

实验报告

序号: 13	姓名: 衡成林
时间: 2023年11月2日	
上午	下午
晚上	

课程名称:

实验名称: 光电效应普朗克常数测量

实验日期: 2023年11月2日

班级: 特立2222

教学班级: 衡成林老师班

学号: 1120221173 姓名: 陈奕林

一、实验目的

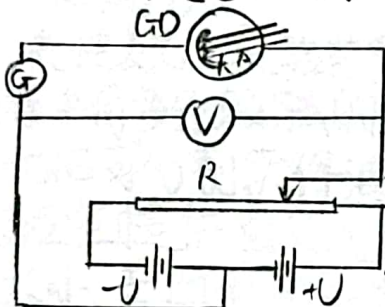
- (1) 测定光电管的伏安特性曲线, 了解光电效应的基本规律。
- (2) 验证爱因斯坦光电效应方程, 测定普朗克常量。
- (3) 通过实验加深对光的波粒二象性的理解。

二、实验仪器

普朗克常数测量仪, 汞灯, 滤光片, 光阑, 导轨, 光电管, 电缆。

三、实验原理

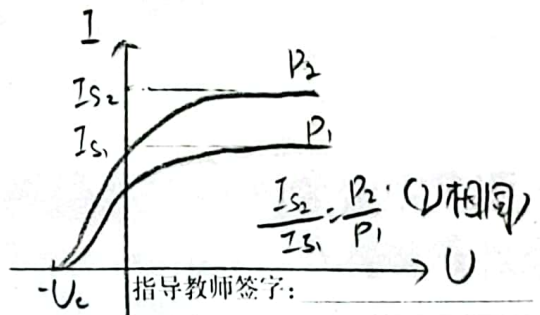
当一定频率的光照射到某些金属表面时, 可以使电子从金属表面逸出, 这种现象称为光电效应, 逸出的电子称为光电子。利用光电效应做成的器件, 叫做光电管。下图是光电效应实验原理图, GD 抽成真空的光电管, A 为光电管的阳极, K 为光电管的阴极, G 为微电流计, V 为电压表, R 为滑动变阻器, 调节 R 可使光电管阳极和阴极之间的电压 U 从负电压到正电压连续变化。



当一束频率为 ν 的单色光照射在由金属材料制成的阴极 K 上时, 立即有光电子逸出金属表面。如果在阳极 A 和阴极 K 之间加上正向电压, 光电子将在正向电场作用下定向加速运动到阳极, 在电路中形成光电流 I , 可以用微电流计检测到。当在阳极 A 和阴极 K 之间加上反向电压时, 即阴极 K 逸出的光电子起减速作用。随着反向电压的增加, 能够到达阳极 A 的光电子数目越来越少; 当反向电压达到 U_c 时, 从阴极 K 逸出的具有最大动能 $\frac{1}{2}mv^2$ 的光电子刚好不能到达阳极 A , 光电流减小为 0, U_c 称为截止电压。此时具有最大初速度的光电子将全部动能用于克服反向电场作用, 即 $eU_c = \frac{1}{2}mv^2$ 。

光电效应具有如下基本实验规律:

- (1) 饱和光电流与入射光的光强成正比。



联系方式: _____

指导教师签字: _____

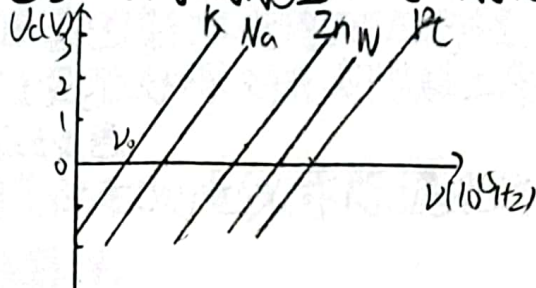
实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

(2) 光电效应存在截止频率 ν_0

(3) 光电子的初动能 $\frac{1}{2}mv^2$ 与入射光的频率 ν 成正比



五种金属的截止电压随入射光频率变化关系曲线

(4) 光电效应是瞬时反应。无论入射光的光强怎样微弱,只要其频率大于截止频率,一经照射,立刻产生光电子时间间隔不超过 10^{-9} s。

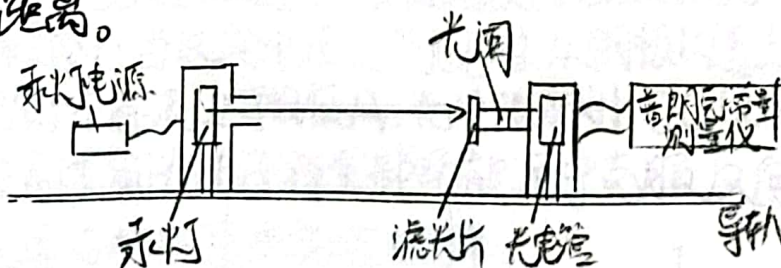
$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

