

光电效应和普朗克常量的测定实验报告

专业：计算机科学与技术 班级：计科 1802 学号：20188068 姓名：孔天欣 实验序号：16

总分：100

一、实验目的

了解光电效应基本规律，并用光电效应方法测量普朗克常量和测定光电管的光电特性曲线。

二、实验仪器

光电效应的实验装置包括以下几个部分：

光电管,光源（汞灯）,滤波片组（577.0nm,546.1nm,435.8nm,404.7nm,365nm 滤波片，50%、25%，10%的透光片）。

光电效应测试仪包括：直流电源、检流计（或微电流计）、直流电压计等。

三、实验原理

当光照在物体上时，光的能量仅部分地以热的形式被物体吸收，而另一部分则转换为物体中某些电子的能量，使电子逸出物体表面，这种现象称为光电效应，逸出的电子称为光电子。在光电效应中，光显示出它的粒子性质，所以这种现象对认识光的本性，具有极其重要的意义。

光电效应实验原理如图 1 所示。其中 S 为真空光电管，K 为阴极，A 为阳极。当无光照射阴极时，由于阳极与阴极是断路，所以检流计 G 中无电流流过，当用一波长比较短的单色光照射到阴极 K 上时，形成光电流，光电流随加速电位差 U 变化的伏安特性曲线如图 2 所示。

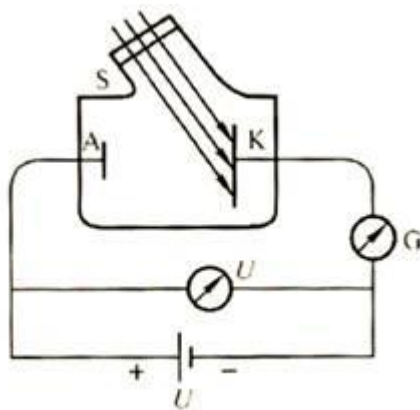


图 1 光电效应实验原理图

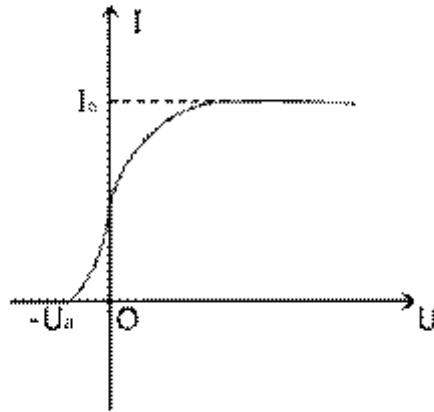


图 2 光电管的伏安特性曲线

1. 光电流与入射光强度的关系

光电流随加速电位差 U 的增加而增加，加速电位差增加到一定量值后，光电流达到饱和值 I_H ，饱和电流与光强成正比

2. 光电子的初动能与入射光频率之间的关系

光电子从阴极逸出时，具有初动能。当 $U = U_A - U_K$ 为负值时，光电子逆着电场力方向由 K 极向 A 极运动，随着 U 的增大，光电流迅速减小，当光电流为零，此时的电压的绝对值称为遏止电位差 U_a 。

在减速电压下，当 $U = U_a$ 时，光电子不再能达到 A 极，光电流为零。所以电子的初动能等于它克服电场力所作的功。即

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU_a \quad (1)$$

根据爱因斯坦关于光的本性的假设，光是一种微粒，即为光子。每一光子的能量为 $\varepsilon = h\nu$ ，其中 h 为普朗克常量， ν 为光波的频率。所以不同频率的光波对应光子的能量不同。光电子吸收了光子的能量 $h\nu$ 之后，一部分消耗于克服电子的逸出功 A ，另一部分转换为电子初动能。由能量守恒定律可知

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A \quad (2)$$

式(2)称为爱因斯坦光电效应方程。

由此可见，光电子的初动能与入射光频率成线性关系，而与入射光的强度无关。

3. 光电效应有光电阈存在

由(2)式可知，只有光子的能量 $h\nu$ 大于等于逸出功 A 时，光电子才能有初动能，才会产生光电效应，即当光的频率 $\nu < \nu_0$ 时，不论用多强的光照射到物质都不会产生光电效应，其中 $\nu_0 = \frac{A}{h}$ ，称为截止频率（又称红限）。不同的金属材料的逸出功 A 不同，因而截止频率也不同。

爱因斯坦，光电效应方程同时提供了测普朗克常量的一种方法：由式(1)和(2)可得： $h\nu = e|U_a| + A$ 。当用不同频率 $(\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_n)$ 的单色光分别做光源时，就有

