

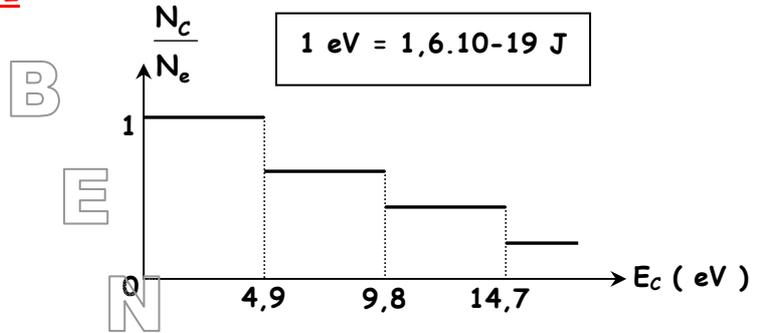
SERIE DE PHYSIQUE N° 9
SPECTRE ATOMIQUE

RAPPEL DU COURS

I/ Expérience de Franck et Hertz :

1°) Expérience :

On fait varier l'énergie cinétique E_c des électrons émis par la cathode vers la grille. On compte, par unité de temps, le nombre N_e d'électrons émis par la cathode et le nombre N_c d'électrons qui atteignent le capteur.

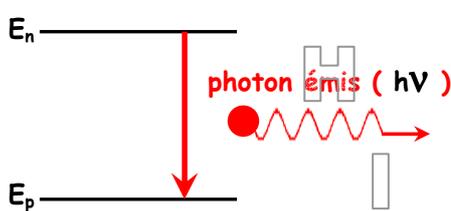


2°) Conclusion :

On en déduit qu'un électron d'énergie cinétique E_c peut céder de l'énergie lors de sa collision avec un atome. Cette énergie transférée ne peut prendre que des valeurs particulières. L'expérience de Franck et Hertz met en évidence la quantification du transfert d'énergie entre un atome et un électron.

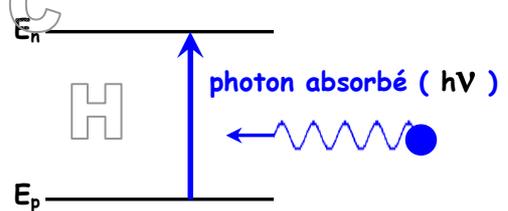
II/ Transition électronique avec émission ou absorption d'un photon :

Lors des transitions électroniques d'un atome, un photon est, selon le cas, émis ou absorbé.



Emission d'un photon d'énergie hV par un atome ($E_n > E_p$)

Si l'atome passe du niveau d'énergie E_n au niveau d'énergie inférieur E_p , un photon est émis d'énergie E et de fréquence ν_{np} .



Absorption d'un photon d'énergie hV par un atome ($E_n > E_p$)

Si l'atome passe du niveau d'énergie E_p au niveau d'énergie supérieur E_n , un photon est absorbé d'énergie E et de fréquence ν_{np} .

L'énergie du photon émis ou absorbé est égale à la transition électronique mise en jeu ; elle est donnée par :

$$E = E_n - E_p = h\nu_{np} = \frac{hc}{\lambda_{np}}$$

III/ Interprétation d'un spectre :

□ Spectre d'émission :

Les raies brillantes des spectres d'émission correspondent aux transitions électroniques au cours desquelles l'énergie de l'atome diminue.

