

LYCEE ZAHROUNI-TUNIS-  
SCIENCES PHYSIQUES  
4<sup>ème</sup> année  
**Spectre atomique**

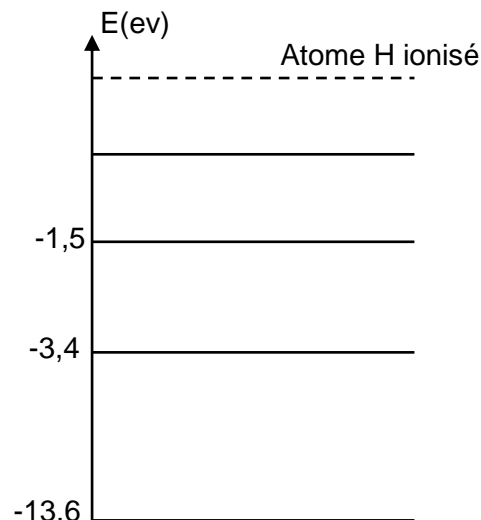
**Exercice 1:**

On donne le diagramme des énergies de l'atome d'hydrogène.

- 1- Des rayonnements électromagnétiques de différentes énergies  $W$  traversent le gaz dihydrogène. En supposant que l'atome d'hydrogène est dans son état fondamental, les photons de l'un des rayonnements suivants sont absorbés par l'atome d'hydrogène. Lequel ? Justifier la réponse.

Rayonnement	Energie $W(\text{ev})$
1	3,4
2	1,9
3	10,2

- 2- Définir l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental et donner sa valeur en ev.
- 3- Expliquer ce qui se passe lorsqu'un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, reçoit un photon ayant une énergie  $W=14,0$  ev. Calculer, en joule, l'énergie cinétique de l'électron lorsqu'il quitte l'atome d'hydrogène.



**Exercice 2**

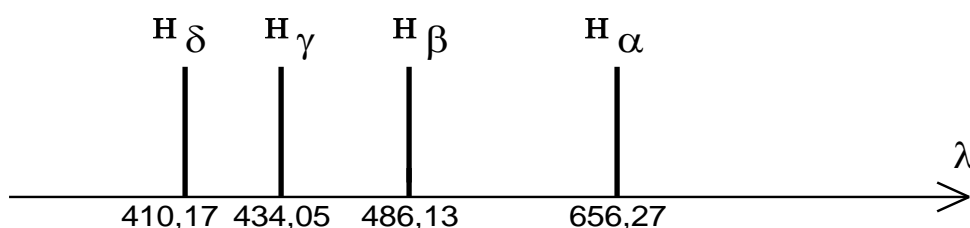
**Données :**

charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C      Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J.s  
célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>      1eV =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J      1nm =  $10^{-9}$  m

Le spectre de l'atome d'hydrogène est obtenu par décharge électrique dans un tube contenant du dihydrogène sous faible pression. Deux électrodes situées à chaque extrémité du tube permettent d'appliquer une différence de potentiel.

Lorsque les paramètres ( d.d.p, température, pression) sont correctement fixés, on observe l'émission de lumière dont l'analyse est faite à l'aide d'un spectroscopie.

Le spectre obtenu est constitué , dans sa partie visible, de quatre raies notées  $H_\alpha$   $H_\beta$   $H_\gamma$   $H_\delta$  de longueurs d'onde respectives dans le vide : 656,27 nm ; 486,13 nm ; 434,05 nm ; 410,17 nm.



**Spectre d'émission de l'atome d'hydrogène**

1. Sachant que les couleurs des raies émises sont bleue, indigo, rouge et violette, restituer à chaque radiation sa couleur.
2. En 1885, le physicien suisse Balmer, remarque que les longueurs d'onde  $\lambda$  de ces quatre radiations satisfont à une relation empirique :

$$\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4}$$

$\lambda_0 = 367,7$  nm  $n$  est un nombre entier naturel non nul ( $n \in \mathbb{N}^*$ )

- 2.1. Indiquer la plus petite valeur possible de  $n$ . déduire la longueur d'onde de la raie correspondante.
- 2.2. Quelles valeurs doit prendre  $n$  pour retrouver les autres raies visibles du spectre ?
3. Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} (\text{eV}) \quad \begin{cases} E_0 = 13,6 \text{ eV} \\ n \text{ est un nombre entier naturel non nul.} \end{cases}$$

Pour  $n = 1$  l'énergie de l'atome est minimale, l'atome est dans son état fondamental.

