**自然科学実験　　５Ｂ．光電効果**

実験日2006.4.25　レポート提出日2006.5.9

理工学部１年シ組60621191　松本　隼

**１．実験目的**

　光電管を利用してプランク定数と仕事関数を求め、光電効果を理解する。

**２．実験原理**

　固体が光を吸収して電子を放出する現象を光電効果といい、放出される電子を光電子という。観測によると、光の周波数がある値より小さいときは光を強くしても光電子は発生しない。また、がより大きいときには、各光電子のもつエネルギーはが大きいほど大きくなり、光が強いほど光電子の数が増加することなどがわかった。この現象を説明するために、アインシュタインは光量子仮説を提案した。

　光量子仮説によると、周波数の光はエネルギーをもつ粒子からなる。はプランク定数である。この粒子を光子（photon）とよぶ。固体が吸収した光子のエネルギーは１個の電子に与えられるが、電子が固体表面から外に出るためにはある大きさのエネルギーを費やさなければならない。は物質固有の値で仕事関数とよばれる。したがって、ならば光電子は発生せず、ならば発生した光電子の運動エネルギーは

 ・・・(＊)

によって与えられる。もし、２つ以上のに対してそれぞれが測定できれば、(＊)式からとを決めることができる。を測定する方法は以下に述べる。

**３．実験方法**

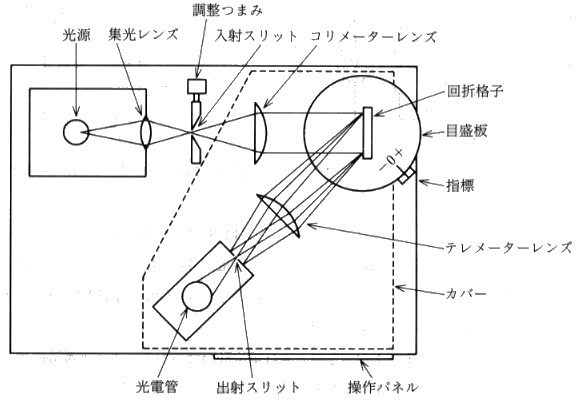
(ⅰ) 準備

①「POWER」スイッチOFFを確認して電源プラグをコンセントに差し、「LAMP」スイッチを入れる。入射スリットの調整つまみをゆっくり回し、スリットの開閉を確かめる。時計方向に回すと開く。完全には閉じない場合があるが、さしつかえない。スリットが開き始めてからつまみを約半回転した位置で止める。

② 目盛板の0°を指標に合わせる。このとき、回折格子面の法線と入射光は平行になる。出射スリット（光電管への入口）のすぐ前に白い紙をおき、色分けされた連続スペクトルの一部が出射スリットを通っていることを確認する。目盛板を＋40°～－90°の範囲でゆっくり回し、スペクトルの変化を観察する。

③「LAMP」スイッチを切り、カバーを真上からゆっくり、回折格子などに触らないように注意して元の位置へ戻す。

④ 電圧計と電流計に何も接続しない時に針が正しくゼロを指していない場合は調整する。



**図１　分光器の構成**

(ⅱ) 測定

① 本体操作パネルのターミナルに電圧計（3Vレンジ）と電流計（100μＡレンジ）を、正負の向きを正しく接続する。以後どちらもレンジを変えない。

② 各スイッチとつまみを次の位置にする。

「LAMP」OFF

「COLLECTOR VOLTAGE」最小

「ZERO ADJ.」中央

「GAIN」×1

③「POWER」をONにする。

④「COLLECTOR VOLTAGE」を時計方向にゆっくり回し、電圧計を3Ｖにする。

⑤ 目盛板を0°にする。このとき光電管に当たる光の波長は589nm。

⑥「LAMP」をONにする。

⑦ 入射スリットを閉じる。スリットを通った光を紙に当ててみるとわかりやすい。完全に閉じないときは紙を置いて光をさえぎる。

⑧ 電流計がゼロからずれていれば、「ZERO ADJ.」によりゼロに調整する。

⑨「GAIN」を×100にして、同様にゼロ調整する。

⑩「GAIN」を×1に戻す。

⑪「COLLECTOR VOLTAGE」を反時計方向にいっぱい回して逆電圧をゼロにする。

⑫ 入射スリットを開き、光電流を100μＡにする。±1μＡ程度の誤差はあってもよい。

⑬ 逆電圧を3Ｖに戻す。

⑭「GAIN」の×1と×100の順で再び電流計のゼロ調節をする。

⑮ 逆電圧を3Ｖから徐々に下げ、光電流が0.01μＡ（×100で1μA）になる逆電圧を読む。逆電圧を変えてから電流が落ちつくまで10秒ほどかかる。

⑯ 同様にして、光電流が0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 1, 2, 4, 10, 20, 40(μＡ)となる逆電圧を読む。

⑰「COLLECTOR VOLTAGE」を3Ｖに戻す。

⑱ 以上の測定結果を、逆電圧を直線スケール、光電流を対数スケールでグラフ上にプロットする。

⑲ 目盛板を-8°（波長386nm）にして、⑦から⑱までの操作を繰り返す。

⑳ 目盛板を-2°、-4°、-6°にして同様の操作を行った。

**４．実験結果**

　目盛板の0°～-8°を指標に合わせたときの逆電圧と光電流の関係を表１にまとめた。また、直線スケールの横軸に逆電圧、対数スケールの縦軸に光電流をプロットしたグラフを図２に記す。