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= e|U_1| + A \\ h\nu_2 &= e|U_2| + A \\ &\dots\dots \\ h\nu_n &= e|U_n| + A \end{aligned} \quad (3)$$

用线性拟合由 $U_a - \nu$ 直线的斜率求出 h 。

因此，用光电效应方法测量普朗克常量的关键在于获得单色光、测得光电管的伏安特性曲线和确定遏止电位差值。

实验中，单色光可由水银灯光源经过单色仪选择谱线产生。水银灯是一种气体放电光源，点燃稳定后，在可见光区域内有几条波长相差较远的强谱线，如表 1 所示。单色仪的鼓轮读数与出射光的波长存在一一对应关系，由单色仪的定标曲线，即可查出出射单色光的波长（有关单色仪的结构和使用方法请参阅有关说明书），也可用水银灯（或白炽灯）与滤光片联合作用产生单色光。

为了获得准确的遏止电位差值，本实验用的光电管应该具备下列条件：

表1 可见光区汞灯强谱线

波长/nm	频率/ 10^{14} Hz	颜色
579.0	5.179	黄
577.0	5.198	黄
546.1	5.492	绿
535.8	6.882	蓝
404.7	7.410	紫
365.0	8.216	近紫外

- (1) 对所有可见光谱都比较灵敏。
- (2) 阳极包围阴极，这样当阳极为负电位时，大部分光电子仍能射到阳极。
- (3) 阳极没有光电效应，不会产生反向电流。
- (4) 暗电流很小。

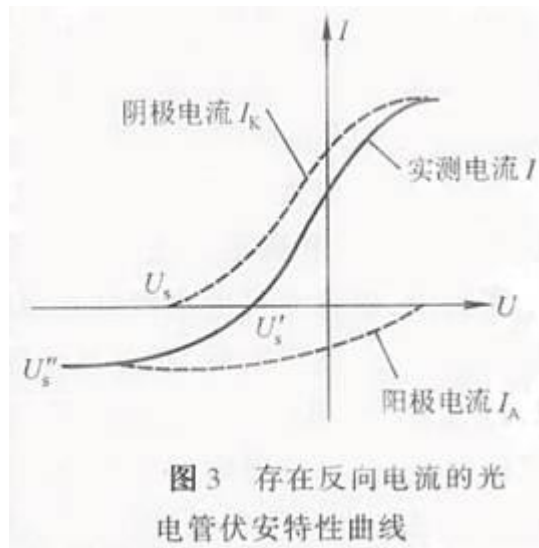
但是实际使用的真空型光电管并不完全满足以上条件。由于存在阳极光电效应所引起的反向电流和暗电流（即无光照射时的电流），所以测得的电流值，实际上包括上述两种电流和由阴极光电效应所产生的正向电流三个部分，所以伏安曲线并不与 U 轴相切。由于暗电流是由阴极的热电子发射及光电管管壳漏电等原因产生，与阴极正向光电流相比，其值很小，且基本上随电位差 U 呈线性变化，因此可忽略其对遏止电位差的影响。阳极反向光电流虽然在实验中较显著，但它服从一定规律。据此，确定遏止电位差值，可采用以下两种方法：

(1) 交点法:

光电管阳极用逸出功较大的材料制作，制作过程中尽量防止阴极材料蒸发，实验前对光电管阳极通电，减少其上溅射的阴极材料，实验中避免入射光直接照射到阳极上，这样可使它的反向电流大大减少，其伏安特性曲线与图 2 十分接近，因此曲线与 U 轴交点的电位差近似等于遏止电位差，此即交点法。

(2) 拐点法

光电管阳极反向光电流虽然较大，但在结构设计上，若是反向光电流能较快地饱和，则伏安特性曲线在反向电流进入饱和段后有着明显的拐点，如图 3 所示，此拐点的电位差即为遏止电位差。

