

PHYSQ 208 – Devoir 6 (à rendre au cours du jeudi 27 octobre)

1. Effet Compton. Combien vaut le rapport $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ maximal –tel que déterminé par l’angle– de la diffusion de Compton par l’électron (masse $511 \text{ keV}/c^2$) pour

- (a) de la lumière incidente rouge dont $\lambda = 630 \text{ nm}$?
- (b) de la lumière incidente verte dont $\lambda = 530 \text{ nm}$?

2. Effet Compton. Un photon d’énergie égale à 65 keV est diffusé à la Compton par un électron libre au repos.

- (a) Quelle est la longueur d’onde λ de ce photon initial?
- (b) Quelle est la longueur d’onde maximale λ' –telle que déterminée par l’angle– du photon final?
- (c) Quelle énergie de recul maximale l’électron peut-il ainsi acquérir? (C.-à-d. donnée par le changement d’énergie ΔE entre les photons final et initial.)

3. Modèle de Bohr de l’hydrogène. Suite à notre discussion de l’atome de Bohr aux pp. 6 à 10 des notes, on évalue ici la vitesse de l’électron dans l’atome.

- (a) En utilisant la quantification du moment angulaire et les expressions pour r_n et a_B en p.8 des notes du cours, trouvez la vitesse v_n du niveau n en termes de k , e , n et \hbar .
- (b) Pour quel n la vitesse est-elle la plus grande?
- (c) Quelle est la valeur numérique de v_n/c pour cette orbite? (Cette constante est appelée la “constante de structure fine” α .)
- (d) Que vaut le facteur relativiste γ correspondant?

4. Atomes hydrogénéoïdes. Considérez un ion d’azote ionisé six fois N^{6+} . Avec les résultats aux pp. 18-20 des notes du chap.4

- (a) quelle est l’énergie E_1 du niveau fondamental, en eV?
- (b) Quelle est l’énergie E_1 du niveau fondamental, en joules?
- (c) Quel est le rayon de Bohr, a_B/Z , pour cet atome?
- (d) Quelle est la longueur d’onde λ du photon émis lors de la transition de $n = 2$ à $n = 1$?
- (e) Quelle sont les longueurs d’onde des photons émis pour *toutes* les transitions vers $n = 1$?

5. Atomes hydrogénéoïdes. Les pions négatifs π^- ont une charge $-e$ et une masse $273m_e$. Considérez un atome hydrogénéoïde de carbone (dont $Z = 6$) où l’électron est remplacé par un π^- .

- (a) Quel est le rayon de l’orbite de cet atome de carbone quand le π^- est au niveau $n = 1$?
- (b) Quel est le rayon R_C du noyau de carbone (rappel: $r_A = 1.1A^{1/3} \text{ fm}$) en m? **A=12**
- (c) En considérant vos réponses en (a) et (b), est-ce que l’orbite d’un π^- au niveau $n = 1$ peut être formée, c.-à-d. est-ce que $r_1 > R_C$?
- (d) Répondez aux questions (a), (b) et (c) pour un noyau de plomb, dont $Z = 82$. **A=207**

Phys 208 DEVOIR 6 (27 OCTOBRE 2022)

#1. $\Delta\lambda = \frac{hc}{mc^2} (1 - \cos\theta)$ EST MAXIMAL QUAND $\cos\theta = -1$

ou $\theta = 180^\circ$, c.-à-d. LE PHOTON FINAL BONDIT VERS L'ARRIÈRE.

ON A DONC $1 - \cos\theta = 2$, ET

$$(a) \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2hc}{\lambda mc^2} = \frac{2(1240 \text{ eV}\cdot\text{nm})}{630 \text{ nm} (511000 \text{ eV})} = \boxed{7.70 \times 10^{-6}}$$

$$(b) \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2(1240 \text{ eV}\cdot\text{nm})}{530 \text{ nm} (511000 \text{ eV})} = \boxed{9.16 \times 10^{-6}}$$

$$\#2. (a) \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}}{65000} = 0.0190769$$

$$\approx \boxed{0.0191 \text{ nm}}$$

(b) COMME AU #1, $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$ SERA MAXIMAL

