

## 『专题 16 近代物理』

### 考点 62 光电效应 波粒二象性

1. C 【解析】电子无论是表现出波动性还是表现出粒子性,都与经典的波和经典的粒子不同,没有确定的轨迹,不遵循牛顿运动定律,大量电子表现为波动性,是一种概率波,牛顿运动定律不适用,不能用确定的坐标描述它们在原子中的位置,其空间分布的概率遵循波动规律,C 正确,A、B、D 错误.

2. B 【解析】根据光电效应方程可得电子的最大初动能为  $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$ ,根据动能定理可得  $-eU_c = 0 - E_{\text{km}}$ ,联立可得  $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e}$ ,可知遏止电压与入射光的频率不成正比关系, $U_c - \nu$  图像的斜率为  $\frac{h}{e} = \frac{b}{a}$ ,解得普朗克常量为  $h = \frac{eb}{a}$ , $U_c - \nu$  图像的纵轴截距为  $-\frac{W_0}{e} = -b$ ,解得金属的逸出功为  $W_0 = eb$ ,金属的截止频率为  $\nu_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{eb}{\frac{eb}{a}} = a$ ,故选 B.

3. C 【解析】根据动能定理得  $e|U_1| = \frac{1}{2}mv_{1\text{max}}^2$ ,  $e|U_2| = \frac{1}{2}mv_{2\text{max}}^2$ ,解得  $|U_1| : |U_2| = 4 : 1$ ,C 正确;根据光电效应方程及动能定理得  $e|U_1| = h\nu_1 - W_0$ ,  $e|U_2| = h\nu_2 - W_0$ ,解得  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{e|U_1| + W_0}{e|U_2| + W_0}$ ,由于金属材料的逸出功  $W_0$  不可能为 0,故频率比值不可能等于 4 : 1,A 错误;根据  $c = \lambda\nu$ ,得  $\frac{\lambda_{\text{甲}}}{\lambda_{\text{乙}}} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{e|U_2| + W_0}{e|U_1| + W_0}$ ,由于逸出功的值不确定,因此无法确定波长的比值,B 错误;由题图可知,乙的饱和光电流大于甲的饱和光电流(关键点:饱和光电流只与入射光的强度有关),则用乙光进行实验,达到饱和光电流时,单位时间内到达阳极的光电子数较多,D 错误.

4. D 【解析】P 光照射 K 极时电流表有示数,Q 光照射 K 极时电流表无示数,由此可知,Q 光的频率小于 P 光的频率,A 错误;由电路图可知,所加电压为反向电压,Q 光照射 K 极可能不发生光电效应,也可能发生光电效应,故 Q 光的频率可能大于金属电极 K 的截止频率,若能发生光电效应,则增大 Q 光的照射强度不能改变所产生光电子的初动能,故电流表的示数依然为零,B、C 错误;用 Q 光照射时,减小电源电压,电场力对光电子做功减小,若  $E_{k0} > qU$ ,则有光电子到达 A 极,此时电流表的示数不为零,D 正确.

5. 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,即使电压再大,电流也不增加,B 错误;不改变光束的颜色和电路,增大入射光束强度,相当于增大光子数目,因此移动的电子增加,电流表的示数会增大,C 正确;调换电源的极性(同时调

整电压表), 移动滑片  $P$ , 由于电场力对电子做负功, 故当电流表的示数为零时, 则有  $eU = \frac{1}{2}mv_k^2$ , 那么电压表的示数为遏止电压  $U_c$  的数值, D 正确.

### 考点 63 原子结构

**1. C** 【解析】玻尔的原子理论成功地解释了氢原子的分立光谱, 但不足之处是它保留了经典理论中的一些观点, 如电子轨道的概念, 还不能完全揭示微观粒子的运动规律, A、B 错误; 光电效应揭示了光的粒子性, C 正确; 电子束穿过铝箔后的衍射图样, 证实了电子的波动性, D 错误.

