

二十一世纪大学物理精品实验教程

JINDAI WULI SHIYAN

近代 物理实验

李治学等 编著



科学出版社
www.sciencep.com

二十一世纪大学物理精品实验教程

近代物理实验

李治学等 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

根据物理实验教学改革的要求,本书遴选出曾在近代物理学的发展上起过重要作用的经典实验,内容涉及原子物理、原子核物理、真空技术、电子衍射、激光、全息照相、光学、微波、磁共振、高温超导等学科。同时,我们尽量将新的实验方法和技术、现代高新技术与计算机技术应用在近代物理实验中,其目的是为了拓展学生的视野和知识面,使他们了解高新技术在实际中的应用,激发他们动手和创新的能力。为鼓励创新,书中增加了13个设计性实验。学生可以自选题目,还可以自拟题目,实行开放式教学方式;为了提高学生的综合能力,也介绍了计算机模拟实验的内容。

本书可作为高等院校,特别是高等师范院校和教育学院物理专业学生“近代物理实验”课程的教材,也可作中学物理教师、物理实验教学与实验技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

近代物理实验/李治学等编著. —北京:科学出版社,
2007.1

ISBN 978-7-03-018234-0

I. 近... II. 李... III. 物理学—实验—高等学校—教材
IV. 041-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 148909 号

责任编辑:张展 邹荃

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年1月第 一 版

开本:787×1092 1/16

2007年1月第一次印刷

印张:12.75

印数:1—3 000

字数:320 000

定价:25.00元

目 录

实验一 弗兰克—赫兹实验	(1)
实验二 氢(氘)原子光谱	(19)
实验三 塞曼效应	(30)
实验四 光学全息照相	(43)
实验五 光电效应法测普朗克常数	(52)
实验六 光速测量	(63)
实验七 真空技术与真空镀膜	(77)
实验八 电子衍射实验	(86)
实验九 微波基础知识	(95)
实验十 核磁共振	(109)
实验十一 光泵磁共振	(119)
实验十二 电子自旋(顺磁)共振	(128)
实验十三 铁磁共振	(143)
实验十四 密立根油滴实验	(151)
实验十五 高温超导材料特性测试	(159)
实验十六 音频信号光纤传输技术	(168)
设计性实验	(178)
实验一 显微镜、望远镜、放大镜组装	(179)
实验二 测量物体的质量和密度	(180)
实验三 测定光电二极管特性	(180)
实验四 测量 PN 结的温度特性	(181)
实验五 热敏电阻特性研究	(182)
实验六 红外传感探测器	(182)
实验七 太阳能电池基本特性研究	(185)
实验八 测量硅光电池相对光谱响应曲线	(186)
实验九 冰的溶解热的测定	(188)

实验十 变阻伏安特性研究	(188)
实验十一 液体折射率的测定	(189)
实验十二 计算机电磁辐射的研究	(189)
实验十三 现代教育设备综合应用	(190)
计算机模拟实验	(193)
附表:常用物理常数表	(198)

实验一

弗兰克-赫兹实验

光谱学的研究证明了原子能级的存在,原子光谱中的每根谱线表示原子从某一个较高能态向另一个较低能态跃迁时的辐射。然而,原子能级的存在,除了可由光谱研究得到证实外,1914年,德国物理学家弗兰克(J. Franck)和赫兹(G. Hertz)用加速电子与稀薄气体原子碰撞的方法,使原子从低能级激发到高能级,并通过测量电子和原子碰撞时交换某一定值的能量,直接证明了原子能级的存在,也证明了当原子发生跃迁时吸收或辐射的能量是完全确定的、不连续的、量子化的,并清晰地揭示了原子能级的图像,为波尔理论提供了直接而独立的依据。弗兰克-赫兹实验也成为探索原子结构的一个重要实验。弗兰克和赫兹获得了1925年的诺贝尔物理学奖。

本实验用加速电子与稀薄气体原子(汞原子或氩原子)碰撞的方法,测得汞原子(或氩原子)从基态跃迁到第一激发态所吸收的能量为4.9eV,直接证明了原子能级的存在,也证明了原子发生跃迁时吸收和发射的能量是完全确定的、不连续的。

[实验目的]

1. 通过测定汞原子(或惰性气体原子)的第一激发电位,证明原子能级的存在。
2. 掌握弗兰克-赫兹(或智能化)实验仪和X-Y函数自动记录仪的使用方法。

[实验原理]

玻尔提出的原子理论指出:

1. 原子只能较长久地停留在一些稳定状态(简称为定态)。原子在这些状态时,不发射或吸收能量;各定态有一定的能量,其数值是彼此分隔的。原子的能量不论通过什么方式发生改变,它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而发射或吸收辐射时,辐射频率是一定的。

根据玻尔提出的原子理论,当原子从低能态跃迁到高能态时,必须要吸收一定的能量,若用 E_m 和 E_n 分别代表高能态和低能态的能量,吸收的能量来自于频率为 ν 的光子,则

$$h\nu = E_m - E_n \quad (1)$$

式中, $h=6.62617 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{S}$, 称为普朗克常数。

