

射出的全部谱线数为  $C_5^2 = 10$  条,属于巴尔末系的有  $n=5 \rightarrow n=2$ 、 $n=4 \rightarrow n=2$  和  $n=3 \rightarrow n=2$ ,则巴尔末系的谱线数与全部的谱线数之比为  $\frac{3}{10}$ ,选项 **B 正确**。

**2. ACD** 【解析】由题意可知  $\lambda_a < \lambda_b$ , 由  $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ , 可知用同一双缝干涉仪做光的双缝干涉实验,  $a$  光条纹间距小于  $b$  光条纹间距, 故 **A 正确**; 由题图可知, 原子吸收波长为 97 nm 的光子后, 从  $E_1$  跃迁到  $E_4$ , 故 **B 错误**; 原子从  $n=3$  能级跃迁到  $n=1$  能级时, 有  $E_3 - E_1 = E_3 - E_2 + E_2 - E_1 = \frac{hc}{656 \text{ nm}} + \frac{hc}{122 \text{ nm}} = \frac{hc}{\lambda}$ , 解得  $\lambda = \frac{122 \times 656}{122 + 656} \text{ nm}$ , 故 **C 正确**; 由题图可知, 原子从  $E_3$  跃迁到  $E_2$  辐射出的光子波长为 656 nm, 波长等于 122 nm 的光子能量大于波长为 656 nm 的光子能量, 由于碰撞过程中有能量损失, 则用波长等于 122 nm 光子能量的电子撞击原子, 原子可能从  $E_2$  跃迁到  $E_3$ , 故 **D 正确**。

**3. D** 【解析】大量处于  $n=3$  能级的氢原子向低能级跃迁, 能产生 3 种不同频率的光子, **A 正确**; 当氢原子从  $n=3$  能级跃迁到基态时, 电子的速率增大, 动能增加, 电势能减小, 因向外辐射光子, 总能量减小, **B 正确**; 根据库仑力提供向心力, 可得  $\frac{ke^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ , 已知  $r_n = n^2 r_1$ , 则处于  $n=3$  能级和处于基态的电子做圆周运动的线速度大小之比为  $\sqrt{\frac{1}{r_3}} : \sqrt{\frac{1}{r_1}} = 1 : 3$ , **C 正确**; 产生的光子的最小频率为  $\nu_{\min} = \frac{E_3 - E_2}{h}$ , 根据  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  可得最长波长  $\lambda_{\max} = \frac{36hc}{5E_1}$ , **D 错误**。本题选错误的, 故选 D。

**4. C** 【解析】大量氢原子从高能级向  $n=1$  能级跃迁时, 发出的光子能量最大为 13.6 eV, 最小为 10.2 eV, 比可见光的最大光子能量 3.11 eV 大得多, 所以频率比紫光高, 发出的光不可

能像红外线那样具有显著的热效应, **A 错误**; 大量氢原子从高能级向  $n=3$  能级跃迁时, 发出的光子能量最大为 1.51 eV, 小于可见光的最小光子能量 1.62 eV, 为红外线, 不具有荧光效应, **B 错误**; 处于第 4 能级状态的氢原子从  $n=4$  能级跃迁到  $n=1$  能级时放出的光子能量分别为  $\Delta E_1 = E_4 - E_1 = 12.75 \text{ eV}$ 、 $\Delta E_2 = E_4 - E_2 = 2.55 \text{ eV}$ 、 $\Delta E_3 = E_4 - E_3 = 0.66 \text{ eV}$ 、 $\Delta E_4 = E_3 - E_2 = 1.89 \text{ eV}$ 、 $\Delta E_5 = E_3 - E_1 = 12.09 \text{ eV}$ 、 $\Delta E_6 = E_2 - E_1 = 10.2 \text{ eV}$ , 由于可见光的光子能量范围为 1.62~3.11 eV, 可知大量处于第 4 能级状态的氢原子, 发射光的谱线在可见光范围内的有 2 条, **C 正确**; 用动能为  $E_k$  的电子撞击一群处于基态的氢原子, 能产生 6 种频率的光子, 由  $C_4^2 = 6$  可知氢原子被激发到  $n=4$  的激发态, 可得  $E_4 - E_1 \leq E_k < E_5 - E_1$ , 即 **关键点: 若要发生跃迁, 实物粒子的能量应大于等于能级差**  $12.75 \text{ eV} \leq E_k < 13.06 \text{ eV}$ , **D 错误**。

**教材变式** 本题目由教材 P92 第 6 题演变而来。教材考查了通过计算说明氢原子从  $n=3$  能级向  $n=2$  能级跃迁时发出的光是可见光, 本题延伸考查了氢原子跃迁时发出的光的频率及发出的光是否具有热效应、荧光效应。

**5. B** 【解析】由题意可知, 该效应劈裂谱线的偏振状态与电场方向有关, 所以根据恒星劈裂谱线的偏振状态不可推测该恒星大气中的电场强度的大小, 故 **A 错误**; 在外加电场作用下, 原子的发射光谱中某些谱线会发生劈裂, 同理外加电场也可使恒星大气中某种原子光谱的吸收谱线发生劈裂, 故 **B 正确**; 若这种劈裂效应满足  $\Delta \varepsilon = \mu E$ , 结合  $W = qU$ ,  $E = \frac{U}{d}$ ,  $q = It$ , 可知式中  $\mu$  的单位为  $\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$ , 故 **C 错误**; 发生这种效应的原子光谱的能级裂距  $\Delta \varepsilon$  与外加电场强度的大小  $E$  成正比, 若外加电场强度的大小增加一倍, 则原子能级劈裂后的相邻能级间的能量差值增加一倍, 但不是从劈裂后的能级跃迁至基态能级发射光子的频率一定增加一倍, 故 **D 错误**。

## 第五章 原子核与基本粒子

### 第 1 节 原子核的组成

#### 刷基础

**1. B** 【解析】汤姆孙通过对阴极射线的研究发现电子, 而提出原子的核式结构模型的是卢瑟福, **A 错误**; 卢瑟福猜想原子核内存在不带电的中子, 查德威克通过  $\alpha$  粒子轰击铍原子核实验证明了这个猜想, **B 正确**; 卢瑟福用  $\alpha$  粒子轰击氮原子核, 打出氧原子核和一种粒子, 这种粒子为质子, **C 错误**; 卢瑟福通过  $\alpha$  粒子散射实验提出了原子的核式结构模型, **D 错误**。

**2. ABC** 【解析】原子核内存在质子和中子, 中子和质子统称为核子。卢瑟福发现了质子, 又预言了中子的存在。氦原子核只

有一个质子, **A、B、C 正确**。

**3. D** 【解析】原子核的符号中  $A$  表示质量数,  $Z$  表示质子数, **D 正确**。

**4. D** 【解析】 $^{197}_{79}\text{Au}$  的质量数为 197, 质子数为 79, **A 错误**;  $^9_4\text{Be}$  的质量数为 9, 质子数为 4, 中子数为 5, **B 错误**; 由于同一元素的两种同位素质子数相同而中子数不同, 故质量数不同, **C 错误**, **D 正确**。

**5. A** 【解析】 $^{228}_{88}\text{Ra}$  的质子数与核电荷数均为 88, 质量数为 228,  $^{226}_{88}\text{Ra}$  的质子数与核电荷数均为 88, 质量数为 226, 两者具有相同的质子数和不同的质量数, **A 正确**, **C 错误**;  $^{228}_{88}\text{Ra}$  的原子序数为 88, 中子数为  $228 - 88 = 140$ ,  $^{226}_{88}\text{Ra}$  的原子序数为

## 高中必刷题 物理

88, 中子数为  $226-88=138$ , 两者具有不同的中子数和相同的原子序数, **B 错误**; 原子的核外电子数目与核内质子数目相等, 而核外电子数目决定了原子的化学性质, 两者质子数相等, 则具有相同的核外电子数与化学性质, **D 错误**.