**2. D** 【解析】在  $\alpha$  粒子散射实验中, 绝大多数  $\alpha$  粒子穿过金箔后, 基本上仍沿原来的方向前进, 但有少数  $\alpha$  粒子发生了大角度偏转, 极少数偏转的角度甚至大于  $90^\circ$ , 所以显微镜放在 4 位置时, 相同时间内观察到屏上的闪光次数最多, 即  $\alpha$  粒子出现最多, D 正确.

**3. D** 【解析】氢原子的发射光谱是由氢原子核外电子的跃迁产生, 故 A 错误;  $H_\alpha$  谱线波长最长, 频率最小, 根据  $E = h\nu$  可知光子能量最小, 故 B 错误; 可见光的波长介于  $400 \sim 700 \text{ nm}$  之间, 由于不同颜色的光波长由长到短依次是“红、橙、黄、绿、青、蓝、紫”, 所以红光、橙光的波长较长, 应该靠近  $700 \text{ nm}$ , 蓝光、紫光的波长较短, 应该靠近  $400 \text{ nm}$ , 故  $H_\gamma$  谱线对应的不是可见光中的红光, 故 C 错误;

$$H_\beta \text{ 谱线对应的光子能量 } E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{486.1 \times 10^{-9}} \text{ J} \approx$$

$4.1 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 2.56 \text{ eV}$ , 大于金属钾的光电子逸出功  $2.25 \text{ eV}$ , 所以该金属钾可以发生光电效应, 故 D 正确.

**4. C** 【解析】一群处于  $n=4$  能级的氢原子向基态跃迁时, 能放出  $C_4^2 = 6$  种不同频率的光, A 错误; 若氢原子吸收能量为  $10.30 \text{ eV}$  的光子, 吸收光子后氢原子的能量为  $E = 10.3 \text{ eV} + E_1 = 10.3 \text{ eV} + (-13.6 \text{ eV}) = -3.3 \text{ eV}$ , 氢原子没有该能级, 所以不可使处于基态的氢原子跃迁到激发态, B 错误; 一群处于  $n=5$  能级的氢原子向基态跃迁时, 发出的光照射锌板, 其中只有从  $n=5$  能级跃迁到基态、从  $n=4$  能级跃迁到基态、从  $n=3$  能级跃到基态、从  $n=2$  能级跃迁到基态这 4 种不同频率的光子能量大于锌的逸出功, 故有 4 种不同频率的光能使锌板发生光电效应, C 正确, D 错误.

**5. D** 【解析】大量  $n=4$  能级的汞原子向低能级跃迁时只能发出  $C_4^2 = 6$  种频率的光, A 错误; 由  $\varepsilon = E_n - E_m$ ,  $\varepsilon = h\nu$ ,  $c = \lambda\nu$  可知, 光的能量越小, 光的波长越长, 结合能级图可知并不是从  $n=2$  能级跃迁到基态发出的光子的能量最小, 所以从  $n=2$  能级跃迁到基态发出的光子波长不是最长的, B 错误; 由  $\varepsilon = E_n - E_m$  可知, 从  $n=3$  能级跃迁到  $n=2$  能级发出的光子的能量为  $2.80 \text{ eV}$ , 小于金属钙的逸出功, 所以不能使金属钙发生光电效应, C 错误; 大量  $n=2$  能级跃迁发出的光子照射阴极时, 当滑片  $P$  向  $a$  端移动, 有  $O$  点的电势比  $a$  点的高, 所以这时加在光电管的电压为反向电压, 即

K 极接正极,所以有可能使得微安表的示数为 0,D 正确.

