

# 高中物理常见光谱的观察

鲁 斌

(浙江省余姚中学 浙江 宁波 315400)

(收稿日期:2020-03-01)

**摘要:**高中物理课堂教学中,光谱的观察往往较难实现.文章以分光计为观察平台,用三棱镜或光栅为分光原件,实现了连续谱、线状谱、吸收谱的观察.特别是设计实验得到了碘原子的吸收谱,比较了紫外灯光谱与荧光灯光谱的联系与区别.为物理课堂的光谱观测提供了可参考的思路和方法.

**关键词:**氢原子光谱 吸收谱 荧光灯

物理课堂涉及光谱的观察.在人教版《物理》选修3-5“氢原子光谱”一节中,介绍了光谱、连续谱、线状谱的概念<sup>[1]</sup>.并通过科学漫步“光谱与新元素的发现”,介绍了吸收谱的产生原理与应用.学生对于光谱的认识往往停留在概念和课本的图片,如何设计实验,能够在课堂中观察到这些真实谱线,从而对光谱有更加深刻的认识,这是教师需要思考的问题.

课文中写道:“用光栅或棱镜可以把光按波长展开,获得光的波长(频率)成分和强度分布的记录,用摄谱仪可以得到光谱的照片.”<sup>[1]</sup>这已经给我们指明了方法.如图1所示,我们利用分光计作为平台,利用三棱镜或者光栅进行分光,通过适当调节,在望远镜中即可观察到光谱.



图1 观察系统的搭建

## 1 原子的发射光谱

原子的发射光谱,是由原子中的电子在能量变化时所发射的一系列波长的光所组成的光谱.我们利用氢灯、低压钠灯、低压汞灯进行观察.

### 1.1 氢原子光谱的观察

氢原子光谱是高中物理的教学内容.要求学生能够知道氢原子在可见光区域的4条谱线,会运用巴尔末公式计算光谱线的波长,会用玻尔理论解释

氢原子光谱的实验规律.我们用氢灯作为光源,可以观察到氢原子在可见光区域中的全部4条谱线如图2所示.其中强度较强的为红光和绿光,两条紫光特别是波长最短的紫光较难观察,仔细调节可以确定它的存在.

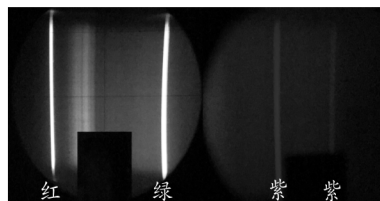


图2 氢原子光谱

在课堂教学中,应设计实验进行课堂展示.我们将摄像头与望远镜连接进行拍摄,将观察到的画面实时投影到大屏幕上,如图3所示,便于学生亲身参与实验过程.

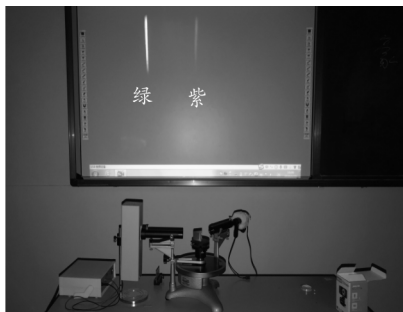


图3 将观察内容实时投影

### 1.2 钠光谱的观察

在焰色反应中,向酒精灯焰上撒一些食盐,便会看到明亮的黄色,这就是钠元素所呈现的颜色.我们用钠灯作为光源,钠光通过三棱镜折射,得到了黄色的光谱线如图4所示,非常明锐.如果通过光栅常数

为  $1.67 \times 10^{-6} \text{ m}$  的光栅进行实验,则分光效果更好,在二级衍射角下能够观察到钠黄双线如图5所示.

