课程编号 1800450001

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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： 弗兰克-赫兹实验**

**学 院： 计算机与软件学院**

**指导教师： 高阳**

**报告人： 吴艇 组号： 19**

**学号 2020281061 实验地点 213**

**实验时间： 2021 年 11 月 10 日**

**提交时间：**

|  |
| --- |
| 一、实验目的  在原子物理的发展历程中，丹麦物理学家玻尔(Niels Henrik DaVid Bohr，1885—1962)在1913年发表了原子模型，并因此获得1922年度诺贝尔物理学奖。1914年，弗兰克(James Franck, 1882—1964)和赫兹(Gustar Hertz, 1887—1975)在研究中发现电子与原子发生非弹性碰撞时能量的转移是量子化的。他们的精确测定表明，电子与汞原子碰撞时，电子损失的能量严格地保持，即汞原子只接收的能量。这个事实直接证明了汞原子具有玻尔所设想的那种“完全确定的、互相分立的能量状态”，是对玻尔的原子量子化模型的第一个决定性的证据。由于他们的工作对原子物理学的发展起了重要作用，曾共同获得1925年的诺贝尔物理学奖。  在本实验中，需要了解弗兰克—赫兹实验的原理和方法，测定氩原子的第一激发电位，验证原子能级的存在。 |
| 二、实验原理  (一)玻尔的原子理论  玻尔的原子理论指出：  (1) 原子只能处于一些不连续的能量状态，即，处在这些状态的原子是稳定的，称为“定态”。其中叫基态，叫激发态。原子的能量不论通过什么方式发生改变，只能使原子从一个定态跃迁到另一个定态。  (2) 原子从一个定态跃迁到另一个定态时，它将发射或吸收一定频率的电磁波。如果用和分别代表原子的两个定态的能量，则发射或吸收辐射的频率由以下关系决定：  ()  式中,为普朗克常量。  (二)弗兰克-赫兹实验的原理  原子在正常情况下处于基态，当原子吸收电磁波或受到其他有足够能量的粒子碰撞而交换能量时，可由基态跃迁到能量较高的激发态。从基态跃迁到第一激发态所需要的能量称为临界能量。原子从低能级向高能级跃迁，可以通过具有一定能量的电子与原子相碰撞进行能量交换来实现。本实验就是让电子在真空中与氩原子相碰撞。设氩原子的基态能量为，第一激发态的能量为，从基态跃迁到第一激发态所谣的能量就是。初速度为零的电子在电位差为V的加速电场作用下具有能若eV，若  ，则电子与氩原子只能发生弹性碰撞，二者之间几乎没有能量转移。当电子的能量时，电子与氩原子就会发生非弹性碰撞，氩原子将从电子的能量中吸收相当于的那份能量，使自己从基态跃迁到第一激发态，而多余的部分仍留给电子。设使电子具有能量所需加速电场的电位差为，则  ()  式中为氩原子的第一激发电位，是本实验要测的物理量。  （三）弗兰克-赫兹实验的方法  如图3-5-1所示，充氩气的管中，电子由热阴极发出，阴极K和栅极之间的加速电压使电子加速，在极板P和栅极之间有减速电压（也叫拒斥电压）。当电子通过栅极进入空间吋，如果剩余能量大于，就能到达极板P，即形成电流。电子在空间与氩原子发生碰撞，电子把一部分能量给了氩原子，本身剩余的能量小于，则电子不能到达极板P，如果发生这样情况的电子很多，电流表中的电流将显著下降。    实验时，把的电压逐渐增加，电子在空间的电场作用下被加速而获得越来越大的能量。但在起始阶段。电压较低，电子的能量较小，即使在运动过程中与氩原子相碰撞（为弹性碰撞），也只有微小的能量交换。这样，穿过第二栅极的电子所形成的电流随第二栅极电压的增加而增大（见图3-5-2中段）。当达到氩原子的第一激发电位时，电子在第二栅极附近与氩原子相碰撞（此吋产生非弹性碰撞）。电子把从加速电场中获得的全部能量传递给氩原子，使氩原子从基态激发到第一激发态，而电子本身由于把全部能量传递给了氩原子，它即使穿过第二栅极，也不能克服反向拒斥电压而被折回第二栅极。所以电流将显著减小（见图3-5-2中段）。氩原子在第一激发态不稳定，会跃迁回基态，同时以光子形式向外辐射能量。以后随着第二栅极电压的增加，电子的能量也随之增加，与氩原子相碰撞后还留下足够的能量，这就可以克服拒斥电压的作用力而到达极板P，这时电流又开始上升（见图3 - 5 - 2中段），直到是2倍氩原子的第一激发电位时，电子在空间会因两次非弹性碰撞而失去能量，结果板极电流第二次下降（见图3-5-2中段），这种能量转移随着加速电压的增加而呈周期性的变化。以为横坐标.以板极电流为纵坐标就可以得到谱峰曲线，两相邻谷点（或峰尖）间的加速电压差值，即为氩原子的第一激发电位值。实验发现第一激发电位是个定值，这就证明了氩原子能量状态的不连续性。    注意：第一栅极和阴极之间的加速电压约为1.5 V，用于消除阴极电压散射的影响。 |
