1、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。このとき、各電子の持つエネルギーは光の振動数に依存し、光の強さは、光電子の数を決めている。

hをプランク定数とすると、光子はhνのエネルギーを持ち、これは吸収した固体の1個の電子に与えられるが、電子が飛び出すためには、物質固有の値の仕事関数Wのエネルギーを費やさなければならない。そのため、hν＜Wならば光電子は発生せず、hν≧Wのとき光電子が発生し、そのエネルギーは次の式(1)のようになる。

E=hν－W　―(1)

　今回の実験では、いくつかのνに対するEを測定し、グラフを作成することで、ｈとWを求めるのが目的である。

3、実験方法

(1）準備

①POWERスイッチOFFの状態で電源プラグをコンセントに差し、LAMPスイッチを入れ、スリットの開閉を確かめた。

②図1の目盛板の0°を指標に合わせ、出射スリットのすぐ前に白い紙を置いて、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した。

③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した。

図1、分光器の構成

(2)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)を接続した。

②目盛板を0°に設定し、ゼロ点調整を行った。

③逆電圧を徐々に下げていき、光電流が0.01μA、0.02μA、0.04μA、0.1μA、0.2μA、0.4μA、1μA、2μA、4μA、10μA、20μA、40μAとなる逆電圧を測定した。

④目盛板を-8°、-6°、-4°、-2°に設定して同様の測定を行った。

4、結果

　目盛板を0°、-2°、-6°、-4°、-8°として測定したときの結果は、それぞれ次の表№1、2、3、4、5のようになった。

表№1、目盛板0°の光電流と逆電圧　　　表№2、目盛板-2°の光電流と逆電圧

|  |  |
| --- | --- |
| 光電流（μA) | 逆電圧(V) |
| 0.01 | 0.730 |
| 0.02 | 0.650 |
| 0.04 | 0.618 |
| 0.1 | 0.576 |
| 0.2 | 0.542 |
| 0.4 | 0.510 |
| 1 | 0.476 |
| 2 | 0.430 |
| 4 | 0.390 |
| 10 | 0.328 |
| 20 | 0.264 |
| 40 | 0.180 |

|  |  |
| --- | --- |
| 光電流（μA) | 逆電圧(V) |
| 0.01 | 0.784 |
| 0.02 | 0.750 |
| 0.04 | 0.722 |
| 0.1 | 0.682 |
| 0.2 | 0.658 |
| 0.4 | 0.622 |
| 1 | 0.582 |
| 2 | 0.540 |
| 4 | 0.492 |
| 10 | 0.418 |
| 20 | 0.340 |
| 40 | 0.240 |

表№3、目盛板-4°の光電流と逆電圧　　　表№4、目盛板-6°の光電流と逆電圧

|  |  |
| --- | --- |
| 光電流（μA) | 逆電圧(V) |
| 0.01 | 0.982 |
| 0.02 | 0.942 |
| 0.04 | 0.906 |
| 0.1 | 0.862 |
| 0.2 | 0.822 |
| 0.4 | 0.788 |
| 1 | 0.740 |
| 2 | 0.684 |
| 4 | 0.628 |
| 10 | 0.528 |
| 20 | 0.442 |
| 40 | 0.310 |

|  |  |
| --- | --- |
| 光電流（μA) | 逆電圧(V) |
| 0.01 | 1.244 |
| 0.02 | 1.198 |
| 0.04 | 1.160 |
| 0.1 | 1.102 |
| 0.2 | 1.060 |
| 0.4 | 1.008 |
| 1 | 0.942 |
| 2 | 0.862 |
| 4 | 0.780 |
| 10 | 0.658 |
| 20 | 0.542 |
| 40 | 0.378 |

表№5、目盛板-8°の光電流と逆電圧

|  |  |
| --- | --- |
| 光電流（μA) | 逆電圧(V) |
| 0.01 | 1.728 |
| 0.02 | 1.636 |
| 0.04 | 1.566 |
| 0.1 | 1.492 |
| 0.2 | 1.426 |
| 0.4 | 1.364 |
| 1 | 1.288 |
| 2 | 1.184 |
| 4 | 1.078 |
| 10 | 0.892 |
| 20 | 0.720 |
| 40 | 0.490 |

