

Classe d'une étoile

Énoncé

Les étoiles sont réparties en différentes classes selon la température de leur surface. La classe F correspond à des étoiles chaudes (température de l'ordre de $7,6 \cdot 10^3$ K) alors que la classe K correspond à des étoiles plus froides (température de l'ordre de $5,1 \cdot 10^3$ K). À une température T donnée, le maximum d'intensité lumineuse émise existe pour une longueur d'onde λ_M vérifiant la loi de Wien (**Fig. 1**) :

$$\lambda_M T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K où } \lambda_M \text{ est en mètres et } T \text{ en kelvins.}$$

- Calculer la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission des étoiles de classes F et K.
- Quelle est la « couleur » dominante d'une étoile de classe F ? Et de classe K (**Fig. 2**) ?
- Quelle est la température de surface d'une étoile émettant un maximum de radiations dans le bleu $\lambda_M = 500$ nm ?

d. À quelle température le maximum de rayonnement est-il à la limite de l'infrarouge ? Et à la limite de l'ultraviolet ?

e. Tracer l'évolution de la longueur d'onde λ_M en fonction de la température T correspondant à la loi de Wien pour la lumière visible.

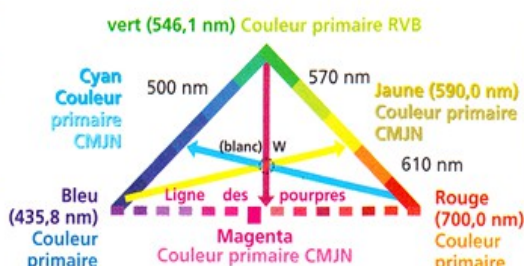


Fig. 2 Triangle des couleurs.

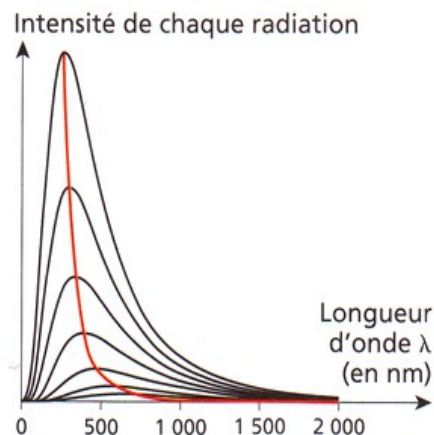


Fig. 1 Densité spectrale du corps noir (en rouge : la loi de Wien).

Conseils pour comprendre l'énoncé

- Il est demandé de calculer une longueur d'onde, il faut donc utiliser une équation mettant en jeu cette grandeur. La loi de Wien est toute indiquée.
- Si une couleur est demandée, il faut utiliser la correspondance entre couleur et longueur d'onde.

Résolution

a. Pour la classe F, $\lambda_M = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{7600} = 3,81 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 381 \text{ nm}$, et pour la

classe K, $\lambda_M = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{5100} = 5,68 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 568 \text{ nm}$.

b. Une étoile de classe F est de couleur dominante violette, et une étoile de classe K, jaune.

c. Si $\lambda_M = 500$ nm, la température de l'étoile est :

$$T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-9}} = 5,80 \cdot 10^3 \text{ K.}$$

d. À la limite de l'infrarouge $\lambda = 800$ nm, donc :

$$T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{800 \cdot 10^{-9}} = 3,62 \cdot 10^3 \text{ K.}$$

À la limite de l'ultraviolet $\lambda = 400$ nm, d'où :

$$T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 10^{-9}} = 7,25 \cdot 10^3 \text{ K.}$$

e. Pour la lumière visible, la température est comprise entre les deux valeurs calculées précédemment.

Conseils pour rédiger les réponses

- Attention aux unités, la longueur d'onde λ doit être exprimée en mètres.
- La limite de l'infrarouge est $\lambda = 800$ nm et la limite de l'ultraviolet $\lambda = 400$ nm.

