

LP 1 : Spectre

Élément imposé : 007, loi de Wien, Types spectraux des étoiles, spectre sonore, spectres RMN, IR, UV-Visible, spectres continus/ de raies

Niveau : 1ère enseignement de spécialité

Prérequis :

- ondes électromagnétiques (2nd)
- spectres d'émission (continu et de raie) (2nd)
- modèle ondulatoire et particulaire de la lumière (1ere)
- loi de Beer-Lambert, spectroscopie UV-Visible (2nd)
- incertitudes de type B (2nd)

Objectif : Savoir analyser un spectre et en déduire des informations quantitatives

Biblio :

- 1ere enseignement de spécialité Bordas
- Bordas, 1ere enseignement scientifique
- Bordas 2nd programme 2019
- Nathan, TS, programme 2012

Introduction pédagogique

Niveau 1^{er} : là que les élèves vont vraiment étudier les spectres et en tirer éléments quantitatifs.

Ici seulement spectre de la lumière car déjà lourd.

Expérience pour illustrer ce cours, utilisation de Beer-Lambert pour remonter à une concentration.

Objectif : Savoir analyser un spectre et en tirer des informations quantitatives

Difficultés : - Bien savoir quels sont les états initiaux et finaux, faire schéma pour comprendre le sens que l'on étudie.

- Unités : eV, K.. Faire des AN avec rappel des unités

TP : Utilisation de différentes lampes spectrales + détermination de leur spectre ou pyromètre optique

TD : Etude atmosphère d'étoile, lien avec la bio pigments des plantes.

Introduction

Spectre : description d'un signal par les fréquences ou les longueurs d'onde qui le composent

Lumière visible : onde EM dont la longueur d'onde est comprise dans la gamme du visible (entre 400nm et 800 nm)

Spectre de la lumière (1670) (Slide) Newton : prisme + décomposition de la lumière à travers le prisme

Spectre de la lumière : figure colorée lors du passage de la lumière à travers un prisme ou un réseau.

A quoi ça sert ?

I. Spectre d'émission

http://www.ostralo.net/3_animations/animations_phys_optique.htm

si animation ne fonctionne pas : <https://www.youtube.com/watch?v=n-O7Zlwjbt4>

A. Spectre continu

exp : Décomposition d'une lampe quartz-iode : source/diaphragme/lentille convergente/prisme ou réseau / écran

On pourrait se demander si ce n'est pas le verre qui fait apparaître ces couleurs

Slide expérience 2 de Newton avec deux prismes. C'est bien dans la lumière blanche que sont toutes ces radiations.

On parle de lumière polychromatique = composée de plusieurs longueurs d'onde, exemple : la lumière blanche

Source monochromatique : exemple laser.

Spectre continu : comporte toutes les longueurs d'ondes du visible, c'est pourquoi on voit la lumière blanche.

B. Spectre de raies d'émission

Exp : Spectre d'une lampe Hg :

On voit que le spectre n'est pas continu, il n'y a qu'une partie des longueurs d'onde du visible, il s'agit d'un

spectre de raie.

Explication :

Quantification de l'énergie des atomes (Niels Bohr 1913)

Slide diagramme → état fondamental, état excité

→ phénomène d'émission, on passe de $E_{excité}$ à E_{fond} ⇒ émission d'un photon $\Delta E = hc/\lambda$

h constante de Planck = $6,63 \cdot 10^{-34}$ Js

exp : spectre d'émission sur spid HR d'une lampe Hg

Spectre d'émission car c'est la lumière qui est émise par l'élément présent sous forme de gaz dans la lampe spectrale.

Un spectre de raies d'émission est la signature d'un élément chimique.

On peut remonter aux λ , et comparer aux ΔE théorique.

Exp : lampe à Hg, compa raison raie théorique/détectée/ (<http://www.chimix.com/an13/kine13/B55.html> pour les données)

Transition : slide spectre du Soleil : raies noires sur fond coloré, pourquoi ?

