EXERCICE 1

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ où E_n est en électronvolts et n est un nombre entier positif.

1. Quelle est l'énergie correspondant à l'état le plus stable de l'atome d'hydrogène ? Donner son nom.
2. Quelle est l'énergie correspondant à l'etat ionisé de l'atome d'hydrogène ?
3. Une transition d'un niveau 4 à un niveau 2 peut-elle se faire par absorption ou par émission d'un photon ? Quelle est l'énergie du photon ?
4. Lorsque l'atome d'hydrogène est dans son état fondamental, quelles sont les longueurs d'onde limites (λmax et λmin) des radiations qu'il peut absorber ? A quel domaine spectral appartiennent-t-elles ?
5. Qu'elle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?
6. On envoie sur des atomes d'hydrogène dans l'état fondamental différents quantum d'énergie de valeurs respectives : 8,2 eV ; 10,2 eV ; 13,6eV et 14,6eV. Quels sont les photons pouvant être absorbés ? Quel est l'état final de l'atome ?

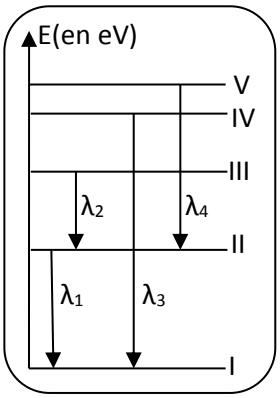
EXERCICE 2

L'ion hélium H_e^+ ne possède qu'un électron. Ses niveaux d'énergie sont donnés par la relation, $E_n = -\frac{k}{n^2}$ où n est un nombre entier positif et k une constante positive.

1. On considère la transition électronique du niveau d'énergie n au niveau d'énergie p (p <n). Exprimer la variation de l'énergie de l'ion correspondant à cette transition et interpréter le signe de cette variation.
2. Montrer que la longueur d'onde λ de la radiation correspondante peut se mettre sous la forme :
$\frac{1}{\lambda} = R_{H_e^+}(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2})$, relation où $R_{He}+$ est une constante que l'on explicitera.
3. La longueur d'onde du photon correspondant à la transition du niveau 4 au niveau 3 est égale à 469 nm. Calculer la valeur de la constante $R_{He}+$
4. Montrer que En exprimée en eV peut se mettre alors, sous la forme : $E_n = -\frac{54,4}{n^2}$.
En déduire l'énergie d'ionisation de l'ion H_e^+
5. Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés en eV par la relation : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$
Sur deux diagrammes bien distincts, placer les 8 premiers niveaux de l'ion H_e^+ et les 4 premiers niveaux de l'atome d 'hydrogène. En déduire que le spectre de l'atome d'hydrogène est un sous-ensemble de celui de l'ion H_e^+.

EXERCICE 3

La figure ci-contre représente un diagramme très simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de lithium de numéro atomique Z = 3, de formule électronique $(K)^2$ $(L)^1$. Les niveaux d'énergie sont notés I, II, III, IV et V. On considère les quatre transitions représentées sur le diagramme. Les longueurs d'onde correspondantes sont : $\lambda_1 = 671$ nm , $\lambda_2 = 812$ nm , $\lambda_3 = 323$ nm , $\lambda_4 = 610$ nm.



1.Expliquer brièvement les expressions : « niveau d'énergie » et « spectre de raies ».
2. Montrer qu'entre l'énergie E d'un photon et la longueur d'onde de l'onde associée, il existe la relation $E = \frac{1240}{\lambda}$ λ étant exprimée en nanomètres et E en électrons-volts.
3. Déterminer l'énergie (en électronvolts) des photons émis lors de chacune des quatre transitions.
4. L'énergie du niveau 1 vaut $E_1 = -5,29$ eV c'est l'énergie de l'électron externe de l'atome dans son état fondamental ; l'état de référence est celui de l'atome ionisé.
4.1 Affecter alors l'énergie E_n (en eV) à chaque niveau du diagramme.
4.2 Pour quelle valeur de la longueur d'onde des radiations incidents les atomes de lithium subiront ils une ionisation à partir de l'état fondamental ?
4.3 L'atome dans son état fondamental est heurté par un électron d'énergie cinétique $E_c = 3,6$ eV et passe à l'état 3. Déterminer (en eV) l'énergie cinétique de l'électron après sa collision avec l'atome de lithium (on admet que le mouvement de l'atome de lithium n'est pas modifié par le choc)

EXERCICE 4

Données : Constante de Planck $h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; célérité de la lumière dans le vide : $C = 3.10^8$ m/s
$E_0 = 13,6$ eV ; masse de l'électron : $m = 9,1.10^{-31}$ kg.

Un ion hydrogénoïde est un ion ayant la même structure électronique que l'atome d'hydrogène ; c'est-à-dire possédant un seul électron gravitant autour du noyau. C'est le cas des ions hélium He^+ et lithium Li^{2+}.

