radioactivités α et β .
Le noyau fils **Y** peut être formé dans un état excité (instable) et se relaxer en émettant un photon γ .
Le retour à l'état fondamental du noyau excité $\mathbf{Y}^*$ se traduit par l'équation bilan :

$${}^{A}_{Z}Y^* \longrightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{0}_{0}\gamma$$

état excité (**instable**) → état fondamental (**stable**)

3°) Loi de décroissance d'une substance radioactive :

a) Loi de décroissance radioactive :

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

★$\mathbf{N_0}$: nombre de noyaux présents à l'instant t = 0 .
★**N** : nombre de noyaux présents à un instant t > 0 (non désintégrés).
★$\boldsymbol{\lambda}$: constante radioactive (exprimée en (unité de temps)$^{-1}$).

b) Période radioactive ou demi-vie :

C'est la durée **T** nécessaire pour que le nombre de noyaux initialement présents dans l'échantillon radioactif diminue de moitié :

Donc pour t = T ; $N = \frac{N_0}{2} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0.e^{-\lambda T} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \Rightarrow -Ln2 = -\lambda.T$ soit $\boxed{T = \frac{Ln2}{\lambda}}$

c) Activité d'une source radioactive :

C'est le nombre de désintégrations produites par une sources radioactive pendant une seconde , elle est notée **A** et est exprimée en Becquerel (Bq) .

$$\boxed{A = A_0.e^{-\lambda t}}$$

★ $\mathbf{A_0 = \lambda.N_0}$: activité à l'instant t = 0 .
★ $\mathbf{A = \lambda.N}$: activité à un instant t > 0 .

III/ Réactions nucléaires provoquées :

1°) La fission :

C'est une réaction au cours de laquelle un noyau lourd est bombardé par un neutron ${}^{1}_{0}n$ pour donner deux noyaux mi-lourds ${}^{A_1}_{Z_1}X_1$ et ${}^{A_2}_{Z_2}X_2$ avec libération de k neutrons selon l'équation suivante :

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + k\,{}^{1}_{0}n}$$

2°) La fusion :

C'est une réaction nucléaire au cours de laquelle des noyaux très légers fusionnent pour donner un noyau un peu plus lourd et éventuellement émission d'une autre particule .

SERIE DE PHYSIQUE N° 10
RADIOACTIVITE

EXERCICE 1 (Bac 2006 ancien régime)

En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie ont découvert la radioactivité artificielle en bombardant des noyaux d'aluminium par des particules α (${}^{4}_{2}He$). Il se forme alors du phosphore radioactif ${}^{30}_{15}P$ selon l'équation : ${}^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}Al \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{b}_{a}x$.

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 ?

2°) Le phosphore ${}^{30}_{15}P$ se désintègre à son tour en silicium Si avec émission d'une particule β^+ (${}^{0}_{+1}e$) 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 . Ecrire l'équation correspondante .

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

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

b) 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 ?

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

On donne :

1u = $1{,}66.10^{-27}$ kg ; 1Mev = $1{,}6.10^{-13}$ J et la célérité de la lumière : c = 3.10^{8} m.s^{-1} .

particule	proton	neutron	électron	Positon (β^+)
symbole	${}^{1}_{1}p$	${}^{1}_{0}n$	${}^{0}_{-1}e$	${}^{0}_{+1}e$

Rép. Num. : 1°) **a)** Loi de cons. du nbre de masse : b=1 ; loi de cons. du nbre de charge : a=0 ; ${}^{b}_{a}x \equiv {}^{1}_{0}x \equiv {}^{1}_{0}n$: neutron ;

b) Réac. provoquée ; **2°)** ${}^{30}_{15}P \longrightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{1}e$; même nbre de masse A : ${}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$;

3°) **a)** $E_\ell=\Delta m.c^2$=244,36MeV ; **b)** Oui , car $A_{Si}=A_P$=30 ;

c) $E_\ell(Si)$=248,91MeV>$E_\ell(P)$=244,36MeV⇒ ${}^{30}_{14}Si$ est plus stable que ${}^{30}_{15}P$.

EXERCICE 2 (Contrôle 2005 ancien régime)

On rappelle que l'énergie de liaison E_ℓ d'un noyau ${}^{A}_{Z}X$ est donnée par la relation: $E_\ell = \Delta m.c^2$ où le défaut de masse $\Delta m = [\, Z.m_p + (A - Z).m_n \,] - m({}^{A}_{Z}X)$.

