

Exercice 1

Données : Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^4_2\text{He}$	${}_0^1n$	${}_1^1p$	${}^0_{-1}e$
Masse (en u)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007	$5,49 \times 10^{-4}$

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante. Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium.

Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

- Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration? Justifier votre réponse.
- Calculer le défaut de masse du noyau de radium Ra. L'exprimer en unité de masse atomique u.
- Écrire la relation d'équivalence masse-énergie.
- Le défaut de masse $\Delta m(\text{Rn})$ du noyau de radon Rn vaut $3,04 \times 10^{-27} \text{ kg}$ Définir l'énergie de liaison E_l d'un noyau. Calculer, en joule, l'énergie de liaison $E_l(\text{Rn})$ du noyau de radon. Vérifier que cette énergie de liaison vaut $1,71 \times 10^3 \text{ MeV}$. En déduire l'énergie de liaison par nucléon E_l/A du noyau de radon. Exprimer ce résultat en $\text{MeV} \cdot \text{nucléon}^{-1}$
- Établir littéralement la variation d'énergie ΔE de la réaction précédente en fonction de m_{Ra} , m_{Rn} et m_{He} , masses respectives des noyaux de radium, de radon et d'hélium. Calculer ΔE en MeV puis en joule.

Exercice 2

Actuellement des techniques telles que la radiographie et la scintigraphie sont utilisées en médecine grâce à des substances radioactives comme le cobalt et le technétium. Le cobalt 60 (${}^{60}_{27}\text{Co}$), est utilisé en médecine pour le traitement de certaines tumeurs cancéreuses. Il se désintègre en produisant un noyau de nickel (${}^{60}_{28}\text{Ni}$). Sa période radioactive est de 5,6 ans. Un centre hospitalier dispose d'un échantillon de ${}^{60}_{27}\text{Co}$ dont la masse est $2 \mu\text{g}$.

- Définir la période d'une substance radioactive et donner la composition d'un noyau de ${}^{60}_{27}\text{Co}$.
- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration d'un noyau de cobalt 60 en précisant le symbole et le nom de la particule émise en même temps que le noyau de ${}^{60}_{28}\text{Ni}$. On supposera que le noyau fils est formé dans un état excité.
- Calculer en MeV l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de cobalt 60. En déduire l'énergie que libérerait une masse de $2 \mu\text{g}$ de l'échantillon.

4.1 Soient N_0 et N les noyaux de cobalt 60 présents dans l'échantillon aux instants respectifs $t_0 = 0$ et $t > 0$. Soient m_0 et m les masses correspondantes. Montrer que $\frac{N}{N_0} = \frac{m}{m_0}$.

4.2 Au bout de combien de temps la masse de cobalt désintégrée de l'échantillon serait de $1,8 \mu\text{g}$?

Données : $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Particule ou noyau	${}^{60}_{27}\text{Co}$	${}^{60}_{28}\text{Ni}$	électron	${}^{99}_{43}\text{Tc}$
Masse en u	59,934	59,931	$5,486 \cdot 10^{-4}$	98,882

Exercice 3

Actuellement des techniques telles que la scintigraphie sont utilisées en médecine grâce à des substances radioactives comme le technétium. Le technétium, se fixant préférentiellement sur les lésions osseuses du squelette, peut être détecté par une gamma-caméra. Ce dernier fournit par la suite une image du squelette appelée scintigraphie osseuse. Tous les noyaux du technétium sont radioactifs.

1. L'isotope 97 du technétium ${}^{97}_{43}\text{Tc}$, de demi-vie 90,1 jours, est synthétisé en bombardant un noyau de molybdène 96, ${}^{96}_{42}\text{Mo}$ avec un noyau de deutérium ${}^2_1\text{H}$.

1.1 Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?

1-2. Ecrire l'équation de la réaction de synthèse du technétium ${}^{97}_{43}\text{Tc}$ à partir du molybdène ${}^{96}_{42}\text{Mo}$ en précisant les valeurs de A et Z sachant qu'il se forme en même temps un neutron. A quel élément chimique appartient le deutérium ?

