

B1 光电效应实验

实验人：黄子维 20980066

合作者：黄睿杰 20980062

实验时间：2021.12.9 星期四 上午 室温：21°C 相对湿度：47%

【数据处理及分析】

1. 零电流法测量普朗克常量 h

实验结果

光源与光电管距离 40cm，取口径 $\phi 4mm$ 光阑，安装不同波长的滤光片，测量光电流为零时的反向电压值。结果如表1，图1。

波长 λ/nm	频率 $\nu/10^{14}s^{-1}$	$I_{U_{AK}=2V}/10^{-13}A$	截止电压 U_0/V
365	8.22	-20	1.782
405	7.41	-12	1.464
436	6.88	-17	1.240
546	5.49	-5	0.715
577	5.20	-2	0.612

表 1: 各谱线对应截止电压

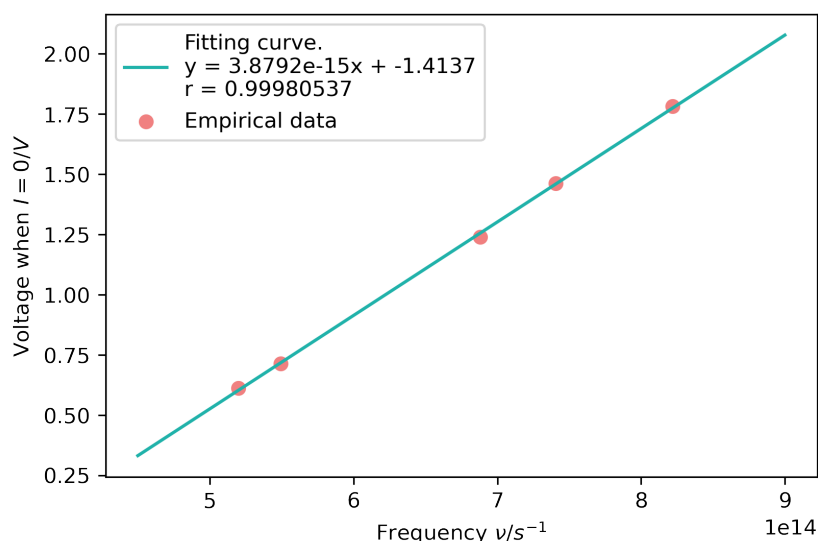


Fig. 1 Measuring Planck constant by zero current method.

图 1: 截止电压和谱线对应频率关系

计算普朗克常量

采用最小二乘法拟合图线，相关系数 $R > 0.99$ ，拟合效果好。计算拟合系数得斜率

$$K = 3.88 \times 10^{-15}$$

由爱因斯坦光电效应理论，普朗克常量 $h = Ke$ ，代入斜率和元电荷 ($e = 1.60 \times 10^{-19} C$) 计算得

$$h = Ke = 6.21 \times 10^{-34} J \cdot s$$

对比公认值 $h_0 = 6.6 \times 10^{-34} J \cdot s$ ，相对误差为 6.35%。

2. 测量伏安特性曲线

A. $d = 40cm, D = 4mm$ ，不同入射波长

控制 $d = 40cm, D = 4mm$ ，取波长分别为 $436nm, 546nm, 577nm$ ，结果如图2所示。

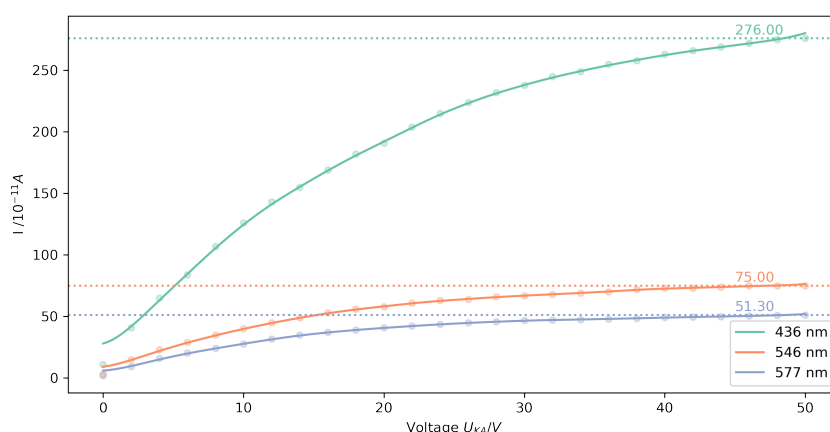


Fig. 2.1. Volt ampere characteristic curves of different wavelengths.