1°) Calculer en Mev/c^2 le défaut de masse associé à un noyau de ${}^{56}_{26}Fe$.

En déduire sa masse m(${}^{A}_{Z}X$) en u .

On donne : masse d'un proton m_p = 1,00728 u

masse d'un neutron m_n = 1,00867 u

unité de masse atomique 1u = 931,5 Mev/c^2

énergie de liaison d'un noyau de ${}^{56}_{26}Fe$: E_ℓ (${}^{56}_{26}Fe$) = 492 Mev .

2°) Compléter le tableau de la figure ci-dessous - à remplir par le candidat et à remettre avec la copie .

	${}^{56}_{26}Fe$	${}^{60}_{29}Cu$	${}^{210}_{84}Po$
E_ℓ : énergie de liaison en Mev	492		1648,5
$\frac{E_\ell}{A}$: énergie de liaison par nucléon en Mev/nucléon		8,75	

SERIE DE PHYSIQUE N° 10
RADIOACTIVITE

3°) Comparer la stabilité des trois noyaux indiqués dans ce tableau .

Rép. Num. : **1°)** $\Delta m = \frac{E_\ell(^{56}_{26}Fe)}{c^2}$ =492Mev.c^{-2} ; m($^{56}_{26}Fe$)=55,92119u ; **2°)** $\frac{E_\ell}{A}$ ($^{210}_{84}Po$)=7,85Mev/nucléon ;

E_ℓ($^{60}_{29}Cu$)=525Mev ; $\frac{E_\ell}{A}$ ($^{56}_{26}Fe$)=8,78Mev/nucléon ; $\Delta E = W = \Delta m.c^2$=2,6Mev

EXERCICE 3 (Bac 2000 ancien régime)

Le noyau du Polonium $^{210}_{84}Po$ se désintègre en un noyau de Plomb $^{A}_{Z}Pb$ avec émission d'une particule α de symbole $^{4}_{2}He$.

1°) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration , en précisant les valeurs de A et de Z et les lois de conservation utilisées .

2°) On donne le tableau suivant :

Nucléide	$^{210}_{84}Po$	$^{A}_{Z}Pb$	$^{4}_{2}He$
Masse d'un noyau en (u)	209,9368	205,9295	4,0015

1u = 931,5 MeV.c^{-2} ; c =3.10^{8} m.s^{-1} .

a) Déterminer la variation de masse Δm qui accompagne la réaction de désintégration .

b) Préciser , en le justifiant , si cette réaction libère ou consomme de l'énergie . Calculer cette énergie en Mev .

Rép. Num. : **1°)** $^{210}_{84}Po \longrightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$;
2°) a) Δm=-0,0058u ; **b)** $\Delta m<0 \Rightarrow$ énergie libérée ; $|W|=|\Delta m|.c^2$=5,4027Mev .

EXERCICE 4 (Bac 2003 ancien régime)

On donne h = 6,62.10^{-34} J.s 1 Mev = 1,6.10^{-13} J

L'isotope $^{226}_{88}Ra$ du radium est radioactif . Il se désintègre spontanément en un noyau $^{A}_{Z}X$ avec émission d'une particule α .

1°) a) Ecrire l'équation de cette réaction de désintégration en précisant les valeurs de A et Z .

b) Identifier le noyau X formé en se référant au tableau suivant :

élément	Rn	Ac	Th	Pa
Z	86	89	90	91

2°) L'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radium $^{226}_{88}Ra$ est égale à 4,9369 Mev .
Sachant que cette énergie libérée se répartit sous forme d'énergie cinétique et d'un rayonnement γ et que les mesures expérimentales ont donné respectivement pour α et X les valeurs suivantes des énergies cinétiques : E_{C_α} = 4,2999 Mev , E_{C_X} = 0,0780 Mev .
En déduire la valeur de la fréquence de ce rayonnement γ .

Rép. Num. : **1°) a)** $^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{4}_{2}He$; **b)** $^{A}_{Z}X \equiv ^{222}_{86}Rn$; **2°)** $\nu = \frac{|W| - (E_C(\alpha) + E_C(X))}{h}$ =1,35.10^{20} Hz .