2. L'isotope 99 du technétium ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ présente la particularité et l'avantage de pouvoir être produit sur place par désintégration du molybdène 99, ${}^{99}_{42}\text{Mo}$.

Une infirmière prépare une dose de technétium 99 (${}^{99}_{43}\text{Tc}$). Deux heures après, son activité étant égale à 79,5 % de sa valeur initiale, elle l'injecte à un patient.

2-1. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire permettant d'obtenir le technétium 99 à partir du molybdène 99. Préciser le type de désintégration dont il s'agit.

2-2. Définir l'activité d'une source radioactive et établir la relation entre l'activité, la constante radioactive et le nombre de noyaux présents.

2-3. Déterminer la valeur de la période radioactive du technétium 99.

2-4. L'activité maximale des doses administrées en ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ ne doit pas dépasser 10^9 Bq . Quelle est la masse maximale de technétium 99 que doit contenir la dose préparée ?

3. Le médecin porte son choix sur le produit qui disparaît le plus vite. Lequel des deux isotopes du technétium va-t-il choisir ? Justifier la réponse.

Données : $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Particule ou noyau	${}^{60}_{27}\text{Co}$	${}^{60}_{28}\text{Ni}$	électron	${}^{99}_{43}\text{Tc}$
Masse en u	59,934	59,931	$5,486 \cdot 10^{-4}$	98,882

Exercice 4

Données : Unité de masse atomique : $1 u = 1,66.10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}.c^{-2}$; $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$; vitesse de la lumière dans le vide $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$; constante d'Avogadro $N = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$; masse du proton $m_p = 1,007276u$; masse du neutron $m_n = 1,008665u$; $m_{(^{210}_{84}\text{Po})} = 209,9829u$;

$m_{(^{208}_{82}\text{Pb})} = 205,97450u$; $m_{(\alpha)} = 4,00260u$.

Le polonium 210 ($^{210}_{84}\text{Po}$) est émetteur α et sa désintégration s'accompagne d'une émission γ .

1. Ecrire l'équation de sa réaction de désintégration sachant que le noyau fils formé est $^{208}_{82}\text{Pb}$.
2. Donner la composition (nature et nombre de nucléons) du noyau fils dans cette réaction nucléaire.
3. Rappeler la définition de l'énergie de liaison d'un nucléide, puis calculer en MeV celle de chacun des nucléides intervenant dans la réaction nucléaire précédente. Conclure.
4. Calculer (en MeV) l'énergie ΔE libérée lors de la désintégration d'un noyau de polonium 210. Sous quelles formes cette énergie est-elle libérée ?
5. Sachant que la longueur d'onde du photon émis est $\lambda = 0,564 \text{ pm}$, calculer (en MeV) l'énergie du photon émis et en déduire en négligeant l'énergie cinétique du noyau fils celle de la particule α émise.
6. La demi-vie du polonium 210 est $T = 140$ jours. On dispose d'une masse $m_0 = 2,00 \text{ g}$ de polonium 210 à la date $t = 0$, Quel sera à la date $t = 280$ jours, le volume d'hélium formé dans des conditions où le volume molaire est 24 L.mol^{-1} ?

Exercice 5

Le noyau de germanium $^{77}_{32}\text{Ge}$ subit deux désintégrations successives β^- pour donner un nucléide stable.

