

# 充氖夫兰克-赫兹管的发射光谱研究

苏 卫 锋, 乐 永 康

(复旦大学 物理教学实验中心, 上海 200433)

摘 要: 用光栅光谱仪测量了夫兰克-赫兹实验中 Ne 原子的发射光谱. 光谱分析表明, 橙黄色的发射光包含多条谱线, 已标定的谱线都是 Ne 原子从第二激发态的各个子能级跃迁到第一激发态的对应能级所产生的.

关键词: 充 Ne 夫兰克-赫兹管; 发射光谱; 激发电位

中图分类号: O571.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-4642(2011)04-0034-02

## 1 引 言

夫兰克-赫兹实验是近代物理物理学史上的经典实验, 它研究了电子与原子间的相互作用, 并巧妙地通过用改变加速电压的大小来控制电子的能量, 用减速电压来确定电子经过碰撞后剩余的能量, 从而得到碰撞中电子传递给原子的能量. 实验中得到的  $I-V$  曲线上周期性出现的“峰-谷”特征成了玻尔量子论的最直接的证据之一.

一般来说, 夫兰克-赫兹实验是为高年级学生开设的近代物理实验, 复旦大学物理教学实验中心在 2000 年开始尝试把该实验“下放”到普通物理实验中, 面向二年级的学生开设. 随着教学改革的进一步深入, 2002 年开始尝试把该实验放到面向一年级学生开设的基础物理实验中. 当然教学仪器和教学内容也做了相应调整, 在强调物理内涵的同时, 也注意提高学生的学习兴趣. 选择莱宝公司的夫兰克-赫兹实验仪(555871), 该实验仪使用充 Ne 的夫兰克-赫兹管, 并把电极做成平板状, 学生在研究电子与 Ne 原子碰撞过程的能量传递的同时, 还可以清晰地看到受激的 Ne 原子退激时发出的光. 实验教学过程中, 学生很想了解的实验中观察到的发光与 Ne 原子从第一激发电位之间存在怎样的关系?

为了回答这个问题, 我们用光栅光谱仪研究了实验时充 Ne 夫兰克-赫兹管的发射光谱, 并标定了大部分的谱线, 这有利于学生对实验结果有更准确更全面的理解.

## 2 充 Ne 夫兰克-赫兹管在实验中的发光

图 1 是实验中观察到 Ne 原子退激发所发出的光, 3 片发光区位于控制栅极和加速栅极之间. 在加速电压的作用下, 电子从控制栅极向加速栅极运动, 如果加速电压足够大, 电子就可以获得足够的能量把 Ne 原子激发. 由于激发态是不稳定的状态, Ne 原子会退激发回到基态, 退激发的过程中会以光子的形式释放能量, 当光子的频率处于可见光的范围, 就可以观察到发光. 图 1 中所示的发光现象是在加速电压为 65.0 V 时拍摄的, 3 片发光区说明电子在从控制栅极向加速栅极运动的过程中与原子发生了 3 次非弹性碰撞, 把 Ne 原子激发后, Ne 原子退激发发出的光. 那么这 3 片发光是不是 Ne 原子从第一激发态返回基态发出的光呢? 要做出判断, 首先从实验中得到的  $I-U$  曲线入手, 通过如图 2 所示的  $I-U$  曲线可知, 实验中测得的 Ne 原子的第一激发电位为 17.4 V, 经计算易得知 17.4 eV 对应的波长为 63.1 nm, 是不可见的. 实验中看到的光大概是橙黄色, 黄色到红色对应波长范围是 570 ~ 770 nm, 我们看到的光是从哪里来的呢?

Ne 原子最低的几个电子组态及其所对应的能量如图 3 所示, 从图 3 中可以看到, Ne 原子的第一激发态电子组态是  $2S^2 2P^5 3S^1$ , 它有 4 个精细结构, 对应的能量分别为 16.62, 16.67, 16.72, 16.85 eV. 第二激发态的电子组态是  $2S^2 2P^5 3P^1$ , 它有 9 个精细结构, 对应的能量分别为 18.38,

“第 6 届全国高等学校物理实验教学研讨会”论文

收稿日期: 2010-06-18

作者简介: 苏卫锋(1977-), 女, 山东菏泽人, 复旦大学物理教学实验中心讲师, 博士, 从事凝聚态物理方面的教学和研究工作.

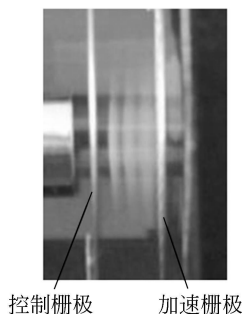


图 1 Ne 原子退激发发出的光

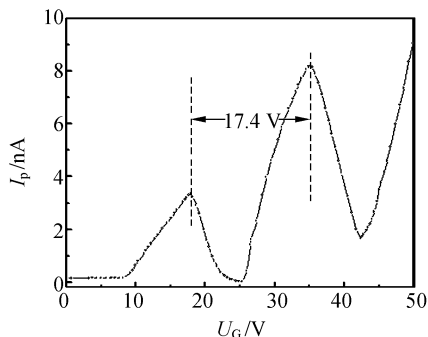


图 2  $I-U$  曲线

18.56, 18.58, 18.61, 18.64, 18.69, 18.70, 18.71, 18.73, 18.97 eV. 这 2 个能级之间电子跃迁可释放出的光的频率范围是 528 ~ 811 nm, 实验中所看到的光恰好在这个范围.