□ Spectre d'absorption :

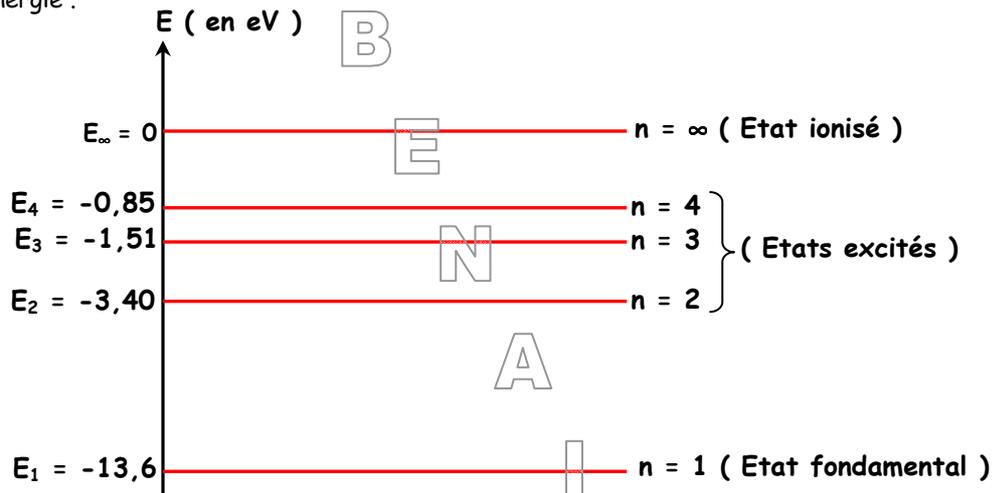
Les raies noires des spectres d'absorption correspondent aux transitions électroniques au cours desquelles l'énergie de l'atome augmente.

SERIE DE PHYSIQUE N° 9 SPECTRE ATOMIQUE

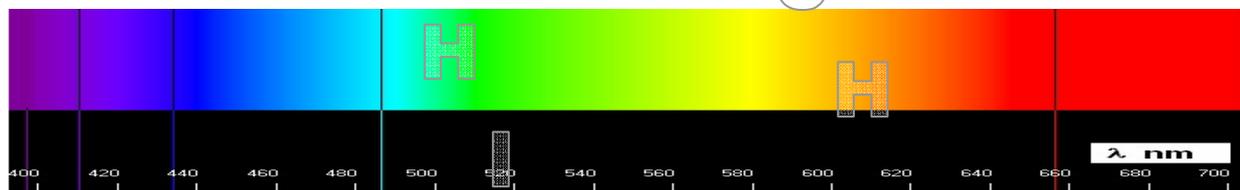
IV/ Le spectre de l'atome d'hydrogène :

Pour l'atome d'hydrogène, la quantification de l'énergie se traduit par la relation : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$.

avec $-E_0 = -13,6 \text{ eV}$ l'énergie de l'état fondamental et n un entier naturel non nul représentant le niveau d'énergie.



Quelques niveaux d'énergie de l'hydrogène



Spectres d'absorption et d'émission de l'hydrogène

L'énergie du photon émis ou absorbé est égale à la transition électronique du niveau d'énergie E_n au niveau d'énergie E_p mise en jeu est donnée par : $E_n - E_p = -E_0 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right) = h\nu_{n,p} = \frac{hc}{\lambda_{np}}$

$$\Rightarrow \nu_{n,p} = \frac{E_0}{h} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{et} \quad \lambda_{n,p} = \frac{hc}{E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)}$$

IV/ Applications :

1°) Analyse chimique :

L'analyse chimique de la lumière émise par un échantillon excité permet d'identifier la présence des raies spécifiques de certains atomes. Ce qui donne une idée sur la composition de cet échantillon.

2°) Présence des éléments chimiques sur des étoiles :

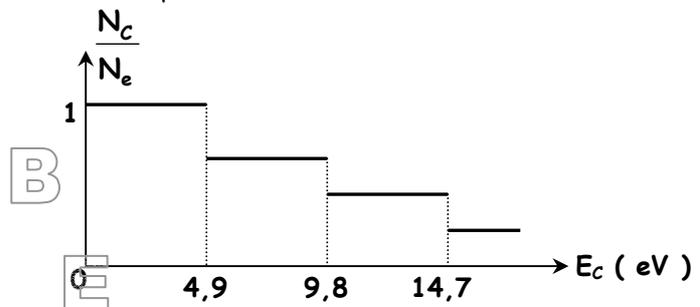
L'analyse chimique de la lumière provenant d'une étoile permet d'identifier les atomes émetteurs et de prouver ainsi l'existence d'un certain nombre d'éléments chimiques sur cette étoile.