为了使原子从低能级向高能级跃迁, 可以通过具有一定频率 ν 的光子进行照射来实现; 还可以通过具有一定能量的电子与稀薄气体的原子发生碰撞时, 进行能量交换来实现。弗兰克-赫兹是采用后一种方法做了这个实验。

本实验是通过具有一定能量的电子与原子相碰撞而进行能量交换的办法促使原子进行能级跃迁的。

设初速度为 0 的电子在电位差为 U_0 的加速电场作用下, 获得能量为 eU_0 。当具有这种能量的电子与稀薄气体的原子(本实验为汞原子或惰性气体)发生碰撞时, 就会发生能量交换。如以 E_1 和 E_2 分别代表汞原子的基态能量和第一激发态能量, 那么, 当汞原子获得从电子传递来的能量恰好为

$$eU_0 = E_2 - E_1 \quad (2)$$

时, 汞原子就会从基态跃迁到第一激发态, 相应的电位差 U_0 称为汞原子的第一激发电位。如果我们能够测出 U_0 , 即可求出汞原子的基态和第一激发态之间的能级差。下面我们来说明如何利用弗兰克-赫兹实验确定 U_0 。

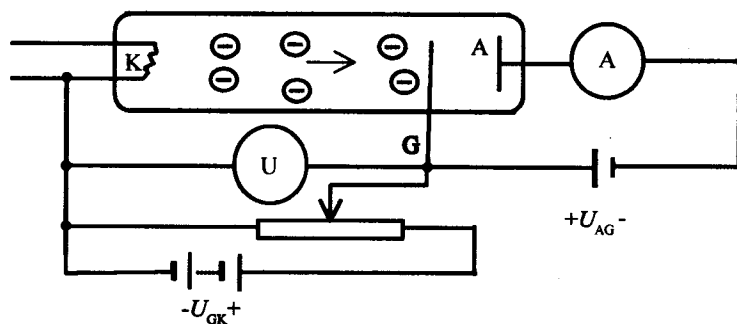


图 1-1 实验原理图

弗兰克-赫兹实验的原理如图 1-1 所示。在充汞的弗兰克-赫兹管中, 电子由热阴极 K 发出, 并由阴极 K 和栅极 G 之间的加速电压 U_{GK} 使电子加速, 在板极 A 和栅极 G 之间加有反向拒斥电压 U_{AG} 。忽略空间电荷分布后, 管内空间电位分布如图 1-2 所示。

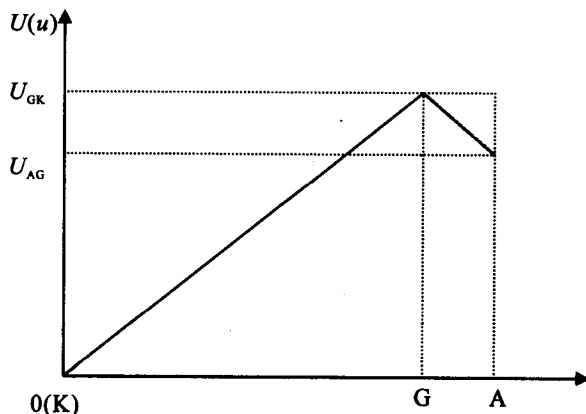


图 1-2 管内空间电位分布图

从热阴极 K 发出的大量低速电子经 G、K 间的电压 U_{GK} 加速后获得能量,并在此空间内与汞原子发生碰撞。

当 $U_{GK} < U_0$ 时,电子获得的能量小于 eU_0 ,但起始阶段由于电压较低,电子能量较小,即使在运动过程中它与汞原子相碰撞也只有微弱的能量交换(视为弹性碰撞)。由于电子质量远小于汞原子的质量,电子由保持原动能不变逐步到达栅极,到达栅极的电子克服拒斥电场后到达板极形成板极电流,由微电流计 A 指示出电子输入量的大小。随着 U_{GK} 从零逐渐增加,空间电荷区域减弱(导致阴极发射电子流的增加)以及电子速度的增加(导致冲破拒斥电场阻碍的电子数增加),因而板极电流逐渐上升(如图 1-3 中 AB 段)。

当 $U_{GK} = U_0$ 时,电子在大部分路程中与汞蒸汽原子作弹性碰撞,并被电场加速,只是在接近栅极时才积聚到足够的能量与汞原子做非弹性碰撞,此时汞原子从电子身上吸收 eU_0 的能量后从基态跃迁到第一激发态,而电子将失去全部能量而被拒斥电场所筛去,从而不能到达板极 A。因此板极电流 I_A 急剧减小(如图 1-3 中 BC 段)。

随着栅极电压 U_{GK} 的增加($U_{GK} > U_0$),电子的能量也随之增加,在与汞原子相碰撞后还留下足够的能量,这就可以克服反向拒斥电场的的作用而达到板极 A,这时电流 I_A 随着 U_{GK} 的增加又开始上升(如图 1-3 中的 CD 段),直到 K、G 间电压是二倍汞原子的第一激发电位 U_0 时,电子在 K、G 间又会因第二次非弹性碰撞而失去能量,因而又造成了第二次板极电流 I_A 的下降(图 1-3 中的 DE 段)。

