

I Notions de mécanique quantique

Solution de l'exercice 1

1. Une allure typique de marche est $v = 4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ce qui donne pour une masse moyenne $m = 70 \text{ kg}$ une quantité de mouvement $p = mv \approx 78 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
2. D'après les relations de De Broglie, on peut écrire $\lambda = h/p \approx 8,5 \times 10^{-36} \text{ m}$.
3. Vu la très faible valeur de λ , on peut négliger les phénomènes quantiques pour ce système.
4. Pour une molécule de dioxygène $\lambda = h/p \approx 2,5 \times 10^{-11} \text{ m}$, ainsi $\lambda \ll d$ avec d la taille usuelle d'un récipient. Ainsi l'étude des gaz dans un récipient ne nécessite pas l'usage de la mécanique quantique.

Solution de l'exercice 2

Les zones d'interférences constructives correspondent à un maximum de probabilité de présence d'un neutron et les zones d'interférences destructives correspondent à un minimum de probabilité de présence d'un neutron.

Solution de l'exercice 3

Prenons l'exemple de l'expérience des trous d'Young avec une expérience photon par photon. Fermons un trou, alors on observe sur l'écran une zone éclairée uniformément. Si on associe à un trou une probabilité que le photon vienne frapper l'écran à un endroit donné, lorsque les deux trous sont ouverts, la probabilité devrait s'écrire $p_1 + p_2$ avec p_1 la probabilité associée au premier trou et p_2 celle associée au second. Or, si on se trouve dans une zone où aucun photon n'arrive, cela indique que $p_1 + p_2 < p_1$ ce qui est impossible vu que les probabilités sont des grandeurs positives.

Il est donc nécessaire d'introduire la notion d'amplitude de probabilité pour faire apparaître des termes d'interférences.

Solution de l'exercice 4

Pour un quanton confiné dans l'espace sur une longueur L , on peut écrire pour l'onde associée au quanton que $n\lambda/2 = L$ par analogie avec une onde stationnaire. Ainsi $\lambda = 2L/n$ ainsi $p = h/\lambda = nh/(2L)mv$, or $E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2h^2}{8mL^2}$.

Solution de l'exercice 5

On retrouve le confinement d'un quanton dans une région donnée de l'espace. Par analogie avec le quanton dans un puits de potentiel, on peut affirmer que le quanton a des niveaux d'énergies quantifiés.

Solution de l'exercice 6

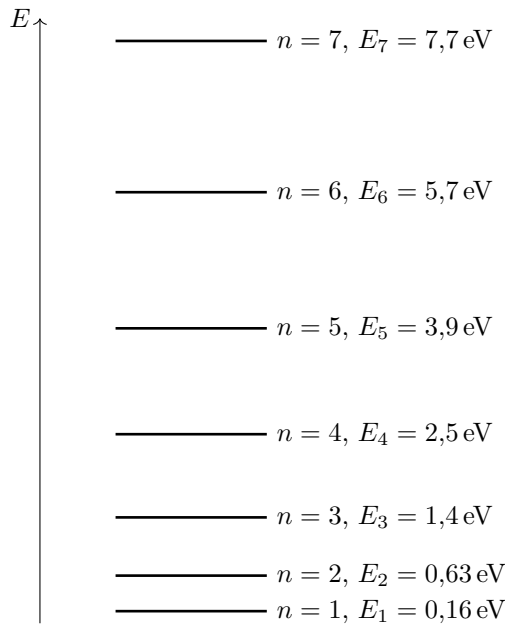
Les atomes étant plus lourds que les électrons, la longueur d'onde de l'onde de probabilité associée $\lambda = h/p$ est plus faible car p croît avec m . Les phénomènes quantiques sont donc plus difficiles à mettre en œuvre.

