

弗兰克-赫兹实验

Franck-Hertz Experiment

型号: BEX-8502



使用本产品前请仔细阅读本手册。

目录

产品清单	3
引言	4
实验原理	4
安装和维护	6
实验准备	7
实验一：手动测量普朗克常数	10
实验二：自动测量和分析弗兰-克赫兹实验	12
附录 A：主要技术参数	16
附录 B：实验结果	17
附录 C：产品报废处理说明	19

弗兰克-赫兹实验

型号： BEX-8502

产品清单



No	部件清单	型号#	数量
1	可调直流（恒压）电源 I	BEM-5001	1
2	可调直流（恒压）电源 II	BEM-5002	1
3	微电流放大器	BEM-5004	1
4	弗兰克-赫兹管盒	BEM-5702	1
5	电源线	BC-105075	3
6	连接导线，1m，红	BC-105074	4
7	连接导线，1m，黑	BC-105073	4
8	BNC 同轴电缆线，1m	BC-105076	1
9	用户手册	CD-M-BEX-8502B	1
选配件：			
10	PASCO 850 或 550 通用接口	UI-5000	1
11	PASCO Capstone 软件	UI-5400	1

引言

1913 年，丹麦物理学家玻尔（N Bohr）提出了一个氢原子模型，并指出原子存在能级。该模型在预言氢光谱的观察中取得了显著的成功。根据玻尔的原子理论，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。

1914 年，德国物理学家弗兰克（J Franck）和赫兹（G Hertz）对勒纳用来测量电离电位的实验装置作了改进，他们同样采取慢电子（几个到几十个电子伏特）与单元素气体原子碰撞的办法，但着重观察碰撞后电子发生什么变化（勒纳则观察碰撞后离子流的情况）。通过实验测量，电子和原子碰撞时会交换某一定值的能量，且可以使原子从低能级激发到高能级。直接证明了原子发生跃变时吸收和发射的能量是分立的、不连续的，证明了原子能级的存在，从而证明了玻尔理论的正确。因而获得了 1925 年诺贝尔物理学奖金。

弗兰克-赫兹实验至今仍是探索原子结构的重要手段之一，实验中用的“拒斥电压”筛去小能量电子的方法，已成为广泛应用的实验技术。

实验原理

关于激发电位，玻尔提出的原子理论指出：原子只能较长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，它只能从一个定态跃迁到另一个定态。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。如果用 E_m 和 E_n 分别代表有关两定态的能量的话，辐射的频率 ν 决定于如下关系：

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

式中，普朗克常数： $h=6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{sec}$ 。

为了使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的办法来实现。

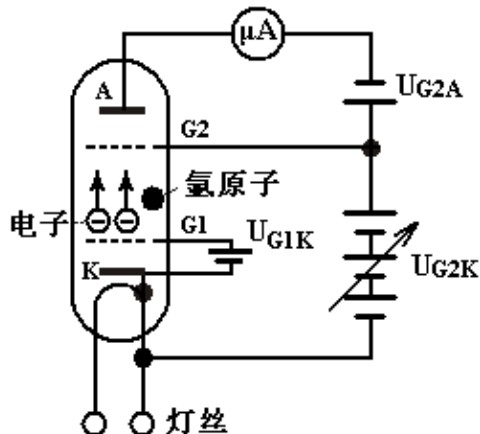


图1 弗兰克-赫兹实验原理图

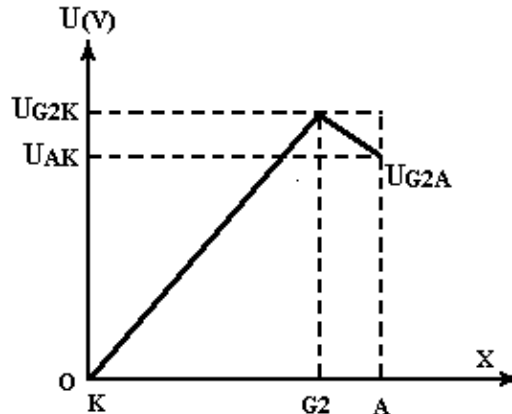


图2 弗兰克-赫兹管内电位分布

设初速度为零的电子在电位差为 U_0 的加速电场作用下，获得能量 $e U_0$ 。当具有这种能量的电子与稀薄气体的原子（比如气压为十几毛（1 毛=133Pa）的氩原子）发生碰撞时，就会发生能量交换。如以 E_1 代表氩原子的基态能量、 E_2 代表氩原子的第一激发态能量，那么当氩原子吸收从电子传递来的能量恰好为：

$$e U_0 = E_2 - E_1 \quad (2)$$

时，氩原子就会从基态跃迁到第一激发态。而相应的电位差称为氩的第一激发电位（或称氩的中肯电位）。测定出这个电位差 U_0 ，就可以根据式(2)求出氩原子的基态和第一激发态之间的能量差了（其他元素气体原子的第一激发电位亦可依此法求得）。弗兰克-赫兹实验的原理如图 1 所示。在充氩的弗兰克-赫兹管中，电子由热阴极发出，阴极 K 和第一栅极 G1 之间的加速电压主要用于消除阴极电子散射的影响，阴极 K 和栅极 G2 之间的加速电压 U_{G2K} 使电子加速，在板极 A 和第二栅极 G2 之间加有反向拒斥电压 U_{G2A} 。管内空间电位分布如图 2 所示。当电子通过 KG_2 空间进入 G_2A 空间时，如果有较大的能量（ $\geq e U_{G2A}$ ），就能冲过反向拒斥电

场而到达板极形成板极电流，为微电流计 μA 表检出。如果电子在 KG_2 空间与氩原子碰撞，把自己一部分能量传给氩原子而使后者激发的话，电子本身所剩余的能量就很小，以致通过第二栅极后已不足以克服拒斥电场而被折回到第二栅极，这时，通过微电流计 μA 表的电流将显著减小。

实验时，使 U_{G2K} 电压逐渐增加并仔细观察电流计的电流指示，如果原子能级确实存在，而且基态和第一激发态之间有确定的能量差的话，就能观察到如图 3 所示的 $I_A - U_{G2K}$ 曲线。

