BURHAN

Noyaux, masse et énergie : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/noyaux-masse-et-energie/exercices/entrainement

Chapitre	Palier	Exercices
Noyaux, masse et énergie	Entraînement	7

Exercice 1

Masses de noyaux mesurées

Un spectromètre de masse mesure la masse d'atomes ionisés, puis on en déduit celle de l'atome neutre, électrons compris. Les valeurs sont connues à $10^{-6}\,\mathrm{u}$ près.

Atome	Z	A	Masse de l'atome (u)
lithium 6	3	6	$6{,}015123$
plomb 208	82	208	$207{,}976652$

Données : $m_p = 1{,}00728\,\mathrm{u}$; $m_n = 1{,}00866\,\mathrm{u}$; $m_e = 5{,}49 \times 10^{-4}\,\mathrm{u}$; $1\,\mathrm{u} = 931{,}5\,\mathrm{MeV}/c^2$.

1.

Calculer la masse du noyau de lithium 6 et celle du noyau de plomb 208.

INDICE

Outil : l'atome neutre contient Z électrons en plus de son noyau.

2.

Calculer le défaut de masse puis l'énergie de liaison par nucléon de chacun des deux noyaux.

INDICE

Début : compte les protons et les neutrons de chaque noyau. **Point délicat :** une différence garde les décimales de la donnée la moins précise.

3.

Lequel des deux noyaux est le plus stable ?

INDICE

Outil : le critère de stabilité porte sur une énergie ramenée à un nucléon.

4.

Un élève calcule le défaut de masse du lithium 6 avec la masse de l'atome, sans retirer les électrons. Calculer l'écart relatif qu'il commet. Le comparer à la précision des mesures du tableau et conclure.

INDICE

Début : refais la différence avec la masse de l'atome. **Ensuite :** compare l'erreur de $10^{-6}\,\mathrm{u}$ au défaut de masse.

Exercice 2

Placer des points mesurés de la courbe d'Aston

Le tableau donne l'énergie de liaison par nucléon de douze noyaux, déduite de masses mesurées.

Noyau	A	Énergie de liaison par nucléon (MeV)
hydrogène 2	2	$1{,}112$
hydrogène 3	3	$2{,}827$
hélium 4	4	$7{,}074$
azote 14	14	$7{,}476$
néon 20	20	$8{,}032$
silicium 28	28	$8{,}448$
calcium 40	40	$8{,}551$
nickel 62	62	$8{,}795$
zirconium 90	90	$8{,}710$
étain 120	120	$8{,}505$
tungstène 184	184	$8{,}005$
uranium 235	235	$7{,}591$

1.

Représenter $-\dfrac{E_\ell}{A}$ en fonction de A, pour A de 0 à 250 et une ordonnée de -9 à $0\,\mathrm{MeV}$. Décrire l'allure du nuage de points.

INDICE

Outil : place l'opposé de chaque valeur du tableau ; ne relie pas les points, ce sont des mesures.

2.

Quel noyau du tableau est le plus stable ? Où se trouvent les noyaux les plus stables sur le graphique ?

INDICE

Outil : la stabilité se lit sur l'énergie de liaison par nucléon, donc sur l'ordonnée.

3.

Un noyau d'uranium 235 se scinde en deux noyaux dont le nombre de nucléons est voisin de 120. Montrer que l'énergie libérée est de l'ordre de $2 \times 10^{2}\,\mathrm{MeV}$.

INDICE

Début : compare l'énergie de liaison par nucléon avant et après. **Ensuite :** multiplie le gain par le nombre de nucléons.

4.

Un noyau d'hydrogène 2 et un noyau d'hydrogène 3 fusionnent :

$$ {}_{1}^{2}\mathrm{H} + {}_{1}^{3}\mathrm{H} \longrightarrow {}_{2}^{4}\mathrm{He} + {}_{0}^{1}\mathrm{n} $$

Expliquer à l'aide du tableau pourquoi cette fusion libère de l'énergie.

INDICE

Outil : compare l'énergie de liaison par nucléon des deux réactifs à celle du noyau formé.

