**Série de TD N°3 de Structure de la matière.**

**Exercice 1**

I- Une surface métallique est éclairée par une lumière ultraviolette de longueur d'onde

λ = 0,150 μm . Elle émet des électrons dont l'énergie cinétique est égale à 4,85 eV.

1) Calculer l’énergie du seuil Eseuil (le travail d'extraction W0).

2) Quelle est la nature du métal ?

|  |  |
| --- | --- |
| **métal** | **λ0 (nm)** |
| Zn | 0,350 |
| Al | 0,365 |
| Na | 0,500 |

**II-** On éclaire une plaque de lithium (Eseuil = 2,9 eV) avec un rayonnement de fréquence 1.1015 Hz.

1.Calculer l'énergie d'un photon associé au rayonnement incident.

2.Justifier que des électrons peuvent être émis et calculer leur énergie cinétique.

3.Déterminer si l'effet photoélectrique se produit aussi avec une plaque de cuivre (Eseuil=4,65eV).

**Données :** 1 eV = 1,60 × 10−19 J ; Constante de Planck : h = 6,63 × 10−34 J·s ; C=3.108 m/s.

**Exercice 2**

1. Seuil photoélectrique :

On éclaire une cellule photovoltaïque dont la cathode est en césium avec une longueur d’onde λ=495 nm puis avec une radiation de longueur d’onde λ=720 nm. Le travail d’extraction d’un électron de césium est W0 =1,88 eV.

a. Calculer la longueur d‘onde λ0 qui correspond au seuil photoélectrique.

b. Vérifier que l’émission photoélectrique n’existe qu’avec une seule des deux radiations précédentes.

2. Vitesse d’émission des électrons :

On éclaire une cellule photoélectrique à vide avec une lumière monochromatique. L’énergie d’extraction d’un électron du métal cathodique est W0=1,88 eV. La longueur d‘onde de la radiation est 600 nm.

a. Quelle est l’énergie cinétique maximale Ec,max d’un électron émis ?

b. Quelle est la vitesse maximale Vmax d’un électron émis ?

**Données** : me=9,11 10−31 kg ; h=6 ,63 10−34 J.s

**Exercice 3**

1. A partir des postulats de Bohr, retrouver les expressions donnant le rayon, la vitesse et le niveau d’énergie de l’hydrogène et d’un ion hydrogénoïde en fonction de n.
2. Déterminer l’énergie du niveau fondamental de l’atome d’hydrogène ainsi que celle des niveaux 2, 3, 4, 5 et l’infini. Représenter le diagramme énergétique.
3. Calculer la variation d’énergie associée à l’électron lors de son passage de l’état fondamental, au premier et au second état excité, ainsi que l’énergie d’ionisation de l’atome d’hydrogène.
4. Représenter ces transitions électroniques sur le diagramme énergétique. Déduire à partir de l’équation relative à l’hydrogène et l’hydrogénoïde, la relation de Balmer et calculer la constante de Rydberg RH pour l’atome d’hydrogène.
5. On considère l’ion hydrogénoïde dans son état fondamental, le rayon de l’orbite est alors de 0,27 Ǻ
6. Déterminer la valeur de la force d’attraction exercée par le noyau sur l’électron.
7. Quelle est la vitesse de l’électron sur cette orbite ?

c- Déterminer l’énergie totale de l’électron

**Exercice 4**

Les niveaux d’énergie de l’atome d’hydrogène sont donnés par la relation : En = - E0/n2 avec : n ϵ N\*, E en eV et n, nombre quantique principal.

1. Définir : transition, photon, état fondamental ;
2. Donner la valeur de l’énergie correspondant à l’état fondamental.
3. Une transition se fait du niveau 4 au niveau 2.
   1. Calculer la variation de l’énergie du système.
   2. Y a-t-il absorption ou émission d’un photon ? Justifier.
   3. Quelle est l’énergie du photon émis ? Calculer sa longueur d’onde.
4. L’atome d’hydrogène est à l’état fondamental.
   1. Calculer la plus grande longueur d’onde des radiations qu’il peut absorber ?
   2. A quel domaine spectral appartient cette radiation ?
5. Sachant que l’énergie d’ionisation de l’atome d’hydrogène est 13,6 eV ; on envoie sur des atomes d’hydrogène, pris à l’état fondamental, différents photons d’énergie respectives :

8,2 eV ; 10,2 eV ; 13,6 eV ; 14,6 eV.

-Quels sont les photons qui peuvent être absorbés et quel est l’état final du système ?

**Données**: h = constante de Planck = 6,62.10-34 J.s ; C=3.108 m/s, 1 eV = 1,6 10-19 J

**Exercice 5**

Les différents niveaux d’énergie de l’atome d’hydrogène sont donnés par la formule :

En = - 2,176 10-19 / n2, avec n ϵ N\* et En en joules ; hC=1,986× 10-16 J.m.

1. Calculer, en nanomètres, les longueurs d’onde des radiations émises ainsi que la série correspondante à chaque transition, lors des transitions du niveau :

* E3 au niveau E1 (longueur d’onde λ3) ;
* E2 au niveau E1 (longueur d’onde λ2) ;
* E3 au niveau E2 (longueur d’onde λ) ;

1. Une ampoule électrique contient du gaz renfermant les atomes portés à 2800 K. Les atomes sont dans leur état fondamental. Une lumière constituée des radiations (λ3, λ2, λ) traverse ce gaz.

* Quelles sont les radiations absorbées par ce gaz ? Justifier.

