

LP17 : interaction lumière matière

El : CD, refroidissement laser,

Niveau : Terminale spé PC

Pré-requis :

- Spectres d'émission et d'absorption
- Relation célérité, longueur d'onde et fréquence
- Atomes électrons
- Spectre EM

Difficultés :

- Émission stimulée du laser

Activités :

•

Biblio :

Tous les livres de terminale spé PC
Hachette et microméga TS

Manip :

- Pas d'un CD

•

Introduction pédagogique :

Séquence ondes.

Objectifs :

- Connaître les trois types de transfert d'énergie
- Comprendre le fonctionnement du laser

Introduction :

Plan :

- I. Quantification des niveaux d'énergie
 1. Dualité onde-corpuscule
 2. Niveau d'énergie d'un atome
 3. Absorption, émission
- II. Le laser
 1. De la théorie
 2. A la pratique

Mercier Iris

Leçon :

I. Quantification des niveaux d'énergie

1. Dualité onde-corpuscule

Historique :

- XVIIe siècle : Newton : lumière = jet de particules qui diffèrent suivant la couleur de la lumière
Huygens : lumière = onde, couleur dépend de la fréquence de vibration de l'onde
=> Newton plus reconnu donc théorie retenue
- XIXe siècle : Fresnel, Maxwell et Young: expérience d'interférence témoignent de la nature ondulatoire de la lumière. Modèle ondulatoire prédomine alors.
- 1900 : Planck établit une loi de quantification de l'énergie : un quantum = paquet d'énergie, $E=h\nu$
- 1905 : Einstein (effet photoélectrique) postule qu'un rayonnement est constitué de particules transportant des quantas d'énergie : photons (nommé par Lewis en 1926). Photons = particules non chargées de masse nulle et se déplaçant à la vitesse de la lumière, photon ni onde, ni particule = objet quantique

Caractère corpusculaire et quantifié de la lumière

Energie du photon : $E=h\nu$ ($h=6.62 \cdot 10^{-34}$ J.s) + unités + signification des termes

-> les niveaux d'énergie accessibles sont discrets et appelés quanta d'énergie

2. Niveau d'énergie d'un atome

1913 : Bohr postule la quantification des niveaux d'énergie des atomes : vision quantique

Diagramme d'énergie : niveaux d'énergie discret, il y en a un nombre fini et les énergies entre ces niveaux sont des valeurs inaccessibles

Unité utilisé : l'électron Volt : $1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19}$ J, unité d'énergie adaptée pour décrire un système microscopique.

Diagramme comporte plusieurs niveaux : niveau fondamental = le niveau de plus basse énergie., niveaux excités de + hautes énergies

Un atome dans son état fondamental est stable

-> les photons et les atomes vont réagir ensemble entraînant des changements d'état énergétique des électrons, comment atome passe d'un état à un autre ?

3. Absorption, émission

La lumière interagit avec la matière par paquet d'énergie, pour faire passer un atome d'un niveau à un autre il faut lui apporter une quantité d'énergie exactement égale à l'écart entre les deux niveaux entre lesquels on souhaite faire la transition notée ΔE , on a une interaction lumière matière si $E=h\nu=\Delta E$, énergie fournie par les photons, si $\Delta E > h\nu$ énergie pas suffisante, si $\Delta E < h\nu$ = absorption

Absorption du photon + schéma + ODG entre l'état fondamental et les états électroniques excités = 1,5 à 10 eV -> UV-vis

Une fois excité l'atome va chercher à se désexciter pour rejoindre le niveau fondamental -> il va émettre un photon d'énergie ΔE -> émission spontanée + schéma

On peut comprendre l'allure des spectres d'absorption et d'émission de l'hydrogène, la couleur d'une radiation lumineuse est liée à sa fréquence, les photons de la bonne fréquence seront absorbés par l'hydrogène puis réémis

On peut faire un lien avec la spectroscopie IR : https://phet.colorado.edu/sims/html/beers-law-lab/latest/beers-law-lab_fr.html

II. Le laser

Signification laser

1. De la théorie

1916 : Einstein émission stimulée + mécanisme/schéma, émission de 2 photons de même fréquence

Mercier Iris

Processus pas majoritaire car les niveaux excités sont moins peuplés, il faut faire une inversion de population

1950 : Kastler, pompage optique (PN 1966), augmentation du nombre d'atome dans l'état excité
Un photon incident d'énergie $E=h\nu$ peut forcer un atome, initialement dans l'état excité à passer à un état de plus basse énergie, ce passage s'accompagne de l'émission d'un second photon de même énergie, de mêmes direction et sens de propagation et de même phase que le photon incident

Il faut que de nombreux atomes soient dans un état excités pour qu'il y ait émission de nombreux photons de même longueur d'onde -> On veut avoir plus d'atomes à l'état excité qu'à l'état fondamental = on veut une inversion de population. Pour faire cela on réalise une opération appelée pompage optique + schéma

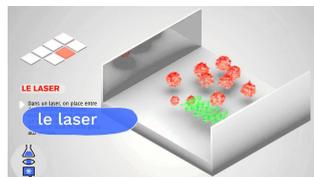
Il faut aussi une amplification : Les photons émis peuvent à leur tour stimuler d'autres émissions. Schéma Hachette. Milieu placé entre deux miroirs. aller retour aux photons entre les deux miroirs. Augmente nombre d'interaction. Ensemble = oscillateur laser

->Amplification par effet laser les photons produits sont tous de même énergie et direction et s'accumulent dans la cavité

La cavité doit avoir une longueur d'onde qui est un multiple entier de celle des photons

Les photons peuvent sortir de la cavité et on observe un rayonnement lumineux

Animation : sur ytb



2. A la pratique

1 laser : 1960 laser rubis avec du Cr^{3+}

1953 : maser

Manip : faire le laser et montrer que la source est monochromatique, cohérente car tous les photons sont en phase et directionnelle car tous les photons ont la même quantité de mouvement, lumière intense : + grande cohérence spatiale

Parler des lumière à impulsion

3. Utilisation des lasers pour la détermination de pas d'un CD

Manip : déterminer le pas d'un CD

Refaire un peu de la théorie (voir autre leçon sur le sujet)

Ou : application au refroidissement laser

énergie développée par le laser va empêcher les atomes de vibrer à leur rythme propre

Les atomes sont bloqués entre 6 faisceaux, ils ne peuvent plus s'échapper et vibrer, ils deviennent lents et froids

Conclusion :

Bilan des 3 modes de transitions + bilan sur les propriétés des lasers + utilisation pour les CD

Ouverture : comment les CD stockent de l'information