

## 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 $\nu$ 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 $\nu_0$ 应由该金属的逸出功决定, $\nu_0$ 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:

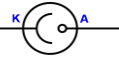
 ,其中 $K$ 为阴极,光照后可发射光电子; $A$ 为阳极,加正电压时收集光电子,负电压时阻止光电流。光电管的主要特性有:

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 $\nu$ 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 $\nu_0$ 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 $\lambda$ 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 $\Omega$ ,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  $\nu_0$ ，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  $10^{-13}\text{A}$  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  $\nu_0$ ，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)

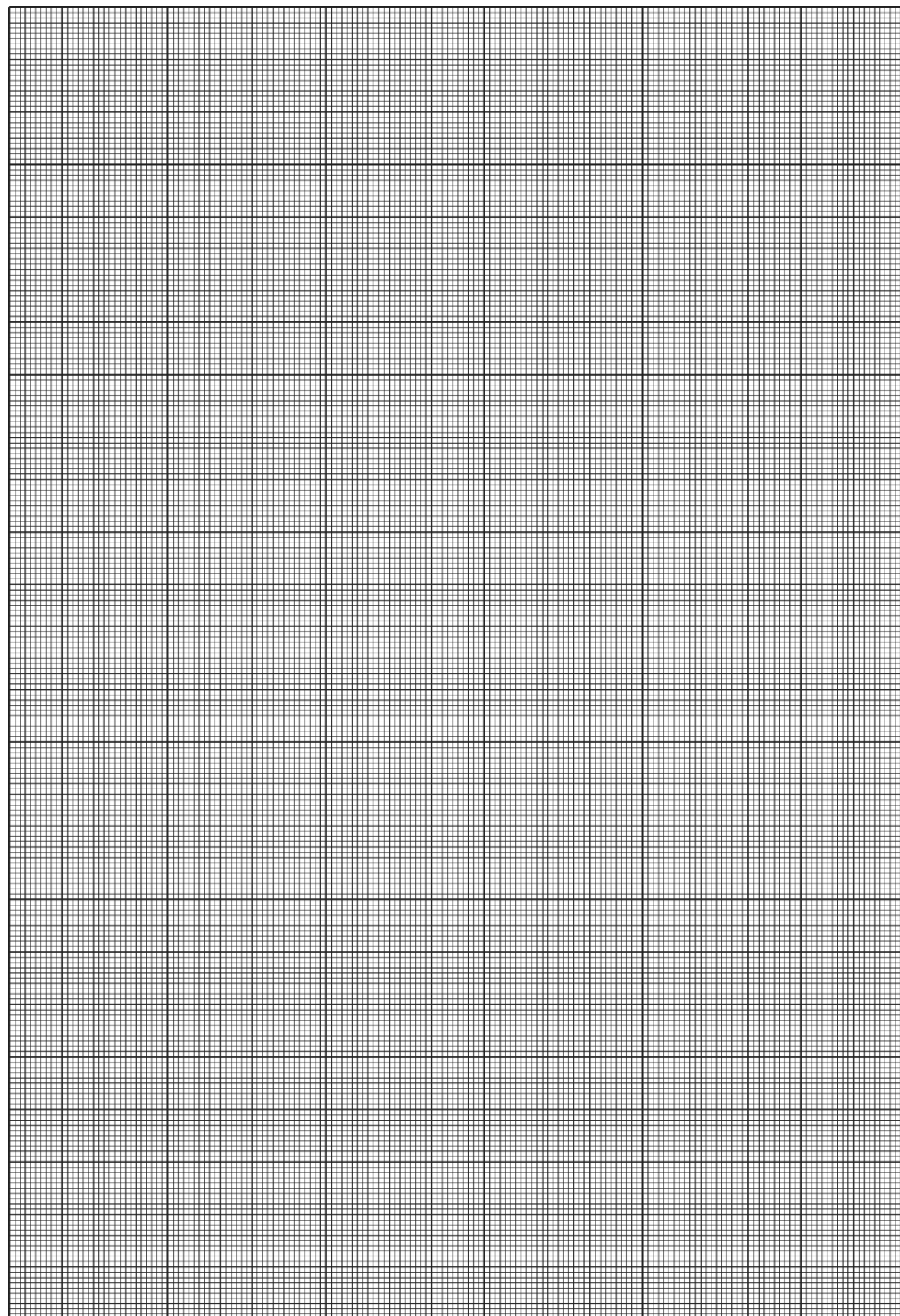
$\lambda =$  ,  $S =$

$U_{AK}/V$	-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		
$U_{\text{AK}}/\text{V}$					