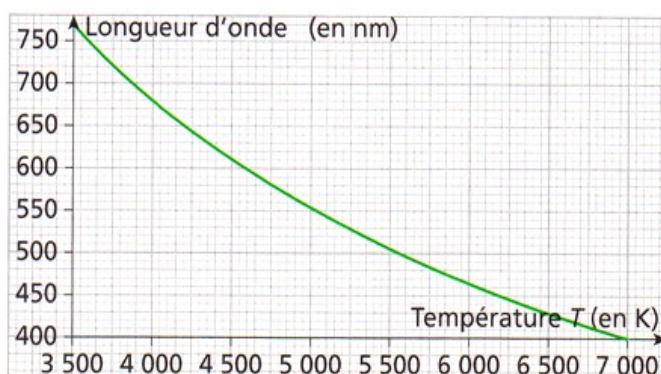


Diagramme des niveaux d'énergie de l'hydrogène

Énoncé

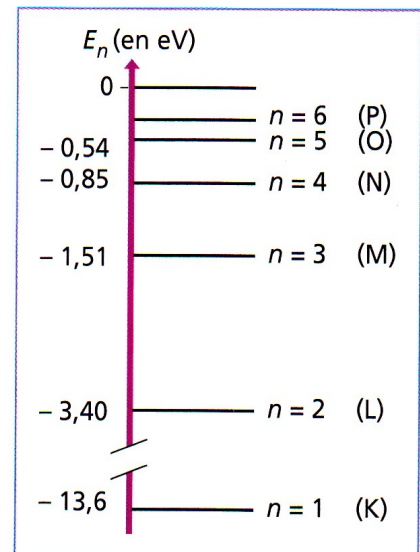
Le diagramme d'énergie ci-contre représente les différents niveaux accessibles pour les électrons d'un atome d'hydrogène.

Ces niveaux sont représentés par des lignes horizontales.

- Quelle énergie faut-il apporter à l'atome pour que son électron passe de la couche (K) à la couche (M) ? Exprimer cette énergie en électronvolts puis en joules.
- Quelle doit être la fréquence ν de la radiation qui permet cette transition ?
- Une radiation de fréquence $\nu' = 2 \nu$ peut-elle être absorbée par cet atome ?
- Quelles transitions sont envisageables lorsque l'électron est sur la couche (M) et se désexcite ?
- Déterminer la différence d'énergie entre la couche (L) et la couche (K).
- En déduire la valeur de la longueur d'onde λ , dans le vide, du photon émis lors de la transition de la couche (L) à la couche (K). La radiation associée à ce photon appartient-elle au domaine du visible ?

Données :

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.



Conseils pour comprendre l'énoncé

- Il faut savoir utiliser la conversion $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- Il faut savoir que les longueurs d'onde du visible dans le vide sont comprises entre 400 nm et 800 nm.

Résolution

- L'énergie E du photon doit être égale à la différence d'énergie ΔE entre les deux niveaux considérés soit $E = \Delta E = E_3 - E_1$.

Ainsi, $E = -1,51 - (-13,6) = 12,1 \text{ eV}$. Or, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ donc $E = 12,1 \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 1,94 \cdot 10^{-18} \text{ J}$.

- La fréquence ν est donnée par $E = h\nu$ soit $\nu = \frac{E}{h}$ d'où $\nu = \frac{1,94 \cdot 10^{-18}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 2,92 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

- Si l'énergie du photon de fréquence $\nu' = 2 \nu$ correspond à une différence d'énergie de deux niveaux de l'atome d'hydrogène, alors un tel photon peut assurer une transition. Si ce n'est pas le cas, aucune transition n'est possible.

L'énergie du photon de fréquence ν' vaut : $E' = h\nu' = h \times (2 \nu) = 2 E = 24,2 \text{ eV}$

Ce qui ne correspond à aucune transition possible sur le diagramme.

- Deux possibilités pour le retour à l'état fondamental :

- une transition de la couche (M) à la couche (K),
- deux transitions successives de la couche (M) à la couche (L) puis de la couche (L) à la couche (K).

- La différence d'énergie entre les couches (L) et (M) est : $E_3 - E_2 = (-1,51) - (-3,40) = 1,9 \text{ eV}$ et entre les couches (K) et (L) elle est : $E_2 - E_1 = (-3,40) - (-13,6) = 10,2 \text{ eV}$.

- La longueur d'onde est donnée par $\lambda = \frac{c}{\nu}$ soit $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$.

Ainsi, $\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{10,2 \times 1,602 \cdot 10^{-19}} = 122 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 122 \text{ nm}$.

Cette longueur d'onde n'appartient pas au domaine du visible. La raie d'émission appartient aux ultraviolets.

Conseils pour rédiger les réponses

- Il faut considérer que l'énergie à apporter à l'atome est quantifiée afin d'assurer la transition considérée.
- et c. Utiliser la relation entre l'énergie d'un photon et la fréquence de la radiation associée.
- Utiliser la relation entre longueur d'onde et fréquence, sans oublier de convertir l'énergie en joules.