Pour toutes les autres valeurs de  $n$  ( $n \geq 2$ ) , l'atome est dans un état excité.

- 3.1. Expliquer brièvement le terme " niveau d'énergie quantifié ".

Que représente  $E_0$  pour l'atome d'hydrogène ?

3.2. Etablir, en fonction de  $n$ , la fréquence  $\nu_{n,2}$  (exprimée en Hz) des radiations émises lorsque cet atome passe d'un état excité  $n > 2$  à l'état excité  $n = 2$ .

3.3. Retrouver l'expression empirique de Balmer :  $\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4}$ ,  $\lambda$  étant exprimée en nm.

A quelle transition correspond l'émission de la radiation de longueur d'onde  $\lambda_0$  ? Justifier la réponse.

3.4. Tracer le diagramme représentant les transitions entre les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène pour les quatre raies  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$ ,  $H\delta$  de la série de Balmer.

4.1. Quelle est l'énergie cinétique minimale d'un électron projectile capable de provoquer par choc l'excitation d'un atome d'hydrogène de son état fondamental à son deuxième état excité ?

4.2. Sous quelle tension minimale cet électron projectile, initialement au repos, a-t-il été accéléré ?

4.3. L'atome d'hydrogène précédemment excité revient à son état fondamental avec émission de deux photons. Déterminer les longueurs d'onde de ces deux photons.

### Exercice 3

L'énergie des niveaux de l'atome H est donnée par  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  (eV), avec  $n$  entier non nul.

1°) Représenter les 6 premiers niveaux sur un diagramme à l'échelle 1 cm  $\leftrightarrow$  1 eV. Ajouter le niveau  $E = 0$  eV correspondant à l'atome ionisé.

2°) Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  d'un photon capable de provoquer la transition de l'atome H de son niveau fondamental au niveau  $n = 3$ . Représenter cette transition sur le diagramme précédent.

3°) Calculer la longueur d'onde correspondant à la transition du niveau 3 au niveau 2. Donner le résultat en nm. Cette transition correspond-elle à un photon émis ou absorbé ?

4°) Cet atome étant de nouveau dans son état fondamental, il absorbe un photon de longueur d'onde égal à  $8,5 \cdot 10^{-8}$  m. Comparer cette énergie à celle du niveau fondamental. Montrer alors que l'électron est arraché à l'atome. Comment nomme-t-on ce phénomène ?

5°) Quelle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?

6°) Etablir l'expression littérale de la longueur d'onde des radiations émises lorsque cet atome passe d'un état excité tel que  $n > 2$  à l'état  $n = 2$  correspondant à la série nommée série de Balmer.

7°) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de radiations de

longueur d'onde : 656 nm ( $H\alpha$ ), 486 nm ( $H\beta$ ), 434 nm ( $H\gamma$ ), 410 nm ( $H\delta$ ).

a- Déterminer à quelles transitions correspondent ces radiations de la série de Balmer.

b- Représenter ces transitions sur le diagramme des niveaux d'énergie de l'hydrogène.

8°) Un photon d'énergie 7 eV arrive sur un atome d'hydrogène. Que se passe-t-il si l'atome est

a) dans l'état fondamental      b) dans l'état excité  $n = 2$ .

9°) Un gaz d'hydrogène atomique est porté à la température 2500 K. On admet que les atomes d'hydrogène se trouvent dans leur état fondamental. Parmi les photons suivants dont on donne l'énergie quels sont ceux qui sont susceptibles d'être absorbés par les atomes : 8,5 eV, 10,2 eV, 13,2 eV, 13,4 eV, 14,5 eV.

### Exercice 4

La mécanique quantique montre que l'état fondamental de l'atome d'hydrogène est caractérisé par une énergie  $E_1 = -13,6$  eV et chaque niveau excité  $n > 1$  est définie par une énergie

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ (n est un entier naturel positif) avec } E_0 = 13,6 \text{ eV.}$$

1-/A quoi correspond l'énergie  $E_0$  ?

