
Physique générale : quantique, Corrigé 12

Assistants et tuteurs :

elena.acinapura@epfl.ch
sara.alvesdossantos@epfl.ch
felice.bordereau@epfl.ch

jeanne.bourgeois@epfl.ch
sofia.brizigotti@epfl.ch
thomas.chetaille@epfl.ch
marco.dimambro@epfl.ch

leo.goutte@epfl.ch
douaa.salah@epfl.ch
arianna.vigano@epfl.ch

Exercice 1 : Les configurations électroniques et le tableau périodique des éléments

La règle de Madelung dit qu'on remplit les orbitales dans l'ordre de $n + l$ croissant ; et pour la même valeur de $n + l$ on remplit d'abord le plus petit n .

Nous pouvons résumer ça dans un tableau :

n	l	n+l	nb. d'orbitales
1	0	1	2
2	0	2	2
2	1	3	6
3	0	3	2
3	1	4	6
4	0	4	2
3	2	5	10
4	1	5	6
5	0	5	2
4	2	6	10
5	1	6	6
6	0	6	2
4	3	7	14
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

- De la dernière colonne on peut voir que pour $Z=12$ on remplit les orbitales des 4 premières lignes du tableau $2 + 2 + 6 + 2 = 12$ la configuration est donc $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ (il s'agit du Magnesium).

Pour $Z = 15$, on part de la config. pour $Z = 12$ et on ajoute encore 3 électrons, dans les orbitales immédiatement suivants sur le tableau, qui ont $n = 3$ et $l = 1$: On a donc $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.

De la même façon, on déduit les autres configurations, qui sont : $Z = 36$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$.

Pour les configs suivantes, on utilise la notation qui consiste à indiquer le gaz noble immédiatement précédent l'élément, pour ne pas écrire la config. en étendu :

$$Z = 43 : [Kr]5s^24d^5$$

$$Z = 62 : [Xe]6s^24f^6$$

$$Z = 108 : [Ru]7s^25f^{14}6d^6$$

2. Le métal alcalin en dessous du Francium ($Z = 87$) aurait une config. de type $8s^1$, car le Francium est $7s^1$.
Du tableau, on voit que pour arriver à $8s^1$ en appliquant la règle de Madelung, il faut encore ajouter 32 électrons : $87 + 32 = 119$.
L'élément aurait $Z = 119$. A aujourd'hui il n'a pas encore été synthétisé.
3. D'après notre tableau, la config. de l'élément $Z = 75$ est $[Xe]6s^24f^{14}5d^5$
Par la règle de Hund, puisqu'il y a 5 orbitales dans les sous-couches du type d, les 5 électrons vont tous occuper des orbitales distinctes.
4. D'après la règle de Madelung, la 8ème ligne du tableau périodique contiendrait les orbitales $8s, 5g, 6f, 7d, 8p$ ce qui correspond à $2 + 18 + 14 + 10 + 6 = 50$ éléments. Mais en réalité on sait pas si la règle de Madelung serait encore valide (https://en.wikipedia.org/wiki/Aufbau_principle#Exceptions_in_the_f-block)

Exercice 2 : Atomes faits d'"électrons" avec spin $S = 1$

Si l'électron avait spin $s = 1$, il pourrait avoir les états $S_z = -1, 0, +1$.

Par le principe d'exclusion donc, chaque orbitale pourrait héberger trois électrons au lieu de deux.

1. La première ligne aurait 3 éléments avec config. $1s^11s^2$ et $1s^3$ La deuxième aurait : $2s^12s^22s^32p^1...2p^9$ donc 12 éléments. En général, chaque sous-couche contiendrait

$$(2l + 1)(2s + 1) = 3(2l + 1) = 6l + 3 \text{ éléments}$$

La 3ème ligne aurait encore 12 éléments la 4ème aurait 27 éléments etc...

2. Le carbone a une configuration $1s^22s^22p^2$
Pour atteindre la sous-couche $2p$ il faut avoir une config. $1s^32s^32p^2$, donc 8 électrons. L'élément chimique avec les propriétés chimiques du carbone aurait $Z = 8$ au lieu de $Z = 6$
En réalité, très probablement les propriétés chimiques de cet élément ne seraient pas les mêmes que le carbone, car le plus grand nombre d'électrons et leur spin $s = 1$ modifieraient les propriétés des liaisons moléculaires.
En plus, cet atome aurait une plus grande masse. Ceci changerait les propriétés des vibrations et rotations des molécules, qui sont à la base de plusieurs propriétés chimiques et biologiques des molécules.

Exercice 3 : Question de type examen

B. Un niveau d'énergie avec un nombre quantique principal n a n^2 orbitales, et chaque orbitale peut contenir 4 électrons avec $S_z = -3\hbar/2, -\hbar/2, \hbar/2, 3\hbar/2$.

Exercice 4 : Question de type examen

B. D'après la règle de Madelung, la 10ème ligne du tableau périodique contiendrait les orbitales $10s, 6h, 7g, 8f, 9d, 10p$ ce qui correspond à $2 + 22 + 18 + 14 + 10 + 6 = 72$ éléments.

Exercice 5 : Question de type examen

C. La 8ème ligne du tableau périodique est remplie avec $[\text{Rn}] 7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6$ pour $Z = 118$. Il faut ensuite rajouter 2 électrons, en commençant par le couche s d'après la règle de Madelung, donc on obtient $[\text{Rn}] 7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6 8s^2$ pour $Z = 120$.