

## Série d'exercices

## L'atome et la mécanique de Newton

Introduction à la mécanique quantique – 2BAC Sciences Mathématiques

Préparé par : Prof Alaeddine ABIDA  
Plateforme : AJITFHAM ACADEMY

Physique–Chimie

**Objectif de la série :** s'entraîner sur la quantification de l'énergie, les photons, les spectres atomiques, les transitions énergétiques et les limites de la mécanique newtonienne dans l'interprétation du comportement de l'atome.

## Exercice 1 : Notions de base sur la quantification de l'énergie

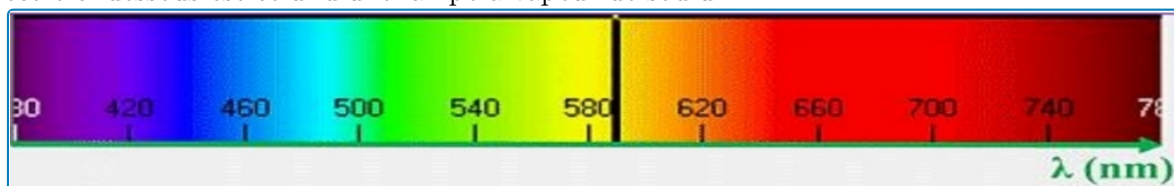
Répondre par **vrai** ou **faux** en justifiant brièvement lorsque c'est nécessaire.

1. Les niveaux d'énergie d'un atome sont explicables par la mécanique newtonienne.
2. Plus la longueur d'onde dans le vide d'un photon est grande, plus son énergie est élevée.
3. La constante de Planck  $h$  a la dimension du temps.
4. Les spectres d'émission et d'absorption d'un atome sont complémentaires.
5. Les échanges énergétiques d'un atome avec l'extérieur sont quantifiés.
6. L'état fondamental correspond à l'énergie la plus élevée de l'atome.
7. Le rayon atomique peut prendre toutes les valeurs possibles.



## Exercice 2 : Spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium

Le spectre ci-dessous est celui d'une lampe à vapeur de sodium.



1. S'agit-il d'un spectre d'émission ou d'un spectre d'absorption ?
2. Déterminer la valeur approximative de la longueur d'onde émise par un atome de sodium.
3. Calculer la fréquence de la radiation monochromatique associée.
4. Calculer l'énergie du photon correspondant en joule puis en électron-volt.

**Données :**  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

### Exercice 3 : Photon émis par un noyau d'uranium excité

Un noyau d'uranium  $^{234}\text{U}$  dans un état excité émet un photon de fréquence :

$$\nu = 3,7 \times 10^{19} \text{ Hz.}$$

1. Quelle est la longueur d'onde associée à ce photon ? À quel domaine du spectre électromagnétique appartient-il ?
2. Calculer la valeur de l'énergie associée à ce photon.

**Données utiles :**  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

### Exercice 4 : Transitions énergétiques dans l'atome d'hydrogène

L'énergie d'un atome d'hydrogène dans un état donné est donnée par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad \text{avec} \quad E_0 = 13,6 \text{ eV} \quad ; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

1. Représenter sur un diagramme les niveaux énergétiques, en électron-volt, de l'atome d'hydrogène pour  $1 \leq n \leq 4$ , en identifiant l'état fondamental et les états excités.
2. Un atome d'hydrogène passe du niveau  $n = 4$  au niveau  $n = 1$ .
  - a) Calculer la longueur d'onde dans le vide de la radiation monochromatique associée à cette transition.
  - b) À quel domaine du spectre électromagnétique cette longueur d'onde appartient-elle ?

### Exercice 5 : Séries spectrales de l'atome d'hydrogène

Planck a supposé que les échanges énergétiques entre la matière et un rayonnement monochromatique de fréquence  $\nu$  ne peuvent se faire que par quantités discrètes d'énergie. En 1905, Einstein compléta cette idée en introduisant la notion de photon, considéré comme une particule sans masse et d'énergie :