1. Ecrire les équations correspondantes en identifiant les noyaux fils formés.
 2. La demi-vie radioactive de la première désintégration est $T = 12$ heures.
 - 2.1 Définir la demi-vie radioactive. Au bout de combien de temps reste-t-il $\frac{1}{20}$ de la masse initiale ?
 - 2.2 Calculer l'activité radioactive de ce nucléide à l'instant $t = 36$ heures, sachant que la masse initiale de l'échantillon est $m_0 = 1 \text{ kg}$
 3. Le bombardement d'un noyau d'uranium 235 par un neutron peut produire un noyau de strontium et un noyau de xénon selon l'équation suivante : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{140}_{54}\text{Xe} + 3^1_0\text{n}$
 - 3.1 Donner le nom de cette réaction nucléaire et déterminer les valeurs des nombres A et Z en explicitant les lois utilisées.
 - 3.2 Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction nucléaire
- Données : Unité de masse atomique : $1 u = 1,66.10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}.c^{-2}$; $1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ an} = 365$ jours ; vitesse de la lumière dans le vide $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; constante d'Avogadro $N = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Particule ou noyau	Neutron	Uranium	Xénon	Strontium	Zinc	gallium	Germanium	Astate	Sélénium
Symbole	^1_0n	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{140}_{54}\text{Xe}$	$^{94}_{38}\text{Sr}$	$^{65}_{30}\text{Zn}$	$^{69}_{31}\text{Ga}$	$^{77}_{32}\text{Ge}$	$^{210}_{84}\text{Po}$	$^{78}_{34}\text{Se}$
Masse en u	1,00866	234,9942	138,8892	93,8945	-----	-----	-----	-----	-----

Exercice 6

Il existe plusieurs méthodes de datation d'objets adaptées à l'âge que l'on souhaite déterminer. On peut en citer entre autre : la méthode potassium-argon et la datation par le carbone 14. Cependant cette dernière n'est pas utilisable si la teneur résiduelle de carbone 14 est trop faible c'est-à-dire inférieure à 1%. La demi-vie du ^{14}C est de 5600 ans et celle du ^{40}K de $1,5.10^9$ ans.

Les roches volcaniques contiennent du potassium K dont l'isotope $^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif et se décompose pour donner $^{40}_{18}\text{Ar}$ constituant essentiel d'un gaz monoatomique. Lors d'une éruption volcanique, la lave, au contact de l'air perd l'argon ^{40}Ar , c'est le dégazage de la roche. A la date de la fin de l'éruption, la lave ne contient plus d'argon ; mais celui-ci réapparaît dans le temps (presque aussitôt après) selon la radioactivité précédente.

1. Ecrire l'équation de la désintégration nucléaire du potassium $^{40}_{19}\text{K}$ en argon $^{40}_{18}\text{Ar}$ en précisant les lois de conservation utilisées. Nommer la particule émise en même temps que le noyau fils.
 2. L'analyse d'un échantillon d'une roche basaltique, a donné $1,766.10^{-6} \text{ g}$ de ^{40}K et 82.10^{-4} cm^3 d'argon ^{40}Ar dans les conditions normales de température et de pression. On désigne par $N_0(^{40}\text{K})$ le nombre de noyaux de potassium 40 à la date $t = 0$ (fin de l'éruption), par $N(^{40}\text{K})$ et $N(^{40}\text{Ar})$ les nombres de noyaux présents dans l'échantillon respectivement de potassium 40 et d'argon 40 à un instant t donné.
 - 2.1 Rappeler l'expression $N(^{40}\text{K})$ en fonction de $N_0(^{40}\text{K})$, du temps t et de la constante radioactive λ du potassium 40 (loi de décroissance radioactive). En déduire la relation : $\frac{N(^{40}\text{Ar})}{N(^{40}\text{K})} = -1 + e^{\lambda t}$.
 - 2.2 Calculer l'âge approximatif de la roche compté à partir de la fin de l'éruption volcanique.
 3. Sur un autre site archéologique des ossements ont été trouvés. Pour dater ces derniers, on a procédé par dosage isotopique de l'argon 40 et du potassium 40 contenus dans un échantillon de ces ossements. On constatât alors qu'il contenait quatre fois plus d'atomes de potassium 40 que d'atomes d'argon 40. Déterminer l'âge de ces ossements.
 4. Pourrait-on alors utiliser la méthode de la datation par le carbone 14 pour déterminer l'âge de ces ossements ? Justifier la réponse.
- Données : Masse molaire atomique de l'isotope ^{40}K du potassium $M(^{40}\text{K}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$; volume molaire normal :

