

第 2 章

DI'ER ZHANG

原子结构

第 4 节



氢原子光谱与能级结构

书本：第37页

一、电磁波

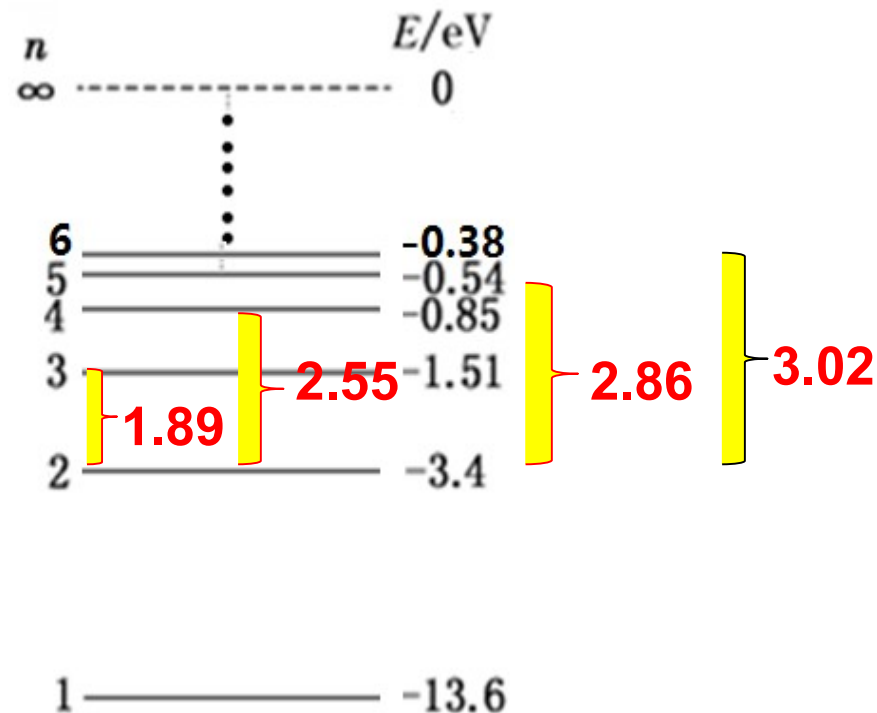
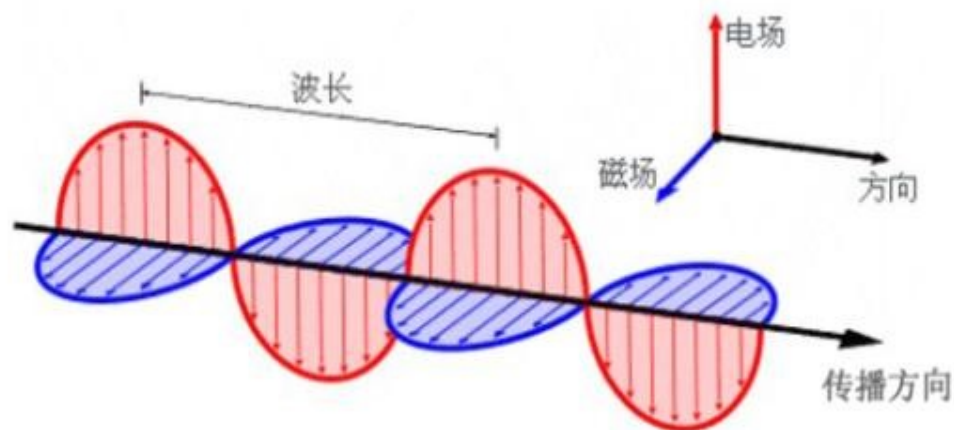
1、定义：电磁场由近及远向外传播

