

LP 1 : Spectre

Binôme 3 : **Bénédictte Grebille** et Lucile Bridou

Élément imposé : Types spectraux des étoiles

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
- Le livre scolaire, 1ere enseignement scientifique
- Bordas 2nd programme 2019
- TechIngé BE8578 V2
- Nathan, TS, programme 2012
- Taillet, Dictionnaire de Physique

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 large et prend en compte élément imposé.

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. Analyse spectrale

A. Interaction lumière-matière

Slide niveau d'énergie d'un atome + absorption et émission → niveaux d'énergie quantifiés

$E_{\text{photon}} = \Delta E = E_f - E_i$ et $E_{\text{photon}} = h\nu = hc/\lambda$

Il faut $E_f - E_i = hc/\lambda$, avec $\lambda =$ longueur d'onde (nm → m), h constante de Planck = $6,63 \cdot 10^{-34}$ Js

c célérité de la lumière $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Chaque élément a des niveaux d'énergie différents donc des spectres différents

B. Spectre d'émission et d'absorption

Slide spectre de l'hydrogène + niveau d'énergie

Pourquoi pas plus de raies et pourquoi toujours au même endroit ?

Pour spectre d'émission :

Calcul des longueurs d'onde qu'on devrait avoir : $\lambda_{2 \rightarrow 1} = hc/(E_1 - E_2) = 121 \text{ nm} \rightarrow \text{UV}$ on l'a voit pas

Il faut des λ plus grand pour être dans le visible donc des ΔE plus faibles.

$\lambda_{3 \rightarrow 2} = 655 \text{ nm} \rightarrow \text{rouge}$ on regarde sur le spectre, ça colle.

Spectre d'émission : $E_f < E_i$

Inverse possible : Absorption $E_i < E_f$

On compare les deux spectres, pour spectre absorption : on récupère tout sauf ce que l'élément a absorbé. Les deux spectres sont complémentaires.

On peut utiliser ça pour déterminer l'atmosphère des étoiles (Ex slide spectre du Soleil \rightarrow H dans atmosphère du soleil)

Transition : Spectre peut nous permettre de trouver composition d'une étoile ou niveau d'énergie. Mais aussi utilisé en industrie pour déterminer concentration.

C. Détermination d'une concentration

Slide Loi de Beer-Lambert + spectre de KMnO_4

Expérience : mesure de concentration d'une solution de KMnO_4

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

$A_{\text{mesurée}} = 0,521$

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

Avec régression linéaire, on a ϵ . On peut calculer C avec les incertitudes. $[\text{KMnO}_4] = 2,6 \pm 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

Technique utilisée en industrie

Transition : On a vu des infos que l'on pouvait tirer des spectres. Sur les étoiles on peut tirer d'autres infos.

II. Analyse thermique

A. Loi de Wien

Approximation : étoile = 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)

Grâce à ça, loi de Wien : slide graph Intensité = $f(\lambda)$ pour différentes T.

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

Soleil est une étoile , on approxime le soleil à un corps noir cf spectre sur slide

Température du Soleil ? $T = 6037 \text{ K}$ ($\lambda_{\text{max}} = 480 \text{ nm}$) tout à fait valable

Transition : Si on considère chaque étoile comme un corps noir, on peut classer les étoiles selon leur spectre.

B. Types spectraux des étoiles

La plus connue : classification de Harvard (observatoire de Harvard au XX^{ème} Siècle)

Slide différents types spectraux

Étoiles classées selon leur T de couleur

Autres caractéristiques :

- Température
- Gravité à la surface
- masse
- luminosité (quantité d'énergie émise par unité de surface)

Seulement 7 types au départ

Mais à la découverte des naines brunes à la fin du 20^e siècle : 3 nouveaux types, car T plus basse.

Aujourd'hui : 15 types spectraux décrits, et dans ces types, des sous types.

On revient au Soleil, T=6000K, étoile de type G. On retrouve bien l'hydrogène dans le spectre de ce type.

Slide bilan types spectraux

C. Application aux panneaux solaires

Slide principe

Panneau doit absorber un maximum la lumière du soleil pour absorber max de photons et donc énergie

Sur Terre, passage avant dans l'atmosphère terrestre qui absorbe aussi.

