**自然科学実験(光電効果)**

**１年テ組１０番　河野佑輔**

**《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．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、放出された電子を光電子という。観測によると、光の周波数νがある値ν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、νがνより大きいときには、各光電子の持つエネルギーはν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νの光はエネルギーｈνをもつ粒子からなる。ｈはプランク定数である。この粒子を光子(photon)と呼ぶ。固体が吸収した光子のエネルギーｈν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Ｗのエネルギーを費やさなければならない。Ｗは物質固有の値で仕事関数と呼ばれる。したがって、ｈν＜Ｗならば光電子は発生せず、ｈν≧Ｗならば発生した光電子の運動エネルギーＥは

Ｅ＝ｈν－Ｗ

によって与えられる。もし、２つ以上のνの値に対してそれぞれＥが測定できれば、ｈとＷを決めることができる。

**《３. 実験方法》**

(1)分光器のカバーを取り外し、分光器が正常に動くかどうかを確かめた。

(2)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)を接続した。

(3)各スイッチとつまみを、「LAMP」OFF, 「COLLECTOR VOLTAGE」最小,「ZERO ADJ.」中央,「GAIN」×1の位置に調節した。

(4)「POWER」をONにした。

(5)「COLLECTOR VOLTAGE」を時計方向に回し、電圧計を3Ｖにした。

(6)目盛板を0°にした。

(7)「LAMP」をONにした。

(8)入射スリットを完全に閉じた。

(9)電流計のズレを「ZERO ADJ.」によりゼロに調整した。

(10)「GAIN」を×100にして、同様にゼロ調整した。

(11)「GAIN」を×1に戻した。

(12)「COLLECTOR VOLTAGE」を反時計方向にいっぱい回して逆電圧をゼロにした。

(13)入射スリットを開き、光電流を100μＡにした。

(14)逆電圧を3Ｖに戻した。

(15)「GAIN」の×1と×100の順で再び電流計のゼロ調節をした。

(16)逆電圧を3Ｖから徐々に下げ、光電流が0.01μＡになる逆電圧を読んだ。

(17)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)となる逆電圧を読んだ。

(18)「COLLECTOR VOLTAGE」を3Ｖに戻した。

(19)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した。

(20)目盛板を－8°にして、(7)から(18)までの操作を繰り返した。

(21)目盛板を－6°、－4°、－２°にして同様の操作を行った。

(22)光周波数νと阻止電圧Ｖの関係をプロットし、最小自乗法によって直線を引いた。

(23)この直線の勾配からプランク定数ｈと仕事関数Ｗを求めた。

**《４. 実験結果》**

**表1. 各角度における逆電圧と光電流の関係**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 光電流(μA) | 逆電圧(V) | | | | |
| 0° | -8° | -6° | -4° | -2° |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.01 | 0.69 | 1.66 | 1.27 | 0.98 | 0.78 |
| 0.02 | 0.66 | 1.61 | 1.23 | 0.95 | 0.75 |
| 0.04 | 0.63 | 1.56 | 1.19 | 0.92 | 0.73 |
| 0.10 | 0.59 | 1.49 | 1.14 | 0.87 | 0.69 |
| 0.20 | 0.56 | 1.44 | 1.09 | 0.84 | 0.66 |
| 0.40 | 0.54 | 1.37 | 1.04 | 0.79 | 0.62 |
| 1.00 | 0.50 | 1.32 | 0.98 | 0.75 | 0.59 |
| 2.00 | 0.46 | 1.20 | 0.90 | 0.69 | 0.55 |
| 4.00 | 0.42 | 1.07 | 0.80 | 0.62 | 0.51 |
| 10.0 | 0.35 | 0.88 | 0.67 | 0.53 | 0.44 |
| 20.0 | 0.29 | 0.70 | 0.55 | 0.44 | 0.36 |
| 40.0 | 0.20 | 0.46 | 0.38 | 0.30 | 0.26 |