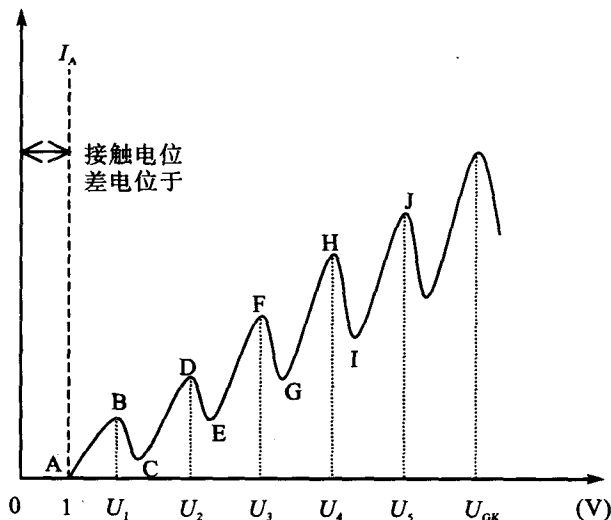


图 1-3 I_A-U_{GK} 曲线

同理,凡是当

$$U_{GK} = nU_0 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

时,板极电流 I_A 都会相应下跌,形成图 1-3 所示那样规则起伏变化的 I_A-U_{GK} 曲线。而在两相邻的波峰或波谷相对应的 U_{GK} 之差,即 $U_0 = U_{n+1} - U_n$ 应该是汞原子的第一激发电位。

本实验就是通过实际测量证实原子能级的存在,并测定汞原子的第一激发电位 U_0 (公认值 $U_0 = 4.9\text{eV}$)。

下面我们对 I_A-U_{GK} 曲线做一简单说明。

(1) 曲线上的 U_1 并不是 4.9V, 而是要大一些(约 6V), 这是由于阴、栅极不是同一材料制成的, 存在着接触电位差。

(2) 从 I_A-U_{GK} 曲线我们可以看出, 随着 U_{GK} 的增加, I_A 逐渐增加, 这是因为随着 U_{GK} 的增加, 电子获得的能量越大, 速度越快, 它在原子附近停留的时间很短, 来不及进行能量交换, 从而降低了电子与汞原子的碰撞概率, 因此, 穿过栅极的高能电子增多, 使板极电流 I_A 增加。

(3) 实验中, 管子需要放在加热炉内加热到适当的温度(约 $140^{\circ}\text{C}\sim 190^{\circ}\text{C}$), 温度对电子与汞原子碰撞过程是至关重要的。当温度升高时, I_A 将明显减小, 这是因为温度升高时, 单位体积的汞原子数增加, 因而碰撞次数增多, 这样导致非弹性碰撞的几率增加; 当温度低到 $70^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 时, 由于单位体积内汞原子数的减少导致电子的平均自由程增加, 则电子在一个平均自由程中可积聚更大的能量去激发高能级, 以致使汞原子电离, 由此可测出汞的电离电位值。

(4) 灯丝电压对曲线的影响较大。灯丝电压过高, 阴极发射的电子数过多, 易使微电流放大器饱和, 引起 I_A-U_{GK} 曲线阻塞; 灯丝电压过小, 参加碰撞的电子数少, 反映不出非弹性碰撞的能量交换, 造成曲线峰谷很弱, 甚至得不到峰谷。一般灯丝电压取什么值合适, 需要在实验中通过测试得到。

(5) 拒斥电压 U_{GA} 对 I_A-U_{GK} 曲线也有较大的影响。偏小时, 起不到对非弹性碰撞失去能量的电子的筛选作用, 峰谷差小; 太大时, 筛选作用太明显, 使本来很多能达到板极的电子筛去, 导致峰谷差小。实验表明, U_{GA} 取 1.0~2.0V 较好。

原子处于激发态是不稳定的, 被激发到第一激发态的原子要返回基态。发生这种反跃迁时, 原子以释放光子的形式向外辐射能量, 就应该有 eU_0 电子伏特的能量发射出来, 辐射的波长可由下式得到:

$$eU_0 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad (4)$$

$$\text{对于汞, } \lambda = \frac{hc}{eU_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.000 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 4.9} = 2.5 \times 10^2 \text{ nm}$$

从光谱学的研究中确实观测到了此根波长为 253.65nm 的紫外线, 此值与用弗兰克-赫兹实验的结果 4.9eV 所计算得到的值符合得非常好, 这条谱线正好对应汞原子的第一激发电位所对应的能量。因此, 实验证明了原子内部确实存在量子化的能级。这也充分显示了弗兰克-赫兹实验设计的正确性。

将充汞的弗兰克-赫兹管放在恒温加热炉中加热到一定温度, 汞滴汽化后, 管内达到一定的气压。对灯丝通电, 使阴极受热发射电子, 栅极 G 和阴极 K 之间接上 0~60V 左右可连续变化的直流电源, 给电子提供不同的能量; 板极 P 与栅极 G 之间加上一 1.4V 左右反向拒斥电压。 I_A 随 U_{GK} 变化的情况, 可通过微电流测量放大器直接用手动的方式进行测量, 也可通过微电流测量放大器输出到示波器进行观察, 或用 X-Y 函数记录仪自动记录。

[实验仪器]