$V_0 = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$; constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice 7

Une des principales sources d'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants est un élément radioactif naturel, désigné par les scientifiques sous le nom de "radon 222". Il se désintègre en émettant des particules α (alpha). On ne l'observerait pas dans notre environnement s'il ne s'en formait pas en permanence. Le radon est le seul des descendants de l'uranium à être gazeux, ce qui lui permet de passer dans l'atmosphère en s'échappant des roches du sous-sol. Il peut donc s'infiltrer dans la moindre fissure des constructions et s'accumuler dans les pièces non aérées, comme les caves et les sous-sols. Les sols granitiques, plus riches en uranium, libèrent davantage de radon que les sols sédimentaires. Au danger du radon s'ajoute celui de ses descendants solides qui, inhalés avec lui sous forme de poussières, émettent des rayonnements ionisants.

Données :

Le tableau suivant donne le numéro atomique, le symbole et le nom de quelques éléments chimiques.

Z	83	84	85	86	87	88	89
symbole	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac
Nom	Bismuth	Polonium	Astate	Radon	Francium	Radium	Actinium

5.1. En vous servant des informations du texte et de l'extrait de classification périodique, écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la désintégration du " radon 222 ".

On supposera que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité. (0,25 pt)

5.2. Expliquer brièvement pourquoi l'état gazeux du radon le rend dangereux. (0,25 pt)

5.3 Pour suivre l'évolution de l'activité d'un échantillon de radon 222, on enferme à la date $t = 0$, dans une ampoule, un volume de $0,20 \text{ cm}^3$ de radon radioactif à la pression de $0,1 \text{ bar}$ et à la température de 30°C . Ce gaz monoatomique est considéré comme parfait.

Données : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; constante du gaz parfait : $R = 8,314 \text{ SI}$; loi du gaz parfait : $PV = n RT$; constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

5.3.1 Calculer le nombre N_0 de noyaux radon présents dans l'ampoule à l'instant initial. (0,50 pt)

5.3.2 On mesure l'activité A de l'échantillon à différentes dates t ; les résultats sont regroupés ci-après.

t (jours)	0	10	12	20	30	40	50	60	70
A (Bq)		$1,65 \cdot 10^{11}$	$1,15 \cdot 10^{11}$	$2,73 \cdot 10^{10}$	$4,51 \cdot 10^9$	$7,46 \cdot 10^8$	$1,23 \cdot 10^8$	$2,03 \cdot 10^7$	$3,37 \cdot 10^6$

5.3.2.1 Définir l'activité A d'une substance radioactive et établir l'expression donnant A à une date t en fonction de sa valeur initiale A_0 et de la constante radioactive λ . (0,50 pt)

5.3.2.2 De l'examen du tableau dire dans quel sens varie l'activité A au cours du temps (il n'est pas demandé de tracer une courbe). Ce sens de variation est-il en accord avec l'expression établie à la question précédente ? (0,50 pt).

5.3.2.3 La courbe $\ln A = f(t)$ est représentée ci-dessous. Déterminer par exploitation de la courbe :

- la valeur de la constante radioactive λ du radon 222, (0,50 pt)
- l'activité initiale A_0 de l'échantillon étudié (0,25 pt).

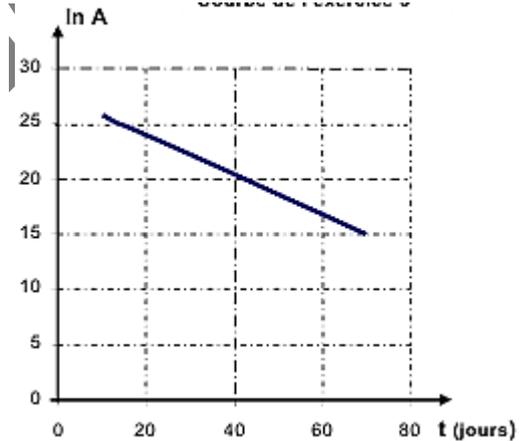
(On expliquera le mode d'exploitation mais il n'est pas demandé de rendre la courbe avec la copie)