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

$$eU_c = h\nu - W \quad U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$$

四. 仪器介绍

光电效应实验装置如下图所示。光电管的光谱响应范围为340~700nm。光谱中有几条较强的谱线,实验室中提供5种不同波长的滤光片,将汞灯滤光后可分别获得波长为365.0nm, 404.7nm, 435.8nm, 546.1nm, 577.0nm的光线。实验室提供直径分别为2mm, 4mm, 8mm的光阑,可以限制进入光电管的光束大小。汞灯和光电管可以沿导轨移动,导轨上有刻度,可以设定汞灯和光电管之间的距离。



五. 实验内容与步骤

1. 测量前准备

首先用遮光罩把光电管入光孔盖住,接通汞灯和测量仪的电源,预热20min。将汞灯和光电管之间的距离调整到400mm,用连接导线将测量仪后面板上的电压输出端与光电管的电压输入端同色相接。

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

2. 测量普朗克常量 h

由于本实验设备的电流放大器灵敏度高、稳定性好,光电管的暗电流和阳极反向电流水平也比较低,所以我们直接采用零电流法来确定各频率光照下的截止电压,即将某一频率光照下测得光电流为0时对应的反向电压绝对值作为该频率的截止电压 U_c 。

3. 测量光电管伏安特性曲线

4. 验证光电管的饱和光电流与入射光强度成正比

(1) 通过改变光阑孔径以改变入射光强度。

(2) 通过改变照射距离以改变入射光强度。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

原始数据

普朗克常数的测定

实验参数: $L=400\text{nm}$, $\phi=4\text{mm}$, 检流计 10^{-13}A

照射光波长(nm)	频率 ν ($\text{N}0^{\text{th}}$)	截止电压 U_c (V)	$-U_c$ (V)
365.0	8.214	-1.816 -1.814 -1.812 -1.810 -1.808	-1.812
404.7	7.408	-1.562 -1.560 -1.558 -1.556 -1.554	-1.558
435.8	6.879	-1.242 -1.240 -1.238 -1.236 -1.234	-1.238
546.1	5.490	-0.666 -0.664 -0.662 -0.660 -0.658	-0.662
577.0	5.196	-0.650 -0.648 -0.646 -0.644 -0.642	-0.646

2. 测量光电管的伏安特性曲线 实验参数: "电流量程" 10^{-11}A

(1) $\lambda=435.8\text{nm}$, $L=400\text{nm}$, $\phi=4\text{mm}$

$U_{\text{AC}}(\text{V})$	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
$I(\text{N}0^{\text{th}}\text{A})$	1	2	5	8	11	14	18	23	28	33	39	44	49	51	54
	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0
	57	60	63	67	69	72	75	77	80	83	89	94	98	102	106
	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0
	110	114	116	119	125	130	132	138	142	145	150	154	158	162	166
	440	460	480	500											
	168	170	172	174											

(2) $\lambda=546.1\text{nm}$, $\phi=4\text{mm}$, $L=400\text{nm}$

0	0	3	4	7	10	12	15	17	19	22	24	25	26	28
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	43	46	47	48
49	50	51	53	56	58	60	61	63	64	65	66	68	69	69
70	70	71	71											

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

3. 验证光电管的饱和电流与入射光强的关系

(a) 不同光阑孔径下饱和电流 I_m 与入射光强的关系

实验参数: 电压量程: $10^{-11}A$, 电压 $50V$, $L=400mm$

435.8nm	光阑孔径	2	4	8
	$I(\times 10^{-11}A)$	40	181	771

546.1nm	光阑孔径	2	4	8
	$I(\times 10^{-11}A)$	13	74	325

(b) 观测不同照射距离下, 饱和电流 I_m 与入射光强的关系 (I_m-p)

滤波片: 546.1nm, 光阑孔径 $\phi=4mm$ 电压 $50V$

距离 $r(mm)$	300	320	340	360	380	400
饱和电流 I_m ($\times 10^{-11}A$)	155	136	101	90	77	68

联系方式: _____

指导教师签字: 衡 11.2 晚

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

数据处理

1. 普朗克常数 h 的测定

调节电流量程为 10^{-3} A, 调整光电管与汞灯距离为 $L=400$ mm, 光阑孔径 $\Phi=4$ mm, 测得不同频率的光的照射下, 光电管的截止电压, 如下表所示