弗兰克-赫兹真空管、控温加热炉、微电流测量放大器、慢扫描示波器、X-Y 函数记录仪

(LZ3-100 型)、万用电表、计算机。

[仪器简介— F-H-I 型实验仪]

1. 弗兰克-赫兹管

一种特制充汞或其他气体(如氩、氙、氦)的真空三(或四)极管,管内有平面状的板极 P、网状栅极 G 和间接式氧化物阴极 K。将管内抽至高度真空后,可充入高纯度的汞滴或其他惰性气体。此外,管内还有用以吸收管内杂质气体的长效消气剂,灯丝由电压 6.3V(伏)左右的交流电源加热(具体值由实验测定)。

2. 加热炉

内装 400W 的电炉丝用以加热,并用石棉层保温,用双金属片控温开关调节和自动稳定炉温。炉温在 $120^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ 之间,具体值由实验测得。炉子顶部的小孔插温度计用,应使温度计的水银泡与 F-H 管的阴极与栅极中部齐平。

3. 微电流测量放大器

主要是给 F-H 管提供电源,并对到达板极的电流 I_A 进行放大,由微安表检测、指示。

(1)放大器 K、H 输出端可提供 3~8V 交流电作灯丝电源,并可调节。

(2)放大器 K、G 输出端可提供 0~50V 的连续可调直流电源,用作栅极电源 U_{GK} ,和还可提供周期约 5 秒,幅度 50V 的锯齿波电源,供示波器显示和函数记录仪自动记录。

(3)提供反向拒斥电源 U_{AG} ,约 -1.4V。

(4)微电流测量放大器的测量范围在 $10^{-7}\sim 10^{-1}$ A。在仪器的背后有接示波器和 X-Y 函数自动记录仪的输出接口和转换开关。

4. X-Y 函数自动记录仪

主要作用是把微电流测量放大器中的锯齿波发生器所发出的 U_{GK} 锯齿波信号,输入到 X-Y 函数自动记录仪的 X 轴,而把板极 A 所检测到的电流 I_A 经微电流测量放大器放大后输入 X-Y 函数自动记录仪的 Y 轴,则 X-Y 函数自动记录仪将自动扫描绘出 I_A-U_{GK} 曲线,供进行有关数据的分析使用。

5. 慢扫描示波器

主要供观察 I_A-U_{GK} 曲线用。

[实验内容]

1. 手动测量

(1)给加热炉接通交流电源 220V,设置好炉温(180°C 左右),使温度计水银泡在规定位置(与 F-H 管内加速区的中部齐平)。

(2)检查放大器“栅压调节”和“灯丝电压”旋钮是否已处于最小值位置(即反时针旋到底),将“栅压选择开关”置 DC 挡,再打开微电流测量放大器电源开关,预热。

(3)预热 20min 后,进行“零点”和“满度”校准(把相应旋钮置于“零点”和“满度”处),然后接通微电流测量放大器与加热炉上各对应的接线端口(注意:不能让 G、H、K 短路和接错)。用万用表的交流挡测量灯丝电压,由微电流测量放大器上的“灯丝电压”旋钮调节到合适的电压值

(由实验室给出具体电压值)。

当炉温达到设定值后,就可进行逐点测量。调节微电流测量放大器上的“栅压调节”旋钮,使 U_{GK} 栅压从 0~50V 逐渐增加,同时观察 I_A 的变化。要求栅压每增加 1V,读取一次对应的 I_A ,将这一组数据填入事先设计好的表格中。为了作好 I_A-U_{GK} 曲线,比较准确的测出“峰”值和“谷”值,要求在峰、谷值附近多测几组 $I_A、U_{GK}$ 值,目的是把峰、谷值找准。微安表满偏时,可改变“倍率”旋钮,扩大量程继续进行测量;若 F-H 管中出现蓝色辉光,管子已临近击穿,应立即将栅压 U_{GK} 降至零。当手动测试完后,栅压 U_{GK} 也应降至零。

(4)按照测量所得的数据,在坐标纸上,以栅压 U_{GK} 为横坐标轴, I_A 为纵坐标轴,逐点作 I_A-U_{GK} 曲线。根据该曲线,将谷值的电压用逐差法或求平均值的方法,进行数据处理,求出汞原子的第一激发电位 U_0 。

2. 自动测量

(1)用 X-Y 函数自动记录仪记录

将微电流测量放大器上的“栅极电压”反时针方向旋至最小,把栅压 U_{GK} 接在 X-Y 函数自动记录仪的 X 轴上,而把板极电流 I_A 接到 X-Y 函数自动记录仪的 Y 轴上,检查无误后,打开 X-Y 函数自动记录仪的电源开关,把记录笔调节到合适的位置(记录笔在“记录/抬起”的位置处的状态)。

调节微电流测量放大器上“倍率”旋钮至合适的挡,检查微电流测量放大器背面的选择开关是否在记录一侧。将“栅压选择”置中,则 X-Y 函数自动记录仪将自动记录下 I_A-U_{GK} 曲线。然后分析此曲线,测定 U_0 值。

(2)用慢扫描示波器观察

将微电流测量放大器上的“栅极电压”反时针方向旋至最小,把栅压 U_{GK} 接在慢扫描示波器 X 轴上,而把板极电流 I_A 接到慢扫描示波器 Y 轴上,检查无误后,打开慢扫描示波器上的电源开关,预热。