2、电磁波谱成员：

无线电波、红外线、可见光、

波长：长

频率：低



蓝、靛、紫

→ 短

→ 高

~3.11eV

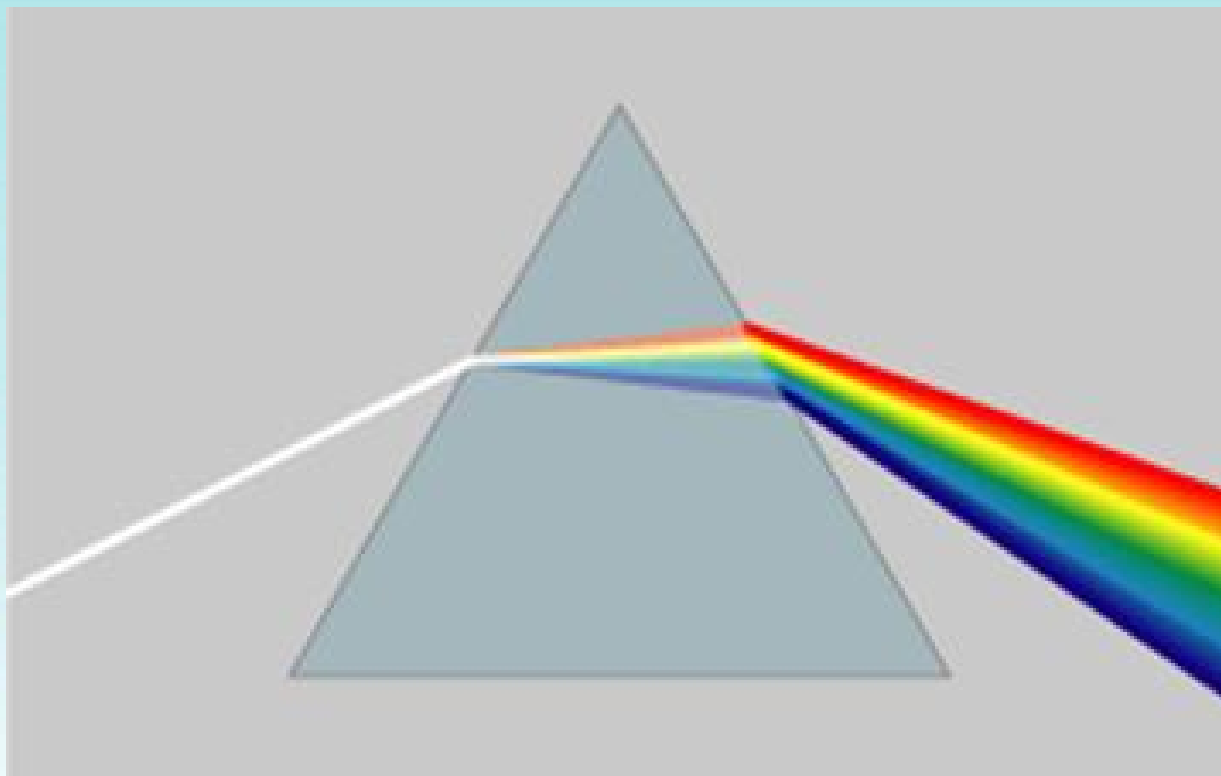


(注：从3、4、5、6能级往2能级跃迁的光是可见光)