**6. BC** 【解析】核力是强相互作用的一种表现, 它的作用范围约  $10^{-15}$  m, 选项 **B 正确**, **A、D 错误**; 核力使核子紧密地结合在一起, 形成稳定的原子核, 选项 **C 正确**.

**7. AB** 【解析】原子核与电子之间的作用力主要是电磁力, 故 **A 正确**; 中子和质子间的作用力主要是核力, 故 **B 正确**; 核力与万有引力、库仑力的性质不同, 核力是短程力, 作用范围约  $10^{-15}$  m, 故 **C 错误**; 原子核与电子之间的万有引力远小于它们之间的电磁力, 故 **D 错误**.

## 第2节 放射性元素的衰变

### 刷基础

**1. B** 【解析】有些原子核不稳定, 可以自发地衰变, 同时放出射线, 但不是所有元素都可以发生衰变, 故 **A 错误**; 放射性元素的半衰期由原子核决定, 与外界温度无关, 故 **B 正确**; 放射性元素的放射性与核外电子无关, 故放射性元素与别的元素形成化合物时仍具有放射性, 故 **C 错误**;  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  三种射线中,  $\gamma$  射线的穿透能力最强, 电离能力最弱, 故 **D 错误**.

**2. D** 【解析】 $\alpha$  射线带正电,  $\gamma$  射线不带电,  $\beta$  射线是电子流、带负电, 根据左手定则可知打到  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点的射线分别是  $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、 $\alpha$  射线. **D 正确**.

**教材变式** 本题目由教材 P101 第 2 题演变而来. 教材考查了  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  射线在电场和磁场中的运动轨迹, 本题则考查了由屏上的  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点的位置判断打到  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点的射线种类.

**3. AC** 【解析】 $\alpha$  衰变后新核的电荷数少 2, 质量数少 4,  $\beta$  衰变后新核的电荷数多 1, 质量数不变, 由题意知原子核 A 和原子核 B 的中子数相同, 则  $a+4-b-2=d-c+1$ , X 的中子数 - Y 的中子数  $=a-b-(d-c)=-1$ , **A 正确**, **B 错误**; 由  $a-b-(d-c)=-1$  知, 如果  $a-d=2$ , 则  $b-c=3$ , **C 正确**, **D 错误**.

**4. A** 【解析】铀核 ( $^{238}_{92}\text{U}$ ) 衰变为氡核 ( $^{222}_{86}\text{Rn}$ ) 时质量数减少 16, 每次  $\alpha$  衰变质量数减少 4, 故  $\alpha$  衰变次数为  $\frac{238-222}{4}=4$ , 质子数减少 6, 4 次  $\alpha$  衰变使质子数减少  $4\times 2=8$ , 每次  $\beta$  衰变质子数增加 1, 故  $\beta$  衰变次数为  $8-6=2$ . 综上所述,  $\alpha$  衰变 4 次,  $\beta$  衰变 2 次, 故 **A 正确**.

**5. B** 【解析】发生  $\alpha$  衰变的次数为  $n_1=\frac{232-208}{4}=6$ , 发生  $\beta$  衰变的次数  $n_2=82+2\times 6-90=4$ , 故 **A 错误**; 钍核与铅核质子数之差为  $n_3=90-82=8$ , 可知铅核比钍核少 8 个质子, 故 **B 正确**;  $\beta$  衰变所放出的电子来自原子核内, 故 **C 错误**; 钍核与铅

核中子数之差为  $n_4=(232-90)-(208-82)=16$ , 可知钍核比铅核多 16 个中子, 故 **D 错误**.

### 方法总结 确定原子核衰变次数的技巧

衰变次数的确定, 一般先由质量数的改变确定  $\alpha$  衰变的次数, 这是因为  $\beta$  衰变的次数的多少对质量数没有影响, 然后根据电荷数的改变结合  $\alpha$  衰变次数确定  $\beta$  衰变的次数.

**6. A** 【解析】根据质量数守恒和电荷数守恒, 有  $18=18+0$ ,  $9=8+1$ , 故 X 为正电子 ( $^0_1\text{e}$ ), 故 **A 正确**; 半衰期由原子核内部结构决定, 与外界条件 (如高压) 无关, 故 **B 错误**; 衰变释放能量, 但质量数仍守恒, 故 **C 错误**; 半衰期是统计规律, 适用于大量原子核, 少量原子核不适用, 100 个  $^{18}\text{F}$  经过 220 分钟 (2 个半衰期) 后, 未衰变的原子核数目无法确定, 故 **D 错误**.

**关键点拨** 半衰期是对大量原子核的统计规律

### 关键点拨

应用半衰期公式  $m=M\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$  和  $n=N\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$  的

#### 三点提示

- (1) 半衰期公式只对大量原子核才适用, 对少数原子核是不适用的.
- (2) 明确半衰期公式中  $m$ 、 $M$  的含义及二者的关系,  $n$ 、 $N$  的含义及二者的关系.
- (3) 明确发生衰变的原子核与新产生的原子核质量之间的比例关系, 每衰变一个原子核, 就会产生一个新核, 它们之间的质量之比等于各自单个原子核的质量之比.

**7. A** 【解析】 $^{14}\text{C}$  的半衰期为 5 730 年, 样品年代为 22 920 年, 经历的半衰期个数为  $\frac{22\ 920}{5\ 730}=4$  个, 每经过一个半衰期,  $^{14}\text{C}$  含量减半, 4 次后剩余比例为  $\left(\frac{1}{2}\right)^4=\frac{1}{16}$ , 初始含量比为  $1.2\times 10^{-12}$ , 因此样品中  $^{14}\text{C}$  与  $^{12}\text{C}$  的含量比为  $\frac{1.2\times 10^{-12}}{16}=7.5\times 10^{-14}$ . 故选 A.

**8. A** 【解析】由半衰期公式  $m_{\text{余}}=m_{\text{原}}\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ , 可得  $\frac{m}{m_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ , 由  $\frac{m}{m_0}-t$  图线可知, 当质量比  $\frac{m}{m_0}$  从 1 衰减到  $\frac{1}{8}$  时, 有  $\frac{m}{m_0}=\frac{1}{8}$ , 其所用时间  $t=48$  d, 可得  $\frac{1}{8}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{48\text{ d}}{T}}$ , 有  $\frac{48\text{ d}}{T}=3$ , 解得  $T=16$  d, **A 正确**.

