

南昌大学物理实验报告

课程名称： 普通物理实验（2）

实验名称： 光电效应测普朗克常量

学院： 理学院 专业班级： 应用物理学 152 班

学生姓名： 马文青 学号： 5502215035

实验地点： 基础实验大楼 B309 座位号： 21

实验时间： 第 5 周 星期五 下午三点四十五分开始

一、实验目的：

- 1、研究光电管的伏安特性及光电特性。
- 2、比较不同频率光强的伏安特性曲线与遏止电压。
- 3、了解光电效应的规律，加深对光的量子性的理解。
- 4、验证爱因斯坦方程，并测定普朗克常量 h 。

二、实验原理：

光电效应实验示意图如图所示，当一定频率的光照射到金属表面时，就有电子从金属表面溢出，从金属表面溢出的电子称为光电子。若在 A, K 两端加上电压 U 后，光电子将由 K 定向运动到 A，在回路中形成光电流 I 。

当金属中的电子吸收一个频率为 ν 的光子时，便会获得这个光子的全部能量，如果这些能量大于电子摆脱金属表面的溢出功 W ，电子就会从金属中溢出。按照能量守恒原理有

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

此式称为爱因斯坦方程。式中 h 为普朗克常量， $\frac{1}{2}mv_m^2$ 是光电子没有受到空间电荷阻止，飞出金属表面后所具有的最大动能。由上式可知 ν 存在截止频率 ν_0 ，使 $h\nu_0 - W = 0$ ，此时吸收的光子能量 $h\nu_0$ 恰好用于抵消电子逸出功而没有多余的动能，因而只有当入射光的频率 $\nu \geq \nu_0$ 时，才能产生光电流。不同金属的逸出功不同，所以有不同的截止频率。

光电效应的基本实验规律

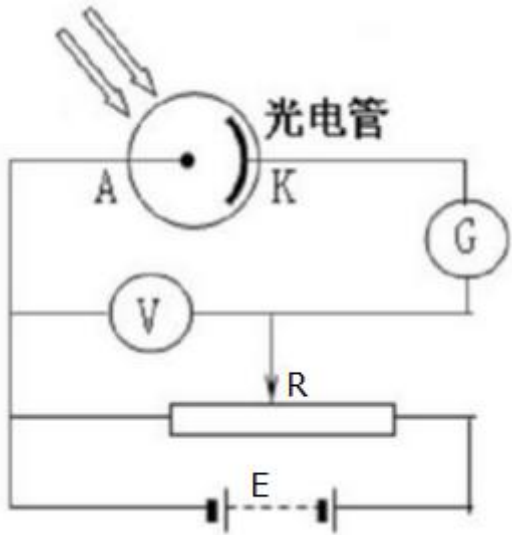
(1) 伏安特性

当光强一定时，加速电势差 U_{AK} 越大，阴极电流越大，当 U_{AK} 增加到一定数值后，阴极电流不再增大而达到某一饱和值 I_s ， I_s 的大小和光照强度成正比，依此可画出光电管的伏安特性曲线。

(2) 遏止电压及普朗克常数的测量

加速电势差 U_{AK} 变为负值时，阴极电流会迅速减少，当加速电势差 U_{AK} 取负值到一定值时，阴极电流变为“0”，与此对应的电势差为遏止电势差（ U_a ）， $|U_a|$ 与光强无关，随着照射光的频率的增大而增大。

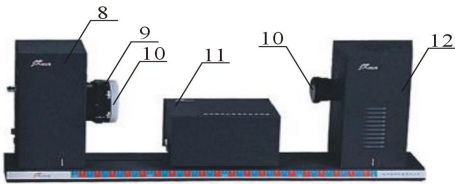
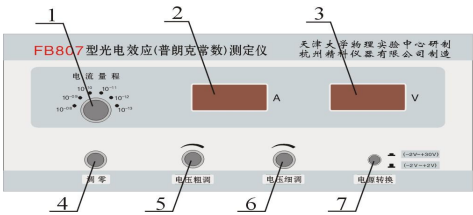
根据 $U_a = \frac{h\nu}{e} - \frac{W}{e}$ 可求得 h 。即 $h=ek$ 。只要用实验方法作出不同频率下的 $U_a - \nu$ 曲线，并求出此曲线的斜率 k ，就可以通过式 $h=ek$ 求出普朗克常量 h 的数值。