图 2: 不同入射波长的伏安特性曲线

实验结果验证了当电压升高时，伏安特性曲线逐渐变缓，光电流趋于饱和。取 $U_{AK} = 50V$ 时光电流作为饱和光电流，数值已在图上注明。随着光波长变大，饱和光电流减小。

B. $\lambda = 436nm, D = 4mm$ ，不同距离

控制 $\lambda = 436nm, D = 4mm$ ，取距离分别为 $40cm, 35cm, 30cm$ ，结果如图3所示。

实验结果验证了当电压升高时，伏安特性曲线逐渐变缓，光电流趋于饱和。取 $U_{AK} = 50V$ 时光电流作为饱和光电流，数值已在图上注明。随着距离增大，饱和光电流减小。

C. $\lambda = 436nm, d = 40cm$ ，不同光阑

控制 $\lambda = 436nm, d = 40cm$ ，取光阑孔径分别为 $2mm, 4mm, 8mm$ ，结果如图4所示。

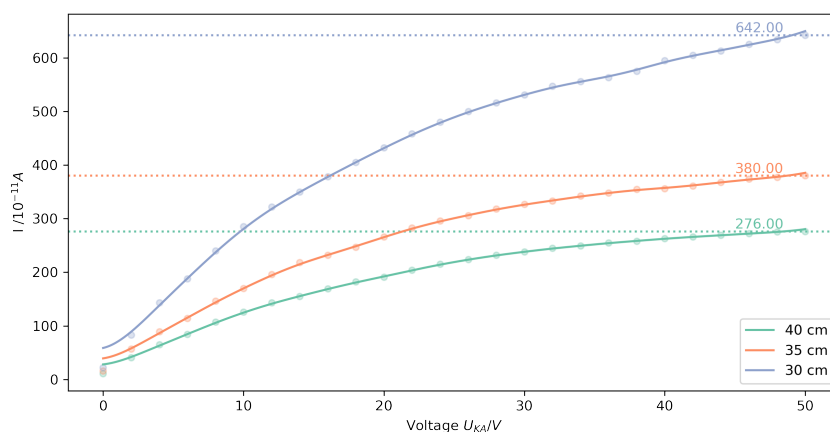


Fig. 2.2. Volt ampere characteristic curves of different distances.

图 3: 不同距离的伏安特性曲线

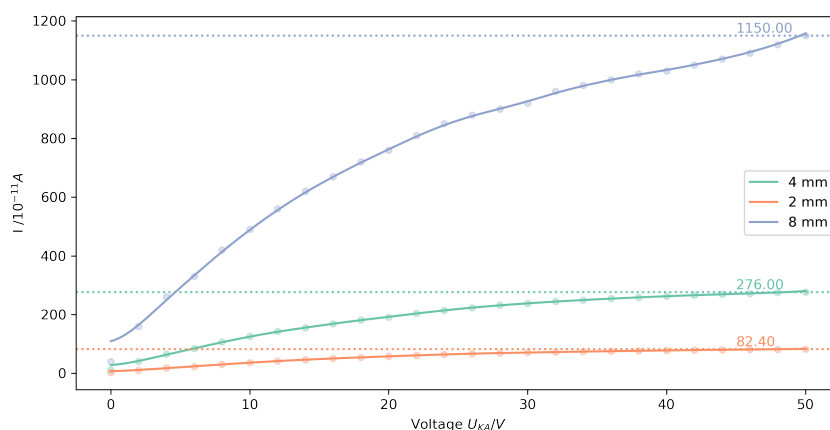


Fig. 2.3. Volt ampere characteristic curves of different diaphragms.

图 4: 不同光阑的伏安特性曲线

实验结果验证了当电压升高时, 伏安特性曲线逐渐变缓, 光电流趋于饱和。取 $U_{AK} = 50V$ 时光电流作为饱和光电流, 数值已在图上注明。随着光阑口径增大, 饱和光电流增大。

3. 验证饱和光电流与入射光强成正比

设定正向电压 $U_{AK} = 50V$, 分别控制光阑大小和光源距离, 以探究饱和光电流和入射光强的关系。

A. 控制距离 $d = 40cm$, 调节光阑大小

结果如表2, 图5。

光阑孔径 D/mm	光阑面积 S/mm^2	$I_{436nm}/10^{-11}A$	$I_{546nm}/10^{-11}A$	$I_{517nm}/10^{-11}A$
2	3.14	89	22	14
4	12.56	310	84	53
8	50.26	1180	310	200

表 2: 饱和光电流和光阑面积的关系

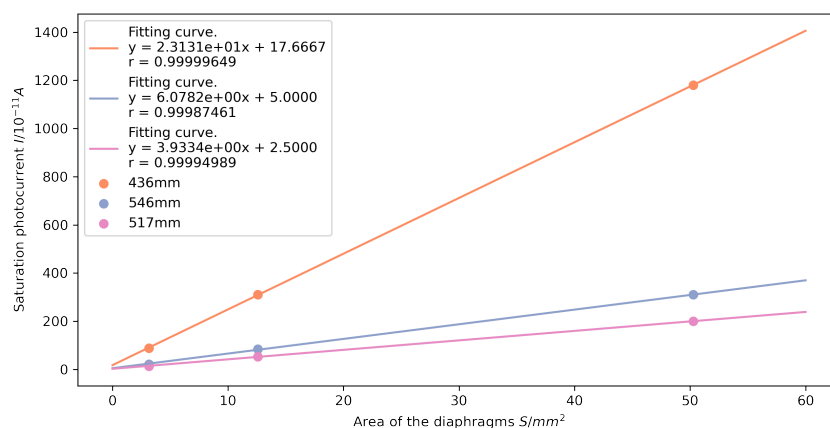


Fig. 3.1 Saturation photocurrent at different diaphragm areas.