1、普朗克常数 h 的测定		
照射光波长(nm)	频率($\times 10^{14}$ Hz)	截止电压 U_c (V)
365.0	8.214	1.812
404.7	7.408	1.558
435.8	6.879	1.238
546.1	5.490	0.662
577.0	5.196	0.646

表1 不同频率的光照射下光电管的截止电压

用Excel对上表数据进行数据处理, 得到截止电压 U_c 与照射光频率的关系曲线为下图所示:

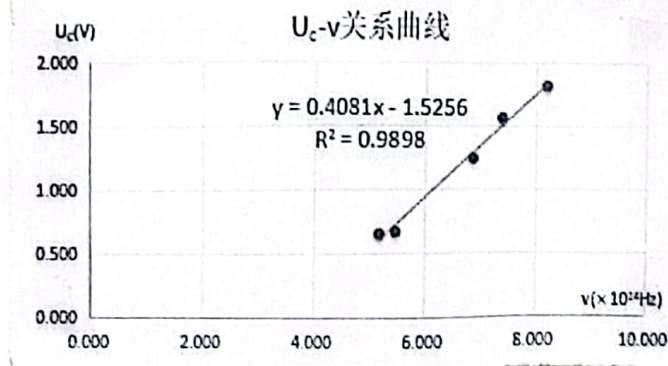


图1 U_c-v 关系曲线

上图中直线为根据数据点, 利用最小二乘法拟合出的直线。用Excel求出 $R^2=0.9898$, 拟合效果较好, 用Excel求出国归方程为 $U_c=0.4081\nu-1.5256$ 。

手算: $\bar{U}_c = \frac{1}{5}(1.812 + 1.558 + 1.238 + 0.662 + 0.646) = 1.1832$

$\bar{\nu} = \frac{1}{5}(8.214 + 7.408 + 6.879 + 5.490 + 5.196) = 6.6374$

$\bar{\nu}^2 = \frac{1}{5}(8.214^2 + 7.408^2 + 6.879^2 + 5.490^2 + 5.196^2) = 45.3615$

$\overline{U_c \nu} = \frac{1}{5}(8.214 \times 1.812 + 7.408 \times 1.558 + 6.879 \times 1.238 + 5.490 \times 0.662 + 5.196 \times 0.646) = 8.3865$

$U_c = k \cdot \nu + b$

$k = \frac{\overline{U_c \nu} - \bar{U}_c \cdot \bar{\nu}}{\bar{\nu}^2 - \bar{\nu}^2} = \frac{8.3865 - 1.1832 \times 6.6374}{45.3615 - (6.6374)^2} = 0.4081$

$b = \bar{U}_c - k \cdot \bar{\nu}$

指导教师签字: $= 1.1832 - 0.4081 \times 6.6374 = -1.5256$
电话: 81382088

联系方式: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

斜率为 $K=0.4081 \times 10^{-14} \text{ V/Hz}$

求出普朗克常数为: $h=K_e=0.4081 \times 10^{-14} \times 1.602 \times 10^{-19} = 6.538 \text{ J}\cdot\text{s}$

相对误差 δ 为: $\delta = \frac{|h-h_0|}{h_0} \times 100\% = \frac{|6.538-6.626|}{6.626} \times 100\% = 1.3\%$

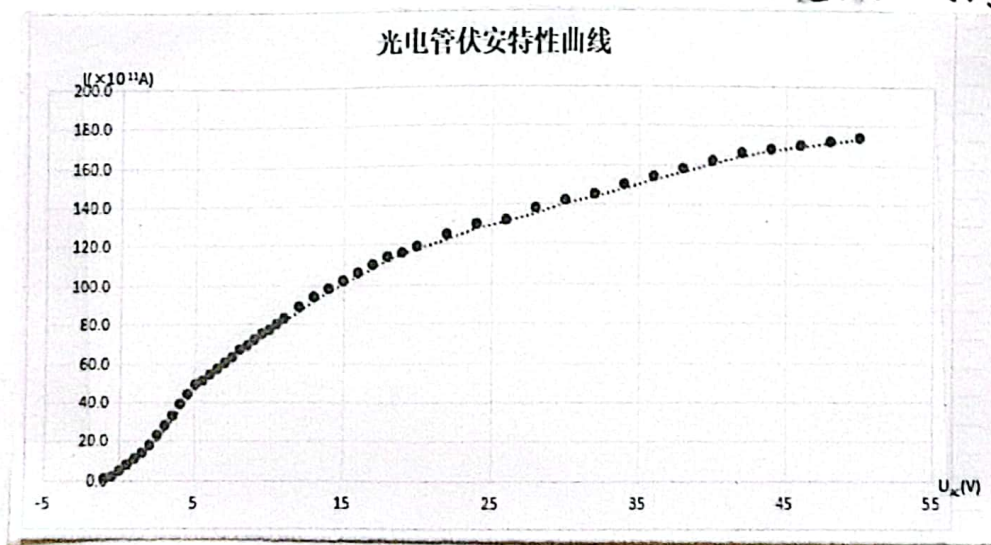
故测得的普朗克常数 h 为 $6.538 \text{ J}\cdot\text{s}$, 相对误差为 1.3% , 误差较小。