图 3 所示的曲线反映了氩原子在 KG_2 空间与电子进行能量交换的情况。当 KG_2 空间电压逐渐增加时，电子在 KG_2 空间被加速而获得越来越大的能量。在起始阶段，由于电压较低，电子的能量较少，即使在运动过程中它与原子相碰撞也只有微小的能量交换（为弹性碰撞）。穿过第二栅极的电子所形成的板极电流 I_A 将随第二栅极电压 U_{G2K} 的增加而增大（如图 3 的 0a 段）。当 KG_2 间的电压达到氩原子的第一激发电位 U_0 时，电子在第二栅极附近与氩原子相碰撞，将自己从加速电场中获得的能量全部交给后者，并且使后者从基态激发到第一激发态。而电子本身由于把全部能量给了氩原子，即使穿过了第二栅极也不能克服反向拒斥电场而被折回第二栅极（被筛选掉）。所以板极电流将显著减小（图 3 所示 ab 段）。随着第二栅极电压的不断增大，电子的能量也随之增加，在与氩原子相碰撞后还留下足够的能量，可以克服反向拒斥电场而达到板极 A，这时电流又开始上升（bc 段）。直到 KG_2 间电压达到二倍氩原子的第一激发电位时，电子在 KG_2 间又会因二次碰撞而失去能量，因而又会造成第二次板极电流的下降（cd 段），同理，凡 KG_2 之间电压满足：

$$U_{G2K} = n U_0 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

时板极电流 I_A 都会相应下跌，形成规则起伏变化的 $I_A - U_{G2K}$ 曲线。而各次板极电流 I_A 达到峰值时相对应的加速电压差 $U_{n+1} - U_n$ ，即两相邻峰值之间的加速电压差值就是氩原子的第一激发电位值 U_0 。

本实验就是要通过实际测量来证实原子能级的存在，并测出氩原子的第一激发电位（公认值为 $U_0 = 11.5\text{V}$ ）。

原子处于激发态是不稳定的。在实验中被慢电子轰击到第一激发态的原子要跃迁回基态，进行这种反跃迁时，就应该有 $e U_0$ 电子伏特的能量发射出来。反跃迁时，原子是以放出光量子的形式向外辐射能量。这种光辐射的波长为：

$$e U_0 = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda \quad (4)$$

对于氩原子： $\lambda = h c / (e U_0) = (6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8) / (1.6 \times 10^{-19} \times 11.5) = 108.1 \text{ nm}$

如果夫兰克-赫兹管中充以其他元素，则用该方法均可以得到它们的第一激发电位（如表 1 所示）。

表 1 几种元素的第一激发电位

元素	钠 (Na)	钾 (K)	锂 (Li)	镁 (Mg)	汞 (Hg)	氦 (He)	氖 (Ne)
$U_0(\text{V})$	2.12	1.63	1.84	3.2	4.9	21.2	18.6
$\lambda(\text{nm})$	589.8 589.6	766.4 769.9	670.78	475.1	250.0	584.3	640.2

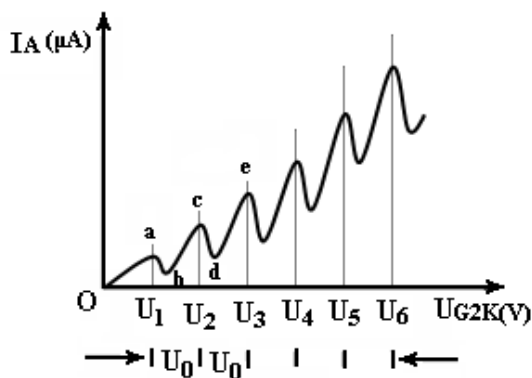


图3 $I_A \sim U_{G2K}$ 关系曲线

安装和维护

弗兰克-赫兹管的安装



警告:为了防止电击，更换管子前请关闭所有的电源。

- 拧下机箱后面的2个螺丝。
- 用小的一字螺丝刀撬开前面板。
- 松开固定管子的压簧。
- 轻轻的拔出F-H管。

注意: 弗兰克-赫兹管是玻璃外壁，请小心拆装。

弗兰克-赫兹管参数

- 充气: 氩气
- 灯丝电压: $\leq 6.3\text{VDC}$
- 加速电压: $\leq 100\text{VDC}$
- 波数: 6
- 寿命: $\geq 2000\text{hrs}$

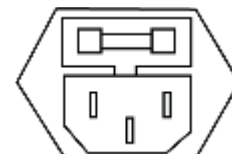
注意: 更换弗兰克-赫兹管请使用相同型号，或者原厂购买。



更换保险丝



打开保险盒，更换保险丝。



警告:

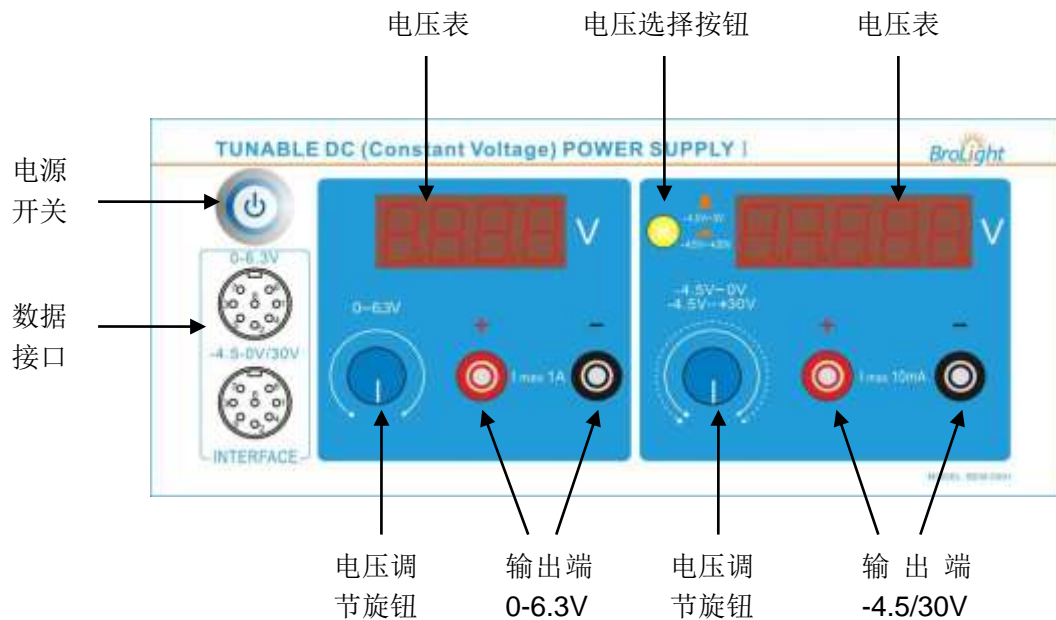
为了防止触电，更换保险丝前请务必断开所有电源线。

注意: 更换保险丝请使用相同型号，或者原厂购买。

实验准备

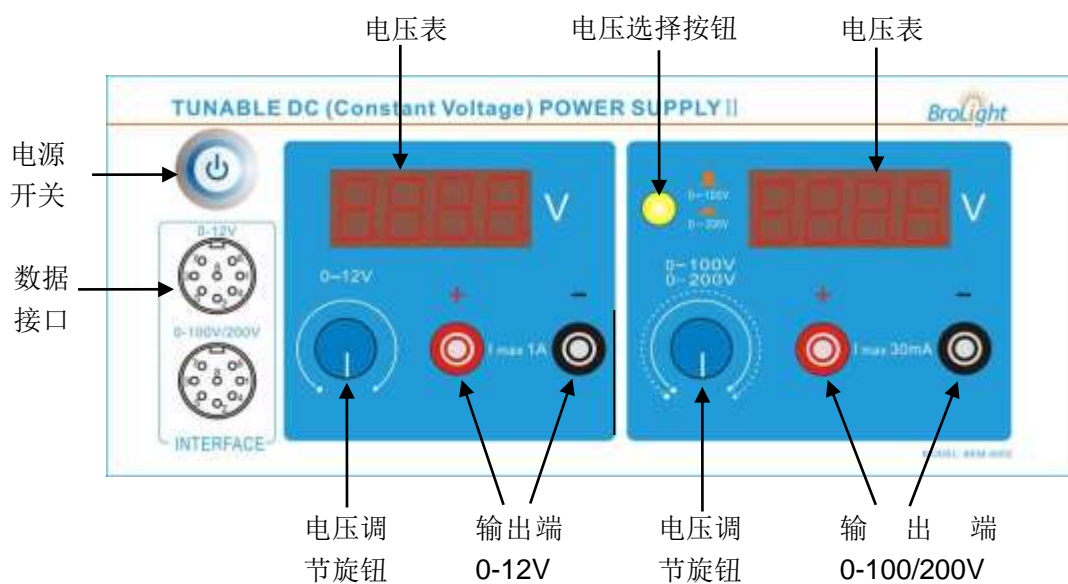
面板介绍

可调直流电源 I (Tunable DC (Constant Voltage) Power Supply I)



- 电压表: 显示输出端口电压值.
- 电压选择按钮: 设置电压输出范围: $-4.5 \text{ V} \text{ --- } +30 \text{ V}$ & $-4.5 \text{ V} \text{ --- } 0 \text{ V}$.
- 电源开关: 开启或者关闭设备电源.
- 电压调节旋钮: 调节输出电压的大小.
- 输出端: 输出工作电源.
- 数据接口: 连接数据处理设备 (PASCO 850/550 通用接口).

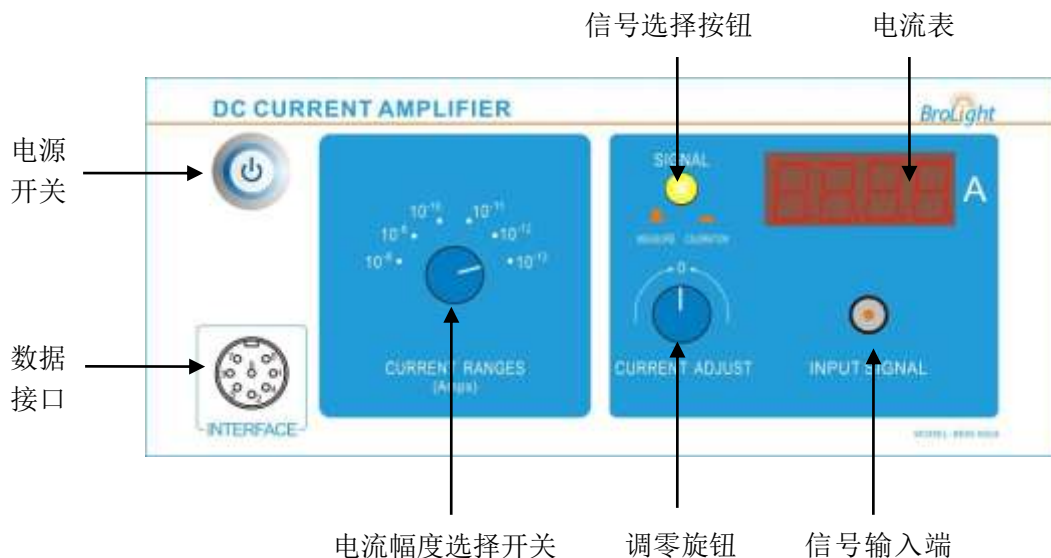
可调直流电源 II (Tunable DC (Constant Voltage) Power Supply II)



- 电压表: 显示输出端口电压值.

- 电压选择按钮: 设置电压输出范围: 0—12V & 0—100/200 V.
- 电源开关: 开启或者关闭设备电源.
- 电压调节旋钮: 调节输出电压的大小.
- 输出端: 输出工作电源.
- 数据接口: 连接数据处理设备 (PASCO 850/550 通用接口).

