浙江大学

**物 理 实 验 报 告**

**实验名称： 光电效应和普朗克常数的测定（3D）**

**指导教师： \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**班 级 号： 周一上午345节**

专业：\_\_\_\_\_计算机科学与技术\_\_\_ \_\_

班级：\_\_\_\_\_ 计科2105\_\_\_\_\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_ \_\_\_ \_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

实验日期:\_12\_月\_12\_日 星期一上午

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验目的】   1. 加深对光的量子性的理解。 2. 学习验证爱因斯坦光电效应方程的实验方法，并测定普朗克常量。 3. 学会绘制光电管的伏安特性曲线。 |
| 【实验原理】（电学、光学画出原理图）  当光照在物体上时，光的能量仅部分地以热的形式被物体吸收，而另一部分则转换为物体中某些电子的能量，使电子逸出物体表面，这种现象称为光电效应，逸出的电子称为光电子。在光电效应中，光显示出它的粒子性质，所以这种现象对认识光的本性，具有极其重要的意义。  光电效应实验原理，如下图所示。  2beb7cc334831ede09d3f00423a513e  其中S为真空光电管，K为阴极，A为阳极。当无光照射阴极时，由于阳极与阴极是断路，所以检流计G中无电流流过，当用波长比较短的单色光照射到阴极K上时，形成光电流，光电流随加速电位差U变化的伏安特性曲线，如下图所示。  de7926a75792f1247ef3db022a62333  **1. 光电流与入射光强度的关系**  光电流随加速电位差U的增加而增加，加速电位差增加到一定量值后，光电流达到饱和值IH，饱和电流与光强成正比。  **2. 光电子的初动能与入射光频率之间的关系**  光电子从阴极逸出时，具有初动能。当U = UA - UK为负值时，光电子逆着电场力方向由K极向A极运动，随着U的增大，光电流迅速减小，当光电流为零，此时的电压的绝对值称为遏止电位差Ua。  在减速电压下，当U = Ua 时，光电子不再能达到A极，光电流为零。所以电子的初动能等于它克服电场力所作的功。即  根据爱因斯坦关于光的本性的假设，光是一粒一粒运动着的粒子流，这些光粒子称为光子。每一光子的能量为ε= h \* v，其中h为普朗克常量，v为光波的频率。所以不同频率的光波对应光子的能量不同。光电子吸收了光子的能量hv之后，一部分消耗于克服电子的逸出功A，另一部分转换为电子初动能。由能量守恒定律可知  上式称为爱因斯坦光电效应方程。  由此可见，光电子的初动能与入射光频率v呈线性关系，而与入射光的强度无关。  **3. 光电效应有光电阈存在**  由(2)式可知，只有光子的能量hv大于等于逸出功A时，光电子才能有初动能，才会产生光电效应，即当光的频率v < v0时，不论用多强的光照射到物质都不会产生光电效应，其中v0 = A/h， 称为截止频率（又称红限频率）。不同的金属材料的逸出功A不同，因而截止频率也不同。  由于存在阳极光电效应所引起的反向电流和暗电流（即无光照射时的电流），所以测得的电流值，实际上包括上述两种电流和由阴极光电效应所产生的正向电流三个部分，所以对映的伏安曲线并不与U轴相切。由于暗电流是由阴极的热电子发射及光电管管壳漏电等原因产生，与阴极正向光电流相比，其值很小，且基本上随电位差U呈线性变化，因此可忽略其对遏止电位差的影响。阳极反向光电流虽然在实验中较显著，但它服从一定规律。据此，确定遏止电位差值，可采用以下两种方法：  (1). 交点法  光电管阳极用逸出功较大的材料制作，制作过程中尽量防止阴极材料蒸发，实验前对光电管阳极通电，减少其上溅射的阴极材料，实验中避免入射光直接照射到阳极上，这样可使它的反向电流大大减少，其伏安特性曲线与图2十分接近，因此曲线与U轴交点的电位差近似等于遏止电位差Ua，此即交点法。  (2). 拐点法  光电管阳极反向光电流虽然较大，但在结构设计上，若是反向光电流能较快地饱和，则伏安特性曲线在反向电流进入饱和段后有着明显的拐点，如下图所示，此拐点的电位差即为遏止电位差。  1e0dfb0879646b4972db86b0628376a |

