

第十六单元 原子核



单元综合提升卷

1. D 必刷考法 ▶ 三种射线在电场中的运动轨迹

【深度解析】电场强度的方向水平向右,根据粒子的偏转方向可知, a 带负电、 c 带正电、 b 不带电,所以 a 是 β 射线的轨迹、 c 是 α 射线的轨迹、 b 是 γ 射线的轨迹, α 射线电离能力最强, γ 射线穿透能力最强,A、C错误,D正确; β 射线是电子流,它是 β 衰变过程中一个中子转化为一个质子同时放出一个电子形成的,B错误。

2. D 必刷知识 ▶ 物理学史

【深度解析】爱因斯坦光电效应理论通过光子说成功解释了光电效应现象,康普顿效应理论说明光具有能量与动量,爱因斯坦光电效应理论和康普顿效应理论都揭示了光的粒子性,A正确;麦克斯韦认为变化的磁场周围空间激发出电场,该电场不是由电荷产生的,B正确;伽利略首先建立了平均速度、瞬时速度和加速度的概念,并通过斜面实验探究出自由落体运动的规律,C正确;为了解释黑体辐射的规律,普朗克提出能量子假说,爱因斯坦把能量子假设进行推广,认为光就是由一个个不可分割的能量子组成的,即光子,D错误。

3. C 必刷考法 ▶ 衰变方程遵循的规律+光电效应的规律+半衰期及玻尔的原子理论

【深度解析】由核反应方程电荷数守恒和质量数守恒,可知X的质子数为 $84-2=82$,质量数为 $210-4=206$,则X原子核中含有 $206-82=124$ 个中子,A正确;由 $E_k = h\nu - W_0$ 可知同种金属产生光电效应时,逸出光电子的最大初动能与照射光的频率呈线性关系,B正确;一块纯净的放射性元素矿石,经过一个半衰期以后,它剩下的总质量大于原来的一半,衰变的生成物也有质量,C错误;当光子的能量小于氢原子的电离能时,只有能量等于两能级差的光子才能被氢原子吸收并发生跃迁,D正确。本题选不正确的,故选C。

4. A 必刷知识 ▶ 衰变反应

【深度解析】根据质量数与电荷数守恒,则X的质量数与电荷数分别为 $238-234=4$, $92-90=2$,可知X为 ${}^4_2\text{He}$,反应(1)为 α 衰变,A正确;反应(2)生成物中有电子,则(2)为 β 衰变,根据质量数与电荷数守恒,则Y的质量数与电荷数分别为 $234-0=234$, $90-(-1)=91$,可知Y的质子数为91,B错误;反应(2)中产生了 ${}^0_{-1}\text{e}$,该电子是 ${}^{234}_{90}\text{Th}$ 中的一个中子转化成了一个质子与一个电子,并不能说明 ${}^{234}_{90}\text{Th}$ 中有电子,C错误;半衰期为一个统计规律,只对大量原子核才成立,对少数个别的原子核不成立,D错误。

5. C 必刷知识 ▶ 裂变反应+核能计算

【深度解析】该核反应过程中质量有亏损, A 错误;链式反应能否发生跟铀原料的临界体积有关, B 错误;裂变产物 ${}_{56}^{144}\text{Ba}$ 的比结合能大于 ${}_{92}^{235}\text{U}$ 的比结合能, 放出能量, C 正确;该核反应中放出的核能为 $(m_{\text{U}}-m_{\text{Ba}}-m_{\text{Kr}}-2m_{\text{n}})c^2$, D 错误。

6. B 必刷知识 ▶ 核反应+利用质能方程计算核能

【深度解析】根据质能方程可知, 氘核分解为核子需要吸收的能量为 $\Delta E=(m_{\text{p}}+m_{\text{n}}-m_{\text{D}})c^2$, 设质子、中子的动能均为 E_{k} , 根据能量守恒定律有 $E-\Delta E=2E_{\text{k}}$ (易错点: 氘核分解为核子需要吸收的能量不是 $\Delta E=(m_{\text{D}}-m_{\text{p}}-m_{\text{n}})c^2$, 不可理解成 $E+\Delta E=2E_{\text{k}}$), 解得 $E_{\text{k}}=\frac{1}{2}[E-(m_{\text{p}}+m_{\text{n}}-m_{\text{D}})c^2]=\frac{1}{2}[(m_{\text{D}}-m_{\text{p}}-m_{\text{n}})\cdot c^2+E]$, B 正确。