微电流放大器 (DC Current Amplifier)



- 电源开关: 开启或者关闭设备电源.
- 电流幅度选择开关: 设置放大电流的幅度大小(10^{-8} to 10^{-13} A).
- 信号选择按钮: 设置信号为“测量”或“调零”状态.
- 调零旋钮: 微电流放大器放大电流调零.
- 电流表: 显示输入信号电流值.
- 信号输入端: 输入电流信号.
- 数据接口: 连接数据处理设备 (PASCO 850/550 通用接口).

导线的连接

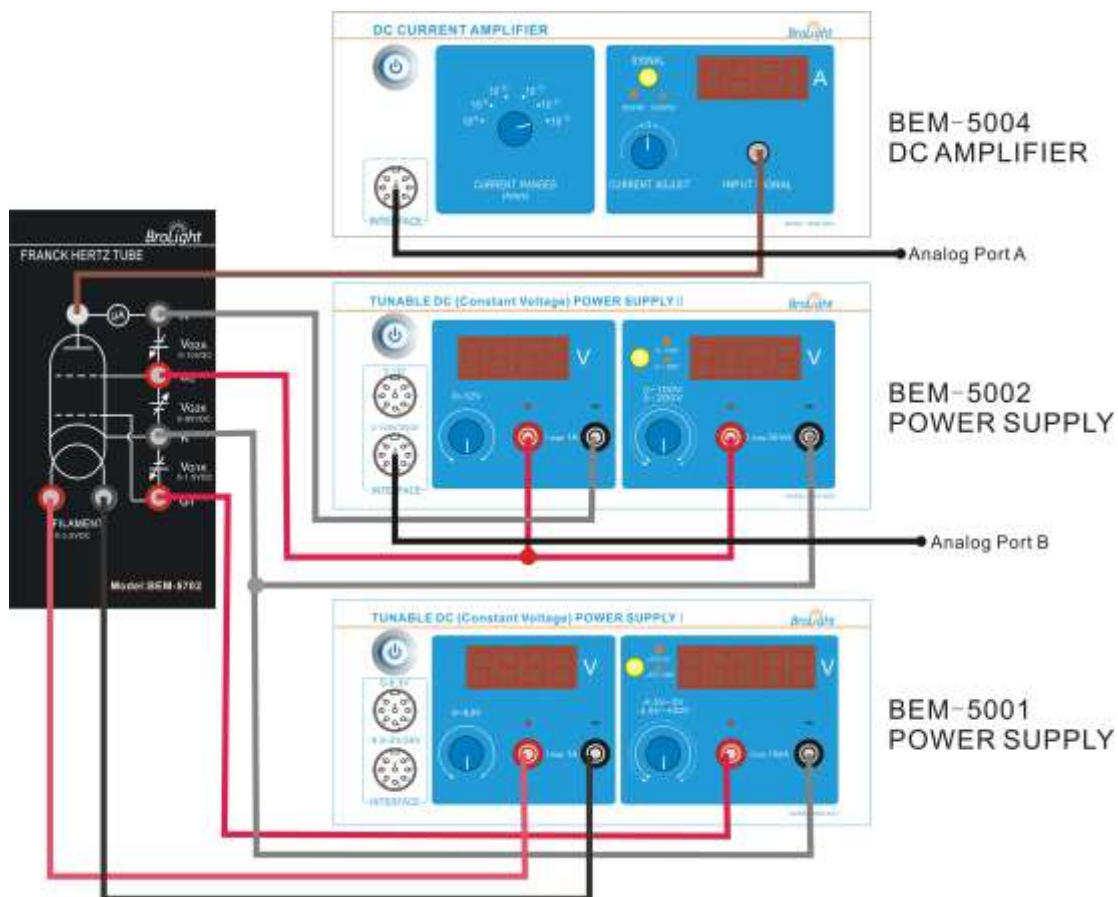


110-120V~/220-240~
请确认您所在地的市电电压, 并拨到与之相对应的电压。

注意: 在您连接任何导线之前, 请确认所有电源开关都处于关闭状态, 所有的电压调节旋钮都逆时针旋到底。

注意: 电源电压可以设置为 115VAC or 230VAC. 产品默认设置电源电压为 230V. 请确认你所使用的地区电源电压, 以便正确设置产品输入电源。

弗兰克-赫兹实验接线图：



- BEM-5002电源 0-100V 输出“+”端（红色端）连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“G2”端，0-100V 输出“-”端（黑色端）连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“K”端。
- BEM-5002电源 0-12V 输出“+”端（红色端）连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“G2”端，0-12V 输出“-”端（黑色端）连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“A”端。
- BEM-5001电源 -4.5 - 30V 输出“+”端（红色端）连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“G1”端，-4.5 - 30V 输出“-”端（黑色端）连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“K”端。
- BEM-5001电源0-6.3V输出“+”端连接到BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“FILAMENT”红色端，“-”端连接到黑色端。
- 用BNC同轴电缆线（Q9线）连接BEM-5004微电流放大器的“INPUT SIGNAL”端口和BEM-5702弗兰克-赫兹管盒“uA”BNC座。旋转导线两端的金属头使其连接可靠。
- 连接各个设备的电源线，用电源线连接设备后面的“AC POWER CORD, AC 110-120V~/220-240V~, 50/60Hz”插口和市电插座。

(注意：请选择正确的输入电压,110-120V~ OR 220-240V~)。



危险：

弗兰克-赫兹管工作电源有高压，在工作状态下禁止用身体的任何部位去触摸。

实验内容

实验一：手动测量普朗克常数

实验准备

注意：开启电源前，请确认所有电压旋钮左旋到底。

1. 按弗兰克-赫兹实验接线图要求连接导线。
2. 打开所有设备的电源。
3. 微电流放大器BEM-5004的电流选择 10^{-10} A档，按下“SIGNAL”按键到CALIBRATION调零，调节调零旋钮使电流表显示为零，然后“SIGNAL”按键弹出到MEASURE测量。
4. 可调电压源 I，设置为 -4.5—+30V档。可调电压源 II，设置 0—100V档。
5. 调节0—6.3V 输出为 3.0V，使得 $V_H = 3.0V$ (灯丝电压)。
6. 调节 -4.5—+30V 输出 1.5V，使得 $V_{G1K} = 1.5V$ 。
7. 调节 0—12V 输出10.0V，使得 $V_{G2A} = 10.0V$ 。
8. 调节 0—100V 输出0V。使得 $V_{G2K} = 0V$ 。
9. 设备预热15分钟。
10. 当完成上述设置后，就可以开始做实验了。