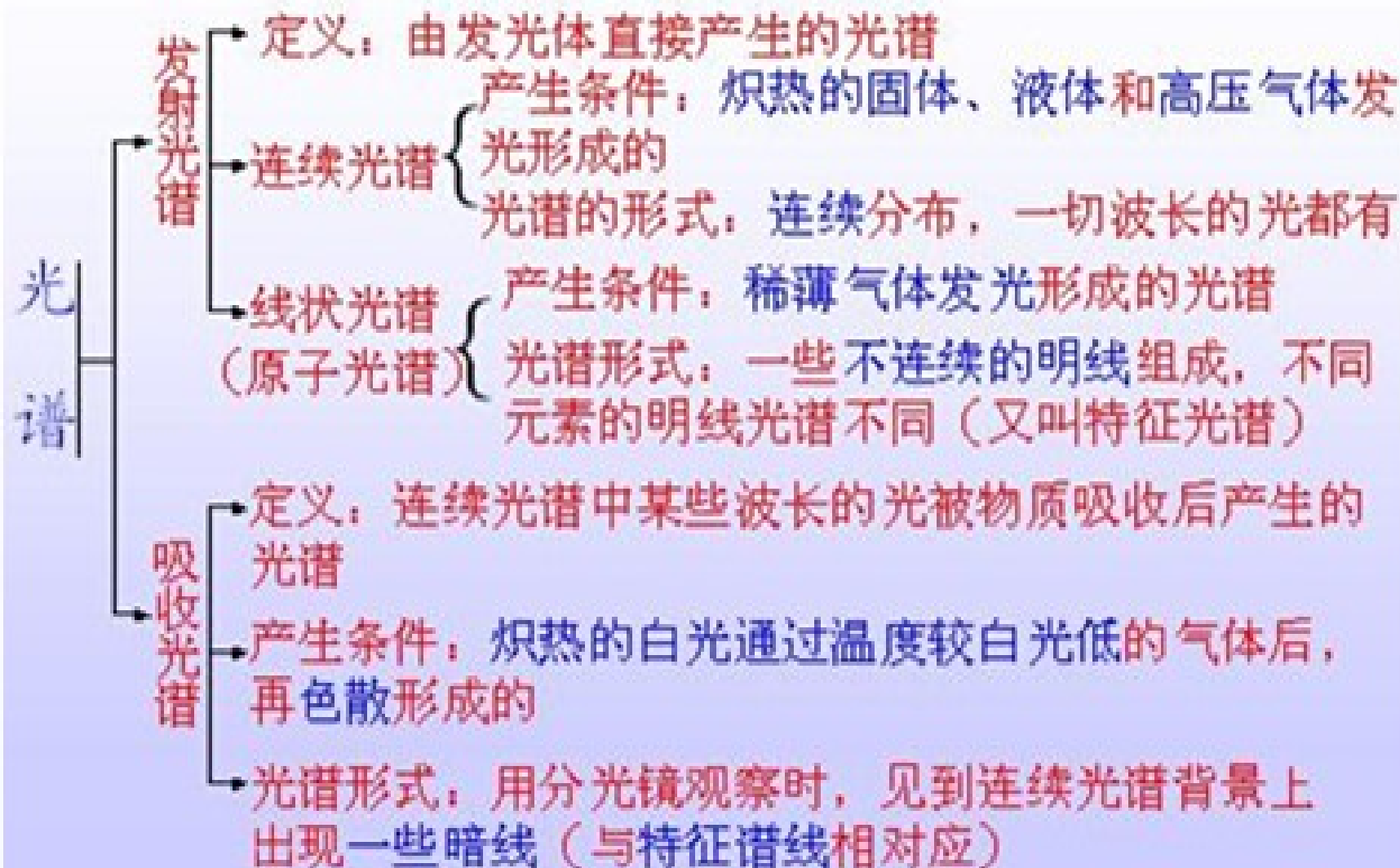
二、光谱

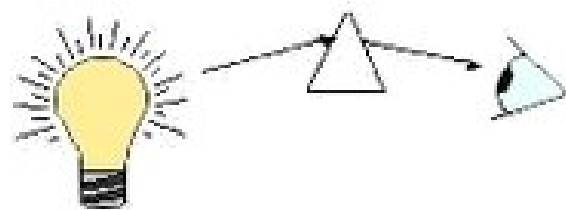
笔记

- 1、光谱：用光栅或棱镜可以把各种颜色的光按波长展开，获得光的波长（或频率）和强度分布的记录，即光谱。



2、光谱分类：

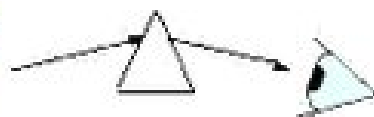
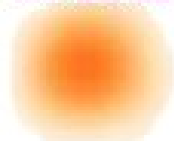




