

Devoir maison de physique 1 : corrigé

L'atome de cuivre

On peut lire sur la page wikipédia de l'atome de cuivre, que l'atome de cuivre présente pas moins de 29 isotopes connus. Sur ces 29 isotopes, seuls deux sont stables : il s'agit des isotopes ^{63}Cu et ^{65}Cu . Les autres vont se désintégrer en d'autres éléments (isotopes fils) en plus ou moins de temps (colonne demi-vie).

Par exemple, l'isotope ^{60}Cu du cuivre n'est pas stable. Il va se désintégrer (se transformer) en ^{60}Ni . Plus on attend, plus il est probable que l'isotope ^{60}Cu se soit désintégré en ^{60}Ni . Après avoir attendu 23,7 minutes (soit le temps de demi-vie), il y a une chance sur deux pour que l'isotope 60 du cuivre se soit désintégré (d'où le nom de demi-vie). En d'autres mots, si on a 100 000 atomes de ^{60}Cu alors il n'en restera que 50 000 après 23,7 minutes, le reste sera devenu ^{60}Ni .

Symbole de l'isotope	Z (p)	N (n)	Masse isotopique (u)	Demi-vie	Mode(s) de désintégration ^{3,n 1}	Isotope(s) fils ^{n 2}	Spin nucléaire
			Énergie d'excitation				
^{60}Cu	29	31	59,9373650(18)	23,7(4) min	β^+	^{60}Ni	2+
^{61}Cu	29	32	60,9334578(11)	3,333(5) h	β^+	^{61}Ni	3/2-
^{62}Cu	29	33	61,932584(4)	9,673(8) min	β^+	^{62}Ni	1+
^{63}Cu	29	34	62,9295975(6)	Stable			3/2-
^{64}Cu	29	35	63,9297642(6)	12,700(2) h	β^+ (18 %)	^{64}Ni	1+
					β^- (39 %)	^{64}Zn	
					CE (43 %)	^{64}Ni	
^{65}Cu	29	36	64,9277895(7)	Stable			3/2-
^{66}Cu	29	37	65,9288688(7)	5,120(14) min	β^-	^{66}Zn	1+
^{67}Cu	29	38	66,9277303(13)	61,83(12) h	β^-	^{67}Zn	3/2-

Figure 1 : extrait de la table des isotopes du cuivre [1].

Isotope	Abondance (pourcentage molaire)	Gamme de variations
^{63}Cu	69,15 (15) %	68,983 - 69,338
^{65}Cu	30,85 (15) %	30,662 - 31,017

Figure 2 : extrait de la table d'abondance des éléments stable du cuivre.

8	9	10	11	12
VIIIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB
26 55.845	27 58.933	28 58.693	29 63.546	30 65.38
Fe	Co	Ni	Cu	Zn
FER	COBALT	NICKEL	CUIVRE	ZINC

MASSE ATOMIQUE RELATIVE (1)	13
GROUPES IUPAC	IIIA
NOMBRE ATOMIQUE	5
SYMBOLE	B
NOM DE L'ÉLÉMENT	BORE

Figure 3 : extraits du tableau périodique des éléments [2].

Données : masse d'un nucléon est $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg,

Questions

1. Rappeler la définition d'un isotope.
2. Parmi les isotopes du cuivre instables, lequel est pour vous le moins instable ? Pourquoi ?
3. Quelle est la composition de l'atome de cuivre ^{63}Cu ? Celle de ^{65}Cu ? (électrons, protons, neutrons).
4. Calculer la masse d'un atome de cuivre ^{63}Cu . Pourquoi peut-on négliger la masse des électrons ?
5. Procéder de même pour ^{65}Cu .
6. Étant donné l'abondance du cuivre, si j'ai 10 000 atomes de cuivre, combien seront à priori des isotopes 63 du cuivre ? Combien seront des isotopes 65 ?
7. Calculer la masse de 10 000 atomes de cuivre de ce paquet. Diviser ensuite cette masse totale par 10 000 : on obtient la masse moyenne d'un atome de cuivre.
8. Dans la figure 3, on voit que la masse atomique relative du cuivre est de 63,546 u. Sachant que le « u » est l'unité de masse atomique unifiée et que $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, donner la masse atomique relative du cuivre en kg, comparer au résultat de la question 7 et expliquer ce qu'est la masse atomique relative dans le tableau périodique.