2. 测量光电管的伏安特性曲线

① 选取照射光波长 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$, 距离 $L = 400 \text{ mm}$, 光阑孔径 $\phi = 4 \text{ mm}$, 测得不同电压下通过光电管的电流为下表所示:

2、测量光电管的伏安特性曲线									
$U_{sc}(\text{V})$	-1.0	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$I(\times 10^{-11}\text{A})$	1	2	5	8	11	14	18	23	28
$U_{sc}(\text{V})$	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
$I(\times 10^{-11}\text{A})$	72	75	76	79	80	84	87	90	93
$U_{sc}(\text{V})$	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	12.0	13.0
$I(\times 10^{-11}\text{A})$	97	100	103	106	113	117	120	123	129
$U_{sc}(\text{V})$	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	22.0	24.0
$I(\times 10^{-11}\text{A})$	135	145	150	155	160	165	170	174	182
$U_{sc}(\text{V})$	26	28	$U_{AC}(\text{V})$		34	38	42	46	50
$I(\times 10^{-11}\text{A})$	188	198	202	211	220	226	231	237	

由上述电压、电流数据表, 用Excel绘出光电管的伏安特性曲线如下:



联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

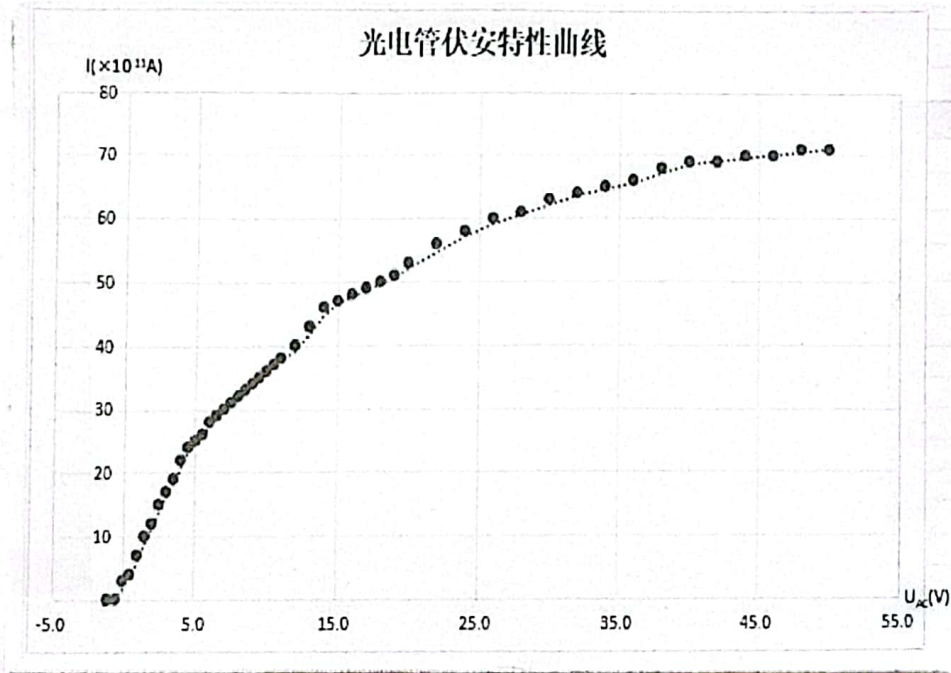
课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

② 先取照射光波长 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$, 距离 $L = 400 \text{ mm}$, 光阑孔径 $\phi = 4 \text{ mm}$, 测得不同电压通过光电管的电流如下表所示:

2、测量光电管的伏安特性曲线									
$U_{Ac}(\text{V})$	-1.0	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$I(\times 10^{-11} \text{ A})$	0	0	3	4	7	10	12	15	17
$U_{Ac}(\text{V})$	1.0	2.0	5.0	8.0	11.0	14.0	18.0	23.0	28.0
$I(\times 10^{-11} \text{ A})$	19	22	24	25	26	28	29	30	31
$U_{Ac}(\text{V})$	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	12.0	13.0
$I(\times 10^{-11} \text{ A})$	32	33	34	35	36	37	38	40	43
$U_{Ac}(\text{V})$	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	22.0	24.0
$I(\times 10^{-11} \text{ A})$	46	47	48	49	50	51	53	56	58
$U_{Ac}(\text{V})$	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0
$I(\times 10^{-11} \text{ A})$	60	61	63	64	65	66	68	69	69
$U_{Ac}(\text{V})$	44.0	46.0	48.0	50.0					
$I(\times 10^{-11} \text{ A})$	70	70	71	71					

由上述电压电流数据表, 用Excel绘出光电管的伏安特性曲线如下:



由不同波长的光照射的光电管伏安特性曲线可知:
电压升高, 光电流逐渐增大, 先快后慢, 逐渐趋于饱和

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

3. 验证光电管的饱和电流与入射光强的关系

(a) 不同光阑孔径下饱和电流与入射光强的关系。

调节电流量程为 10^{-11} A, 电压设为50V, 距离 $L=400$ mm。测得不同光阑孔径下饱和电流的大小如下表所示:

3、验证光的饱和电流与入射光强之间的关系				
453.8nm	光阑孔径 Φ (mm)	2	4	8
	$I (\times 10^{-11} \text{A})$	40	181	771
546.1nm	光阑孔径 Φ (mm)	2	4	8
	$I (\times 10^{-11} \text{A})$	13	74	325

数据分析: 光阑的孔径关系比为1:2:4, 光强与光阑孔径的平方成正比
则光强之比为1:4:16, 三种情况下的光电流之比为

$$40:181:771 \approx 1:4:16, 13:74:325 \approx 1:4:16$$

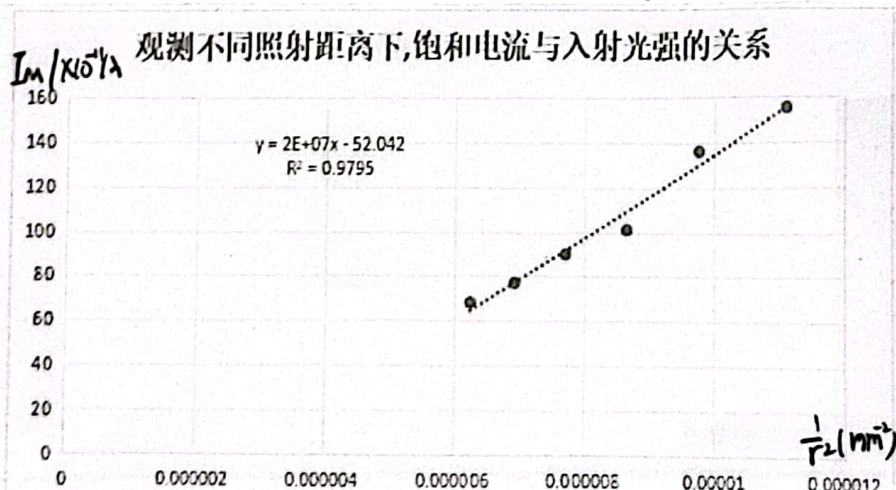
结论: 光电管的饱和光电流与入射光强成正比关系。

(b) 观测不同照射距离下, 饱和电流 I_m 与入射光强的关系

调节电流量程为 10^{-11} A, 电压设为50V, 光阑孔径 $\phi=4$ mm。测得不同距离下饱和电流的大小如下表所示:

距离 r (mm)	300	320	340	360	380	400
$1/r^2 (\text{mm}^{-2})$	0.00001111	0.00000976	0.00000865	0.00000771	0.00000693	0.00000625
饱和电流 $I_m (\times 10^{-11} \text{A})$	155	136	101	90	77	68

用Excel画出 I_m 与 $1/r^2$ 关系曲线, 如下图所示



联系方式: _____

电话: 81382088

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

数据分析: 由'光强与距离的平方成反比'与 $\frac{1}{r^2}$ 成正比, 根据图象,
 $R^2=0.9795$, 拟合较好, 可知光电流与平方反比成线性关系
结论: 光电管的饱和光电流与入射光强成正比关系。

思考题

实验时能否将滤光片插到光源的光阑口? 为什么?

答: 不可以, 如果将滤光片插到光源的光阑口, 汞灯发出的光确实被过滤了, 但是光电管和光源距离较远, 环境中的其他光线, 如日光灯、手机等产生的光均会进入光电管口才会最大程度滤光。且汞灯源温度过高, 易对滤光片造成损坏。

联系方式: _____

指导教师签字: _____