

第 28 届全国中学生物理竞赛决赛 实验试题一 试卷及答卷

直流电源特性的研究

| 得分 | 评卷 | 复核 |
|----|----|----|
| | | |

一、题目：

一直流待测电源 E_x ，开路电压小于 $2V$ 。

- （1）利用所给仪器，自组电压表、并测量待测电源 E_x 的开路电压；
- （2）利用所给仪器，测量待测电源 E_x 的短路电流。

二、仪器：

直流待测电源 E_x ，六位电阻箱二台，标称值 $350\ \Omega$ 的滑线变阻器一台，标称值 $3V$ 直流电压源 E 一台，准确度等级 0.5 级指针式 $100\ \mu A$ 直流电流表 A_1 一台，准确度等级 0.5 级指针式多量程直流电流表 A_2 一台，准确度等级 1.5 级指针式检流计 G 一台，开关、导线若干。

三、说明：

- 1、待测电源 E_x 具有非线性内阻，不适合用 $U-I$ 曲线外推法测量；
- 2、测量中需要的电压表用 $100\ \mu A$ 指针式直流电流表 A_1 和电阻箱自组；
- 3、标称值 $3V$ 直流电压源 E 由两节 1 号干电池、 $15\ \Omega$ 欧姆保护电阻串联构成；
- 4、所画测量电路中的待测电源 E_x 、 $3V$ 直流电压源 E 、电流表 A_1 、电流表 A_2 需用“+”和“−”标明其正负极性；
- 5、检流计 G 两接线端子上并联两个保护二极管，作为平衡指示器使用时，可以不使用串联保护电阻。如果测试中需要用检流计 G 判断电流是否为 0 时，应说明检流计 G 指示为 0 的判断方法或者判断过程。

四、要求：

- 1（7 分）利用所给器材，测量 $100\ \mu A$ 电流表内阻，并将 $100\ \mu A$ 电流表改装成 $2.00V$ 量程的电压表。要求画出测量内阻的电路图，简述测量原理，给出测量结果；画出自组电压表的示意图，并标明元件的数值。
 - 2.1（5 分）画出测量待测电源 E_x 的开路电压的电路图，简述测量待测电源 E_x 开路电压的原理和步骤。
 - 2.2（6 分）连接电路、测量并记录必要的数 据，标明待测电源 E_x 开路电压的测量值。
 - 3.1（5 分）画出测量待测电源 E_x 短路电流的电路图，并简述测量待测电源 E_x 短路电流的原理和步骤。
 - 3.2（7 分）连接电路、测量并记录必要的数 据，写出待测电源 E_x 短路电流的测量值。

实验试题一答题纸：

1（7 分） 利用所给器材，测量 100 微安电流表内阻，并将 100 微安电流表改装成 2.00V 量程的电压表。要求画出测量内阻的电路图，简述测量原理，给出测量结果；画出自组电压表的示意图，并标明元件的数值。

2.1（5 分）画出测量待测电源 E_x 的开路电压的电路图，简述测量待测电源 E_x 的开路电压的原理和步骤。

2.2（6 分）连接电路、测量并记录必要的的数据，写出待测电源 E_x 开路电压的测量值。

3.1 (5 分) 画出测量电源 E_x 短路电流的电路图，并简述测量电源 E_x 短路电流的原理和步骤。

3.2 (7 分) 连接电路、测量并记录必要的数数据，写出待测电源 E_x 短路电流的测量值。

第 28 届全国中学生物理竞赛决赛 实验试题二试卷及答卷

光电效应的实验研究


| 得分 | 评卷 | 复核 |
|----|----|----|
| | | |

一、概述

金属及其化合物在光照射下发射电子的现象称为光电效应。爱因斯坦指出，一束光就是一束以光速运动的粒子流，这些粒子称为光子，频率为 ν 的光的每一个光子所具有的能量为 $h\nu$ ，它不能再分割，而只能整个地被吸收或产生出来。根据能量守恒定律，当金属中的电子从入射光中吸收光子的能量后，就获得能量 $h\nu$ ，如果 $h\nu$ 大于该金属的电子逸出功 A ，这个电子就可以从金属中逸出，叫做光电子，且有：