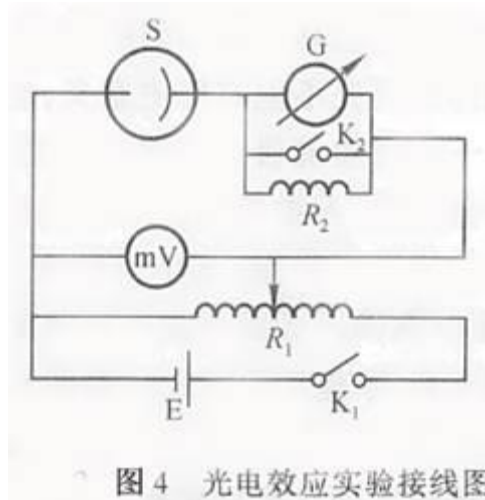


四、实验内容及步骤

通过实验了解光电效应的基本规律，并用光电效应法测量普朗克常量。

在 577.0nm、546.1nm、435.8nm、404.7nm 四种单色光下分别测出光电管的伏安特性曲线，并根据此曲线确定遏止电位差值，计算普朗克常量。

本实验所用仪器有：光电管、单色仪（或滤波片）、水银灯、检流计（或微电流计）、直流电源、直流电压计等，接线电路图如图 4 所示。实验中提供的光电效应测试仪，除光电管 S 外，线路已连接好。



实验中光电流比较微弱，其值与光电管类型，单色光强弱等因素有关，因此应根据实际情况选用合适的测量仪器。例如，选用GD-4、GD-5、或1977型光电管，选用的检流计的分度值应在 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ A/分度左右。如果要测量更微弱的电流可用微电流计，可测量 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ A的电流。

由于光电管的内阻很高，光电流如此之微弱，因此测量中要注意抗外界电磁干扰。并避免光直接照射阳极和防止杂散光干扰。

作 $U_a - \nu$ 的关系曲线，用一元线性回归法计算光电管阴极材料的红限频率、逸出功及h值，并与公认值比较。

测定光电管的光电特性曲线，即饱和光电流与照射光强度的关系，实验室提供有透光率50%，25%，10%的滤光片，请用577.0nm波长为光源，在光电管、光源位置固定时，测光电管的正向伏安特性曲线，验证饱和电流与光强关系。

五、数据处理

实验内容一：光电效应法测量普朗克常量 得分：

★ (1) 原始数据

1.577.0nm

U/V	0.00	-0.20	-0.40	-0.60	-0.80	-0.90	-1.00	-1.10	-1.20
I/uA	0.07	0.00	--	--	--	--	--	--	--

2.546.1nm

U/V	0.00	-0.20	-0.40	-0.60	-0.80	-0.90	-1.00	-1.10	-1.20
I/uA	0.59	0.15	0.04	0.00	--	--	--	--	--

3. 435.8nm

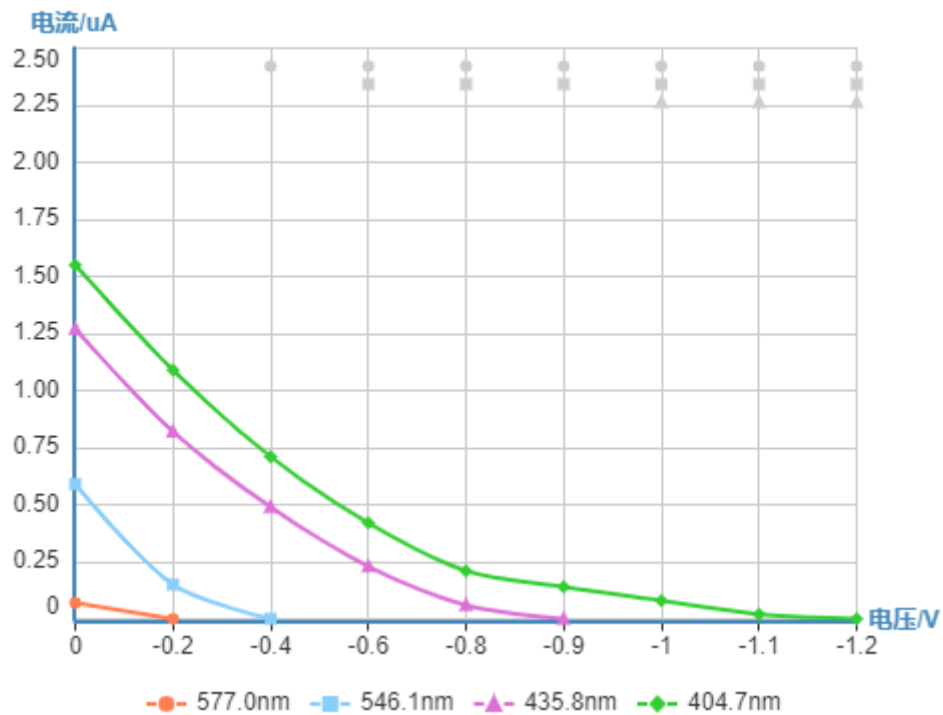
U/V	0.00	-0.20	-0.40	-0.60	-0.80	-0.90	-1.00	-1.10	-1.20
I/uA	1.27	0.82	0.49	0.23	0.06	0.00	--	--	--

