Le spectre atomique

Données : $h = 6,62.10^{-34}J.s$; $c=3.10^{8}m.s^{-1}$; $1nm=10^{-9}m$; $1eV=1,6.10^{-19}J$

Exercice n°1 : (Sc. Exp. : session principale 2010)

Figure 1

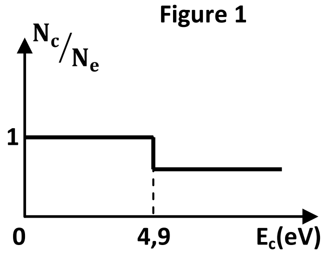


Figure 2

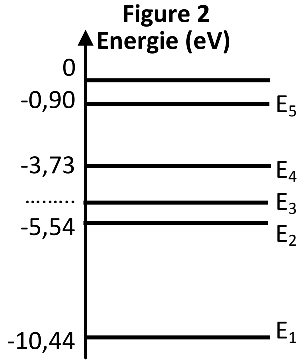


Figure 3

L'expérience de Franck et Hertz a mis en évidence la quantification d'énergie de l'atome. Le schéma du principe de cette expérience est donné par la figure 1.

1) Préciser le rôle des électrons émis par le canon à électrons et le rôle de l'analyseur.

2) les résultats de l'étude expérimentale relative au mercure ont permis de tracer la courbe de N_c/N_e en fonction de l'énergie cinétique E_c des électrons émis par le canon à électron (figure 2), N_c étant le nombre d'électrons comptés par l'analyseur et N_e représente le nombre d'électrons émis par le canon.

Montrer que cette courbe traduit la quantification de l'énergie de l'atome de mercure.

3) Le diagramme de la figure 3 représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.

a. À partir de ce diagramme, préciser en le justifiant, l'état fondamental de l'atome de mercure.

b. L'atome de mercure pris dans son état fondamental, absorbe un photon d'énergie W=5,45 eV.

Déterminer la valeur de l'énergie E_3 qui caractérise le niveau (n=3) dans lequel se trouve l'atome après absorption d'un photon.

4) L'atome de mercure est dans son premier niveau fondamental.

a- Déterminer la valeur (en eV) de l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par collision sa transition du l'état fondamental au premier état excité.

b- Calculer la longueur d'onde λ de la radiation émise lors de cette transition.

c. Préciser si cette radiation émise appartient ou non au domaine du visible.

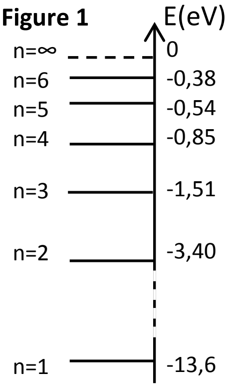
On donne : la longueur d'onde de la, lumière visible $\lambda \in [400nm, 800nm]$.

5) La raie de longueur d'onde λ=438,6 nm de la radiation émise lors de la transition émise de l'état d'énergie E_n vers un état d'énergie inférieur E_p.

Déterminer les énergies E_n et E_p correspondant à cette transition.

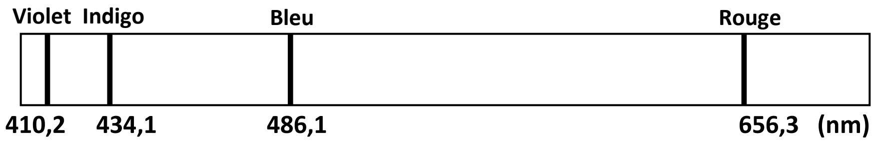
Exercice n°2 :

Figure 1



Le document de la figure 1 donne le diagramme des niveaux d'énergies de l'atome d'hydrogène, le document de la figure 2 présente le spectre de raies de cet atome.

Figure 2



1) Le spectre de raies de la figure 2 est un spectre :
- continu ou bien discontinu,
- d'émission ou bien d'absorption.

2) Expliquer le terme « quantifié » attribué à l'énergie de l'atome d'hydrogène.

3) a. Préciser, en justifiant, si l'atome d'hydrogène perd ou bien gagne de l'énergie quand il passe du niveau E_5 au niveau E_2.
b. Déterminer la longueur d'onde de la raie émise lors de cette transition et identifier sa couleur.
4) Déterminer la transition qui amène l'atome d'hydrogène au niveau E_2 avec émission d'une lumière bleue.
On donne : $h = 6,62.10^{-34}$J.s ; $c=3.10^{8}$m.s^{-1} ; 1nm=10^{-9}m ; 1eV=$1,6.10^{-19}$J

Exercice n°3 :

Les niveaux d'énergies des atomes sont quantifiés. La figure 2 représente le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène.