SERIE DE PHYSIQUE N° 10
RADIOACTIVITE

EXERCICE 5 (Bac blanc 1999/2000 ancien régime)

Le noyau de polonium ${}^{210}_{84}Po$ se désintègre spontanément pour donner du plomb avec émission d'une particule α .

1°) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration et identifier le noyau fils Y .

On donne le tableau suivant :

Nombre de charges Z	80	81	82	83	84
Symbole du nucléide	Hg	Tℓ	Pb	Bi	Po

2°) a) Définir l'énergie de liaison d'un noyau ${}^{A}_{Z}X$.

b) Exprimer puis calculer en MeV l'énergie de liaison du noyau Po et du noyau fils Y .

c) Préciser , en le justifiant , lequel de ces deux noyaux est le plus stable .

On donne :

Symbole	Po	Y	neutron	proton
Masse [en unité de masse atomique (u)]	209,9368	205,9368	1,0087	1,0073

Unité de masse atomique : 1u = 931,5 MeV.c^{-2} .

3°) a) Etablir l'expression de l'énergie libérée W au cours de cette transformation en fonction des énergies de liaison des noyaux Po , Y et de la particule α .

b) Montrer que W = -4,29 MeV .

On donne l'énergie de liaison de la particule α : $E_\ell(\alpha)$ = 27,3 MeV .

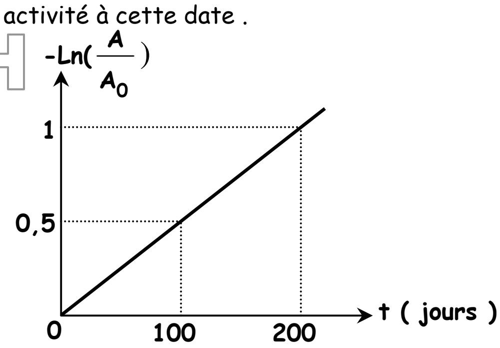
c) Vérifier que la masse de la particule α est m_α = 4,0027 u .

4°) On désigne par N_0 le nombre de noyaux Po présents à la date t = 0 et par A_0 son activité à la même date , N le nombre de noyaux de Po présents à la date t et A son activité à cette date .

a) Définir l'activité A d'un radioélément et rappeler son expression en fonction du temps .

b) Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe $-Ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = f(t)$ représentée ci-contre .

Déterminer , à partir de cette courbe , les valeurs de la constante radioactive λ et de la période radioactive T de Po .



Rép. Num. : 1°) ${}^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$; **2°) a)** $E_\ell(Po)$=1651,18MeV ; $E_\ell(Pb)$=1628,17MeV ;
b) E(Po)=7,86MeV.nucléon^{-1} < E(Pb)=7,90MeV.nucléon^{-1} $\Rightarrow$Pb plus stable que Po ;
3°) b) $W=E_\ell(Po)-E_\ell(\alpha)-E_\ell(Pb)$=-4,29MeV; **c)** $m_\alpha=2.m_P+2.m_n-\frac{E_\ell(\alpha)}{c^2}$ =4,0027u ; **4°) b)** $\lambda=5.10^{-3}j^{-1}$; T=138j .

EXERCICE 6 (Contrôle 96 ancien régime)

L'Astate ${}^{217}_{85}At$ est radioactif émetteur α (${}^{4}_{2}He$) ; il conduit au Bismuth (Bi) .

1°) Ecrire l'équation bilan de la désintégration radioactive correspondante .

2°) Soit N_0 le nombre de noyaux d'Astate contenus dans l'échantillon initial à l'instant t = 0 et N ce nombre à une date ultérieure t .

Montrer que $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$, λ étant la constante radioactive de ${}^{217}_{85}At$.

3°) Calculer la valeur de λ sachant que la période radioactive de ${}^{217}_{85}At$ est 0,032 s .

SERIE DE PHYSIQUE N° 10

RADIOACTIVITE

4°) Calculer le nombre de particules α émises au bout d'une durée égale à 0,16 s à partir d'un échantillon d'Astate de masse initiale m_0 = 1 mg .

La masse d'un noyau $^{217}_{85}At$ est égale à $3,60353.10^{-22}$ g .

