



## 专题 16 原子物理答案

1. 【答案】A 由  $h\frac{c}{\lambda} = E_m - E_n$  可得:  $\lambda = \frac{hc}{E_m - E_n}$

而  $E_4 - E_3 = (-0.85\text{eV}) - (-1.51\text{eV}) = 0.66\text{eV}$ ,  $E_3 - E_2 = (-1.51\text{eV}) - (-3.40\text{eV}) = 1.89\text{eV}$ , 因

此  $\lambda_{43} > \lambda_{32}$ , A 选项正确; 电磁波的速度是光速, 是个定值, B 选项错误; 处于某能级时, 核外电子在对应的轨道附近出现的概率大, 处于不同能级时, 核外电子在各处出现的概率不同; 电子云形象地反映了电子出现在不同位置的概率情况, 处于不同能级时核外电子的电子云不同, 出现在各处的概率不同, C 选项错误; 从高能级向低能级跃迁时, 是氢原子向外辐射能量, 不是氢原子核向外辐射能量, D 选项错误。

2. 【答案】B  $\gamma$  射线是高频光子, A 选项错误; 氢原子辐射光子后, 运动半径减小, 由  $\frac{ke^2}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

可得:  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r}$ , 可见 B 选项正确; 太阳辐射能量的主要来源是太阳中发生的轻核聚变, C

选项错误;  ${}^{210}_{83}\text{Bi}$  的半衰期是 5 天, 10 天为两个半衰期, 100 克  ${}^{210}_{83}\text{Bi}$  经过一个半衰期还剩 50 克, 再经过一个半衰期还剩 25 克, D 选项错误。

3. 【答案】C  $\alpha$  粒子是  ${}^4_2\text{He}$ ,  $\beta$  粒子是  ${}^0_{-1}e$ , 因此发生一次  $\alpha$  衰变电荷数减少 2, 发生一次  $\beta$  衰变电荷数减增加 1。根据题意可得电荷数变化为:  $-2 \times 2 + 1 = -3$ , 所以新元素在元素周期表中的位置向前移动了 3 位, 选项 C 正确。

4. 【答案】B 由图可知, 到达两极板的粒子做类平抛运动, 到达 A 极板的粒子的竖直位移小于到达 B 极板的粒子的竖直位移, 粒子在竖直方向做匀速直线运动, 在水平方向做初速度为零的匀加速直线运动。设两极板间电压为  $U$ , 两极板间距离为  $d$ 。

在水平方向有:  $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \frac{Uq}{dm} t^2$  可得运动时间  $t = \sqrt{\frac{md^2}{Uq}}$ ; 在竖直方向有:  $y = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{md^2}{Uq}}$ 。

从小孔向外射出的  $\alpha$  射线的速度约为光速的十分之一,  $\beta$  射线的速度接近为光速;  $\alpha$  粒子的质量为

$6.6969 \times 10^{-27}\text{kg}$ ,  $\beta$  粒子的质量  $0.91 \times 10^{-30}\text{kg}$ ,  $\frac{6.6969 \times 10^{-27}}{0.91 \times 10^{-30}} = 7359$ , 即  $\alpha$  粒子的质量是

$\beta$  粒子质量七千多倍 (一个质子的质量是一个电子质量的 1836 倍, 有  $1836 \times 4 = 7344$ ),  $\alpha$  粒子

的电量为  $\beta$  粒子电量的二倍。于是有:  $\frac{y_\alpha}{y_\beta} = \frac{v_{0\alpha}}{v_{0\beta}} \sqrt{\frac{m_\alpha}{m_\beta}} \sqrt{\frac{q_\beta}{q_\alpha}} \approx \frac{1}{10} \sqrt{\frac{7000}{1}} \sqrt{\frac{1}{2}} \approx 6$  可见电子的竖

直位移小, 故到达 A 极板的是  $\beta$  射线, A 极板带正电, a 为电源的正极, 故 B 选项正确。

5. 【答案】B 根据动量守恒定律可知, 生成的钷核的动量与  $\alpha$  粒子的动量等大反向, 选项 B 正确;

根据  $E_k = \frac{p^2}{2m}$  可知，衰变后钍核的动能小于  $\alpha$  粒子的动能，选项 A 错误；铀核的半衰期等于一半数

量的铀核衰变需要的时间，而放出一个  $\alpha$  粒子所经历的时间是一个原子核衰变的时间，故两者不等，选项 C 错误；由于该反应放出能量，由质能方程可知，衰变后  $\alpha$  粒子与钍核的质量之和小于衰变前铀核的质量，选项 D 错误。

6. 【答案】A A.  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ ，属于聚变反应；B.  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ ，是卢瑟福发现质子的核反应，是人类第一次实现的原子核的人工转变，属于人工核反应；

C.  ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$ ，是小居里夫妇用  $\alpha$  粒子轰击铝片时发现放射性磷 30，属于人工核反应；

D.  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n}$ ，是铀核裂变，属于裂变反应。

7. 【答案】B 氘核聚变的质量亏损  $\Delta m = 2 \times 2.0136u - 3.0150u - 1.0087u = 0.0035u$

氘核聚变释放的核能为： $\Delta E = \Delta mc^2 = 0.0035 \times 931 = 3.2585\text{MeV} \approx 3.3\text{MeV}$

8. 【答案】BC  $\gamma$  射线是原子核反应中生成的新核从高能级向低能级跃迁放出的能量；遥感摄影是红外线应用之一； $a$  光比  $b$  光能量大， $E = h\nu$ ， $a$  光比  $b$  光的频率高，则折射率大，再由  $n = \frac{c}{v}$ ， $a$  光比  $b$  光速度小；电离吸收能量应大于等于氢原子从  $n = 2$  到  $n = \infty$  所需能量（电离能）。

9. 【答案】AC 麦克斯韦预言了电磁波的存在，赫兹通过实验证实了麦克斯韦的电磁理论，选项 A 正确；卢瑟福用  $\alpha$  粒子轰击  ${}^{14}_7\text{N}$ ，获得反冲核  ${}^{17}_8\text{O}$ ，发现了质子，选项 B 错误；贝克勒尔发现的天然放射性现象，说明原子核具有复杂结构，选项 C 正确；卢瑟福通过对  $\alpha$  粒子散射实验的研究，提出了原子的核式结构模型，选项 D 错误。

10. 【答案】BC 由图知  ${}^4_2\text{He}$  核的比结合能约为  $7\text{MeV}$ ，所以结合能约为  $4 \times 7 = 28\text{MeV}$ ，故 A 选项错误； ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核的比结合能大，所以  ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核更稳定，B 选项正确；两个  ${}^2_1\text{H}$  核结合成  ${}^4_2\text{He}$  核时，由图知  ${}^2_1\text{H}$  核的比结合能约为  $1\text{MeV}$ ， ${}^4_2\text{He}$  核的比结合能约为  $7\text{MeV}$ ，两个  ${}^2_1\text{H}$  核结合成  ${}^4_2\text{He}$  核时释放的能量为  $4 \times 7 - 2 \times 2 \times 1 = 24\text{MeV}$ ，C 选项正确；由图知  ${}^{235}_{92}\text{U}$  核中核子的平均结合能比  ${}^{89}_{36}\text{Kr}$  核中的小，所以 D 选项错误。

11. 【答案】ACD 爱因斯坦提出了光子假说，建立了光电效应方程，故 A 选项正确；康普顿效应表明光不仅具有能量，还具有动量，故 B 选项错误；玻尔的原子理论成功地解释了氢原子光谱的实验规律，故 C 选项正确；卢瑟福根据  $\alpha$  粒子散射实验提出了原子的核式结构模型，故 D 选项正确；



微观粒子的德布罗意波长为  $\lambda = \frac{h}{P}$ ，动量越大，其对应的波长就越短，故 E 选项错误。

12. 【答案】ABE 根据质量数和电荷数守恒可得核反应方程  $p + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}^*$ ，A 选项正确；核反应过程中库仑斥力和核力远远大于外力，故系统动量守恒，B 选项正确；裂变、聚变、衰变释放能量，人工核反应一般吸收能量，是原子能与其他形式能的相互转化，但核反应过程中系统的总能量守恒，C 选项错误；核反应前后质量数守恒，但质量会发生变化，D 选项错误；由动量守恒可知， $mv = 28mv'$ ，解得  $v' = \frac{1.0}{28} \times 10^7 \text{ m/s}$ ，故数量级约为  $10^5 \text{ m/s}$ ，故 E 选项正确。

13. 【答案】0.31eV，10

【解析】频率最大的光子能量为  $-0.96 E_1$ ，即  $E_n - (-13.6\text{eV}) = -0.96 \times (-13.6\text{eV})$ ，解得  $E_n = -0.54\text{eV}$ ，即  $n = 5$ ，从  $n = 5$  能级开始，共有  $5 \rightarrow 1$ ， $5 \rightarrow 2$ ， $5 \rightarrow 3$ ， $5 \rightarrow 4$ ， $4 \rightarrow 1$ ， $4 \rightarrow 2$ ， $4 \rightarrow 3$ ， $3 \rightarrow 1$ ， $3 \rightarrow 2$ ， $2 \rightarrow 1$ ，10 种不同频率的光子。频率最小的光子是从  $n = 5$  跃迁到  $n = 4$ ，即频率最小的光子的能量为  $E_{\min} = (-0.54\text{eV}) - (-0.85\text{eV}) = 0.31\text{eV}$

14. 【答案】 $\Delta E_k = (M - m_1 - m_2)c^2$ ， $\frac{M}{M - m_2}(M - m_1 - m_2)c^2$

【解析】反应后由于存在质量亏损，所以反应前后总动能之差等于质量亏损而释放出的能量，

故根据爱因斯坦质能方程可得  $\frac{1}{2}m_2v_\alpha^2 - \frac{1}{2}Mv_X^2 = (M - m_1 - m_2)c^2$  ①

反应过程中三个粒子组成的系统动量守恒，故有  $Mv_X = m_2v_\alpha$  ②

联立①②可得  $\frac{1}{2}m_2v_\alpha^2 = \frac{M}{M - m_2}(M - m_1 - m_2)c^2$

15. 【答案】 ${}_{90}^{230}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{88}^{226}\text{Ra}$   $r = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2qU}{m} + v_0^2}$   $t = \frac{m\theta}{qB}$

【解析】(1) 钍核衰变方程  ${}_{90}^{230}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{88}^{226}\text{Ra}$ ；(2) 设粒子离开电场时速度为  $v$ ，对加速过程

有  $qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，在圆形磁场区域离子做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，有  $qvB = m \frac{v^2}{r}$

解得轨迹半径  $r = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2qU}{m} + v_0^2}$ ；(3) 由题离子从磁场边界上的点 G 穿出，离子运动轨迹的圆

心  $O'$  必在过 E 点垂直于 EF 的直线上，且在 EG 的垂直平分线上，如图。设  $\gamma = \angle GO'E$ ，由几何

关系得： $\gamma = \theta$ ，周期  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ ， $\frac{t}{T} = \frac{\gamma}{2\pi}$ ，解得： $t = \frac{\gamma}{2\pi} T = \frac{\theta}{2\pi} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{m\theta}{qB}$ 。

