

TD 29 – QUANTIQUE

PHOTON, LONGUEUR D'ONDE DE DE BROGLIE

1. Photons radio

Un émetteur de fréquence $f = 105,5 \text{ MHz}$ délivre une onde de puissance $p = 100 \text{ kW}$. Calculer le nombre moyen de photons émis par seconde.

2. Raie d'émission

La lumière d'un faisceau laser est émise par des atomes effectuant une transition entre deux niveaux d'énergie distants de $E = 2,28 \text{ eV}$.

Quelle est la couleur de ce laser ?

3. Calcul de la longueur d'onde de matière

- Quelle énergie (en eV) doit-on communiquer à des électrons pour que λ_{DB} soit égale à $0,1 \text{ nm}$?
- Calculer λ_{DB} pour un électron et un proton ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) dont les énergies cinétiques valent toutes les deux 100 eV .

4. Nombre de photons en astronomie

- Le flux solaire au niveau du sol terrestre vaut en moyenne $\Phi_s = 1000 \text{ W/m}^2$.

En prenant pour les photons solaires une longueur d'onde $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$, trouver l'ordre de grandeur du nombre de photons solaires reçus par un capteur de surface $S = 1 \text{ m}^2$ pendant $\Delta t = 1 \text{ s}$.

- Il est possible de voir à l'œil nu une étoile de magnitude $m = 6,5$. La magnitude est reliée au flux d'énergie par la relation $m - m_0 = -2,5 \log_{10} \frac{\Phi}{\Phi_0}$ où m_0 et Φ_0 correspondent à une étoile de référence.

La magnitude du Soleil est égale à $-26,8$

Trouver l'ordre de grandeur du nombre de photons provenant d'une étoile de magnitude $6,5$ entrant pendant 1 s dans un œil dont la pupille, ouverte au maximum, a un diamètre de 7 mm . Conclure sur la sensibilité de l'œil la nuit.

On prendra pour longueur d'onde des photons la même que celle des photons solaires (hypothèse valable si l'étoile est de même type que le Soleil).

5. Modèle de Slater

Pour étudier les atomes polyélectroniques par un calcul semi-classique, John Clarke Slater a considéré que tout se passait pour les électrons des couches externes comme si les électrons de cœur diminuaient partiellement la charge du noyau atomique.

Il parle d'écrantage dû aux électrons de cœur : la charge ressentie un électron d'indice i est alors $Z_{\text{eff}}e = (Z - \sigma_i)e$ où Z est le numéro atomique et σ_i est la constante d'écran de Slater pour cet électron.

Elle est calculée par la somme $\sigma_i = \sum_j \sigma_{j \rightarrow i}$ où les différents coefficient sont donnés dans la table suivante :

Electron « écranté » i	Ecran dû à un électron j					
	1s	2s, 2p	3s, 3p	3d	4s, 4p	4d
1s	0,31					
2s, 2p	0,85	0,35				
3s, 3p	1	0,85	0,35			
3d	1	1	1	0,35		
4s, 4p	1	1	0,85	0,85	0,35	
4d	1	1	1	1	1	0,35

FIGURE 3.9 – Table des constantes d'écran de Slater

- Sur quelle sous-couche se trouve l'électron externe de l'atome de lithium ${}^7_3\text{Li}$?
- Calculer Z_{eff} dans son cas.

Les différents niveaux d'énergie et les transitions atomiques ne concernent que cet électron externe.

- Reprendre le calcul fait dans le cas de l'atome d'hydrogène : déterminer, par la condition de quantification du moment cinétique, rayons, vitesses et énergies possibles de l'électron externe.

On rappelle que le nombre atomique principal n correspond à celui de la sous-couche électronique.

- Des mesures expérimentales (énergie de ionisation de l'atome) donnent pour l'énergie du fondamental $E_{\text{min}} = -5,93 \text{ eV}$. Discuter.

