

電気通信大学 平成16年度シラバス

授業科目名	量子力学		
英文授業科目名	Q u a n t u m M e c h a n i c s		
開講年度	2004年度	開講年次	2年次
開講学期	4学期	開講コース・課程	昼間コース
授業の方法		単位数	2
科目区分	専門科目-専門共通科目-選択科目		
開講学科・専攻	電子工学科		
担当教官名	河野 勝泰		
居室	西2-425		

公開E-Mail	授業関連Webページ
kawano@ee.uec.ac.jp	http://k2.ee.uec.ac.jp/jugyou.htm

<p>【主題および達成目標】</p> <p>量子力学は、電子や原子、分子とそれらの構成する物質に光(電磁波)が加わったミクロの世界で展開される現象を支配している力学である。このような世界では、マクロの世界の力学(ニュートン力学)は、そのままあてはまらず、新しい概念が必要であり、相応の数学も多用する。この講義では、特に電気電子工学系の学生が、ほかの量子力学を土台とする専門科目(基礎電子デバイス、固体物理学、電子デバイス、光電子材料学、量子エレクトロニクス、光波工学など)を理解しやすいように基礎的概念の習得とその関連問題を解決出来る程度の、量子力学を使える能力が身につくことを目的としている。</p>
--

<p>【前もって履修しておくべき科目】</p> <p>力学第一、同 第二、熱物理学、波動と光、化学結合と構造、微分積分学第一、同 第二、線形代数学第一、同 第二、数学演習第一、電磁気学第一、電気数学第一</p>
--

<p>【前もって履修しておくことが望ましい科目】</p> <p>熱物理学、波動と光、現代物理学、数学演習第二、電気数学第二、確率統計学</p>
--

【教科書等】

理解することを第一目的とするために、次のテキストを教科書とする。

上羽 弘 「工学系のための量子力学」 森北出版

なお、授業ではこの教科書に従って、OHP(またはパワーポイント)を使い詳しく説明するが、その内容を書いたOHPのコピーが、河野研ホームページ「授業の連絡」(上記、授業関連Webページ "量子力学")に、約120枚張り付けてあるので、各自プリントして、予習復習に役立てて下さい。

さらに理解を助けるために、詳しい例題を勉強し演習問題を解くことを勧める。教科書の演習問題のレポートは独自に課すが、それでも理解不足の学生には、次のテキストを参考書とする。

小野寺 嘉孝 「演習で学ぶ量子力学」 裳華房

量子力学の本は、百冊以上と非常に多い。本来、理学系の学生のために書かれた正統派教科書として、

朝永 振一郎：量子力学Ⅰ、Ⅱ みすず書房

A.メシア(小出、田村訳)：量子力学 1-3 東京図書

山内 恭彦：量子力学 培風館

など、名著は多数あるが電子工学を学ぶ学生には、参考する程度で良い。メディア機器を利用して視覚化して理解を深めることも電子系の学生には合っているかも知れない。例えば、

桜井 棲海：コンピュータで学ぶ量子力学(基礎編、応用編) 裳華房

しかし、パソコンに使われて本質を見失わないように。

もっとグラフィカルに楽しく学びたい人のために、

トランスカレッジオブプレックス 編：量子力学の冒険

ヒッポファミリークラブ

がある。7ヶ国語を同時に"自然に"習得する事を目的とするグループが、量子力学も"自然に"分かるようにと書いた本。全編漫画チックでふざけているように見えて、中身は大変良く作られている。量子力学を使う人には少し物足りないが、分かる目的の補助のためには一読の価値がある。

そのほか量子力学を専門としている研究者が分かりやすく書いた次の本がある。

J.P.マッケボイ, O.サラティー(治部訳)：

マンガ量子論入門 講談社

佐藤 勝彦：図解雑学量子論 ナツメ社

【授業内容とその進め方】

(a) 授業内容

講義は指定したテキストにしたがって進めますが、200頁弱を半期で終了する予定ですので、まず講義の前に1回分約15頁を読んで予習して来て欲しい。テキストの内容を分かりやすく説明すると同時に例題を示し、重要ポイントを指摘し、必要なら新しい内容を付け加えますので、授業にはきちんと出席した方がよい。

それでも量子力学は、基礎となる物理のほかに、目に見えない世界の記述のために数学もよく使う。そこで、きちんと理解し、更に使えるようになるために演習問題を与えますから自力で解いてみて下さい。

以下は、各回の授業の簡単な紹介です。

第1～2回 科目の紹介と量子力学の誕生の契機について

シラバスにもとずいて、この科目の内容紹介、授業の進め方、学習のポイントなどについて話します。続いて一年生で履修した力学と二年生の電磁気学を基礎に、19世紀末の科学者たちが、比熱、空洞輻射、光量子、原子スペクトルの問題について、いわゆる古典理論(ニュートン力学とマクスウェル電磁気学)だけでは説明できなくなり、その結果どのように量子力学が生まれたかを話します。

