背景、理論：

アインシュタインが光量子仮説を提案する前、“光は波動としてふるまい、そのエネルギーは連続変化する”と考えられていた。しかしこれでは、実験結果が示すような、光の周波数νがある値ν0より小さい時には光を強くしても光電子は発生しない、また、νがν0より大きい時には、各光電子のもつエネルギーはνが大きいほど大きくなり、光が強いほど出てくる光電子の数が増加する、などが証明できなかった。彼が提案した光量子仮説では、周波数νの光はエネルギーhνを持つ粒子からなり、この粒子が個体にあたると、そのエネルギーが固体のもつ特有の値(W，仕事関数)を越えた時点から電子が固体表面から外に出る。これならば、周波数が値ν0より小さい時には光電子がでないのも、νがν0より大きい時は各光電子のもつエネルギーはνが大きいほど大きくなり、光が強いほど出てくる光電子の数が増加のも証明できた。今回は、Sb-Csの仕事関数Wとプランク定数を導き出すために、光量子仮説では、光子はE＝ｈνのエネルギーを持ち、hν>=Wの時のみ発生するのを利用し、

=　．．．．．．．．．．　①

を立たせる。この中でνを求めるのだが、測ることは不可能なので、逆電流をかけ、電流が動き出すところの値ν0を求め、以下の式を立てた。

　．．．．．．．．．．．．．．．．．．　②

上記の①と②をあわせ、



を立て、これを最小自乗法に当てはめ、実験値からhとWを割り出す。

目的：

分光器、電流計、電圧計を利用して、プランク定数と仕事関数を求め、光電効果を理解する。

実験方法：

1. 「ＰＯＷＥＲ」スイッチがＯＦＦなのを確認して電源プラグをコンセントにさし、「ＬＡＭＰ」スイッチをいれた。入射スリットの調整つまみをゆっくり回し、つまみをスリットが開きはじめてから約半回転した位置でとめた。
2. 目盛板を０°にした。出射スリット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を出射スリットを通ることを確認した。目盛板が－２２．５°付近では色分けされていないことを確認した。
3. 「ＬＡＭＰ」スイッチを切り、カバーを真上から、回折格子などに触れないように注意して、元の場所に戻した。
4. 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した。
5. 「ＬＡＭＰ」ＯＦＦ、「ＣＯＬＬＥＣＴＯＲ　ＶＯＬＴＡＧＥ」最小（５秒で一回転ぐらいのゆっくりした速度でまわす）、「ＺＥＲＯ　ＡＤＪ．」中央、「ＧＡＩＮ」×１、各スイッチとつまみを以上の位置にした。
6. 「ＰＯＷＥＲ」をＯＮにした。
7. 「ＣＯＬＬＥＣＴＥＲ　ＶＯＬＴＡＧＥ」を時計方向にゆっくり回し、電圧計を３Ｖにした。
8. 目盛り版を〇°にした(この時光電管にあたる光の波長は589nm)。
9. 「ＬＡＭＰ」をOnにした。
10. 入射スリットを閉じ、光が出ていないことを確認した。
11. 電流計がゼロからずれていたので、「ＺＥＲＯ　ＡＤＪ．」を調整し、電流計をゼロにあわせた
12. 「ＧＡＩＮ」を×１００でのゼロ調整を行った。
13. 「ＧＡＩＮ」を×１に戻して「ＣＯＬＬＥＣＴＯＲ　ＶＯＬＴＡＧＥ」を反時計方向にいっぱいにまわして電圧をゼロにした。
14. 入射スリットをゆっくり開き、光電流を１００μＡにした。±１μＡ程度の誤差があってもよい。
15. 逆電圧を３Ｖに戻し、「ＧＡＩＮ」の×１、×１００の順で電流計のゼロ調整をした。
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０．０２μＡ、０．０４μＡ、０．１μＡ、０．２μＡ、０．４μＡ、１μＡ、２μＡ、４μＡ、１０μＡ、２０μＡ、４０μＡとなる逆電圧をとった。
18. 「ＣＯＬＬＥＣＴＥＲ 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方対数グラフ上にプロットした。
20. 目盛板を－８°にして手順10.～19.までの操作を繰り返した。
21. 目盛板を-1°、-3°、-5°、-7°にして同様の操作をした。ただし、手順17.の操作は省略した。
22. 光の周波数νと阻止電圧Ｖ０の関係を両者とも直線スケールのグラフ上にプロットし、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ｈを求め、次いでＷを求めた。

結果：



表１

考察：

1. h,wを最小自乗法によって算出する
   * 1. まず、柿の式に数を当てはめる。
     2. 
     3. この式のyiをV0、Aをｈ/e、xiをν、BをW/eと置き、以下のエクセルシートを作り、最小自乗法を適応した。
     4. 
     5. 上記より　 ｈ＝6.40453x10-34 (Js)

W=2.31965x10-19 (J)

