

文章编号: 1007-2934(2007)04-0049-04

光电效应测普朗克常数的三种方法

吴丽君 李倩

(沈阳理工大学, 沈阳 110168)

摘 要 本文简单介绍了光电效应测普朗克常数实验的基本原理及测量截止电压的三种方法。分别利用三种方法对普朗克常数进行测量, 对实验数据进行处理、计算, 并对结果做了分析、讨论。

关键词 光电效应; 普朗克常数; 截止电压

中图分类号: O436.4

文献标识码: A

用光电效应实验测普朗克常数是一种简单而准确的方法。本文主要介绍光电效应实验测定普朗克常数的三种方法: 拐点法、补偿法和零电流法。

1 实验原理

1.1 光电效应

光电效应是指一定频率的光照射在金属表面时会有电子从金属表面逸出的现象。基本的实验事实为: (1) 饱和光电流与光强成正比; (2) 光电效应存在一个域频率 ν_0 (截止频率), 当入射光的频率低于域频率时, 不论光的强度如何, 都没有光电效应产生; (3) 光电子的动能与光强无关, 但与入射光的频率成线性关系; (4) 光电效应是“瞬时”的, 当入射光的频率大于域频率时, 一经光照射, 立刻产生光电子。

1.2 实验原理

1905年, 爱因斯坦成功的解释了光电效应, 他提出光并不是由麦克斯韦电磁场理论提出的传统意义上的波, 而是由能量为 $h\nu$ 的光量子构成的粒子流。光电效应的物理基础就是光子与金属(表面)中的自由电子发生完全弹性碰撞, 电子要么全部吸收, 要么根本不吸收光子的能量。并提出了光电效应方程

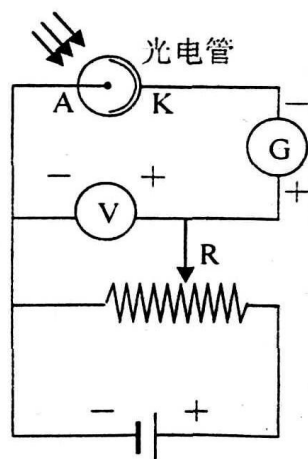


图1 实验原理图

收稿日期: 2007-05-18

$$h\nu = E_k + A = \frac{1}{2}mv_0^2 + A \quad (1)$$

式中 E_k 为光电子的初动能, m 为电子的质量。 v_0 为光电子逸出金属表面的初速度; ν 为光电子的频率; A 为光照射的金属材料的逸出功。

由该式可见, 射到金属表面的光的频率越高, 逸出的电子动能越大, 所以即使阳极电位比阴极电位低时也会有电子落入阳极形成光电流, 直至阳极电位低于截止电压, 光电流才为零。此时有关系:

$$eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (2)$$

当光子的能量 $h\nu < A$ 时, 电子不能脱离金属。因而没有光电流产生。产生光电效应的最低频率(截止频率)为 $\nu_0 = \frac{A}{h}$, A 为金属材料的逸出功, 为定值。

将(2)式代入(1)式可得:

$$eU_0 = h\nu - A = h(\nu - \nu_0) \quad (3)$$

$$U_0 = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0) \quad (4)$$

此式表明截止电压 U_0 是频率 ν 的线性函数, 直线斜率 $K = \frac{h}{e}$, 只要用实验方法测量出不同的频率对应的截止电压, 求出直线斜率就可算出普朗克常数 h 。

图 1 为利用光电效应测量普朗克常数的原理图。

2 测量截止电压 U_0 的三种方法

2.1 拐点法

理论上, 测出各频率的光照射阳极电流为零时对应的 U_K , 其绝对值即该频率的截止电压, 然而实际上由于光电管的阳极反向电流、暗电流、本底电流及极间接触电位差的影响, 实测电流并非阴电流。实测电流为零时对应的 U_K 也并非实际截止电压。截止电压点应为反向光电流刚刚开始变小时对应的那一点。即图 2 中 U_0 点。

由图 2, 测量光电管的完整的伏安特性曲线, 图中 U_0 点为曲线向上抬头的起始点, 形象的称为“拐点”。通过实验仪器, 在进行粗略测量的基础上进行精确测量并记录。数据从短波起小心的逐次更换滤色片(切忌改变光源和光电管暗盒之间的相对位置)。仔细读出不同频率入射光照射下的光电流随电压的变化数据。本实验采用 ZKY-GD-3 光电效应(普朗克常数)实验仪测量, 实验数据详见附录 1。

利用 Advanced grapher 软件根据附录 1 的数据绘制曲线如图 3。

从图 3 的实验数据曲线确定 U_0 值。

表 1 入射光的波长 λ 、频率 ν 与对应的截止电压 U_0 的实验数据。

$\lambda(\mu\text{m})$	365	405	436	546	577
$\nu(10^{14}\text{Hz})$	8.22	7.41	6.88	5.49	5.20
$U_0(\text{V})$	1.852	1.670	1.468	0.871	0.578