5.3.2.4 Quelle valeur de A_0 obtient-on par calcul à partir de λ et N_0 ? Comparer ce résultat avec la valeur déduite de la courbe. Conclure. (0,50 pt)

5.3.2.5 Calculer la demi-vie du radon 222. (0,25 pt)

5.3.2.6 Calculer le nombre de noyaux de radon 222 présents dans l'ampoule six mois plus tard.

Quelle est alors l'activité de l'échantillon en ce moment ? Conclure. (0,50 pt)



Exercice 8

La désintégration α du plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$ aboutit à la formation d'un noyau fils d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ dans un état associé à un de ses trois niveaux d'énergie représentés dans le diagramme ci-contre.

1. Ecrire l'équation de la désintégration α du plutonium en explicitant les lois utilisées.

2. Par convention, à quel état attribue-t-on, dans le diagramme ci-contre, la valeur d'énergie nulle ?

3. Pourquoi la désintégration des noyaux de plutonium 239 s'accompagne-t-elle de l'émission de rayonnement ?

4. L'énergie cinétique d'une particule α émise lors de la désintégration d'un noyau de plutonium 239 ne peut prendre que les valeurs $1,7 \text{ MeV}$; $2,7 \text{ MeV}$ ou $5,2 \text{ MeV}$.

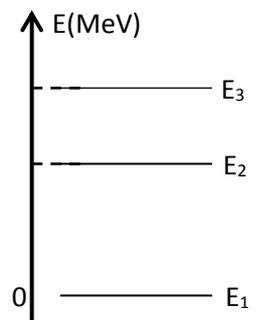
L'énergie cinétique du noyau fils étant négligeable, répondre aux questions suivantes :

4.1 L'uranium est formé dans l'état E_1 , calculer l'énergie ΔE libérée au cours de la réaction nucléaire.

4.2 Montrer que les niveaux d'énergie E_2 et E_3 du noyau fils d'uranium ont respectivement pour valeur $E_2 = 2,5 \text{ MeV}$ et $E_3 = 3,5 \text{ MeV}$.

4.3 Calculer l'énergie et la longueur d'onde des photons susceptibles d'être émis lors de la désintégration des noyaux de plutonium 239.

Données : célérité de la lumière $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.



EXERCICE 9

BAC S1 2018

La radiothérapie est utilisée dans certains cas pour le traitement de tumeurs. Le rayonnement utilisé dans ces machines est constitué de particules légères bêta moins (β^-) émise par une source de cobalt-60 (^{60}Co). Dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser un rayonnement α (^4_2He) plus ionisant.

Le cobalt-60 est un élément radioactif obtenu à partir du cobalt-59 (^{59}Co) bombardé par un flux de neutrons.

Le cobalt-60 a une constante radioactive $\lambda = 3,60 \cdot 10^{-4} \text{ jour}^{-1}$.

Un condensateur de capacité $C = 100 \mu\text{F}$, initialement déchargé, est installé à la sortie du rayonnement émis par une source de cobalt-60 à une date prise comme origine des temps $t = 0$.

Un dispositif adéquat permet d'assurer que l'essentiel des particules émises arrivent sur l'armature A du condensateur en face de la source (figure 4). L'armature B est reliée à la terre. Un voltmètre indique à chaque instant la tension U_{BA} aux bornes du condensateur.