SERIE DE PHYSIQUE N° 9
SPECTRE ATOMIQUE

EXERCICE 1

Les résultats de l'expérience de Franck et Hertz sont donnés par la courbe ci-dessous :

On fait varier l'énergie cinétique E_c des électrons émis par la cathode vers la grille. On compte, par unité de temps, le nombre N_e d'électrons émis par la cathode et le nombre N_c d'électrons qui atteignent le capteur.



1°) Expliquer le phénomène étudié par l'expérience de Franck et Hertz.

2°) Interpréter la courbe proposée.

3°) Préciser le phénomène mis en évidence par l'expérience de Franck et Hertz.

Rép. Num. : 1°) Perte de l'énergie des électrons à cause des chocs inélastiques ; 2°) L'énergie perdue ne peut prendre que des valeurs particulières ; 3°) L'énergie de l'atome est quantifiée.

EXERCICE 2

Pour l'atome d'hydrogène, la quantification de l'énergie se traduit par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ avec } -E_0 = -13,6 \text{ eV et } n \in \mathbb{N}^*$$

1°) a) Préciser la signification physique de E_0 .

b) Préciser les états de l'atome d'hydrogène pour $n > 1$.

c) Préciser l'état de l'atome d'hydrogène lorsque n tend vers l'infini. Nommer alors cette énergie.

2°) Etablir l'expression de la longueur d'onde $\lambda_{n,p}$ au photon émis ou absorbé lors de la transition de l'atome d'hydrogène du niveau E_n au niveau d'énergie E_p en fonction de E_0 , de la constante de Planck, de la célérité c de la lumière, de n et de p .

Rép. Num. : 1°) a) E_0 : énergie d'ionisation ; b) excités ; c) Etat ionisé ; 2°) $\lambda_{n,p} = \frac{hc}{E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)}$

EXERCICE 3

Pour l'atome d'hydrogène, la quantification de l'énergie se traduit par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ avec } n \in \mathbb{N}^*$$

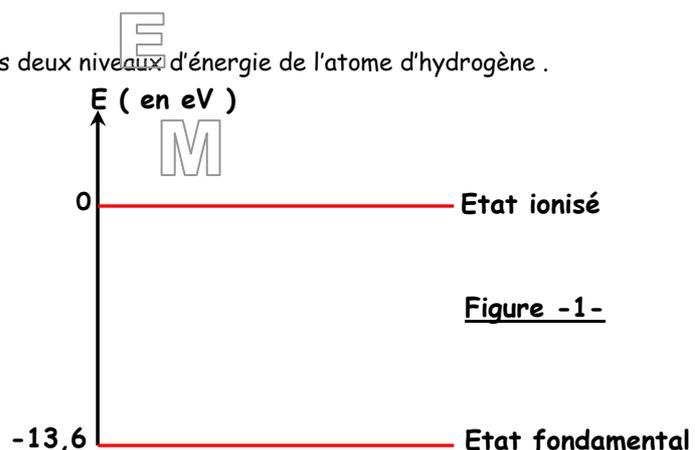
Sur le diagramme de la figure 1 sont représentés deux niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

1°) a) Dédurre, en justifiant votre réponse, la valeur de E_0 .

b) Qu'appelle-t-on énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ? Donner sa valeur.

2°) a) Représenter sur le diagramme de la figure 1 les niveaux d'énergie pour n compris entre 2 et 5.

b) La figure 2 représente le spectre de l'atome d'hydrogène.



SERIE DE PHYSIQUE N° 9

SPECTRE ATOMIQUE



Figure -2-

- s'agit-il d'un spectre de émission ou d'absorption ?
- En s'aidant du diagramme précédent, justifier le caractère discontinu de l'atome d'hydrogène.