4. 404.7nm

U/V	0.00	-0.20	-0.40	-0.60	-0.80	-0.90	-1.00	-1.10	-1.20
I/uA	1.55	1.09	0.71	0.42	0.21	--	0.08	0.02	0.00

☆ 画出频率光的反向伏安特性曲线。

不同频率光下的伏安特性曲线



☆ 用四个遏制电压的绝对值及对应频率拟合一直线，画出拟合直线图。

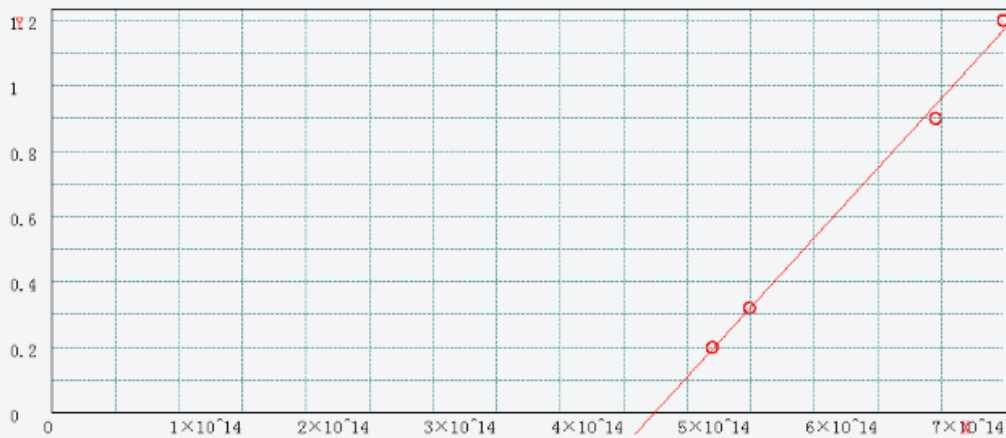
拟合方程式: $Y = a + b \cdot X$

参数:

$a = -2.02027512067603$

$b = 4.25846650591114E-15$

相关系数 R^2 : 0.995891160443825



☆ 求出该直线的斜率 = 4.2584

☆ 计算得普朗克常数 h ($J \cdot s$) = $6.8213 \times 10^{-34} J \cdot s$

☆ 相对误差 Eh (%) = 2.94%

☆ 红限频率 (Hz) = $4.7439 \times 10^{14} Hz$

☆ 逸出功 (J) = $3.2359 \times 10^{-19} J$

实验内容二: 测正向伏安特性曲线 得分:

★ (1) 原始数据

1. 100%

U/V	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I/uA	0.08	1.20	1.41	1.48	1.52	1.55	1.57	1.60	1.62	1.64	1.67

2. 50%

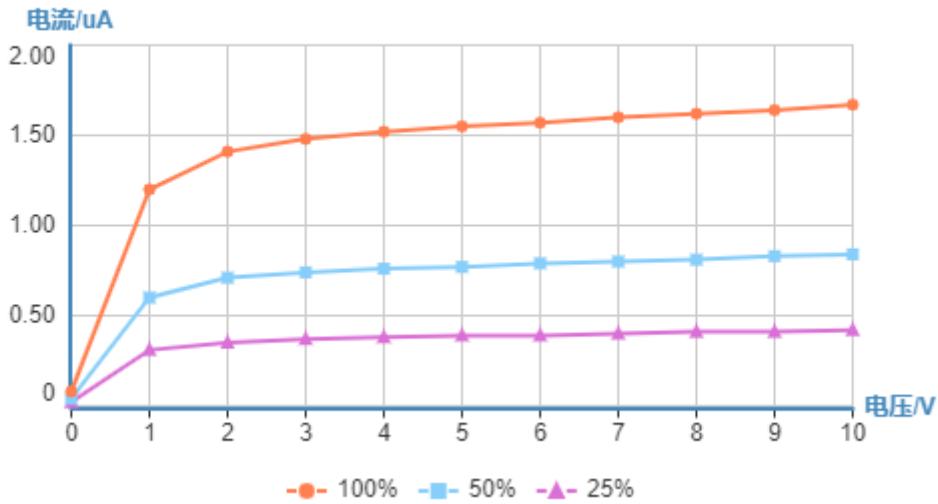
U/V	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I/uA	0.04	0.60	0.71	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84