II. Spectres d'absorptions

A. Composition d'une étoile

→ Phénomène d'absorption, on passe de E_{fond} à $E_{excité}$ par absorption d'un photon $\Delta E = hc/\lambda$

Animation : Comparaison des spectres d'émission et d'absorption d'un élément. On récupère tout sauf ce que l'élément a absorbé. Les deux spectres sont complémentaires.

(http://www.ostralo.net/3_animations/animations_phys_optique.htm spectres_abs_em.swf)

On peut utiliser ça pour déterminer l'atmosphère d'une étoile

Pour le soleil on a : soleil = source polychromatique continue. La lumière émise par le soleil doit traverser les couches de gaz = atmosphère du soleil. Les éléments qui constituent l'atmosphère absorbent une partie du rayonnement du soleil. D'où les raies manquantes

On peut donc remonter à la composition du soleil. Slide, avec les spectres affichés, on peut déduire que le soleil est constitué entre autres de H et He.

Animation : Logiciel « Analyse spectrale » : <http://www.physagreg.fr/animations.php> analyse atmosphère d'une étoile.

Transition : On parle pour l'instant d'absorption pour un atome, c'est aussi le cas des molécules et solutions.

B. Loi de Beer- Lambert

Slide spectre de $KMnO_4$, spectre d'une espèce.

Plus une solution à d'espèce dissoute plus la probabilité d'absorption augmente → Vérification expérimentale

Exp : mesure de concentration d'une solution de $KMnO_4$

https://phet.colorado.edu/sims/html/beers-law-lab/latest/beers-law-lab_fr.html (Trop bien!!!!) + montrer image vrai spectrophotomètre.

En préparation : courbe $A=f(C)$ pour des solutions de concentrations connues. Toutes les mesures faites à $\lambda_{max} = 525$ nm pour être le plus précis possible et blanc effectué pendant préparation.

$A_{mesurée} = 0,521$

Incertitude sur le curseur, $C = 260 \cdot 10^{-6}$ M

Avec régression linéaire, on a ϵ . On peut calculer C avec les incertitudes. $[KMnO_4] = 2,6 \pm 0,1 \cdot 10^{-4}$ M

Technique utilisée en industrie

Conclusion

Slide Bilan

Ouverture : spectre IR, onde acoustique ..

Si élément imposé loi de Wien :

Slide (Hachette 2nd) : spectre d'un corps chaud et d'un plus froid

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_fr.html

→ Plus T augmente, plus le spectre se décale vers les basses longueurs d'onde

Comment le comprendre ?

Approximation : source lumineuse = corps noir

Corps noir : objet idéal à une température T absorbant toute l'énergie EM qu'il reçoit (pour rester à l'équilibre : émet rayonnement du corps noir)

→ Loi de Wien : $\lambda_{\max} = 2,898 \cdot 10^{-3} / T$

Slide Spectre du Soleil $\Rightarrow \lambda_{\max} = 480 \text{ nm}$ donc AN : $T = 6037 \text{ K}$

En réalité : $T = 5778 \text{ K}$, on a le bon ordre de grandeur. Soleil en réalité n'est pas un corps noir idéal.

Si spectres sonores, on peut faire un plan de ce type :

Niveau : TS pour les ondes sonores

Prérequis en plus : onde progressive sinusoïdale, double périodicité, onde sonore, (TS)

I – Spectre de la lumière

A) Décomposition de la lumière

Expérience historique de Newton : 1666 décomposition de la lumière blanche. Description de l'expérience et décomposition du blanc (pour l'instant 1 seul prisme).

Exp : décomposition de la lumière d'une source quartz-iode

On pourrait se demander si ce n'est pas le verre qui fait apparaître ces couleurs. Expérience de Newton avec 2 prismes. C'est bien dans la lumière blanche que sont toutes ces radiations.

Définition : Un spectre, c'est l'image que l'on obtient en décomposant cette lumière à l'aide d'un prisme.