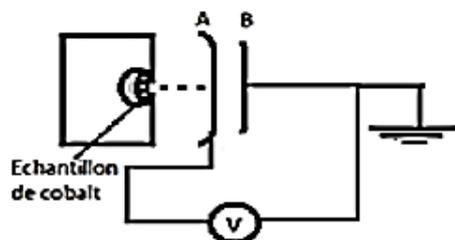


Figure 4

5.1 Donner la différence entre une réaction nucléaire naturelle et une réaction nucléaire artificielle. (0,5 pt)

5.2 Ecrire les équations des réactions nucléaires du cobalt citées dans le texte. (0,5 pt)

5.3 En considérant la réaction spontanée du cobalt, calculer en MeV et en joule l'énergie libérée lors de cette désintégration. (0,5 pt)

5.4 En déduire l'énergie libérée par désintégration de 1 mg de cobalt-60. (0,75 pt)

5.5 Au bout de quatre (04) heures, le voltmètre branché aux bornes du condensateur indique une tension

$U_{BA} = 10 \text{ V}$. Exprimer puis calculer :

5.5.1 la charge Q portée par l'armature A du condensateur. (0,5 pt)

5.5.2 la variation ΔN du nombre de noyau de cobalt-60. (0,75 pt)

5.5.3 l'activité initiale A_0 de l'échantillon de cobalt-60. (0,5 pt)

5.5.4 la masse initiale de cet échantillon de cobalt. (0,5 pt)

Données : Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masse molaire atomique du cobalt 60 : $M = 59,93 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;

Nombre d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; masse de l'électron : $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Masse en unité de masse atomique : $m(^{60}\text{Co}) = 59,95654 \text{ u}$; $m(^{60}\text{Ni}) = 59,95351 \text{ u}$;

$m(^{60}\text{Fe}) = 55,95614 \text{ u}$; Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$.

Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Extrait du tableau de classification

$_{25}\text{Mn}$	$_{26}\text{Fe}$	$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Exercice 10

Données : Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; vitesse de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; constante d'Avogadro $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; masse du proton $m_p = 1,007276 \text{ u}$; masse du neutron $m_n = 1,008665 \text{ u}$

Le polonium 210 ($^{210}_{84}\text{Po}$) est émetteur α et sa désintégration s'accompagne d'une émission γ

1. Ecrire l'équation de sa réaction de désintégration sachant que le noyau fils formé est ^A_ZPb .

2. Donner la composition (nature et nombre de nucléons) du noyau fils dans cette réaction nucléaire.

3. Rappeler la définition de l'énergie de liaison d'un nucléide, puis calculer en MeV celle de chacun des nucléides intervenant dans la réaction nucléaire précédente. Conclure.

4. Calculer (en MeV) l'énergie ΔE libérée lors de la désintégration d'un noyau de polonium 210. Sous quelles formes cette énergie est-elle libérée ?

5. Sachant que la longueur d'onde du photon émis est $\lambda = 0,564 \text{ pm}$, calculer (en MeV) l'énergie du photon émis et en déduire en négligeant l'énergie cinétique du noyau fils celle de la particule α émise.

6. La demi-vie du polonium 210 est $T = 140 \text{ jours}$. On dispose d'une masse $m_0 = 2,00 \text{ g}$ de polonium 210 à la date $t = 0$, Quel sera à la date $t = 280 \text{ jours}$, le volume d'hélium formé dans des conditions où le volume molaire est $24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$?

EXERCICE 11

X	$_{80}\text{Hg}$	$_{82}\text{Pb}$	$_{83}\text{Bi}$	$_{84}\text{Po}$
m_X	$203,9735 \text{ u}$	$205,9745 \text{ u}$	$208,9804 \text{ u}$	$209,9829 \text{ u}$

On donne :

$$m_\alpha = 4,0026; 1\mu = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2; 1Ci = 7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}; N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

1. L'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ se désintègre avec ses « descendants » en émettant des particules α ou β^- . Calculer le nombre de désintégration alpha et bêta -, sachant qu'on aboutit au ^{206}Pb noyaux issus de l'uranium ^{238}U (lui même compris) ?
- 2 le plomb ^{206}Pb peut être obtenu par désintégration alpha d'un noyau X avec une période $T = 138$ jours.
* Ecrire l'équation bilan de cette désintégration et identifier le noyau X.
* Calculer en MeV puis en Joule l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau X.
- 3 on part d'un échantillon de 4,2 g de X.
- 3.1. Calculer l'activité A_0 de cet échantillon. L'exprimer en Becquerel puis en Curie.
- 3.2. Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 69 jours ?
- 3.3. Quelle masse de cet échantillon se désintègre-t-il au bout de 552 jours ?