Exercice 3

Fission de l'uranium 235 en baryum et krypton

Dans le réacteur d'une centrale, une fission de l'uranium 235 donne du baryum 141 et du krypton 92 :

$$\begin{aligned} &{}^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \\ &\longrightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} \\ &\quad + 3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n} \end{aligned}$$

Document. Masses des noyaux.

Noyau	Masse (u)
uranium 235	$234{,}99342$
baryum 141	$140{,}88366$
krypton 92	$91{,}90641$

Données : $m_n = 1{,}00866\,\mathrm{u}$; $1\,\mathrm{u} = 931{,}5\,\mathrm{MeV}/c^2$; $1\,\mathrm{MeV} = 1{,}60 \times 10^{-13}\,\mathrm{J}$; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$; masse molaire de l'uranium 235 : $235\,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; la combustion de $1\,\mathrm{kg}$ de fioul libère $4{,}2 \times 10^{7}\,\mathrm{J}$.

1.

Justifier que cette réaction est une fission, puis vérifier qu'elle conserve le nombre de nucléons et le nombre de charge.

INDICE

Outil : la définition d'une fission ; un neutron compte un nucléon et aucune charge.

2.

Calculer l'énergie libérée par la fission d'un noyau, en MeV.

INDICE

Outil : l'énergie d'une réaction nucléaire à partir des masses. **Point délicat :** un neutron figure dans les réactifs et trois dans les produits ; compte-les tous.

3.

Calculer l'énergie libérée par la fission de tous les noyaux de $1{,}00\,\mathrm{kg}$ d'uranium 235, en joules.

INDICE

Début : calcule la quantité de matière, puis le nombre de noyaux. **Ensuite :** convertis l'énergie d'une fission en joules.

4.

Combien de kilogrammes de fioul faut-il brûler pour libérer la même énergie ? Conclure.

INDICE

Outil : l'énergie libérée par la combustion d'un kilogramme de fioul.

Exercice 4

Deux bilans de la fusion deutérium et hélium 3

On étudie une réaction envisagée pour de futurs réacteurs :

$$ {}_{1}^{2}\mathrm{H} + {}_{2}^{3}\mathrm{He} \longrightarrow {}_{2}^{4}\mathrm{He} + {}_{1}^{1}\mathrm{p} $$

Document. Énergies de liaison et masses des noyaux.

Noyau	E_ℓ (MeV)	Masse (u)
${}_{1}^{2}\mathrm{H}$	$2{,}224$	$2{,}0136$
${}_{2}^{3}\mathrm{He}$	$7{,}719$	$3{,}0149$
${}_{2}^{4}\mathrm{He}$	$28{,}296$	$4{,}0015$

Données : $m_p = 1{,}00728\,\mathrm{u}$; $1\,\mathrm{u} = 931{,}5\,\mathrm{MeV}/c^2$.

1.

Vérifier les deux lois de conservation et donner le type de la réaction.

INDICE

Outil : compte les nucléons et les charges de chaque côté de la flèche.

2.

Calculer ΔE à partir des énergies de liaison, puis représenter le bilan sur un diagramme d'énergie à trois niveaux.

INDICE

Outil : l'énergie d'une réaction à partir des énergies de liaison. **Point délicat :** le proton libre a une énergie de liaison nulle.

3.

Recalculer ΔE à partir des masses du document. Comparer les deux résultats.

INDICE

Outil : l'énergie d'une réaction à partir des masses. **Point délicat :** le résultat d'une différence garde quatre décimales ici.

Exercice 5

Bilan de la radioactivité bêta moins du cobalt 60

Le cobalt 60 est employé en radiothérapie. Il est radioactif β^-.

Document. Masses des noyaux.

Noyau	Masse (u)
cobalt 60	$59{,}91899$
nickel 60	$59{,}91541$

Données : Fe ($Z = 26$), Co ($Z = 27$), Ni ($Z = 28$) ; $m_e = 5{,}49 \times 10^{-4}\,\mathrm{u}$; $1\,\mathrm{u} = 931{,}5\,\mathrm{MeV}/c^2$.

1.

Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau de cobalt 60.

INDICE

Outil : l'électron émis s'écrit ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$; applique les deux lois de conservation.

2.

Pourquoi ne peut-on pas faire ce bilan à partir des seules énergies de liaison des deux noyaux ?

