
Physique générale : quantique, Série 10

Assistants et tuteurs :

elen.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 : Le destin très rapide de l'atome classique

Selon les lois de l'électromagnétisme classique, une charge e qui se déplace avec une accélération a émet un rayonnement électromagnétique avec une puissance

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{1}{6\pi\epsilon_0} \frac{e^2 a^2}{c^3}.$$

1. Démontrer que l'électron dans le modèle classique de type planétaire de l'atome d'hydrogène parcourt une trajectoire en forme de spirale vers le noyau, avec un taux de variation du rayon de

$$\frac{dr}{dt} = -\frac{e^4}{12\pi^2\epsilon_0^2 r^2 m_e^2 c^3}.$$

2. Calculer le temps que l'électron met pour s'écraser sur l'atome en atteignant $r = 0$, à partir d'un rayon initial $r_0 = 2.00 \times 10^{-10}$ m.

Exercice 2 : La lune

1. Calculer le moment cinétique de la lune, associé à son mouvement autour de la terre. Utiliser 3.84×10^8 m pour la distance moyenne terre-lune et 2.36×10^6 s pour la période de rotation autour de la terre.
2. Le moment cinétique de la lune est quantifié selon l'hypothèse de Bohr. La quantification est donnée par $mvr = n\hbar$ avec $n = 1, 2, \dots$. Calculer le nombre quantique n associé à la rotation de la lune autour de la terre.
3. De combien devrait-on modifier la distance terre-lune pour que ce nombre quantique augmente de 1 ?

Exercice 3 : Atomes de Rydberg

On appelle un “atome de Rydberg” un atome où un électron a été excité dans un état avec nombre quantique n très grand. Puisque le rayon de l’orbite de cet électron est très grand, le noyau et les autres électrons de l’atome sont vu par l’électron comme une charge ponctuelle effective, ce qui fait que le modèle de l’atome d’hydrogène décrit très bien l’état de l’électron. On observe le rayonnement émis par des atomes de Rydberg dans l’espace interstellaire. On utilise aussi certains atomes de Rydberg pour effectuer des expériences de physique quantique, car le comportement de plusieurs de ces atomes est plus simple que celui d’un ensemble d’atomes dans des états à petit n .

1. Calculer la fréquence et la longueur d’onde d’un photon émis par un atome d’hydrogène qui fait une transition de l’état avec $n = 2$ à l’état fondamental $n = 1$.
2. Calculer la fréquence et la longueur d’onde d’un photon émis par un atome d’hydrogène qui fait une transition de l’état avec $n = 273$ à l’état avec $n = 272$. Dans quelle région du spectre électromagnétique se situe cette émission ?
3. Calculer le rayon d’un atome d’hydrogène dans un état de Rydberg avec $n = 273$. Comparez-le avec le rayon de Bohr.
4. Calculer la vitesse de l’électron dans l’état $n = 273$.
5. Supposer maintenant que nous ne disposons pas du modèle de Bohr de l’atome. Calculer la longueur d’onde du rayonnement émis pour la transition de $n = 273$ et $n = 272$ à l’aide de considérations de physique classique. Comparez avec le résultat obtenu en utilisant le modèle de Bohr.

Exercice 4 : Ion d’hélium

Considérons le ion He^+ .

1. En utilisant le modèle de Bohr, calculer les niveaux d’énergie de l’électron dans cet ion et dessiner la structure de ces niveaux. On rappelle que le noyau contient deux protons.
2. Quelle est l’énergie de ionisation du ion He^+ ?

Exercice 5 : Question de type examen

Un atome d’hydrogène se trouve dans un état de Rydberg, c.-à-d. un état avec une valeur très élevée du nombre quantique principal n . Quelle est la valeur de n minimale pour que le rayon de l’atome (calculé d’après la théorie de Bohr) soit $R > 1 \text{ mm}$?

1. $n > 1.9 \times 10^7$
2. A la taille de 1 mm l’atome devient classique et le nombre quantique n n’est plus bien défini
3. $n > 4348$
4. $n > 127$