注意：实验前请预热15分钟。

可以参考弗兰克-赫兹管机箱上的出厂参数来设置上述的实验参数。

手动测量

注意：

- 如果需要改变 V_{G1K} 、 V_{G2A} 、 V_H 等实验参数，请先调节 V_{G2K} 电压为“0”。
- 灯丝电压 V_H 的调节范围为0-6.3V，如果灯丝电压过大，导致微电流放大器电流表超量程，则应该调低灯丝电压。
- 当实验完成时，请把各个实验参数的电压调节到“0”，以增加氩管的使用寿命。

1. 增加 V_{G2K} 电压，从 0V 到 85V 为止，按步长 1V 或者 0.5V 增加。记录 V_{G2K} 电压值和电流值 I_A 在表 1。（若电流表显示数值太小，可以适当改变量程档位到 $10^{-11}A$ 。）
2. 读出 I_A 的峰、谷值和对应的 V_{G2K} 值记录在表2。

表 1

$V_{G2K}(V)$	0.5	1.0	1.5	2.0	85.0	
$I_A(\times 10^{-10}A)$									

表 2

		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
峰值	$V_{G2K}(V)$						
	$I_A(\times 10^{-10}A)$						
谷值	$V_{G2K}(V)$						
	$I_A(\times 10^{-10}A)$						

计算

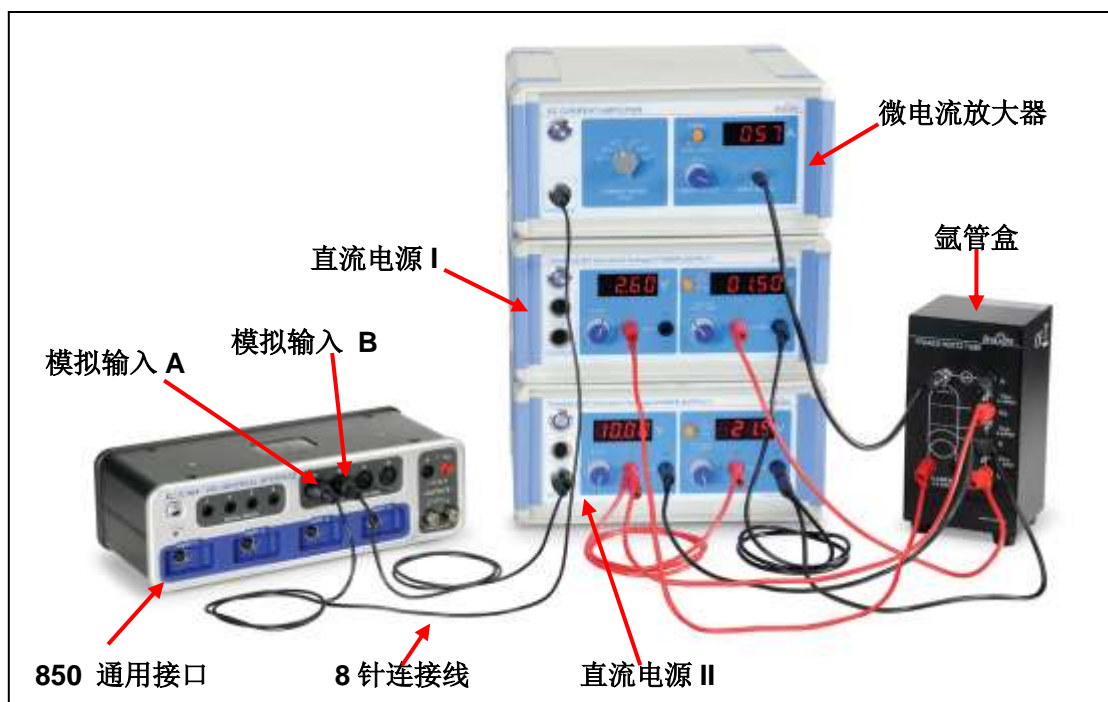
1. 描绘出V-A特性曲线图。
2. 找出电流峰、谷值时候的电压“ U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 , and U_6 ”.
3. 获得氩原子第一激发电位(U_0).

$$U_0 = \frac{(U_2 - U_1) + (U_3 - U_2) + (U_4 - U_3) + (U_5 - U_4) + (U_6 - U_5)}{5}$$

4. 计算普朗克常数, $h = e \cdot \lambda \cdot U_0 / c =$ _____ $\lambda = 108.1 \text{ nm}$, $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$,
 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

实验二：自动测量和分析弗兰-克赫兹实验

(需配PASCO-850或550通用接口和 Capstone 数据采集软件)



实验准备

硬件设置:

注意:

- 连接导线前，请确认所有电源开关处于关闭状态。
 - 开启电源前，请确认所有电压旋钮左旋到底。
 1. 按**弗兰克-赫兹实验接线图**要求连接导线。
 2. 连接850/550通用接口电源适配器，连接850/550通用接口的USB数据线到电脑USB端口。
 3. 用8针连接线连接微电流放大器（BEM-5004）的数据接口和850/550 模拟输入A端口。
 4. 用8针连接线连接直流电源II（BEM-5002）的“0-100V/200V”数据接口和850/550 模拟输入B端口。
 5. 打开所有设备的电源。
 6. 微电流放大器BEM-5004的电流选择 10^{-10} A档，按下“SIGNAL”按键到CALIBRATION 调零，调节调零旋钮使电流表显示为零，然后“SIGNAL”按键弹出到MEASURE测量。
 7. 可调电压源 I，设置为 -4.5—+30V档。可调电压源 II，设置 0—100V档。
 8. 调节0—6.3V 输出为 3.0V，使得 $V_H = 3.0V$ (灯丝电压)。
 9. 调节 -4.5—+30V 输出 1.5V，使得 $V_{G1K} = 1.5V$ 。
 10. 调节 0—12V 输出10.0V，使得 $V_{G2A} = 10.0V$ 。
 11. 调节 0—100V 输出0V。使得 $V_{G2K} = 0V$ 。
 12. 设备预热15分钟。