1. Sur l’ampoule précédente, on envoie une radiation monochromatique de longueur d’onde λ/=76 nm.
   1. Calculer en eV l’énergie des photons.
   2. Montrer que l’atome peut être ionisé.
   3. Calculer, en faisant un bilan d’énergie, l‘énergie cinétique acquise par l’électron en admettant que celle de l’ion formé est nulle.
2. Un électron d’énergie cinétique 11eV vient frapper un atome d’hydrogène. Quelles transitions peut provoquer cet électron ?

**Exercice 6**

1. Rappeler la définition d’un ion hydrogénoïde.
2. Les ions 3Li+ et 4Be3+ sont-ils des systèmes hydrogénoïdes ?

Un hydrogénoïde ZXy+ absorbe dans son état stable un rayonnement. Sachant que son énergie d’ionisation est égale à 54,4 eV.

1. De quel hydrogénoïde s’agit- il ?

2. Calculer la longueur d’onde (en nm) de la radiation qui permettrait d’arracher cet électron. 3. Calculer l’énergie totale de cet électron s’il est dans son second état d’excitation.

4. Calculer le rayon de l’orbite et la vitesse de l’électron quand il se trouve au niveau n = 3.

5. Montrer que l’absorption d’un photon de nombre d’onde 𝜈 = 1,56·108 m-1 par l’hydrogénoïde Be3+ à l’état fondamental est possible. Préciser le niveau énergétique de l’électron dans l’ion excité résultant de cette absorption.

**Données :** h = 6,62·10-34 J·s ; c = 3·108 m/s ; RH = 1,097·107 m-1 ; a0 = 0,53 Å ; 1 eV = 1,6-19J

**Exercice 7**

\*) Énoncer l’hypothèse de Louis De Broglie (le concept de dualité onde-corpuscule)

1. Quelle est la longueur d’onde associée à :
2. Un électron dont l’énergie cinétique est de 54 eV ?
3. Un proton accéléré sous une différence de potentiel de 106 V ?
4. Un avion de chasse de 15 tonnes volant à 2800 km/h ?

2. Dans quel(s) cas les propriétés ondulatoires se manifestent-elles ?

3. Appliquer le principe d’incertitude de Heisenberg et calculer l’incertitude sur la vitesse Δvx de :

a) Un électron se déplaçant en ligne droite (Δx = 1Å).

b) Une bille de masse 1g se déplaçant sur une droite dont la position est connue à 1 mm près.

4. Quelle conclusion en tirez-vous ?

**Données :** me = 9,109·10-31 kg ; mp =1,672·10-27kg ; h = 6,62·10-34J.s ; 𝑒 = 1,6·10-19 C.

**Exercice 8**

Soit un atome d’hydrogène dans son 5ème état excité. Calculer :

1. La longueur d’onde associée à l’électron en mouvement.

2. L’incertitude relative sur la vitesse de l’électron si l’on admet que sa distance au noyau est connue à 1 % près.

3. Les longueurs d’onde des raies émises par l’atome, correspondant à la première série (de Lyman) et à la dernière série (de Pfund) du spectre.

4. L’énergie d’ionisation de cet atome excité.

5. La longueur d’onde du rayonnement absorbé nécessaire à cette ionisation.

On donne : e=1,6.10-19 C, me = 9,1.10-31 kg, h = 6,625.10-34 J.s, c = 3.108 m.s-1

**Exercices supplémentaires**

**Exercice 1**

1. Calcul du travail d’extraction :

La longueur d’onde seuil pour le césium est λ0 =0.66 m. Déterminer le travail d’extraction W0.

1. Energie cinétique maximale :

Une lumière de longueur d’onde λ=0.44 m éclaire la photocathode. Calculez l’énergie cinétique maximale des électrons émis.

1. Vitesse de l’électron :

Déterminez la vitesse de l’électron émis avec Ec,max=1.52 10-19 J.

**Exercice 2**

1. Sachant que la vitesse de l’électron de l’atome d’hydrogène excité est de 3,64.105 m.s-1, déterminer la longueur d’onde de la radiation émise par cet atome lorsque l’électron passe au niveau d’énergie immédiatement inférieur.
2. Un atome d’hydrogène, dans son 1er état excité, absorbe un rayonnement de longueur d’onde égale à 900 A.

a) Montrer que l’atome est alors ionisé.

b) Calculer la vitesse de l’électron expulsé, le proton étant supposé fixe.

1. Indiquez, parmi les caractéristiques suivantes de l’atome d’hydrogène, celles qui sont quantifiées : - rayon des orbites - énergie de l’atome - masse atomique - force d’attraction électron - noyau - longueur d’onde associée à l’électron - potentiel d’ionisation - vitesse de l’électron-charge du noyau. Exprimez alors comment elles varient avec le nombre quantique n

**Exercice 3**

1. Un électron se déplaçant à une vitesse de v = 106 m/s, a une masse m= 9,11 10-31 kg. Calculez la longueur d’onde associée à cet électron.
2. Si un proton de déplace à une vitesse v = 2,2 105 m/s, a une masse m= 1,67 10-27 kg. Calculez sa longueur d’onde associée.
3. Une balle du golf se déplaçant à une vitesse v = 30 m/s, a une masse m= 100 g. Calculez sa longueur d’onde associée.

**Données** : C=3 108 m.s-1, h = 6,62×10-34 J.s, k = 9 ×109 S.I

**Exercice 4**

I- Soit un atome d’hydrogène dans son 4ème état excité.

1. Caractériser l’atome, dans cet état excité, par le rayon de l’orbite, la vitesse de l’électron, son énergie totale et la longueur d’onde associée à l’électron. Montrer, à cette occasion, que ces quatre caractéristiques sont quantifiées.

2. Déterminer l’incertitude relative en % sur la vitesse de l’électron, dans cet état excité, en admettant que le rayon de l’orbite est connu à 1 % près.

3. Calculer la longueur d’onde de la raie de Lyman émise lors de la désexcitation de l’atome.