

原子分野における実験の検討

中津高等学校 中村 大器

1 研究のねらい

生徒が探究的な学びを実践するうえで実験の重要性は論を待たない。しかし、原子分野の学習事項は抽象性が高く、直観的な理解が難しいため講義形式で授業を行う場合がほとんどであった。そこで、生徒の疑問や課題意識を喚起する探究的な学習の入り口となるような演示実験で、かつ器具の充実していない本校でも扱えるものがないかを検討する。

2 実践した内容

教科書『物理』（数研出版）において、原子分野の内容の実験として紹介されているものは以下の6つである。

実験① ミリカンの実験 データ処理のモデル実験

10個の封筒に数の異なるナットを入れ、ナットの1個あたりの質量を求める実験。

実験② 光電効果の実験

箔検電器の上部金属板に負電荷を溜め、紫外線を照射することで箔が閉じる実験。

実験③ 光電管によるプランク定数 h の測定

色付きのセロファンで色(振動数)を調整した光を光電管に照射し、光電流の大きさをマイクロアンペアメーターで測定することで振動数と最大運動エネルギーの直線のグラフをかき、傾きからプランク定数 h を決定する実験。

実験④ スペクトルの観察

白熱電球、ナトリウムランプ、発光ダイオードなどから発せられる光のスペクトルを分光器や回折格子を用いて分光して観察する実験。

実験⑤ 霧箱を用いた放射線の観察

霧箱の中で放射性物質から発せられる α 線や β 線を観察する実験。

実験⑥ 半減期のモデル実験

100個のサイコロを振り、特定の出目を取り除いていくことで放射性崩壊の様子をモデル化する実験。

実験③以外は、道具の準備が容易で本校においても十分再現可能である。一方で実験③には光電管が必要となり、本校での再現は不可能であった。また実験③は定量実験であるため、生徒の素朴な疑問や課題意識を引き起させる役割としては利用できないように感じた。そこで、光の2重性に関する定性的実験で以下の2点A、Bを観察できる方法を検討した。

- A. 光源の明るさ(光の強度)によって電流の大きさ(=電子の数)が変化すること。
- B. 光の振動数(波長)によって電圧が変化すること。

<発光ダイオード(LED)を用いた実験>

半導体のp-n接合に順方向電圧をかけると、正孔と電子が再結合し、禁制帯幅にほぼ等しいエネルギーの光を放出する。発光ダイオード(LED)に用いられる半導体の種類によって禁制帯幅は異なるので、放出される光の波長も異なる。その反対に、半導体接合部の空乏層に光を当てるとキャリアが禁制帯を飛び越えて伝導体に励起され、電流が流れる。これはダイオード型の太陽電池の発電原理と同じものである。光子の数が多いほど、励起されるキャリアの数が増え、電流は大きくなる。また、発光ダイオードの空乏層に照射する光は、キャリアが禁制帯を飛び越えることのできるエネルギーを有している必要があるため、発光ダイオードが放出する光の波長より短くなければならない。

照射する光が明るいほど流れる電流が大きくなること、および光の波長(可視光の場合は光の色)によって電流が流れたり流れなかったりすることは、光の粒子性を学ぶきっかけとして有効であると思われる。

<実験 A 光の明るさと電流値の関係を示す実験>

準備物：検流計(最大 $50\mu\text{A}$)，砲弾型 LED(赤，緑，青)，白色 LED ライト(最大 500 lm)

手順 I ワニロクリップを用いて LED を検流計に直列接続する。

手順 II 白色 LED ライトを光源とし，LED に光を当てることで検流計の針が触れる。

手順 III 光源と LED の距離を調整することで電流値が変化する。

※留意点 I：光源のスイッチを切って再び入れた場合，光量に変化する場合がある。スイッチ電極の接触の関係と思われる。距離と電流値の関係を定量的に考察させたい場合はスイッチを切らずに行う。