**9. BD** 【解析】原子核发生衰变, 放出的粒子和新核动量守恒, 由于不知道衰变后粒子的速度方向, 所以无法确定磁场方向, 也无法判断粒子的运动方向, 故 **A、C 错误**; 根据洛伦兹力提供向心力, 有  $Bqv=m\frac{v^2}{r}$ , 可得粒子做圆周运动的轨迹半径  $r=\frac{mv}{Bq}$ , 因为衰变过程动量守恒, 则衰变后两粒子的动量大小



相等,方向相反, $\alpha$ 粒子和新核 $X_1$ 均带正电,根据左手定则,可知其形成的圆为外切圆,因 $\alpha$ 粒子所带电荷量小,则 $\alpha$ 粒子轨迹半径大,故③为 $\alpha$ 粒子,同理可知②为 $\beta$ 粒子,故B正确;衰变过程动量守恒,粒子与新核动量大小 $p$ 相等,粒子的质量小于新核的质量,根据 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ ,可知②的动能比①大,

突破点:根据动量与动能的关系判断动能大小

③的动能比④大,故D正确。

#### 方法总结 解答此类问题的三点注意事项

- (1)原子核在释放 $\alpha$ 粒子或 $\beta$ 粒子的过程中系统的动量守恒、能量守恒、电荷数守恒、质量数守恒;
- (2)由左手定则和轨迹的内切(或外切)判断释放粒子的电性;
- (3)根据洛伦兹力和牛顿第二定律以及动量守恒定律可知粒子轨迹半径和粒子电荷量的关系。

**10. AC** 【解析】碳14具有放射性,呼气实验主要利用碳14作为示踪原子的特点,故A正确;半衰期只由原子核自身决定,高温高压不会改变碳14的半衰期,故B错误;实验中通过判断呼出气体中碳14的放射性衰变水平来判断幽门螺杆菌活性,和碳14的放射性有关,故C正确;半衰期只适用于大量原子核衰变,对少量原子核不适用,故D错误。

**11. D** 【解析】由题意可知,检测用的Tc半衰期既不能太长,也不能太短,太长了对人体产生的伤害较大,太短了不能完成医疗检测,则 $^{99m}\text{Tc}$ 最合适, D正确。

#### 刷易错

##### ★易错点1 对三种射线的产生认识不清

**12. D** 【解析】原子核内只有质子和中子。原子核放出的 $\alpha$ 粒子是核内两个质子和两个中子结合形成的;放出的 $\beta$ 粒子是核内的一个中子转变成一个质子时产生的;原子核从高能级向低能级跃迁时,将多余的能量以 $\gamma$ 光子的形式辐射出去。故D正确。

**易错分析** 本题易由于原子核能放射出 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 三种射线,就误认为原子核内部有 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子、 $\gamma$ 光子,实际上原子核内部只存在质子和中子。

##### ★易错点2 对衰变相关概念理解不正确

**13. C** 【解析】铀元素质量 $m$ 、衰变后剩余铀元素的质量 $m_1$ 、衰变时间 $t$ 、半衰期 $T$ 之间关系为 $m_1 = m \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}}$ ,经过 $2T$ ,剩余铀元素的质量为 $m_1 = m \left( \frac{1}{2} \right)^2 = \frac{m}{4}$ ,即发生衰变的铀元素质量为 $\frac{3}{4}m$ ,故A、B错误;经过 $3T$ 后,铀元素的质量还剩 $m'_1 = m \left( \frac{1}{2} \right)^3 = \frac{m}{8}$ ,故C正确;经过 $T$ 时间后,有质量为 $\frac{m}{2}$ 的铀元素

发生衰变成铅,则该矿石的剩余质量大于 $\frac{M}{2}$ ,故D错误。

**易错分析** 解决此题时一定要明确半衰期的概念,半衰期指的是原子核有一半发生衰变的时间,千万不能认为是原子核全部衰变时间的一半。

#### 刷提升

**1. BC** 【解析】三种射线中, $\alpha$ 射线容易使空气电离,但穿透能力最弱,在空气中只能前进几厘米,可知烟雾颗粒阻挡的是

关键点:能被一张纸挡住的是 $\alpha$ 射线

镭释放的 $\alpha$ 粒子,A错误;根据质量数守恒和电荷数守恒可知,衰变产生的新核的质量数 $a = 241 - 4 = 237$ ,电荷数 $z = 95 - 2 = 93$ ,所以中子数为 $237 - 93 = 144$ ,产生的新核的中子数比质子数多 $144 - 93 = 51$ ,B正确;已知镭的半衰期为433年,则经过866年,剩余 $^{241}_{95}\text{Am}$ 的质量为 $m = \left( \frac{1}{2} \right)^2 m_0 = 0.075$ 微克,C正确;半衰期由原子核内部结构决定,与外界因素无关,D错误。

**2. AC** 【解析】根据电荷数和质量数守恒可知,由 $^{228}_{88}\text{Ra}$ 到 $^{228}_{89}\text{Ac}$ 的衰变过程中放出电子,则此衰变是 $\beta$ 衰变,故A正确;半衰期是大量原子核衰变的统计规律,对少量原子核不适用,故B错误;设从 $^{228}_{90}\text{Th}$ 到 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 共发生 $x$ 次 $\alpha$ 衰变和 $y$ 次 $\beta$ 衰变,根据质量数守恒和电荷数守恒有 $2x - y = 90 - 82$ , $4x = 228 - 208$ ,解得 $x = 5$ , $y = 2$ ,故C正确;原子核发生的 $\alpha$ 衰变和 $\beta$ 衰变,往往伴随 $\gamma$ 射线的产生,故D错误。

**3. AC** 【解析】根据核反应质量数和电荷数守恒,可知核反应方程为 $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^0_{-1}\text{e}$ ,则该衰变过程为 $\beta$ 衰变,故A正确;半衰期由核内部本身的因素决定,与原子核所处的物理状态或化学状态无关,所以 $^{24}_{11}\text{Na}$ 进入到血液后半衰期不变,故B错误;45 h后,即经历三个半衰期,样本放射强度变为原来的 $\left( \frac{1}{2} \right)^3 = \frac{1}{8}$ ,故C正确;设该患者体内血液的总体积约为 $V$ ,有 $\frac{6 \times 10^{-3} \text{ L}}{5 \text{ 次/s}} = \frac{V}{\frac{1}{8} \times 2.4 \times 10^4 \text{ 次/s}}$ ,解得 $V = 3.6 \text{ L}$ ,故D错误。

**4. AC** 【解析】钍233( $^{233}_{90}\text{Th}$ )质量数为233,电荷数为90,则中子数为 $233 - 90 = 143$ ,镤233( $^{233}_{91}\text{Pa}$ )质量数为233,电荷数为91,则中子数为 $233 - 91 = 142$ , $^{233}_{90}\text{Th}$ 比 $^{233}_{91}\text{Pa}$ 多1个中子,故A正确;放射性元素发生 $\beta$ 衰变时所释放的电子是由原子核内部中子转变成质子和电子释放出来的,故B错误;根据核反应的质量数和电荷数守恒可知,镤233变成铀233的核反应方程是 $^{233}_{91}\text{Pa} \rightarrow ^{233}_{92}\text{U} + ^0_{-1}\text{e}$ ,故C正确;半衰期不随温度变化而变化,故D错误。

**5. A** 【解析】某放射性元素经过6天后,只剩下 $\frac{1}{4}$ 没有衰变,可知经过了2个半衰期,则放射性元素的半衰期为3天,设

## 高中必刷题 物理

水库中水的体积为  $V$ , 则 9 天后水库中所有放射性元素每秒钟衰变 20V 次, 设原有放射性元素质量为  $m_0$ , 9 天后, 未发生衰变的放射性元素质量为  $m$ , 则  $\frac{20V \text{ 次}}{8 \times 10^7 \text{ 次}} = \frac{m}{m_0}$ , 9 天经历了三

→ **关键点:** 衰变次数之比等于质量之比

个半衰期, 有  $\frac{m}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$ , 联立解得  $V = 5 \times 10^5 \text{ m}^3$ , **A 正确**.

