

# 夫兰克-赫兹实验的改进

冯 娟,张 贺,赵 飞

(中国地质大学(北京)物理实验教学示范中心,北京 100083)

摘 要:对传统的测量氩原子第一激发电位的方法进行了改进,利用示波器光标“cursor”功能,在示波器上直接读出波峰或波谷的电位.该方法减小了读数时的误差,提高了测量精度,并且锻炼了学生对示波器的使用,收到较好的教学效果.

关键词:氩原子;激发电位;示波器;误差

中图分类号:O562.32

文献标识码:A

文章编号:1005-4642(2014)09-0039-03

## 1 实验原理

1914 年,物理学家夫兰克和赫兹采用低速电子与稀薄气体原子碰撞的办法,使原子从低能级激发到高能级.通过测量电子与被碰撞原子之间交换能量的特征,测定了汞原子的第一激发电势,直接证明了原子能级的存在;并验证了原子发生跃迁时吸收或发射的能量完全是确定的、不连续的,从而为玻尔理论提供了直接而独立的实验证据.实验中所用的夫兰克-赫兹仪用于测定氩原子的第一激发电位,实验原理<sup>[1-2]</sup>如图 1 所示.

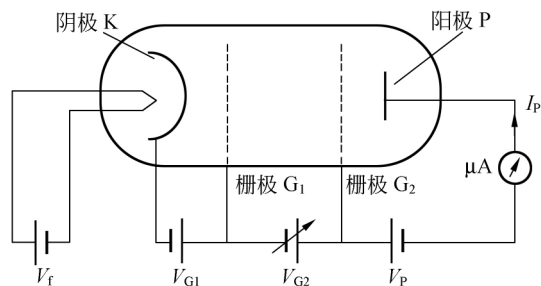


图 1 夫兰克-赫兹实验原理图

F-H 管为四极管(其中充以氩气),包括阴极(K,灯丝部分)、2 个栅极  $G_1$  和  $G_2$ ,和 1 个板极 P(也称阳极).第一栅极  $G_1$  靠近阴极 K,为控制栅极,其作用是加正向电压  $V_{G1}$ ,用以消除电子在阴极附近的堆积效应,并起到控制电子流大小的作

用.第二栅极  $G_2$  靠近阳极 P,第一栅极与第二栅极间距较大,这是为了保证在常温下气体原子有足够高的碰撞概率.阴极 K 在灯丝电压  $V_f$  的加热下发射电子,随着加速电压  $V_{G2}$  的增加,电子的能量逐渐增加.具有一定能量的电子主要在  $G_1$  和  $G_2$  空间内与原子发生碰撞交换能量,对能量是原子第一激发能量整数倍的电子发生碰撞后而失去其全部能量,在反向电场  $V_p$  的作用下被阻止而不能达到阳极 P,而对具有其他能量的电子,则仍有足够能量穿过  $G_2$  极而到达阳极 P,这样随着  $V_{G2}$  电压的增加,电流  $I_p$  会出现明显的周期性的起伏变化和等间距的极大和极小值.从相邻的波峰或波谷所示的电压差值,即可求得原子的第一激发电位.

## 2 传统测量方法

本实验采用 FD-FH-1 夫兰克-赫兹实验仪,如图 2 所示.

1)直接在夫兰克-赫兹仪上寻找极值点

将扫描开关拨至“手动”挡,调节  $V_{G2}$  至最小,然后逐渐增大其值,寻找  $I_p$  的极大和极小值点,以及相应的  $V_{G2}$  值,即找出对应的极值点( $V_{G2}$ ,  $I_p$ )<sup>[1]</sup>.2 个波峰或波谷的  $V_{G2}$  之差就是第一激发电位.

2)描点画图寻找极值点

调节  $V_{G2}$  至最小,然后逐渐增大其值,每隔

“第 8 届全国高等学校物理实验教学研讨会”论文

收稿日期:2014-06-20;修改日期:2014-08-03

资助项目:2013 年大学生创新实验项目(No. 2013BXZ028);中国地质大学教学研究与教学改革项目(No. JGYB-201233)

作者简介:冯娟(1976—),女,山东德州人,中国地质大学(北京)物理实验教学示范中心讲师,博士研究生,主要从事实验物理教学和应用地球物理学领域的研究.



图 2 夫兰克-赫兹实验仪

1 V 测量 1 组数据,列表记录对应的  $(V_{G2}, I_P)$  数值,画出  $I_P-V_{G2}$  曲线拟合图<sup>[3]</sup>. 从曲线上寻找  $I_P$  值的极大或极小值点,以及相应的  $U_{G2}$  值,即  $I_P-V_{G2}$  关系曲线中波峰或波谷的位置,由图求出第一激发电位<sup>[4]</sup>.

在教学实践中,发现电流  $I_P$  的读数不稳定,会出现一直上升或下降的现象,经过一段时间之后,电流变化趋于缓慢. 厂家的解释是:电子管受热后,发射的电子数目不稳定,所以会出现电流读数跳动的现象. 但这给学生测量带来了困扰,不知该何时读数. 学生测量存在困难,而使结果不准确.

### 3 改进后的测量方法

利用示波器光标“cursor”功能测量波峰或波谷所对应的  $V_{G2}$  值,在示波器上直接读出波峰或波谷的电位,如图 3 所示.