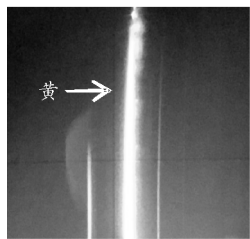


图4 钠元素光谱

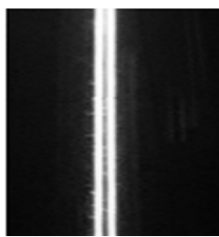


图5 钠黄双线

我们所观察到的钠黄双线波长为  $589.0 \text{ nm}$  和  $589.6 \text{ nm}$ ,就是钠光谱主线系的第一条谱线<sup>[2]</sup>.钠原子的最外层只有一个价电子,内层的10个电子与原子核组成原子实,与氢原子有些类似,导致它们发出的光谱也有相似的结构.钠黄双线是钠元素的特征光谱,利用钠光谱的观察,教学过程中应渗透光谱分析的原理和意义.

### 1.3 汞原子光谱观察

汞原子发光在平时生活中很常见,传统消毒的紫外线灯即低压汞灯,传统日光灯的发光原理即利用低压汞灯通电后释放紫外线,从而使荧光粉发出可见光.于是我们有必要先研究汞原子的发光规律.我们利用低压汞灯作为光源,观察汞原子光谱如图6所示.

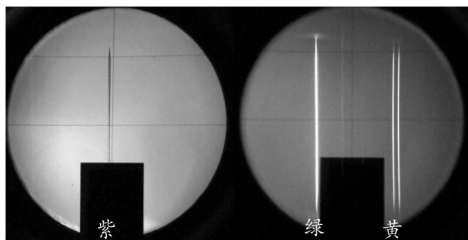


图6 汞原子光谱

我们观察到了其中的紫光、绿光和两条黄光的谱线.要注意的是,两条黄光谱线并非钠黄双线,它们的波长分别为  $584.4 \text{ nm}$  和  $589.1 \text{ nm}$ .波长差距较大,所以在光栅下很好区分.教学过程中在此处也可以进一步强调特征光谱的意义.汞原子光谱的观察为理解日光灯的谱线做好了铺垫.

原子光谱中某一谱线的产生是与原子中电子在某一特定能级之间的跃迁相联系的.因此,用原子光谱可以研究原子结构.由于原子是组成物质的基本单位,原子光谱对于研究分子结构、固体结构等也

是很重要的.另一方面,由于通过原子光谱可以了解原子的运动状态,从而可以研究包含原子在内的若干物理过程.

## 2 常见光源光谱观察

常见的光源包括白炽灯、LED灯、日光灯等.对于这些常用光源的光谱观察,有利于激发学生兴趣,并增进对自然事物的理解.我们进行逐一的观测.

### 2.1 白炽灯的光谱

课堂中我们提到:炽热的固体和液体以及高温高压的气体产生连续谱.

图7为观察白炽灯光谱的实验装置,白炽灯是将灯丝通电加热到白炽状态,利用热辐射发出可见光的电光源.炽热的钨丝属于“炽热的固体”,从发光原理上也可以推测其为连续谱线.白炽灯光谱如图8所示.



图7 观察白炽灯光谱的实验装置

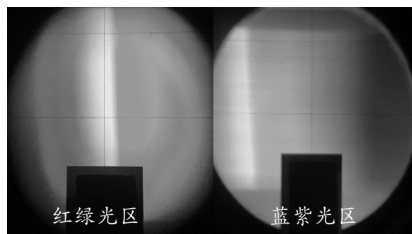


图8 白炽灯光谱

我们可以看到,光谱在红光区和紫光区的分布都很多,且谱线较宽,红色光线非常明亮,可想而知,长波段的能量较高,说明具有很强的热效应,较大部分电能转化为热能.

### 2.2 日光灯的光谱

有部分学生认为<sup>[3]</sup>:日光灯发光主要是紫外线激发管壁上荧光粉发光,属炽热固体发光,应为连续谱.也有学生认为:日光灯发光时灯管内的低压汞蒸气由于被激发而发光,所以看到的应是线状谱.低压汞原子气体光谱为线状谱,那么谱线打到荧光粉上是线状谱还是连续谱呢?

如图9所示,我们用中学物理实验室中的J2524型紫外线作用演示器中自带的小日光灯管作为光源进行观测.用分光镜对着日光灯,可看到在连续谱的背景上分布着几条很强的明线,与图6相对照,这就是汞在可见光区域内几条最强的谱线.所以观察日光灯我们看到低压汞蒸气的线状谱,但却是分布在连续谱背景上的,日光灯光谱如图10所示.

