

三类发射光谱产生机理的对比

朱建伟

在中学物理新教材中,对光谱部分的要求有所变化,连续光谱的要求有所降低,分子光谱基本不涉及,而原子光谱要求有所提高。原子光谱更加突出与玻尔理论的联系,量子理论得到进一步渗透。为了比较全面地了解三类光谱的区别,这里对它们的产生机理作一下对比。

一、线状光谱

稀薄气体通以适当高的电压后能够发光,利用分光镜可以观察到它的光谱,但是只有几条分立的亮线。也就是说,稀薄气体通电时只发出几种确定频率的光。不同气体光的亮线位置不同,表明不同气体发光的频率是不一样的。图1分别是锂、氦、汞三种元素的线状谱。

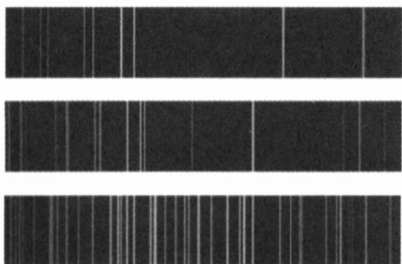


图1 锂、氦、汞三种元素的线状谱

根据玻尔原子理论,氢原子等发出的光谱是因原子内部两能级之间电子发生跃迁产生的。当原子从高能级跃迁到低能级时,辐射光子的能量等于前后两个能级之差,即 $h\nu = E_m - E_n$ 。式中 h 是普朗克常量, ν 是辐射光子的频率, E_m 、 E_n 分别是氢原子处于 m 、 n 能级的能量值。图2是氢原子能级的示意图,由于原子的能级不连续,所以辐射的光子的能量也是不连续的,从光谱上看,原子辐射光波的频

率为若干分立值。由于不同原子的结构不同,能级也就不同,它们辐射的光子波长一般也不同,不同元素的光谱中的谱线分布各不相同。借此可对物质进行光谱分析。这种分立的线状谱又叫原子光谱。

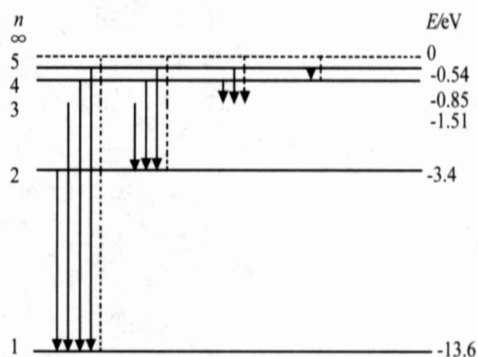


图2 氢原子的示意图

与上述物理过程相反,若是让一束高温的白光通过低压气体,白光中某些能量值就会被低压气体所吸收,从而“丢失”相应频率的光子,从光谱学的角度,就形成了背景明亮、只有几条暗线的光谱。这类光谱往往称为吸收光谱。

二、连续光谱

连续光谱是由炽热的固体、液体和高压气体产生的,由连续分布的一切波长的光组成。实验中已经接收到连续光谱(如图3)。那么连续光谱产生的机理是怎样的呢?原来,物质内部的有些电子离原子核很远时,电子具有动能,它不是电子在量子轨道上运动所具有的动能,并且一定为正值,所以这时系



图3 连续谱

环氧等复合材料,耐高温、高强度、高能量密度电感储能材料;高强度、耐烧蚀、耐腐蚀的导轨、电枢和电极材料,石墨、陶瓷等耐高温、耐烧蚀炮管绝缘材料;大载流、高强度、高频率开关和大功率脉冲固态开关材料。

除上述一些基础研究外,国外还计划采用先进的计算机技术进行电磁炮的模拟仿真、性能测试和结果预测。

经过近20年的研究,电磁炮技术在理论上已基本成熟,开始向武器化、实用化发展。电磁炮的穿甲能力已被实验所证实,武器化的电磁炮可以击毁火炮所不能击毁的新型坦克装甲。预计在不远的将来,电磁炮将会作为新一代重要的穿甲武器出现在战场上,在未来战争中起到极其重要的作用,并产生深远的影响。

(江苏省徐州空军学院航空弹药系 221000)

统总能量就等于动能,即 $E = (1/2)mv_0^2$ 。当这个电子沿某一轨道向原子核接近时,轨道上任一点的库仑相互作用的能量等于电子离原子核很远时的能量,可以表示为 $E = (1/2)mv_0^2 = (1/2)mv^2 - kZe^2/r$, 其中 m 、 v_0 、 v 、 e 、 r 分别表示电子的质量、初速度、速度、电荷以及离原子核的距离, Z 是这种元素的原子序数, k 表示静电力常量。