7. D 必刷知识 ▶ 氢原子能级跃迁

【深度解析】处于基态的氢原子吸收能量为 10.2 eV 的光子后能跃迁至 $n=2$ 能级, 故 A 错误;大量处于 $n=4$ 能级的氢原子最多可以辐射出 $C_4^2=6$ 种频率的光, 故 B 错误;从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射出的光子的能量值大于从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级辐射出的光子的能量值, 用从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射出的光照射某金属时恰好发生光电效应, 则用从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级辐射出的光照射该金属时一定不能发生光电效应, 故 C 错误;处于 $n=4$ 能级的氢原子跃迁到 $n=1$ 能级辐射出的光子的能量为 $E=E_4-E_1=12.75\text{ eV}$, 根据光电效应方程, 用该光照射逸出功为 6.34 eV 的金属铂产生的光电子的最大初动能为 $E_{\text{k}}=E-W_0=6.41\text{ eV}$, 故 D 正确。

8. D 必刷知识 ▶ 光电效应+阴极射线管+氢原子能级+比结合能

【深度解析】紫外线灯照射时金属板电子数减少, 验电器指针偏角减小, 所以照射前指针带负电, A 错误;汤姆孙发现了电子, 密立根测出了电子的电荷量, B 错误;一群处于 $n=5$ 激发态的氢原子向低能级跃迁时最多能辐射出 10 种不同频率的光子, C 错误;比结合能小的原子核结合成比结合能大的原子核时有质量亏损, 放出能量, D 正确。

9. A 必刷知识 ▶ 光电效应+氢原子能级结构

【深度解析】第 4 能级的氢原子向低能级跃迁过程中可能的情况为: $n=4\rightarrow 1, n=4\rightarrow 3, n=4\rightarrow 2, n=3\rightarrow 2, n=3\rightarrow 1, n=2\rightarrow 1$, 能发出 6 种不同频率的光, 能量值的大小关系排列从大到小为: $n=4\rightarrow 1, n=3\rightarrow 1, n=2\rightarrow 1, n=4\rightarrow 2, n=3\rightarrow 2, n=4\rightarrow 3$, 但只检测到 3 条电流, 所以发生光电效应的能量值为: $n=4\rightarrow 1, n=3\rightarrow 1, n=2\rightarrow 1$, 由题图乙可知, a 的遏止电压最大, 其次为 b 和 c, 根据光电效应方程 $E_{\text{k}}=h\nu-W_0$ 及 $eU_0=E_{\text{k}}$ 知, 各光对应的跃迁: a 为 $n=4\rightarrow 1$, b 为 $n=3\rightarrow 1$, c 为 $n=2\rightarrow 1$, b 光的光子能量为 $E_b=E_3-E_1=-1.51\text{ eV}-(-13.6\text{ eV})=12.09\text{ eV}$, A 错误, B 正确;使处于第 4 能级的氢原子电离所需的最小

能量为 0.85 eV , 所以动能为 1 eV 的电子能使处于第 4 能级的氢原子电离, **C 正确**; 由第 2 能级到第 1 能级辐射的光子的能量值 $E_{21} = E_2 - E_1 = (-3.4 \text{ eV}) - (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$; 由第 4 能级到第 2 能级辐射的光子的能量值 $E_{42} = E_4 - E_2 = (-0.85 \text{ eV}) - (-3.4 \text{ eV}) = 2.55 \text{ eV}$, 由于只能测得 3 条电流随电压变化的图像, 即只有三种光子能发生光电效应, 则该金属的逸出功大于 2.55 eV , 小于等于 10.2 eV , **D 正确**。

技巧必背

光电效应有关图像问题的三个“关键”

- (1) 明确图像的种类。
- (2) 弄清图像的纵轴、横轴截距的物理意义。
- (3) 选准光电效应的有关方程。

10. C 必刷知识 ▶ 黑体辐射+光电效应

【深度解析】如题图甲所示, 由黑体的辐射强度与辐射光波长的关系可知, 随着温度的升高, 辐射强度的极大值向波长较短方向移动, **A 错误**; 如题图乙所示, 发生光电效应时, 入射光频率越大, 光电子的最大初动能也就越大, **B 错误**; 根据光电效应方程有 $E_k = h\nu - W_0$, 得 $eU_c = h\nu - W_0$, 整理得 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e}$, 如题图丙所示, 金属的遏止电压 U_c 与入射光的频率 ν 的图像中, 图线的斜率为 $\frac{h}{e}$, 纵轴截距为 $-\frac{W_0}{e}$, **C 正确**; 根据 $eU_c = E_{km} = h\nu - W_0$, 可知入射光的频率越高, 对应的遏止电压 U_c 越大。甲光、乙光的遏止电压相等, 所以甲光、乙光的频率相等; 丙光的遏止电压最大, 所以丙的频率最大, 则可判断甲、乙、丙光的频率关系为 $\nu_{\text{甲}} = \nu_{\text{乙}} < \nu_{\text{丙}}$, **D 错误**。