On compare différents spectres de semi-conducteur, Ge le mieux

Mais pb si le semi-conducteur chauffe on perd en efficacité. Or chauffe si absorbe en IR. Ge absorbe beaucoup en IR donc chauffe.

Conclusion :

Slide Bilan

35min46

Questions :

- Quelles informations donnent les types spectraux ?
- Loi de Wien écrite, pourquoi pas d'unité à la constante ? Pose la question de qu'est ce que c'est des mK
- ça veut dire quoi température théorique du Soleil ? Température mesurée en surface
- Comment elle a été mesurée ? Sûrement avec spectre
- D'où vient les raies entre 655nm et UV dans le spectre de l'hydrogène ? Transition 4→2 et autres
- Comment ça s'appelle la succession de raie ? Série (Série de Balmer, de Lyman ...)
- Revenir sur définition de la lumière, UV c'est quoi ?
- Émission stimulée choix de ne pas en parler ? Gros chapitre, pas en lien avec l'émission des étoiles
- Émission stimulée moins probable que l'émission spontanée ?
- Sur rayonnement du Soleil, rayonnement AM0 , AM1,5, ça veut dire quoi ? Masse atmosphérique terrestre traversée (=1 à l'équateur et augmente vers les pôles).
- Semi-conducteur, comment l'expliquer à un lycéen ? Et en vrai ?
- Qu'est ce que les élèves de seconde doivent savoir sur les incertitudes ?

- D'où vient la loi de Wien ? Empirique, puis Planck l'a démontrée
 - Correction sur la longueur d'onde mesurée par un télescope d'une étoile lointaine ? Atmosphère terrestre absorbe une partie, effet Doppler
 - C'est quoi une naine brune ? Astre dont la masse est comprise entre 15 et 75 masse de Jupiter.
 - C'est quoi une étoile ? Phénomène physique qui différencie étoile de planète ? Étoile suffisamment massif pour pouvoir commencer des réactions de fusion en leur sein.
 - Panneau solaire, pourquoi ça chauffe plus dans l'IR que dans le visible ?
 - De quoi est constitué le Soleil ? Hydrogène, hélium majoritairement.
 - Pourquoi quand on observe le Soleil, pourquoi c'est pas un spectre de raie ? Quels atomes émettent ? Si à l'équilibre thermo dans enceinte fermé alors rayonnement du corps noir même si on s'attend à spectre de raie. Si on zoom sur le spectre on voit apparaître les raies.
- Température mesurée est la température associée à corps noir pour une surface donnée.
Grosse bande dans l'IR du spectre du soleil = H₂O
- Combien d'états liés dans un atome d'hydrogène isolé ? Une infinité → pb : La fonction de partition diverge.
 - Dans le corps noir, pourquoi ce sont des raies d'absorption dans le spectre ?
 - Est-ce qu'il y a des étoiles où on observe des raies en émission ? oui
 - Pourquoi les types sont pas dans l'ordre alphabétique ?
- Ce sont des femmes qui ont fait cette classification. Comparaison de photos, repérage de différentes raies, puis lettre en fonction de l'intensité de la raie (ex si étoile trop chaude, certaines molécules n'existent pas). Puis d'autres raies intéressantes, ont été étudiées ex raie He ionisé, donc lettres réordonnées.
Raie plus fine si étoile plus massive (plus de gravité)

Remarques :

- Émission stimulée non pertinent dans le visible, mais plus facile en micro-onde, cf coefficient d'Einstein. En astrophysique existe Maser naturel.
- Essayer de trouver spectre de différentes lampes spectrales.
- Faire apparaître les labels des raies sur le spectre du Soleil
- On peut faire spectre du Hg et du Na en manip, plus intense que lampe au deutérium.
- On peut excité lampe au Na qu'on vient d'éteindre (vapeur) par une autre lampe au Na. Pas possible avec Hg.
- Schéma des types/tailles pas bien car pas que un pb de taille
- Dire T de la surface d'émission de l'étoile et pas T étoile.
- Revoir titre des parties et organisation de la leçon

Autres éléments imposés :

- spectre sonore
- spectres RMN, IR, UV-Visible
- spectres continus/ de raies
- 007