また、この表№1～5をグラフにあらわすと、図2にようになった。

5、考察

(1)プランク定数と仕事関数の算出

①振動数と周波数の値

　まず、0.01μAのときの逆電流を阻止電圧と仮定し、各目盛板の角度における、光電管に入射する光の振動数と阻止電圧をまとめると、次の表№6のようになる。

表№6、振動数と周波数の関係

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 目盛板 | 振動数(×1014Hz) | 阻止電圧(V) |
| 0° | 5.09 | 0.730 |
| -2° | 5.56 | 0.784 |
| -4° | 6.14 | 0.982 |
| -6° | 6.86 | 1.244 |
| -8° | 7.78 | 1.728 |

　この表№6の値を振動数を横軸、阻止電圧を縦軸をとしてプロットすると、図3のようになる。

②最小自乗法

　次に、最小自乗法により傾きと切片を求める。横軸の振動数の値と上からx1、x2、x3、x4、x5とし、縦軸の阻止電圧の値をy1、y2、y3、y4、y5とする。そして、まず次の値を求めてみる。



そして、最小自乗法より傾きA、切片Bは下の式(2)で求められる。

　―(2)

　これを計算すると次のようになる。



　よって、阻止電圧V0と­振動数νには、次の式(3)の関係があると考えられ、近似直線として、図3にこの傾きと切片の直線を引いた。

V0=(3.766×10-15)ν－1.274　―(3)

③プランク定数と仕事関数の値

　エネルギーEと阻止電圧V0の間には、次の式(4)の関係がある。

E=(1.602×10-19) V0　―(4)

　そこでまずプランク定数hを求めてみる。

ｈ=3.766×10-15×1.602×10-19

　=6.033×10-34(J・s)

　次に仕事関数Wは式(3)より次のようになる。

W=1.274(eV)

(2)プランク定数の誤差について

　プランク定数の文献値は、h=6.626×10-34(J・s) (1)である。これと実験結果を比較させると、－0.593×10-34(J・s)の誤差が見られた。これは0.01μAのときの逆電圧を阻止電圧と仮定したことが原因ではないかと考えられる。

　そこで、これが原因であるという理由について考えてみる。今回は、実際は光電流I=0Aで阻止電圧を測るところを、I=0.01μAで測定した。図2より、光電流の値が増せば増すほど、逆電圧の値の振動数による増加の仕方は小さくなるため、実際よりも、測定値はV0の増加量を小さくとってしまったことになる。そのため傾きは小さくなり、hも小さくなってしまうと考えられる。

　このように、逆電圧を阻止電圧と仮定したことは、負の誤差を生じるため、今回の実験の誤差の原因としてあげることができると考えられるのである。

(3)目盛板-22.5°のときに色分けされない理由

　回折格子に入射した光は、下の図4のように回折する。このときの1´と２´の光路差は、d(cosα-cosβ)なので、回折する条件として、次の式(5)がたてられる。

d(cosα-cosβ)=nλ　―(5)

　この式から、α=βのときλに関係なくn=0となることがわかる。そのため、光は色分けされないのである。

　そして、光源と光電管のなす角が45°であるから、α=βとなる角度αは、22.5°である。

　このことから、目盛板-22.5°のときには色分けされないということがいえるのである。

図4、光の回折

(4)光電面にSb-Csを用いた理由

　光電管は、光陰極によってその感度が異なってくる。Sb-Cs光電管は、文献より次の図5のような、光の波長に対する感度となっている。今回の実験で用いた波長の領域では、非常に感度がよいため、このSb-Cs光電管を用いたのである。

図5 、Sb-Cs光電管の感度 (2)

6、参考文献

(1)『自然科学実験物理学編』慶應義塾大学理工学部、2002、p66

(2)『物理実験事典』池本義夫編、講談社、1973、p527