

大学院における物理の学生実験科目：物理基本実験

理学院物理学系

陣内修, 河合誠之, 宗宮健太郎, 中村隆司, 藤岡宏之



はじめに

本実験科目は、主に修士課程1年生を対象として、物理学分野で基礎となる法則・現象を再確認し、さらに共通で基盤となる実験技術を身につけることを目的に行われている。学部時に得た量子力学等の体系的な知見を踏まえた上での実験演習であるため、履修者が能動的により深く考察し、本質的な知識の定着化が期待できる。

基本的で重要な物理実験を自分でを行い、その現象の背後にある物理法則を再考し、座学では身につかない物理学の本質を体感する。また、学部の際に学んだ実験機器の扱い、データ処理の技術などを、改めてここで実践することにより精練させ、修士論文研究の現場でも応用の効く本格的な技術を体得することを目的とする。

理学院の物理学コース科目では唯一の実験科目である。

科目の工夫

■創造性育成科目として、講義を運営するにあたり工夫していること

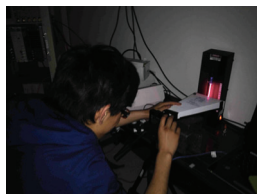
- 2人一組で実験を行う形式で少人数教育を徹底している。他の研究室の学生と組んで実験をするので、研究室の枠を越えた学年の横のつながりを持つ貴重な機会となっている。大学院では研究室の閉じた環境が主な生活空間となるため、入学早々に系・コース内の横のつながりを作ることは学生にとって、特に他大学からの進学者にとって重要である。
- 安全教育の基本をマスターすることを徹底している。
- 大学院生が教員の指導のもと、テキストの製作に主要な役割を果たしており、受講する学生側の視点も取り入れたテキスト構成となっている。
- 大学院生がTAを務めており、準備実験を通して大学院生の目から見た実験計画に対する改善策、より分かり易い指導方法などを検討している。

■アクティブラーニング等、学生の講義への積極的な参加の有無

この科目では、まず大学院生のTAを募集し、そのTAが教員の助言のもとでこの科目の実施の準備をし、自分たちで一週り実験をやってみて、改善点を見つけて改良をする。その後、このTAが他の一般の科目履修者に教える、という方法をとっている。「大学院生が大学院生を実験指導する」、というパイロット的な事業になっている。

■シラバスに記載した到達目標を学生に達成させるために工夫していること

与えられた課題は当初は予測された通りの実験結果が出ないこともある。2人1組の少人数制で議論して問題点を解決して、実験を進める。課題に対する回答、実験結果や考察をまとめたレポートを提出させている。



科目「物理基本実験」を行なっているようす

新たなステップに向けて

■英語を用いた発表等の国際性涵養の有無

H30年度から留学生用に英語版のテキストも準備した。履修学生、TAの中には留学生も含まれており、実験の進行は日本語と英語両方で説明する場合もある。

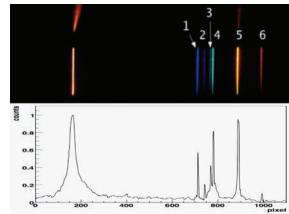
■新たな実験項目の追加

これまで物理基本実験では、実験テーマとして、宇宙・素粒子・原子核分野に近いものを3つ用意し、開講してきた。平成28年度より、物理学二専攻が物理学系として統一されたことに伴い、従来よりも広い分野に関する実験テーマを準備・整備する必要がある。特に現3実験の内容から、次に導入予定しているのは、より物性物理学の要素を取り入れた実験となる。現在平成31年度の導入を目指して準備を進めている。

実験テーマ1

●原子の分光と量子力学

水素、およびヘリウム原子からの線スペクトルを測定し、束縛状態の量子力学についての理解を深める。水素原子は最も単純な原子であり、発光スペクトルとエネルギー準位の関係はリュードベリの式により系統的に理解できる。複雑な装置をブラックボックスとして用いるのではなく、原理を理解できる簡単な装置を使うことがこの科目の主旨である。回折格子を通った光は波長により屈折角が異なり各波長の成分に分解される。回折格子越しに観察するとスリットからずれた位置に虚像が見える。長波長のはより大きな角度がつくため、スリットから離れた位置に見える。回折光をデジタルカメラで撮影し、スペクトルの位置・強度分布を得る。水素原子線スペクトルの波長が量子力学の計算結果と一致するかどうかを確認、考察する。



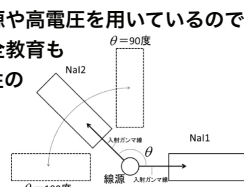
ヘリウムのスペクトル線のデジタル画像(上)をパソコンで強度スペクトル(下)に変換

実験テーマ2

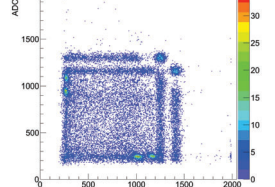
●NaI(Tl)シンチレータによる γ 線の測定

γ 崩壊によって放射されるエネルギーが1 MeV程度の放射性同位元素を用いて粒子検出の基本の一つである光子検出を習得する。幾つかの典型的な γ 線検出器を紹介し、中でも代表的なNaI(Tl)シンチレータを用いて実験する。素粒子・原子核・宇宙分野で国際的に幅広く使われているエレクトロニクス、解析ツールを用いてその扱い方を学ぶ。放射線源 ^{22}Na , ^{60}Co では2本の γ 線が同時に放出される。実験セットアップは左図のように2つのシンチレータに角度をつけて配置し、2本の γ 線を同時に計測する。右図の右上の2つの点は、2つの γ 線の全エネルギーが同時計測された場合に対応する。

本実験では放射線源や高電圧を用いているので、取り扱いに関する安全教育も行なっている。危険性の理解、注意点などを入念に指導してから作業に当たらせている。



γ 線同時検出実験のセットアップ模式図



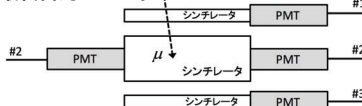
同時検出実験の結果

実験テーマ3

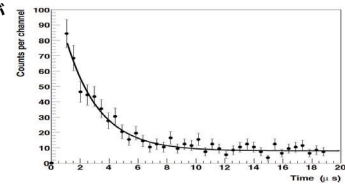
●ミューオンの寿命測定

荷電粒子が物質中でどのようにエネルギーを損失するか、および同時計測法を用いて背景事象をどのくらい減らせるかを習得する。ミューオンの寿命測定は大学によっては学部の実験として取り上っている場合があるが、大学院初期の基本的理解として役立つ。実験原理としてはシンプルであるが、実験にあたっては、正確な結果を得るために考慮すべき項目が幾つかある。

状況にあわせて背景事象を想定し、系統誤差を見積もる作業は、各自の専門研究で今後活かされること期待される。シンチレータの大きさは 150cm^2 ほどなので、1分あたり数事象程度、観測される。そのためミューオンの寿命曲線を得るには、実験セットアップを測定状態にしたままにして、次の日にデータを回収することになっている。背後に隠れている物理(弱い相互作用)をしっかりと認識し、物理の基本定数を検討することが最終目的である。



ミューオン寿命測定の設定アップ：シンチレータと光電子増倍管からなる



実験で得られたミューオンの崩壊時間分布