- 6. D** 【解析】碳 14 转变为氮 14, 根据衰变过程中电荷数守恒和质量数守恒, 可得其衰变方程为  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$ , 可知衰变方式为  $\beta$  衰变, 故 **A 错误**; 衰变服从统计规律, 只对大量的原子核有意义, 故 **B 错误**; 根据核反应方程中电荷数守恒和质量数守恒, 可知 X 为中子, 故 **C 错误**; 当氮 14 数量是碳 14 数量的 7 倍时, 可知还有  $\frac{1}{8}$  碳 14 未衰变, 由题图可知  $t = 17190$  年, 故 **D 正确**.

- 7. B** 【解析】由质量数守恒和电荷数守恒可知, 两个衰变过程分别放出正电子和电子, 放射性原子核  ${}^{30}_{15}\text{P}$  放出正电子时, 正电子与新核的速度方向相反, 电性相同, 则两个粒子受到的洛伦兹力方向相反, 两个粒子的运动轨迹应为外切圆, 而放射性原子核  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  放出电子时, 电子与新核的速度方向相反, 电性相反, 则两个粒子受到的洛伦兹力方向相同, 两个粒子的运动轨迹应为内切圆. 静止的放射性原子核放出粒子时, 两带电粒子的动量大小相等, 由  $r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$  可得轨迹半径与电荷量成反比, 而正电子和电子的电荷量比新核的电荷量小, 则正电子和电子的轨迹半径比新核的轨迹半径都大, 故运动轨迹 1、2、3、4 依次对应的粒子是  ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ 、电子、正电子、 ${}^{30}_{14}\text{Si}$ , **B 正确**.

- 8. AD** 【解析】 $\beta$  衰变的实质是原子核里的一个中子放出一个电子变为一个质子, 反应过程中遵循质量数守恒和电荷数守恒, 故铱 192 的衰变方程为  ${}^{192}_{77}\text{Ir} \rightarrow {}^{192}_{78}\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}$ , 故 **A 正确**; 探测器得到的射线变弱, 说明钢板厚度增大, 应当减小热轧机两轮之间的厚度间隙, 故 **B 错误**; 若有 2 g 铱 192, 经过 74 天后还有 1 g 没有衰变, 再过 74 天 (即总共经历 148 天) 还有 0.5 g 没有衰变, 故 **C 错误**; 放射性同位素发生衰变时, 遵循能量守恒和质量数守恒, 故 **D 正确**.

### 刷素养

- 9. C** 【解析】静止的氢原子核由于衰变放出  $\alpha$  粒子而生成一个新的原子核的过程动量守恒, 则衰变产生的  $\alpha$  粒子与新核的动量等大反向,  $\alpha$  粒子与新核都带正电, 根据左手定则可知两圆一定都沿逆时针方向转动, 两圆一定外切, 故 **A、B 错误**; 设  $\alpha$  粒子和新核的质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ , 速度大小分别为  $v_1$ 、 $v_2$ , 电荷量分别为  $q_1$ 、 $q_2$ ,  $\alpha$  粒子做圆周运动过程中洛伦兹力提供向心力, 有  $q_1 v_1 B = m_1 \frac{v_1^2}{R_1}$ , 解得  $\alpha$  粒子做圆周运动的

轨迹半径为  $R_1 = \frac{m_1 v_1}{q_1 B}$ , 同理, 新核做圆周运动的轨迹半径为

$R_2 = \frac{m_2 v_2}{q_2 B}$ , 以  $v_1$  的方向为正方向, 则有  $m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0$ , 根据核反应质量数和电荷数守恒, 可知新核的核电荷数为 84, 质量数为 218, 联立可得  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{84}{2} = \frac{42}{1}$ , 故 **D 错误**;  $\alpha$  粒子做圆

周运动的周期为  $T_1 = \frac{2\pi m_1}{q_1 B}$ , 新核做圆周运动的周期为  $T_2 = \frac{2\pi m_2}{q_2 B} = \frac{109}{84} T_1$ , 可知  $\alpha$  粒子第一次与新核碰撞时, 新核转动

→ **关键点:** 质量之比可用质量数之比表示

84 圈,  $\alpha$  粒子转动 109 圈, 故在  $\alpha$  粒子转动 108 圈之内, 二者一定不会相撞, 故 **C 正确**.

## 第 3 节 核反应 结合能

### 刷基础

- 1. A** 【解析】设 X 和 Y 的电荷数分别为  $n_1$  和  $n_2$ , 质量数分别为  $m_1$  和  $m_2$ , 根据反应前后电荷数和质量数守恒, 可得  $4 + 27 = m_1 + 30$ ,  $2 + 13 = n_1 + 15$ ,  $15 = n_2 + 14$ ,  $30 = m_2 + 30$ , 解得  $n_1 = 0$ ,  $n_2 = 1$ ,  $m_1 = 1$ ,  $m_2 = 0$ , 可知 X 的质量数为 1, 电荷数为 0, X 是中子, Y 的质量数为 0, 电荷数为 1, Y 是正电子. **A 正确**.

- 2. BC** 【解析】由天然放射性元素钋 (Po) 放出的  $\alpha$  射线轰击铍 (Be) 时会产生中子流, 用中子流轰击石蜡时, 会产生质子形成质子流, 即粒子 A 是中子, 粒子 B 是质子, 故 **A 错误**, **B 正确**; 中子流是不受电场磁场影响、穿透能力很强的射线, 故 **C 正确**; 质子是卢瑟福在用  $\alpha$  粒子轰击氮原子核的实验中首次发现的, 故 **D 错误**.

- 3. C** 【解析】核子间的强相互作用使核子聚集到一起形成原子核, 故 **A 错误**; 结合能不是指核子结合在一起所具有的能量, 而是把核子分开所需要的能量, 故 **B 错误**; 核子在结合成

→ **关键点:** 结合能也是核子结合成原子核所释放的能量

原子核时, 核子平均质量亏损越大, 则原子核的比结合能越大, 原子核越稳定, 故 **C 正确**; 组成原子核的核子平均质量越小, 原子核的比结合能越大, 故 **D 错误**.

- 4. A** 【解析】 ${}^{131}_{53}\text{I}$  的质子数为 53, 中子数为  $131 - 53 = 78$ , 质子总质量为  $53 \times 1.007 \text{ u} = 53.371 \text{ u}$ , 中子总质量为  $78 \times 1.009 \text{ u} = 78.702 \text{ u}$ , 核子总质量为  $53.371 \text{ u} + 78.702 \text{ u} = 132.073 \text{ u}$ , 核子结合成  ${}^{131}_{53}\text{I}$  质量亏损  $\Delta m = 132.073 \text{ u} - 131.037 \text{ u} = 1.035 \text{ u}$ , 结合能  $E = 1.035 \text{ u} \times 931.5 \text{ MeV} \approx 965 \text{ MeV}$ . 故选 A.

- 5. B** 【解析】根据题图 1 可知,  ${}^4_2\text{He}$  核的比结合能约为 7 MeV, 则  ${}^4_2\text{He}$  核的结合能约为  $E = 4 \times 7 \text{ MeV} = 28 \text{ MeV}$ , **A 错误**; 根据题图 1 可知,  ${}^{235}_{92}\text{U}$  核的比结合能比  ${}^{89}_{36}\text{Kr}$  核的比结合能小, 所以



$^{89}_{36}\text{Kr}$  比  $^{235}_{92}\text{U}$  更稳定, **B 正确**; 根据题图 2 可知, 核  $D$  裂变成核  $E$  和  $F$  的过程中, 平均核子质量减少, 放出核能, 比结合能增大, **C 错误**; 根据题图 2 可知, 若  $A$ 、 $B$  能结合成  $C$ , 平均核子质量

→ **关键点**: 平均核子质量越小, 比结合能越大

量减少, 结合过程一定放出能量, **D 错误**.

#### 方法总结 结合能与比结合能的比较

(1) 组成原子核的核子越多, 结合能越大, 但比结合能不一定越大.

(2) 结合能与核子个数之比称作比结合能, 比结合能越大, 原子核越稳定.

**6. AC** 【解析】根据质量数和电荷数守恒可知, 核反应方程为  $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$ , 可知其为  $\beta$  衰变, 产物  $^{131}_{54}\text{Xe}$  比  $^{131}_{53}\text{I}$  更稳定, 故 **A 正确, B 错误**; 衰变过程释放的核能为  $\Delta E = \Delta mc^2 = (m_1 - m_{\text{Xe}} - m_e)c^2$ , 故 **C 正确**; 患者服药后经过两个半衰期, 碘 131 还剩原来的  $\frac{1}{4}$ , 故 **D 错误**.

**7. AD** 【解析】根据质量数和电荷数守恒, 可知该核反应方程为  $3^4_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C}$ , **A 正确**;  $X$  核中有  $12 - 6 = 6$  个中子, **B 错误**; 该核反应放出的能量等于反应前、后结合能的增加值, 释放的能量  $\Delta E = 12E_2 - 3 \times 4E_1 = 12(E_2 - E_1)$ , **C 错误**; 该核反应的质量亏损为  $\Delta m = \frac{12(E_2 - E_1)}{c^2}$ , **D 正确**.

**8. (1)**  $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$  **(2)**  $\frac{mc^2 \Delta m}{M+m}$   $\frac{Mc^2 \Delta m}{M+m}$  **(3)**  $\frac{\Delta m}{2m_0}$

【解析】(1) 镭核发生衰变的核反应方程为  $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$ .

(2) 根据  $E = \Delta mc^2$ , 可知产生的总动能为  $\Delta mc^2$ , 设氦核和  $\alpha$  粒子的速度大小分别为  $v_1$ 、 $v_2$ , 由动量守恒定律有  $Mv_1 = mv_2$ , 由能量守恒定律有  $E_1 + E_2 = E$ ,

$$E_1 = \frac{1}{2}Mv_1^2, E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2,$$

$$\text{联立解得氦核动能为 } E_1 = \frac{E \cdot m}{M+m} = \frac{mc^2 \Delta m}{M+m},$$

$$\alpha \text{ 粒子动能为 } E_2 = \frac{Mc^2 \Delta m}{M+m}.$$

(3)  $\gamma$  光子产生电子的方程式为  $\gamma \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^0_{+1}\text{e}$ ,

根据  $E = \Delta mc^2$ ,

$$\gamma \text{ 光子最多产生的正、负电子对数为 } n = \frac{E}{m_0 c^2} \times \frac{1}{2} = \frac{\Delta m}{2m_0}.$$

**9. (1)** 72 300 年 **(2)**  $^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{235}_{92}\text{U} + ^4_2\text{He} + \gamma$  5.216 4 MeV **(3)** 5.034 MeV

【解析】(1) 根据半衰期公式有  $m = m_0 \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}}$ ,

$$\text{根据题意得 } \frac{m}{m_0} = 100\% - 87.5\%,$$

解得  $t = 72\ 300$  年.

(2) 衰变方程为  $^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{235}_{92}\text{U} + ^4_2\text{He} + \gamma$ ,

放出的核能为  $E = (239.052\ 1\ \text{u} - 4.002\ 6\ \text{u} - 235.043\ 9\ \text{u}) \times 931.5\ \text{MeV/u} = 5.216\ 4\ \text{MeV}$ .

(3) 根据动量守恒定律得  $m_U v_U = m_\alpha v_\alpha$ ,

$$\text{根据能量守恒定律得 } E - E_0 = E_{\text{KU}} + E_{\text{K}\alpha} = \frac{1}{2}m_U v_U^2 + \frac{1}{2}m_\alpha v_\alpha^2,$$

→ **易错点**: 不要忘记减去光子的能量

$$\text{解得 } \alpha \text{ 粒子的动能为 } E_{\text{K}\alpha} = \frac{m_U}{m_\alpha + m_U} (E - E_0) = 5.034\ \text{MeV}.$$

#### 刷易错

★ **易错点** 对爱因斯坦质能方程理解错误

**10. B** 【解析】爱因斯坦质能方程说明了能量和质量间存在联系, 但质量并不是能量, **A 错误, B 正确**; 核反应中发生的“质量亏损”并不是指这部分质量消失或质量转化为能量, 在核反应中, 系统的总能量和总质量也是守恒的, **C、D 错误**.

**易错分析** 质能方程只是说明了质量和能量间存在关系, 但质量不是能量, 在核反应中质量发生亏损并不意味着质量消失, 只是物体的质量由静质量变为动质量.

### 专题 5 质能方程与核能的计算

#### 刷难关

**1. B** 【解析】根据质量数与电荷数守恒可知  $X$  为  $^1_0\text{n}$ , 故 **A 错误**; 对该核反应, 由能量守恒定律可得  $4E_3 - (2E_1 + 3E_2) = \Delta mc^2$ , 解得  $\Delta m = \frac{4E_3 - (2E_1 + 3E_2)}{c^2}$ , 故 **C 错误**; 根据上述分析

→ **易错点**: 该反应释放能量, 生成物的结合能比反应物大

$$\text{可得 } 4E_3 - (2E_1 + 3E_2) > 0, \text{ 即 } E_3 > \frac{2E_1 + 3E_2}{4} = \frac{E_1 + E_2}{2} + \frac{E_2}{4} >$$

$$\frac{E_1 + E_2}{2}, \text{ 故 } \text{B 正确}; \text{牛顿运动定律适用于宏观物体的低速运}$$

动, 该反应中, 牛顿运动定律不再适用, 故 **D 错误**.

**2. C** 【解析】根据核反应方程中质量数守恒和电荷数守恒可知  $x = 38, y = 136$ , **A 正确**; 根据质能方程, 该核反应释放的能量为  $\Delta E = (m_U - m_{\text{Sr}} - m_{\text{Xe}} - 9m_n)c^2$ , **B 正确**; 设  $t$  时间消耗的浓缩铀的质量为  $m$ , 有  $Pt = \frac{m\eta\Delta E}{m_U}$ , 解得  $m = \frac{Pt m_U}{(m_U - m_{\text{Sr}} - m_{\text{Xe}} - 9m_n)\eta c^2}$ , **C 错误**; 中子和碳核相碰过程中, 系

统动量守恒, 机械能守恒, 设碰后中子速度为  $v_1$ , 碰后碳核的速度为  $v_2$ , 有  $m_n v_0 = m_n v_1 + 12m_n v_2$ ,  $\frac{1}{2}m_n v_0^2 = \frac{1}{2}m_n v_1^2 + \frac{1}{2} \times$

$$12m_n v_2^2, \text{ 解得 } v_1 = -\frac{11}{13}v_0, \text{ 同理第 2 次碰后, 中子的速度 } v_1' =$$

$$\frac{121}{169}v_0, \text{ 则中子经过两次碰撞后其速度大小与初速度大小的}$$

## 高中必刷题 物理

比值为  $\frac{121}{169}$ , D 正确. C 符合题意.

3. (1)  ${}_{92}^{232}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{228}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$  (2) 3 是  $\alpha$  粒子的轨迹 4 是钍核 Th 的轨迹 45 : 1 (3) 5.4 MeV

【解析】(1) 铀核  ${}_{92}^{232}\text{U}$  的衰变方程是  ${}_{92}^{232}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{228}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ .

(2) 根据衰变过程中动量守恒, 有  $0 = m_{\text{Th}}v_{\text{Th}} - m_{\alpha}v_{\alpha}$ ,

根据牛顿第二定律有  $qvB = m\frac{v^2}{r}$ , 解得  $r = \frac{mv}{qB}$ ,

$\alpha$  粒子和钍核 Th 的动量大小相等, 故轨迹半径之比等于电荷量的反比, 故  $r_{\alpha} : r_{\text{Th}} = 45 : 1$ ,

因为  $\alpha$  粒子和钍核 Th 都带正电, 根据左手定则可知, 衰变瞬间二者受力方向相反, 轨迹外切, 再根据半径关系可知, 3 是  $\alpha$  粒子的轨迹, 4 是钍核 Th 的轨迹.

(3) 质量亏损  $\Delta m = m_{\text{U}} - m_{\text{Th}} - m_{\alpha} = (232.037\,2 - 228.028\,7 - 4.002\,6)\text{u} = 0.005\,9\text{u}$ ,

释放的核能  $\Delta E = \Delta mc^2 = 0.005\,9 \times 931.5\text{ MeV} = 5.495\,85\text{ MeV}$ ,

根据  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ , 可知  $\alpha$  粒子和钍核 Th 的动能之比

$$E_{k\alpha} : E_{k\text{Th}} = m_{\text{Th}} : m_{\alpha},$$

释放的核能全部转化为  $\alpha$  粒子和钍核 Th 的动能, 有

$$\Delta E = E_{k\alpha} + E_{k\text{Th}},$$

联立解得  $E_{k\alpha} = \frac{m_{\text{Th}}}{m_{\alpha} + m_{\text{Th}}} \Delta E = 5.4\text{ MeV}$ .

## 第4~5节 核裂变 核聚变 粒子物理学发展概况

### 刷基础

1. C 【解析】要使铀块发生链式反应, 还需要铀块达到临界体积, 故 A 错误; 镉棒吸收中子的能力很强, 反应激烈时, 应将镉棒插入一些, 故 B 错误; 反应堆中最常使用的慢化剂主要有石墨、重水和普通水, 故 C 正确; 要使轻核发生聚变, 必须使轻核接近核力发生作用的距离, 需要达到  $10^{-15}\text{ m}$  以内, 故 D 错误.

2. D 【解析】设中子质量为  $m$ , 碰前速度为  $v_0$ , 碰后速度为  $v_1$ , 原子核质量为  $M$ , 碰后速度为  $v_2$ , 中子与原子核发生弹性正碰, 以速度  $v_0$  为正方向, 则  $mv_0 = mv_1 + Mv_2$ ,  $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$ , 得  $v_1 = \frac{m-M}{m+M}v_0 = -\left(1 - \frac{2m}{m+M}\right)v_0$ , 可见原子核质量  $M$  越接近中子质量  $m$ , 碰后中子速度  $v_1$  越小, D 正确.

→ 关键点: 中子与电子碰撞后, 速度几乎不变, 与铅原子核或铀原子核碰撞后, 速度几乎反向

3. B 【解析】核裂变是指重核被中子轰击后分裂成两个或多个中等大小的原子核, 故根据核裂变的定义只有 B 选项正确. A 选项是轻核聚变, C、D 选项都是人工核反应. 故选 B.

4. B 【解析】根据质量数守恒和电荷数守恒可知核反应方程中的  $x = 56$ ,  $y = 92$ , 故 A 错误; 核反应的产物比反应物更稳

定, 而比结合能越大原子核越稳定, 可知  ${}_{92}^{235}\text{U}$  核的比结合能小于  ${}_{56}^{141}\text{Ba}$  核的比结合能, 故 B 正确; 根据题意可知,  ${}_{56}^{141}\text{Ba}$  会发生  $\beta$  衰变, 因此其衰变方程为  ${}_{56}^{141}\text{Ba} \rightarrow {}_{57}^{141}\text{X} + {}_{-1}^0\text{e}$ , 故 C 错误; 根据爱因斯坦质能方程有  $\Delta E = \Delta mc^2 = (235.043\,9\text{ u} + 1.008\,7\text{ u} - 140.913\,9\text{ u} - 91.897\,3\text{ u} - 3 \times 1.008\,7\text{ u})c^2$ , 解得  $\Delta E \approx 3.2 \times 10^{-11}\text{ J}$ , 故 D 错误.

5. (1) 1 786 MeV (2) 1 142.4 MeV 783 MeV (3) 释放能量 139.4 MeV

【解析】(1) 把  ${}_{92}^{235}\text{U}$  分解成核子时, 要吸收的能量为  $E_1 = 235 \times 7.6\text{ MeV} = 1\,786\text{ MeV}$ .

(2) 使相应的核子结合成  ${}_{54}^{136}\text{Xe}$  要释放的能量为  $E_2 = 136 \times 8.4\text{ MeV} = 1\,142.4\text{ MeV}$ ,

使相应的核子结合成  ${}_{38}^{90}\text{Sr}$  要释放的能量为  $E_3 = 90 \times 8.7\text{ MeV} = 783\text{ MeV}$ .

(3)  ${}_{54}^{136}\text{Xe}$  和  ${}_{38}^{90}\text{Sr}$  的平均结合能均大于  ${}_{92}^{235}\text{U}$  的平均结合能, 说明生成的新核更稳定, 则这个核反应释放能量, 释放的能量为  $E = E_2 + E_3 - E_1 = 139.4\text{ MeV}$ .

**教材变式** 本题目由教材 P113 第 3 题演变而来. 教材考查了铀核裂变方程和反应中释放的核能, 本题延伸考查了使核子结合成相应的生成物释放的能量.

6. AC 【解析】核反应都遵循质量数守恒和电荷数守恒, 故 A 正确; 两个轻核结合成质量较大的核, 结合时放出能量, 出现质量亏损, 则总质量比聚变前的小, 故 B 错误; 两个轻核结合成质量较大的核, 放出能量, 总的结合能增加, 则核子的比结合能增加, 故 C 正确; 与裂变相比, 轻核聚变辐射极少, 废物容易处理, 更为安全、清洁, 但是目前聚变还不能进行控制, 目前利用核能的主要方式是裂变, 故 D 错误.

7. B 【解析】裂变反应参与的核子数目可以大于聚变反应, 故聚变反应释放的总能量不一定多, 但聚变反应比裂变反应每个核子平均释放的能量一定多, 故 A 错误, B 正确; 由于聚变反应释放能量, 所以粒子的比结合能变大, 故 C 错误; 由于核反应中发生质量亏损, 故聚变反应后质量变小, 故 D 错误.

8. BC 【解析】根据质量数守恒和电荷数守恒, 可得该聚变的核反应方程为  $4{}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2{}_1^0\text{e}$ , 生成物是正电子, 不是电子, A 错误; 该聚变反应需要在高温高压条件下发生, 聚变反应在常温下不能发生, B 正确; 根据爱因斯坦质能方程, 可得太阳每秒钟减少的质量为  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{4.0 \times 10^{26}}{(3 \times 10^8)^2}\text{ kg} \approx 4.4 \times 10^9\text{ kg}$ , C 正确; 目前核电站采用的核燃料主要是铀核, 利用铀核的裂变反应过程中释放的核能, D 错误.

9. A 【解析】根据质量数守恒和电荷数守恒可知, X 的质量数为 1, 电荷数为 0, 是中子 ( ${}_0^1\text{n}$ ), 故 A 正确, B 错误; 核聚变会释放大量能量, 根据爱因斯坦质能方程 ( $\Delta E = \Delta mc^2$ ), 可知存



在质量亏损,故 **C 错误**;核聚变中,生成物的比结合能大于反应物的,故 **D 错误**。

- 10. B** 【解析】核聚变中生成物的比结合能高于反应物的, ${}^3_2\text{He}$  的比结合能  $E_2$  大于氦核的比结合能  $E_1$ ,故 **A 错误**;总动能等于核能  $E$  与初始动能  $2E_{k0}$  之和。反应前后动量守恒, ${}^3_2\text{He}$  与中子动量等大反向,动能比为其质量的反比(1:3),总动能  $E_{\text{总}}=4E_k$ ,故  $E_k=\frac{E+2E_{k0}}{4}$ ,故 **B 正确**;释放的核能  $E=3E_2-4E_1$ ,可得  $E_2=\frac{E+4E_1}{3}$ ,故 **C、D 错误**。

→ **关键点**: 生成物结合能减反应物结合能

- 11. BC** 【解析】反应前的质量  $m_1=2\times 2.013\,6\,\text{u}=4.027\,2\,\text{u}$ ,反应后的质量  $m_2=3.015\,0\,\text{u}+1.008\,7\,\text{u}=4.023\,7\,\text{u}$ ,因为  $m_1>m_2$ ,可知反应发生质量亏损,则该核反应释放能量,释放的能量为  $(m_1-m_2)\times 931.5\,\text{MeV}\approx 3.26\,\text{MeV}$ ,故 **A 错误**;两个氦核以相等的动能  $0.35\,\text{MeV}$  进行对心碰撞,则核反应前两氦核总动量为零,因而反应后氦核与中子的总动量也为零,即二者动量等大反向,故 **B 正确**;核反应后的总动能为  $\Delta E+2E_{k0}=E_{k1}+E_{k2}$ ,而  $E_k=\frac{p^2}{2m}\propto \frac{1}{m}$ ,所以  $\frac{E_{k1}}{E_{k2}}=\frac{m_n}{m_{\text{He}}}$ ,联立解得氦核的动能为  $E_{k1}=0.99\,\text{MeV}$ ,中子的动能为  $E_{k2}=2.97\,\text{MeV}$ ,故 **C 正确**;由于反应放出能量,该反应生成物的结合能大于反应物的结合能,故 **D 错误**。

→ **关键点**: 反应放出能量,则生成物的结合能大于反应物的结合能,生成物更稳定

- 12. B** 【解析】按照粒子与各种相互作用的不同关系,把粒子大致分为强子、轻子、规范玻色子和希格斯玻色子几类,**A 错误**;强子是参与强相互作用的粒子,质子是最早发现的强子,**B 正确**;质子和中子由不同的夸克组成,本身有复杂的结构,不是基本粒子,**C 错误**;已知夸克有 6 种,它们的电荷量分别为元电荷的  $+\frac{2}{3}$  或  $-\frac{1}{3}$ ,**D 错误**。

### 刷易错

#### ★易错点 混淆核反应的类型

- 13. D** 【解析】①中生成核中有  $\alpha$  粒子,且由一种变成两种,属于  $\alpha$  衰变,根据半衰期的规律,1 g  ${}^{238}_{92}\text{U}$  经过两个半衰期有  $\frac{3}{4}$  g 发生了衰变,还剩余  $\frac{1}{4}$  g 没有发生衰变,故 **A 错误**;②中生成核中有  $\beta$  粒子,且由一种变成两种,属于  $\beta$  衰变, $\beta$  射线的电离本领比  $\alpha$  射线弱,故 **B 错误**;③是核裂变,由于裂变释放能量,说明生成核比反应核更加稳定,可知  ${}^{141}_{56}\text{Ba}$  的比结合能比  ${}^{235}_{92}\text{U}$  大,故 **C 错误**;④是核聚变,是热核反应,该反应需要很高的温度并放出热量,故 **D 正确**。

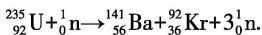
**易错分析** 核反应有四种类型,衰变、人工核转变、核裂变、核聚变,本题易因混淆这四种核反应而致错,掌握四种核反应的特点是解决此类问题的关键。

### 刷提升

- 1. D** 【解析】原子核内的核子靠核力结合在一起,核力只存在于相邻的核子之间,**A 错误**;该聚变放出能量,所以聚变后原子核内核子间的比结合能一定发生变化,**B 错误**;  ${}^3_2\text{He}$  发生聚变,放出能量,根据质能方程可知一定会发生质量亏损,**C 错误**;  ${}^3_2\text{He}$  聚变反应的方程可能为  ${}^3_2\text{He}+{}^3_2\text{He}\rightarrow 2{}^1_1\text{H}+{}^4_2\text{He}$ ,**D 正确**。

- 2. (1)**  ${}^{235}_{92}\text{U}+{}^1_0\text{n}\rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba}+{}^{92}_{36}\text{Kr}+3{}^1_0\text{n}$  **(2)**  $\Delta E=(m_2-m_3-m_4-2m_1)c^2$  **(3)**  $3.7\times 10^{26}\,\text{MeV}$

【解析】(1)由质量数和电荷数守恒可得该核反应方程为



(2)反应前后质量亏损为  $\Delta m=m_1+m_2-m_3-m_4-3m_1=m_2-m_3-m_4-2m_1$ ,

根据爱因斯坦质能方程得  $\Delta E=(m_2-m_3-m_4-2m_1)c^2$ 。

(3)一个  ${}^{235}_{92}\text{U}$  在裂变反应中亏损的质量  $\Delta m=(235.043\,9-140.913\,9-91.897\,3-2\times 1.008\,7)\,\text{u}=0.215\,3\,\text{u}$ ,

则  $\Delta E=0.215\,3\times 931.5\,\text{MeV}\approx 201\,\text{MeV}$ ,

这颗原子弹中发生裂变的铀 235 的质量约为  $m=60\,\text{kg}\times 1.2\%=0.72\,\text{kg}=720\,\text{g}$ ,

铀 235 的摩尔质量  $M$  为  $235\,\text{g/mol}$ ,所以  $E_{\text{总}}=\frac{m}{M}N_{\text{A}}\Delta E$ ,