2-/ Quelle relation simple existe entre l'énergie de transition  $\Delta E$  d'un niveau  $n$  à un niveau  $p$  et la longueur d'onde du photon émis ou absorbé. (Traiter chaque cas à part)

3-/a-/ Montrer que pour une transition d'un niveau  $p$  à un niveau  $n$  tel que  $p > n$ , on peut écrire la relation

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right).$$

b-/ Vérifier que  $R_H$  (appelée constante de Rydberg) vaut  $R_H = 1,10 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

c-/ Dans la série de Balmer ( le retour au niveau  $n = 2$ ) l'atome H émet 1 spectre contenant 4 raies visibles, on se propose de calculer deux longueurs d'ondes de 2 raies de ce spectre correspondant à  $p=3$  ( $\lambda_{3,2}$ ) et  $p=4$  ( $\lambda_{4,2}$ ). Sans faire de calcul, et en utilisant  $\Delta E$ , comparer  $\lambda_{3,2}$  et  $\lambda_{4,2}$  puis calculer leurs valeurs.

4-/ L'atome H est dans son état fondamental ( $n=1$ ), on l'excite à l'aide d'un photon incident d'énergie  $W=13,8$  eV. Que se passe-t-il ? Calculer ( en eV) l'énergie cinétique  $E_c$  de l'électron de H éjecté.

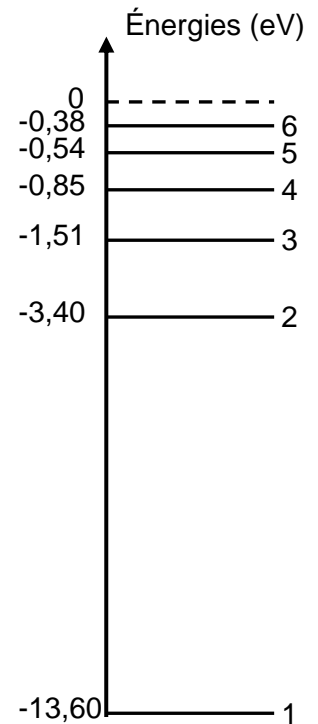
5/ si l'atome entre en choc inélastique avec un électron ayant une énergie cinétique égale 11 eV, que se passe-t-il ?

### Exercice 5

Dans le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène on trouve les quatre raies suivantes, caractérisées par leur longueur d'onde :

$\lambda_1=410$  nm (violet),  $\lambda_2=434,1$  nm (indigo),  $\lambda_3=486,1$  nm (bleu) et  $\lambda_4=656,3$  nm (rouge). On donne le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

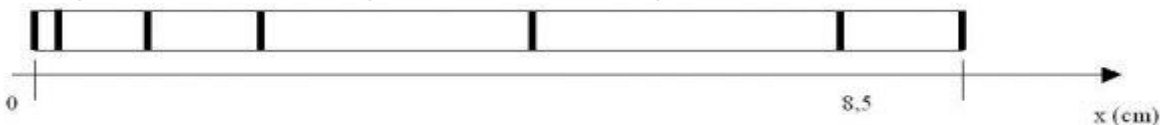
- 1) Justifier la discontinuité du spectre d'émission.
- 2) a- Que signifie l'état fondamental de l'atome ?  
b-Définir l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène. Donner sa valeur.
- 3) a-Calculer la longueur d'onde maximale  $\lambda_{\max}$  correspondant à la transition de l'électron d'un niveau  $n>2$  au niveau 2. Dédurre que  $\lambda_{\max} = \lambda_4$ .  
b-A quelle transition correspond chacune des radiations de longueur d'onde  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  et  $\lambda_3$ .
- 4) a- L'atome d'hydrogène est dans son niveau d'énergie  $E_2$  ( $n=2$ ), reçoit un photon incident de longueur d'onde  $\lambda=486,1$  nm. Ce photon est-il absorbé ? justifier sans calcul.  
b-L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental, reçoit :
  - Un photon d'énergie 11 eV.
  - Un électron incident d'énergie cinétique 11 eV.
  - Un photon d'énergie 14,3 eV.Dire, en le justifiant ce qui se passe dans chaque cas ( dans le cas où l'atome est ionisé donner l'énergie cinétique de l'électron émis ).