Un électron unique gravitant autour d'un noyau de numéro atomique Z sur le niveau n possède l'énergie $E_n = -\frac{E_0 Z^2}{n^2}$

COLLECTION MOBAMA 2020 LSLL

5.1 L'électron passe d'un niveau d'énergie E_n à un niveau inférieur d'énergie E_p.

5.1.1 Y a-t-il absorption ou émission de photon ? Justifier. **(0,25 point)**

5.1.2 Exprimer la longueur d'onde de la radiation correspondante $\lambda_{(n,p)}$ en fonction de E_0, Z, n, p, h et c. **(0,50 point)**

5.2 On peut écrire cette longueur d'onde λ (n, p) sous la forme :

$$\lambda_{(n,p)} = \frac{1}{R}\left(\frac{n^2 p^2}{n^2 - p^2}\right)$$ où R est une constante appelée constante de Rydberg.

5.2.1 Exprimer R en fonction de E_0, Z, h et C. **(0,50 point)**

5.2.2 Calculer cette constante dans les cas suivants :

- Atome d'hydrogène H : $R = R_1$
- Ion He^+ : $R = R_2$
- Ion Li^{2+} : $R = R_3$ **(0,50 point)**

5.3 On considère la série de Balmer dans le spectre atomique de l'hydrogène : Il s'agit de l'ensemble des raies correspondant à des transitions décroissantes qui ramènent l'atome d'hydrogène d'un niveau excité n au niveau p = 2.
Calculer l'écart $\Delta\lambda$ entre la plus grande et la plus courte des longueurs d'onde de cette série. **(0,50 point)**

5.4 Calculer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène (Z =1) et des ions hydrogénoïdes He^+ (Z =2) et Li^{2+} (Z =3). **(0,75 point)**

5.5. On envoie sur des atomes d'hydrogène pris à l'état fondamental des photons d'énergie respective 1,9 eV, 3,4 eV, 10,2 eV et 14 eV.

5.5.1 Quel(s) est (sont) le les) photon(s) susceptible (s) d'être absorbé(s) ? Justifier la réponse. **(0,50 point)**

5.5.2 Montrer que si l'atome d'hydrogène pris à l'état fondamental absorbe un photon d'énergie 14 eV, il émet un électron. Calculer la vitesse d'éjection de l'électron. **(0,25 point)**
Vérifier que cet électron n'est pas relativiste. **(0,25 point)**

N.B : Une particule est dite relativiste si sa vitesse est supérieure au dixième de la célérité de la lumière dans le vide.

EXERCICE 5

EXERCICE 3 **(06 points)**

3.1 L'atome d'hydrogène : étude dynamique

L'atome de BOHR, est un modèle de l'atome d'hydrogène : on suppose que l'électron est en mouvement circulaire uniforme autour du noyau constitué par le proton et supposé immobile. Soit r le rayon de la trajectoire de l'électron.

3.1.1 Donner l'expression de la norme de la force électrostatique exercée par le proton sur l'électron. **(0,5 pt)**

3.1.2 Appliquer la deuxième loi de Newton à l'électron et en déduire l'expression de son énergie cinétique E_c en fonction de k, e et r. **(0,75 pt)**

3.1.3 Exprimer le travail élémentaire de la force électrostatique s'exerçant sur l'électron pour une variation élémentaire dr du rayon de sa trajectoire. En déduire l'expression W du travail de cette force , sachant que l'électron se déplace en réalité dans un volume tel que le rayon passe de r_1 à r_2. Que peut-on dire de la force électrostatique ? **(01 pt)**

3.1.4 En considérant la relation entre la variation ΔE_p de l'énergie potentielle électrostatique et le travail W, montrer que l'énergie potentielle de l'atome est $E_p = -\frac{ke^2}{r}$ où r est la distance noyau – électron, en choisissant l'infini comme référence. **(0,5 pt)**

3.1.5 Exprimer l'énergie mécanique totale E du système noyau – électron, en fonction de k, e, r. **(0,5 point)**

3.2. Quantification

La mécanique quantique donne le moment de la quantité de mouvement de l'électron : $mvr = n\dfrac{h}{2\pi}$,

m étant la masse de l'électron ; v sa vitesse ; h étant la constante universelle de Planck et n le nombre quantique principal (entier naturel).

3.2.1. Exprimer r et E en fonction de k, m, e, n, h. **(01 pt)**

3.2.2. Calculer r_1 en mètre et en micromètre, E_1 en joule et en eV, lorsque n = 1. **(0,5 pt)**

3.2.3. Montrer que l'énergie de l'atome peut s'écrire $E_n = -\frac{A}{n^2}$, où A sera exprimé en joules puis en électron-volts. **(0,5 pt)**

3.2.4. On considère l'atome d'hydrogène excité (n = 4), il se désexcite en revenant à l'état fondamental. Calculer la variation d'énergie de l'atome et la longueur du photon émis. **(0,75 pt)**

Données : Constante de Planck $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ;
masse de l'électron $m = 9.10^{-31}$ kg ; $k = 9.10^{9}$ S.I.

COLLECTION MOBAMA 2020 LS2