Rép. Num. : 1°) $^{217}_{85}At \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{213}_{83}Bi$; 3°) $\lambda = \frac{Log2}{T} = 21,66 s^{-1}$; 4°) $N_0 = \frac{m_0}{m_{noy(At)}} = 2,775.10^{18}$ noyaux ;

pour t=0,16s , $N = N_0(1-e^{-\lambda t}) = 2,688.10^{18}$ noyaux .

EXERCICE 7 (Bac 2004 ancien régime)

Le césium $^{139}_{55}Cs$ se désintègre spontanément pour donner du Baryum Ba avec émission d'un électron .

1°) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire et préciser les lois utilisées .

2°) L'évolution radioactive d'un échantillon de Césium , contenant $N_0 = 5.10^{21}$ noyaux à la date t = 0 , est donnée par la relation $N = N_0.e^{-\lambda t}$ où N est le nombre de noyaux de Césium non désintégrés à une date t > 0 et $\lambda = 1,6.10^{-3}\ s^{-1}$ la constante radioactive caractéristique du $^{139}_{55}Cs$.

a) Définir la période T d'un radioélément .

b) Calculer la valeur de T .

c) Déterminer le nombre de noyaux non désintégrés à la date t = 3T .

Rép. Num. : 1°) a) $^{139}_{55}Cs \longrightarrow ^{139}_{56}Ba + ^{0}_{-1}e$; b) $T = \frac{Log2}{\lambda} = 433,2$ s ; c) $N(t=3T) = 0,625.10^{21}$ noyaux .

EXERCICE 8 (Bac 98 ancien régime)

Le carbone $^{14}_{6}C$ 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 $^{14}_{6}C$ 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 $^{14}_{6}C$ 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 .

Rép. Num. : 1°) $^{14}_{6}C \longrightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e$; 2°) $A(t) = A_0.e^{-\lambda t}$; avec $A_0 = \lambda.N_0$; 3°) $t = -\frac{T}{Ln2}.Ln\frac{A}{A_0} = 2270$ ans .

SERIE DE PHYSIQUE N° 10

RADIOACTIVITE

EXERCICE 9 (Bac 2007 ancien régime)

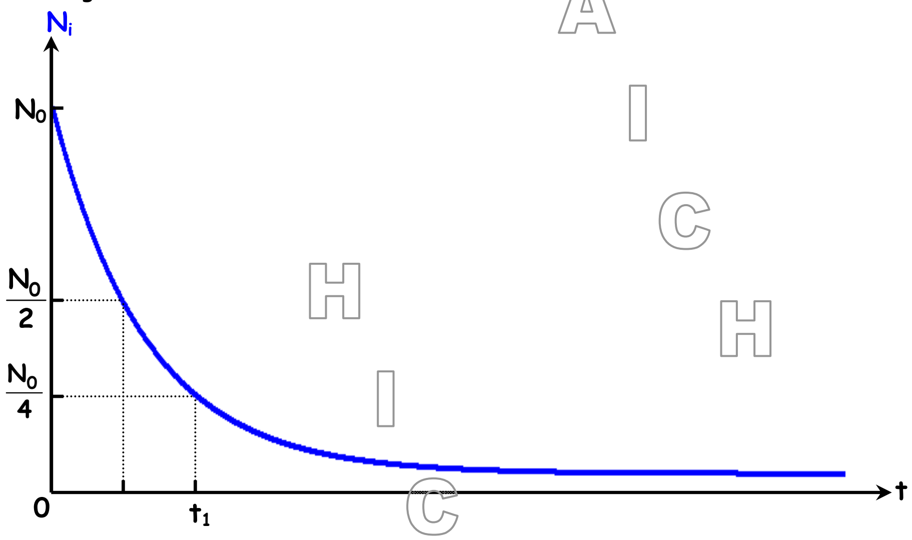
Le radon $^{222}_{86}Rn$ est radioactif . Il émet une particule α (noyau d'hélium $^{4}_{2}He$) et se transforme en polonium $^{A}_{Z}Po$;

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'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 figure ci-dessous .



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

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

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 $N_2 = 71,8.10^{20}$.