### Exercice 6

#### Etoile Vega et son spectre

L'étoile Véga se trouve dans la constellation de la Lyre. Elle émet de la lumière que l'on peut décomposer. On obtient un spectre dont voici sa représentation :



La première raie à  $x = 0$  cm correspond à la longueur d'onde  $\lambda=400$ nm et la dernière raie correspondant à  $x=8,5$  cm est la longueur d'onde  $\lambda=700$ nm.

A chaque raie correspond une abscisse  $x$  sur l'axe orienté. La longueur d'onde  $\lambda$  est fonction affine de  $x$  de la forme  $\lambda = ax + b$ .

- 1°/Quelle est la nature du spectre ?
- 2°/En déduire si l'étoile possède une atmosphère.
- 3°/Tracer, rapidement, avec seulement 2 points,  $\lambda$  en fonction de  $x$ .
- 4°/En déduire le coefficient directeur de la droite ainsi que son ordonnée à l'origine. Donner alors l'équation numérique de  $\lambda = ax + b$
- 5°/A l'aide de l'équation numérique trouver les valeurs des longueurs d'onde émises par l'étoile.
- 6°/Y-a-t-il de l'hydrogène ou de l'hélium dans l'étoile Véga ? Conclure.

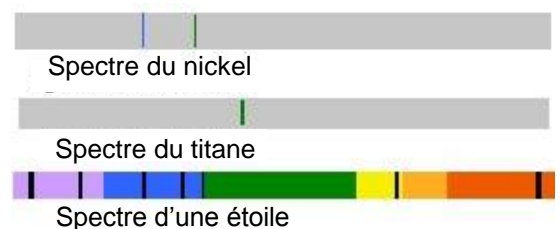
Données : -longueurs d'onde en nm émises par l'élément H : 398-410-434-486

-longueurs d'onde en nm émises par l'élément He : 380-403-414-447

### Exercice 7

On donne les spectres de deux éléments, le titane et le nickel, ainsi que le spectre d'une étoile. Ces spectres ont été réalisés dans les mêmes conditions et les réglages du spectroscopie étaient les mêmes.

- 1) Quel nom donne-t-on aux spectres des deux éléments?
- 2) Expliquer l'allure du spectre de l'étoile en utilisant les mots ou les expressions suivantes: spectre (ou fond) continu ; raies d'absorption.
- 3) La comparaison du spectre de l'étoile et des spectres de chaque élément permet de faire une affirmation relative à la composition chimique de l'étoile. Laquelle?