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验内容】（重点说明）  **1. 实验准备**  (1). 熟悉仪器各部分的性能、操作方法和使用注意事项。  (2). 接通汞灯电源，预热15 ~ 20min。  (3). 调节光电管与光源相距400mm。  (4). 光阑选择为4mm 档位。  (5).调节电流量程至 10^-13 档，并调零。  **2. 测量不同波长下的遏制电压**  (1). 观察不同波长下不同电压下光电流的变化。  (2). 记录不同波长下光电流为0时的电压值，此即对映频率下的遏制电压Us。  (3).用最小二乘法计算斜率与截距，从而计算出对映金属的红限频率、逸出功和截断误差。  **3. 测量光电管的U-I特性曲线**  (1).调节电流量程至 10^-10 档，并调零.  (2).选定365.0nm波长，测量并绘制光电管的伏安特性曲线。  电压调节规则如下：  当电压处于-1 ~ 10V，每隔1V记录一次光电流大小。  当电压处于10 ~ 50V，每隔2V记录一次光电流大小。 |
| 【实验器材及注意事项】  实验器材：  汞灯、光电管、光电效应实验仪、滑轨  注意事项：   1. 若关闭汞灯后想再次使用，需要将其冷却15分钟；且汞灯的使用需要预热。 2. 为了自身安全，不能直视汞灯。 3. 在测量遏制电压时，当光电流靠近零点时，尽量调节最小电压刻度使光电流减小或增大至零，且需要等光电流示数稳定后再读数，保证读数的精度与准确性。 4. 实际使用的真空型光电管并不完全满足我们实验的假设条件。由于存在阳极光电效应所引起的反向电流和暗电流（即无光照射时的电流），所以测得的电流值，实际上包括上述两种电流和由阴极光电效应所产生的正向电流三个部分，所以伏安曲线并不与U轴相切。 5. 遮光罩应及时盖上，只有在实验测量开始时才移开两边的遮光罩。 6. 每一次改变量程后都应当断开Q9线再调零，且需要等调零结束后再接上Q9线，继续进行测量。 |

**数据结果 不得涂改**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 【实验数据与结果】  1.不同波长下对映的遏制电压   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 波长(nm) | 355 | 405 | 436 | 546 | 577 | | 频率(10^14Hz) | 8.22 | 7.41 | 6.88 | 5.49 | 5.20 | | 遏制电压(V) | -1.545 | -1.175 | -0.955 | -0.385 | -0.265 |   根据表格中频率与对应遏制电压大小（取绝对值），可以作出以下图像：    根据最小二乘法计算上述数据的斜率，可得以下关系式：  其中 = 33.2， = 226.91， = 31.47  = 4.325  根据以上数据可以得出，b0 = 1.93，b1 = 0.420\*10^-14  根据数学关系，v = W/h = b0/b1，所以红限频率为 4.59\*10^14 Hz  因为斜率 k = b1 = h/e，所以普朗克常量为 6.72\*10^-34 J·s  也可以求出实验金属对映的逸出功W = b0\*e = 1.93eV  经查验，标椎的普朗克常量大小为 6.62606896×10^-34 J·s，因而相对误差大小为  E = |6.62606896-6.72|/6.62606896 ≈1.42% .  继续计算普朗克常数的不确定度，因为Ub = 3% 已经给出，所以只需求 Ua 即可计算普朗克常数的总不确定度。  根据公式：  0df365a9d989891e04d7ca16814c7ed  c61c8d1e013e289181eae73dd017cc3  可以得到Ua = 0.10\*10^-34, Ub = 0.21\*10^-34,  所以 U总 = 0.24\*10^-34,  所以普朗克常量为 （6.72±0.24）\*10^-34 J·s   1. 365nm波长下的光电管伏安特性曲线   具体实验数据记录表如下：   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 电压大小(V) | -1.0 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | | 光电流大小(10^-10A) | 1.2 | 4.9 | 10.9 | 19.2 | 29.3 | 39.6 | 47.4 | |  |  |  |  |  |  |  |  | | 电压大小(V) | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | | 光电流大小(10^-10A) | 54.0 | 60.7 | 66.7 | 72.5 | 77.3 | 86.5 | 92.9 | |  |  |  |  |  |  |  |  | | 电压大小(V) | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 28.0 | | 光电流大小(10^-10A) | 97.9 | 102.5 | 106.1 | 109.7 | 112.1 | 113.8 | 115.4 | |  |  |  |  |  |  |  |  | | 电压大小(V) | 30.0 | 32.0 | 34.0 | 36.0 | 38.0 | 40.0 | 42.0 | | 光电流大小(10^-10A) | 117.7 | 118.6 | 120.3 | 121.8 | 123.6 | 125.5 | 127.3 | |  |  |  |  |  |  |  |  | | 电压大小(V) | 44.0 | 46.0 | 48.0 | 50.0 |  |  |  | | 光电流大小(10^-10A) | 128.8 | 131.0 | 132.5 | 133.8 |  |  |  |   根据表格数据可以绘制以下伏安特性曲线：  因为伏安特性曲线不存在明显拐点，所以我们可以采用交点法估计遏制电压的数值，其数值约为 -1.627V. |