B) Spectres d'émission, d'absorption

Spectre continu : Bande unique contenant une infinité de radiations.

Spectre discret : spectre contenant un nombre fini de radiations.

Animation : Comparaison des spectres d'émission et d'absorption d'un élément. (http://www.ostralo.net/3_animations/animations_phys_optique.htm spectres_abs_em.swf).

Un spectre de raies d'émission est la signature d'un élément chimique. Puis montrer sur l'animation le spectre d'absorption. Un élément ne peut absorber que la lumière qu'il est capable d'émettre.

C) Caractérisation d'une étoile

Slide couleur corps noir en fonction de la température.

Approximation : Betelgeuse $\lambda_{\max} = 800 \text{ nm}$, Deneb $\lambda_{\max} = 400 \text{ nm}$.

Loi de Wien:

T_{Bételgeuse} = 3600 K (<https://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9telgeuse>)

T_{Deneb} = 8700 K (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Deneb>)

(avec le calcul on trouve 7200 K mais c'est parce que on ne peut pas voir le maximum d'absorption de Deneb nous puisqu'il est dans l'UV.

Détermination de la composition de l'atmosphère d'une étoile cf plan 1.

Transition : Newton a essayé de trouver une analogie entre les couleurs et les notes de la gamme. (la couleur dans tous ses éclats, B. Valeur) S

Spectres de la lumière et du son (Physique Chimie 1re STI2D STL, Nathan)

II – Spectre acoustique

A) Décomposition d'un son

exp : Enregistrement spectre du diapason, microphone, carte d'acquisition, latispro. Mesure en direct de sa fréquence.

<https://www.youtube.com/watch?v=yQutWNGOwBc> (à partir de 2min)

https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/general/synthese.html

$F = 440 \text{ Hz}$ « C'est un son pur » : analogie avec le laser monochromatique.

Avec la flûte \Rightarrow « son complexe » : analogie avec la lampe blanche.

Slide spectre Guitare p45 Hachette TS enseignement spécifique

→ Le son produit par un instrument de musique comme une guitare est périodique, mais pas sinusoïdal

Slide : Fourier, def harmoniques et fondamental.

En 1822, le mathématicien français Joseph FOURIER a montré que tout signal périodique de fréquence f_1 peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences f_n multiples de f_1 . Ces signaux sinusoïdaux sont appelés harmoniques. L'analyse spectrale d'un son permet d'en obtenir le spectre en fréquences.

Définition : Le spectre en fréquences d'un son est la représentation graphique de l'amplitude de ses composantes sinusoïdales en fonction de la fréquence.

B) Analyse spectrale d'un son

f_1 est la fréquence fondamentale.

$f_n = n f_1$ avec $n \in \mathbb{N}^*$ Les fréquences f_n sont les fréquences harmoniques de rang n du son.

Une transformée de Fourier permet d'obtenir un spectre en fréquence, image de la contribution relative des fréquences dans le son.

Un son pur ne fait donc apparaître qu'un seul pic de fréquence sur son spectre : la fréquence fondamentale f_1 .

Un son complexe fait apparaître la fréquence fondamentale f_1 et les fréquences harmoniques suivantes f_n .

Fig 12 p 63 MicromégaTS

La *hauteur* d'un son est liée à la fréquence du fondamental.

Le *timbre* d'un son est caractérisé par l'intensité relative de des harmoniques, c'est la sensation physiologique qui permet de dire si un son est plus grave ou plus aigu qu'un autre son.

Deux sons de même hauteur émis par deux instruments différents ne sont pas perçus de la même manière, car les harmoniques sont différents. Ces sons ont des timbres différents

Slide : comparaison des harmoniques : guitare/flute Hachette TS p45.

Conclusion

Spectre : représentation de la contribution en énergie des composantes monochromatiques d'une onde (onde sonore, onde électromagnétique ou rayonnement) en fonction de la fréquence (ou de la longueur d'onde) de ces composantes.