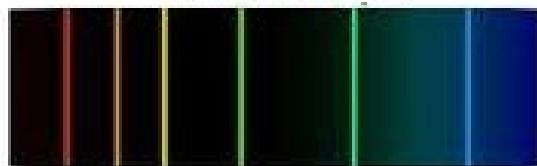
連續光譜



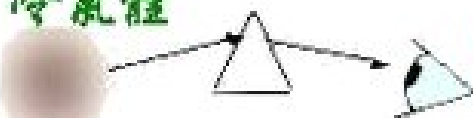
熱氣體



輻射譜線



冷氣體



吸收譜線

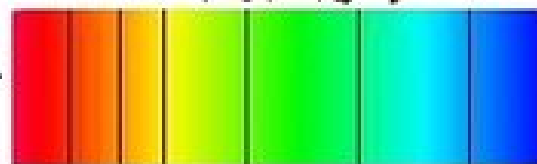


图2-19 是拍出的 H、Hg、Ne 的光谱。原子光谱。

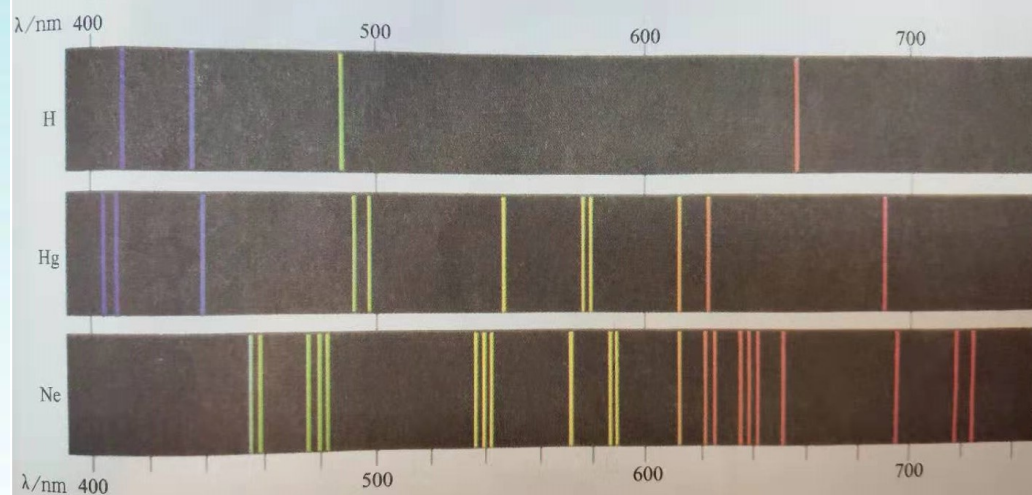


图2-19 H、Hg、Ne 的光谱线

三、 1、

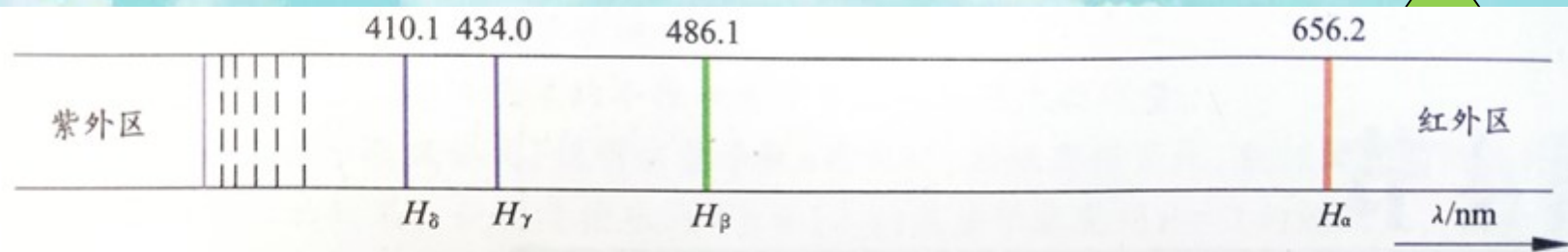


图 2-20 氢原子光谱

红色的 H_{α} 线，波长为 656.2 nm；
 蓝绿色的 H_{β} 线，波长为 486.1 nm；
 青色的 H_{γ} 线，波长为 434.0 nm；
 紫绿色的 H_{δ} 线，波长为 410.1 nm。