Exercice 12

Célérité de la lumière : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; unité de masse atomique : $1u = 931,5 \text{ MeV.C}^{-2}$.

- 1°) Le noyau de radium est représenté par $^{226}_{88}\text{Ra}$.
 - a) Enumérer les constituants de ce noyau.
 - b) Exprimer puis calculer son énergie de liaison par nucléon $E_l(^{226}_{88}\text{Ra})$ en MeV/nucléon .
 - c) Sachant que l'énergie de liaison E_l du radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ est $E_l(^{222}_{86}\text{Rn}) = 1713,33 \text{ MeV}$. Comparer la stabilité de ces deux noyaux.
- 2°) Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ est radioactif. Il donne le noyau de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ avec émission d'une particule p.
 - a) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration qui se produit. Identifier la particule p émise et dire s'il s'agit d'une réaction spontanée ou provoquée.
 - b) Déterminer la variation de masse ΔM qui accompagne la réaction de désintégration.
 - c) Préciser, en le justifiant, si cette réaction libère ou consomme de l'énergie. Calculer cette énergie W en MeV.
- 3°) On admet que l'énergie libérée par la réaction ($|W| = 4,84 \text{ MeV}$) est communiquée à la particule p et au noyau fils Rn sous forme d'énergie cinétique et que le rapport des énergies cinétiques de la particule p et du noyau fils Rn est donné par :

$$\frac{E_c(\text{Rn})}{E_c(\text{p})} = \frac{m_p}{m_{\text{Rn}}}$$
 - a) Calculer en MeV la valeur de l'énergie cinétique $E_c(\text{p})$ de la particule p.
 - b) En réalité , on constate que certaines particules p émises ont une énergie cinétique $E_c(\text{p})$ inférieure à celle déjà calculée.

Expliquer l'origine de cet écart. Sous quelle forme se manifeste-t-il ?

Données :

Symbole	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	Particule p	Neutron	Proton
Masse en (u)	225,9771	221,9704	4,0015	1,0086	1,0073

Exercice 13

L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (A.I.E.A) rapporte que lors de l'accident nucléaire survenu au Japon dans la préfecture de Fukushima le 14 mars 2011, des dépôts d'iode $^{131}_{53}\text{I}$ et de césium $^{137}_{55}\text{Cs}$ ont été détectés dès le 30 mars 2011 dans beaucoup d'autres préfectures du Japon.

L'iode 131 et le césium 137 sont des noyaux radioactifs β^- , de demi-vie respective $T_1 = 8,0$ jours et $T_{\text{Cs}} = 30$ ans. Les riverains de la centrale sont ainsi exposés à une irradiation par inhalation ou par ingestion de ces noyaux du fait de la contamination de l'air atmosphérique et des aliments (eau, lait, légumes, poissons...). Le 06 avril 2011, un village environnant de la centrale de Fukushima s'est vu interdire l'usage de son eau pour les nourrissons à cause d'une concentration en iode de 100 Bq par litre.

Données : masse de l'électron $m = 0,00055 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ célérité de la lumière dans le vide $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; masse du noyau de césium : $m(^{137}_{55}\text{Cs}) = 136,87692 \text{ u}$; masse du noyau de baryum : $m(^{137}_{56}\text{Ba}) = 136,87511 \text{ u}$

Extrait du tableau de classification : $_{52}\text{Te}$; $_{53}\text{I}$; $_{54}\text{Xe}$; $_{55}\text{Cs}$; $_{56}\text{Ba}$