图 5: 饱和光电流和光阑面积的关系

实验结果显示，饱和光电流和光阑面积成线性正相关，相关系数 $R > 0.99$ 。而光强与光阑面积成正比，因此证明了饱和光电流与入射光强成正比。同时随着波长越小，饱和光电流随入射光强增长越快。

B. 控制光阑 $D = 4mm$ ，调节距离大小

结果如表3，图6。

距离 d/cm	$1/d^2/cm^{-2}$	$I_{436nm}/10^{-11}A$	$I_{546nm}/10^{-11}A$	$I_{517nm}/10^{-11}A$
40	0.000625	280	83	53
38	0.000693	320	95	61
36	0.000772	380	110	70
34	0.000865	440	128	81
32	0.000977	520	150	97
30	0.001111	620	178	112

表 3: 饱和光电流和距离平方反比的关系

实验结果显示，饱和光电流和距离平方反比成线性正相关，相关系数 $R > 0.99$ 。而光强与距离平方反比成正比，因此证明了饱和光电流与入射光强成正比。同时随着波长减小，饱和光电流随入射光强增长越快。

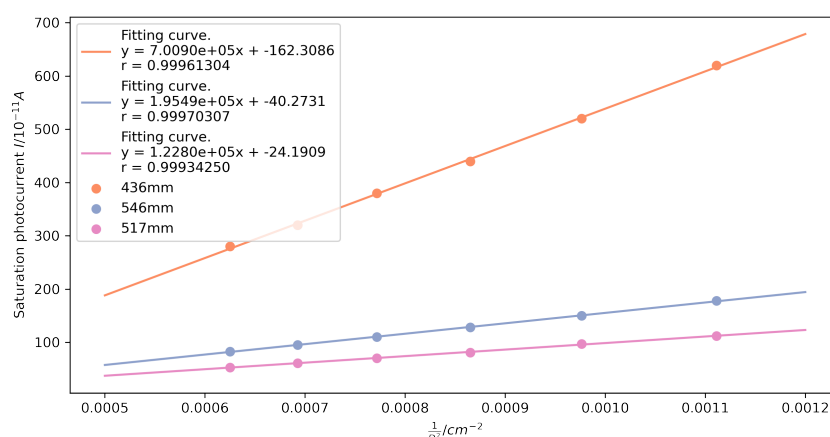


Fig. 3.2 Saturation photocurrent at different distances.

图 6: 饱和光电流和距离平方反比的关系

【结论和误差分析】

本实验中，我们使用零电流法测量了普朗克常量，结果为 $h = 6.21 \times 10^{-34} J \cdot s$ ，实验值与公认值相对误差约 6%，测量相对准确。同时我们研究了伏安特性曲线的基本规律，探究了不同因素（入射光波长，光源距离和光阑口径）对光电效应伏安特性曲线的影响。最后我们研究了饱和光电流随光强变化，证明了饱和光电流随光强成正比。

实验可能的误差有：

1. 零电流法理想条件不满足：由于反向电流的存在，零电流下反向电压并非真正的截止电压。
2. 实验中发现当电压达到 50V 时，光电流仍在以一定速率升高，可能未达到完全饱和。

【思考题】

1. 截止电压的物理意义是什么？

逸出的光电子具有一定初动能。当光照射光电管阴极时，光电子逸出而落入阳极形成光电流。加上反向电压，使阳极电位降低，直到所有光电子都不能到达阳极，此时光电流为零。这个使光电流为零的相对于阴极的反向电压 U_s 称为光电效应的截止电压，有：

$$eU_s = \frac{1}{2}mv^2$$

截止电压是光电子的最大动能全部转化为势能时对应的电压值。

2. 实验仪选择不同的电流灵敏度（即不同的电流测量档）是否会影响普朗克常数的测量？

会影响。因为在零电流法测量普朗克常量中，需要准确读出在光电流为零所对应的电压值。电流灵敏度越高，电压值越准确，测量精度越高。否则测量普朗克常量误差将比较大。

3. 光电管与光电池有什么区别？

光电管是一种光敏电路元件（光电转换器件），受光照后从阴极释放光电子形成光电流，原理是光电效应。

光电池是一种特殊的半导体二极管，利用光伏效应将可见光转化为直流电，从而把光能转换成电能，是电源元件。

4. 本实验最大的误差来源是什么？试提出一些减少实验误差的建议。

最大的误差来源是反向电流的存在。由于阳极上往往也溅有少量阴极材料，受光照时也将发射光电子。此外，阴极电子也可能被阳极反射。这样，在反向电压的作用下，阳极发射的电子受到加速作用而形成反向电流，从而抵消了一部分光电流，给实验带来误差。

建议：

1. 增大光源光强，从而增大光电流，掩盖反向电流影响。
2. 使用新的光电管。

【项目源码】

https://github.com/Jeg-Vet/SYSU-PHY-EXP/tree/main/B1-Photoelectric_effect