| 三、实验仪器：  （一） 技术指标  1. F-H管用电源组  提供F-H管各电极所需的工作电源电压和性能如下所示。  （1） 灯丝电源电压，直流，，连续可调。  （2） 栅极一阴极间电源电压:直流，，连续可调。  （3） 栅极—阴极间电压电源:直流，，连续可调。  2. 扫描电源和微电流放大器  扫描电源提供可调直流电压或输出锯齿波电压作为F-H管电子加速电压。直流电压供手动测量，锯齿波电压供示波器、X-Y记录仪和微机用。微电流放大器用来检测F-H管的板流,性能如下所示。  （1）具有“手动”和“自动”两种扫描方式：“手动”输出直流电压，连续可调；“自动”输出锯齿波电压，扫描上限可以设定。  （2）扫描速率分“快速”和“慢速”两挡:“快速”是周期约为20次/秒的锯齿波，供示波器和微机用；“慢速”是周期约为0.5次/秒的锯齿波，供X-Y记录仪用。  （3）微电流放大器测量范围有，，，四挡。  （二） 面板及功能  FD-FH-I弗兰克-赫兹仪的控制面板如图3-5-3所示。  （1） 显示表头（表头示值×2）指示挡后为实际值；  （2） 微电流放大器量程选择开关，分、、、四挡；    (3) 数字电压表头：可以分别显示值.其中值为数字式表头示值；  (4) 电压调节旋钮；  (5) 电压调节旋钮；  (6) 电压调节旋钮；  (7) 电压调节旋钮；  (8) 电压示值选择开关，可以分别选择;  (9) 输出端口，接示波器Y端，记录仪端或者微机接口的电流输入端；  (10) 扫描速率选择开关，“快速”挡供接示波器观察-曲线或微机用，“慢速”挡供记录仪用；  (11) 扫描方式选择开关，“自动”挡供示波器、记录仪或微机用，“手动”挡供手测记录数据使用；  (12) 输出端口.接示波器端、记录仪端或微机接口电压输入端；  (13) 电源开关。  (三)仪器操作说明  1.示波器演示法  (1)连好主机的后面板电源线，用线将主机正面板上“输出”与示波器上的“相”(供外触发使用)相连，“输出”与示波器“相”相连；  (2)将扫描开关置于“自动”档，扫描速度开关置于“快速”挡，微电流放大器量程选择开关置于“”挡；  (3)分别将示波器“”、“”电压调节旋钮调至“”和“”，“扫描周期”旋钮调至“”， “交直流”全部打到“”；  (4)分别开启主机和示波器电源开关，稍等片刻；  (5)分别调节 (可以先参考给出值)至合适值，将由小慢慢调大(以管不击穿为界)，直至示波器上呈现充氩管稳定的-曲线。  2.手动测量法  (1)调节至最小，扫描开关置于“手动”挡，打开主机电源。  (2)选取合适的实验条件，分别调节至合适值（可以先参考给出值），以手动方式逐渐增大，同时观察的变化。适当调整预置值，使由小到大能够出现5个以上峰。  (3)选取合适实验点，分别从数字式表头上读取和值，再作图可得-曲线，注意示值和实际值的关系。  例表头示值为“3.23”，电流量程选择“”挡，则实际测量电流值应该为“”；表头示值为“6.35”，实际值为“63.5V”。  （四）仪器使用注意事项  (1)仪器应该检查无误后才能接电源，开、关电源前应先将各电位器逆时针旋转至最小值位置。  (2)灯丝电压不宜放得过大，一般在3V左右，如电流偏小再适当增加。  (3)要防止管被击穿（电流急剧增大），如发生击穿应立即调低以免管受损。  (4)管为玻璃制品，不耐冲击，应重点保护。  (5)实验完毕，应将各电位器逆时针旋转至最小值位置。 |
| 四、实验内容：  手绘或使用记录仪测氩的-曲线，并观察原子能量量子化情况，由此求出氩（Ar）原子的第一激发电位。  实验要求有以下几点。  (1)实验条件：为3 V左右，以为1 V左右，为8 V左右（每台仪器有所差别，仪器外壳上有给出的参考值）。用手动方式改变，同时观察微电流计上的随的变化情况。如果增加时电流迅速增加，则表明管产生击穿，此时应立即降低。如果希望有较大的击穿电压，可以通过降低灯丝电压来达到。  (2)适当调整实验条件，使微电流计能出现5个峰以上，波峰波谷明显。  (3)选取合适的实验点记录数据，使之能完整真实地绘出-线或用记录仪记下-曲线。  (4)处理-曲线，求出氩的第一激发电位。  (5)降低或增加灯丝电压，观察-曲线的变化，记录第一峰和最末峰的位置，大概推断灯丝电压对曲线的影响。 |