**注意：实
验前请预
热15分钟。**


注意: 实验前请预热15分钟。

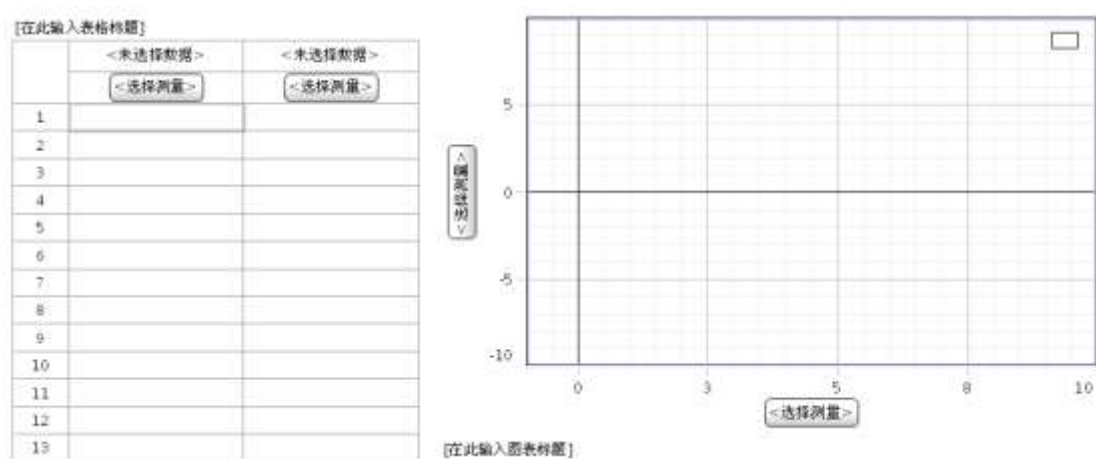
可以参考弗兰克-赫兹管机箱上的出厂参数来设置上述的实验参数。

软件设置：

1. 启动PASCO Capstone软件。
2. 点击“硬件设置”，在硬件设置窗口中，模拟输入 A 和 B 端口自动识别及连接；设置完成后，点击“硬件设置”隐藏该窗口。如下图：



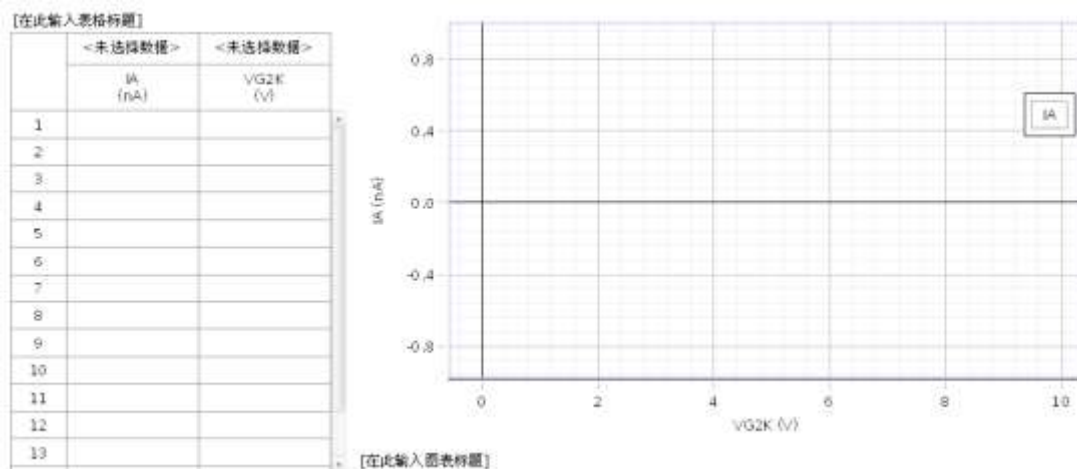
3. 点击“表格和图表”  图标，创建如下一个实验数据和实验曲线图：



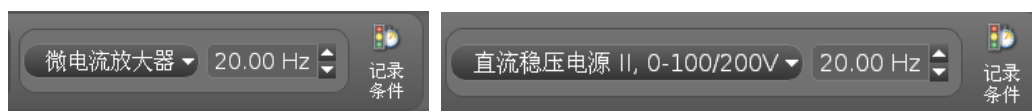
4. 因为电流数值非常小 (10^{-10} A 级)，所以为了放大电流的数值，在软件上做一个计算的设置： 点击“计算器”，编辑：IA=-[电流（安培 A）]* 10^{12} (当电流量程设置为 $\times 10^{-10}$ A 时)，单位设置为“nA”；编辑：VG2K=[电压（伏 V）]，再点击“计算器”，隐藏该对话框。如下图：



5. 点击表格中的<选择测量>，第 1 列选择 I_A (nA)，第 2 列选择 V_{G2K} (V)。点击图表中纵坐标的<选择测量>，选择 I_A (nA)，点击横坐标的 时间 (秒 s)，选择 V_{G2K} (V)。如下图：



6. 设置2路数据的采用频率为20Hz。如下图：



自动测量/记录数据

注意：

- 如果需要改变 V_{G1K} 、 V_{G2A} 、 V_H 等实验参数，请先调节 V_{G2K} 电压为“0”。
- 灯丝电压 V_H 的调节范围为0-6.3V，如果灯丝电压过大，导致微电流放大器电流表超量程，则应该调低灯丝电压。
- 当实验完成时，请把各个实验参数的电压调节到“0”，以增加氩管的使用寿命。

1. 再次检查各个电源的电压参数，确保正确。
2. 灯丝大约预热 15 分钟后，点击软件“记录”按钮。
3. 慢慢增加 V_{G2K} 电压（大约 1 分钟），从 0V 到 85V 为止；此过程可以看到一系列的电压-电流数据和电压-电流曲线出现。