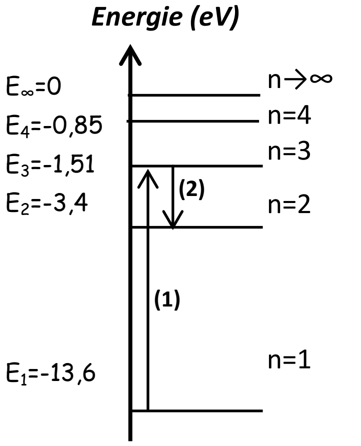


Figure 2

1. a. Définir :

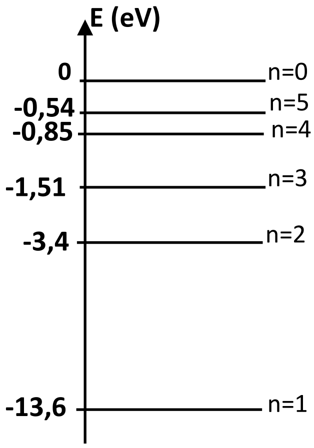
- l'énergie d'ionisation d'un atome.
- l'énergie de l'état fondamental d'un atome.

b. Que signifie l'expression: ''Les niveaux d'énergies des atomes sont quantifiés'' ?

2. On considère les transitions de l'atome d'hydrogène représentées par les flèches (1) et (2).
a. En justifiant, attribuer à chaque flèche (1) et (2) le mécanisme correspondant (absorption ou émission).
b. Calculer les longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 correspondantes aux transitions (1) et (2).
3. L'atome d'hydrogène est dans son premier niveau excité. Quelle est la valeur (en eV) de l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par collision son ionisation ?
4. a. Rappeler les caractéristiques du photon (charge, masse et célérité dans le vide) ?
b. L'atome d'hydrogène, pris dans son niveau fondamental, reçoit successivement deux photons (a) et (b) dont les longueurs d'ondes associées sont λa=97,35nm et λ_b=89,94nm.
- Préciser s'il y a interaction ou non entre chacun des photons (a) et (b) et l'atome l'hydrogène.
- Indiquer, s'il y a lieu, le niveau énergétique dans lequel se trouve l'atome d'hydrogène juste après interaction.

Exercice n°4 :

La grande nébuleuse d'Orion comporte quatre étoiles très chaudes rayonnant de la lumière ultraviolette de longueur d'onde inferieure à 91,2nm au sein d'un grand nuage de gaz interstellaire constitué en majorité d'atomes d'hydrogène.
Le diagramme énergétique de la figure-3 présente quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.



1/ Reproduire sur le diagramme de la figure ci-contre :
- l'état fondamental,
- les états excités,
- l'état ionisé.
2/ Définir l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène et donner sa valeur en (eV).
3/ a. Ecrire la relation entre l'énergie d'un photon W et la longueur d'onde λ qui lui est associée.
b. Préciser le comportement d'un atome d'hydrogène pris à l'état fondamental lorsqu'il reçoit un photon de longueur d'onde λ=91,2nm.
c. L'atome d'hydrogène, pris à l'état fondamental, ne peut pas être excité par un photon d'énergie 11eV. Justifier cette affirmation.

4/ Lorsque le gaz interstellaire de la nébuleuse d'Orion est ionisé, les électrons se recombinent avec les protons pour former des atomes d'hydrogène dans un état excité. Un atome d'hydrogène excité se désexcité ensuite progressivement en émettant une succession de photons.
a. Déterminer la longueur d'onde de la radiation émise lorsque cet atome d'hydrogène passe de l'état excité n=3 à l'état excité n=2.
b. Préciser si cette radiation est visible ou non.
Données : Pour le spectre visible 400 nm < λ < 800 nm
$c= 3.10^{8} m.s^{-1}$; $1eV= 1,6.10^{-19} J$; $h= 6,62.10^{-34} J.s$

Exercice n°5 :

Données : la célérité de la lumière dans le vide $c=3.10^{8} m.s^{-1}$ et la constante de Planck $h=6,62.10^{-34} J.s$.

Les niveaux d'énergies quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$$ où n est nombre entier strictement positif et E_0=13,6eV.

1/ a. Calculer les valeurs des cinq premiers niveaux d'énergies.
b. Construire sur votre copie le diagramme énergétique simplifié de l'atome d'hydrogène.
2/ On considère toutes les transitions d'un niveau d'énergie E_n (n=2, 3, 4, 5) au niveau fondamental ; les radiations émises correspondante à ces transitions forment une série appelée série de Lyman.
a- Montrer que les longueurs d'onde de ces radiations vérifient la relation : $\boldsymbol{\frac{1}{\lambda_n} = R_H\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)}$
où R_H est la constante de Rydberg qu'on explicitera en fonction de E_0, c et h.
b- Calculer la valeur de R_H en précisant son unité.
c- Calculer les quatre longueurs d'ondes des radiations correspondantes à la série de Lyman.
d- Représenter sur le diagramme énergétique les transitions correspondantes par des flèches.
3/ a- L'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental, reçoit un photon d'énergie W_1=12,75eV.
Montrer que cette énergie est absorbée par l'atome en précisant le niveau d'énergie de l'atome atteint en réponse à cette excitation.
b- Préciser, en le justifiant, l'état de l'atome d'hydrogène pris initialement à l'état fondamental quand il absorbe un photon d'énergie W_2=14eV.