检查微电流测量放大器背面的选择开关是否在示波器一侧,无误后,将“栅压”选择置中,观察慢扫描示波器上的 I_A-U_{GK} 曲线。

[仪器简介二 分体式 F-H-Ⅱ型实验仪]

1. 简介

本实验仪由以下三大部分组成:

- (1)F-H 管电源组;
- (2)扫描电源和微电流放大器;
- (3)F-H 管加热炉、控温装置(使用充氩 F-H 管则不用加热、控温部分)。

实验装置中使用的是 F-H 四极管,其具有工作电流小、寿命长、信号电流大,谱峰数目多的特点。提供给 F-H 管的各组电压稳定性能良好。微电流放大器无需外部调零,且有很好的抗干扰能力。加热炉中 F-H 管的前面板上标有 F-H 管各电极的接线端口,十分直观形象;后面板中间有玻璃窗口,可看到内部的 F-H 管。可根据不同的实验需要进行组合接线(如测量电离电位,第一激发电位及高激发电位等)。

各部分的指标为:

- (1) F-H 管电源组: 电源为交流 $220\text{V} \pm 10\%$, 功率约 25W ;
- (2) 扫描电源和微电流放大器: 电源为交流 $220\text{V} \pm 10\%$, 功率约 25W ;
- (3) 加热炉及控温装置: 电源为交流 $220\text{V} \pm 10\%$, 功率约 100W 。

2. 仪器性能及面板调节功能

(1) F-H 管电源组

用来提供 F-H 管各极所需的工作电压, 性能要求如下:

- 1) V_f : 灯丝电压, 直流 $1 \sim 5\text{V}$ 电压可连续调节;
- 2) $0 \sim 5\text{V}$ 输出: 直流 $0 \sim 5\text{V}$ 连续可调电压;
- 3) $0 \sim 15\text{V}$ 输出: 直流 $0 \sim 15\text{V}$ 连续可调电压。

前面板上各调节旋钮的作用如下:

- 1) 电源开关及指示灯;
- 2) 灯丝电压 V_f 调节电位器: $1 \sim 5\text{V}$ 可调;
- 3) 灯丝电压表: 量程 $0 \sim 5\text{V}$;
- 4) 灯丝电压输出接线柱;
- 5) $0 \sim 5\text{V}$ 调节电位器;
- 6) $0 \sim 5\text{V}$ 电压表: 量程 $0 \sim 5\text{V}$;
- 7) $0 \sim 5\text{V}$ 电压输出接线柱;
- 8) $0 \sim 15\text{V}$ 电压调节电位器: $0 \sim 15\text{V}$;
- 9) $0 \sim 15\text{V}$ 电压表: 量程 $0 \sim 15\text{V}$;
- 10) $0 \sim 15$ 电压输出接线柱。

(2) 扫描电源和微电流放大器

提供 $0 \sim 90\text{V}$ 的连续可调直流电压或慢扫描输出锯齿波电压, 作为 F-H 管的加速电压, 提供手动测量或函数记录仪测量。微电流放大器用来检测 F-H 管的板流, 性能要求如下:

- 1) 具有“手动”、“自动扫描”两种工作方式, “手动”测量时, 可输出连续可调的加速电压为 $0 \sim 90\text{V}$;
- 2) “自动扫描”测量时, 可输出周期约为 60S 的锯齿波电压, 其上限幅度在 $50 \sim 90\text{V}$ 间可由自己设定;

- 3) 微电流放大器测量范围为 10^{-8}A 、 10^{-7}A 、 10^{-6}A 三挡。

前面板上各调节旋钮作用如下:

- 1) 电源开关及指示灯;
- 2) 微电流放大器量程选择开关: 三挡可选;
- 3) 微电流指示表头: 若量程选在 10^{-8} 挡时, 即表示满刻度指示为 10^{-8}A , 其他量程挡依此类推;
- 4) 微电流放大器输入电缆 BNC 插座;
- 5) 微电流放大器输出电缆 BNC 插座;
- 6) 极性选择开关: 可改变微电流放大器输出电压的极性;

- 7)扫描选择开关:用来选择“手动”或“自动”工作方式;
- 8)手动调节电位器:在手动工作方式中,调节此电位器,可输出0~90V的加速电压值;
- 9)自动上限调节电位器:调节此电位器,可改变自动扫描电压输出的上限。如在用充汞F-H管时,可将上限设置到50~60V;
- 10)数字电压表,指示加速电压值;
- 11)加速电压输出接线柱。

(3)F-H管,加热炉及控温装置

实验中使用的F-H管是一种充汞(高纯汞滴或充氙气的)特殊真空管,安装于加热炉内。前面板画有F-H管示意图,F-H管内各电极已引到前面板的瓷接线柱和BNC插上。炉顶有安装温度计的小孔,温度计须和控温装置配合使用。通过后面板的玻璃窗口可观察到内部的F-H管。加热炉具有石棉夹层,保温性能好(使用充氙的F-H管,不加热,不用控温部分)。

性能要求如下:

- 1)谱峰数:充汞F-H管 ≥ 10 ;
- 2)温控范围:120℃~200℃。

前面板上各部件作用如下(如图1-4):