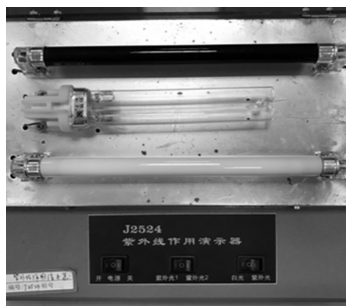


图9 小日光灯

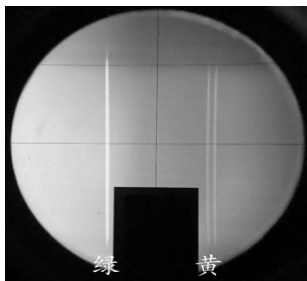


图10 日光灯光谱

连续谱的形成是由于荧光粉经紫外线照射后,吸收光能后进入激发态,并且立即退激发并发出比入射光波长长的出射光而形成可见光,产生连续谱.当紫外线停止入射,发光现象也随之立即消失.

### 2.3 发光二极管的光谱

发光二极管的核心部件为晶片(图11).一共分为3层:最左层为P型半导体层、中间为发光层、最右层为N型半导体层.当电流通过晶片时,N型半导体内的电子与P型半导体内的空穴在发光层剧烈地碰撞复合产生光子,以光子的形式发出能量.我们使用白光LED灯进行观测.

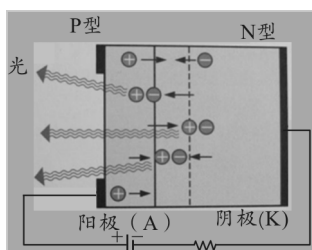


图11 LED发光原理示意图

由于白光LED灯是蓝光LED灯的晶片上加一层荧光粉,所以我们观察到的是连续谱(图12),光谱在短波区具有很大的宽度和亮度,长波区的亮度相对较低,说明热效应不明显,电能转化为光能的效率较高.

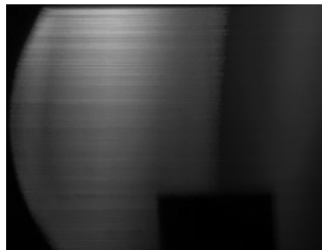


图12 LED灯光谱

连续光谱是指光强度随频率变化呈连续分布的光谱.根据量子理论,原子、分子可处于一系列分立的状态.两个态间的跃迁产生光谱线.每个光谱线系趋于一个短波极限,波长短于这个极限就出现一个光谱的连续区.

### 3 火焰的光谱

火焰光芒的一种产生机理是处于激发态的气体向普通态气体转变时,电子跃迁而产生的发光现象.对于火焰的光谱,许多学生把握不准.我们对蜡烛产生的光谱进行观察,实验装置如图13所示.



图13 观察蜡烛光谱

如图14所示,我们观察到的为连续谱线,长波部分亮度很高,短波部分亮度迅速下降,说明能量主要集中在红光和红外区,具有明显的热效应.

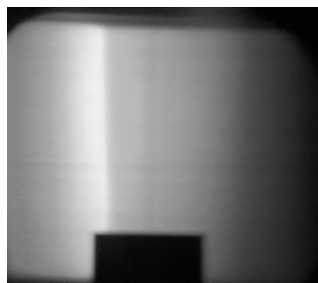


图14 蜡烛光谱

从对蜡烛精确的光谱分析可以得到<sup>[4]</sup>, 燃烧过程中, 还有固体碳粒子存在. 形成碳粒子的原因, 很可能是大的碳氢分子燃料首先分裂成碳原子或双原子碳, 然后经过某种形式形成固体粒子. 燃烧过程中, 热气体和热辐射使固体碳粒子加热到白炽程度, 白炽的碳粒子与水和  $\text{CO}_2$  反应而产生  $\text{CO}$ . 白炽的碳所发出的热辐射应是白色的, 但由于还有少量  $\text{CO}$  发射红色波长以及人眼对不同光的敏感程度, 整个光谱区看上去是淡黄色的.