$$h\nu = A + \frac{1}{2}mv_m^2$$

该式称为爱因斯坦光电效应方程。逸出功 A 是指一个电子脱离金属表面时所需做的最小功， $\frac{1}{2}mv_m^2$ 是光电子从金属表面逸出时所具有的最大初动能。 h 是普朗克常数。由方程可知，能够使某种金属产生光电子的入射光，其最低频率 ν_0 应由该金属的逸出功决定， ν_0 称为截止频率。而照射光的光强是由单位时间到达单位垂直面积的光子数决定的，光强越大，逸出的光电子数越多。


利用光电效应原理制成的光电管能将光信号转化为电信号。光电管的示意图为：，其中 K 为阴极，光照后可发射光电子； A 为阳极，加正电压时收集光电子，负电压时阻止光电流。光电管的主要特性有：






1. 伏安特性：当照射光的频率和光强一定时，光电流随两极间电压变化的特性称为伏安特性。用不同强度的光照射光电管时，可得到不同的伏安特性曲线。极间电压为零时，光电流并不为零。当光电管加反向电压至一定值 U_a 时，光电流才为零， $|U_a|$ 称为截止电压。

2. 光电特性：当照射光的频率和两极间电压一定时，饱和光电流 I_H 随照射光强度变化的特性称为光电特性。

3. 光电管的截止电压 U_a 与光照频率 ν 有关，测出不同频率光照射下光电管的截止电压 U_a ，画出 $|U_a| \sim \nu$ 的关系图，从而根据光电效应方程，可由图线求出普朗克常数 h 、阴极材料的截止频率 ν_0 和逸出功 A 。

二、仪器用具

1. 装在暗盒中的光电管（附有挡光盖）一只；

2. 高压汞灯及其电源一套（附有挡光盖）；
3. 滤光片一组（其透射光的中心波长 λ 分别为 365nm、405nm、436nm、546nm、577nm）；
4. 光阑一组（直径 $\phi=2\text{mm}, 4\text{mm}, 8\text{mm}$ ）；
5. 直流稳压电源 E_1 一个（30V 稳压恒流电源，已调至稳压状态，显示“CV”）；
6. 电位器 R 一个（3.3k Ω , 3W）；
7. 专用微电流计一个及专用电缆线（它是实验仪中的微电流测量部分，用于测量光电管所产生的光电流，电缆线实际是两条线，当用电缆线将实验仪背面的“微电流输入”与光电管暗盒背面的“K”接通时，就串联在电路中，电流量程为 $10^{-8}, 10^{-9}, 10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-12}, 10^{-13}$ A。实验仪还有一个测量普朗克常数 h 时要用到的-2~0V 电源 E_2 及电压调节旋钮，仪器面板见使用说明）；
8. 直流电压表一个（0.5 级，0~15~30V）；
9. 光具座一个（附有标尺）；
10. 单刀开关 k_1 一个；
11. 双刀双掷换向开关 k_2 一个；
12. 导线若干。

三、实验题目及要求

1. 测定光电管的伏安特性（14 分）

- （1）画出实验电路图，注明所用仪器符号；
- （2）简述实验方案（或主要步骤）；
- （3）连接电路，选择 436nm 的滤光片使照射光的波长为 436nm 的单色光，用 $\phi=8\text{mm}$ 的光阑，光源与光电管间的距离 s 调为 40.0cm，改变光电管极间的电压 U_{AK} （-3V~30V），合理选择电压表和电流计量程（在 10^{-9} - 10^{-11} A 范围内选），测量若干组电压 U_{AK} 与电流 I 的值；
- 固定照射光的波长仍为 436nm，改变光强（用 4mm 和 2mm 光阑），再测两次 U_{AK} 、 I 值；
- （4）在直角坐标纸上同一坐标系中作出 $U_{AK} \sim I$ 图。