ここでは、光や電子波は波であると同時に粒子(数えることの出来るエネルギーの粒；"量子"の名前の由来)でもなければならないという量子力学特有の概念の理解がポイントです。

第3～4回 量子力学の基礎

量子力学を記述する必要な、数学の道具と物理の基本原理を説明する。粒子の従うシュレディンガー方程式とその解である波動関数、それらを一般化した固有関数と固有値、そして物理量の平均値である期待値、対応する演算子の交換関係を学ぶ。

最後にミクロの世界での重要原理である不確定性原理を学ぶ。

第5～6回 自由粒子、井戸型ポテンシャルそしてトンネル効果

基本原理の応用の例として、もっとも簡単なポテンシャル(静止エネルギー)のない自由粒子の一次元と三次元の運動を考える。次に井戸型ポテンシャルの中の波動関数と固有値を求める。

井戸型ポテンシャルの応用として、現代の半導体電子工学が人工的に作り出した超格子構造を持った量子井戸について述べる。量子井戸には特有の量子サイズ効果が現われ、これは最後に講義する量子効果デバイスの導入の動機付けといえる。

また波動粒子の波動性の証拠であるトンネル効果について説明し、その応用の代表例としてトンネルダイオード、トンネル顕微鏡について話す。

第7回 調和振動子

力学であつたバネのついた質点の運動は、量子力学では調和振動子の問題と呼ばれ、固体の中の原子の熱運動(格子振動と呼ばれる)の解析や光波の量子化の手段として応用が広く、基礎的な項目である。

第8回 水素原子モデルとその応用

半導体を含めた固体電子物性を理解するためのもっとも基本にあるのが、陽子とその周りを周回する一個の電子だけから成る水素原子である。ここでは、水素原子のシュレディンガー方程式を厳密に解き、その応用として半導体の代表であるシリコンのエネルギー帯モデルについて簡単に話す。

第9回 角運動量、磁気モーメントそしてスピン

原子核の周囲をまわる電子は角運動量を持ち、その円電流は、円の中心の垂直ベクトルである磁気モーメントを作る。それは電子の軌道角運動量を与えるが、それとは別に量子力学によって導入された電子のスピン角運動量について、重要な原理であるパウリの排他原理とともに詳しく説明する。

「その他」につづく

【成績評価方法及び評価基準(最低達成基準を含む)】

使える量子力学を目指して、ほぼ毎時間ごとに演習問題を出しますので、レポートにして提出して下さい。レポートは、評価(A~D)後、翌週に解答解説を行ない、返却します。選択科目ですから強制はしませんが、期末試験でうまく行かなかった人にはそれなりに考慮します。評価基準は、量子力学の基本概念と、必須公式の理解度が一定レベルに達していれば全て単位を与えます。例えば、標準として $100 > A > 75 > B > 60 > C > 50$ とします。

【オフィスアワー：授業相談】

毎週水曜、午前10時~12時の間、居室にいますので対応します。

【学生へのメッセージ】

将来、電子工学のマイクロエレクトロニクス(半導体、固体デバイス関係)、光エレクトロニクス(量子工学、レーザー応用関係)へ進みたい人には必須の科目であり、趣向としては物理や、化学が好きな人に合っている。電気や情報関係指向の学生には、ミクロの世界なぞ関係ないように感じますが、それらの分野を土台で支えるハードウェアデバイスの進歩の方向は、着実に電子一個を制御し、記憶素子とするナノテクノロジーへと向かっています。この技術を支える基本理論が量子力学です。時間のある大学時代に、この学問を知っておくことは、将来決して

無駄にはならないでしょう。

【その他】

「授業内容とその進め方」の続き

第10～11回 摂動論

もともとは天体力学の一近似法として使われていた摂動法は、量子力学での複雑な問題に大変よく使われる。ここでは、時間に依存しない場合、縮退(量子力学特有の言葉、一つのエネルギー準位を与える波動関数が複数ある状態を示す)

のある場合、そして光と物質の相互作用を理解するのに重要な時間に依存する摂動法について述べる。

第12回 レーザーの原理と量子光学

量子力学の大きな応用分野にレーザーがある。ここでは、その技術的な詳細は他の科目に譲り、もっとも基本となる原理だけを述べる。

第13～14回 量子効果デバイス

VLSI(大規模集積回路)など半導体超微細加工の素子の間の距離が、電子の波動の波長と同程度になると、電子の波動性が顕著に現われて来て量子サイズ効果と呼ばれる様々な現象が観測できる。

量子井戸から量子細線、量子箱そして量子ドットと呼ばれる、人工的に作られた量子効果デバイスの基礎原理について導入部のみを話す。

これらは21世紀に主役となる、最先端のマイクロエレクトロニクス分野に属する。

(b) 授業の進め方：

使える量子力学を目指して、ほぼ毎時間ごとに演習問題を出しますので、レポートにして提出して下さい。