Mesures optiques et Rayonnement

Spectroscopie - Exercices I

1. L'étude d'un spectre atomique fournit les trois raies de longueur d'onde λ_1 = 4862 Å, λ_2 = 6563 Å et λ_3 = 18752 Å.

Montrer que ces trois raies correspondent à toutes les transitions possibles entre trois niveaux d'énergie.

2. Entre un état d'énergie E_a et quatre niveaux d'énergie E_b, E_c, E_d et E_e, les différences d'énergie valent:

$E_b - E_a$ = 1,889 eV $E_c - E_a$ = 2,550 eV
$E_d - E_a$ = 2,856 eV $E_e - E_a$ = 3,022 eV

a) Calculer la longueur d'onde des radiations émises lors des transitions correspondantes.

b) Calculer la longueur d'onde des radiations émises lors des transitions aboutissant sur les niveaux E_b d'une part et E_c d'autre part. De quel spectre s'agit - il ?

3. Dans le spectre de l'atome d'hydrogène, on observe dans l'U.V. une raie de longueur d'onde λ = 1216 Å.

Déterminer, dans le diagramme d'énergie de l'hydrogène, quelle est la transition correspondante.
A quelle série cette raie appartient - elle ?
En déduire la valeur de la constante de Rydberg R.

4. Calculer les longueurs d'onde limites λ_∞ des séries de Lyman, Balmer, Paschen, Brackett et Pfund du spectre atomique de l'hydrogène.

5. Soit N_0 le nombre d'électrons situés dans un état d'énergie excité E à l'instant t = 0. Au bout du temps t, le nombre d'électrons qui subsistent dans l'état E obéit à la loi exponentielle :

$$N = N_0 e^{-kt}$$

dans laquelle k est une constante. On appelle vie moyenne τ l'intervalle de temps au bout duquel $N = N_0 / e$ (e # 2,7).

a) Montrer que $\tau = 1/k$.

b) Exprimer N en fonction de t et de τ. Tracer la courbe N(t).

c) La vie moyenne τ de l'état excité d'un atome vaut $4{,}35.10^{-9}$ s. A un instant donné, N de ces atomes sont excités. Quelle est la fraction de N qui correspond aux atomes qui sont encore excités 20 nanosecondes plus tard ?

I.U.T. Caen
Mesures Physiques

Mesures optiques et Rayonnement

Spectroscopie - Exercices II

1. Soit un atome d'hélium ionisé une fois He^+.

Exprimer le rayon r de l'orbite, supposée circulaire, de l'électron restant dans l'état fondamental (n=1). Calculer r. Comparer au cas de l'atome d'hydrogène.

Quelle est l'énergie E_1 de l'ion He^+ dans son état fondamental ? Calculer E_1 en joules puis en eV.

Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise lorsque l'ion passe de l'état n = 2 à l'état n = 1 ?

2. L'énergie d'ionisation de l'hydrogène (H -> H^+) vaut E=1312 $kJ.mol^{-1}$. Quelle caractéristique des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène peut-on déduire de cette valeur ?

3. L'utilisation de la loi empirique de Moseley $1 / \lambda = R A (Z - \sigma)^2$ donne, pour une anticathode de cuivre (Z_{Cu} = 29), la valeur $\lambda K\alpha$ = 1,55 Å. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de la raie $K\beta$ du cuivre et celle de la raie $K\alpha$ d'une anticathode de molybdène (Z_{Mo} = 42). Comparer aux valeurs données dans les tables.

4. Une lame à faces parallèles est découpée dans un cristal de silicium (Si) perpendiculairement à la diagonale de la maille cubique de paramètre a_o. La famille de plans réticulaires notés (111), parallèles aux faces de L, a une équidistance $d = a_o / \sqrt{3}$.

Un faisceau incident de rayons X monochromatique de longueur d'onde λ=1,54056 Å aborde la lame L sous l'incidence rasante θ (angle entre la direction du faisceau incident et sa projection orthogonale sur L). On mesure les quatre angles θ qui donnent lieu à une réflexion sélective: θ_1 = 14,221°; θ_2 = 29,428° ; θ_3 = 47,475° et θ_4 = 79,312°.

Montrer que ces quatre valeurs sont compatibles entre elles. Calculer le paramètre a_o de la maille cubique du silicium.

La longueur d'onde λ est connue avec une précision de 3.10^{-5} Å; les angles θ sont mesurés avec une erreur maximale de 5.10^{-3} degré. Déterminer l'erreur commise sur la valeur de a_o.

I.U.T. Caen
Mesures Physiques
2ème Année

Mesures Optiques et Rayonnement

Spectroscopie - Exercices I

I.1. $\Delta E = hc/\lambda$ $\quad \Delta E_1 = 2,555$ eV
$\Delta E_2 = 1,893$ eV
$\Delta E_3 = 0,662$ eV $= \Delta E_1 + \Delta E_2$

Il s'agit des trois transitions possibles entre les niveaux n=4, n=3 et n=2 de l'atome d'hydrogène.

I.2.

a) $\lambda_1 = 0,6528$ µm (Hα rouge)
$\lambda_2 = 0,4853$ µm (Hβ bleu)
$\lambda_3 = 0,4333$ µm (Hγ indigo)
$\lambda_4 = 0,4095$ µm (Hδ violet)

b) On obtient les raies de la série de Paschen (-> n=3) et celles de la série de Brackett (-> n=4) du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène.

I.3. Il s'agit dans la série de Lyman (U.V.) de la transition n=2 -> n=1 qui correspond à une énergie de 10,2 eV environ.

La constante de Rydberg R est telle que $1/\lambda = 3/4\ R$
D'où sa valeur $R = 1,0965 \cdot 10^7\ m^{-1}$.

I.4.
λ_{inf} Lyman = 0,0911 µm
λ_{inf} Balmer = 0,3645 µm
λ_{inf} Paschen = 0,8201 µm
λ_{inf} Brackett = 1,4501 µm
λ_{inf} Pfund = 2,2781 µm

I.5. a) $N_o/e = N_o\ e^{-k\tau}$ d'où $k\tau = 1$
b) $N = N_o\ e^{-t/\tau}$
c) $N = 0,01\ N_o$

I.U.T Caen
Mesures Physiques
2ème Année

Mesures Optiques et Rayonnement

Spectroscopie - Exercices II

II.1. $r = 0,264$ Å
$E_1 = -54,4$ eV
$\lambda = 304,3$ Å

II.2. L'énergie d'ionisation fixe le niveau fondamental (n = 1) de l'atome H à $E_1 = -13,6$ eV.

II.3. λK_β (Cu) = 1,31 Å (1,39 Å dans les Tables)
λK_α (Mo) = 0,72 Å (0,7107 Å dans les Tables)

II.4. $a_o = 5,43087...$ Å
$\Delta a_o = 2.10^{-4}$ Å. D'où $a_o = 5,4309(2)$ Å

Il faut choisir θ_4 pour minimiser l'erreur sur a_o. Noter que les erreurs sur les $\sin \theta_n$ portent sur le cinquième chiffre après la virgule.