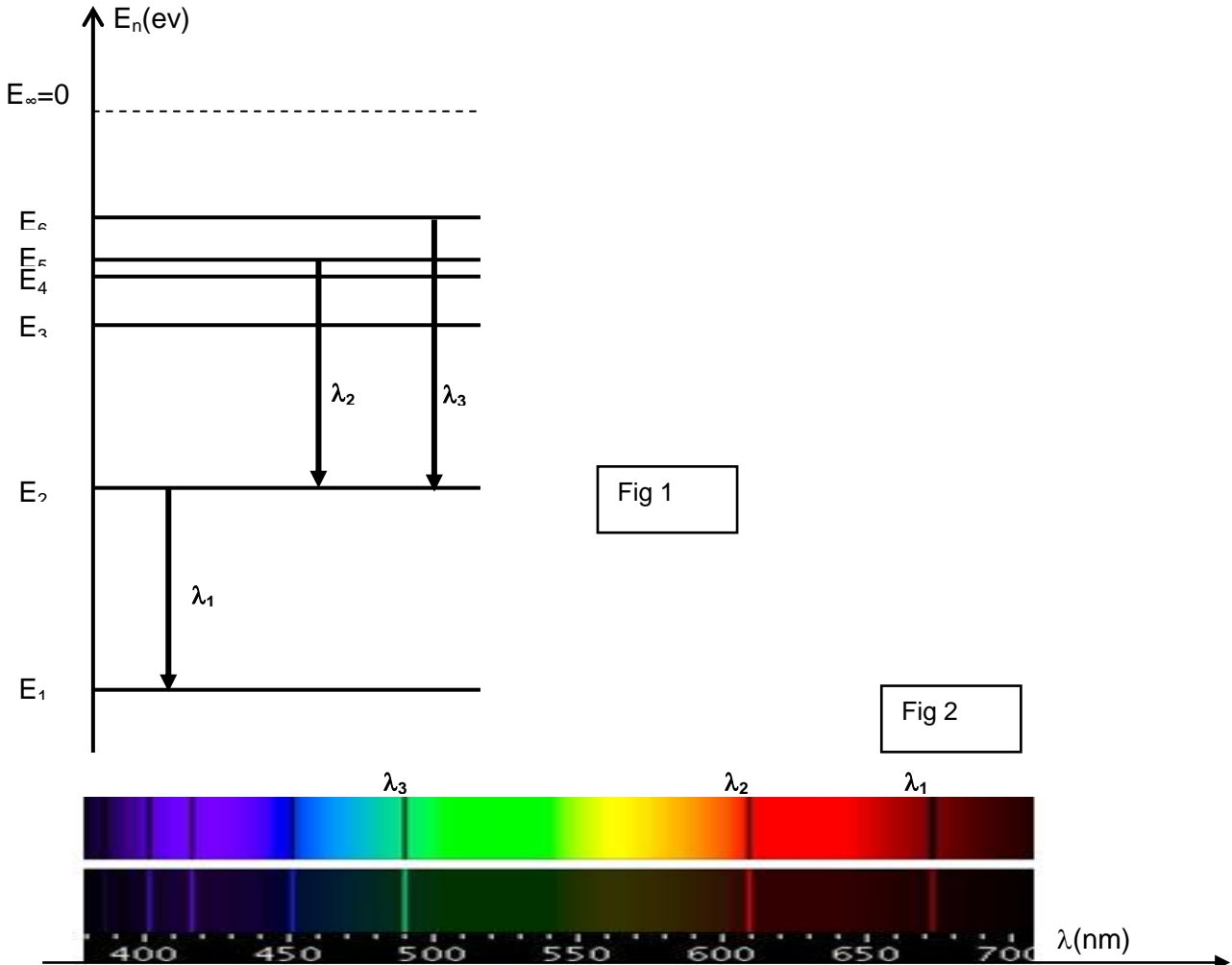
### Exercice 8

Données :  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  et  $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Les lampes à vapeur de lithium contiennent de la vapeur de lithium à très faible pression. Cette vapeur est excitée par un faisceau d'électrons qui traverse le tube. Les atomes de lithium absorbent l'énergie des électrons. L'énergie est restituée lors du retour à l'état fondamental sous forme de radiations lumineuses.

On représente le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome de lithium (**figure 1**) de numéro atomique  $Z=3$ . L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de lithium révèle la présence de raies de longueur d'onde  $\lambda$  bien définie.

On donne le spectre d'émission et le spectre d'absorption de l'atome de lithium (**figure 2**)



- 1- Préciser le spectre d'émission de l'atome de lithium et le spectre d'absorption.
- 2- Représenter le schéma du montage qui permet d'obtenir le spectre d'émission.
- 3- A l'aide du spectre d'émission, interpréter la quantification de l'énergie de l'atome de lithium.
- 4- L'énergie de l'état fondamental vaut  $E_1 = -5.39 \text{ eV}$ . (C'est l'énergie de l'électron de la couche externe dans son état fondamental).
  - a- Prélever les valeurs des longueurs d'onde  $\lambda_1$  ;  $\lambda_2$  et  $\lambda_3$ .
  - b- Montrer que la longueur d'onde  $\lambda$  du photon émis lors d'une transition du niveau  $n$  au niveau  $p$  ( $n > p$ ) est  $\lambda = \frac{1241}{E_n - E_p}$  avec  $\lambda$  en nm et  $E_n - E_p$  en eV.
  - c- trouver les valeurs d'énergie des autres niveaux sachant que la longueur d'onde du photon émis lors d'une transition du niveau :
    - 3 au niveau est égale à 812 nm.
    - 4 „ „ „ „ „ 323 nm.
- 5- définir l'énergie d'ionisation de l'atome de lithium. Donner sa valeur.
- 6- L'atome de sodium, considéré maintenant à l'état fondamental, reçoit une radiation lumineuse dont le quantum d'énergie a une longueur d'onde  $\lambda$  égale à :
  - a- 220 nm.
  - b- 300 nm.