注：测量时不准用实验仪内的-2~+30V 电源，必须用所给的直流稳压电源等自组测量电路；实验仪中的电流测量部分作微电流计使用。

2. 用“零电流”法测定普朗克常数 h 及从图线上求出截止频率 ν_0 ，并计算阴极材料的逸出功 A 。(16 分)

“零电流”法是直接将各谱线光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 。

- (1) 推导测量普朗克常数的实验公式，简述实验原理；
- (2) 光电管用实验仪的-2~0V 电压输出端供电，用专用线连接电路，简述实验步骤；
- (3) 固定 $s=30.0\text{cm}$ ， $\phi=4\text{mm}$ ，电流计量程用 10^{-13}A 挡，用不同的滤光片以改变照射光的频率，在电流 $I=0$ 及其两边各测两组共五数据，以确定各自对应的截止电压 U_a 值；

(4) 作 $|U_a| \sim \nu$ 图；

(5) 根据 $|U_a| \sim \nu$ 图求出普朗克常数 h 的值（要有计算过程）；

(6) 根据 $|U_a| \sim \nu$ 图得出截止频率 ν_0 ，并计算光电管阴极材料的逸出功 A 。

注：这部分测量时要求用实验仪内的-2~0 V 电源、电压表和电流计。

四、注意事项

- (1) 使用光电管和汞灯光源的挡光盖，不要使光电管暴露在强光下；不要用眼睛直视汞灯发出的光！换光阑和滤光片时，先将汞灯的遮光盖盖上！
- (2) 防止滤光片及光阑污染或打碎！
- (3) 指针式电压表如接错位置或正负极，指针反转会损坏仪表！
- (4) 调节到位后，读取数据宜迅速！

