

LE SPECTROSCOPE À PRISME. ANALYSE DES SPECTRES D'ÉMISSION ET D'ABSORPTION

1. Le but du travail

1.1. Mise en évidence du phénomène de dispersion de la lumière par l'observation des spectres d'émission et d'absorption.

1.2. L'étalonnage d'un spectroscope (le tracé du graphique d'étalonnage) à l'aide d'un spectre connu.

1.3. La réalisation des spectres d'émission pour le néon et pour l'hélium.

1.4. La réalisation du spectre d'absorption pour une solution de permanganate de potassium. La détermination de la dispersion linéaire du spectroscope.

2. Rappels théoriques

2.1. La dispersion de la lumière

Par dispersion on entend les phénomènes qui apparaissent quand la lumière passe à travers un milieu dispersif.

À l'exception des domaines d'absorption, en milieux dispersifs l'indice de réfraction augmente avec la diminution de la longueur d'onde (dispersion normale).

La dépendance $n = f(\lambda)$ est nommée loi de dispersion du milieu.

À cause de la dispersion, les ondes lumineuses qui forment une radiation complexe sont déviées avec des angles différents lorsqu'elles pénètrent dans un milieu dispersif et ainsi elles peuvent être observées séparément.

Un dispositif simple avec lequel on obtient la séparation des composantes monochromatiques de la lumière est le prisme optique.

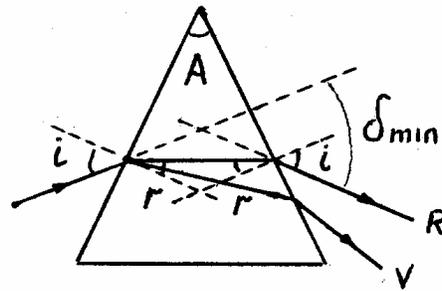


Figure 1

Considérons le prisme représenté schématiquement sur la fig. 1. Plaçons – nous dans le cas où le prisme, d'indice n , est plongé dans l'air et les rayons lumineux incidents sont contenus dans le plan de la section principale.

L'angle de la déviation (entre le rayon incident et le rayon émergent) au passage de la lumière à travers le prisme est:

$$\delta = i_1 - r_1 + i_2 - r_2 = i_1 + i_2 - A \quad (1)$$

Cet angle est minimum pour $i_1 = i_2 = i$ et $r_1 = r_2 = r = A/2$ (le tracé des rayons dans le prisme est alors symétrique).

Par conséquent:

$$\delta_{\min} = 2i - A \quad (2)$$

Parce que :

$$\sin i = n \sin r \quad (3)$$

et en tenant compte de : $r = A/2$, la relation (2) devient:

$$\delta_{\min} = 2 \arcsin (n \sin A/2) - A \quad (4)$$

qui démontre que la déviation minimale dépend de l'indice de réfraction. On peut même démontrer que la déviation δ est fonction de λ .

2.2. Spectres d'émission et spectres d'absorption

Un système microscopique (atome, molécule, noyau) est caractérisé par le fait qu'il peut exister seulement dans certains états nommés états stationnaires, correspondants à un grand nombre de valeurs de l'énergie (niveaux d'énergie).

N'importe quelle variation de l'énergie du système microscopique se fait par une transition d'un état stationnaire en un autre. Nous sommes intéressés, par les transitions radiatives, quand le système émet ou absorbe un photon. Ainsi au passage du système de l'état d'énergie E_n à l'état d'énergie E_m ($E_n > E_m$) s'émette un photon dont l'énergie est:

$$h\nu = E_n - E_m \quad (5)$$

À l'absorption d'un photon qui a l'énergie $h\nu$ égale à l'expression droite de la relation (5) le système passe de l'état d'énergie plus petite E_m à l'état d'énergie plus grande E_n .

La totalité des radiations émises d'un système microscopique constitue le spectre d'émission du système.