**表１**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 光電流[μA] | 逆電圧[V] | | | | |
| -0° | -2° | -4° | -6° | -8° |
| 0.01 | 0.72 | 0.76 | 0.95 | 1.22 | 1.65 |
| 0.02 | 0.64 | 0.72 | 0.91 | 1.17 | 1.56 |
| 0.04 | 0.58 | 0.69 | 0.88 | 1.14 | 1.50 |
| 0.1 | 0.54 | 0.65 | 0.83 | 1.08 | 1.43 |
| 0.2 | 0.51 | 0.62 | 0.80 | 1.04 | 1.37 |
| 0.4 | 0.48 | 0.59 | 0.76 | 0.99 | 1.31 |
| 1 | 0.43 | 0.53 | 0.69 | 0.90 | 1.20 |
| 2 | 0.40 | 0.50 | 0.64 | 0.83 | 1.11 |
| 4 | 0.36 | 0.46 | 0.57 | 0.75 | 1.01 |
| 10 | 0.30 | 0.38 | 0.48 | 0.62 | 0.84 |
| 20 | 0.24 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.67 |
| 40 | 0.16 | 0.23 | 0.28 | 0.35 | 0.44 |
| 100 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

　**図２**

　目盛板の0°～-8°を指標に合わせたときに光電子がとなる阻止電圧を表２にまとめた。また、直線スケールのグラフの横軸に周波数、縦軸に阻止電圧をプロットしたグラフを図３に記す。

**表２**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0° | -2° | -4° | -6° | -8° |
| 周波数[×Hz] | 5.09 | 5.56 | 6.14 | 6.86 | 7.78 |
| 阻止電圧[V] | 0.72 | 0.76 | 0.95 | 1.22 | 1.65 |

**図３**



　図３の直線の式を最小自乗法より求めると、



となる。ここで、より、



である。これより、プランク定数と仕事関数は、





となる。

**５．考察**

(ⅰ) プランク定数の誤差

　プランク定数の文献値は、である。実験値との誤差率はおよそ14.1％となり、かなりの誤差が生じてしまった。ここで図３より、0°におけるデータに著しい誤差があったと予想される。そこで0°を除いた他の4データのみで上記と同様に最小自乗法を用いてプランク定数を求めると、



となり、その誤差率は2.8％である。以上より、0°における測定に大きなミスが生じたと考察される。このデータは本実験で測定した最初のデータであったため、実験上の不手際が特に目立ってしまったのが原因と考えられる。図４に0°以外のデータを元にして図３と同様にプロットしたグラフを記す。（ちなみにこのとき）

　誤差が生じた原因としては主に目盛版の角度調節のズレ、電流計・電圧計の調整および目盛りの読み違い等が考えられる。

**図４**



(ⅱ) 光電流がのときの電圧を阻止電圧とした理由

　光電効果によって固体外に放出された光電子（電荷：）をコレクタへ運ぶのにのエネルギーが必要であり、発生した光電子の運動エネルギーがであると、光電子はコレクタに到達できない。つまり、光電流である。であれば光電子はコレクタに到達できるので、である。すなわち、からに変わる瞬間にが成り立つ。このときの電圧が阻止電圧であるわけだが、今回の実験で用いた電流計で

からに変わる瞬間をとらえるのは非常に難しい。したがって、光電流がのときの電圧を阻止電圧とした。そのため、今回の実験で得られたの値は、真の値よりも低い値になっているはずであり、それにともないプランク定数も文献値より小さい値になったのだと考えられる。

(ⅲ) 目盛板の-22.5°付近を指標に合わせたとき、光が色分けされない理由

　格子定数の平面回折格子に平行な白色光が入射角で入射し、回折角の方向に波長の回折光が現れたとすると、波長は、

を満たす。ここで、のときには回折ではなく鏡面反射が起こる。したがって、反射光は白色のままである。つまり、入射角と反射角の大きさが等しいときには反射光は色分けされないのである。今回の実験では、光源と光電管のなす角が45°であるから、入射角と反射角が等しくなるのは目盛板の-22.5°を指標に合わせたときである。よって、目盛板の-22.5°付近を指標に合わせると光が色分けされなかったのである。

**５．感想**

　考察にも記した通り、0°における測定ミスが大きな反省点である。また、表２におけるサンプル数が５つと少なく、時間に余裕があれば1°刻みで測定した方が良かったと思った（そうすれば0°における測定ミスもよりはっきりしていたであろう）。

　次に、このレポートは主にWordとExcelを用いて作成しているのだが、図２において近似曲線を導入できなかったのが反省すべき点である（図３・４はできた）。近似曲線の導入は今後絶対に必要になってくる技術なので、Excel等ソフトの使用方法をより学習する必要があると思った。

　最後に、実験のご指導をしてくださったT.A.の渡邊さん、どうもありがとうございました。

**６．参考文献**

・「自然科学実験　物理学編　2006」 2006年発行 慶應義塾大学理工学部著・発行

・量子力学の考え方 1993年発行 砂川 重信著 岩波書店