

TD7 : Classification périodique – corrigé

Exercice 1 : PLUTONIUM

- $Z = 94$ protons, $239 - 94 = 145$ neutrons et 94 électrons
- Son numéro atomique Z ne change pas car le nombre de protons reste le même

Exercice 2 : RÉOLUTIONS DE PROBLÈMES – ORDRES DE GRANDEUR

- Considérons un gain de sable de diamètre $d_g = 0,1\text{ mm} = 10^{-4}\text{ m}$, son volume est de l’ordre de $V_g \approx d^3 \approx 10^{-12}\text{ m}^3$. La dimension d’un atome est de l’ordre de $d_a \approx 10^{-10}\text{ m}$ et son volume $V_a \approx 10^{-30}\text{ m}^3$. Le nombre d’atomes dans un grain de sable est de l’ordre de :

$$n_a = \frac{V_g}{V_a} \approx 10^{18} \text{ atomes}$$

On considère d’autre part une place de 1000 m de long, 100 m de large et 10 m de profondeur, son volume est de l’ordre de $V_p = 10^6\text{ m}^3$, et elle contient :

$$n_g = \frac{V_p}{V_g} \approx 10^{18} \text{ grains de sable}$$

Pour les dimensions que nous avons considérées, on en conclut qu’il y a autant d’atomes dans un grain de sable que de grains de sable dans la plage.

- Pour un médicament dilué à 30 CH, une solution pure de 1 ℓ produit $V=10^{60}\ell$ de solution diluée. On considère que le médicament a la même masse volumique que celle de l’eau et que la masse m d’une molécule de médicament est du même ordre que la masse d’une molécule d’eau. Le nombre n de molécules contenues dans 1 ℓ de solution pure (c’est à dire 1 kg) est :

$$n = \frac{1\text{ kg}}{m} = \frac{1}{18 \times 1,6 \times 10^{-27}} \approx 3 \times 10^{25} \text{ molécules}$$

Ces molécules étant diluées dans un volume V , on a en moyenne $\frac{n}{V} \approx 3 \times 10^{-35}$ molécule/ ℓ . Pour être sûr d’ingérer une molécule, il faudra prendre un volume $V' = \frac{1}{3e-35} \approx 3 \times 10^{34}\ell$ de solution diluée, soit 3×10^{34} kg. La masse de la planète Terre étant de l’ordre de 10^{24} kg, c’est un masse équivalente à 30 milliards de fois la masse de la Terre, ou 30000 fois la masse du Soleil.

- Un verre contient environ $V = 20\text{ c}\ell = 0,2\ell$ et une masse $m_v \approx 0,2\text{ kg}$. Une molécule d’eau a une masse $m_e \approx 18 \times 1,6 \times 10^{-27} \approx 3 \times 10^{-26}\text{ kg}$. Un verre contient donc $n = m_v/m_e \approx 7 \times 10^{24}$ molécules. Si toutes ces molécules sont réparties de façon homogène sur Terre, chaque litre d’eau sur Terre contient en moyenne environ 6×10^3 molécules d’eau. Donc chaque verre d’eau contient en moyenne de l’ordre de 1000 molécules qui se trouvaient dans le dernier verre de Jules César.

Exercice 3 : MASSE D’ATOMES

La masse d’un proton environ égale à celle d’un neutron est d’environ $m_p = 1,7 \times 10^{-27}\text{ kg}$

- $m(^{52}_{24}\text{Cr}) \simeq 52m_p \simeq 88,4 \times 10^{-27}\text{ kg}$;
- $m(^{118}_{50}\text{Sn}) \simeq 52m_p \simeq 2 \times 10^{-25}\text{ kg}$;
- $m(^{25}_{12}\text{Mg}) \simeq 52m_p \simeq 42 \times 10^{-27}\text{ kg}$;
- $m(^{73}_{32}\text{Ge}) \simeq 52m_p \simeq 1,2 \times 10^{-25}\text{ kg}$.

Exercice 4 : RÉACTION NUCLÉAIRE

Lors d’une désintégration β^- , un neutron est converti en un proton + un électron + un anti-neutrino (une particule non chargée).

- Un atome d’uranium 239 subissant deux désintégration β^- transformera 2 neutrons en 2 protons + 2 électrons (les anti-neutrinos sont éjectés du noyau). On aboutit donc à du plutonium 239 :



- Pour transformer de l’uranium 238 en uranium 239 il faut lui ajouter un neutron. On peut le faire en bombardant de l’uranium 238 avec des neutrons



- La réaction nucléaire est :



où k est le nombre de neutrons produits. Les produits de la désintégration contiennent $(135 - 52) + (102 - 42) + k = 143 + k$ neutrons, et les réactif en contiennent $239 - 94 + 1 = 146$. On en conclut que $k = 3$, la réaction nucléaire produit 3 neutrons.