| 五、数据记录：  组号： 19 ；姓名 吴艇     |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  |  |  |  |  |  | | 0.01 | 0.02 | 2.45 | 10.93 | 4.66 | 9 | | 0.88 | 0.61 | 2.49 | 11.31 | 4.71 | 11.31 | | 0.92 | 1.06 | 3.07 | 11.31 | 5.33 | 11.31 | | 0.96 | 1.5 | 3.12 | 10.16 | 5.5 | 11.31 | | 1.02 | 2.48 | 3.15 | 9.16 | 5.53 | 9.54 | | 1.07 | 3.2 | 3.18 | 8.18 | 5.56 | 8.08 | | 1.26 | 5.93 | 3.25 | 6 | 5.63 | 3.92 | | 1.36 | 7.04 | 3.28 | 5.18 | 5.68 | 4.2 | | 1.54 | 9.01 | 3.34 | 4.55 | 5.72 | 4.73 | | 1.64 | 9.71 | 3.39 | 5.18 | 5.77 | 6.06 | | 1.74 | 9.85 | 3.47 | 7.3 | 5.82 | 8.61 | | 1.86 | 9.47 | 3.52 | 9.53 | 5.87 | 11.31 | | 1.95 | 8.64 | 3.53 | 10.5 | 6.17 | 11.31 | | 2.02 | 7.63 | 3.58 | 11.31 | 6.77 | 11.31 | | 2.07 | 6.94 | 4.27 | 11.31 | 6.81 | 9.62 | | 2.11 | 6.32 | 4.29 | 10.61 | 6.85 | 8.07 | | 2.19 | 5.84 | 4.33 | 8.46 | 6.9 | 7.37 | | 2.24 | 6.21 | 4.43 | 4.5 | 6.97 | 8.2 | | 2.28 | 6.74 | 4.5 | 3.42 | 7.01 | 9.74 | | 2.36 | 8.6 | 4.55 | 4.33 | 7.06 | 11.31 | | 2.4 | 9.54 | 4.6 | 6.25 | 7.1 | 11.31 | |
| 六、数据处理  1.描绘-关系曲线  2.测量氩的第一激发电位  由图得六个峰值：，，，，，  由逐差法  相对误差 |
| 七、结果陈述：  1.-关系曲线中，图像峰值饱和了，这是由于调大了导致的。  2. 氩的第一激发电位与理论值11.61V有差距，这是由于这个第一电位是由图像峰值计算得来，但是图像峰值没能很好的展现出来，所以这一部分存在误差。 |
| 八、实验总结与思考题  实验总结：  在本次实验中，在观察示波器由于自动挡扫描时调整参数需要一点时间让示波器显示正确，我没等到显示稳定就调到手动来记录数据，而导致图像峰值饱和了到后面记录时才发现。这也导致了后面在测量氩的第一激发电位时存在误差。  思考题：  1.第一峰对应的电压与第一激发电位是否一致？为什么？  不等于，一开始的增加是为了给电子克服减速电压（拒斥电压），此时电子能到达极板P，开始产生电流，然后继续增加，电流增加，当达到克服减速电压所要电压与第一激发电位之和时，电子和氩原子发生弹性碰撞，从而电流下降，所以两者关系应是第一峰对应的电压>氩原子第一及激发电位。  2.根据你测到的值，计算氩原子从第一激发态跃迁回基态时应该辐射多大波长的光？与公认值比较误差。  测量得氩原子第一激发电位：，，  查阅得：公认值，  相对误差 |
| 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20分 | 结果陈述实验总结10分 | 思考题  10分 | **报告整体**  **印 象** | **总分** | |  |  |  |  |  |  |  | |