三、实验仪器：

FB807 型光电效应（普朗克常量）测定仪。

构成：主机、光电检测装置（光电管暗箱、汞灯灯箱、汞灯电源箱、导轨）。



四、实验内容和步骤：

1、测试前的准备

仪器连接：将 FB807 测试仪及汞灯电源接通（光电管暗箱调节到遮光位置），预热 20 分钟。调整光电管与汞灯距离约为 40cm 并保持不变，用专用连接线将光电管暗箱电压输入端与测试仪后面板上电压输出连接起来。将“电流量程”选择开关置于合适档位：测量截止电势时调到 10^{-13} A，做伏安特性则调到 10^{-10} A。测定仪在开机或改变电流量程后，都需要进行调零。调零时将装滤色片置于“0”，旋转调零旋钮使电流指示为 000.0。

2、用实验仪测定截止电压、伏安特性

采用零电流法（即交点法），直接将各谱线照射下测得的电流为零时对应的电压 U_{AK} 的绝对值作为截止电压 U_a 。因为阳极反向电流、暗电流和本底电流都很小，用零电流法测得的截止电压与真实值相差较小；且各谱线的截止电压都相差 ΔU 对 $U_a - \nu$ 曲线的斜率无大的影响，即对 h 的测量不会产生大的影响。

（1）测量截止电势差

工作电压转换按钮于释放状态，电压调节范围：-2V~+2V，“电流量程”开关置于 $\times 10^{-13}$ A 档。在不接输入信号的状态下对微电流测量装置调零。操作方法：将暗盒前面的转盘用手轻轻拉出约 3mm 左右，即脱离定位销，把 $\phi 4$ mm 的光阑标志对准上面的白点，使定位销复位。再把装滤色片的转盘放在挡光位，即指示“0”对准上面的白点，在此状态下测量光电管的暗电流。然后把 365nm 的滤色片转到通光口，此时把电压表显示的 U_{AK} 值调节为-1.999V；打开汞灯遮光盖，电流表显示对应的电流值 I 应为负值。用电压粗调和细调旋钮，逐步升高工作电压，当电压到达某一数值，光电管输出电流为零时，记录对应的工作电压 U_{AK} ，该电压即为 365nm 单色光的遏止电势差。然后按顺序依次换上 405nm，436nm，546nm，577nm 的滤色片，重复以上测量步骤。一一记录 U_{AK} 值。

（2）测光电管的伏安特性曲线

此时，将工作电压转换按钮按下，电压调节范围转变为：-2V~+30V，“电流量程”开关转换至 $\times 10^{-10}$ A 档，重新调零。其余操作步骤与“测量截止电势差”类同，不过此时要把每一个工作电压和对应的电流值加以记录，以便画出饱和伏安特性曲线，并对该特性进行研究分析。

① 观察在同一光阑、同一距离条件下 5 条伏安特性曲线。记录所测 U_{AK} 及 I 的数据，在坐标纸上作对应波长及光强的伏安特性曲线。

② 观察同一距离、不同光阑、某条谱线在的饱和伏安特性曲线。测量并记录对同一谱线、同一入射距离，而光阑分别为 2mm，4mm，8mm 时对应的电流值于表中，验证光电管的饱和光电流与入射光强成正比。

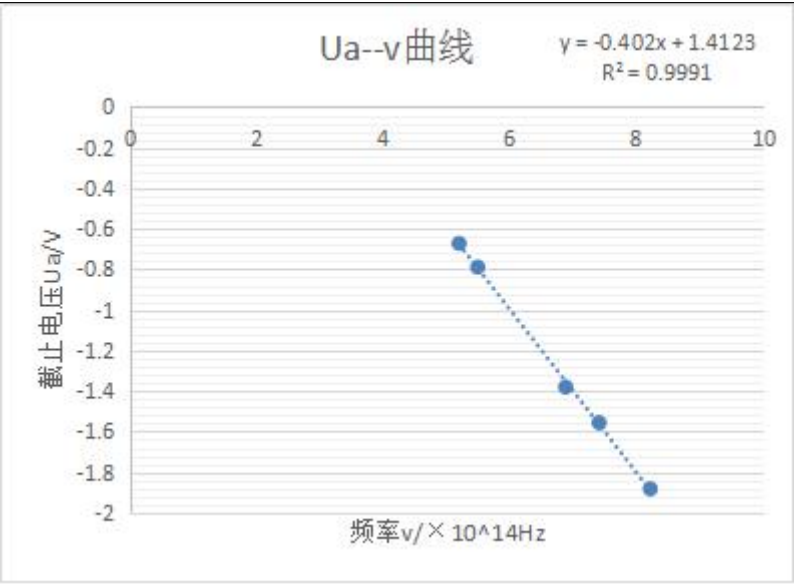
③ 观察同一光阑下、不同距离、某条谱线在的饱和伏安特性曲线。在 U_{AK} 为 30V 时，测量并记录对同一谱线、同一光阑时，光电管与入射光在不同距离，如 300mm，350mm，400mm 等对应的电流值于表中，同样可以验证光电管的饱和电流与入射光强成正比。

