

课程编号 1800450085

得分	教师签名	批改日期

深圳大学实验报告

课程名称：大学物理实验（二）

实验名称：金属电子逸出功

学 院：数学与统计学院

指导教师：倪燕翔、李颖贞

报告人：王曦 组号：20

学号 2021192010 实验地点 致原楼 212A

实验时间：2022 年 12 月 15 日

提交时间：2022 年 12 月 15 日

一、实验目的

1. 了解热电子发射的基本规律.
2. 学习用理查森直线法测量钨的逸出电势 V .
3. 学习数据处理的方法.

二、实验原理

1. 金属电子逸出功

逸出功:指要使电子从固体表面逸出,所必须提供的最小能量,用 $\Delta\Phi$ 表示.

费米-狄拉克分布规律:在金属内部,电子按由低能态到高能态的次序占据,服从:

$$f(E, T) = \frac{1}{1 + \exp[(E - E_F)/kT]} \quad (1).$$

如下图所示:

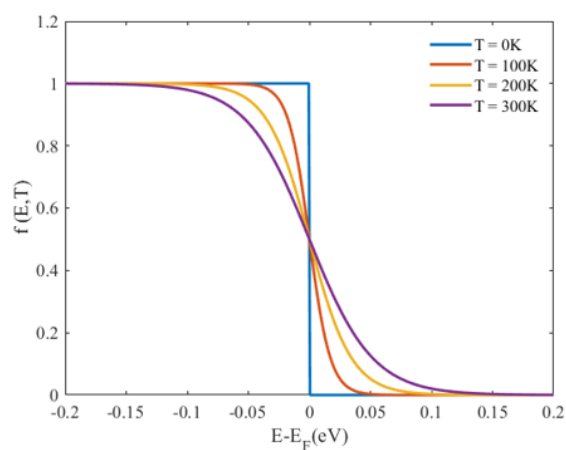


图 1:不同温度下 $f(E, T)$ 随 $E - E_F$ 的变化关系

在绝对零度时电子的最大动能是 E_F .当温度升高时,有少部分电子的能量大于 E_F ,能量的变化在

$0 \sim 0.1 \text{ eV}$ 量级.

测量时,逸出功等于费米能与真空能级之间的能量差,如下图为金属钨表面电子的势能曲线.

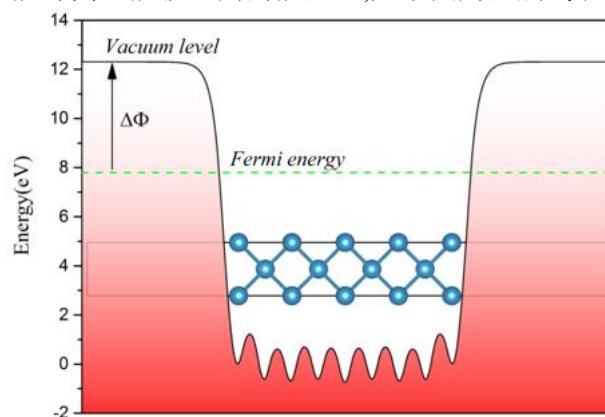


图 2:钨表面电子的势能曲线

$$\Delta\Phi = E_{Vacuum} - E_{Fermi} = eU \quad (2),$$

上式中 U 为逸出电势.

2. 电子逸出功的测量方法

1. 里查逊一杜西曼公式(Richardson-Dushman formula)

$$I = AST^2 \exp\left(-\frac{eU}{kT}\right) \quad (3),$$

上式中:

I 是热电子发射的电流强度,单位: A .

S 是阴极金属的有效发射面积,单位: cm^2 .

T 是热阴极的绝对温度,单位 K .

A 是与阴极化学纯度有关的系数,单位 $A \cdot cm^2 \cdot K^{-2}$.

k 是玻尔兹曼常数, $k = 1.38 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$.

e 是元电荷, $e = 1.602 \times 10^{-19} C$.

U 是逸出电势.

问题: A 和 S 难测定.

方法: 里查逊直线法.

2. 里查逊直线法

(3)式可化为:

$$\frac{I}{T^2} = AS \exp\left(-\frac{eU}{kT}\right) \quad (4).$$

取对数得:

$$\lg \frac{I}{T^2} = \lg(AS) - \frac{eU}{k} \lg(e) \frac{1}{T} \quad (5).$$

代入常数得:

$$\lg \frac{I}{T^2} = \lg(AS) - 5.04 \times 10^3 U \frac{1}{T} \quad (6).$$

故 $\lg \frac{1}{T^2}$ 和 $\frac{1}{T}$ 成线性关系,斜率为 $5.04 \times 10^3 U$.

优点:不必测出 A 和 S 的具体数值,只需测出 I 与 T 的关系,由斜率可得逸出电势 U .