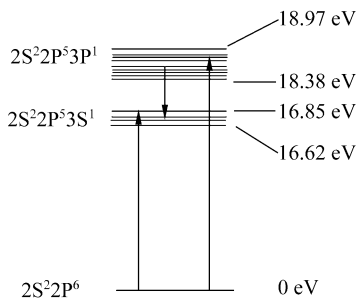


图 3 Ne 原子的电子组态及其对应的激发能量

### 3 光谱测量与分析

为了进一步确认实验中所看到光到底来自于哪些能级之间的电子跃迁, 我们用光栅光谱仪对发光区做了光谱测量, 并且与标准的 Ne 光谱进行了对比, 如图 4 所示. 通过比较, 可以看到实测的光谱与标准谱符合得非常好, 并且还可以得出各谱线来源于哪些能级之间的跃迁. 图 5 列出了图 4 中所标出的 10 条谱线的来源.

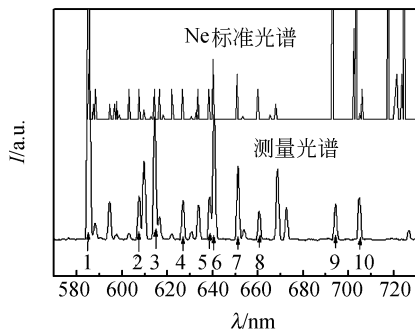


图 4 实测的 Ne 光谱与 Ne 原子标准谱的比较

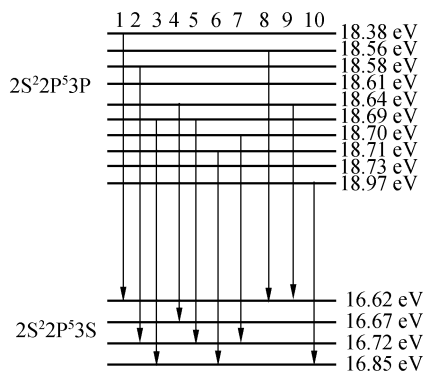


图 5 实验中测量的光谱对应的能级跃迁

### 4 结束语

通过对 Ne 管中由于 Ne 原子退激发而发出的光做光谱测量, 可以得出实验中看到的发光主要集中在 585 ~ 705 nm, 光不是由于 Ne 原子由第一激发态返回基态时发出的, 而是来源于第二激发态到第一激发态之间的跃迁. 由于这 2 个能级都有一定的精细结构, 实验中看到的光不是单色光, 频率范围介于黄色到红色之间.

### 参考文献:

[ 1 ] 苏卫锋, 白翠琴. 弗兰克-赫兹实验教学内容剖析 [ J ]. 物理实验, 2008, 28(增): 37-38.  
 [ 2 ] 沈元华, 陆申龙. 基础物理实验 [ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 326-332.  
 [ 3 ] Saloman E B, Sansonetti G J. Wavelengths energy level classifications, and energy levels for the spectrum of neutral neon [ J ]. J. Phys. Chem. Ref. Data, 2004, 33(4): 1113-1158.  
 [ 4 ] Basic atomic spectroscopic data [ DB/ON ]. <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/Tables/neontable3.htm>. (下转第 38 页)

## Design of finely amplitude modulating gravity accelerator

LI Cheng-long, LI Yong

(School of Mathematics and Physics, Anhui University of Science and  
Technology, Huainan 232001, China)

**Abstract:** The gravity accelerator adopted the method of measuring pendulum length by capacitive digital caliper displacement sensor. The diagraph of variety of simple pendulum could be measured in high precision, and the influence of the vibrator dimension and the deviation of the gravity center could be avoided. The period of simple pendulum was measured more accurately by an additional timing installation with high precision; hence the precision of acceleration of gravity was raised.

**Key words:** capacitive digital caliper; acceleration; periodicity; pendulum of cone; pendulum of micro-swing

[责任编辑:郭伟]

(上接第 35 页)

## Emission spectrum study of the neon tube in Franck-Hertz experiment

SU Wei-feng, LE Yong-kang

(Teaching Lab of Physics Department, Fudan University, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** The emission spectrum of the neon tube in the Franck-Hertz experiment was measured by the grating spectrometer. It showed that the orange emission consisted of several spectral lines. All The labeled lines corresponded to the transitions of the sublevels of the second excited state to those of the first excited state.

**Key words:** Franck-Hertz tube with Ne; emission spectrum; excitation voltage

[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中文核心期刊(物理类),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