技巧必背

光电效应有关图像问题的三个“关键”

- (1) 明确图像的种类。
- (2) 弄清图像的纵轴、横轴截距的物理意义。
- (3) 选准光电效应的有关方程。

11. C 必刷考点 ▶ 原子物理+磁场

【深度解析】根据电荷数守恒、质量数守恒可得 X 的质量数为 $238 - 4 = 234$, 电荷数为 $92 - 2 = 90$, 核反应前 ${}_{92}^{238}\text{U}$ 核静止, 动量为零, 根据动量守恒定律, 反应前后动量守恒, 则 α 粒子和 X 粒子的动量大小相等, 方向相反, 由 $qvB = \frac{mv^2}{R}$ 得, $R = \frac{mv}{qB}$, 可得 α 粒子和 X 粒子的半径之比为电荷量的反比, 为 $45:1$, 则轨迹 1 为 X 粒子的运动轨迹, 由左手定则可判断出两个粒子的转动方向相同, 都为顺时针方向, **C 正确**, **A、B 错误**; 由 $E_k = \frac{p^2}{2m}$, 两粒子动量相等, 可得动能与质量成反比,

则 α 粒子、X 粒子的动能之比为 117:2, D 错误。

12. (1) $4_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2_1^0\text{e}$ (2) 见解析

必刷知识 ▶ 核聚变反应 + 利用质能方程计算核能

【深度解析】(1) 由质量数守恒和电荷数守恒可得核反应方程为 $4_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2_1^0\text{e}$ 。

(2) 50 亿年太阳辐射的总能量为 $\Delta E = P_0 t$,

根据 $\Delta E = \Delta mc^2$ 可知,

50 亿年太阳损失的总质量为

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

损失的总质量与太阳质量之比 $\frac{\Delta m}{M_0} \approx 0.03\%$

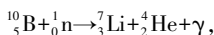
所以这种说法合理。

13. (1) ${}_{5}^{10}\text{B} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_3^7\text{Li} + {}_2^4\text{He} + \gamma$ $h \frac{c}{E_0}$

$$(2) \Delta mc^2 = \frac{\Delta mc^2 + 10E_1 - 7E_2}{4}$$

必刷知识 ▶ 核反应方程 + 利用质能方程计算核能

【深度解析】(1) 核反应方程为



根据 $E_0 = h \frac{c}{\lambda}$,

可得 γ 光子的波长 $\lambda = h \frac{c}{E_0}$ 。

(2) 由质能方程可知, 核反应中放出的能量

$$E = \Delta mc^2,$$

由能量关系可得

$$E = 7E_2 + 4E_3 - 10E_1,$$

$$\text{解得 } E_3 = \frac{\Delta mc^2 + 10E_1 - 7E_2}{4}。$$

14. (1) $\nu - \frac{eU_1}{h}$ (2) $\frac{4U_1 d^2}{r^2}$ (3) $i \cdot \sqrt{\frac{2mU_1(r^2 + 4d^2)}{er^2}}$

必刷知识 ▶ 动能定理 + 光电效应 + 电场加速和偏转 + 动量定理

【深度解析】(1) 根据动能定理有 $E_{\text{km}} = eU_1$,

根据光电效应方程有

$$E_{\text{km}} = h\nu - W_0, W_0 = h\nu_c, \text{解得 } \nu_c = \nu - \frac{eU_1}{h}。$$

(2) 假设光电子从 K 极板出来后, 最大初动能的速度平行 K 极板时, 光电子都能到达 A 极板, 则所有的光电子都能到达 A 极板, 有

$$E_{\text{km}} = eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2, v_0 t = r, a = \frac{eU_2}{md}, \frac{1}{2}at^2 = d, \text{解得 } U_2 = \frac{4U_1 d^2}{r^2}。$$

(3) 根据电流的定义有

$$i = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t},$$

解得 $n = \frac{it}{e}$,

光电子到达 A 极板时,有

$$eU_1 + eU_2 = \frac{1}{2}mv_1^2,$$

根据动量定理有 $Ft = nmv_1$,

则单位时间内 A 极板受到的冲量为

$$I_{\text{冲}} = i \cdot \sqrt{\frac{2m(U_1 + U_2)}{e}} = i \cdot \sqrt{\frac{2mU_1(r^2 + 4d^2)}{er^2}} \text{。}$$