　　この**表1**のプロットは**グラフ1**参照。

　　　また光電流が0.01μAのときの逆電圧を阻止電圧とし、実験書より各角度における振動数を調べ、とその関係を表にすると次のようになる。

**表2. 各角度における光の振動数と阻止電圧**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 回折格子の角度 | 0° | -2° | -4° | -6° | -8° |
| 光の振動数ν(Hz) | 5.09 | 5.56 | 6.14 | 6.86 | 7.78 |
| 阻止電圧V(V) | 0.69 | 0.78 | 0.98 | 1.27 | 1.66 |





　　　ここで**グラフ2**より、Ｖ＝aν+bと表すことができる。いま、Ｖ＝aν+bの両辺にeをかけるとeV=eaν+ebとなる。

eVは光電子が得るエネルギーＥであるので、アインシュタインの式より

　　　　Ｅ＝hν-W＝eaν+eb

　　が成り立つ。

　　よって、ｈ＝ea、Ｗ＝-ebである。

**グラフ2**よりa=3.68×10、b=-1.24

また、未定定数a、bを最小自乗法により決定してみると、









　　　　データの数ｎ＝5

より、













　　以上より、

ｈ＝ea＝1.602×10×3.68×10＝5.90×10(Ｊ・s)

　　　　Ｗ＝-eb＝-1.602×10×(-1.24)＝1.99(Ｊ)

　　となった。

**《５. 考察》**

**◆誤差の原因**

プランク定数ｈの理論値はｈ＝6.63×10である。実測値はｈ＝5.90×10なので大きな誤差が出た。

　　考えられる要因は

・電流計や、電圧計の目盛りの読み間違い。

・回折格子の角度に誤差が生じた。

・入射スリットを閉じる際、入射スリットが完全に閉じていなかった。

・回折格子の角度が0°のときの阻止電圧の理論値は0.702であるにもかかわらず、0.69となってしまったため。

・ゼロ調整が正しく行われていなかった。

・光電流0.01μＡのときを阻止電圧としたため。

　　などがあげられる。

**◆目盛板が－２２．５°で色分けされない理由**

　　　　　　　　　　　　　　　　　ｄ

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　回折格子

　　　　　　　　　α　　β

**図1. 回折格子**

まず、**図1**のように光が入射し、反射している回折格子を考える。（α＜β）二つの光波の光路差は、





二つの光波が干渉しあう条件は光路差が半波長の整数倍になることだから、





　（ｍ＝１，２，…）

となる。目盛板が－２２．５°のとき、光源と回折格子と光電管のなす角度は４５°であるから、入射角と反射角の角度が２２．５°となり等しくなる。よって、α＝β＝２２．５°となるため、



つまり、光路差が０だから、光波は互いに干渉することなく光源の光がそのまま反射して光電管側で観測される。よって、スペクトルは観測されない。

◆**光電効果の利用例**

　　　・光電管…光電効果（外部光電効果）を利用して光エネルギーを電気エネルギーに変換する光検出用電子管。高真空（または不活性ガス入り）のガラス管中に、陰極と陽極を設けた構造を基本とし、この電極間に電圧を与えて陰極に光を入射させ、陽極から信号電流（つまり陰極から出た光電子）を取り出す。

　　　・光電子増倍管…光電管に電流増幅機能を付加したもの（最終的に飛び出した電子の個数の数十万倍か一千万倍の個数に増幅されて検出される）。汎用の超高感度光センサとしての用途が広く、各種の研究開発や工業生産・測定などの現場で利用。

　　　・太陽電池…太陽電池に光を当てることで太陽電池の受光素子の電池を励起させ（光励起）その電子を電流として取り出す仕組み。

・撮像管

　　　・撮影用フィルムの感光剤

　　　・複写機の感光ドラム

　　　・センサー（自動ドア）

・光の強さ測定器

・電子銃

**《６. 参考文献》**

　　・理工学部１年　自然化学実験物理学編2006　　　　　　　　　学術図書出版

**《７. 感想》**

今回の実験は目盛りを何度も読まなければならなかったので、非常に疲れた。また、誤差がかなり出てしまったので残念に思う。