1. On dit que la radioactivité naturelle est un phénomène aléatoire, spontané et inéductible. Expliquer brièvement chacun des termes soulignés ci-dessus.
2. Citer deux propriétés de la radioactivité β^- .
3. Ecrire les équations-bilan des réactions de désintégration de l'iode 131 ($^{131}_{53}\text{I}$) et du césium 137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$).
4. Expliquer pourquoi on observe en même temps une émission de rayonnement γ . Ecrire les équations des réactions nucléaires correspondantes.
5. Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de césium 137.
6. A un instant $t = 0$, deux riverains P_1 et P_2 boivent, respectivement, l'un un litre d'eau contaminé à l'iode 131 de concentration 100 Bq par litre et, l'autre, un litre de lait de vache contaminé au césium 137 de concentration 0,22 Bq par litre.
 - 6.1. Calculer le nombre de noyaux $N_0(^{131}_{53}\text{I})$ d'iode 131 présents à $t = 0$ dans le litre d'eau consommé par P_1 ainsi que le nombre de noyaux $N_0(^{137}_{55}\text{Cs})$ de césium 137 présents à $t = 0$ dans le litre de lait consommé par P_2 .
 - 6.2. Rappeler l'expression liant N , N_0 , λ et t respectivement, nombre de noyaux radioactifs à un instant quelconque t , nombre de noyaux radioactifs initial (à $t = 0$), constante radioactive et instant quelconque.
 - 6.3. Dans le tableau qui suit N représente le nombre de noyaux radioactifs à la date t .

Recopier puis compléter le tableau.

T	0	8 jours	1 an	30 ans
$N(^{131}_{53}I)$	$1,0 \cdot 10^8$			
$N(^{137}_{55}Cs)$	$3,0 \cdot 10^8$			

6.4. En supposant que le danger lié à l'absorption d'un liquide contaminé est du uniquement au nombre de noyaux radioactifs présents dans l'organisme, déduire de ce qui précède, lequel de P₁ ou P₂ est encore plus menacé un an après l'ingestion.

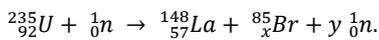
7. L'apport d'iode est essentiel à l'organisme humain qui le capte sous forme d'ions iodure au niveau de la glande thyroïde. L'isotope iode 127 ($^{127}_{53}I$) n'est pas radioactif contrairement à l'iode 131 ($^{131}_{53}I$) qui est particulièrement cancérigène. En cas de fuite radioactive on fait absorber le plus rapidement possible des comprimés d'iode 127 sous forme d'iodure de potassium.

7.1. Justifier l'utilité de cette mesure.

7.2. Expliquer pourquoi, en cas d'absorption d'iode 131 à un instant t, des noyaux d'iode continuent à irradier la thyroïde bien après cet instant.

Exercice 14

1. Une réaction de fission de l'uranium 235 est la suivante :



1.1 Déterminer le numéro atomique x et le nombre y de neutrons produits.

1.2 On donne les masses des atomes et des particules intervenant dans cette réaction en unité de masse atomique

A_ZX	$^{235}_{92}U$	$^{148}_{57}La$	$^{85}_xBr$	1_0n
m (u)	235,044	147,932	84,916	1,009

Calculer en unité de masse atomique la perte de masse au cours de la réaction précédente.

1. Dans une centrale nucléaire, de nombreuses autres réactions de fission de l'uranium 235 se produisent. On admettra ici que la fission d'un atome d'uranium 235 s'accompagne en moyenne d'une perte de masse de 0,2 u. En utilisant cette dernière valeur, calculer en joule l'énergie libérée par la fission d'une mole d'atomes d'uranium 235.

3. Une centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique moyenne de 1000 MW (10^9 W). Le rendement de la transformation de l'énergie nucléaire en énergie électrique est de 25%. Quelle masse d'uranium 235 est nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant 1 an ?

4. Sachant que 1 kg de pétrole libère une énergie de $45 \cdot 10^6$ J sous forme de chaleur, quelle quantité de pétrole faudrait-il utiliser pour produire la même énergie que la centrale nucléaire avec le même rendement ?