$$E = h\nu.$$

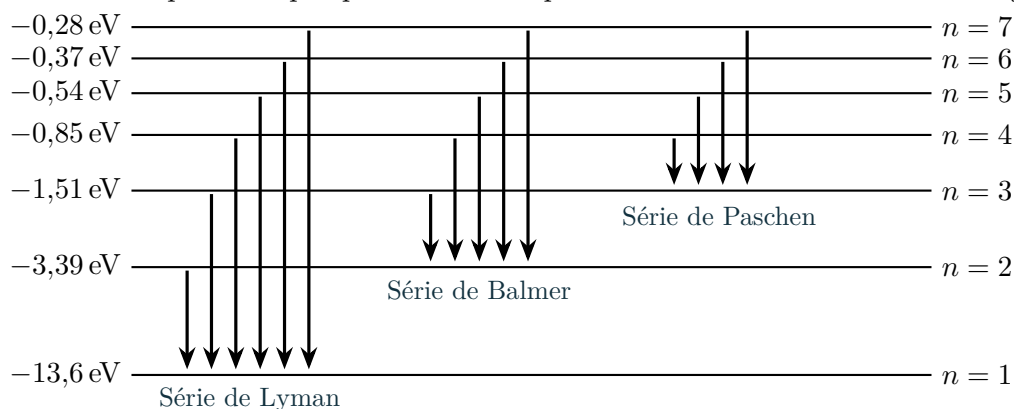
L'énergie de l'atome d'hydrogène est donnée par la relation :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)},$$



où  $n$  est le nombre quantique principal qui indique le niveau d'énergie occupé par l'électron.

Le diagramme suivant représente quelques transitions possibles de l'électron de l'atome d'hydrogène.



**Données :**  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

On éclaire des atomes d'hydrogène, initialement dans leur état fondamental, par des photons d'énergies respectives 1,51 eV et 12,09 eV.

1. En utilisant le diagramme énergétique, décrire ce qui se produit pour l'atome d'hydrogène.
2. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation émise lors du passage de l'électron du niveau  $n = 2$  au niveau  $n = 1$ .
3. Une radiation visible est émise lors d'une transition d'un niveau d'énergie  $m$  vers un niveau d'énergie  $n$ . Sa longueur d'onde est  $\lambda = 489 \text{ nm}$ . Déterminer les valeurs de  $m$  et  $n$ .

### Exercice 6 : Lampe à vapeur de sodium et énergie des photons

On utilise des lampes à vapeur pour l'éclairage des tunnels routiers. Ces lampes contiennent de la vapeur de sodium à très faible pression. Cette vapeur est excitée par un faisceau d'électrons qui traverse le tube : les atomes de sodium absorbent l'énergie des électrons. L'énergie est restituée lors du retour à l'état fondamental sous forme de photons.

On donne les deux longueurs d'onde, en nanomètre, du spectre d'émission du sodium :

$$\lambda_1 = 589,00 \text{ nm} \quad \text{et} \quad \lambda_2 = 589,59 \text{ nm}.$$

1. Calculer les valeurs d'énergie des deux types de photons émis. On exprimera chaque résultat en joule puis en électron-volt.
2. En supposant que l'énergie du photon émis est égale à l'énergie cinétique de l'électron exciteur, calculer la vitesse minimale des électrons exciteurs pour pouvoir observer chacune des deux transitions énergétiques.
3. La puissance de la lampe utilisée est  $P = 1000 \text{ W}$ . En considérant l'énergie moyenne des photons émis, calculer le nombre de photons émis par la lampe pendant une seconde.
4. L'oeil étant plus sensible aux couleurs jaunes, justifier l'emploi de ces lampes dans les tunnels.

**Données utiles :**  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;  $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .

### Exercice 7 : Absorption et excitation de l'atome d'hydrogène

La relation suivante donne les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ en eV},$$

où  $n$  est un entier naturel positif tel que  $n \geq 1$ .

1. Calculer la valeur absolue de l'énergie pour l'état fondamental, les trois premiers états excités et l'état ionisé.
2. Représenter ces niveaux d'énergie sur un diagramme énergétique.
3. Montrer que l'atome d'hydrogène dans son état fondamental peut absorber les photons d'énergies 10,2 eV et 12,8 eV, mais ne peut pas absorber le photon d'énergie 5,2 eV.
4. Dans le cas d'absorption :
  - a) Représenter les transitions possibles sur le diagramme énergétique.



- b) Calculer la longueur d'onde et la fréquence de la radiation correspondant au photon d'énergie 10,2 eV.
- c) Quelle est la nature de cette radiation ?
5. L'atome d'hydrogène peut-il être excité s'il est heurté par :
- a) un électron d'énergie cinétique 5 eV ?
- b) un électron d'énergie cinétique 12 eV ?

**Données utiles :**  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s;  $c = 3,00 \times 10^8$  m.s<sup>-1</sup>; 1 eV = 1,602 × 10<sup>-19</sup> J.



By Prof  
Alaeddine  
ABIDA  
PC