Bibliographie

- [1] *Isotopes du cuivre*, fr.wikipedia, consulté le 18/09/19.
[2] Generalic, Eni. *Tableau périodique des éléments*, www.periodni.com, consulté le 8/09/19.
[3] Bureau international des poids et mesures, *Le système international d'unités (SI)*, Organisation intergouvernementale de la Convention du mètre, 2006.

Réponses d'après les DM de Melvil, Laurémy, Léna et William, 3^e 1. soin /1

1. Deux isotopes sont deux atomes ayant le même nombre de protons (même élément chimique) mais dont le nombre de neutrons est différent. /1

2. L'isotope instable le plus stable est celui dont la demi-vie est la plus longue. Étant donnée la table de la figure 1, l'isotope ^{67}Cu du cuivre est l'isotope du cuivre le moins instable (parmi les isotopes instables). /1

Par exemple, si on a un isotope ^{64}Cu , la probabilité pour qu'il soit encore du cuivre après 12h est de $1/2$. La probabilité pour qu'il soit encore du cuivre après 24h est donc de $1/2 \times 1/2 = 1/4$. La probabilité pour qu'il soit toujours du cuivre après 36h est $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$. Étant donné que $12 \times 5 = 60$, la probabilité pour qu'il soit toujours du cuivre après 60h est

$$(1/2)^5 = 1/32 = 0,03.$$

Si on a un isotope ^{64}Cu et un isotope ^{67}Cu que l'on met dans une boîte, après 60h d'attente, la probabilité pour que l'isotope ^{64}Cu ne se soit pas désintégré est de 0,03 tandis que celle de l'isotope ^{67}Cu est (en gros) de 0,5.

3. L'isotope de cuivre ^{63}Cu possède 29 protons (nombre atomique du cuivre) et donc, par neutralité de l'atome, 29 électrons. Il a 63 nucléons donc $63 - 29 = 34$ neutrons. /1 + neutralité de l'atome et nombre atomique /0,5
De la même façon, l'isotope ^{65}Cu possède 29 protons, 29 électrons et 36 neutrons.

4. Un électrons est mille fois plus léger qu'un nucléon : on néglige donc sa masse. En faisant cette approximation, on obtient

$$m_{\text{Cu}63} = 63 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,0458 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

La masse de l'isotope 63 du cuivre est donc $1,0458 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$ /1

5. Avec la même approximation,

$$m_{\text{Cu}65} = 65 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,079 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

La masse de l'isotope 65 du cuivre est donc $1,079 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$ /1

6. D'après le document 2, l'abondance du ^{63}Cu est 69,15 % : si on a 10 000 atomes, 69,15 % d'entre eux devraient être des isotopes 63 donc 6915. De même, 3085 de ces atomes seraient des isotopes 65. /1

Ne montrez surtout pas cette question/réponse à vos professeurs de mathématiques, car ce raisonnement est un petit peu faux, si ce n'est totalement. Cependant, il est assez efficace pour nous mener à la notion de masse atomique relative !

7. La masse moyenne d'un atome de cuivre s'écrit

$$\begin{aligned} m_{\text{moy}}^{\text{Cu}} &= (6915 \times m_{\text{Cu}63} + 3085 \times m_{\text{Cu}65}) / 10\,000 \\ &= \text{Abondance}_{\text{Cu}63} \times m_{\text{Cu}63} + \text{Abondance}_{\text{Cu}65} \times m_{\text{Cu}65} \\ &= 1,056 \cdot 10^{-25} \text{ kg.} \end{aligned}$$

Le résultat est bien entre la masse de l'isotope 63 et celle de l'isotope 65 donc semble cohérent.

La masse moyenne d'un atome de cuivre est donc $1,056 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$ /1

8. La masse atomique relative du cuivre est donc

$$m_{\text{rel}}^{\text{Cu}} = 63,546 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,054 \text{ kg.}$$

Cette masse est semblable à celle de la masse moyenne d'un atome de cuivre, aux erreurs d'arrondis près.

La masse atomique relative du tableau périodique est la masse moyenne de l'atome (en unité de "u") en tenant compte de tous les isotopes stables de l'atome et de leur abondance dans la nature. /1,5

Rappel : ce n'est pas parce que la masse atomique relative du cuivre est 63,54 que le seul isotope qui existe est l'isotope ^{63}Cu !!