#### 4 原子的吸收光谱

原子的吸收光谱, 是由原子中的电子在能量变化时所吸收的一系列波长的光所组成的光谱. 原子吸收光源中部分波长的光形成吸收光谱, 为暗淡条纹. 我们观察以 LED 灯为背景光源, 以光栅为分光原件, 以 J30032 型碘升华管(图 15) 作为产生碘蒸气的容器, 以酒精灯为加热源观察碘的吸收谱线, 核心部件如图 16 所示.

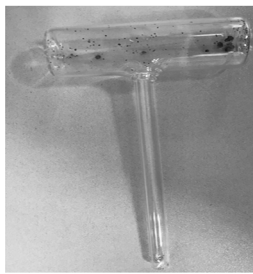


图 15 碘升华管

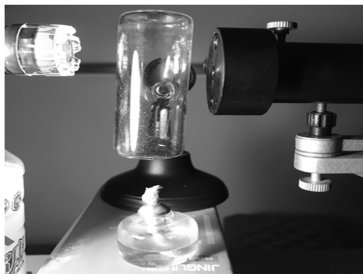


图 16 实验装置

打开 LED 灯, 从分光计的望远镜中即可看到连续光谱(图 17). 用酒精灯将碘升华管加热, 使碘分子升华, 则在连续光谱黄绿色区域将看到逐渐出现许多黑线, 这些黑线由淡变浓(图 18). 这是由于样品池中碘分子蒸气因温度升高而增加吸收光能所造成的. 当样品池温度降低时, 碘分子吸收光谱带将随着温度降低而逐渐消失, 最后恢复到连续光谱.

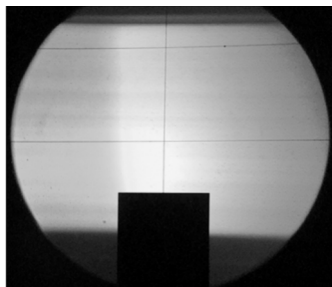


图 17 LED 的连续光谱

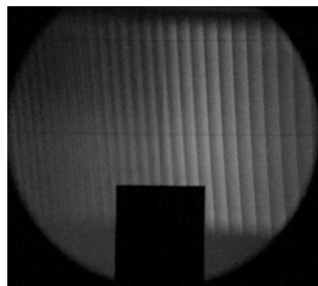


图 18 碘的吸收光谱

精确的实验测量可以得到<sup>[5]</sup>, 碘分子吸收光谱带波长范围在  $525.3 \sim 636.4 \text{ nm}$ . 且吸收光谱中的暗纹间隔几乎等间距, 这和我们的实验结果是吻合的.

#### 5 结束语

光谱的观察与分析在高中物理处于原子结构的内容, 主要以记忆为主. 在物理课堂中, 如果能较好地呈现连续谱、线状谱、吸收谱等谱线的特点, 能够呈现常见物质产生的光谱, 对学生的物理观念的培育、物理图像的建立尤为重要.

对实验器材的要求, 最重要的是实验平台——分光计的准备. 如果没有专门的氢灯、钠灯、汞灯, 可以用实验室的光谱管组代替. 分光仪器可以用三棱镜, 有条件的学校可以用光栅代替, 达到更好的分光效果, 并利用光栅方程测量谱线波长. 最难实现的是吸收谱的观察, 利用碘升华管可以很好地解决这个问题. 在实验过程中, 应处于黑暗的环境以及较小的光源, 防止外界杂光和自身多余光线通过分光器件造成干扰.

#### 参考文献

- 1 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·选修 3-5[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010. 54 ~ 59
- 2 李体莲, 樊孝喜, 谭少东. 对低压钠灯谱线的分析[J]. 物理实验, 2000(5): 40 ~ 41
- 3 程建华. 对日光灯产生什么光谱的探讨[J]. 物理教师 2002(1): 41
- 4 宋敏, 邹新凯. 蜡烛火焰的光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 1994(8): 77 ~ 78
- 5 杨铭珍. 测定碘分子吸收光谱的分光计法[J]. 物理实验, 1989(12): 246 ~ 248