

Interaction Lumière matière.

Niveau: Secondaire (Terminale)

Prérequis

- * Couleur et lumière colorée (1^{er})
- * Analyse Spectrale (Spectre W - Spectre IR) (Terminale)
- (* Interférences (Terminale)) *Sipartie I*
- * Remplissage des couches (K) (L) (n)
- (* Dualité onde corpusculaire - photon - relation de De Broglie)
- * Atomistique: (atome, électron, sous couche électronique)
- * Spectre de raies, d'absorption, d'émission
- * Spectres W - Vis - IR
- * Lumière mono et polychromatique
- * Fonction logarithme
- * Intensité lumineuse
- * Conversion Joule $\leftrightarrow$ eV

Bibliographie

- * Physique - Chimie 1^{er} S - Micromega - JFLN
- * " " T^S - Dulaurans
- * " " 1^{re} 2019 - Hachette Edition
- * " " 1^{re} 2019 - Edition Hatier
- * Optique - Howard

Expérience: Analyse Spectrale d'une lampe à mercure

↳ Niveaux énergétiques

Analyse Spectrale LASER

Introduction pédagogique

- * Ce cours se place en terminale car on va aborder des notions qui requiert d'avoir un bagage scientifique pour pouvoir appréhender toutes les notions
- * Une partie des notions vues ici ont déjà été abordées l'année de première. on va approfondir les connaissances des élèves
- * Ce cours fait suite à nos premiers cours sur la dualité onde corpusculaire. On considère que les élèves sont familiers avec la notion de photon ainsi que les relations qui lui sont associées.
- * On considère que les élèves sont aussi familiers avec les notions d'atomes d'électrons et de sous couche électronique. Ils ont déjà vu des spectres d'absorption et d'émission.
- * Dans la dernière partie on va aborder des spectres UV-Vis et IR, on aura besoin que les élèves en aient déjà vu et soient familiers avec.
- * Les difficultés pour l'élève seront de bien faire la différence entre les niveaux des sous couches électroniques et des niveaux des états électroniques de l'atome. Ainsi que de bien comprendre les phénomènes d'absorption et d'émission.
- * Le but de cette leçon est pour les élèves de mieux comprendre d'un point de vue physique les effets de la lumière, chose qu'il expérimentent tout les jours.
- * TD: Sur l'étude de spectre et de diagramme énergétique
- * TP: Utilisation de lampes spectrales : réaliser des analyses
- * Etude de Doc sur le laser pour aller plus loin.
 - ↳ Inversion population - Refroidissement laser.

Introduction

* Aujourd'hui on va parler d'interaction entre la lumière et la matière.

- La matière : ce qui est composé de particule massive, d'atomes
- La lumière : onde électromagnétique

* Au cours précédent on a vu que la lumière pouvait être décrite comme une onde et un flux de photons d'énergie

$$\boxed{E = h \nu}$$

J J.s s⁻¹

* En seconde ou en première vous avez déjà vu des spectres, d'absorption, d'émission au même IR

La question est de comprendre comment la lumière interagit avec

la matière pour qu'on obtienne ces spectres.

objectif Etre capable de comprendre les échanges d'énergie entre la lumière et la matière.

I - Dualité Onde Corpuscule

- Jusqu'au XX la nature de la lumière fait débat
 - Huygens pensait la lumière comme une onde
 - Einstein comme un flux de particules
- L'expérience des Fentes d'Young donnent lieu à des interférences
↳ caractère ondulatoire.
- Vers 1900 Planck établit une loi de quantification de l'énergie : $E = h\nu$
- En 1905 Einstein postule que l'énergie de la lumière est transportée par des quanta d'énergie appelés photons.
 $6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
↳ les photons ont une énergie $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ $\left[\begin{array}{l} \text{m.s}^{-1} \\ \text{m} \end{array} \right]$
- Cela explique l'effet photoélectrique mis en évidence par Hertz.
- Des expériences d'interférence photons par photons sont réalisées
↳ caractère ondulatoire et corpusculaire de la lumière.
↳ projo p 383
- De Broglie en 1923 donne une relation permettant d'associer une longueur d'onde à toute particule :

$$\boxed{p = h/\lambda}$$

Transition Peu de temps après a été mis en évidence la quantification des niveaux énergétiques des atomes.

II - Des niveaux d'énergie au service de la lumière

A - Niveaux d'énergie d'un atome

- * On a déjà vu que les électrons des atomes étaient dans des couches électroniques (K): (L): (M) ...
- * Chaque couche a une énergie différente
 - ↳ Ces niveaux sont tous les mêmes pour chaque atome identiques
 - ↳ projection niveaux H (Picromegas 1^{ère} page 69)
- * Si les électrons sont dans les niveaux les plus bas possibles
 - ↳ atome dans son état fondamental
- * Si un électron est dans un niveau d'énergie plus haut
 - ↳ atome dans un état excité
 - ↳ projection p 386

Transition : On parle d'atome dans des états excités, mais comment peut-on faire passer un électron dans un niveau supérieur ?

⚠ Bien insister sur la différence entre les niveaux pour les e^- et les niveaux énergétiques de l'atome

B- Emission et Absorption.

* Dans les parties précédentes on a vu qu'un photon avait une énergie $E = h \cdot \nu$.