Pour les atomes sont caractéristique les spectres discrètes qui sont formées par des radiations monochromatique (lignes isolées).

La dénomination de ligne spectrale vient du fait que les méthodes expérimentales conduisent à l'observation des radiations monochromatiques comme les images d'une fente étroite.

Une ligne spectrale correspond théoriquement à une radiation monochromatique de fréquence ν (longueur d'onde λ). En effet les lignes

spectrales ne sont pas rigoureusement monochromatiques; elles présentent une certaine largeur $\Delta \lambda$. Il y a une largeur naturelle de la ligne spectrale qui est un effet quantique.

La largeur de la ligne est due aussi à d'autres phénomènes (effet Doppler, interaction).

L'intensité d'une ligne spectrale dépend de la probabilité de transition entre les deux niveaux et du nombre des systèmes microscopiques des différents états.

Pour les molécules sont caractéristiques les spectres des bandes parce que les transitions ont lieu entre les groupes des niveaux d'énergie formés de niveaux très proches.

Si une radiation qui a un spectre continu passe à travers une substance absorbante, le spectre continu va être sillonné des lignes ou des bandes obscures. Cela est un spectre d'absorption.

La spécificité des spectres optiques permet l'identification des atomes et des molécules impliqués (l'analyse qualitative). Si on mesure les intensités des lignes ou des bandes spectrales on peut déterminer la concentration des atomes et des molécules (analyse quantitative).

3. La description de l'installation expérimentale

L'installation est formée à partir des sources spectrales, deux ampoules à l'incandescence et un spectroscopie.

Les sources spectrales contiennent des éléments en état atomique qui ont des spectres d'émission qui vont être étudiés (une lampe à vapeurs de Hg; He et Ne en deux tubes de décharge).

L'excitation des atomes sur des niveaux supérieurs d'énergie se fait par des collisions avec des électrons accélérés par le champ électrique. La

dézexcitation des atomes porte à l'émission des spectres de radiations caractéristique.

Pour l'observation du spectre d'absorption de la molécule de KMnO_4 on utilise une solution de KMnO_4 (trouvée dans une bouteille) et une ampoule à l'incandescence .

Le spectroscope est formé à partir des éléments suivants:

- le collimateur C_1 qui consiste d'une lentille convergente L_1 qui a dans son foyer une fente réglable F ;
- le prisme P assise avec le côté correspondant à l'angle A parallèle avec la fente F ;
- la lunette L (forme des lentilles L_2 et L_3) qui peut être tournée en rond à l'aide d'une vis, permettant l'observation de l'entier spectre;
- le collimateur C_2 qui consiste d'une lentille convergente L_4 et une échelle micrométrique M .

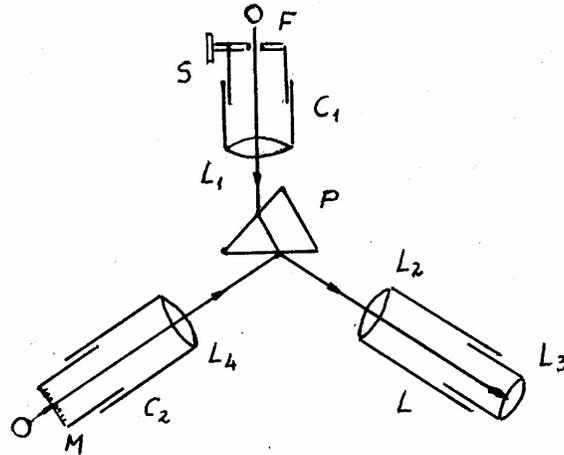


Figure 2

4. Mode opératoire

4.1. Allimenter le circuit de la lampe à vapeur de Hg. Positionner le spectroscope avec le collimateur C_1 à côté de la lampe à Hg. Régler l'ouverture de la fente F à une valeur plus petite que 1 mm.

4.2. En regardant à travers la lunette L on déplace le tube de l'oculaire L_3 et on rétrécit l'ouverture de la fente F jusque les lignes spectrales deviennent minces. On tourne en rond la lunette L pour observer le spectre l'entier.

