NIVEAUX D'ENERGIE DE L'ATOME

Dans tous les exercices, on prendra : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^{8}$ m/s ; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.

Exercice 1 :

1) Un photon a une longueur d'onde dans le vide $\lambda = 656{,}30$ nm. Calculer sa fréquence, son énergie en J, en eV.
2) Un photon a une énergie de 2,55 eV. Calculer son énergie en J, puis sa fréquence en Hz. En déduire sa longueur d'onde dans le vide en nm. Est-il visible ?
3) Un photon a une fréquence de $6{,}91.10^{14}$ Hz. Calculer sa longueur d'onde en nm et son énergie en eV.
4) De façon générale, montrer que la longueur d'onde λ du rayonnement émis et l'énergie du photon correspondant sont liées par la relation : $\lambda = \frac{1241}{\varepsilon}$, lorsque λ est en nm et ε en eV.

Exercice 2:Les niveaux d'énergie d'hydrogène H sont donné par : $E_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$ (eV), avec n entier non nul.

1) Représenter les cinq premiers niveaux sur un diagramme (échelle : 1 cm ↔ 1 eV. Quelle est l'énergie minimale de l'atome d'hydrogène ? A quoi correspond-t-elle ?
2) Donner l'expression littérale de la longueur d'onde $\lambda_{p,m}$ de la radiation émise lors de la transition électronique du niveau n = p au niveau n = m en expliquant pourquoi on a p > m.
3) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène montre la présence des radiations de longueurs d'onde : $H_\alpha = 656{,}28$ nm ; $H_\beta = 486{,}13$ nm ; $H_\gamma = 434{,}05$ nm
   a) Déterminer les valeurs correspondantes de p.
   b) Balmer, en 1885, écrivait la loi de détermination de ces raies sous la forme $\lambda = \lambda_0 \frac{p^2}{p^2 - 4}$. Retrouver cette loi et déterminer λ_0.

Exercice 3 :

Un atome d'hydrogène, préalablement excité, se désexcite en passant du niveau d'énergie E_2 au niveau d'énergie E_1 (une telle transition est notée $E_2 \rightarrow E_1$). Il émet alors la radiation de longueur d'onde :

$\lambda_{21} = 1{,}216.10^{-7}$ m ; la fréquence de cette radiation sera notée ν_{21}.

On admet que l'énergie En du niveau n est donnée par une relation de la forme : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où E_0 est une constante positive.

1) Quelle est la signification physique du signe négatif de l'énergie E_n ?
2) Expliciter E_2 et E_1, puis écrire la relation qui lie ces deux énergies et ν_{21}.
3) Calculer la valeur de la constante E_0 dans les deux cas où l'énergie est exprimée en J puis en électron-volts.
4) Au cours de la transition $E_3 \rightarrow E_1$, l'atome d'hydrogène émet une radiation de longueur d'onde λ_{31} ; de même, au cours de la transition $E_3 \rightarrow E_2$, il émet une radiation λ_{32}.
   Calculer les valeurs λ_{31} et ν_{31}, établir la relation entre les fréquences ν_{31}, ν_{32} et ν_{21}. Faire ensuite l'application numérique et calculer ν_{32}.

Exercice 4 :

On classe les raies du spectre de l'atome d'hydrogène en séries, les premiers étant appelées respectivement séries de Lyman, de Balmer et de Paschen. Pour chacune de ses raies, le nombre d'onde reste inférieur à un nombre d'onde donné par les valeurs suivantes :

- Lyman : $10,96776.10^{6}\ m^{-1}$;
- Balmer : $2,74194.\ 10^{6}\ m^{-1}$;
- Paschen : $1,21864.\ 10^{6}\ m^{-1}$.

Le nombre d'onde d'une raie est l'inverse de sa longueur d'onde.

1) A quelle variation de l'énergie de l'atome correspond l'émission de ces raies limites ? calculer, en eV, les énergies des niveaux de l'hydrogène sachant ces raies mettent en jeu les trois premiers niveaux.

2) Montrer que ces énergies peuvent se mettre sous la forme : $E_n = -\dfrac{E_0}{n^2}$ Avec E_0 positif, n étant successivement l'un des trois entiers consécutifs ; déterminer n pour les trois premiers niveaux.

3) Expliquer pourquoi on peut mettre l'expression de l'énergie des photons correspondant aux différentes de la série de Lyman sous la forme : $E_L = -E_0\left(\dfrac{1}{p^2} - \dfrac{1}{1^2}\right)$, p étant un nombre entier supérieur à 1.

Donner les expressions analogues de E_B et E_P pour les photons des séries de Balmer et de Paschen.