* Entre deux niveaux énergétiques d'un atome on a un écart énergétique qu'on va appeler ΔE

* Si on a un photon avec une énergie $h\nu$ qui vaut l'écart ΔE , l'atome qui reçoit le photon va absorber le photon et passer dans un état excité.

↳ phénomène d'absorption. (Projection p 387)

* L'atome ne va pas rester à tout jamais excité, par sa il va pouvoir se désexciter en émettant un photon d'énergie $h\nu = \Delta E$

↳ phénomène d'émission spontanée. (Projection page 383)

* Il existe un troisième phénomène plus complexe que l'on appelle émission stimulée

↳ Un atome dans un état excité qui reçoit un photon d'énergie $h\nu$ va se désexciter en émettant un photon de même énergie, de même direction et de même phase

↳ projection p 383 Deleuons

Transition: On sait maintenant comment la lumière (les photons)

et la matière (les atomes) interagissent, mais on doit pouvoir

s'en servir pour expliquer ce que l'on observe par la lampe au mercure.

C - Analyse spectrale

* Comme on peut le voir la lampe au mercure n'émet que quelques longueurs d'ondes et pas un spectre complet.

↳ Cela est dû au fait qu'elle émet des photons ayant une énergie bien précise:

$$\Delta E = h \cdot \nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E}}$$

↳ Projection spectre émission lampe au mercure

(Niveau excité car on a excitation de façon thermique, pas irradiation préalable)

* On va voir si maintenant avec notre lampe on retrouve bien les niveaux énergétiques du mercure.

Expérience ⊕ projection résultats (incertitudes)

* Les résultats obtenus sont proches de la théorie, et pour avoir une idée plus générale on peut regarder ce site

↳ Site niveaux énergie lampe mercure

↳ On a bien absorption quand on monte et diminution quand on a émission.

* Il faut noter que l'on a aussi l'effet inverse, si on regarde le spectre du soleil (projection) qui a déjà été vu l'on remarque, on peut voir qu'il manque des raies

↳ Elles sont dues à l'absorption de certaines espèces présentes dans l'atmosphère du soleil. (cf étude de doc ?)

Transition: L'absorption et l'émission ont un impact direct sur les spectres, mais peut-on utiliser cela ?

III - Applications

A - La spectroscopie UV-Visible

* Comme on l'a vu, en fonction des atomes présent, une certaine longueur d'onde va être absorbée.

* C'est le principe de la spectroscopie UV-Visible.

↳ On envoie une onde monochromatique sur un échantillon

↳ On connaît le nombre de photons envoyés (intensité lumineuse)

↳ On mesure le nombre de photons qui ont traversés

↳ L'appareil de mesure donne l'absorbance $A = -\log(I_t/I_0)$ ($I = \frac{E}{S.t}$)

* On peut appliquer la loi de Beer-Lambert

$$\boxed{A = \underbrace{\epsilon(\lambda)}_{L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}} \cdot \underbrace{l}_{\text{cm}} \cdot \underbrace{C}_{\text{mol} \cdot L^{-1}}}$$

projection d'un spectre

* Comme les écarts énergétiques sont fixes, il est logique d'avoir des ϵ différents pour chaque λ

* Augmenter l et C augmente le nombre d'atomes qui vont absorber des photons.

Transition Ce n'est pas la seule spectroscopie d'absorption que l'on utilise.

B- La Spectroscopie Infrarouge

* Une molécule est constituée d'atomes qui vibrent les uns par rapports aux autres

↳ projection p 385

* En plus de l'énergie électronique (vu avant) il y a aussi de l'énergie vibratoire.

↳ Dans chaque niveau électronique on a des niveaux vibrationnels discrets

↳ projection p 385

* Comme les niveaux on un écart beaucoup plus petit :

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

λ est beaucoup plus grand (projection spectre électromag)

⇒ Avec une irradiation dans l'IR on va passer sur les niveaux vibrationnels de la molécule

↳ vu en chimie cela dépend des deux atomes par l'énergie entre les niveaux

↳ On peut connaître les liaisons dans une molécule

↳ Projection spectre + Tableau

Transition : On a vu des outils où on utilise l'absorption, mais qu'en est-il de l'émission ?

C - Le Laser

- * Dans les lampes que l'on utilise couramment on chauffe un filament qui rayonne, mais ce n'est pas de l'émission comme cela.
- + Dans les néons, on excite avec un courant électrique les atomes qui remettent spontanément $\Rightarrow$ Spectre large
- * Les lasers sont importants car ils sont monochromatiques et pour ça il faut de l'émission stimulée.
- * Pour avoir un LASER il va falloir mettre des atomes dans une cavité, les exciter, puis envoyer une onde incidente qui va provoquer de l'émission spontanée de tous les atomes
- * En mettant des miroirs on va avoir un grand nombre de photons dans la cavité. Une face laissent passer 1% de la lumière permet d'émettre le rayonnement laser.
- $\hookrightarrow$ Vidéo.
- $\hookrightarrow$ Analyse spectrale $\Rightarrow$ On a bien quelque chose de monochromatique
- * Émission spontanée donne bien la directionnalité
 $\Rightarrow$ on peut avoir une très grande énergie : danger.

Conclusion : Des atomes peuvent absorber des photons incidents et passer dans un état excité $\Rightarrow$ Spectro UV-VIS / IR

Ils peuvent ensuite remettre des photons en se désexcitant

- Émission Spontanée : néon
- Émission Stimulée : Laser.

Il y a de nombreuses applications par ça.