- ①:F,F接线柱,F-H管灯丝电极;
- ②:K接线柱,F-H管阴极;
- ③:G1接线柱,F-H管第一栅极;
- ④:G2接线柱,F-H管第二栅极;
- ⑤:PBNC插座,F-H管板极;
- ⑥:三接线柱,用于接地。

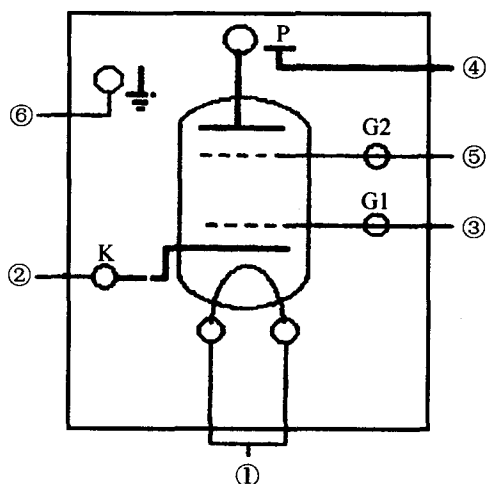


图 1-4 管脚示意图

3. 操作使用

(1)加热控温部分

将温度计棒插入炉顶小孔内,温度计棒上有一固定夹用来调节此棒插入炉中的深度,固定夹的位置已调整好,温度计棒插入小孔即可。

温度计棒尾端有电缆线连到“传感器”专用插头上,将此“传感器”插头插入控温仪后面板专用插座上;

用电源馈线将加热炉和控温仪连接起来(先将焊片接到控温仪后面板的接线柱上,再将插头插入加热炉的插座上,最后将单相电源插头插入市电接线板的插座上);

控温仪的电源插头插入市电接线板,旋动控温仪右侧的控温旋钮,设置所需的温度(如140℃,180℃等),打开控温仪电源,红色指示灯亮,表示处于加热状态。

让加热炉升温15~30min左右,待温控继电器跳变时(指示灯同时跳变为绿色)已达到预定的炉温,即可进行测量。

(2)仪器的连接操作

实验仪的整体连接可参考图1-5(适用于汞原子的第一激发电位的测量)。

在对恒温加热炉预热的同时,可按图1-5接线,或根据不同的实验内容进行连线。

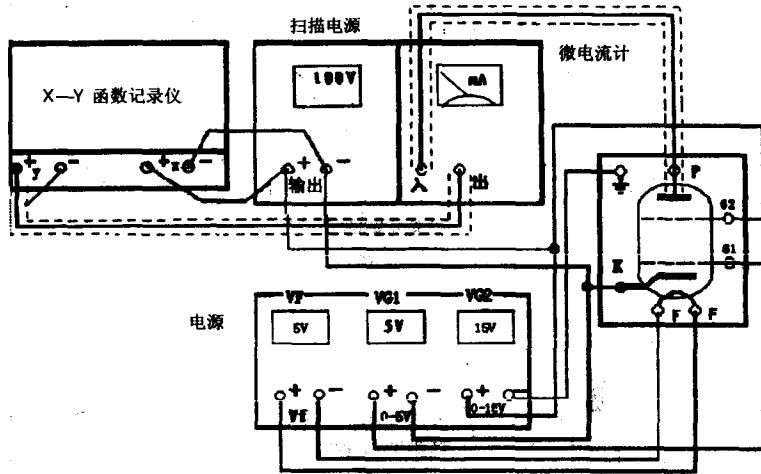


图 1-5 接线图

将电源部分的“ V_f ”调节电位器、扫描电源部分的“手动调节”电位器旋到最小(逆时针方向),扫描选择置“手动”挡。微电流放大器量程选择,对充汞管可选或 A 挡。待炉温到达预定温度后,接通两台仪器(F-H 管电源、扫描电源和微电流放大器)的电源。

根据提供的 F-H 管参考工作电压数据,分别调节好 V_f , V_{G1} 和 V_{G2} 的电压,预热 3~5min。

(3) 手动测量

缓慢调节“手动调节”电位器,增大加速电压,并注意观察微电流放大器电流表指针的指示,在电流表上应可观察到峰、谷值信号。

对充汞管加速电压达到 50~60V 时,约有 10 个峰值出现;对充氩管加速电压达到 50V 左右,可有 6~7 个峰值。

在测量过程中,当加速电压加到较大时,若发现电流表突然大幅度量程过载,应立即将加速电压减少到零,然后检查灯丝电压是否偏大,或适当减小灯丝电压(每次减小 0.1~0.2V 为宜)后再进行一次全过程测量。若在全过程测量中,电流表指示偏小,可适当加大灯丝电压(每次增大 0.1~0.2V 为宜)。