实验试题二答题纸：

1. 测定光电管的伏安特性（14 分）

1.1 画出电路图（3 分）

1.2 简述实验步骤（3 分）

1.3 数据记录（5 分）

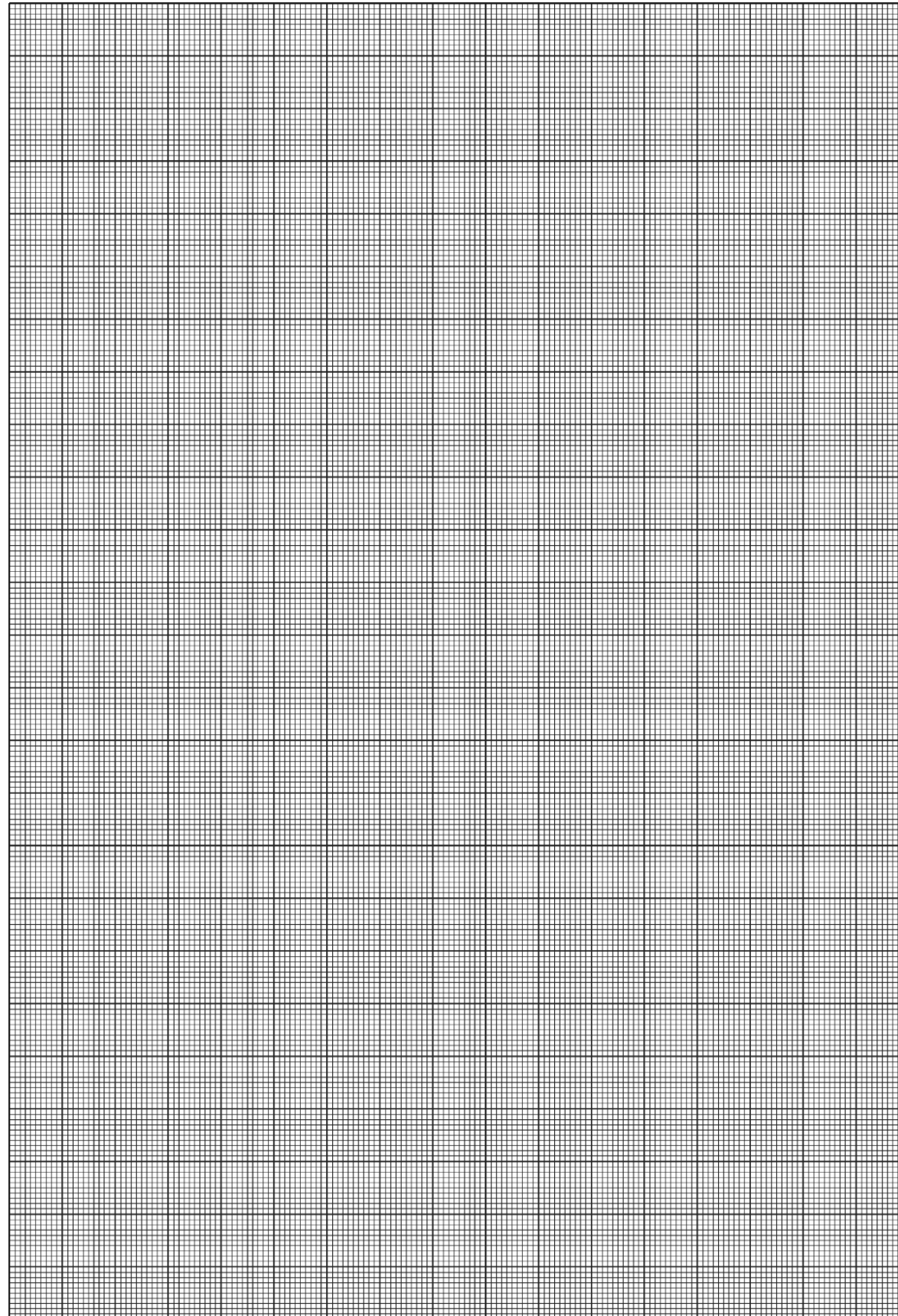
$\lambda=$, $S=$

| U_{AK}/V | | -3.0 | -2.0 | -1.0 | -0.6 | 0.0 | 0.6 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 6.0 | 8.0 |
|------------|------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $I/$ | $\phi/8mm$ | | | | | | | | | | | | |
| | $\phi/4mm$ | | | | | | | | | | | | |
| | $\phi/2mm$ | | | | | | | | | | | | |

接上

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 11.0 | 14.0 | 17.0 | 20.0 | 23.0 | 26.0 | 30.0 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

1.4 在直角坐标纸上画出 $U_{AK} \sim I$ 图 (3 分)



2. 测定普朗克常数、阴极材料的截止频率及逸出功 (16 分)

2.1 实验公式推导及原理简述 (1 分)

2.2 实验步骤 (2 分)

2.3 数据记录（5 分）

$S=$, $\phi=$

$\lambda =365\text{nm}$

| | | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|--|
| $I/10^{-13}\text{A}$ | | | 0 | | |
| U_{AK}/V | | | | | |

$\lambda =405\text{nm}$

| | | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|--|
| $I/10^{-13}\text{A}$ | | | 0 | | |
| U_{AK}/V | | | | | |

$\lambda =436\text{nm}$

| | | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|--|
| $I/10^{-13}\text{A}$ | | | 0 | | |
| U_{AK}/V | | | | | |