$\lambda = 405\text{nm}$

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

$\lambda = 436\text{nm}$

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

$\lambda = 546\text{nm}$

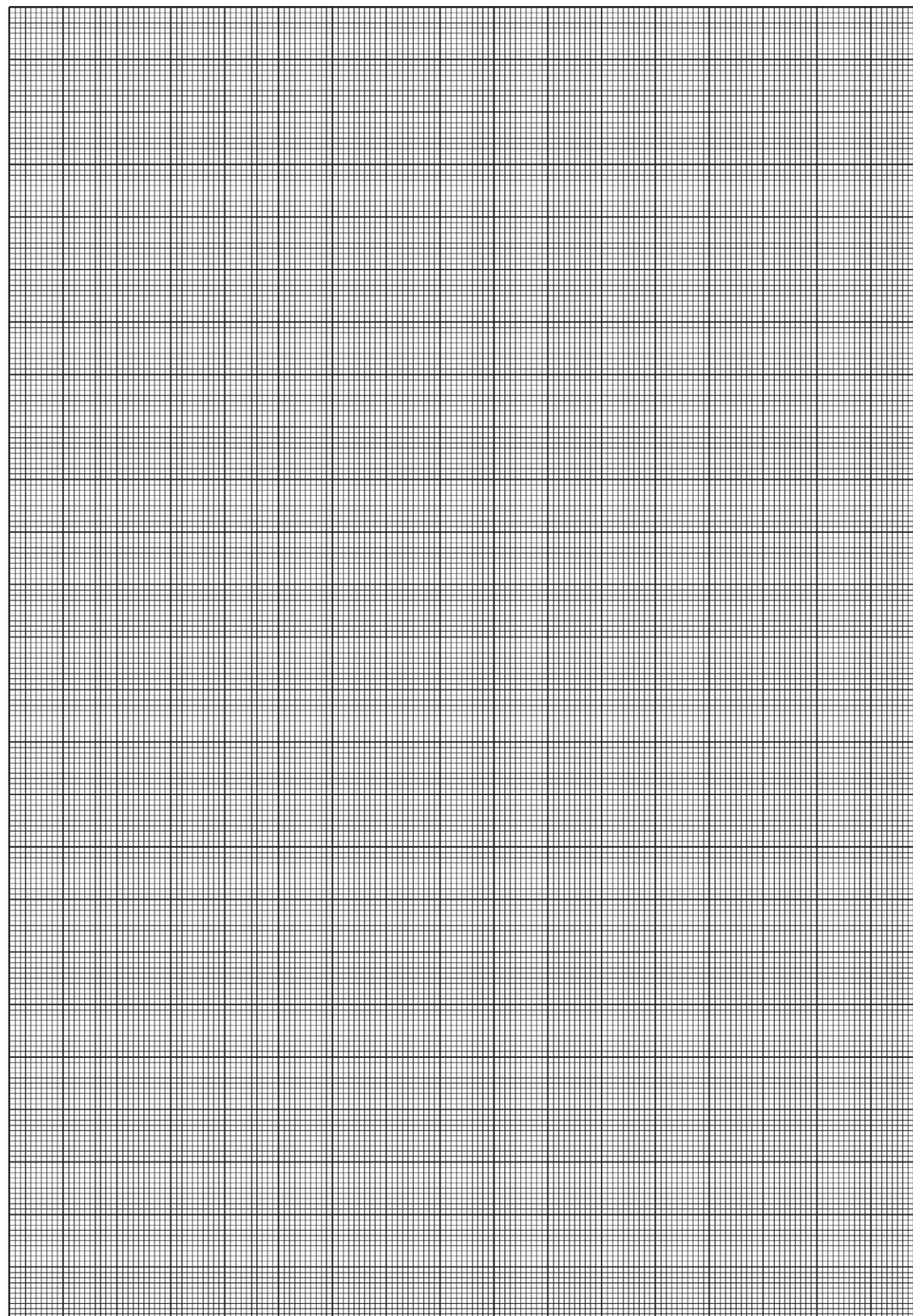
$I/10^{-13}\text{A}$			0		
$U_{\text{AK}}/\text{V}$					

$\lambda = 577\text{nm}$

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

$\lambda/\text{nm}$	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  $\nu_0$  及逸出功  $A$  (2分)