AU $\theta = 180^\circ$ ET $1 - \cos\theta = 2$, AINSI

$$\Delta\lambda = \frac{hc}{mc^2} (1 - \cos\theta) = \frac{1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}}{511000 \text{ eV}} (2) = 4.8532 \times 10^{-3} \text{ nm}$$

$$\lambda' = 0.0190769 + 0.0048532 = 0.0239301 \text{ nm}$$

$$\approx \boxed{0.0239 \text{ nm}}$$

$$(c) \Delta E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = \frac{1240}{0.0190769} - \frac{1240}{0.0239301}$$

$$= \boxed{13.8 \text{ keV}}$$

$$\#3.(a) L_n = m v_n r = n \hbar \rightarrow v_n = \frac{n \hbar}{m r_n}$$

$$r_n = n^2 a_B \text{ ET } a_B = \frac{\hbar^2}{k e^2 m} \text{ DONNENT}$$

$$v_n = \frac{n \hbar}{m n^2 \frac{\hbar^2}{k e^2 m}} = \boxed{\frac{k e^2}{n \hbar}}$$

$$(b) \boxed{n=1}$$

$$(c) \frac{v_1}{c} = \frac{k e^2}{(1) \hbar c} = \frac{1.44 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{2\pi}}$$

$$= \boxed{\frac{1}{137} \approx 0.0073}$$

$$(d) \gamma = \boxed{1.0000266 \approx 1}$$

#4. COMME N^{6+} EST IONISÉ 6 FOIS ET QU'IL RESTE 1 ÉLECTRON, ON A $Z=6+1=7$.

$$(a) E_n = -\frac{Z^2 E_2}{n^2} = -\frac{7^2 (13.6 \text{ eV})}{1} = -666 \text{ eV}$$

$$(b) 666 \text{ eV} \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{\text{eV}} = 1.066 \times 10^{-16} \text{ J}$$

$$(c) \frac{a_3}{7} = \frac{0.529 \times 10^{-10} \text{ m}}{7} = 7.56 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$(d) \Delta E = E_2 - E_1 = Z^2 E_2 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2^2} \right)$$

$$\lambda_{21} = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{7^2 (13.6 \text{ eV}) \left(1 - \frac{1}{4} \right)} = 2.48 \text{ nm}$$

$$(e) \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} = 1, \text{ DONC}$$

$$\lambda_{\infty 1} = \frac{1240}{7^2 (13.6) (1)} = 1.86 \text{ nm}$$

ON A DONC

$$1.86 \text{ nm} \leq \lambda \leq 2.48 \text{ nm}$$

#5. (a) COMME $m_{\pi} = 273 m_e$, ON A

$$a_B^{(\pi)} = \frac{\hbar^2}{k e^2 m_{\pi}} = \frac{\hbar^2}{k e^2 (273 m_e)} = \frac{a_B^{(e)}}{273}$$

DE $r_n = \frac{n^2}{Z} a_B^{(\pi)}$ AVEC $Z=6$ POUR LE CARBONE

$$r_{n=1}^{(\pi)} = \frac{1^2}{6} \frac{a_B^{(e)}}{273} = \frac{5.29 \times 10^{-11} \text{ m}}{6 (273)} = \boxed{3.2 \times 10^{-14} \text{ m}}$$

$$(b) R_c = 1.1 \left(\overset{12}{\cancel{6}} \right)^{1/3} = \boxed{2.5 \times 10^{-15} \text{ m}}$$

(c) $\boxed{\text{oui } r_1 > R_c}$

(d) POUR LE PLOMB, $Z=82$ ET

$$r_{n=1}^{(p)} = \frac{5.29 \times 10^{-11} \text{ m}}{82 (273)} = \boxed{2.4 \times 10^{-15} \text{ m}}$$

$$R_{pb} = 1.1 \left(\overset{207}{\cancel{82}} \right)^{1/3} = \boxed{6.5 \times 10^{-15} \text{ m}}$$

$\boxed{\text{NON CAR } R_{pb} > r_1}$