$\lambda =546\text{nm}$

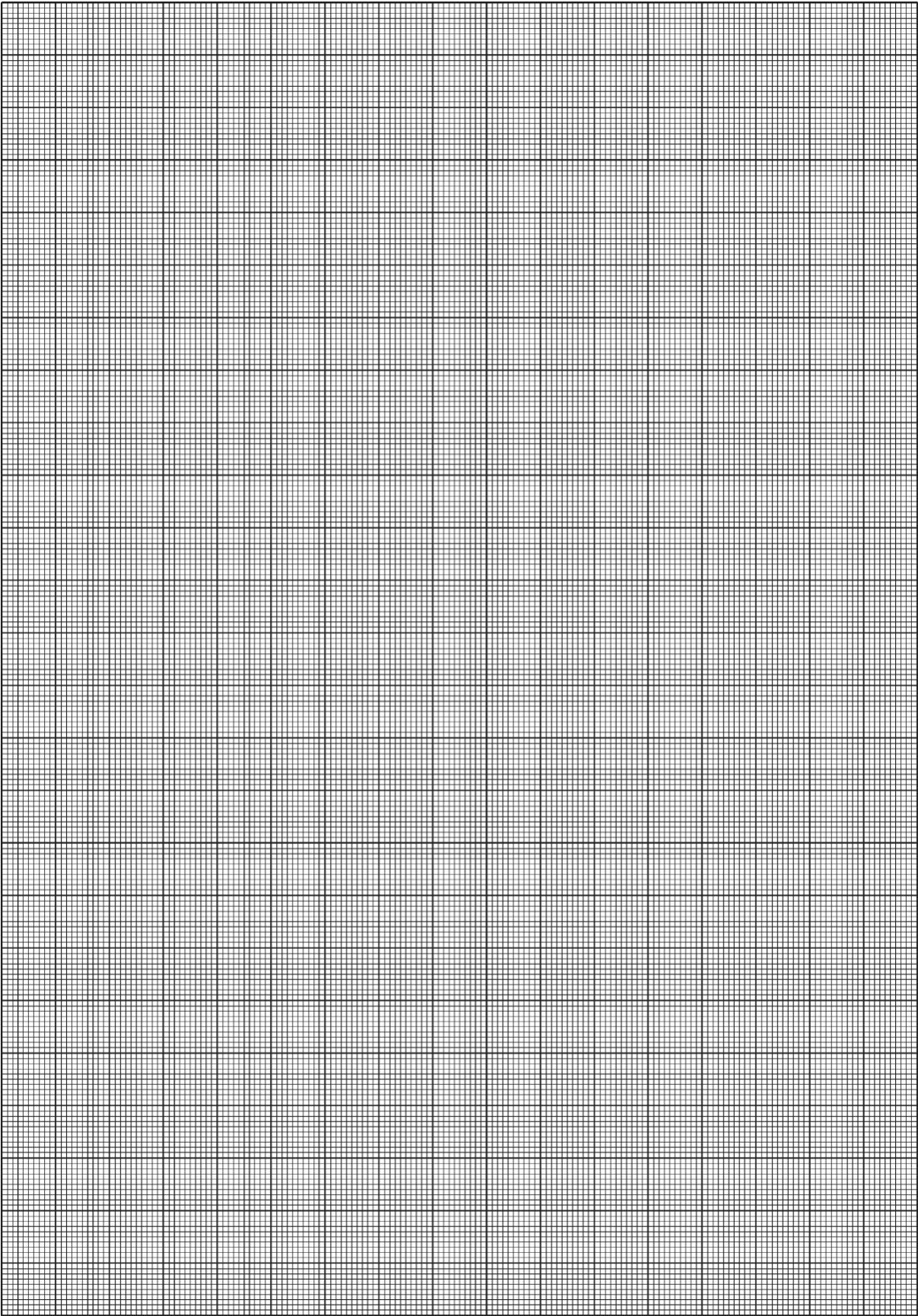
| | | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|--|
| $I/10^{-13}\text{A}$ | | | 0 | | |
| U_{AK}/V | | | | | |

$\lambda =577\text{nm}$

| | | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|--|
| $I/10^{-13}\text{A}$ | | | 0 | | |
| U_{AK}/V | | | | | |

| | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| λ/nm | 365 | 405 | 436 | 546 | 577 |
| $\nu= c/\lambda$ $/10^{14}\text{Hz}$ | | | | | |
| $ U_a /\text{V}$ | | | | | |

2.4 在直角坐标纸上作出 $|U_a|\sim\nu$ 图（3 分）



2.5 普朗克常数 h 的计算 (3 分)

2.6 确定光电管阴极材料的 ν_0 及逸出功 A (2 分)