五、实验数据与处理：

由 1 的实验数据，画出 $U_a - \nu$ 图，求出直线的斜率 k ，即可用 $h=ek$ 求出普朗克常量 h ，把它与公认值 h_0 比较，求出实验结果的相对误差 $E = (h - h_0) / h_0$ ，式中常量 $e = 1.602 \times 10^{-19} C$ ， $h_0 = 6.626 \times 10^{-34} J \cdot s$ 。

1、 $U_a - \nu$ 关系

波长 λ_i / nm	365	405	436	546	577
频率 $\nu_i / \times 10^{14} \text{ Hz}$	8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
截止电压 U_{ai} / V	-1.882	-1.556	-1.380	-0.789	-0.672

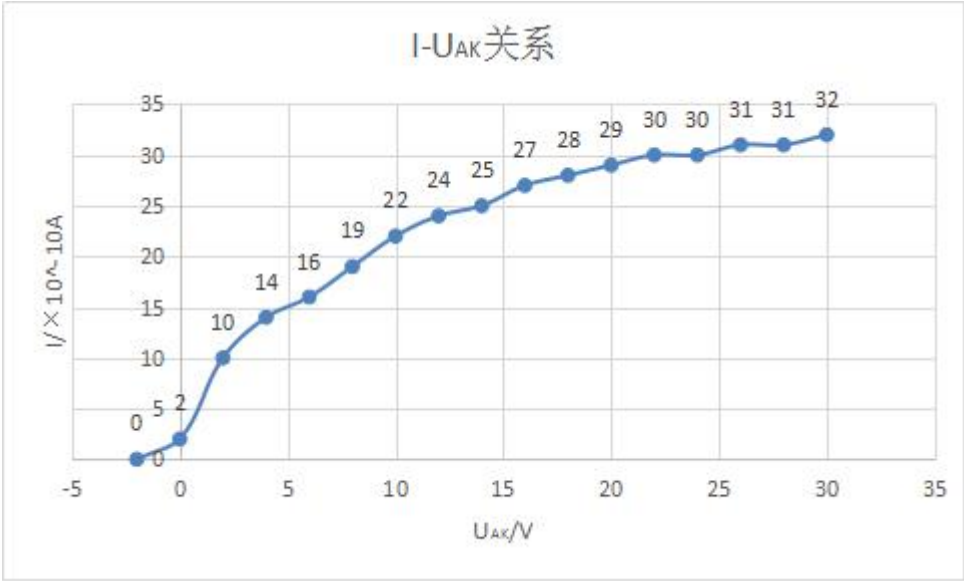


因此 $h = U_a \cdot e / \nu = 6.440 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