* + 1. が算出された。

1. –22.5°付近では色分けされないのはなぜだろうか
   * 1. 回折格子に白色光が角α°で入射し角β°で反射するとき、波長と格子定数（d）と入射、反射角の関係は
     2. nλ＝ｄ（sinα+sinβ）　(n=0,1,2,3……)
     3. となる。ｎ＝０のときは回折ではなく、単なる鏡面反射（β＝－α）となる。
     4. 22.5°で入射した場合、反射角も22.5°となり、以下の式が成り立つので、色分けが起こらなかった.
     5. n＝ｄ x（sinα+sinβ）/λ=d x 0 / λ=0
2. 結果に対する考察
   1. なぜv-KEグラフは直線にならないのか
      1. 今回、逆電圧を記録する際に、光電流0μmが理想なのに対し、1μmを使った。これにより、一μmあたりの阻止電圧が高い高電圧のところのほうが湾曲が大きくなってしまったためである。
   2. h,Ｗが理論値とずれるのはなぜか
      1. ｈ→プランク定数：
         1. 理論値：(J・s)
         2. 実験値：ｈ＝6.40453x10-34(J・s)
         3. 誤差：（％）
      2. W→仕事関数：
         1. 実験値：2.31965x10-19(J)
      3. 仕事関数について：僕の調べた書籍、辞典、及びインターネットのホームページには一つを除き“分子によって固有である”とかいてあるだけで、具体的な数字を載せているところは無かった｡ページによっては同じ意味で“束縛エネルギー”という単語を用いているところもあった。また、おおくのページでは単位としてeV(J/1.6x10-19=eV) をもちいていた｡
      4. 誤差原因：
         1. スリットの光の量が一定ではなかった。毎回、0調整はしたのだが、スリットの光の量は、一度あわせても10秒後に少し変わっていたりとなかなか一定になってくれなかった。
         2. 本来なら0μAの所をV0とすべきだったのだが、0.01μAとしたため.
   3. 身の回りの他の金属とのwの比較。身の回りから電子はでているのか？
      * 1. セシウム= 1.9eV =　3.04x10-19(J)
        2. ナトリウム= 2.3eV =　3.68x10-19(J)
        3. 亜鉛= 4.2eV =　6.72x10-19(J)
        4. タングステン= 4.5eV =　7.2x10-19(J)

今回使ったSb-Csの実験値が2.31965x10-19(J) なので、全体的に電子は、でにくい、ということになる。しかし、いずれにせよ、セシウムなどは飛びぬけて高い数字ではないので、日中に電子を出しているだろう、と予測できる｡

* 1. Wとは何で、なぜWがあるのか？
     + 1. Wとは仕事関数と呼ばれる陰極の金属で決まる定数で、電子を陰極から飛び出させるのに必要な最小のエネルギーをあらわしている。
       2. Wは固体それぞれの現状の形を保とうとする力(結合)で、固体がその形を形成するためにWは必要。
  2. この実験結果を説明するのに光電子仮説が必要な理由
     1. 原理で述べたように、光電効果とは、
        1. ある限界振動数よりも大きい振動数の光を当てた時にのみ起こる　　---(1)
        2. 出てくるエネルギーは周波数に依存する. ------------------(2)
        3. 限界振動数以上であれば、光の強さが非常に弱くてもすぐに光電子が出る。 　　　　　　　　------------------(3)
     2. 光を波として考えると、
        1. エネルギーは振幅に依存する
        2. 光が弱ければ、光電子はなかなかでてこない。
     3. この矛盾を解決するために光を粒だと考える、光電子仮説が必要になってくる。アインシュタインの説は光を次のように説明している.
        1. 振動数νの光は*ｈ*νなるエネルギーを持つ粒子の流れである　→(2)を証明
        2. 金属の表面から電子一個を取り出すのに要する仕事の最小値をＷ（仕事関数）とすると、光の振動数νが条件“ｈν＞Ｗ”を満足する場合に光電効果が起こる →(1)を証明
        3. 出てくるエネルギーは　で表される｡
        4. 光の強さは含まれる光子の数に比例し、また一個の光子が一挙に、一個の電子に吸収される。 →(3)を証明

1. なぜ光電管の前に棒が立っているのか｡
   1. コレクターに光があたらないようにするため｡
      1. あたってしまうと、光電陰極の光電面Sb-Csからだけでなく、コレクターに使われている金属からも電子がでてしまい、実験結果に影響を与えかねないから｡

まとめ：

　金属は一定以上の周波数を持つ光を浴びると電子を出し、その強さは光の周波数に比例する｡この現象はアインシュタインの光量子仮説によって説明でき、この仮説が認められることにより光の二重性が証明されることになった｡なんにせよ、今回一番遺憾だったのがたくさんの物質の仕事関数を書いた表を見つけられなかったことだ｡具体的な数字がわかれば身の回りを見る視点が少し変わるほど重要な数字だっただけに、なぜどこにも書いていなかったのだろう、と不思議に思う｡

参考文献：

改訂版　高等学校物理Ⅱ　数研出版株式会社

Microsoft Encarta98（J）　マイクロソフト株式会社