显然这种能量不是量子化的,可以是任何正值。如果电子从该轨道上跃迁到一个量子化轨道上,原子要发射一个光子,其能量值为 $h\nu = E - E_n = [(1/2)mv^2 - kZe^2/r] + (-hcR/n^2) = (1/2)mv_0^2 - hcR/n^2$, 其中 R 为里德伯常数、 c 为光速、 h 为普朗克常量。式中右边的第一项可以是零开始的任何正值,第二项相当于一个谱系限的能量。光的频率从谱系限向上增加,能量范围可跃迁到任何低能级而发出频率为连续变化的光子。可以用这样的图景来描述连续光谱形成过程: 炽热的固体、液体或高温高压的气体,一些外层电子有足够的能量挣脱原子束缚而成为自由电子,但在运动过程中也很容易被原子吸引而重新回到原子内部,原子由高能态变成低能态的过程中辐射出光子,这些光子频率为连续值,尔后电子又获得能量飞离原子,重复上述过程,形成了波长连续变化的连续谱线。

三、分子光谱

在有些光源发出的光谱中,谱线是分段密集的,每段中不同的波长数值很多。如果用分辨率不高的摄谱仪摄取这类光谱,密集的谱线看起来并不在一起,整个光谱好像是由许多片连续的带组成。这类光谱称为带状光谱,是分子发出的,故又叫分子光谱。分子之所以产生复杂的光谱,是由于它内部复杂的运动状态。

分子的电子运动状态和电子能级: 在分子中有两个或两个以上的原子核,电子在这样复杂的电场中运动,形成不同的状态,每一状态具有一定的能量。分子的电子态能级之差同原子能级之差相仿。如果分子的电子能级之间有跃迁,产生的光谱一般在可见光和紫外线范围。

构成分子的诸原子之间的振动和振动能量: 原子核带动周围的电子振动,如双原子分子沿着轴线振动;多原子分子的振动比较复杂,是多种振动方式的叠加。虽然振动能量是量子化的,但它的振动能级的间隔比电子能级的间隔小。如果只有振动能级

的跃迁、没有电子能级的跃迁,所产生的光谱就在近红外线区。

分子的转动和转动能级: 这是由分子的整体转动引起的。对于双原子分子要考虑转动是转动轴通过分子质量中心并垂直于分子轴线转动。对于多原子分子的转动,如果分子对称性高,也可以进行研究。转动能量也是量子化的,只是能级间隔比前两种要小得多,放出的光子的频率很小,即波长较长,属远红外线区。

由此可知,远红外线光谱由分子的整体转动引起,近红外线光谱是由原子核带动周围的电子的振动引起的,可见光和紫外线是由电子能级之间的跃迁引起的。三种情况各形成一个光谱带,几个光谱带再形成一个光谱带系。故分子光谱又称为带状光谱。图4是分子状态下的氢光谱。



图4 分子状态下的氢光谱

综上所述,物质的发射光谱都是物质内部的分子或原子从高能态向低能态转化的过程中产生的。但各类发射光谱的产生机理又是不同的,线状谱是原子内部电子跃迁发出的,连续谱是处于游离态的自由电子运动至原子内部时产生的,带状谱由分子的转动、原子的振动及内部电子的跃迁而产生。

(浙江绍兴鲁迅中学 312000)

科苑快讯

所谓轴子信号可能只是量子电动力学的一种新效应

2006年初PVLAS实验组宣布,在一次测量磁场中光的偏振旋转的实验中发现轴子(一种假想中的粒子)可能存在的信号。葡萄牙里斯本的一个研究组最近提出,探测到的可能不是轴子,而是量子电动力学(quantum electrodynamics, QED)的一种新效应。里斯本市高等技术学院(Instituto Superior Técnico)的铁托·门东萨(Tito Mendonça)、迪亚士·德·迪奥斯(Dias de Deus)和卡斯特罗·费雷拉(Castelo Ferreira)认为,光束在缓慢旋转的磁场中传播能够产生与磁场旋转频率成正比的微小频移。PVLAS的数据可能只是首次观测到了纯量子电动力学中的一种新效应,而并非轴子存在的证据。

(高凌云编译)
现代物理知识