2. 25%

U/V	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I/uA	0.02	0.31	0.35	0.37	0.38	0.39	0.39	0.40	0.41	0.41	0.42

☆ 画出正向伏安特性曲线。

不同透光率下正向伏安特性曲线



☆ 得出饱和电流大小 (μA)。

100%透光率: 1.57 μA

50%透光率: 0.79 μA

25%透光率: 0.39 μA

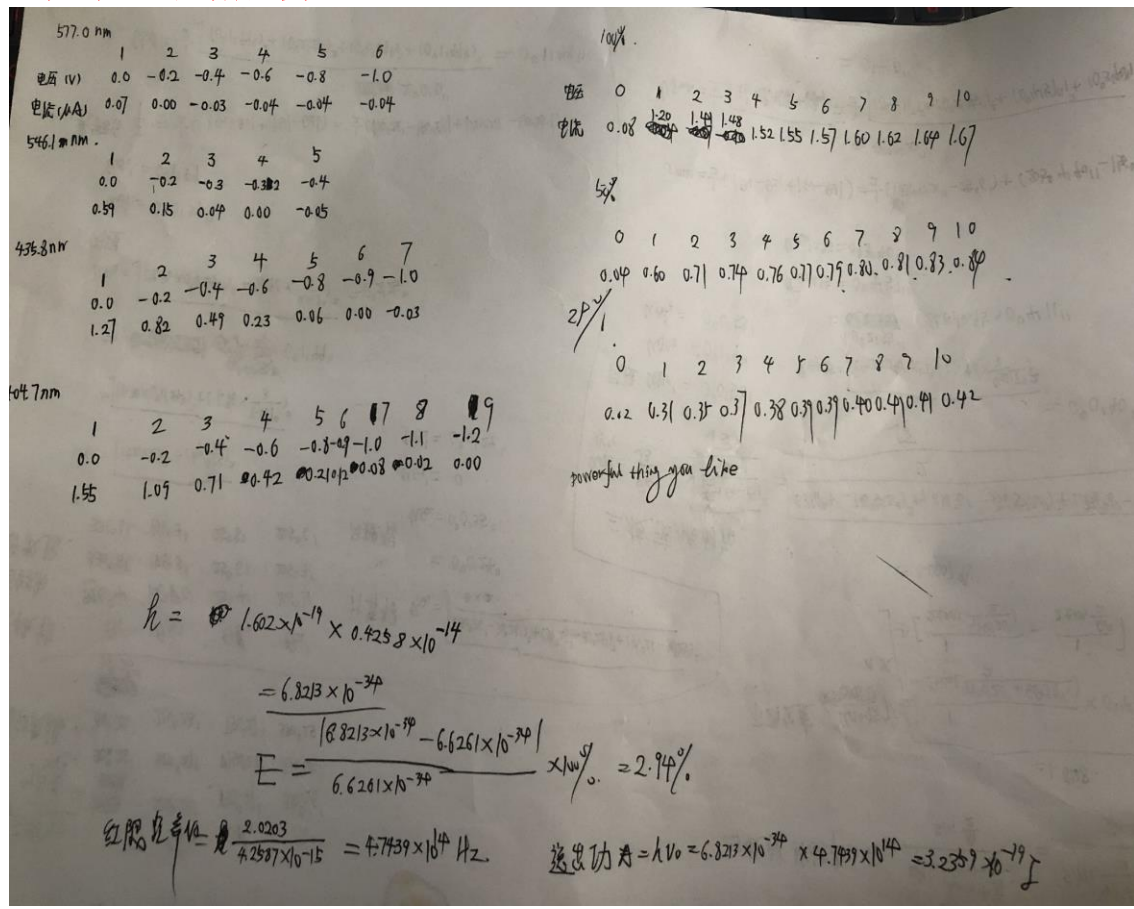
六、误差分析 (10 分)

1. 仪器精度和磨损可能产生误差。
2. 测量时读数可能存在不准，导致产生误差。
3. 拟合直线可能产生少许误差，导致结果不准确。

七、实验总结 (10分)

通过本次实验，成功了解光电效应基本规律，并能够利用相关的物理学知识，使用光电效应方法测量普朗克常量和测定光电管的光电特性曲线。

八、原始数据及数据处理过程 (拍照之后粘贴在下方) (无此项实验无效, 不给成绩)



评分: