

第十六章 原子结构与波粒二象性 原子核

第1讲 原子结构与波粒二象性

课标要求

通过实验，了解光电效应现象；知道爱因斯坦光电效应方程及其意义；能根据实验结论说明光的波粒二象性；知道实物粒子具有波动性；知道原子的核式结构模型；通过对氢原子光谱的分析，了解原子的能级结构。

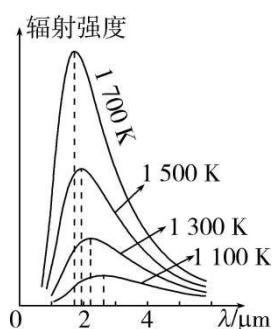
必备知识·强基固本

一、黑体辐射

1. 黑体辐射的实验规律

(1) 对于一般材料的物体，辐射电磁波的情况除与__有关外，还与材料的种类及表面状况有关。

(2) 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关。随着温度的升高，一方面，各种波长的辐射强度都有__，另一方面，辐射强度的极大值向波长较_____的方向移动，如图。



【答案】(1) 温度

(2) 增加；短

2. 能量子

(1) 概念：普朗克认为，当带电微粒辐射或吸收能量时，只能辐射或吸收某个最小能量值 ε 的__倍，这个不可再分的最小能量值 ε 叫作能量子。

(2) 表达式： $\varepsilon =$ _____，其中 ν 是带电微粒吸收或辐射电磁波的频率， h 称为普朗克常量。 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ （一般取 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ）。

【答案】(1) 整数

(2) $h\nu$

二、光电效应

1. 光电效应现象

在光的照射下，金属中的电子从表面逸出的现象。发射出来的电子叫_____。

【答案】光电子

2. 光电效应规律

(1) 每种金属都有一个截止频率（极限频率），当入射光的频率__截止频率时不发生光电效应。

(2) 光电子的最大初动能与入射光的强度无关，只随入射光频率的增大而_____。

(3) 光电效应的发生几乎是瞬时的，一般不超过 10^{-9}s 。

(4) 当入射光的频率大于截止频率时，饱和电流随入射光的增强而增大。

3. 遏止电压与截止频率

(1) 遏止电压：使光电流减小到_____的反向电压 U_c 。

(2) 截止频率：能使某种金属发生光电效应的__频率叫作该种金属的截止频率（又叫极限频率）。不同的金属对应着不同的截止频率。

【答案】(1) 零

(2) 最小

4. 光电效应方程

(1) 光子说

在空间传播的光是不连续的，而是一份一份的，一份叫作一个光量子，简称光子。光子的能量 $\varepsilon =$ _____。

(2) 逸出功 W_0

使电子脱离某种金属所做功的_____。

(3) 最大初动能

发生光电效应时，金属表面上的电子吸收光子后克服原子核的引力逸出时所具有的动能的最大值。

(4) 爱因斯坦光电效应方程

① 表达式： $E_k = h\nu -$ _____。

② 物理意义：金属表面的电子吸收一个光子获得的能量是 $h\nu$ ，这些能量的一部分用来克服金属的_____，剩下的表现为逸出后光电子的最大初动能

$$E_k = \frac{1}{2}m_e v_c^2。$$

【答案】(1) $h\nu$

(2) 最小值

(4) ① W_0

② 逸出功 W_0

点拨

光子指光在空间传播时的每一份不可分割的能量，光子不带电。光电子是金属表面受到光照射时吸收了光子能量后发射出来的电子，其本质是电子。

三、光的波粒二象性与物质波

1. 光的波粒二象性

光既具有波动性，又具有粒子性，称为光的波粒二象性。

2. 物质波

(1) 概率波：光的干涉现象是大量光子的运动遵守波动规律的表现，亮条纹是光子到达概率大的地方，暗条纹是光子到达概率小的地方，因此光波又叫概率波。

(2) 物质波：任何一个运动着的物体，小到微观粒子大到宏观物体都有一种波与它对应，其波长 $\lambda = \frac{h}{p}$ ， p 为运动物体的动量， h 为普朗克常量。

【答案】 $\frac{h}{p}$

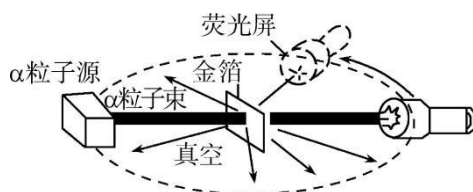
四、原子的核式结构模型

1. 1909~1911 年，英国物理学家_____指导他的助手进行了 α 粒子散射实验，提出了核式结构模型。

【答案】卢瑟福

2. α 粒子散射实验

(1) 实验装置：如图所示。



(2) 实验结果： α 粒子穿过金箔后，绝大多数沿_____方向前进，少数发生较大角度偏转，极少数偏转角度大于 90° ，几乎被弹回。

【答案】原

3. 核式结构模型：原子中心有一个很小的核，叫作原子核，原子的全部_____和几乎全部质量都集中在原子核里，带负电的电子在核外空间绕核旋转。

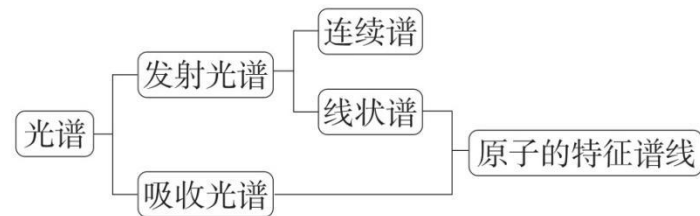
【答案】正电荷

五、氢原子光谱

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___（频率）和强度分布的记录，即光谱。

【答案】波长

2. 光谱分类



3. 氢原子光谱的实验规律：巴耳末系是氢光谱在可见光区的谱线，其波长公式： $\frac{1}{\lambda} = R_{\infty}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}) (n = 3, 4, 5, \dots)$ ， R_{∞} 是里德伯常量， $R_{\infty} = 1.10 \times 10^7 \text{m}^{-1}$ 。

4. 光谱分析：利用每种原子都有自己的_____可以鉴别物质和确定物质的组成成分，且灵敏度很高。在发现和鉴别化学元素上有着重大的意义。

【答案】特征谱线

六、玻尔理论 能级跃迁

1. 玻尔理论

轨道假设	原子中的电子在库仑引力的作用下，绕原子核做圆周运动，电子绕核运动的可能轨道是不连续的
定态假设	电子在不同的轨道上运动时，原子处于不同的状态，具有不同的能量，因此，原子的能量是量子化的。这些量子化的能量值叫作___。原子中这些具有确定能量的稳定状态称为___，在各个定态中，原子不向外辐射能量
跃迁假设	原子从一个定态向另一个定态跃迁时要放出或吸收一定频率的光子，光子的能量等于两个状态的能量差，即 $h\nu = \underline{\hspace{2cm}}$

【答案】能级； 定态； $E_m - E_n$

2. 几个概念

- (1) 能级：在玻尔理论中，原子各个状态的能量值。
- (2) 基态：原子能量最低的状态。
- (3) 激发态：在原子能量状态中除基态之外的其他状态。
- (4) 量子数：原子的状态是不连续的，用于表示原子状态的正整数。

【答案】最低

3. 氢原子的能级和轨道半径

- (1) 氢原子的能级公式： $E_n = \frac{1}{n^2} E_1 (n = 1, 2, 3, \dots)$ ，其中 E_1 为基态能量， $E_1 =$ _____eV。
- (2) 氢原子的轨道半径公式： $r_n =$ _____ $r_1 (n = 1, 2, 3, \dots)$ ，其中 r_1 为基态轨道半径， $r_1 = 0.53 \times 10^{-10} \text{m}$ 。

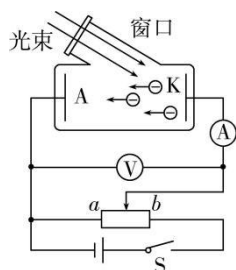
【答案】(1) -13.6

(2) n^2

自主评价

1. 依据下面小情境，判断下列说法对错。

用如图所示的装置研究光电效应现象。用光子能量为 2.75eV 的光照射到光电管上时发生了光电效应，电流表的示数不为零；移动滑动变阻器的滑片，发现当电压表的示数大于或等于 1.7V 时，电流表示数为 0。



- (1) 只要光照射的时间足够长，任何金属都能发生光电效应。()
- (2) 光电子就是光子。()
- (3) 极限频率越大的金属材料逸出功越大。()
- (4) 阴极 K 材料的逸出功为 2.75eV 。()
- (5) 金属表面是否发生光电效应与入射光的强弱有关。()
- (6) 入射光照射到金属表面上时，光电子几乎是瞬时发射的。()
- (7) 光电效应说明了光具有粒子性，证明光的波动说是错误的。()

【答案】 (1) ×

(2) ×

(3) ✓

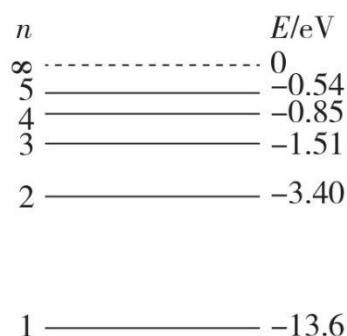
(4) ×

(5) ×

(6) ✓

(7) ×

2. (人教版选择性必修第三册改编) 如图所示是氢原子的能级图, 其中由高能级向 $n = 2$ 能级跃迁时释放的一组谱线称为“巴耳末系”。现有大量处于 $n = 5$ 能级的氢原子向低能级跃迁, 则 ()



A. 产生的光子中有 3 种属于巴耳末系

B. 产生的光子中有 6 种属于巴耳末系

C. 从 $n = 5$ 能级跃迁到 $n = 2$ 能级时产生的光子波长最长

D. 从 $n = 4$ 能级跃迁到 $n = 2$ 能级要吸收 2.55eV 的能量

【答案】 A

3. (人教版选择性必修第三册改编) 铝的逸出功 $W_0 = 6.72 \times 10^{-19}\text{J}$, 现在用波长 $\lambda = 200\text{nm}$ 的光照射铝表面。普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}$, 真空中光速 $c = 3.0 \times 10^8\text{m/s}$, 电子所带电荷量 $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$, 求:

(1) 光电子的最大初动能;

(2) 遏止电压;

(3) 铝的截止频率。

【答案】 (1) $3.23 \times 10^{-19}\text{J}$

(2) 2.02V

(3) $1.01 \times 10^{15}\text{Hz}$

关键能力·核心突破
考点一 光电效应及光电效应方程

1.定量分析时应抓住三个关系式

- (1) 爱因斯坦光电效应方程： $E_k = h\nu - W_0$ 。
- (2) 最大初动能与遏止电压的关系： $E_k = eU_c$ 。
- (3) 逸出功与截止频率的关系： $W_0 = h\nu_c$ 。

2.两条对应关系

- (1) 光强大（频率一定时）→ 光子数目多→ 发射光电子多→ 饱和电流大。
- (2) 光子频率高→ 光子能量大→ 光电子的最大初动能大。

例 1 光电管是一种利用光照射产生电流的装置，当入射光照在管中金属板上时，可能形成光电流。表中给出了 6 次实验的结果。

组	次	入射光子的能量/eV	相对光强	光电流大小/mA	逸出光电子的最大初动能/eV
第一组	1	4.0	弱	29	0.9
	2	4.0	中	43	0.9
	3	4.0	强	60	0.9
第二组	4	6.0	弱	27	2.9
	5	6.0	中	40	2.9
	6	6.0	强	55	2.9

由表中数据得出的论断中不正确的是（ ）

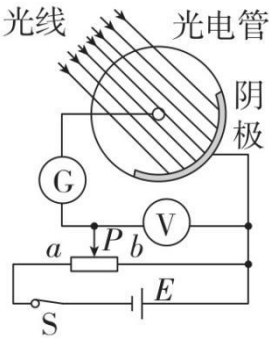
- A. 两组实验采用了不同频率的入射光
- B. 两组实验所用的金属板材质不同
- C. 若入射光子的能量为 5.0eV，逸出光电子的最大初动能为 1.9eV
- D. 若入射光子的能量为 5.0eV，相对光强越强，光电流越大

【答案】B

【解析】第一组实验时，光子能量为 4.0eV，第二组实验时，光子能量为 6.0eV，可知两组实验采用了不同频率的入射光，故 A 正确；根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W$ ，可得第一组实验对应金属板的逸出功 $W = 4.0\text{eV} - 0.9\text{eV} = 3.1\text{eV}$ ，第二组实验对应金属板的逸出功 $W' = 6.0\text{eV} - 2.9\text{eV} = 3.1\text{eV}$ ，有 $W = W'$ ，则可知两组实验所用的金属板材质相同，故 B 错误；若入射光子

的能量为 5.0eV ，则逸出光电子的最大初动能 $E_k = 5.0\text{eV} - 3.1\text{eV} = 1.9\text{eV}$ ，故 C 正确；由表中的数据可知，在产生光电效应的前提下，对同种频率的入射光而言，入射光的强度越大，光电流越大，故 D 正确。

迁移应用 1. [2024·湖北武汉模拟] 用如图所示的实验装置研究光电效应现象。用光子能量为 2.75eV 的光照射到光电管上时发生了光电效应，电流表 G 的示数不为零。移动滑动变阻器的滑片 P，发现当电压表的示数大于或等于 1.7V 时，电流表示数为零，则在该实验中 ()



- A. 光电子的最大初动能为 1.05eV
- B. 光电管阴极的逸出功为 1.7eV
- C. 开关 S 断开，电流表 G 示数为零
- D. 当滑动变阻器的滑片 P 由 b 端向 a 端滑动时，电压表示数增大

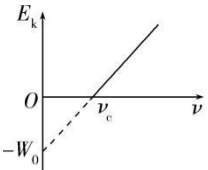
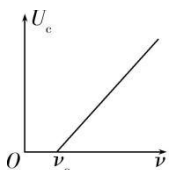
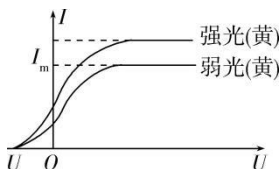
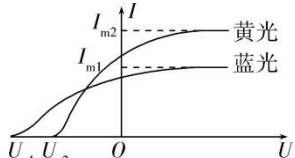
【答案】D

【解析】由题意可知，遏止电压 $U_c = 1.7\text{V}$ ，光电子的最大初动能 $E_k = eU_c = 1.7\text{eV}$ ，A 错误；根据光电效应方程可知，逸出功 $W_0 = E - E_k = 1.05\text{eV}$ ，B 错误；断开开关 S，光电效应依然发生，有光电流，光电管、电流表、滑动变阻器构成闭合回路，电流表中电流不为零，C 错误；电源电压为反向电压，当滑动变阻器的滑片 P 由 b 端向 a 端滑动时，反向电压增大，电压表示数增大，D 正确。

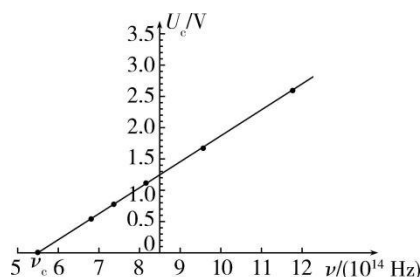
视野拓展

光电效应常见的四类图像

图像名称	图线形状及读取信息
------	-----------

最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的关系	 ①截止频率（极限频率）：横轴截距 ②逸出功：纵轴截距是金属逸出功的负值 ③普朗克常量：图线的斜率$k = h$
遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系	 ①截止频率ν_c：横轴截距 ②遏止电压U_c：随入射光频率的增大而增大 ③普朗克常量h：等于图线的斜率与电子电荷量的乘积，即$h = ke$（注：此时两极之间接反向电压）
颜色相同、强度不同的光照射金属，光电流与电压的关系	 ①遏止电压U_c ②饱和电流I_m：电流的最大值 ③最大初动能：$E_k = eU_c$
颜色不同时，光电流与电压的关系	 ①遏止电压U_{c1}、U_{c2} ②饱和电流I_{m1}、I_{m2} ③最大初动能$E_{k1} = eU_{c1}$，$E_{k2} = eU_{c2}$

例 2 [2022 · 河北卷 · 4, 4 分]如图是密立根于 1916 年发表的钠金属光电效应的遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的实验曲线，该实验直接证明了爱因斯坦光电效应方程，并且第一次利用光电效应实验测定了普朗克常量 h 。由图像可知（ ）

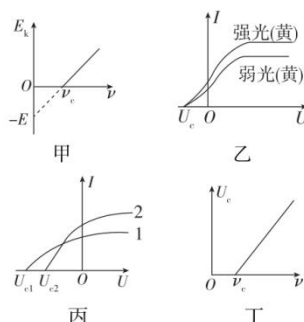


- A. 钠的逸出功为 $h\nu_c$
- B. 钠的截止频率为 $8.5 \times 10^{14} \text{Hz}$
- C. 图中直线的斜率为普朗克常量 h
- D. 遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 成正比

【答案】A

【解析】根据爱因斯坦光电效应方程有 $E_{\text{km}} = h\nu - W$, $E_{\text{km}} = eU_c$, 因此 $eU_c = h\nu - W$, 即 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$, 则 $U_c - \nu$ 图像的斜率为 $\frac{h}{e}$, C 错误; 遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 成一次函数关系, D 错误; 逸出功 $W = h\nu_c$, 此时 $\nu_c = 5.5 \times 10^{14} \text{Hz}$ 为钠的截止频率, A 正确, B 错误。

迁移应用 2. [2024 · 河南名校联考] 研究某种金属的光电效应规律, 所得相关图像分别如图甲、乙、丙、丁所示, E_k 为光电子的最大初动能、 ν 为入射光的频率、 I 为光电流、 U 为两极板间的电压、 U_c 为遏止电压。下列说法正确的是 ()



- A. 由图甲知, 入射光的频率为 $\frac{\nu_c}{2}$ 时, 产生的光电子的最大初动能为 $\frac{E}{2}$
- B. 由图乙知, 入射光的光照强度越大, 光电子的最大初动能越大
- C. 由图丙知, 入射光 2 的频率大于入射光 1 的频率
- D. 由图丁知, 入射光的频率大于 ν_c 时, 入射光的频率越大, 遏止电压越大

【答案】D

【解析】根据 $E_k = h\nu - W_0$, $W_0 = h\nu_c$, 结合图甲可知, ν_c 为截止频率, 当入射光的频率为 $\frac{\nu_c}{2}$ 时, 不能发生光电效应, 不能产生光电子, 故 A 错误; 光电子

的最大初动能由入射光的频率与金属的逸出功共同决定，与光照强度无关，故 B 错误；根据图丙可知，入射光 2 的遏止电压较小，则入射光 2 的频率小于入射光 1 的频率，故 C 错误；图丁中 U_c 是遏止电压， ν 是入射光频率，由图丁可知入射光的频率大于 ν_c 时，入射光的频率越大，遏止电压越大，故 D 正确。

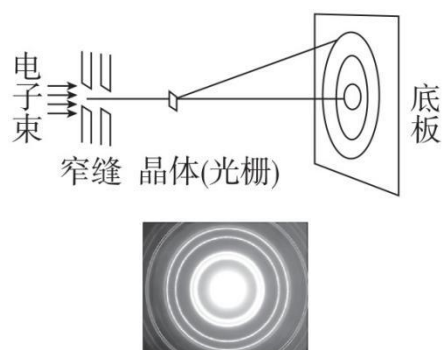
考点二 光的波粒二象性的理解 物质波

1. 光的波粒二象性 下列有关光的波粒二象性的说法中，正确的是 ()

- A. 有的光是波，有的光是粒子
- B. 光的波长越短，粒子性越明显
- C. 能够证明光具有粒子性的现象是光的干涉、光的衍射
- D. 大量光子的行为往往显示出粒子性

【答案】B

2. [2024·山东泰安模拟] 物质波 1924 年，德布罗意提出一切宏观粒子都具有与本身能量相对应的波动频率或波长。1927 年汤姆孙在实验中让电子束通过电场加速后，通过多晶薄膜得到了衍射图样，如图所示。已知电子质量为 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，加速后电子速度 $v = 5.0 \times 10^6 \text{m/s}$ ，普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ，下列说法正确的是 ()



- A. 两个电子也可形成衍射图样
- B. 电子形成的物质波是一种电磁波
- C. 加速电压越大，电子的物质波波长越大
- D. 实验中电子的德布罗意波长约为 0.15nm

【答案】D

【解析】电子束通过电场加速后，通过多晶薄膜得到衍射图样，两个电子不可形成衍射图样，故 A 错误；电子形成的物质波不是一种电磁波，故 B 错误；由 $p = mv$ ， $p = \frac{h}{\lambda}$ ，联立解得 $\lambda = \frac{h}{mv} \approx 0.15 \text{nm}$ ，故 D 正确；根据动能定理有 $eU =$

$\frac{1}{2}mv^2$ ，解得 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$ ，可知加速电压越大，电子的物质波波长越小，故 C 错误。

核心提炼

1.光的波粒二象性的理解

从数量上看	个别光子的作用效果往往表现为粒子性；大量光子的作用效果往往表现为波动性
从频率上看	频率越低，波动性越显著，越容易看到光的干涉和衍射现象；频率越高，粒子性越显著，越不容易看到光的干涉和衍射现象，但贯穿本领越强
从传播与作用上看	光在传播过程中往往表现出波动性；在与物质发生作用时往往表现出粒子性
波动性与粒子性的统一	由光子的能量 $\varepsilon = h\nu$ 、光子的动量表达式 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可以看出，光的波动性和粒子性并不矛盾，表示粒子性的粒子能量和动量的计算式中都含有表示波的特征的物理量——频率 ν 和波长 λ

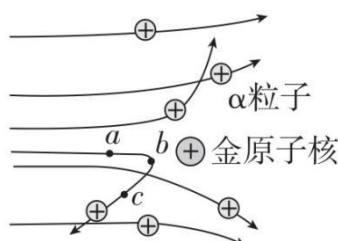
2.物质波

(1) 物质波的波长 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ ， h 是普朗克常量。

(2) 德布罗意波是概率波，衍射图样中心亮纹是电子落点概率大的地方，但概率的大小受波动规律的支配。

考点三 原子的核式结构

1. [2024·广西钦州模拟] α 粒子散射实验如图所示，在 α 粒子散射实验中，图中实线表示 α 粒子的运动轨迹，假定金原子核位置固定， a 、 b 、 c 为某条轨迹上的三个点，其中 a 、 c 两点距金原子核的距离相等（ ）



A. 卢瑟福根据 α 粒子散射实验提出了能量量子化

B. 大多数 α 粒子几乎沿原方向返回

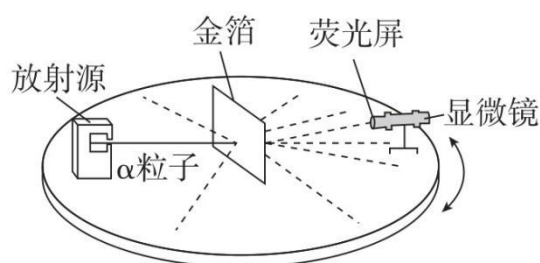
C. 从 a 经过 b 运动到 c 的过程中, α 粒子的电势能先增大后减小

D. α 粒子经过 a 、 b 两点时动能相等

【答案】C

【解析】卢瑟福通过对 α 粒子散射实验的研究, 提出了原子的核式结构模型, 普朗克提出了能量量子化, 故 A 错误; 根据 α 粒子散射现象可知, 大多数粒子击中金箔后几乎沿原方向前进, 故 B 错误; 根据电场力做功特点可知 α 粒子从 a 经过 b 运动到 c 的过程中电场力先做负功后做正功, 所以 α 粒子的电势能先增大后减小, 故 C 正确; 由于 α 粒子从 a 运动到 b 的过程中电场力做负功, 则动能减小, 故 D 错误。

2. [2024·北京海淀模拟] α 粒子散射实验现象分析 α 粒子散射实验装置如图所示, 在一个小铅盒里放有少量的放射性元素作为放射源, 它发出的 α 粒子从铅盒的小孔射出, 形成很细的一束射线打到金箔上, 图中虚线表示被散射的 α 粒子的径迹。关于该实验, 下列说法正确的是 ()



A. 实验现象可用汤姆孙提出的“枣糕模型”来解释

B. 依据实验结果可以推测原子核是可以再分的

C. α 粒子发生偏转是由于它跟金箔中的电子发生了“碰撞”

D. 统计散射到各个方向的 α 粒子所占比例, 可以推知原子中正电荷的大致分布情况

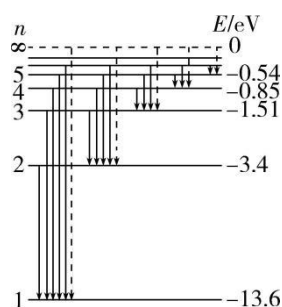
【答案】D

【解析】实验现象可用卢瑟福的原子的核式结构模型来解释, 不能通过汤姆孙提出的“枣糕模型”来解释, 故 A 错误; 依据实验结果不可以推测原子核是可以再分的, 故 B 错误; α 粒子发生偏转是由于它受到了金箔中的金原子核的斥力作用, 故 C 错误; 统计散射到各个方向的 α 粒子所占比例, 可以推知原子中正电荷的大致分布情况, 故 D 正确。

考点四 玻尔理论和能级跃迁 考教衔接

1. 氢原子的能量和能级跃迁

氢原子的能级图，如图所示。



2.两类能级跃迁

(1) 自发跃迁：高能级 $\rightarrow$ 低能级，释放能量，发射光子。光子的频率 $\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{E_{\text{高}} - E_{\text{低}}}{h}$ 。

(2) 受激跃迁：低能级 $\rightarrow$ 高能级，吸收能量。吸收光子的能量必须恰好等于两能级的能量差($h\nu = \Delta E$)。

3.光谱线条数的确定方法

(1) 一个氢原子跃迁发出的光谱线条数最多为 $n - 1$ 。

(2) 一群氢原子跃迁发出的光谱线条数最多为 $N = C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$ 。

4.电离

(1) 电离态： $n = \infty$ ， $E = 0$ 。

(2) 电离能：指原子从基态或某一激发态跃迁到电离态所需要吸收的最小能量。

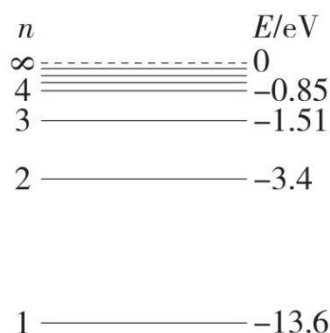
例如：基态 $\rightarrow$ 电离态： $E_{\text{离}} = 0 - (-13.6\text{eV}) = 13.6\text{eV}$ 。

(3) 若吸收的能量足够大，克服电离能后，获得自由的电子还具有动能。

例3 [2025·1月八省联考陕晋宁青卷·9] **多选**氢原子能级图如图所示，若大量氢原子处于 $n = 1、2、3、4$ 的能级状态，已知普朗克常量

$h = 6.6 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}$, $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ ，某铯化合物的逸出功为 2.0eV ，则

()

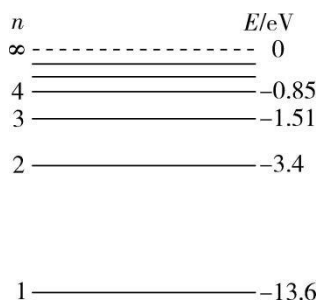


- A. 这些氢原子跃迁过程中最多可发出 3 种频率的光
- B. 这些氢原子跃迁过程中产生光子的最小频率为 $1.6 \times 10^{14} \text{Hz}$
- C. 这些氢原子跃迁过程中有 4 种频率的光照射该铯化合物可使其电子逸出
- D. 一个动能为 12.5eV 的电子碰撞一个基态氢原子不能使其跃迁到激发态

【答案】BC

【解析】这些氢原子跃迁过程中最多可发出 $C_4^2 = 6$ 种频率的光，故 A 错误；氢原子从 $n = 4$ 能级跃迁到 $n = 3$ 能级时产生的光子能量最小，为 $E = E_4 - E_3 = 0.66 \text{eV}$ ，则这些氢原子跃迁过程中产生光子的最小频率为 $\nu = \frac{E}{h} = \frac{0.66 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.6 \times 10^{-34}} \text{Hz} = 1.6 \times 10^{14} \text{Hz}$ ，故 B 正确；某铯化合物的逸出功为 2.0eV ，则这些氢原子跃迁过程中有 4 种频率的光照射该铯化合物可使其电子逸出，分别是 $n = 4$ 能级跃迁到 $n = 1$ 能级时产生的光子、 $n = 3$ 能级跃迁到 $n = 1$ 能级时产生的光子、 $n = 2$ 能级跃迁到 $n = 1$ 能级时产生的光子、 $n = 4$ 能级跃迁到 $n = 2$ 能级时产生的光子，故 C 正确；一个基态氢原子跃迁到激发态所需的最小能量为 $E_{\min} = E_2 - E_1 = 10.2 \text{eV}$ ，则一个动能为 12.5eV （大于 10.2eV ）的电子碰撞一个基态氢原子能使其跃迁到激发态，故 D 错误。

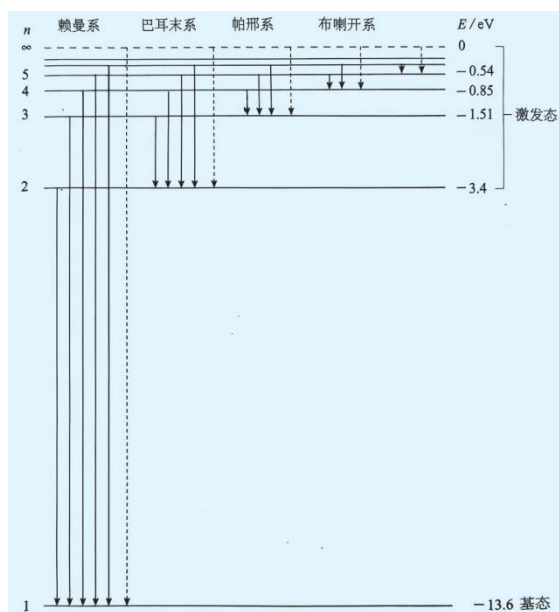
迁移应用 3. [2022 · 浙江 6 月选考卷 · 7, 3 分] 图为氢原子的能级图。大量氢原子处于 $n = 3$ 的激发态，在向低能级跃迁时放出光子，用这些光子照射逸出功为 2.29eV 的金属钠。下列说法正确的是（ ）



- A. 逸出光电子的最大初动能为 10.80eV
- B. $n = 3$ 跃迁到 $n = 1$ 放出的光子动量最大
- C. 有 3 种频率的光子能使金属钠产生光电效应
- D. 用 0.85eV 的光子照射，氢原子跃迁到 $n = 4$ 激发态

溯源教材

（人教版选择性必修第三册第四章第 4 节）



溯源分析

试题立意	本题以大量氢原子跃迁放出的光子照射金属钠为素材创设了学习探索问题情境。主要考查氢原子能级结构、能级跃迁、光电效应、爱因斯坦光电效应方程等知识点
复习启示	氢原子的能级图是重要知识点，各版本教材均有涉及，应熟练掌握

【答案】B

【解析】氢原子向低能级跃迁时可以发出 12.09eV、10.2eV、1.89eV 三种能量的光子，金属钠的逸出功为 2.29eV，则有 2 种频率的光子能使金属钠产生光电效应，选项 C 错误；根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 知，逸出光电子的最大初动能 $E_k = 12.09\text{eV} - 2.29\text{eV} = 9.80\text{eV}$ ，选项 A 错误；由 $\nu = \frac{\varepsilon}{h}$ 、 $\lambda = \frac{h}{p}$ 、 $c = \lambda\nu$ 可知， $p = \frac{\varepsilon}{c}$ ，则 $n = 3$ 跃迁到 $n = 1$ 放出的光子能量最大，动量最大，选项 B 正确； $n = 4$ 和 $n = 3$ 两个能级的能量差为 $E_4 - E_3 = -0.85\text{eV} - (-1.51\text{eV}) = 0.66\text{eV}$ ，则用 0.85eV 的光子照射，氢原子不能从 $n = 3$ 激发态跃迁到 $n = 4$ 激发态，选项 D 错误。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业 81

第 2 讲 天然放射现象 核反应 核能

课标要求

了解原子核的组成和核力的性质；能根据质量数守恒和电荷数守恒写出核反应方程；了解放射性和原子核衰变；知道半衰期及其统计意义；了解放射性同位素的应用，知道射线的危害与防护；认识原子核的结合能，了解核裂变反应和核聚变反应。

必备知识·强基固本

一、天然放射现象、原子核的组成

1. 天然放射现象

(1) 放射性:物质发出射线的性质。

(2) 放射性元素:具有放射性的元素。

(3) 同位素:具有相同_____和不同_____的原子核。

(4) 放射性同位素的应用与防护

①放射性同位素:有天然放射性同位素和人工放射性同位素两类，放射性同位素的化学性质相同。

②应用:射线测厚仪、工业探伤、作示踪原子等。

③防护:防止放射性对人体组织的伤害。

【答案】质子数； 中子数

2. 原子核的组成

(1) 原子核:由质子和中子组成，质子和中子统称为__。

(2) 核电荷数(Z):等于_____，也等于_____，还等于元素周期表中的原子序数。

(3) 质量数(A):等于核内的_____，即质子数与中子数之和。

【答案】(1) 核子

(2) 核内质子数；核外电子数

(3) 核子数

二、原子核的衰变和半衰期

1. 原子核的衰变

(1) 原子核放出 α 粒子或 β 粒子，变成另一种原子核的变化称为原子核的衰变。

(2) 分类

α 衰变: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + \underline{\hspace{2cm}}$;

β 衰变: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【答案】 ${}^4_2\text{He}$; ${}^0_{-1}\text{e}$

2. 半衰期

(1) 定义：放射性元素的原子核有__发生衰变所需的时间。

(2) 衰变规律： $N =$ _____、 $m =$ _____。

(3) 影响因素：由原子核内部因素决定，跟原子所处的化学状态和外部条件无关。

三、核力、结合能、质量亏损、核反应

1. 核力

含义	原子核里的__间存在互相作用的核力，核力把核子紧紧地束缚在核内，形成稳定的原子核
特点	(1) 核力是强相互作用（强力）的一种表现 (2) 核力是短程力，作用范围约 10^{-15}m (3) 每个核子只跟邻近的核子发生核力作用

【答案】核子

2. 结合能

(1) 结合能：核子结合为原子核时__的能量或原子核分解为核子时__的能量，叫作原子核的结合能。

(2) 比结合能

① 定义：原子核的结合能与_____之比，叫作比结合能，也叫平均结合能。

② 特点：不同原子核的比结合能不同，原子核的比结合能越____，表示原子核中核子结合得越牢固，原子核越稳定。

【答案】(1) 放出；吸收

(2) ① 核子数

② 大

3. 质量亏损 爱因斯坦质能方程 $E =$ _____。原子核的质量小于组成它的核子的质量之和，这个现象叫作质量亏损。由质量亏损可求出释放的核能

$\Delta E =$ _____。

【答案】 mc^2 ； Δmc^2

4. 核反应

(1) 重核裂变

①定义：质量数较大的原子核受到高能粒子的轰击而分裂成几个质量数较小的原子核的反应。

②特点：a.裂变过程中能够放出巨大的能量。

b.裂变的同时能够放出 2~3（或更多）个中子。

c.裂变的产物不是唯一的。

③典型的裂变方程： ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{36}^{89}\text{Kr} + {}_{56}^{144}\text{Ba} + \underline{\hspace{2cm}}$ 。

（2）轻核聚变

①定义：两个轻核结合成_____的原子核的反应。

②特点：a.聚变过程放出大量的能量，平均每个核子放出的能量比裂变反应中平均每个核子放出的能量大 3~4 倍。

b.聚变反应比裂变反应更剧烈。

c.对环境污染较小。

d.自然界中聚变反应原料丰富。

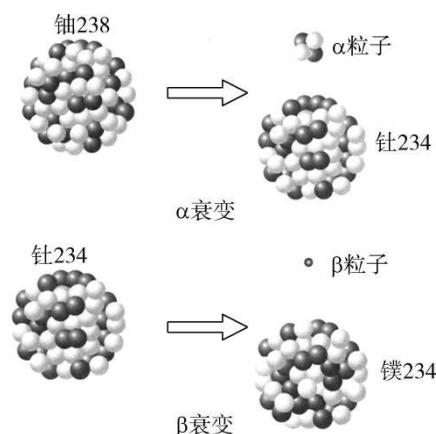
③典型的聚变方程： ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n} + \underline{\hspace{1cm}}\text{MeV}$ 。

【答案】（1） $3{}_0^1\text{n}$

（2）质量较大；17.6

自主评价

1. 依据下面小情境，判断下列说法对错。如图为 α 衰变、 β 衰变示意图。



（1）原子核在衰变时，它在元素周期表中的位置不变。（ ）

（2） β 衰变是原子核外电子的电离。（ ）

（3）把放射性元素放在低温处，可以减缓放射性元素的衰变。（ ）

（4）某原子核衰变时，放出一个 β 粒子后，原子核的中子数少 1，原子序数少

1。（ ）

(5) 衰变和原子核的人工转变均满足质量数守恒和电荷数守恒。()

【答案】(1) ×

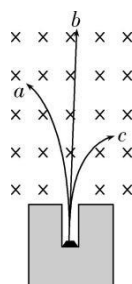
(2) ×

(3) ×

(4) ×

(5) ✓

2. (人教版选择性必修第三册改编) 放射源放入铅制容器中, 射线只能从容器的小孔射出, 成为细细的一束, 在射线经过的空间施加磁场, 发现射线分成三束, 如图所示。关于这三种射线及其性质, 下列说法正确的是()



A. 若将放射源置于高温高压环境中, 射线强度将会变化

B. 射线***b***是高速中子流, 速度可达光速

C. 射线***c***是原子的核外电子电离产生的

D. 射线***a***的电离本领最强

【答案】D

3. (人教版选择性必修第三册改编) 我国考古学家在河北省内发现一新石器时代活动遗址, 并在此处发现一堆篝火残余物。经测定未燃尽的木材中 ^{14}C 的含量正好是现代植物的四分之一。已知植物存活期间, 其体内 ^{14}C 的含量不变; 生命活动结束后, ^{14}C 的含量持续减少。 ^{14}C 发生 β 衰变的半衰期约为 5 730 年。下列说法正确的是()

A. 该活动遗址距今约有 17 000 年的历史

B. β 衰变射出的电子源于核外电子

C. 发生 β 衰变时, 原子核内减少一个中子, 增加一个质子

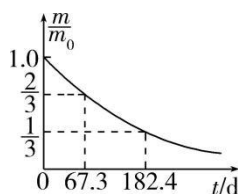
D. 随着全球变暖, ^{14}C 的半衰期可能会发生变化

【答案】C

关键能力·核心突破

考点一 原子核的衰变及半衰期

1. 半衰期的理解与计算 医学治疗中常用放射性核素 ^{113}In 产生 γ 射线，而 ^{113}In 是由半衰期相对较长的 ^{113}Sn 衰变产生的。对于质量为 m_0 的 ^{113}Sn ，经过时间 t 后剩余的 ^{113}Sn 质量为 m ，其 $\frac{m}{m_0} - t$ 图线如图所示。下列说法正确的是 ()



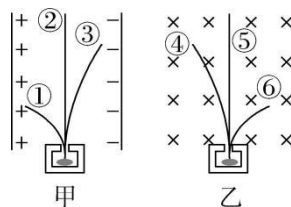
- A. 100 个 ^{113}In 原子核在经过一个半衰期后，一定还剩 50 个
 B. 温度升高， ^{113}Sn 原子运动更剧烈，其半衰期将变小
 C. ^{113}Sn 原子与 O_2 反应后生成的氧化物将不再具有放射性
 D. 从图中可以得到 ^{113}Sn 的半衰期为 115.1d

【答案】D

【解析】 半衰期对大量原子核有统计意义，对少量原子核无法计算具体数量，

A 错误；半衰期是原子核自身的性质，与外界物理因素无关，B 错误； ^{113}Sn 原子与 O_2 反应后生成的氧化物中 ^{113}Sn 核仍有放射性，C 错误；由图可知半衰期 $T = 182.4\text{d} - 67.3\text{d} = 115.1\text{d}$ ，故 D 正确。

2. 三种射线的认识 如图甲、乙所示，放射性元素镭衰变过程中释放 α 、 β 、 γ 三种射线，分别进入匀强电场和匀强磁场中，下列说法正确的是 ()



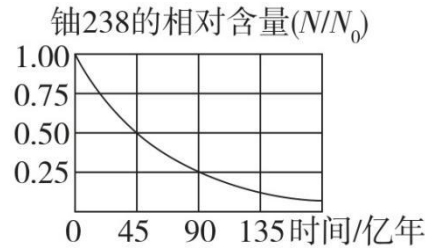
- A. ①⑥表示 β 射线，其穿透能力最强
 B. ②⑤表示 γ 射线，其穿透能力最弱
 C. ③④表示 α 射线，其电离能力最强
 D. ②⑤表示 γ 射线，其电离能力最强

【答案】C

【解析】 甲图中，向右偏转的带正电，向左偏转的带负电，不偏转的不带电，可知①表示 β 射线，②表示 γ 射线，③表示 α 射线；乙图中，根据左手定则知，

向左偏转的带正电，向右偏转的带负电，不偏转的不带电，可知④表示 α 射线，⑤表示 γ 射线，⑥表示 β 射线；其中 α 射线的电离能力最强， γ 射线的穿透能力最强。故 C 正确。

3. **衰变的理解和计算** 多选 科学家利用天然放射性元素的衰变规律，通过对目前发现的最古老岩石中铀含量的测定来推算地球的年龄。铀 238 的相对含量随时间的变化规律如图所示，下列说法正确的是（ ）



- A. 铀 238 发生 α 衰变的方程为 ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
- B. 测得某岩石中现含有的铀是岩石形成初期时的一半，可推算出地球的年龄约为 45 亿年
- C. 2 000 个铀 238 原子核经过 90 亿年，一定还有 500 个铀 238 原子核未发生衰变
- D. 铀 238(${}_{92}^{238}\text{U}$)最终衰变形成铅 206(${}_{82}^{206}\text{Pb}$)，需经 8 次 α 衰变，6 次 β 衰变

【答案】BD

【解析】铀 238 发生 α 衰变的方程为 ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ ，A 错误；测得某岩石中现含有的铀是岩石形成初期时的一半，即经过了一个半衰期，可推算出地球的年龄约为 45 亿年，B 正确；半衰期是大量原子核衰变的统计规律，对少数的原子核衰变不适用，C 错误；铀 238(${}_{92}^{238}\text{U}$)最终衰变形成铅 206(${}_{82}^{206}\text{Pb}$)， α 衰变的次数为 $\frac{238-206}{4} = 8$ （次）， β 衰变的次数为 $82 + 2 \times 8 - 92 = 6$ （次），D 正确。

核心提炼

1. α 衰变和 β 衰变的比较

项目	α 衰变	β 衰变
衰变方程	${}_Z^AX \rightarrow {}_Z-2^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0\text{e}$

衰变	2 个质子和 2 个中子结合成一个整体	中子转化为质子和电子
实质	$2\text{}^1_1\text{H} + 2\text{}^1_0\text{n} \rightarrow \text{}^4_2\text{He}$	$\text{}^1_0\text{n} \rightarrow \text{}^1_1\text{H} + \text{}^0_{-1}\text{e}$
衰变规律	电荷数守恒、质量数守恒	

2.三种射线的比较

项目	α 射线	β 射线	γ 射线
组成	高速 α 粒子流	高速电子流	光子流（高频电磁波）
粒子带电荷量	$2e$	$-e$	0
粒子质量	$4m_p, m_p = 1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$	$\frac{m_p}{1836}$	静止质量为零
速度	$0.1c$	$0.99c$	c
在电场、磁场中	偏转	与 α 射线偏转方向相反	不偏转
贯穿本领	最弱，用纸能挡住	较强，能穿透几毫米的铝板	最强，能穿透几厘米的铅板
对空气的电离作用	很强	较弱	很弱

3.衰变次数的计算方法

若 ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z'}^{A'}Y + n{}_2^4\text{He} + m{}_{-1}^0\text{e}$ ，则 $A = A' + 4n$ ， $Z = Z' + 2n - m$ ，联立

以上两式即可求出 m 和 n 。

4.半衰期的理解

（1）半衰期是大量原子核衰变时的统计规律，对个别或少量原子核，无半衰期可言。

（2）根据半衰期的概念，可总结出公式 $N = N_0(\frac{1}{2})^{t/\tau}$ ， $m = m_0(\frac{1}{2})^{t/\tau}$ 。式中 N_0 、 m_0 表示衰变前的放射性元素的原子数和质量， N 、 m 表示衰变后尚未发生衰变的放射性元素的原子数和质量， t 表示衰变时间， τ 表示半衰期。

考点二 核反应方程与核能的计算

1.核反应的四种类型

类型		可控性	核反应方程典例
衰变	α 衰变	自发	${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
	β 衰变	自发	${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}$
人工转变	人工控制		${}_7^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$ (卢瑟福发现质子)
			${}_2^4\text{He} + {}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_6^{12}\text{C} + {}_0^1\text{n}$ (查德威克发现中子)
			${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$, ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_{-1}^0\text{e}$ (约里奥·居里夫妇发现人工放射性同位素)
重核裂变	比较容易进行人工控制		${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$
			${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{54}^{136}\text{Xe} + {}_{38}^{90}\text{Sr} + 10{}_0^1\text{n}$
轻核聚变	很难控制		${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$

2.核反应方程式的书写

(1) 熟记常见粒子的符号是正确书写核反应方程的基础。如质子(${}_1^1\text{H}$)、中子(${}_0^1\text{n}$)、 α 粒子(${}_2^4\text{He}$)、 β 粒子(${}_{-1}^0\text{e}$)、正电子(${}_{+1}^0\text{e}$)、氘核(${}_1^2\text{H}$)、氚核(${}_1^3\text{H}$)等。

(2) 掌握核反应方程遵循的规律是正确书写核反应方程或判断某个核反应方程是否正确的依据。由于核反应不可逆，所以书写核反应方程式时只能用“ $\rightarrow$ ”表示反应方向。

(3) 核反应过程中质量数守恒、电荷数守恒。

3.核能的计算方法

(1) 根据 $\Delta E = \Delta mc^2$ 计算, 计算时 Δm 的单位是“kg”, c 的单位是“m/s”, ΔE 的单位是“J”。

(2) 根据 $\Delta E = \Delta m \times 931.5 \text{ MeV}$ 计算。 Δm 的单位是“u”, ΔE 的单位是“MeV”。

(3) 根据核子比结合能来计算核能

原子核的结合能=核子比结合能 $\times$ 核子数。核反应中反应前系统内所有原子核的总结合能与反应后生成的所有新核的总结合能之差, 就是该核反应所释放(或吸收)的核能。

例 1 [2023·全国乙卷·16, 6分]2022年10月, 全球众多天文设施观测到迄今最亮伽马射线暴, 其中我国的“慧眼”卫星、“极目”空间望远镜等装置在该事件观测中作出重要贡献。由观测结果推断, 该伽马射线暴在1分钟内释放的能量量级为 10^{48} J 。假设释放的能量来自物质质量的减少, 则每秒钟平均减少的质量量级为(光速为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$) ()

A. 10^{19} kg B. 10^{24} kg C. 10^{29} kg D. 10^{34} kg

【答案】C

【解析】设每秒平均减少的质量为 Δm , 由爱因斯坦质能方程得每秒钟释放的能量为 $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$, 每分钟释放的能量 $E = 60\Delta E$, 代入数量级 10^{48} J 解得 $\Delta m \approx 1.9 \times 10^{29} \text{ kg}$, C正确。

例 2 [2025·1月八省联考四川卷·1] ^{18}F —氟代脱氧葡萄糖正电子发射计算机断层扫描术是一种非创伤性的分子影像显像技术。该技术中的 ^{18}F 核由质子 ^1_1p 轰击 $^{18}_8\text{O}$ 核生成, 相应核反应方程式为 ()

A. $^{18}_8\text{O} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{18}_9\text{F} + ^0_{-1}\text{e}$ B. $^{18}_8\text{O} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{18}_9\text{F} + ^1_0\text{n}$
C. $^{18}_8\text{O} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{18}_9\text{F} + ^0_1\text{e}$ D. $^{18}_8\text{O} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{18}_9\text{F} + ^4_2\text{He}$

【答案】B

【解析】根据质量数守恒和电荷数守恒可得相应核反应方程式为 $^{18}_8\text{O} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{18}_9\text{F} + ^1_0\text{n}$, 故选 B。

迁移应用 1. [2024·全国甲卷·14, 6分]氘核可通过一系列聚变反应释放能量, 总的反应效果可用 $6^2_1\text{H} \rightarrow 2^4_2\text{He} + x^1_0\text{n} + y^1_1\text{p} + 43.15 \text{ MeV}$ 表示, 式中 x 、 y 的值分别为 ()

A. $x = 1, y = 2$ B. $x = 1, y = 3$

C. $x = 2, y = 2$

D. $x = 3, y = 1$

【答案】C

【解析】由核反应中的质量数守恒和电荷数守恒可得 $6 \times 2 = 2 \times 4 + x + y$ 、 $6 \times 1 = 2 \times 2 + y$ ，联立解得 $x = 2, y = 2$ ，C 正确。

迁移应用 2. [2024 · 黑龙江鹤岗模拟] 硼中子俘获疗法是肿瘤治疗的新技术，其原理是进入癌细胞内的硼核(${}^{10}_5\text{B}$)吸收慢中子，转变成锂核(${}^7_3\text{Li}$)和 α 粒子，释放出 γ 光子。已知核反应过程中质量亏损为 Δm ， γ 光子的能量为 E_0 ，已知硼核(${}^{10}_5\text{B}$)的比结合能为 E_1 ，锂核(${}^7_3\text{Li}$)的比结合能为 E_2 ，氦核的比结合能为 E_3 ；普朗克常量为 h ，真空中光速为 c 。下列说法中正确的是 ()

A. γ 光子的波长为 $\lambda = h \frac{E_0}{c}$

B. 硼核(${}^{10}_5\text{B}$)变成锂核(${}^7_3\text{Li}$)和 α 粒子的核反应是 α 衰变

C. 放出的核能 $\Delta E = 4E_3 + 7E_2 - 10E_1$

D. 氦核的比结合能 $E_3 = \frac{\Delta mc^2 + 7E_2 - 10E_1}{4}$

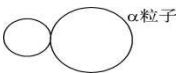
【答案】C

【解析】根据 $E_0 = h\nu$ 和 $\lambda = \frac{c}{\nu}$ 可得，光子的波长 $\lambda = \frac{hc}{E_0}$ ，故 A 错误；根据题意可知，核反应方程为 ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$ ，可知该核反应不是 α 衰变，故 B 错误；根据反应物的结合能与释放能量之和等于生成物结合能可知，放出的核能为 $\Delta E = 7E_2 + 4E_3 - 10E_1$ ，故 C 正确；氦核的结合能 $E = 10E_1 + \Delta E - 7E_2 = 10E_1 + \Delta mc^2 - 7E_2$ ，氦核的比结合能 $E_3 = \frac{10E_1 + \Delta mc^2 - 7E_2}{4}$ ，故 D 错误。

考点三 磁场中的原子核衰变与动量守恒的综合问题

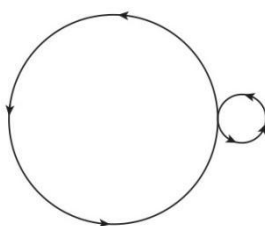
原子核衰变过程中， α 粒子、 β 粒子和新原子核在磁场中的轨迹

静止的原子核在匀强磁场中自发衰变，其轨迹为两相切圆， α 衰变时两圆外切， β 衰变时两圆内切，根据动量守恒定律 $m_1 v_1 = m_2 v_2$ 和 $r = \frac{mv}{qB}$ 知，半径小的为新核，半径大的为 α 粒子或 β 粒子，其特点对比如表：

衰变类型	衰变方程	匀强磁场中轨迹特点
α 衰变	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}^4_2\text{He}$	 两圆外切，α 粒子轨迹半径大

β 衰变	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e$	 两圆内切，β粒子轨迹半径大
------------	--	---

例 3 [2024 • 辽宁大连三模]正电子发射计算机断层扫描是核医学领域较先进的临床检查影像技术，使用 ${}_{6}^{11}\text{C}$ 作为原料产生正电子，其反应方程式为 ${}_{6}^{11}\text{C} \rightarrow {}_{5}^{11}\text{B} + {}_{1}^{0}\text{e}$ 。真空中存在垂直于纸面的匀强磁场，某个静止的 ${}_{6}^{11}\text{C}$ 原子核在其中发生衰变，生成的硼核及正电子运动轨迹及方向如图所示，则 ()

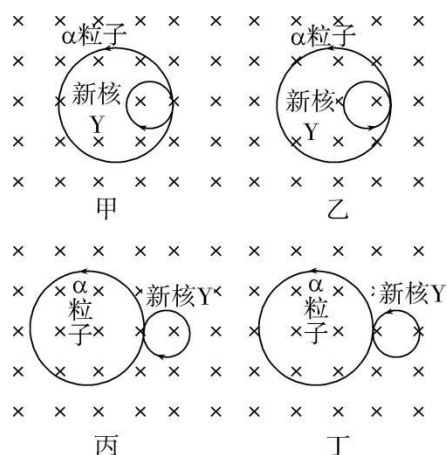


- A. 正电子动量大于硼核动量 B. 正电子动量小于硼核动量
C. 半径较大的轨迹是正电子轨迹 D. 半径较大的轨迹是硼核轨迹

【答案】C

【解析】原子核的衰变过程满足动量守恒，可得两带电粒子动量大小相等，由左手定则可知匀强磁场的方向一定是垂直于纸面向里；由带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的轨迹半径 $r = \frac{mv}{qB}$ 可知，轨迹半径 r 与电荷量 q 成反比，则半径较大的轨迹是电荷量小的正电子的轨迹。故选 C。

迁移应用 3. 在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，一个静止的放射性原子核(${}_Z^AX$)发生了一次 α 衰变，放射出的 α 粒子(${}_2^4\text{He}$)在与磁场垂直的平面内做圆周运动，其轨迹半径为 R 。以 m 、 q 分别表示 α 粒子的质量和电荷量，生成的新核用 Y 表示。下面说法不正确的是 ()



- A. 发生衰变后产生的 α 粒子与新核 Y 在磁场中运动的轨迹正确的是图丙
- B. 新核 Y 在磁场中运动的轨迹半径为 $R_Y = \frac{2}{Z-2}R$
- C. α 粒子的圆周运动可以等效成一个环形电流, 且电流大小为 $I = \frac{Bq^2}{2\pi m}$
- D. 若衰变过程中释放的核能都转化为 α 粒子和新核的动能, 则衰变过程中的质量亏损为 $\Delta m = \frac{A(BqR)^2}{2m(A-4)c^2}$

【答案】A

【解析】由动量守恒可知衰变后产生的 α 粒子与新核 Y 运动方向相反, 动量大小相等, 由 $R = \frac{mv}{qB}$ 可知 α 粒子运动半径大, 由左手定则可知两粒子做圆周运动方向相同, 轨迹外切, 丁图正确, 故 A 错误; 由 $R = \frac{mv}{qB}$ 可知 $\frac{R_Y}{R} = \frac{2}{Z-2}$, 新核 Y 在磁场中运动的轨迹半径 $R_Y = \frac{2}{Z-2}R$, 故 B 正确; 圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$, 环形电流 $I = \frac{q}{T} = \frac{Bq^2}{2\pi m}$, 故 C 正确; 对 α 粒子由洛伦兹力提供向心力可得 $v = \frac{qBR}{m}$, 由质量关系可知衰变后新核 Y 质量 $M = \frac{A-4}{4}m$, 由衰变过程中动量守恒可得 $Mv' - mv = 0$, 则 $v' = \frac{mv}{M}$, 系统增加的动能 $\Delta E = \frac{1}{2}Mv'^2 + \frac{1}{2}mv^2$, 由质能方程可得 $\Delta E = \Delta mc^2$, 联立解得衰变过程中的质量亏损 $\Delta m = \frac{A(BqR)^2}{2m(A-4)c^2}$, 故 D 正确。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业 82