注意：

- 若微电流放大器的电流表显示超出量程，应立刻停止实验，并把 V_{G2K} 电压调到0V，减小灯丝电压（每次约0.1V），再继续实验。
- 若电流表显示数值太小，可以适当改变量程档位到 $10^{-11}A$ 或增加灯丝电压（每次约0.1V）。


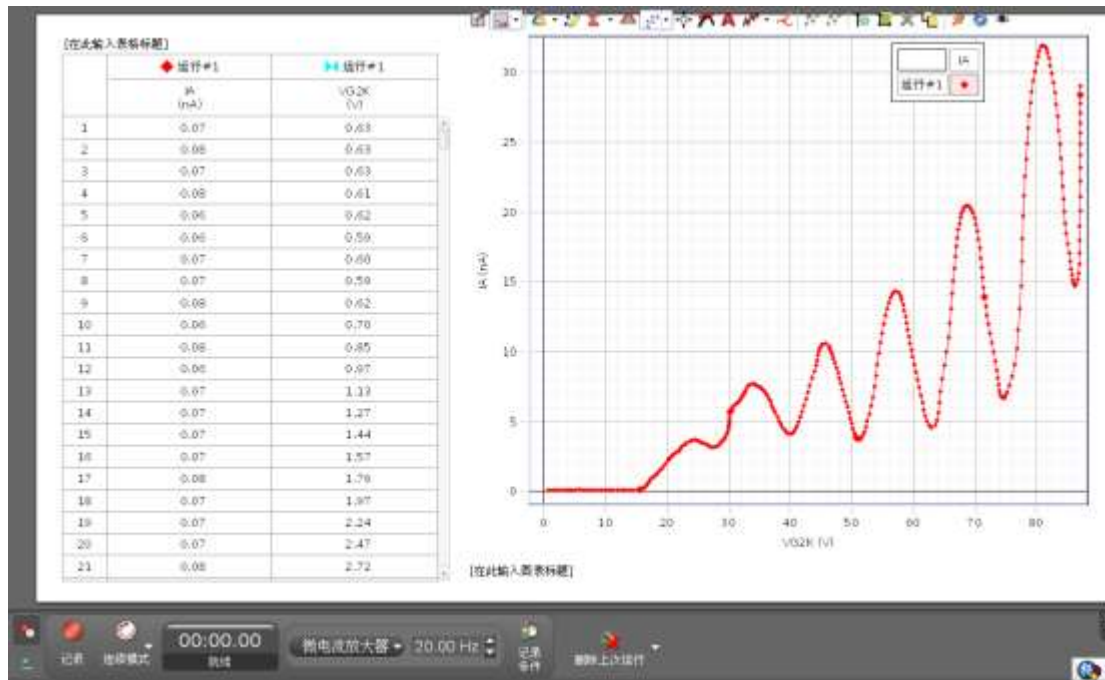
4. 点击图表左上角的图标，可以显示所有数据在图表中；读出 I_A 的峰、谷值和对应的 U_{G2K} 值记录在表3。

表 3

		U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6
峰值	$V_{G2K}(V)$						
	$I_A(\times 10^{-10}A)$						
谷值	$V_{G2K}(V)$						
	$I_A(\times 10^{-10}A)$						



计算

1. 找出电流峰、谷 值时候的电压“ $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5,$ and U_6 ”.
2. 获得氩原子第一激发电位(U_0).

$$U_0 = \frac{(U_2 - U_1) + (U_3 - U_2) + (U_4 - U_3) + (U_5 - U_4) + (U_6 - U_5)}{5}$$

3. 计算普朗克常数, $h = e \cdot \lambda \cdot U_0 / c =$ _____ $\lambda = 108.1 \text{ nm}, e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}.$

附录 A：主要技术参数

电 源 电 压 : 110-120V~/220-240V~

电压波动范围: $\pm 10\%$

频 率: 50/60Hz

保险丝 规 格: 250 V T2A

显 示 方 式 : 3-1/2 or 4-1/2 显示

使 用 环 境 : 室内

温 度 范 围 : 工作: 0 °C to 30 °C, 贮藏: -20 °C to 50 °C

工 作 海 拔 : 0 to 2000 meters

相 对 湿 度 : 不凝固 < 10 °C, 60% from 10 °C to 30 °C; 45% from 30 °C to 40 °C

污 染 等 级 : 2

认 证 标 志 : CE

安 规 标 准 : IEC/EN 61010-1

过压保护等级: II

保 护 度: IP20

正 常 能 耗 : 5J

名称	描述
可调电压源 I	0~6.3 VDC, $I \leq 1A$ (纹波 < 1%), 3 位半显示 -4.5~0VDC/-4.5~30VDC (纹波 < 1%) (两档), $I \leq 10mA$, 4 位半显示
可调电压源 II	0~12VDC, $I \leq 1A$ (纹波 < 1%), 3 位半显示; 0~100VDC/0~200VDC (纹波 < 1%) (两档), $I \leq 30mA$, 3 位半显示;
微电流放大器	微电流测量范围: $10^{-8} \sim 10^{-13} A$, , 六档 , 3 位半显示 零漂: $\leq \pm 1\%$ (30min 内)
弗兰克-赫兹管	充气: Ar 灯丝电压: $\leq 6.3VDC$ 加速电压: $\leq 100VDC$ 波形数: 6 寿命: $\geq 2000hrs$

附录 B: 实验结果

实验一：手动测量普朗克常数

实验数据样本：手动测量

表1：普朗克常数的测量

灯丝电压 (V)			3.55	V _{G1K} (V)		1.5	V _{G2A} (V)		11.0	
V _{G2K} (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V _{G2K} (V)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	0	0	1	5	14	32	59	81	112	128
V _{G2K} (V)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	143	153	153	145	130	118	131	183	270	343
V _{G2K} (V)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	413	448	441	391	332	243	173	145	220	417
V _{G2K} (V)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	609	772	825	806	702	547	352	199	113	197
V _{G2K} (V)	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	446	771	1032	1174	1216	1101	883	660	343	167
V _{G2K} (V)	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	118	323	671	1093	1351	1522	1514	1369	1104	756
V _{G2K} (V)	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	468	260	227	456	842	1270	1561	1730	1760	1621
V _{G2K} (V)	81	82	83	84	85					
I _A (×10 ⁻¹⁰ A)	1395	1055	727	460	443					