(4) 自动扫描测量

将“手动调节”电位器旋到零,函数记录仪先不加电。调节“自动上限”电位器,设定锯齿波加速电压的上限值。先将电位器逆时针方向旋到最小,此时对充汞管输出锯齿波加速电压的上限值约为 50V;也可先将电位器顺时针方向旋至最大,此时对充氩管输出锯齿波加速电压的上限值约为 90V。然后将“扫描选择”开关拨到“自动”位置;片刻后,开始输出锯齿波加速电压,从电流表上可观察到峰、谷值信号。锯齿波扫描电压达到上限值后,会重新回复到零,开始下一次的扫描。在数字电压表、电流表上观察到正常的自动扫描及信号后,可采用函数记录仪记录。记录仪的 X 输入量程可置于 5V/cm 挡, Y 输入量程可按电流信号的大小来选用,一般可先置于 0.1V/cm 挡。开启记录仪,即可绘出完整的 I_A-U_{GK} 谱峰曲线。

[仪器简介三 FD-TX-FH-I 型实验仪]

本实验仪用于测试惰性气体氩气的第一激发态,因此没有加热部分,实验仪面板如图 1-6

所示。

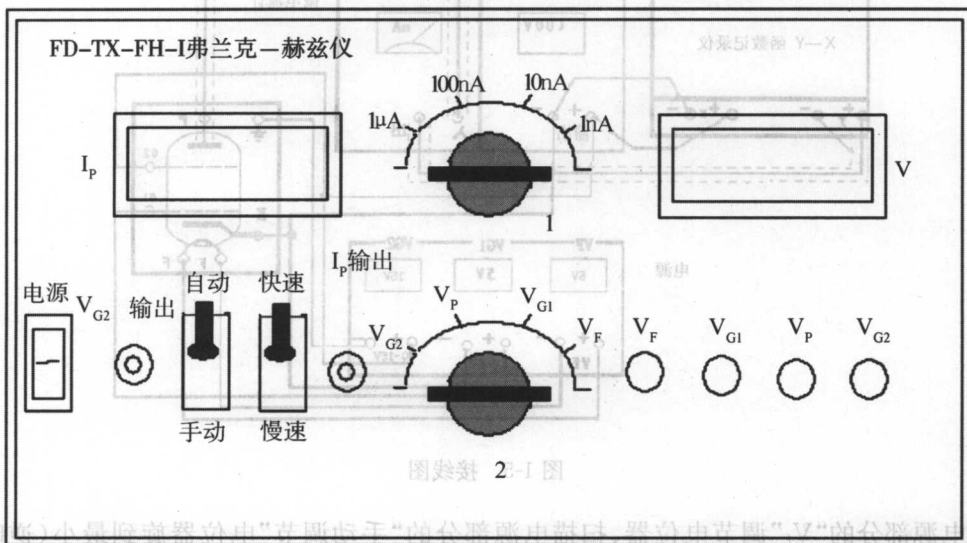


图 1-6 FD-TX-FH-I 弗兰克-赫兹仪

1. 面板各开关、旋钮的功能

I_P : 电流表, 数显, 指示 I_P 电流值, $I_P = I_P$ 电流增益选择开关指示值/100;

V : 电压表, 数显, 指示当前电压值, 通过电压选择开关分别指示 V_F, V_{G1}, V_P, V_{G2} (衰减 10 倍) 的值;

1: I_P 电流增益选择开关, 分为四挡: $1\mu A, 100nA, 10nA, 1nA$;

2: 电压选择开关, 选择真空管各极的电压;

电源: 电源开关, 置“1”为开, 置“0”为关;

自动/手动: V_{G2} 扫描方式选择开关, 分“手动”和“自动”两挡;

快速/慢速: V_{G2} 扫描速度选择开关, 分“快速”和“慢速”两挡;

V_{G2} 输出: V_{G2} 扫描电压输出, 输出电压值为 V_{G2} 值/10;

I_P 输出: I_P 电流输出;

V_F : 真空管灯丝电压调节旋钮;

V_{G1} : V_{G1} 电压调节旋钮;

V_{G2} : V_{G2} 电压调节旋钮;

V_P : V_P 电压调节旋钮。

仪器电源插座在后盖板上, 接入 220V 交流电。

2. 仪器操作

(1) 将所有旋钮反时针旋到底, 扫描方式置“手动”, I_P 电流增益选择开关置 $10nA$ (或者 $100nA$), I_P 输出和 V_{G2} 输出通过 Q9 接头接至示波器或其它记录设备相应接口上。

(2) 打开电源, 将 V_{G1}, V_P 电压调至参考值 (见仪器上生产厂家提供的参数), V_{G2} 调节至 50 伏 (电压表读数为 5), 然后逐渐调节 V_F , 使 I_P 电流值为 $30nA$ 。调节时, 电压选择开关置于相应

档。

(3)扫描方式置“手动”，电压置于 V_{G2} ，逐渐调节 V_{G2} ，并观测 I_P 电流值，记录下相应的 $V_{G2} - I_P$ 值，据此数据组，即可描绘出 $I_P - V_{G2}$ 关系曲线。

(4)如果用示波器观察，将扫描方式置“自动”，扫描速度置“快速”。

(5)如果用函数记录仪或计算机记录，将扫描方式置“自动”，扫描速度置“慢速”。

同时请注意：调节 V_{G2} 、 V_F 时，不能过大，避免导致电子管电离。当发现 I_P 负值或正值超过 $10\mu A$ 时，应迅速关机，5min 后再开机。