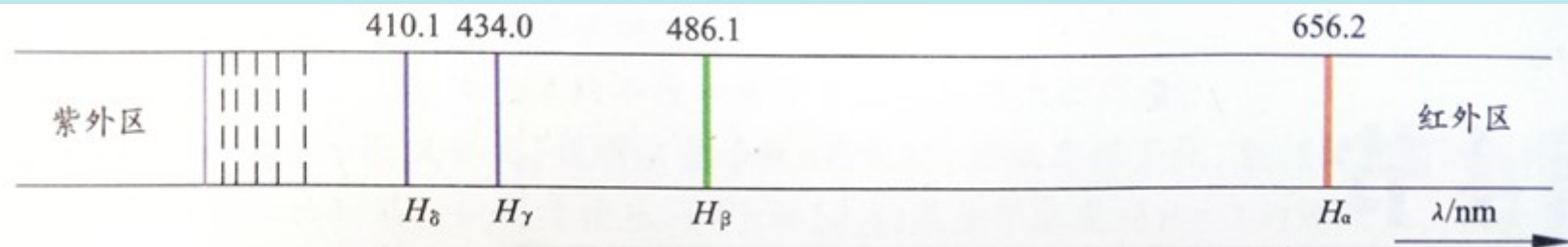


图 2-20 氢原子光谱

红色的 H_{α} 线，波长为 656.2 nm；
 蓝绿色的 H_{β} 线，波长为 486.1 nm；
 青色的 H_{γ} 线，波长为 434.0 nm；
 紫绿色的 H_{δ} 线，波长为 410.1 nm。

注：巴尔末系是氢原子光谱在可见光区的谱线

四、玻尔理论对氢光谱的解释：

($n > 2$)

据玻尔原子理论，氢原子的电子从 n 到2能级跃迁时，

$$h\nu = E_n - E_2$$

$$= \frac{E_1}{n^2} - \frac{E_1}{2^2}$$

$$= 13.6 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n=3, 4, 5, 6, \dots)$$

$$\text{得: } \nu = \frac{13.6}{h} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n=3, 4, 5, \dots)$$

上式与巴尔末公式比较，可以看出它们形式是完全一样的，并且根据上式计算出 R 值与里德伯常量的实验值符合得很好。这就是说，根据玻尔理论，不但可以推导出表示氢原子光谱规律性的公式，而且还可以从理论上来计算里德伯常量的值。

玻尔理论的成功和局限性

成功之处	冲破了能量 <u>连续变化</u> 的束缚，认为能量是 <u>量子化</u> 的
	根据量子化能量计算光的 <u>发射</u> 频率和 <u>吸收</u> 频率
局限性	利用经典力学的方法推导电子轨道半径，是一种 <u>半经典</u> 的量子论

注：玻尔理论的最成功之处，解释了原子结构和氢原子光谱的关系。
其局限之处是无法解释比氢原子更复杂的原子光谱。

笔记

通 题 组

1. 一群氢原子由 $n=3$ 能级自发跃迁至低能级发出的谱线中属于巴尔末线系的有_____条。

解析：在氢原子光谱中，电子从较高能级跃迁到 $n=2$ 能级发光的谱线属于巴尔末线系。因此只有由 $n=3$ 能级跃迁至 $n=2$ 能级的 1 条谱线属巴尔末线系。

答案： 1

考点二

玻尔理论对氢原子光谱的解释

通方法

1. [多选]关于经典电磁理论与氢原子光谱之间的关系，下列说法正确的是() **答案：ABC**

- A. 经典电磁理论不能解释原子的稳定性
- B. 根据经典电磁理论，电子绕原子核转动时，电子会不断释放能量，最后被吸附到原子核上
- C. 根据经典电磁理论，原子光谱应该是连续的
- D. 氢原子光谱彻底否定了经典电磁理论