代入数据得  $E_{\text{总}}=3.7\times 10^{26}\,\text{MeV}$ 。

**教材变式** 本题目由教材 P113 第 4 题演变而来。教材考查了计算核电站每天需要纯铀 235 的质量,本题则考查了核反应方程和释放的核能。

### 刷素养

- 3. (1)**  ${}^{235}_{92}\text{U}+{}^1_0\text{n}\rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba}+{}^{89}_{36}\text{Kr}+3{}^1_0\text{n}$  **(2)** 0.286 **(3)** 54

【解析】(1)根据质量数守恒和电荷数守恒可知核反应方程为  ${}^{235}_{92}\text{U}+{}^1_0\text{n}\rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba}+{}^{89}_{36}\text{Kr}+3{}^1_0\text{n}$ 。

(2)设中子和碳核的质量分别为  $m$  和  $M$ ,碰撞前中子的速度为  $v_0$ ,碰撞后中子和碳核的速度分别为  $v$  和  $v'$ ,因为碰撞是对心弹性碰撞,所以在碰撞前后,动量和机械能均守恒,有

$$mv_0=mv+Mv', \quad \frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}Mv'^2,$$

$$\text{联立解得 } v=\frac{m-M}{m+M}v_0,$$

因为  $M=12m$ ,

$$\text{代入解得 } v=-\frac{11}{13}v_0,$$

所以  $E_1=\frac{1}{2}mv^2=\left(-\frac{11}{13}\right)^2 E_0\approx 1.25\,\text{MeV}$ ,  $\frac{E_{\text{损}}}{E_0}=\frac{E_0-E_1}{E_0}\approx 0.286$ 。

(3)第一次碰撞后  $E_1=\left(-\frac{11}{13}\right)^2 E_0$ ,

设经过 2、3、⋯、 $n$  次碰撞后,中子的能量依次为  $E_2$ 、 $E_3$ 、⋯、 $E_n$ ,则有

$$E_2 = \left(-\frac{11}{13}\right)^2 E_1 = \left(-\frac{11}{13}\right)^4 E_0,$$
$$E_3 = \left(-\frac{11}{13}\right)^6 E_0,$$

.....

$$E_n = \left(-\frac{11}{13}\right)^{2n} E_0,$$

所以  $n = \frac{\lg \frac{E_n}{E_0}}{2 \lg \frac{11}{13}} = \frac{\lg \frac{0.025}{1.75 \times 10^6}}{2 \lg \frac{11}{13}} = \frac{\lg \frac{1}{7 \times 10^7}}{2 \lg \frac{11}{13}} = \frac{-7-0.845}{2 \times (-0.0726)} \approx 54.$

第六章 波粒二象性

第 1 节 量子论初步

刷基础

1. B 【解析】爱因斯坦为了解释光电效应的规律,提出了光子说,普朗克为了解释黑体辐射现象,第一次提出了能量量子化理论,A 错误;黑体的热辐射实际上是电磁辐射,是以光子的形式辐射的,B 正确;一般物体辐射电磁波的情况与物体的温度、物体的材料有关,而黑体辐射电磁波的情况只与物体的温度有关,C 错误;黑体能吸收一切光,不是黑色的物体,黑体辐射的强度与温度有关,温度越高,黑体辐射的强度越大,随着温度的升高,黑体辐射强度的极大值向波长较短的方向移动,D 错误.
2. A 【解析】由黑体辐射的实验规律可知,黑体辐射强度按波长的分布只跟黑体温度有关,与黑体材料无关,故 A 正确;根据黑体辐射的实验规律可知,温度降低时,各种波长的光波辐射强度均有所减小,故 B 错误;由题图可知,当温度升高时,辐射强度的极大值向波长较短的方向移动,故 C 错误;黑体能够完全吸收照射到它上面的所有电磁波,故 D 错误.
3. D 【解析】量子假说认为,物质发射(或吸收)能量时,能量不是连续的,而是一份一份进行的,每一份能量单位,称为“量子”,A、B 正确,D 错误;量子的能量  $\varepsilon = h\nu$ ,其中  $\nu$  为带电微粒的振动频率, $h$  为普朗克常量,C 正确. 本题选说法不正确的,故选 D.
4. (1)  $2.36 \times 10^{31}$  (个) (2)  $9.44 \times 10^{23}$  (个)  $1.0 \times 10^{-3}$  W

【解析】(1) 每份能量子的能量为  $\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ ,  
设电台每秒发射的能量子数为  $N$ ,有  $N\varepsilon = Pt$ ,  
解得  $N = \frac{Pt\lambda}{hc} = \frac{25\,000\text{ W} \times 1\text{ s} \times 187.5\text{ m}}{6.63 \times 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8\text{ m/s}} \approx 2.36 \times 10^{31}$  (个).  
(2) 以电台天线为球心,半径为  $R$  的球的表面积为  $S = 4\pi R^2$ ,直径为 2 m 的球状天线接收能量子的有效面积为  $S' = \frac{1}{4}\pi d^2$ ,  
设球状天线每秒接收的能量子数为  $n$ ,则有  $n = N \cdot \frac{S'}{S} = N \cdot \frac{d^2}{16R^2} = 9.44 \times 10^{23}$  (个),

设球状天线的接收功率为  $P'$ ,有  $P't = n\varepsilon$ ,  
解得  $P' = 1.0 \times 10^{-3}$  W.

第 2 节 光电效应

刷基础

1. AD 【解析】逸出功指电子逸出金属表面过程克服金属原子核引力做功的最小值,因此逸出功由金属材料本身决定,与入射光的频率无关,故 A 正确;根据光电效应方程有  $E_{k\max} = h\nu - W_0$ ,可知光电子的最大初动能由入射光的频率和逸出功共同决定,而光电流的大小由单位时间内到达阳极的光电子的数目决定,与光电子的最大初动能没有关系,故 B 错误;入射光的强度指单位时间内照射到单位面积上的光子的总能量,其与入射光的频率及单位时间内照射到单位面积上的光子数目有关,而光电子的最大初动能由入射光的频率和逸出功共同决定,二者的影响因素不完全相同,故 C 错误;根据光电效应的产生条件可知,对于某种金属,只要入射光的频率低于金属的极限频率就不能发生光电效应,故 D 正确.
2. CD 【解析】光电效应是瞬时发生的,不需要预热,A 错误;保持光照不变,滑片  $P$  向右滑动的过程中,当电流达到最大电流之后,即使电压再增大,电流也不会再增大,B 错误;不改变光束颜色和电路,增大入射光束强度,单位时间照射到 K 极的光子数目增多,因此单位时间逸出的光电子数增多,电流表示数会增大,C 正确;调换电源的极性,移动滑片  $P$ ,电场力对光电子做负功,当电流表示数为零时,有  $eU_c = \frac{1}{2}mv_k^2$ ,则电压表示数为遏止电压  $U_c$ ,D 正确.

关键点拨 关于光电效应的两点提醒

- (1) 发生光电效应时需满足:照射光的频率大于等于金属的截止频率,即  $\nu \geq \nu_c$ ,或光子的能量  $\varepsilon \geq W_0$ .  
(2) 光电子的最大初动能只与照射光的频率及金属的逸出功有关,而与照射光的强度无关(光的频率不变的情况下),强度大小决定了单位时间逸出光电子的数目多少.

3. D 【解析】电压表示数为 1 V 时,电流表示数为零,即遏止电压为 1 V,则光电子最大初动能为  $E_{km} = eU = 1\text{ eV}$ ,A 错误;K 极  
→ 突破点: 光电子克服逸出功后恰好不能到达 A 极