3. 使用注意事项。

(1)实验装置使用 220V 交流单相电源，电源进线中的地线要接触良好，以防干扰和确保安全。

(2)X-Y 函数记录仪的 X 轴输入端不能与 Y 轴的输入端连接，也不能与记录仪的地线连接，否则要损坏仪器。

(3)F-H 管采用间热式阴极，改变灯丝电压后会有 1min 左右的滞后。

(4)加热炉外壳温度较高，移动时注意不要用手接触炉壁，导线也不能靠在壁上，以免熔化塑套，引起短路。

(5)更换 F-H 管时要切断仪器电源，待炉温冷却后才可移开加热炉前面板，将瓷小七脚管座上的管子向上拔出，然后插入新的 F-H 管，并调测相关参数。

(6)F-H 管顶上的烧结处，要避免碰撞，以免造成管子漏气。

[仪器简介四 XD-FHW(或 FHZ)智能弗兰克-赫兹实验仪]

[实验目的]

1. 测氩原子的第一激发电位。
2. 分析温度和灯丝电流对 F-H 实验曲线的影响。
3. 了解计算机实时测控的一般原理与使用方法。

[实验仪器面板及功能]

XD-FHZ 智能仪面板名称及功能其如图 1-7 所示。

1. 弗兰克-赫兹管各输入电压连接插孔和板极电流输出插座。
2. 弗兰克-赫兹管所需激励电压的输出连接插孔，其中左侧输出为正极，右侧为负极、
3. 温度显示。
4. 测试电流指示区：用四位七段数码管指示电流值，用“选择”键，选择不同的电流量程挡（按一次“选择”键，变换电流量程挡一次，指示灯指示当前电流量程挡位，同时对应电流指示的小数点位置随之改变，表明量程已变换）。

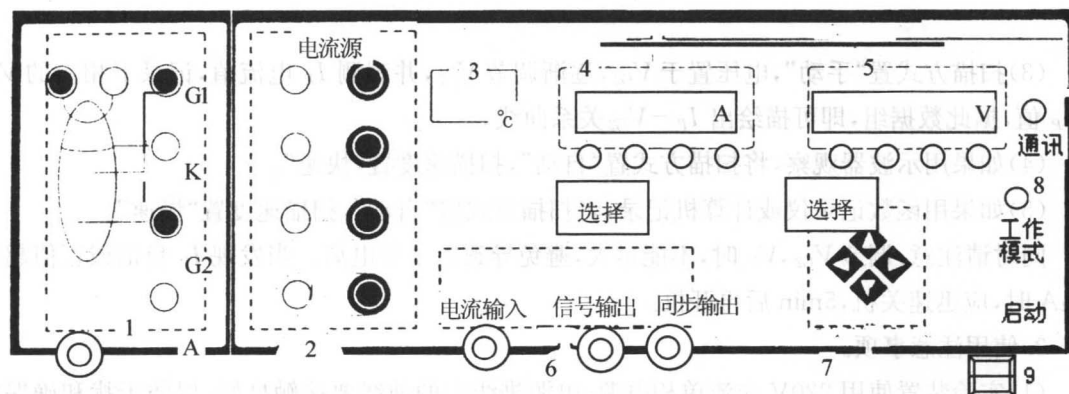


图 1-7 XDFHZ 智能仪面板图

5. 测试电压指示区:用四位七段数码管指示当前选择电压源的电压值,用“选择”键,选择不同的电压源(按一次“选择”键,变换电压源一次,设有选择指示灯指示当前选择的电压源,同时对应的电压源指示灯随之点亮,表明电压源变换选择已完成,可对选择的电压源进行电压设定和修改)。

6. 测试信号输入输出区:

“电流输入”插座输入弗兰克-赫兹管极板电流;

“信号输出”插座输出被放大后的弗兰克-赫兹管极板电流;

“同步输出”插座输出正脉冲同步信号。

7. 设置电压值按键区。主要用于:改变当前电压源电压设定值;自动测试完成后,设置查询电压(当按下左/右方向键,循环移动当前电压值的设置位,选取的位闪烁,提示目前在设置的电压位置;按下增(上)/减(下)方向键,电压值在当前设置位递增/递减一个增量单位值)。

同时请注意:

灯丝电压 V_F , V_{G1K} , V_{G2K} 的电压值的最小变化值是 0.1V;电压源 V_{G2K} 的电压值的最小变化值是 0.5V,自动测试查询时是 0.2V。

如果当前电压值加上一个单位电压值后的和值超过了允许输出的最大电压值,再按下向上方向键,电压值只能设置为最大允许电压值。

如果当前电压值减去一个单位电压值后的差值小于零,再按下向下方向键,电压值只能设置为零。

8. 工作状态指示灯(A/M),红灯亮,表示自动扫描;绿灯亮,表示手动扫描。

启动键:状态参数设置好后,按该键启动测试。“启动”按键与“工作方式”按键共同完成多种操作。

“通信”指示灯:通信指示灯指示实验仪与计算机的通信状态。

9. 电源开关。

[XDFHW(或 FHZ)智能弗兰克-赫兹实验仪后面板功能说明]

智能弗兰克-赫兹实验仪后面板上有交流电源插座,插座上自带有保险管座;如果实验仪已升级为微型机,则通信插座(计算机串口)可以连接计算机,否则该插座不可使用。