

LP21: ABSORPTION ET ÉMISSION DE LA LUMIÈRE

Thibault Hiron–Bédiée

Niveau : Deuxième année de CPGE, filière PC

Prérequis : Rayonnement du corps noir, notion de photon, optique géométrique et modèle scalaire des ondes lumineuses, interférences à ondes multiples, facteur de Boltzmann.

Bibliographie : Dunod de PC

Extrait du programme de CPGE

Notions et contenus	Capacités exigibles
4. Introduction à la physique du laser	
4.1. Milieu amplificateur de lumière	
Absorption, émission stimulée, émission spontanée Coefficients d'Einstein.	Distinguer les propriétés d'un photon émis par émission spontanée ou stimulée. Associer l'émission spontanée à la durée de vie d'un niveau excité. Utiliser les coefficients d'Einstein dans le seul cas d'un système à deux niveaux non dégénérés.
Amplificateur d'ondes lumineuses.	Justifier la nécessité d'une inversion de population.

1 Spectre d'une lumière émise

1.1 Loi de Planck

Ceci est un rappel, densité spectrale d'énergie volumique p. 173 du Dunod de PC

Manip : montrer le spectre obtenu en lumière blanche par déviation sur un prisme. On a un spectre continu.

1.2 Émission par une lampe à Mercure BP

Manip : Montrer le spectre obtenu par déviation sur un prisme. On a juste des raies.

2 Interaction lumière–matière

2.1 Hypothèse de Planck et approche d'Einstein

Notion de photon, et lien entre fréquence et énergie ? Différentes approches, quantification etc...

2.2 Retour sur le spectre de la lampe à Mercure

On écrit que $E_2 - E_1 = h\nu_0$ et comme c'est quantifié, on en déduit que l'on doit avoir un spectre de raies.

Manip : calcul des valeurs du spectre de raies, on en déduit l'énergie des transitions.

2.3 Modèle des probabilités de transition d'Einstein

On suit ici directement le Dunod mais seulement pour l'absorption et l'émission spontanée.

2.4 Largeur de raie spectrale

On suit toujours le Dunod, mais on ajoute un peu de lien avec la manip de la lampe à Mercure pour justifier notamment le fait qu'on utilise une BP et non une HP (élargissement par choc)

Manip : on peut tenter de regarder avec un petit spectro à réseau le spectre de raie du Mercure et montrer la largeur d'une des raies.

3 Émission induite

3.1 Émission stimulée et bilan de population

On reprend le Dunod sur les coefficients d'Einstein

3.2 Équilibre avec le rayonnement thermique

Dunod 1.5 chap 30.

4 Application au Laser

On utilise pour cette partie en complément *D. Hennequin, V. Zehnlé, and D. Dangoisse. Les Lasers. Cours et exercices corrigés. Dunod, 2013.* et *B. Cagnac, L. Tchang-Brillet, and J.-C. Pebay-Péroula. Physique atomique, volume 1. Atomes et rayonnement : interactions électromagnétiques. Dunod, 2005.*

4.1 Principe de fonctionnement

Trois éléments : amplification, pompage et filtrage (cavité résonante)

4.2 Amplification d'une onde lumineuse

On reprend le bilan de puissance du Dunod

4.3 Pompage

Populations à l'équilibre thermique, nécessité d'une inversion de population.

Réalisation du pompage : système à trois niveaux. Mener le calcul (Hennequin p. 19 ou Cagnac p. 116)

4.4 Rôle de la cavité résonante

Fabry Pérot, fréquences propres de la cavité, affinement des raies, aller-retours plus nombreux donc plus grande amplification.

Remarques

En ayant rajouté une manip que l'on exploite correctement, car c'est demandé par le concours et que l'on ne peut pas faire juste un code python, on prend du temps, il est probable que l'on n'ait pas le temps de traiter correctement la partie Laser, il faut dans ce cas faire des choix. À voir en cours de préparation.