4.3. On illumine l'échelle micrométrique M avec une ampoule à l'incandescence et on règle la position du collimateur C_2 ainsi que les divisions de l'échelle peuvent être vues claires et pour couvrir le spectre l'entier.

4.4. En déplaçant la lunette L on observe et on note en divisions la position x de chaque ligne du spectre du Hg. On met les résultats dans le tableau I:

Tableau I

Couleur	Intensité	$\lambda(\text{nm})$	$x(\text{div})$
jaune	intens	579,0	
jaune	intens	577,0	
vert	intens	546,1	
bleu-vert	très faible	496,6	
bleu-vert	faible	491,6	
bleu	intens	435,8	
violet	faible	407,8	
violet	intens	404,7	

4.5. On débranche le circuit de la lampe à vapeurs de Hg. On connecte le tube de décharge à He. On assied le spectroscopie avec le collimateur C_1 vers le tube à He ainsi que la fente F soit à 1- 2cm de tube. On répète les opérations du point 4.4. Les résultats on les met dans un tableau qui comprend: la couleur, l'intensité, la position, la longueur d'onde (qui va être déterminée ultérieurement).

4.6. On interrompte l'allimentation du tube de décharge à He et après on interrompte le circuit d'allimentation. On répète les opérations faites pour l'He en utilisant le tube à Ne.

4.7. Pour l'observation du spectre d'absorbtion on assied la bouteille à solution de $KMnO_4$ sur un statif et on l'illumine avec une ampoule à l'incandescence. On assied le spectroscopie avec le collimateur C_1 près de la bouteille. À travers la lunette L on observe dans la région verte du spectre des bandes d'absorbtion sous la forme des bandes obscures. On lit les divisions x' et x'' qui sont à la limite droite et gauche des bandes et on met les résultats dans le tableau II (la dernière collonne va être complétée après l'ordonation systématique des données expérimentales)

Tableau II

Bande	$x' \dots x''$	$\lambda' \dots \lambda''$

5. Indication pour le traitement des données expérimentales

5.1. Avec les données du premier tableau (spectre du Hg) on fait la courbe d'étalonnage du spectroscopie $\lambda = f(x)$.

5.2. À l'aide de la courbe d'étalonnage et en considérant les positions mesurées des lignes et des bandes spectrales on détermine les longueurs d'onde correspondantes aux lignes spectrales et aux limites des

bandes d'absorption. Les valeurs obtenues seront mise dans des tableaux différents.

5.3. On calcule la dispersion linéaire du spectroscopie:

$$D = \frac{dx}{d\lambda} \quad (6)$$

pour $\lambda = 420\text{nm}$, $\lambda = 500\text{nm}$, $\lambda = 580\text{nm}$.

5.4. On détermine les erreurs dans chaque cas comme l'inverse de la pente de la courbe d'étalonnage dans les points correspondants aux longueurs d'onde du point 5.3.

6. Questions

6.1. Un prisme en verre avec l'angle A de 60° , pour une certaine radiation, l'indice de réfraction $n = 1,60$. Quel angle d'incidence est nécessaire pour que la radiation passe à travers le prisme dans un mode symétrique ?

6.2. Quel est l'angle de déviation minimale pour une certaine radiation d'un prisme avec l'indice de réfraction de 1,41 qui a comme section un triangle équilatéral ?

6.3. On peut déterminer de manière expérimentale l'indice de réfraction du verre duquel est faite le prisme du spectroscopie? Si oui, montrez cette manière.

6.4. À supposer que dans différentes parties d'un spectre observé avec le spectroscopie, on a deux lignes à la fois pour lesquelles la différence entre les longueurs d'onde est la même. Dans quelle partie du spectre la séparation spatiale de ces lignes est plus grande? Justifiez la réponse, en utilisant l'aspect de la courbe d'étalonnage.