Rép. Num. : 1°) **a)** Cons. du nbre de masse , cons. du nbre de charge ; **b)** $^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}He$;

2°) **a)** T: durée nécessaire pour que $N=\frac{N_0}{2}$; **b)** $\frac{N_0}{4}=N_0.e^{-\lambda t_1}$ (avec $\lambda=\frac{Ln2}{T}$) $\Rightarrow t_1=2T$;

c) $T=\frac{Ln2}{Ln\frac{N_0}{N_2}}t_2=5502min$.

EXERCICE 10 (Bac 99 ancien régime)

En 1934 , Frédéric et Irène Joliot Curie bombardent des noyaux d'aluminium $^{27}_{13}A\ell$ par des noyaux d'hélium . Il se produit la réaction nucléaire d'équation :

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

1°) Préciser la nature de la particule $^{A}_{Z}X$.

SERIE DE PHYSIQUE N° 10
RADIOACTIVITE

2°) Calculer en Mev l'énergie consommée par la réaction (1) .
On donne :

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

La célérité de la lumière : $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} .
L'unité de masse atomique : 1 u = $1,66.10^{-27}$ kg .
Un méga électron-volt : 1 Mev = $1.6.10^{-13}$J .

3°) Le phosphore $^{30}_{15}P$ est radioactif β^{+} . Il se désintègre selon la réaction nucléaire d'équation :

$$^{30}_{15}P \longrightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{1}e$$

a) Calculer la période radioactive T du $^{30}_{15}P$.
La constante radioactive du $^{30}_{15}P$ est $\lambda = 46.10^{-4}.s^{-1}$.

b) En t = 0 , on part d'une masse m_0 = 1g de phosphore $^{30}_{15}P$.
Combien en reste-t-il 20 mn plus tard ?

Rép. Num. : 1°) $^{A}_{Z}X : {}^{1}_{0}n$; 2°) $\Delta E=W=\Delta m.c^2=2,6$Mev ; 3°) a) $T=\frac{Ln2}{\lambda}=150s$; b) $m=m_0.\, e^{-\lambda t}=4.10^{-3}g$.

EXERCICE 11 (Bac 94 modifié ancien régime)

Le radium $^{226}_{88}Ra$ se désintègre en émettant une particule α et en produisant un noyau $^{A}_{Z}X$ dans son état fondamental .

1°) a) Ecrire l'équation donnant le bilan de la désintégration .

b) Identifier le noyau $^{A}_{Z}X$. Expliciter les règles appliquées .

On donne :

Nom	Polonium	Astate	Radon	Thorium
Symbole	Po	At	Rn	Th
Numéro atomique	84	85	86	90

2°) Le noyau $^{A}_{Z}X$ est également radioactif .

On désire déterminer la période radioactive de ce nucléide . A une date t = 0 , on dispose d'un échantillon contenant N_0 noyaux du nucléide ; à la date t , ce nombre devient N . On obtient le tableau de mesures suivant :

t (heures)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Ln N	6,90	6,75	6,60	6,45	6,30	6,15	6,00	5,85	5,70	5,55	5,40

a) Tracer, sur une feuille de papier millimétré , la courbe représentative de Ln N en fonction du temps . On prendra pour échelle :
- 10 mm pour 10 heures en abscisses . - 50 mm pour 1 unité en ordonnées .

b) Déduire de la courbe obtenue l'expression de la loi de décroissance radioactive .

c) Déterminer la période radioactive T en jours du nucléide $^{A}_{Z}X$.

3°) En supposant que l'énergie libérée par la désintégration se retrouve en totalité sous forme d'énergie cinétique , calculer la vitesse de la particule α sachant que l'énergie libérée vaut 4,5 Mev .
On suppose que le rapport de l'énergie cinétique du noyau formé et de l'énergie cinétique de la particule α émise est égal à l'inverse du rapport de leurs masses .

4°) En réalité , le phénomène de désintégration est accompagné de l'émission d'une radiation lumineuse de longueur d'onde $\lambda = 2,5.10^{-11}$ m .

a) Interpréter ce phénomène .

b) Calculer la valeur exacte de l'énergie cinétique de la particule α dans ce cas .

On donne : - masse du noyau d'hélium = 4,0015 u ; $c = 3.10^8 m.s^{-1}$

- masse du noyau de radon = 221,9771 u ; $h = 6{,}63.10^{-34}$ J.s

- 1 u = $1{,}67.10^{-27}$ kg . 1eV = $1{,}6.10^{-19}$ J .