INDICE

Outil : relis les conditions d'emploi du bilan par les énergies de liaison.

3.

Calculer la variation d'énergie ΔE et l'énergie libérée.

INDICE

Outil : l'énergie d'une réaction à partir des masses ; l'électron fait partie des produits.

4.

Quelle énergie libérée trouverait-on en oubliant la masse de l'électron ? Évaluer l'erreur relative commise.

INDICE

Début : refais la différence sans l'électron. **Ensuite :** compare les deux énergies.

Exercice 6

Le Soleil perd de la masse en rayonnant

Le cœur du Soleil transforme l'hydrogène en hélium. Le bilan global des réactions s'écrit :

$$4\,{}_{1}^{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}_{2}^{4}\mathrm{He} + 2\,{}_{Z}^{A}\mathrm{X}$$

Document. Puissance rayonnée par le Soleil : $P = 3{,}85 \times 10^{26}\ \mathrm{W}$. On admet que cette puissance provient de la seule énergie libérée par ce bilan.

Particule	Masse (u)
proton	$1{,}00728$
noyau d'hélium 4	$4{,}0015$
positon	$0{,}000549$

Données : $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $1\ \mathrm{u} = 931{,}5\ \mathrm{MeV}/c^2 = 1{,}66054 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$; $1\ \mathrm{MeV} = 1{,}60 \times 10^{-13}\ \mathrm{J}$.

1.

Identifier la particule ${}_{Z}^{A}\mathrm{X}$.

INDICE

Outil : les deux lois de conservation, appliquées au bilan global.

2.

Calculer l'énergie libérée par une transformation de quatre protons.

INDICE

Outil : l'énergie d'une réaction à partir des masses ; les deux positons sont des produits.

3.

Montrer que le Soleil perd environ $4{,}28 \times 10^{9}\ \mathrm{kg}$ de masse par seconde.

INDICE

Outil : la relation d'équivalence masse-énergie, appliquée à l'énergie rayonnée pendant une seconde.

4.

Calculer le nombre de transformations qui se produisent chaque seconde dans le Soleil.

INDICE

Début : exprime en joules l'énergie d'une transformation. **Point délicat :** garde la valeur non arrondie, $24{,}68\ \mathrm{MeV}$.

5.

En déduire la masse d'hydrogène consommée par seconde. Quelle fraction de la masse des réactifs disparaît au cours d'une transformation ?

INDICE

Début : une transformation consomme quatre protons. **Ensuite :** reste en unité de masse atomique pour la fraction.

Exercice 7

Énergie et protection du fluor 18 en imagerie

En imagerie médicale, on injecte au patient un sucre marqué au fluor 18, radioactif β^+. Chaque positon émis s'annihile avec un électron du corps : deux photons γ partent en sens opposés et sont détectés.

Document. Masses des noyaux.

Noyau	Masse (u)
fluor 18	$17{,}99600$
oxygène 18	$17{,}99477$

Données : O ($Z=8$), F ($Z=9$), Ne ($Z=10$) ; masse du positon et de l'électron : $m_e = 5{,}49\times10^{-4}\,\mathrm{u}$; $1\,\mathrm{u} = 931{,}5\,\mathrm{MeV}/c^2$.

1.

Écrire l'équation de la désintégration du fluor 18.

INDICE

Outil : le positon s'écrit ${}^{0}_{1}\mathrm{e}$; applique les deux lois de conservation.

2.

Calculer l'énergie libérée par une désintégration.

INDICE

Outil : l'énergie d'une réaction à partir des masses ; le positon fait partie des produits.

3.

Le positon et l'électron, au repos, disparaissent en donnant deux photons de même énergie. Calculer l'énergie de chaque photon.

INDICE

Outil : la relation d'équivalence masse-énergie, appliquée à la masse qui disparaît.

4.

Le manipulateur prépare la seringue de fluor 18. Proposer trois règles de protection contre ces photons, puis un protocole avec un compteur pour vérifier l'effet d'un écran de plomb.

INDICE

Outil : les trois moyens de réduire une dose reçue. **Ensuite :** un protocole compare des comptages dans les mêmes conditions.