Solution de l'exercice 7

1. Au bout d'un tour l'onde est en phase si le périmètre est égal à un nombre entier de longueurs d'onde $2\pi r = n\lambda$ donc $\lambda = 2\pi r/n$.
2. D'après les relations de De Broglie, $\lambda = h/p = 2\pi r/n$ d'où $p = n\hbar/r$.
3. D'après l'énoncé $p = k/\sqrt{r} = n\hbar/r$ d'où $r^{1/2} = n\hbar/k$ d'où $r_n = \left(\frac{n\hbar}{k}\right)^2$.
4. L'énergie potentielle de l'électron varie en $1/r$ donc est proportionnelle à $1/n^2$.

Solution de l'exercice 8

1. Les longueurs d'ondes possibles sont telles que $n\lambda/2 = L$. L'énergie associée est $E = \frac{p^2}{2m}$ avec $p = h/\lambda$ d'où $E = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$.
2. La longueur du fil associé est de 11 atomes soit $L = 10d + 2\frac{d}{2} = 11d \approx 1,54 \text{ nm}$.
3. On a alors $E_1 = 0,16 \text{ eV}$, $E_2 = 0,63 \text{ eV}$, $E_3 = 1,4 \text{ eV}$, $E_4 = 2,5 \text{ eV}$, $E_5 = 3,9 \text{ eV}$, $E_6 = 5,7 \text{ eV}$ et $E_7 = 7,7 \text{ eV}$.



Solution de l'exercice 9

Supposons deux photons très proches, le premier va entrer en contact avec le miroir et va être réfléchi, sa quantité de mouvement passe de \vec{p} à $-\vec{p}$ pendant un temps δt . Il exerce donc une force sur le miroir égale à $-\delta\vec{p}/\delta t = 2\vec{p}/\delta t$. Le miroir va donc reculer et le photon suivant va mettre plus de temps à l'atteindre avant d'être lui-même réfléchi. Ainsi les deux photons sont un peu plus séparés après réflexion.

Considérons maintenant deux photons assez éloignés, le premier photon va faire reculer le miroir, mais à cause du ressort ce miroir va osciller et le photon suivant va être réfléchi alors que

le miroir est avancé par rapport à sa position initiale. Il va donc être réfléchi plus tôt que si le miroir n'avait pas bougé. Résultat les deux photons sont plus proches après réflexion.

II Structure électronique des atomes

Solution de l'exercice 1

CO_2 est une espèce chimique, Cl^- est une entité chimique, O_2 est un corps simple, le fer est un élément et ${}^2_1\text{H}$ est un atome.

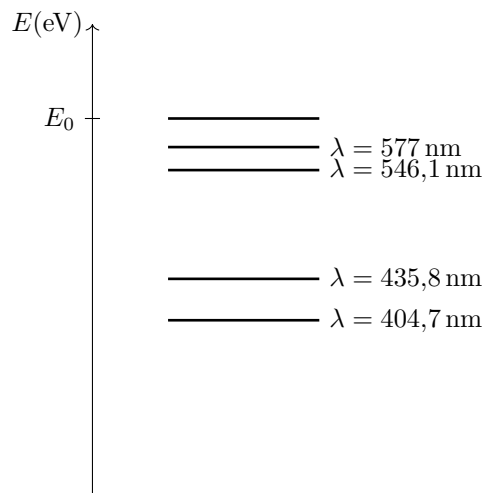
Solution de l'exercice 2

La transition énergétique correspondante est tout simplement égale à l'énergie du photon : $E = h\nu = hc/\lambda \approx 9,46 \times 10^{-25} \text{ J} \approx 5,9 \times 10^{-6} \text{ eV}$.

On trouve $\lambda = hc/E \approx 253 \text{ nm}$.

Solution de l'exercice 3

En électronvolt, on trouve le diagramme relatif suivant :



Solution de l'exercice 4

${}^7_7\text{N} = 1s^2 2s^2 2p^3$, ${}^{15}_{15}\text{P} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$, ${}^{22}_{22}\text{Ti} = [{}_{18}\text{Ar}]3d^2 4s^2$, ${}^{46}_{46}\text{Pd} = [{}_{36}\text{Kr}]4d^8 5s^2$, ${}^{53}_{53}\text{I} = [{}_{36}\text{Kr}]4d^{10} 5s^2 5p^5$.