Exercice n°6:

- La constante de Planck $h= 6,62.10^{-34} J.s$;
- La célérité de la lumière dans le vide $c= 3,10^{8} m.s^{-1}$;
- Spectre de la lumière visible :

- $1eV=1,6.10^{-19} J$;

A) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

1) Les niveaux d'énergies quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$$ où n est nombre entier naturel non nul.

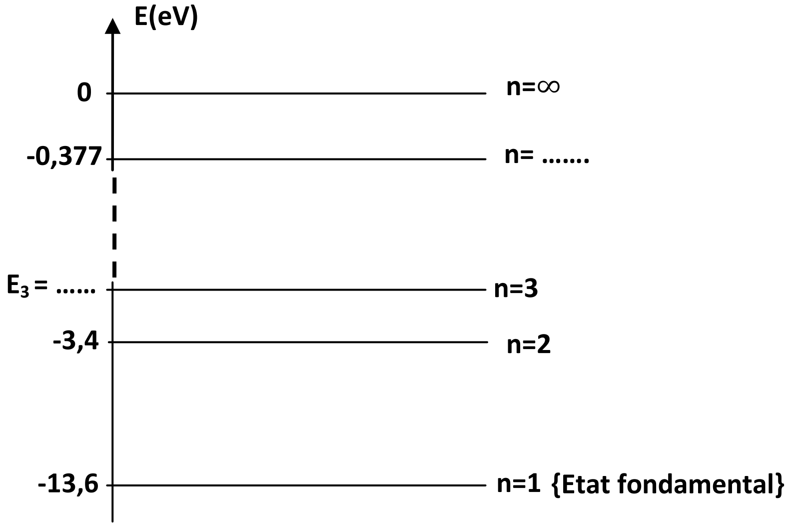
a- Expliquer brièvement le terme "niveaux d'énergie quantifiés".
Que représente E_0 pour l'atome d'hydrogène ?
b- Compléter le diagramme des niveaux d'énergie en annexe.
2) Dans une expérience voisine de celle réalisée par Frank et Hertz, un faisceau d'électrons de même énergie cinétique E_C= 12,2 eV traverse un gaz formé par d'atomes d'hydrogène pris à l'état

fondamental. Lors des collisions entre un électron incident et un atome d'hydrogène, un transfert d'énergie peut avoir lieu.

a-Justifier que l'atome d'hydrogène ne peut absorber que deux quantums d'énergie que l'on calculera.

b- Pour retrouver son état fondamental, l'atome d'hydrogène se désexcite en émettant l'énergie absorbée sous forme de radiations lumineuses.

Sur le digramme des niveaux d'énergie (ci-dessous), représenter par des flèches les transitions possibles et calculer les longueurs d'onde des radiations correspondantes.



B) Les raies de la série de Balmer

Les radiations émises lorsqu'un atome d'hydrogène passe d'un état excité tel que n>2 à l'état n=2, constituent la série de Balmer.

1) Montrer que les longueurs d'onde de ces radiations vérifient la relation : $\lambda = 4\frac{hc}{E_0}(\frac{n^2}{n^2-4})$

2) Déterminer le nombre et les longueurs d'onde de toutes les radiations de cette série de Balmer qui appartiennent au domaine de visible.

Exercice n°7:

Dans un état donné, l'atome d'hydrogène possède l'énergie (exprimé en eV) :

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2} , \qquad \text{avec } n \in IN^*.$$

1. a. Reproduire et compléter le tableau en calculant l'énergie E_n :

Niveau n	1	2	3	4	5	6	+∞
E_n (eV)							

b. Donner les noms des niveaux n=1 et n= +∞.

2. Montrer que lorsque l'atome d'hydrogène transite d'un niveau d'énergie E_p à un niveau d'énergie E_q tel que p > q, il libère de l'énergie sous une forme que l'on précisera ?

3. Dans le cas ou le niveau inférieur de la transition est le niveau fondamental caractérisé par q=1.

a. Montrer que la radiation émise par l'atome d'hydrogène a une longueur d'onde :

$$\lambda_{p\rightarrow1} = 91,2\frac{1}{1-\frac{1}{p^2}} \qquad \text{en nm, avec p entier} \geq 2.$$

b. Calculer les valeurs de : $\lambda_{2\rightarrow1}$ et $\lambda_{3\rightarrow1}$.

c. Vérifier que si l'entier p tend vers l'infinie alors la longueur d'onde tend vers une valeur limite λ_{lim} que l'on déterminera. En déduire la signification physique de λ_{lim}.