**分析合理 善于思考**

|  |
| --- |
| 【误差分析】   1. 受实验仪器精度限制，实验数据的读取必然存在误差；在本实验中，因为光电效应实验仪的电压有效调节位数只有三位，特别是对于365nm波长的单色光，光电流最小范式数值停留在0.010\*10^-13 A与 -0.012\*10^-13 A，无法通过调节反向电压使其光电流恰好减小为0，因而会对后续的计算产生误差。 2. 数据处理过程中产生的误差。对于测量结果进行处理时，选择不同的线性拟合函数或不同的拟合方法，均会使所得的拟合直线斜率有所不同；且拟合的计算过程中必然会有精度的丢失，从而导致计算误差的产生。 3. 通过虚拟实验进行数据测量，可以发现误差约为 2% 左右，可以接受；但是在实际的操作环境中，实验过程会受到电磁场的极大影响；因为实验室中往往会存在较多的电解质，而光电管的敏感度又极高，可能会造成电压测量数据变小的情况，从而带入较大的误差。 |
| 【实验心得及思考题】   1. 测定普朗克常数的关键是什么   通过滤光片获得较纯的单色光，进行遏制电压的测定。  不同颜色的光往往对应不同的波长与频率，因而其对映的遏制电压也往往不同；如果入射的光线波长频率并不单一，则可能在低于对映遏制电压时仍然产生光电流，或在高于遏制电压时不产生光电流，使遏制电压与入射光线频率（波长）对映存误，进而影响后续图像的绘制和普朗克常数的计算。   1. 怎样根据光电管的特性曲线选择合适的测定遏止电压的方法   我们需要先测得光电管的伏安特性曲线进而确定遏止电位差值。  由于存在阳极光电效应所引起的反向电流和暗电流，所以测得的电流值，实际上包括上述两种电流和由阴极光电效应所产生的正向电流三个部分，所以伏安曲线并不与U轴相切。由于暗电流是由阴极的热电子发射及光电管管壳漏电等原因产生，与阴极正向光电流相比，其值很小，且基本上随电位差U呈线性变化，因此可忽略其对遏止电位差的影响。阳极反向光电流虽然在实验中较显著，但它服从一定规律。  如果光电管阳极是使用逸出功较大的材料制作的，且制作过程中尽量防止阴极材料的蒸发，则往往可以使反向光电流大大减小，因而可以使用**交点法**以零点近似等于遏制电压数值。  如果设计不同使得反向光电流虽然很大，但可以较快的达到饱和状态，即伏安特性曲线在反向光电流进入饱和段有明显的拐点，则**拐点**的电位差即为遏制电位差。  3) 根据本实验得到的结果，谈谈你对光的量子性的理解  在往常的光学实验中，我们更多接触的是光的波动性，反射、折射、衍射......但光电效应的完美解释，确乎为光的粒子性增添一抹亮色；很难直观想象，与我们日常息息相关的，看得见却摸不着的光，居然也是一种粒子，也有着量子性，着实令人惊讶。  因为线下完成了等厚干涉的实验，而大物理论课程也正值讲解光的量子理论，因此我毅然决然的自选了这个实验进行体验。即使今天，如果没有实验数据的支撑与现象的完美解释，我依然很难相信光的能量不能连续传播，它必定以 hv 的大小一份一份的在空间中传递，而宏观表现出的近似的连续性只不过是因为离散的数值过小，不易被人类的一起精度所体现，从而给人连续性的错觉罢了。  实验心得：  虽然说光的量子性很难被人直观理解，但这却合乎大自然的规律认识。或许通过光电量子性，我们可以认识到电子的能级---电子不能随意的轨道运行，而我们对电子本身的认识，便是不可分割的离散结构（不考虑夸克），电荷携带的最小单位是有界限的，就算肯定夸克的存在，最小单位依然确定，只不过填了一个系数而已；这是否可以说明，自然界在离散性上有很好的统一性，也就是揣测物质的尽头可能真的是一系列最小单位的存在，那由光的量子性就可以联想到我的专业，计算机的表示只能是离散性，这是不是暗示着，世界的最好呈现方式是采用计算机模式，因为计算机与最小物质间可以形成一一对应的关系，也就是计算机的离散计算可以百分百的表示一切物质，远超乎人类的极限之和；如果计算机可以同样表达自然界中的关系逻辑，那任何物质从一个状态向另一个状态的变化过程将可以轻易的被洞悉而表示出来，这样看来物理的尽头就是世界本身！ |

**仔细读数 认真记录**

|  |
| --- |
| 【数据记录及草表】  教师签字： |