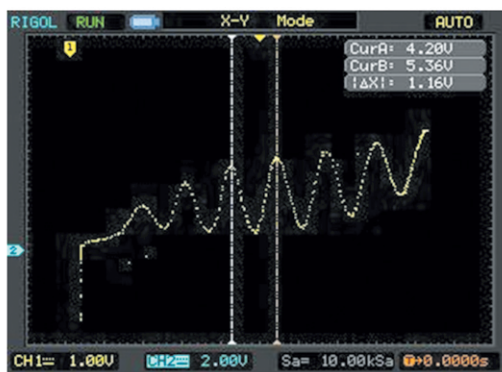


图 3 利用“cursor”功能测量波峰或波谷对应的  $V_{G2}$  值

该方法减小了读数时的误差,提高了测量精度. 通过控制变量的方法,分别改变灯丝电压  $V_f$ 、第一栅极电压  $V_{G1}$ 、拒斥电压  $V_p$  的大小,还可以在示波器上直观地观测  $I_P-V_{G2}$  曲线的变化<sup>[5]</sup>. 有助于学生寻找最佳的工作参量,正确地设定参数值,得出精确地测量结果. 分析不同变量对实验结果的影响,有助于学生理解各个实验参量的物理意义,更加深刻理解实验内容. 此外,温度的变化也会对信号强度有一定影响<sup>[6]</sup>,在实验中还可以通过改变温度,在示波器上直观的观测到  $I_P-V_{G2}$  曲线的变化,确定温度与信号强度之间的关系.

### 4 结束语

传统的夫兰克-赫兹实验直接在仪器上寻找极值点或描点画图寻找极值点,实验内容比较单一,较为枯燥,学生容易产生厌烦情绪;并且电流读数不稳定,学生测量存在困惑. 本文对原有实验进行改进,利用示波器上显示的  $I_P-V_{G2}$  波形图,使用光标“cursor”功能测量波峰或波谷所对应的  $V_{G2}$  值,在示波器上直接读出波峰或波谷的电位. 该方法减少了读数时个人因素的影响,提高了测量精度;丰富了实验内容,提高了学生的兴趣;并且锻炼了学生对示波器的使用,收到较好的教学效果.

### 参考文献:

- [1] 周惟公. 大学物理实验[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [2] 邹莹,姚志,姜东光,等. 弗兰克-赫兹实验的计算机模拟[J]. 物理实验,2014,34(3):17-22.
- [3] 王蕴杰. 基于 BP 神经网络的弗兰克-赫兹实验曲线拟合[J]. 大学物理实验,2013,26(6):95-96.
- [4] 张卫山,杨善恒,鲁应涤,等. 基于 Origin 的弗兰克-赫兹实验数据分析[J]. 赤峰学院学报(自然科学版),2012,28(9):6-7.
- [5] 张里荃,马艳梅,郝二娟. 弗兰克-赫兹实验最佳实验条件及第一激发电位的研究[J]. 物理实验,2011,31(9):37-38.
- [6] 唐爽,白翠琴,马世红. 弗兰克-赫兹实验中电流信号强度随温度变化的现象[J]. 大学物理,2012,31(9):50-52.

## An improvement on Franck-Hertz experiment

FENG Juan, ZHANG He, ZHAO Fei

(Demonstration Center of Physics Experiment,  
China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The traditional method of measuring the first excitation voltage of argon atom was improved. Using the “cursor” function, the potential values of the peaks and troughs were read from the oscilloscope directly. This method reduced the reading error, improved the accuracy of measurement, and trained the students’ skills of oscilloscope operation.

**Key words:** argon atom; excitation voltage; oscilloscope; error

[责任编辑:郭伟]

(上接第 38 页)

## Analyzing the quasi-steady state by thermal flux

LUO Hong

(Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China)

**Abstract:** The expression of thermal flux, temperature distribution and thermal conductivity under quasi-steady state were derived from the course of thermal flux. The temperature distribution and thermal conductivity of a long hollow cylinder were calculated.

**Key words:** quasi-steady state; thermal flux; temperature distribution; thermal conductivity; symmetry

[责任编辑:郭伟]

## 欢迎订阅 欢迎投稿

《物理实验》创刊于 1980 年,是教育部主管、东北师范大学主办的学术期刊,是教育部物理学与天文学教学指导委员会的会刊。

《物理实验》主要刊载物理实验成果,交流物理实验教学改革的 new 思想、新方法、新动态。开设的栏目有:实验教学,实验与应用,数据处理与误差分析,仪器设计与使用,实验教学研究,基础教育研究,实验技术与技巧,集锦,问题讨论,国外实验教学介绍,学生园地等。适合于物理实验工作者,大、中学校的物理教师,理工科的本科生、研究生及教学仪器研制人员阅读。

《物理实验》愿为广大作者提供交流信息的窗口,展示成果的园地,为广大读者提供丰富的精神食粮,为广大仪器生产厂家提供展示成果的舞台。

《物理实验》杂志为月刊,全国各地邮局均可订阅,邮发代号为 12-44。若错过邮局订阅时间,可直接与编辑部联系。

《物理实验》编辑部