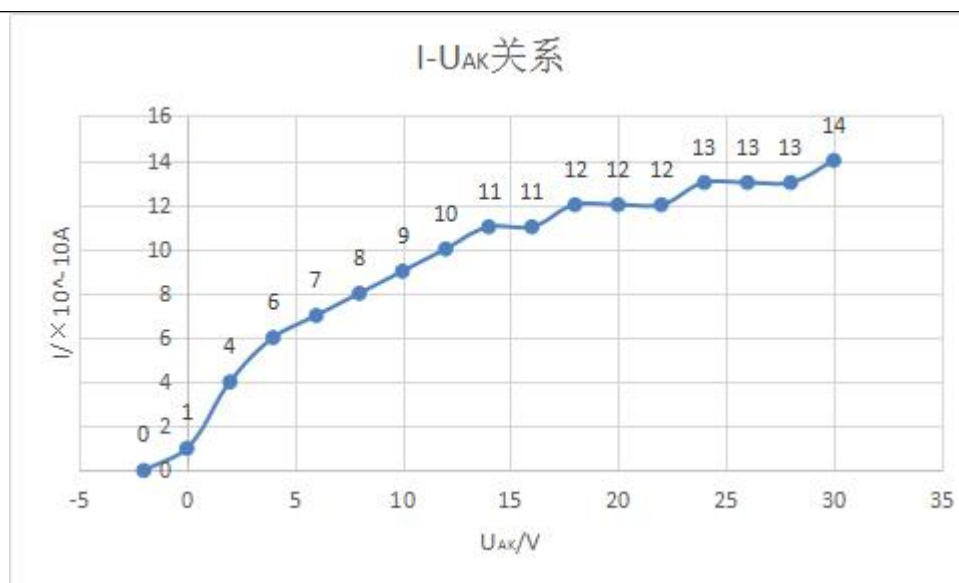
2、 $I-U_{AK}$ 关系

577	U_{AK} / V	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\phi 4$	$I / \times 10^{-10} \text{ A}$	0	2	10	14	16	19	22	24	25	27	28	29	30	30	31	31	32
546	U_{AK} / V	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\phi 2$	$I / \times 10^{-10} \text{ A}$	0	1	4	6	7	8	9	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14

577 $\phi 4$



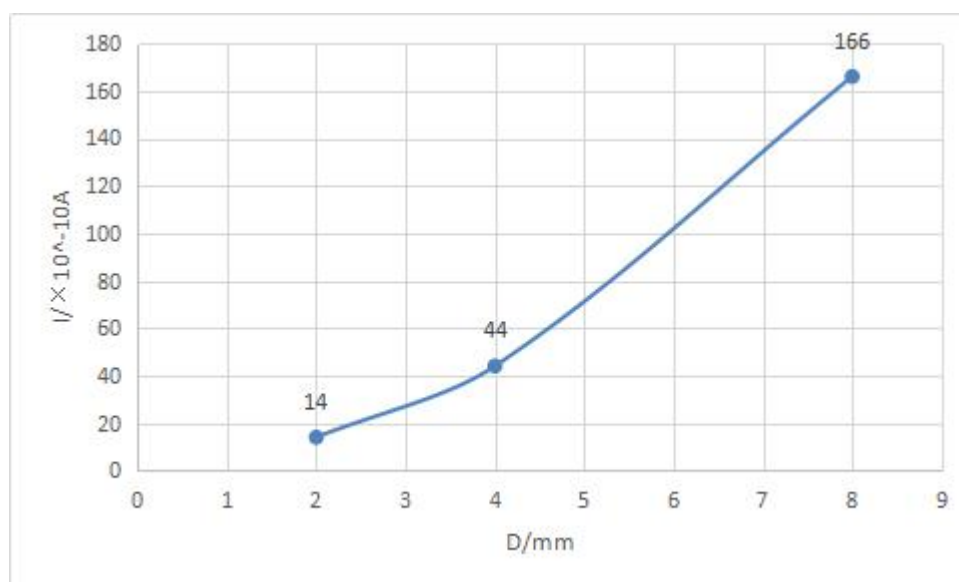
546 $\phi 2$



3、 $I_s - P$ 关系

$$U_{AK} = \underline{30V}, \quad \lambda = \underline{546nm}, \quad L = \underline{400mm}$$