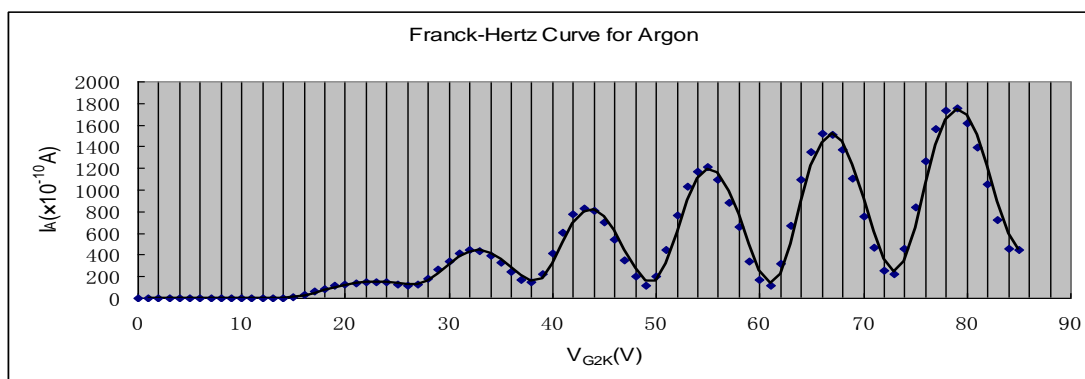


表 2

		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
峰值	U_{G2K} (V)	22.5	32	43	55	66	79
	$I_A(\times 10^{-10}A)$	153	448	825	1216	1522	1760
谷值	U_{G2K} (V)	13	26	38	49	61	73
	$I_A(\times 10^{-10}A)$	1	118	145	113	118	227

计算

氩原子第一激发电位 (U_0):

$$U_0(\text{peak}) = (U_6 - U_1)/5 = 11.3 \text{ (V)};$$

$$U_0(\text{valley}) = (U_6 - U_1)/5 = 12.0 \text{ (V)};$$

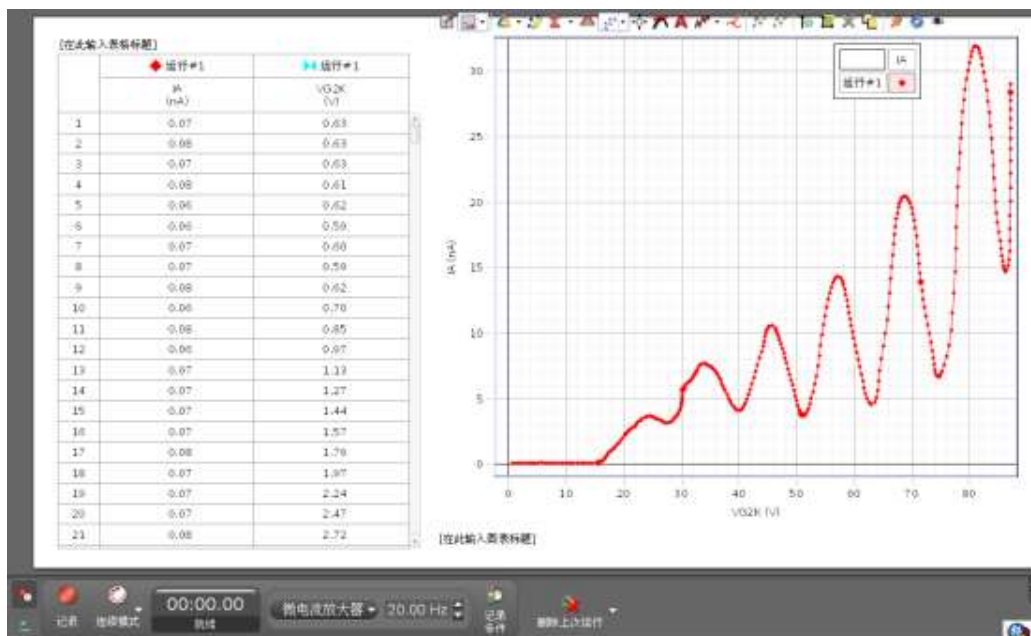
$$U_0 = 11.65 \text{ (V)};$$

$$h = e \cdot \lambda \cdot U_0 / c = \frac{6.725 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\text{where } \lambda = 108.1 \text{ nm, } e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C, } c = 3 \times 10^8 \text{ m/s.}}$$

$$\Delta h = |(h - h_0) / h_0| \times 100\% = 1.5\%.$$

实验二：自动测量和分析弗兰-克赫兹实验

实验数据样本：PASCOS Capstone 软件测量



各次测量结果及误差

$$h = ([U_0 \text{ (伏 V)}] * 108.1 \text{E-9} * 1.602 \text{E-19}) / 3 \text{E+8}$$

	◆ Set	✠ Set	✠ Set	▲ Set	● Set
	U_1 (V)	U_6 (V)	U_0 (伏 V)	h (units)	Error (百分比 %)
1	26.73	84.49	11.55	6.67E-34	0.64
2	26.29	83.03	11.35	6.55E-34	-1.14
3	25.87	82.59	11.34	6.55E-34	-1.17
4	24.14	80.44	11.26	6.50E-34	-1.90
5	23.57	80.94	11.47	6.62E-34	-0.04
6					
7					

附录 C: 产品报废处理说明

电子产品的处置和回收应该遵循当地的国家和地区法规。这是你的责任，请按照您当地的环保法律和法规回收您的电子设备，以确保它会被回收再利用或是安全处理，这是保护人类健康和环境的方式。找到你可以丢弃废弃设备的回收点，请联系您当地的废品回收/处置服务机构。



欧盟WEEE（废弃电子电气设备）符号（上图），并印在产品或其包装上，表示该产品不能在一个标准的废物容器内处理。