- Si un atome de plutonium capte un neutron il se désintègre en émettant 3 neutrons, c’est à dire que le nombre de neutrons est multiplié par 3. Chacun de ces neutrons provoque la désintégration de 3 autres atomes de plutonium qui émettent chacun 3 neutrons (soit 9 au total)... À l’étape n , 3^n neutrons sont émis, cela provoque une réaction en chaîne de plus en plus rapide.

Exercice 5 : ÉTAT D’UN ÉLECTRON

- Les quadruplet impossibles sont :
 - $(2, 1, 2, -1/2)$ car $m_l > l$
 - $(2, 2, 2, 1/2)$ car $l > n - 1$
 - $(3, -1, 1, -1/2)$ car $l < 0$
 - $(4, 2, 2, 1)$ car $m_s \neq \pm 1/2$
 - $(7, 3, -2, 0)$ car $m_s \neq \pm 1/2$
- $(5, 0, 0, 1/2)$: 5s
 - $(4, 1, -1, -1/2)$: 4p
 - $(5, 2, 2, -1/2)$: 5d
 - $(8, 1, -1, 1/2)$: 8p
 - $(8, 4, 0, -1/2)$: 8g
- Pour une sous-couche $5f$, $n = 5$ et $l = 3$ donc $m_l = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$ et $m_s = -1/2, 1/2$ ce qui donne 14 quadruplets possibles pour l’électron.

Exercice 6 : CONFIGURATIONS ÉLECTRONIQUES

- $^{26}_{26}\text{Fe}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{4s^2 3d^6}_{\text{électrons de valence}}$
- $^{14}_{14}\text{Si}$: $\underbrace{1s^2 2s^2 2p^6}_{\text{électrons de cœur}} \underbrace{3s^2 3p^2}_{\text{électrons de valence}}$
- $^{32}_{32}\text{Ge}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} \underbrace{4s^2 4p^2}_{\text{électrons de valence}}$
- $^{13}_{13}\text{Al}$: $\underbrace{1s^2 2s^2 2p^6}_{\text{électrons de cœur}} \underbrace{3s^2 3p^1}_{\text{électrons de valence}}$
- Ce sont les silicium et le germanium qui se trouvent dans la même colonne du tableau périodique car ils ont la même configuration pour leurs électrons de valence.

Exercice 7 : LES FAMILLES DE LA CLASSIFICATION

- Le potassium ($^{39}_{19}\text{K}$) : Métal alcalin, réagit violement avec l’eau pour former un hydroxyde. Densité assez faible.
- Le vanadium ($^{51}_{23}\text{V}$) : Métal
- Le brome ($^{80}_{35}\text{Br}$) : Non métal, halogène, forme des molécules diatomiques et des sels métaliques.
- Le krypton ($^{84}_{36}\text{Kr}$) : Non métal, gaz noble, très faible réactivité chimique.

Exercice 8 : IONS MONOATOMIQUES

- ^9F : $1s^2 2s^2 2p^5$ capte 1 électron pour remplir sa couche 2 donc forme l’ion F^-
- $^{16}_{16}\text{S}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ doit capter 2 électrons pour remplir sa sous-couche $3p$ donc forme l’ion S^{2-}
- $^{13}_{13}\text{Al}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ a besoin de céder 3 électrons pour ne garder que sa couche $n = 2$ pleine, il forme donc Al^{3+}
- ^3Li : $1s^2 2s^1$ perd un électron pour ne garder que sa couche 1 pleine il forme donc Li^+
- $^{20}_{20}\text{Ca}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ doit perdre ses deux électrons $4s$ pour avoir la même configuration que l’Argon, il forme donc Ca^{2+}

Exercice 9 : DÉGÉNÉRESCENCE DES NIVEAUX D’ÉNERGIE

- Pour $n = 4$ il y a 4 valeurs possibles de l : 0,1,2,3. Et chaque sous-couche possède $2l + 1$ orbitales qui peuvent accueillir chacune 2 électrons. Le niveau $n = 4$ comprend donc $1 + 3 + 5 + 7 = 14$ orbitales. Et peut donc accueillir au maximum 28 électrons.
- Les orbitales sont
 - (4,0,0),
 - (4,1,-1), (4,1,0), (4,1,1),
 - (4,2,-2), (4,2,-1), (4,2,0), (4,2,1), (4,2,2),
 - (4,3,-3), (4,3,-2), (4,3,-1), (4,3,0), (4,3,1), (4,3,2), (4,3,3).
- Dans un atome d’hydrogène, toutes les orbitales ont la même énergie. Dans un atome polyélectronique, toute les orbitales ayant mêmes l ont la même énergie.

Exercice 10 : ÉTAT FONDAMENTAL OU ÉTAT EXCITÉ

- $1s^1 2p^5$: état excité.
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$: fondamental
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$: fondamental
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^9$: excité
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$: théoriquement excité, mais état fondamental du cuivre (exception à la règle de Klechkowski)