

量子光学 I

(2 単位)

専門 > 大学院工学研究科/博士前期課程 > 物理工学専攻

1 年、2 年 前期

週間授業

熊倉 光孝 (kumakura@apphy.u-fukui.ac.jp、総合研究棟 I 東 3F、火 12:00 ~ 13:00)

■授業概要

光と物質の相互作用について基本的な性質を理解するために、二準位原子とコヒーレントな光との相互作用に関する半古典的な取り扱いを学ぶ。光吸収・放出のスペクトル線の形状や幅の意味を把握することや、それらの発展として光エコーなどの過渡現象について理解することが目標である。また、光の量子化についても導入的な取り扱いを紹介し、半古典論を超えた光の量子性が、どのような現象に現れるのかを学ぶ。

コヒーレントな光と二準位原子の相互作用を、密度行列を用いて量子力学的に取り扱い、双極子近似、緩和、回転波近似などを取り込んで、光ブロッホ方程式を導く。定常解から吸収・放出スペクトルについて議論するとともに、ラビ振動や光章動、またフォトンエコーなどの過渡現象についても論じる。これらの現象から自然放出、誘導放出について考察を進め、その速度を決める A 係数、B 係数を求めるとともに、その意味を光の量子化によって理解する。学科学習教育目標の A 3、B 1、C 2、D 1 に関連する。

■到達目標

- ・二準位系とコヒーレントな光という基本的なシステムの振る舞いを説明できる。
- ・光吸収・放出のスペクトル線形や線幅の意味を説明できる。
- ・光の量子化とそれが現れた現象を説明できる。
- ・これらをもとに、光と物質の相互作用にもとづく多彩な現象を説明できる。

光と物質の相互作用について基本的な性質を理解することがこの授業のテーマである。二準位原子とコヒーレントな光との相互作用に関する半古典的な取り扱いから、光吸収・放出のスペクトル線の形状や幅の意味を把握することや、それらの発展として光エコーなどの過渡現象について理解することが目標である。また、光の量子化についても導入的な取り扱いを紹介し、半古典論を超えた光の量子性が、どのような現象に現れるのかを理解する。

■授業内容

コヒーレントな光と二準位原子の相互作用を、密度行列を用いて量子力学的に取り扱い、双極子近似、緩和、回転波近似などを取り込んで、光ブロッホ方程式を導く。定常解から吸収・放出スペクトルについて議論するとともに、ラビ振動や光章動、またフォトンエコーなどの過渡現象についても論じる。これらの現象から自然放出、誘導放出について考察を進め、その速度を決める A 係数、B 係数を求めるとともに、その意味を光の量子化によって理解する。

第 1 回：[講義] 二準位原子と双極子近似

第 2 回：[講義] 二準位原子の光学遷移

第 3 回：[講義] 原子集団と光の相互作用（密度行列）

第 4 回：[講義] 緩和

第 5 回：[講義] 光吸収・放出スペクトル（定常解）

第 6 回：[講義] 光ブロッホ方程式

第 7 回：[講義] 過渡現象 1（自由誘導減衰）

第 8 回：[講義] 過渡現象 2（フォトンエコー）

第 9 回：[講義] 吸収と誘導放出

第 10 回：[講義] 自然放出

第 11 回：[講義] 実用的な関係式

第 12 回：[講義] 光の量子化

第 13 回：[講義] 光子数状態とコヒーレント状態

第 14 回：[講義] 光の量子現象 1（自然放出、真空ラビ分裂）

第 15 回：[講義] 光の量子現象 2（二光子干渉実験ほか）

■準備学習(予習・復習)等

毎回、教科書の授業内容に対応する部分を予習する（所要 2 時間程度）。ノートに記載した講義内容を確認すると共に、式の導出を再度自分で行い、より深い内容の理解や理論的な力を養う（所要 2 時間程度）。

■授業形式

- ・講義を中心に授業を進める。
- ・授業中に受講生に質問しながら進める。
- ・授業中の質問は大歓迎。

■成績評価の方法・基準

授業で説明した光と物質の相互作用に関する基礎的な知識にもとづき、授業では扱わなかった光学現象についてのレポート提出を課す。この成績判定レポートの内容・作成状況（100%）によって最終成績を評価する。秀（90 点以上）・優（80 点-89 点）・良（70-79 点）・可（60-69 点）・不可（59 点以下）。

■教科書・参考書等

[教科書]

- ・松岡正浩 「量子光学 — 裳華房テキストシリーズ・物理学」（裳華房）
- ・松岡正浩, 「量子光学」（東京大学出版会）

[参考書]

- ・L. Allen & J. H. Eberly, "Optical resonance and two-level atoms" (Dover)
- ・P. W. Milonni & J. H. Eberly, "Lasers" (Wiley-Interscience)

■その他注意事項等

質問などはいつでも歓迎。

■キーワード

二準位原子、双極子相互作用、密度行列、光学遷移、緩和、回転波近似、光ブロッホ方程式、複素感受率、過渡現象（光章動、自由誘導減衰、光エコー）、コヒーレンス、自然放出、誘導放出、光の量子化