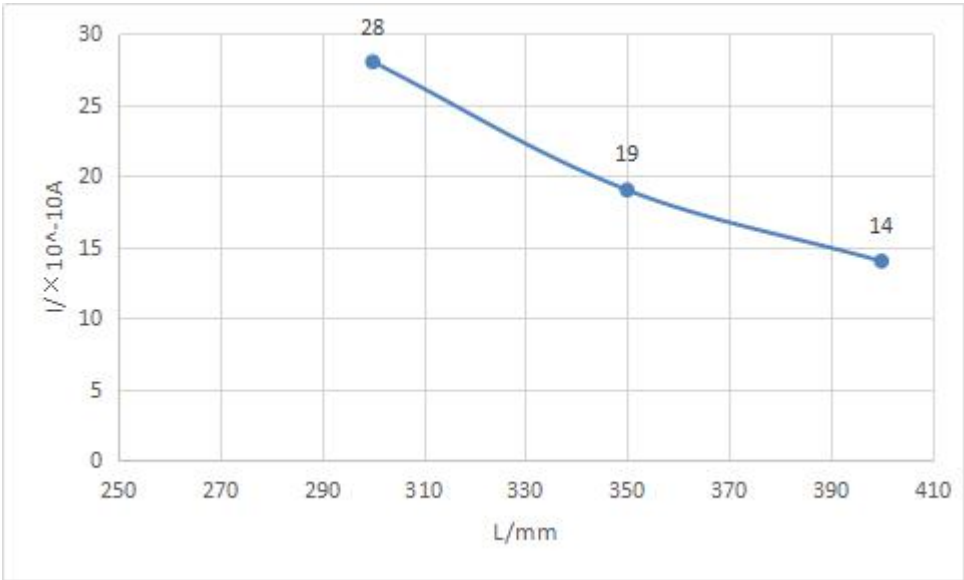
光阑孔直径 D/mm	2	4	8
$I/\times 10^{-10}A$	14	44	166



4、 $I_s - P$ 关系

$$U_{AK} = \underline{30V}, \quad \lambda = \underline{546nm}, \quad D = \underline{2mm}$$

距离 L/mm	300	350	400
$I/\times 10^{-10} A$	28	19	14



结论，由 1 表作图知 $h = 6.440 \times 10^{-34} J \cdot s$ ，与标准值相近，误差为 2.8%。

实验总结：这次实验，让我们掌握了利用光电效应测量普朗克常量的方法，拓宽了我们的知识面，了解了光电效应的应用。同时，通过对数据的处理和对实验误差的分析，我们能够更好地掌握本次实验的实验原理，提高了我们做实验时的动手能力、分析能力。

六、误差分析：

- 1、光电子的溢出可能会受周围其他光源的影响。
- 2、测试仪本身的情况可能会造成系统误差。（单色光不够严格）
- 3、未进行多次重复测量，实验结果的偶然性较大。

七、思考题：

1、写出爱因斯坦方程，并说明它的物理意义。

$$\text{爱因斯坦方程: } h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

电子吸收了光子的能量，一部分用来克服束缚力做功，一部分转化为电子动能。因此，能量守恒。只有当入射光的频率 $\nu \geq \nu_0$ 时，才能产生光电流。

2、实测的光电管的伏安特性曲线与理想曲线有何不同？“抬头点”的确切含义是什么？

实测的光电管的伏安特性曲线会在负向出现一个饱和值，因为有暗电流的存在。“抬头点”是负值电流的变化率开始增大的点。

3、当加在光电管两极间的电压为零时，光电流却不为零，这是为什么？

电压为 0 时，光电子不受电场力，可能随机移动到电极上，形成暗电流。

4、实验结果的精度和误差主要取决于哪几个方面？

在用光电效应测定普朗克常量的实验中的误差来源主要来自单色光不够严格以及阴极光电流的遏止电势差的确定，而影响阴极光电流遏止电势差确定的主要因素有光电管的阳极光电流和光电流的暗电流。

八、附上原始数据：

实验时间：____ 时 ____ 分 ____ 秒

U _a -I 关系					
波长 λ/nm	365	405	436	546	577
频率 $\nu/\times 10^{14}\text{Hz}$	8.214	7.408	6.879	5.490	5.196
截止电压 U_{0}/V	-1.882	-1.556	-1.380	-0.789	-0.672

I - U _{AK} 关系	
577 $\phi 4$ U_{AK}/V	-2 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
$I/\times 10^{-10}\text{A}$	0 2 10 14 16 19 22 24 25 ²⁷ 28 29 30 30 31 32 32
546 $\phi 2$ U_{AK}/V	-2 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30
$I/\times 10^{-10}\text{A}$	0 1 4 ⁶ 7 8 9 10 11 11 12 12 12 13 13 13 14

I _s - P 关系	
$U_{AK} = 30 \text{ V}, \lambda = 546 \text{ nm}, L = 400 \text{ mm}$	
光阑孔直径 D/mm	2 4 8
$I/\times 10^{-10}\text{A}$	14 44 166

I _s - P 关系	
$U_{AK} = 30 \text{ V}, \lambda = 546 \text{ nm}, D = 2 \text{ mm}$	
距离 L/mm	300 350 400
$I/\times 10^{-10}\text{A}$	28 19 14

魏新