无否定，而是引进了量子化观点

10. 氮原子被电离一个核外电子，形成类氢结构的离子。已知基态的氮离子能量为 $E_1 = -54.4 \text{ eV}$ ，氮离子能级的示意图如图2—13所示，在具有下列能量的光子中，可能被基态氮离子吸收的是（ ）。

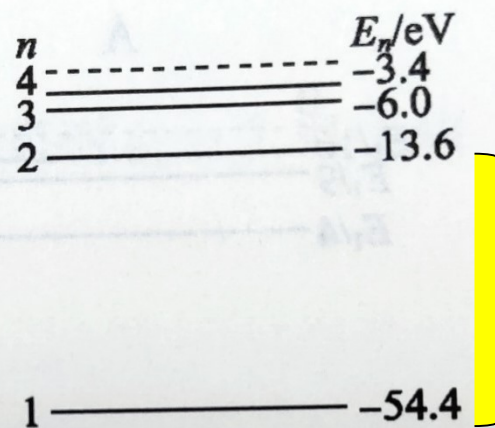


图 2—13

40.8 48.4 51.0

- A. 40.8 eV B. 43.2 eV
C. 48.5 eV D. 51.0 eV

学案：第34页

8. 红宝石激光器的工作物质是含有铬离子的三氧化二铝晶体，利用其中的铬离子产生激光。铬离子的能级图如图

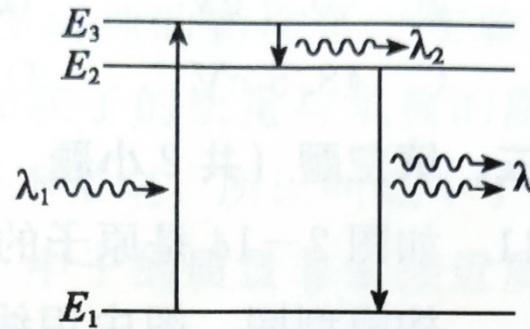


图 2-12

2-12所示， E_1 是基态， E_2 是亚稳态， E_3 是激发态。若以氙灯发出的波长为 λ_1 的绿光照射晶体，使处于基态的铬离子受到激发而跃迁到 E_3 ，然后自发地跃迁到 E_2 ，释放波长为 λ_2 的光子，处于亚稳态 E_2 的铬离子跃迁到基态 E_1 时辐射出的光就是激光，这种激光的波长 λ 为（ ）。

A. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$

B. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$

C. $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}$

D. $\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2}$

2. 一群处于 $n=4$ 的激发态的氢原子向低能级跃迁时，可能发射的光线为（ ）。

- A. 3 条 B. 4 条 C. 5 条 D. 6 条

学案：第31页

例2 如图2-9所示为氢原子最低的四个能级。氢原子在这些能级之间跃迁所辐射的光子的频率有_____种，其中最小频率等于_____ Hz (保留两位有效数字)。

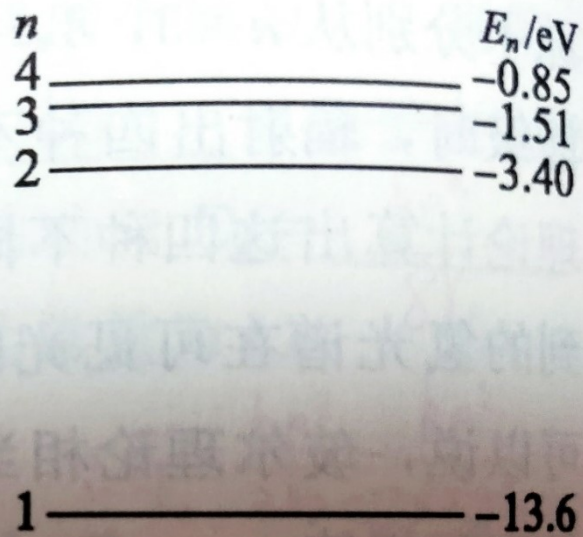


图 2-9

5. 用某一频率的电磁波照射氢原子，使它从基态跃迁到量子数 $n=3$ 的激发态，该电磁波在真空中的波长为多少 μm ? (已知基态能级 $E_1 = -13.6 \text{ eV}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