利用一元线性最小二乘法处理数据, 可求出线性函数斜率 b_1 的最佳值。

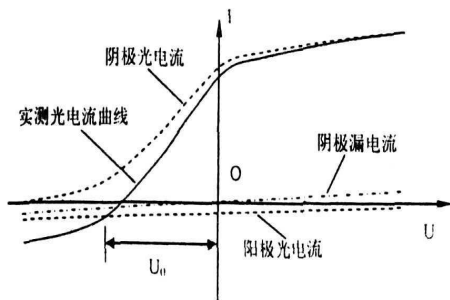


图2 光电管的伏安特性曲线

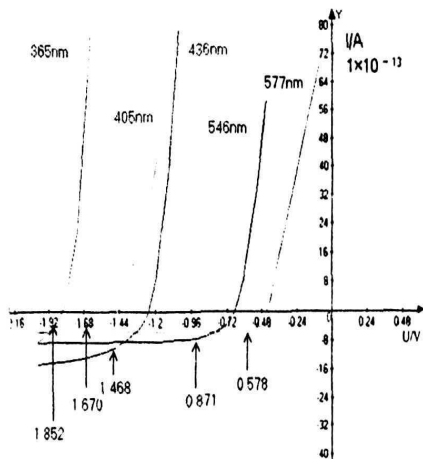


图3 实验曲线图

通过计算(过程详见附录2),求得 $b_1=4.17 \times 10^{-15}$

$$h_1 = \phi_1 = 1.60 \times 10^{-19} \times 4.17 \times 10^{-15} = 6.68 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s})$$

与公认值的相对误差为(公认值 $h_0=6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$)

$$E_1 = \frac{|h_1 - h_0|}{h_0} = \frac{|6.68 \times 10^{-34} - 6.626 \times 10^{-34}|}{6.626 \times 10^{-34}} = 0.81\%$$

2.2 补偿法

补偿法是一种快速而准确的测量方法。通过补偿暗电流和本底电流对测量结果的影响,以测量出准确的截止电压 U_0 。调节电压 U_{AK} 使电流为零后,保持 U_{AK} 不变,遮挡汞灯光源,此时测得的电流 I_1 为电压接近截止电压时的暗电流和本底电流。记录数据 I_1 ,重新让汞灯照射光电管,调节电压 U_{AK} 使电流值至 I_1 ,将此时对应的电压 U_{AK} 的绝对值作为截止电压 U_0 ,并记录数据。

表2 电流 I_1 与截止电压 U_0 的实验数据

$\lambda(\mu\text{m})$	365	405	436	546	577
$\nu(10^{14}\text{Hz})$	8.22	7.41	6.88	5.49	5.20
$I_1(\times 10^{13}\text{A})$	-3.4	-1.7	-4.4	-1.0	-3.8
$U_0(\text{V})$	1.866	1.501	1.289	0.677	0.527

同样利用一元线性最小二乘法处理表3。通过计算(过程详见附录3)得

$$h_2 = 7.03 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s})$$

$$E_2 = \frac{|h_2 - h_0|}{h_0} = \frac{|7.03 \times 10^{-34} - 6.626 \times 10^{-34}|}{6.626 \times 10^{-34}} = 6.1\%$$

2.3 零电流法

零电流法是直接将各谱线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_0 。利用此法的前提是阳极反向电流、暗电流和本底电流都很小,测得的截止电压与真实值相差很小,各谱线的截止电压与真实值相差很小,且各谱线的截止电压都相差

ΔU 对 $U_0 \sim \nu$ 曲线的斜率无大的影响, 因此对 h 的测量不会产生大的影响。

表 3 各波长对应 I 为零时的电压 U_{AK}

$\lambda/\mu\text{m}$	365	405	436	546	577
$\nu/10^{14}\text{Hz}$	8.22	7.41	6.28	5.49	5.20
$U_0= U_{AK} /\text{V}$	1.823	1.622	1.461	0.666	0.447

同样利用一元线性最小二乘法处理表 3。通过计算(详见附录 4)得出

$$h_3=7.51\times 10^{-34}(J\cdot S)$$
$$E_3=\frac{|h_3-h_0|}{h_0}=\frac{|7.51\times 10^{-34}-6.626\times 10^{-34}|}{6.626\times 10^{-34}}=13.3\%$$

结束语

通过对实验数据的分析、处理。比较得出三种测量方法各有所长。

拐点法, 操作较难, 要求能从大量的实验数据, 记录有用的数据绘制曲线。测量的结果相对误差非常小, 准确度很高, 是实验课堂教学中应首选的方法, 既培养了学生的实践能力又得到了很好的实验结果。

补偿法操作较简单, 理解起来也很容易, 实验结果误差相对较小, 也是一种比较好的测量方法。

相对前两种方法, 零电流法测量的误差相对较大, 但是这种方法最容易理解和测量, 可以在实验中辅助测量。

参 考 文 献

[1] 徐志洁. 大学物理实验[M] . 北京: 兵器工业出版社, 2005
[2] 段福莲, 郑才平, 张伟力. 光电效应实验方法的改进[J] . 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2000
[3] 章佳伟, 殷士龙. 在光电效应实验中用曲率法测普朗克常量[J] . 物理实验, 2003

A FEW METHODS TO MEASURE PLANCKS
CONSTANT BY PHOTOEMISSION

Wu Lijun Li Qian

(Shenyang Ligong University, Shenyang 110168)

Abstract: This paper briefly introduces the basic principles to measure plancks constant by photoemission and the three methods to measure cut—off voltage. Plancks constant is measured respectively in three methods, with the experiment data processed and calcuated, and the experiment result analyzed and discussed.

Keywords: photoemission; plancks constant; cut—off voltage