Rép. Num. : 1°) a) $^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$; b) $^{A}_{Z}X$: $^{222}_{86}Rn$; 2°) b) Log N=$-7{,}5.10^{-3}t+6{,}9$; c) T=92,4h=3,85j ;

3°) a) $\dfrac{E_C(X)}{E_C(\alpha)}=0{,}018 \Rightarrow E_C(X) \ll E_C(\alpha)$; 4°) $E_C(\alpha)=\dfrac{|W|}{1+\dfrac{m(\alpha)}{m(X)}}=\dfrac{1}{2}mV_\alpha^2$ soit $V_\alpha=1{,}47.10^7 m.s^{-1}$;

5°) a) Désexcitation γ ; b) $E_C'(\alpha)=\dfrac{|W|-\dfrac{h.c}{\lambda}}{1+\dfrac{m(\alpha)}{m(X)}}=6{,}99.10^{-13}$J .

EXERCICE 12 (Bac 89 modifié ancien régime)

Le noyau de polonium $^{210}_{84}Po$ se désintègre spontanément pour donner du plomb avec émission d'une particule α .

1°) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration .

2°) Avant sa désintégration , le noyau de polonium est supposé au repos dans le repère lié au laboratoire .

En admettant :

- que le rapport de l'énergie cinétique du noyau formé et de l'énergie cinétique de la particule α émise est égal à l'inverse du rapport de leurs masses ,
- que toute l'énergie W libérée au cours de la réaction de désintégration est communiquée aux noyaux de plomb et d'hélium sous forme d'énergie cinétique ,

a) Exprimer W en fonction de l'énergie cinétique E_C de la particule α et des masses m_α et m_{Pb} des noyaux d'hélium et de plomb .

Calculer la valeur de W sachant que la particule α est émise avec une vitesse de norme $\|\vec{V}_\alpha\| = 1{,}4.10^7 m.s^{-1}$.

b) Déterminer la masse du noyau de polonium .

On donne : masse de la particule α : $m_\alpha = 6{,}64.10^{-27}$ kg ,

masse du noyau de plomb : $m_{Pb} = 341{,}8.10^{-27}$ kg ,

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 m.s^{-1}$.

Rép. Num. : 1°) $^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$;

2°) a) $W=E_{C\alpha}.(1+\dfrac{m_\alpha}{m_{Pb}})=6{,}63.10^{-13}$J ; b) $m_{Po}=m_{Pb}+m_\alpha-\dfrac{W}{c^2}=348{,}447.10^{-27}$kg .

EXERCICE 13 (Bac 90 modifié ancien régime)

Une réaction de fusion nucléaire réalisée en laboratoire consiste en l'union de deux noyaux de deutérium $^{2}_{1}H$.

1°) Ecrire l'équation de la réaction sachant qu'il se forme l'isotope $^{3}_{2}He$ de l'hélium et une particule X que l'on identifiera .

2°) Déterminer en Mev l'énergie W fournie par cette réaction .

SERIE DE PHYSIQUE N° 10
RADIOACTIVITE

3°) En supposant que $\frac{E_C({}^{3}_{2}He)}{E_C(X)} = \frac{m(X)}{m({}^{3}_{2}He)}$, déterminer l'énergie cinétique $E_C(X)$ de la particule X formée .

On donne : masse du noyau de deutérium ${}^{2}_{1}H$ = 2,01355 u.m.a.
masse du noyau d'hélium ${}^{3}_{2}He$ = 3,01492 u.m.a.
masse de la particule X = 1,00866 u.m.a.
unité de masse atomique u.m.a. = $1,661.10^{-27}$ kg
célérité de la lumière dans le vide c = 3.10^{8} m.s^{-1}
1 électron-volt = $1,6.\ 10^{-19}$ joule .

Rép. Num. : 1°) ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n$; 2°) $W=[m({}^{3}_{2}He)+m({}^{1}_{0}n)-2.m({}^{2}_{1}H)].c^2=-3,28Mev$;

3°) $E_C(n)=\dfrac{|W|}{1+\dfrac{m(n)}{m({}^{3}_{2}He)}}=2,46MeV$.