温度可由通过灯丝电流给出:

$I_f(A)$	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70
$T(10^3 K)$	2.06	2.10	2.14	2.18	2.22	2.26	2.30

3. 用外延法求零场电流

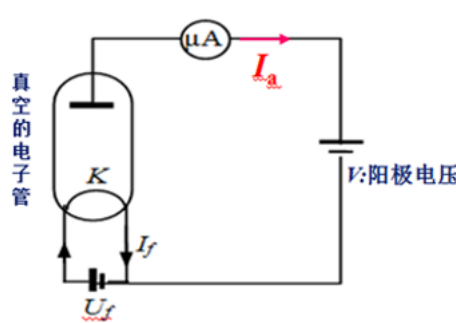


图 3: 外延法求零场电流电路图

测金属丝做成的阴极 K , 通过电流加热, 在阳极加正向电压, 则在连接这两个电极的外围电路中将有电流 I_a 通过. 用 I 表示在阴极与阳极间不存在加速电场情况下的热电子发射电, 根据肖特基效应, I 和 I_a 的关系是:

$$I_a = I \exp \left(0.439 \frac{\sqrt{E_a}}{T} \right) \quad (7).$$

取对数得:

$$\lg I_a = \lg I + \frac{0.439}{2.30T} \sqrt{E_a} \quad (8).$$

若阴极和阳极做成共轴圆柱形, 则

$$E_a = \frac{U_a}{r_1 \times \ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (9).$$

代入(8)式得:

$$\lg I_a = \lg I + \frac{0.439 \sqrt{U_a}}{2.30T \sqrt{r_1 \times \ln \frac{r_2}{r_1}}} \quad (10).$$

做 $\lg I_a$ 和 $\sqrt{U_a}$ 的关系曲线,当 $\sqrt{U_a} = 0$ 时, $\lg I_a = \lg I$.

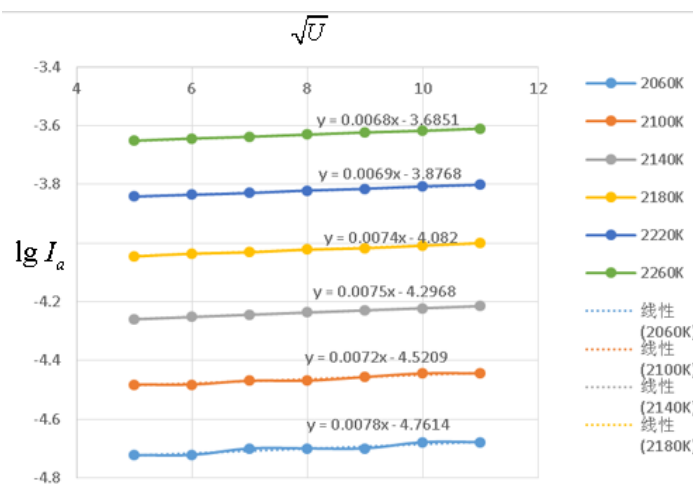


图 4:不同温度下 $\lg I_a$ 和 $\sqrt{U_a}$ 的关系曲线

如上图,拟合曲线的截距即该温度下的 $\lg I$.利用(5)式求逸出电势 U .

三、实验仪器：

WH-II 型金属电子逸出功测定仪



图 5: WH-II 型金属电子逸出功测定仪面板

四、实验内容与步骤

1. 取理想二极管灯丝电流 I : 从 $0.55 \sim 0.75 \text{ A}$, 每隔 0.05 A 进行一次测量, 对应每一个灯丝电流, 在阳极上加 $16, 25, 36, 49, 81, 100, 121 \text{ V}$ 电压, 各测出一组阳极电流 I_a , 记录在表 1 中.
2. 将表 1 中的数据换算成表 2 的数据.
3. 作出 $\lg I_a - \sqrt{U_a}$ 曲线, 并用最小二乘法拟合曲线, 求出截距 $\lg I$, 即可得到在不同灯丝温度时的零场热电子发射电流 I . 根据发射电流 I 计算表 3 中的数据.
4. 利用表 1 中记录的数据作出 $\lg \frac{1}{T^2} - \frac{1}{T}$ 曲线, 并用最小二乘法拟合曲线, 求得直线斜率 k 的值.
5. 计算出 $\Delta\Phi$ 的数值, 并与理论值 $\Delta\Phi = 4.54 \text{ eV}$ 作比较.

五、数据记录：

组号： 20 ； 姓名 王曦

5.1

六、数据处理

6.1

七、结果陈述：

7.1

7.2

八、实验总结与思考题

8.1 实验总结.

(1)

8.2 思考题.

(1)

(2)

指导教师批阅意见：

成绩评定：

预习 (20分)	操作及记录 (40分)	数据处理与结果陈述 30分	思考题 10分	报告整体 印象	总分