- 3°) a)** Etablir l'expression de la longueur d'onde $\lambda_{n,p}$ de la radiation émise ou absorbée lors de la transition de l'atome d'hydrogène du niveau E_n au niveau d'énergie E_p en fonction de E_0 , de la constante de Planck, de la célérité c de la lumière, de n et de p .
- b)** Déterminer alors la longueur d'onde $\lambda_{2,3}$ émise lorsque l'atome d'hydrogène passe du niveau d'énergie correspondant à $n=3$ au niveau correspondant à $n=2$.
- On donne :
- Constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Js .
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ .
- 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J .
- 4°) a)** L'atome étant dans un état correspondant au niveau $n=3$; il reçoit un photon d'énergie $W = 0,45$ eV . Le photon est-il absorbé ? Justifier votre réponse .
- b)** L'atome étant toujours dans un état correspondant au niveau $n=3$; il reçoit maintenant un photon d'énergie $W' = 2,5$ eV .
- Montrer que l'électron est arraché et calculer en eV son énergie cinétique E_c .

Rép. Num. : 1°) a) $n=1 \rightarrow$ Etat fondamental $\Rightarrow E_0 = 13,6$ eV ; b) E_0 : énergie pour faire passer l'atome de état fondamental à l'état ionisé (pour arracher son électron) ;

2°) a) $E_2 = -3,4$ eV ; $E_3 = -1,51$ eV ; $E_4 = -0,85$ eV ; $E_5 = -0,54$ eV ; b) Spectre d'émission ; Energie quantifiée \Rightarrow spectre discontinu ;

$$3^\circ) \text{ a) } \lambda_{n,p} = \frac{hc}{E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)} ; \text{ b) } \lambda_{n,p} = \frac{hc}{E_0 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)} = 657 \text{ nm} ;$$

4°) a) $E_3 + W = -1,06$ eV : ne correspond à aucune transition \Rightarrow le photon n'est pas absorbé ;

b) $E_3 + W' = 0,99$ eV $> 0 \Rightarrow$ l'électron est arraché et $E_c = 0,99$ eV .

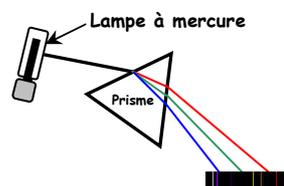
EXERCICE 5

On donne quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure : $E_0 = -10,45$ eV (niveau fondamental) , $E_1 = -4,99$ eV , $E_2 = -3,4$ eV et $E_3 = -2,72$ eV . .

- 1°) Calculer les énergies des photons émis par l'atome de mercure lorsque celui-ci passe du niveau E_3 au niveau E_1 et du niveau E_2 au niveau E_0 .
- 2°) Déterminer les longueurs d'onde $\lambda_{3,1}$ et $\lambda_{2,0}$ des rayonnements émis ;
- 3°) Donner le schéma du dispositif permettant d'observer un spectre de raies d'émission .

Rép. Num. : 1°) $W_{3,1} = E_3 - E_1 = 2,27$ eV ; $W_{2,0} = E_2 - E_0 = 7,05$ eV ; 2°) $\lambda_{3,1} = 547$ nm ; $\lambda_{2,0} = 176$ nm ;

3°)



SERIE DE PHYSIQUE N° 9
SPECTRE ATOMIQUE

EXERCICE 6 (Bac 2008 nouveau régime)

Le diagramme de la figure 1 est un diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium, où E_0 est l'état fondamental et E_1, E_2, E_3, E_4 et E_5 sont des états excités.

Dans une lampe à vapeur de sodium, les atomes sont excités par un faisceau d'électrons. Lors de leur retour à l'état fondamental, l'énergie qui a été absorbée est restituée sous forme de radiations lumineuses. L'analyse de la lumière émise par cette lampe révèle un spectre formé de raies colorées correspondant à des longueurs d'onde bien déterminées, comme le montre la figure 2.