Solution de l'exercice 5

Pour l'azote, 3 électrons non appariés, pour le phosphore, 3 aussi, pour le titane 2 seulement, pour le palladium 2 aussi et pour l'iode un seul.

Solution de l'exercice 6

Pour le cobalt, on trouve comme configuration fondamentale : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$ donc pour Co^{2+} , on obtient $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$ et $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$ pour Co^{3+} .

Solution de l'exercice 7

Dans l'ordre :

- Mn : $[\text{Ar}]4s^2 3d^5$, Tc : $[\text{Kr}]5s^2 4d^5$, Gd : $[\text{Xe}]6s^2 4f^8$, Ac : $[\text{Rn}]7s^2 5f^1$ Zr : $[\text{Kr}]5s^2 4d^2$, Rn : $[\text{Xe}]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$, Kr : $[\text{Ar}]4s^2 3d^{10} 4p^6$ et Ne : $[\text{He}]2s^2 2p^6$.

- Sn^{2+} : $[\text{Kr}]5s^2 4d^{10}$, K^{2+} : $[\text{Ne}]3s^2 3p^5$, Se^{2-} : $[\text{Ar}]4s^2 3d^{10} 4p^6$ et I^- : $[\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^6$.

Solution de l'exercice 8

Voir le cours.

Solution de l'exercice 9

Alcalins : première colonne, halogènes : avant-dernière colonne du bloc p et gaz nobles : dernière colonne du bloc p .

Solution de l'exercice 10

Voir une classification périodique, sinon une phrase pour retenir la deuxième ligne de la classification : **L**ili **B**êche **B**ien **C**hez **N**otre **O**ncle **F**ernand **N**estor.

Solution de l'exercice 11

Na, ainsi que H_2 , ont un caractère réducteur marqué alors que F_2 et O_2 ont un caractère oxydant marqué.

Solution de l'exercice 12

- Fe est à gauche de Co donc Co est plus électronégatif;
- Li est au dessus de K donc Li est plus électronégatif;
- Cs est en dessous et à gauche de Zr donc Zr est le plus électronégatif (les deux effets sont dans le même sens sinon on ne peut pas conclure).

Solution de l'exercice 13

$Z = 32$.

Solution de l'exercice 14

122, 103, 97 nm ...

Solution de l'exercice 15

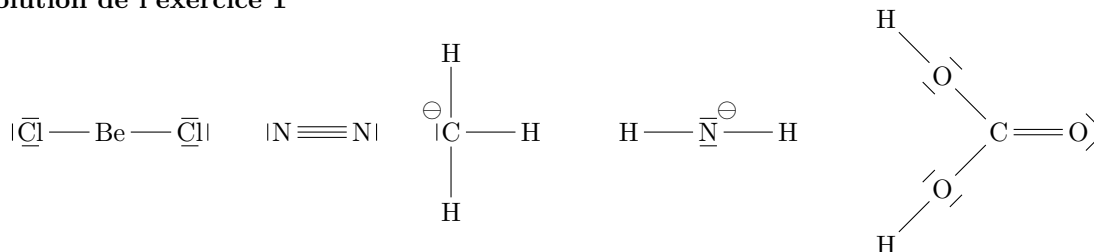
1. $_{10}\text{Ne}3s^2$
2. $_{10}\text{Ne}3s^1$ et $_{10}\text{Ne}$
3. Présence de sous-couche saturée ou demi-remplie.