8. 用波长 $\lambda = 200 \text{ nm}$ 的紫外线照射处于 $n=2$ 的激发态的氢原子，可使氢原子电离，则氢原子电离后电子的动能是多少？

学案：第32页

例3 原子从一个较高能级跃迁到一个较低的能级时，有可能不发射光子，例如在某种条件下，铬原子的电子从 $n=2$ 能级上跃迁到 $n=1$ 能级上时并不发射光子，而是将相应的能量转交给 $n=4$ 能级上的电子，使之能脱离原子，这一现象叫做俄歇效应。以这种方式脱离原子的电子叫俄歇电子。

已知铬原子的能级公式可简化为 $E_n = -\frac{A}{n^2}$ (式中 $n=1, 2, 3, \dots$)， A 是正的已知常数。上述俄歇电子的动能是 ()。

A. $\frac{3}{16}A$

B. $\frac{7}{16}A$

C. $\frac{11}{16}A$

D. $\frac{13}{16}A$

6. (多选) 当氢原子从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 的能级时，辐射光的波长为 656 nm。以下判断正确的是 ()。

- A. 用波长为 325 nm 的光照射，可使氢原子从 $n=1$ 跃迁到 $n=2$ 的能级
- B. 氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=1$ 的能级时，辐射光的波长大于 656 nm
- C. 一群处于 $n=3$ 能级上的氢原子向低能级跃迁时最多产生 3 种谱线
- D. 用波长为 633 nm 的光照射，不能使氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=3$ 的能级

7. (多选) 物理学家在微观领域的研究中发现了“电子偶素”这一现象。所谓“电子偶素”就是由一个负电子和一个正电子绕它们连线的中点做匀速圆周运动形成相对稳定的系统。类比玻尔的原子量子化模型可知：两电子做圆周运动可能的轨道半径的取值是不连续的，所以“电子偶素”系统对应的能量状态（能级）也是不连续的。若规定两电子相距无限远时该系统的引力势能为零，则该系统的最低能量值为 E ($E < 0$)，称为“电子偶素”的基态，基态对应的电子运动的轨道半径为 r 。已知正、负电子的质量均为 m ，电荷量大小均为 e ，但符号相反；静电力常量为 k ，普朗克常量为 h 。则下列说法中正确的是（ ）。

A. “电子偶素”系统处于基态时，一个电子运

动的动能为 $\frac{ke^2}{8r}$

- B. “电子偶素”系统吸收特定频率的光子发生能级跃迁后，电子做圆周运动的动能增大
- C. 处于激发态的“电子偶素”系统向外辐射光子的最小波长为 $-\frac{hc}{E}$
- D. 处于激发态的“电子偶素”系统向外辐射光子的最小频率为 $-\frac{E}{h}$

2. 根据巴耳末公式，指出氢原子光谱巴耳末线系的最长波长和最短波长所对应的 n ，并计算其波长。

解析： 对应的 n 越小，波长越长，故当 $n=3$ 时，氢原子发光所对应的波长最长。

$$\text{当 } n=3 \text{ 时, } \frac{1}{\lambda_1} = 1.10 \times 10^7 \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \text{ m}^{-1}$$

$$\text{解得 } \lambda_1 = 6.55 \times 10^{-7} \text{ m}.$$

$$\text{当 } n=\infty \text{ 时, 波长最短, } \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \times \frac{1}{4},$$

$$\lambda = \frac{4}{R} = \frac{4}{1.1 \times 10^7} \text{ m} = 3.64 \times 10^{-7} \text{ m}.$$

答案： 当 $n=3$ 时，波长最长为 $6.55 \times 10^{-7} \text{ m}$

当 $n=\infty$ 时，波长最短为 $3.64 \times 10^{-7} \text{ m}$