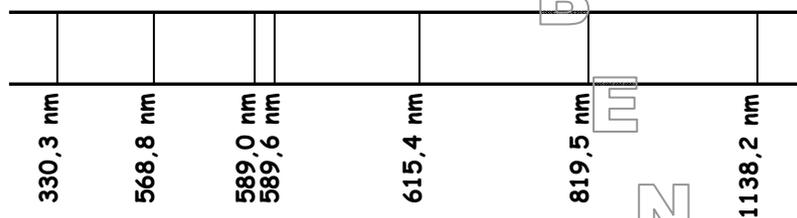


Figure -2-

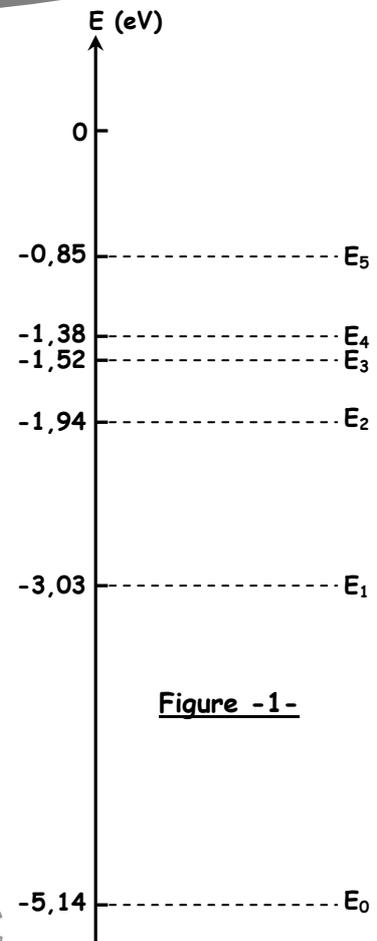


Figure -1-

- 1°) a) Indiquer si le spectre est un spectre d'émission ou bien un spectre d'absorption et s'il est continu ou bien discontinu.
 b) Préciser, en le justifiant, si le même spectre peut être obtenu avec l'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure.
- 2°) La raie la plus intense du spectre de la lampe de vapeur de sodium a pour longueur d'onde $\lambda = 589,0 \text{ nm}$.
 a) Calculer la fréquence ν de cette raie ainsi que l'énergie correspondante en eV.
 b) Reproduire le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium et y indiquer par une flèche, la transition qui a donné cette raie sachant qu'elle correspond à un retour de l'état fondamental E_0 . Justifier la réponse.
- 3°) Parmi les quanta d'énergie $\Delta E = 3,62 \text{ eV}$ et $\Delta E' = 4 \text{ eV}$, préciser, en le justifiant, celui qui convient pour faire passer un atome de sodium de l'état fondamental à un état excité que l'on déterminera.
- 4°) Déterminer la valeur du quantum d'énergie qu'il faut fournir à l'atome de sodium pour le faire passer de l'état fondamental à l'état ionisé.
 On donne : * Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$.
 * Célérité de la lumière : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 * Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 * $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Rép. Num. : 1°) a) Spectre d'émission discontinu ; b) Non, le spectre est caractéristique de l'élément ;

2°) a) $\nu = \frac{c}{\lambda} = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $W = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda} = 2,11 \text{ eV}$;

b) $W = E_n - E_0 \Rightarrow E_n = W + E_0 = -3,03 \text{ eV} = E_1 \Rightarrow$ transition $E_1 \rightarrow E_0$;

3°) $\Delta E = 3,62 \text{ eV}$, $E = -1,52 \text{ eV}$, d'où $E = E_3$; $\Delta E' = 4 \text{ eV}$, $E = -1,14 \text{ eV} \neq E_n$; 4°) $\Delta E = E_{\text{ionisation}} - E_0 = 5,14 \text{ eV}$.