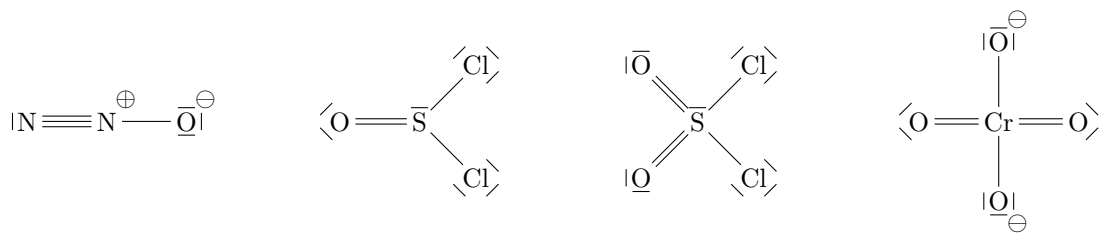
Solution de l'exercice 16

1. $_{36}\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^2$.
2. $_{36}\text{Kr}]5s^2 4d^{10}$ et $_{36}\text{Kr}]4d^{10}$ correspondent à des sous-couches saturées.
3. $_{18}\text{Ar}]4s^2 3d^8$, $S = 1$.
4. $_{18}\text{Ar}]3d^8$.

III Structure électronique des molécules

Solution de l'exercice 1





Solution de l'exercice 2

Les réponses sont :

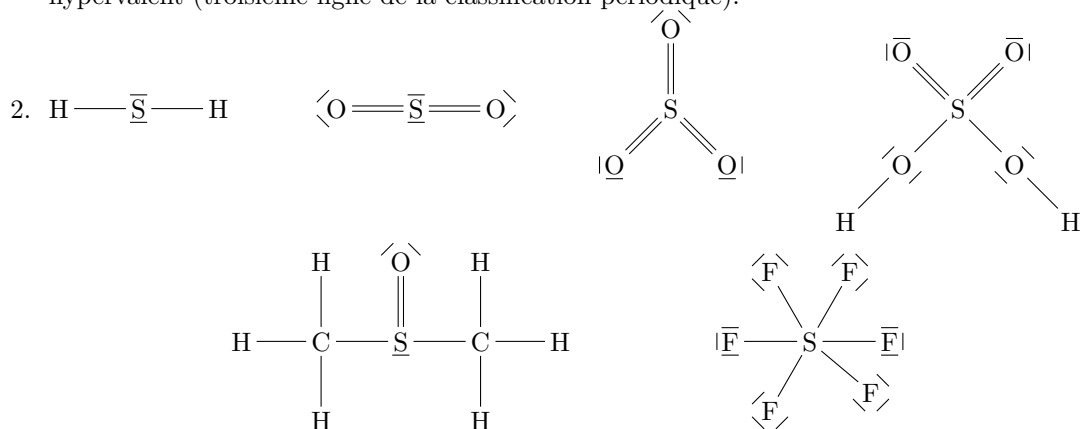
- pour la molécule de CO_2 : non ;
- pour la molécule de SO_4^{2-} : non ;
- pour la molécule de H_2S : oui ;
- pour la molécule de NH_3 : oui.

Solution de l'exercice 3



Solution de l'exercice 4

1. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, le soufre possède donc 6 électrons de valence et il a la possibilité d'être hypervalent (troisième ligne de la classification périodique).



3. les doubles liaisons sont plus courtes que les liaisons simples.
4. La molécule est polaire (voir l'exercice III).

Solution de l'exercice 5

1. $\text{H}-\underline{\text{F}}$ et $\text{H}-\underline{\text{I}}$ Les deux molécules sont polaires car l'iode et le fluor sont plus électronégatifs que l'hydrogène. Le vecteur moment dipolaire est dirigé de l'halogène vers l'hydrogène.
2. La charge portée est $q = p/d \approx 7,11 \times 10^{-20} \text{ C}$.
3. La charge portée est $q = p/d \approx 7,74 \times 10^{-21} \text{ C}$.

4. Pour HF le pourcentage de caractère ionique de la liaison est de $q/e = 44,5\%$ alors que pour HI il est de $q/e = 4,8\%$. En réalité, la liaison dans HI est quasi-covalente.