※留意点 II：観測される電流値はスイッチを入れた直後に一瞬大きくなり，徐々に減少していく。突入電流の影響と思われる。

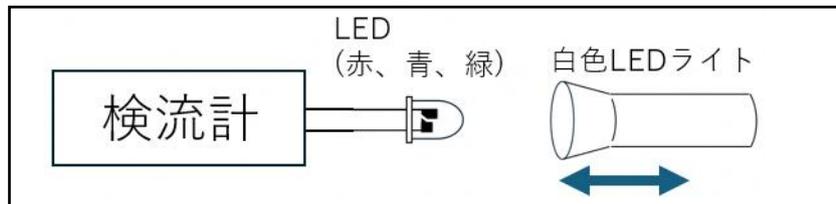


図 1. 光量と電流値の関係を示す実験の模式図

<実験 B 光の色と電圧の関係を示す実験>

準備物：テスター(最大 6.0 V)，砲弾型 LED(赤，緑，青)，白色 LED ライト(最大 500 lm)，

半透明カラーフィルム(青，緑，黄，赤)

手順 I ワニロクリップを用いて LED をテスターに接続する。

手順 II 白色光をカラーフィルムで遮って特定の色の光に変化させる。

手順 III 光の色によってテスターの針がふれる場合とふれない場合に分かれる。結果を記録して整理する。

※留意点 I：フィルムが熱で溶けることがあるため，光源から 3 cm 程度の距離を保つ。

※留意点 II：カラーフィルムは 2 重にする。特に赤色のフィルムは透過光がマゼンタに近くなり，緑色 LED が反応する場合があった。

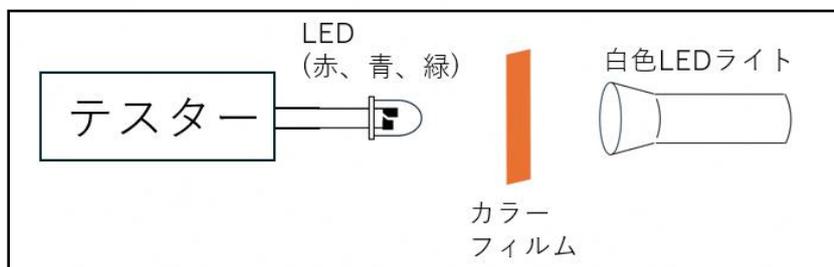


図 2. 光の色と電圧の関係を示す実験の模式図

<対照実験 C 光量と電圧値に相関がないことを示す実験>

準備物：テスター(最大 6.0 V)，砲弾型 LED(赤，緑，青)，白色 LED ライト(最大 500 lm)，

半透明カラーフィルム(青，緑，黄，赤)

手順 I 実験 B と同様の接続を行い，カラーフィルムを通して照らす。

手順 II 光源との距離をいくら変化させても電圧値が変化しないことを示す。

<実験後の問い>

本実験を演示した後，以下の 2 つの問いを投げかけた。なお，ダイオードの構造，光の色によって波長が異なっていることは既習事項である。

問 1 光が明るいほど電流値が大きくなるのは何故だろう。発光ダイオードの内部でどんなことがおきているのだろうか。

問 2 光の色によって電圧が変化した(場合によっては 0 になる)のは何故だろう。スペクトル図を元に考えよう。

3 実践中および実践後の生徒の変容

まず、発光ダイオードに光を当てることで電流が流れる現象は、生徒たちにとって意外なことであるように見受けられた。光量が多くなることで電流値が大きくなることは、太陽電池を連想することで生徒たちは納得していた。

光の色によって電圧値が変化する現象は教師の働きかけなしで、光の色に「順位」のようなものがあることに気づけた生徒が数名いた。

全体を通して少なくとも、光のエネルギー(電圧)と光量(電流)が何か別種のものであることを大まかに捉えることができた。

4 研究のまとめ

今回の実験は演示実験として行う場合を検討した。この実験の成否は、対照実験によって光量とエネルギーの違いに気づけるかどうかで分かれる。探究的な授業で、実験の方法を検討する段には、教師が適切に支援することが必要である。その点に注意すれば最低限、光のエネルギーと光の明るさを別のものとして捉えることができ、光の粒子性の学習にむけてスムーズに接続できるのではないかと考える。