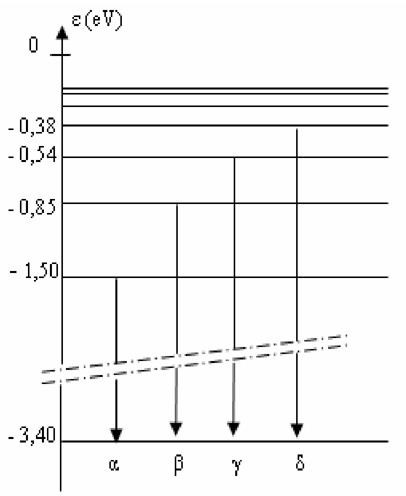
<u>Exercice 5</u> :

Les radiations émises par une lampe à hydrogène sont issues des atomes qui passent d'un niveau d'énergie ε_p à un niveau d'énergie ε_n tel que $\varepsilon_p > \varepsilon_n$. La figure ci-dessous représente des transitions correspondant à de la lumière visible.

1) La raie β correspond à l'émission d'un photon d'énergie 2,55 eV.
Comment peut-on retrouver cette valeur à partir du diagramme d'énergie ?
Calculer la longueur d'onde de cette raie.
La couleur de cette raie est-elle bleue ou rouge ?

2) Calculer les longueurs d'onde des trois autres raies α, γ et δ.

3) La raie limite correspondant à cette série provient de la désexcitation du niveau d'énergie 0 au niveau − 3,4 eV.
Quelle est sa longueur d'onde ? Cette raie est-elle visible (spectre visible : 400 nm < λ < 700 nm) ?



<u>Exercice 6</u> :Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$, où E_n est en eV et où n est un nombre entier naturel non nul.

1) Faire le schéma classique du diagramme de ces niveaux d'énergie en utilisant l'échelle : 1 cm pour 1 eV (on ne représentera que les six premiers niveaux).
2) Déterminer l'énergie minimale, en eV et en J, qu'il faut fournir à un atome d'hydrogène pour l'ioniser :
   a) lorsqu'il est dans son état fondamental (n = 1) ;
   b) lorsqu'il est sur le premier niveau d'énergie excité (n = 2).
3) L'atome est excité sur le niveau 6. Montrer qu'en se désexcitant vers le niveau fondamental il peut émettre un grand nombre de raies. Déterminer la raie de plus grande énergie, par conséquent de plus courte longueur d'onde. Calculer cette longueur d'onde λ_1 en nm. (On admettra que toutes les transitions sont possibles).
4) Représenter par des flèches, sur le diagramme d'énergie, les transitions correspondant aux différentes raies d'émission de la série de Balmer (retour de l'électron au niveau n = 2). En déduire les deux longueurs d'onde limites λ_1 et λ_2 de la série de Balmer.
5) Un ion H^+ absorbe un électron d'énergie cinétique 1 eV. L'atome formé se désexcite aussitôt vers l'état fondamental. Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise ?

<u>Exercice 7</u> :

Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :$E_n = -\frac{136.10^{-1}}{n^2}$, où E_n est en eV et n un nombre entier non nul.

1) La série de Lyman comprend les radiations émises par l'atome d'hydrogène excité ($n \geqslant 2$) lorsqu'il revient à son état fondamental (n = 1). Parmi toutes les raies d'émission de l'hydrogène, l'analyse spectroscopique permet de déceler des radiations λ_1 = 121,6 nm ; λ_2 = 102,6 nm ; λ_3 = 97,3 nm. Ces radiations appartiennent-elles à la série de Lyman ? Quelles transitions correspondent-elles ?
2) Calculer, en nm, l'écart $\Delta\lambda$ entre la plus grande et la plus petite longueur d'onde de la série de Lyman.
3) Un électron d'énergie cinétique 2 eV est capté par un ion H^+ supposé au repos. L'atome formé se désexcite aussitôt vers l'état ε_1. calculer la longueur d'onde de la radiation émise. Du fait de la conservation de la quantité de mouvement, l'atome formé possède une vitesse (effet de recul). Y-t-il lieu de tenir compte de l'énergie cinétique correspondante ? On montrera qu'on peut négliger la quantité de mouvement du photon émis.

<u>Exercice 8</u> :

Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène comporte les radiations de longueurs d'onde :

λ_1= 1 875 nm ; λ_2 = 656,3 nm ; λ_3 = 486,1 nm ; λ_4 = 121,6 nm ; λ_5 = 102,6 nm.

1) A quels domaines (UV, visible, IR, etc.) du spectre électromagnétique ces radiations appartiennent-elles ?
2) Montrer que certaines de ces fréquences correspondantes se déduisent des autres par soustraction.