EXERCICE 15 (Bac 2008 nouveau régime)

ETUDE D'UN DOCUMENT SCIENTIFIQUE
L'accident de Tchernobyl

L'accident de la centrale thermonucléaire de Tchernobyl en Ukraine , survenu le 26 Avril 1986 suite à l'explosion d'un réacteur , a rendu la réaction de fission qui s'y produit hors contrôle . Un énorme incendie détruit le site et une haute radiation contamine rapidement la zone dans un rayon d'une trentaine de kilomètres . La formation , entre autres , d'iode ${}^{131}_{53}I$ qui est émetteur β^- , augmente la radioactivité dans le milieu environnant . Ceci entraîne pour les citoyens , en plus de l'exposition aux radiations , l'absorption d'air pollué , la consommation d'aliments contaminés . . .

La présence de l'iode 131 dans le lait est un bon indicateur de pollution radioactive . En temps normal , cet aliment n'en contient pas . Après l'accident , on a pu mesurer , à l'aide d'un compteur Geiger-Muller , dans un échantillon de lait , une activité radioactive importante .

Questions :

1°) De quel type de réaction nucléaire s'agit-il dans le réacteur qui a explosé dans la centrale thermonucléaire de Tchernobyl ?
2°) Relever du texte , une phrase qui montre que ce réacteur produit des noyaux radioactifs .
3°) Enumérer trois dangers subis par les citoyens suite à l'accident de Tchernobyl .

Rép. Num. : 1°) Fission ; 2°) ‘‘ La formation , entre autres , … environnant ‘’ ;
3°) Exposition des radiations , absorption d'air pollué , consommation d'aliments contaminés .

EXERCICE 15 (Contrôle 2008 ancien régime)

On donne :

Particule	neutron	Proton	Electron (β^-)	Positon (β^+)
Symbole	${}^{1}_{0}n$	${}^{1}_{1}p$	${}^{0}_{-1}e$	${}^{0}_{-1}e$

On peut dater des objets très anciens en déterminant leur teneur en carbone 14 par la mesure de l'activité A à la date t comptée par rapport à une date t = 0 où l'activité initiale est A_0 .
Les activités A et A_0 sont liées par la relation : $A = A_0.e^{-\lambda t}$.
Le carbone 14 est produit de manière continue dans l'atmosphère suite à un bombardement de l'azote N continu dans l'air par des neutrons cosmiques selon l'équation nucléaire suivante :
${}^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{A}_{Z}X$.

Hichem.Benaich@edunet.tn

SERIE DE PHYSIQUE N° 10

RADIOACTIVITE

1°) a) S'agit-il d'une réaction spontanée ou provoquée , Justifier la réponse .

b) En utilisant les lois de conservation convenables , identifier la particule X qui accompagne l'apparition du noyau de carbone .

2°) Le nucléide ${}^{14}_{6}C$ est radioactif β^- de période T = 5570 ans .

a) Ecrire l'équation de la réaction nucléaire traduisant cette désintégration .

b) Expliquer l'émission de la particule β^- en écrivant l'équation de la transformation qui a lieu au niveau des nucléons .

c) Montrer que la valeur de la constante radioactive λ associée à la réaction décrite en 2°) a) , est $\lambda = 12{,}44.10^{-5}$ an^{-1} .

3°) Pour un être vivant , la proportion en carbone 14 (${}^{14}_{6}C$) est relativement constante dans son organisme .

Après sa mort , le carbone 14 ne peut se renouveler dans son organisme et sa quantité diminue lentement .

Pour une poutre en cyprès (carbone résineux) se trouvant dans la tombe d'un pharaon , l'activité spécifique A n'est plus que de 8 désintégrations par minute , alors qu'elle serait de A_0 = 15,3 désintégrations par minute pour un échantillon " récent " de même masse .

Calculer l'âge de cette poutre exprimé en ans .

Rép. Num. : **1°) a)** Réaction provoquée (bombardement par un neutron) ; **b)** ${}^{A}_{Z}X$: ${}^{1}_{0}n$ (neutron) ;

2°) a) ${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$; **b)** ${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{1}_{1}p$; **c)** $\lambda = \frac{Ln2}{T} = 12{,}44.10^{-5}an^{-1}$;

3°) $t = -\frac{T}{Ln2} . Ln\frac{A}{A_0} = 5{,}2.10^{3}$ans .