## 考点 64 原子核

1. **B** 【解析】 $\alpha$  射线、 $\beta$  射线不是电磁波, $\gamma$  射线是电磁波,A 错误;在  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  三种射线中, $\gamma$  射线的穿透能力最强,B 正确;放射性元素发生  $\beta$  衰变时,所释放的电子是原子核内的中子转化为质子时放出的电子,C 错误;氡的半衰期为 3.8 天,矿物中氡原子核经过 7.6 天后还有  $\frac{1}{4}$  的氡没有衰变,D 错误.
2. **D** 【解析】 $\alpha$  射线是高速运动的氦核,A 错误;根据题意可知,其核反应方程为  ${}_0^1\text{n}+{}_5^{10}\text{B}\rightarrow{}_3^7\text{Li}+{}_2^4\text{He}$ ,由题述情况可知该反应属于人工转变,B 错误;依题意可知,产生超热中子束的核反应方程是  ${}_1^1\text{H}+{}_4^9\text{Be}\rightarrow{}_5^9\text{B}+{}_0^1\text{n}$ ,超热中子束的来源之一是加速后的质子轰击铍产生的,则属于人工转变,C 错误,D 正确.
3. **B** 【解析】这种报警装置应用了  $\alpha$  射线电离能力强的特点,A 错误; $\alpha$  衰变释放出氦核,故核反应方程是  ${}_{95}^{241}\text{Am}\rightarrow{}_{93}^{237}\text{Np}+{}_2^4\text{He}$ ,B 正确;半衰期不因环境的温度而改变,C、D 错误.
4. **D** 【解析】根据  $\frac{m}{m_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ ,其中  $T=5\,730$  年,可得  $t=11\,460$  年,故选 D.
5. **A** 【解析】设经过  $x$  次  $\alpha$  衰变和  $y$  次  $\beta$  衰变,根据电荷守恒和质量数守恒,有  $238=206+4x$ , $92=82+2x-y$ ,解得  $x=8$ , $y=6$ ,A 正确; $\beta$  衰变所释放的电子是原子核内的一个中子转变成一个质子而释放出的电子形成的,B 错误;原子核的比结合能越大,原子核越稳定,所以铅原子核比铀原子核更稳定,C 错误;半衰期与外界因素无关,只由原子核内部因素决定,D 错误.
6. **A** 【解析】 $\beta$  衰变放出的  $\beta$  粒子是  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$  核内的一个中子转化为一个质子,同时放出一个  $\beta$  粒子,A 正确;由题意知,该核反应方程为  ${}_{55}^{137}\text{Cs}\rightarrow{}_{56}^{137}\text{Ba}+{}_1^0\text{e}$ , ${}_{55}^{137}\text{Cs}$  含有  $(137-55)$  个  $=82$  个中子, ${}_{56}^{137}\text{Ba}$  含有  $(137-56)$  个  $=81$  个中子,所以  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$  比新核 X 多一个中子,B 错误;比结合能越大,原子核越稳定,所以  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$  的比结合能小于新核 X 的比结合能,C 错误;半衰期由原子核的内部结构决定,与所处的物理、化学环境无关,D 错误.
7. **A** 【解析】原子核是核子凭借核力结合在一起构成的,要把它们分开,需要吸收能量,这就是原子核的结合能,这个能量也是核子结合成原子核而释放的能量,A 正确;要把原子核分开,需要的能量越多原子核的结合能越大,不是比结合能,B 错误;核子结合成原子核时,原子核比结合能越大,平均每个核子的质量亏损越大,则原子核的核子平均质量就越小,由图 2 可知,两个氘核结合成一个氦核比结合能增大,核子有质量亏损,会放出能量,C、D 错误.
8. **ABD** 【解析】衰变产生的  ${}_{92}^{235}\text{U}$  和  $\alpha$  粒子电性相同、速度方向相反,故两粒子在同一匀强磁场中外切,A 正确;由于衰变时放出核能,比结合能增大,所以  ${}_{92}^{235}\text{U}$  的比结合能大于  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  的比结合能,B 正确;由能量守恒知  $E=E_{\text{总}}+E_{\gamma}$ ,由爱因斯坦质能方程知  $E=$

$(m_{\text{Pu}} - m_{\text{U}} - m_{\alpha})c^2$ , 解得  $E_{\text{k总}} = (m_{\text{Pu}} - m_{\text{U}} - m_{\alpha})c^2 - E_{\gamma} > E_{\text{kU}}$ , C 错误; 根据动量守恒定律得  $0 = m_{\text{U}}v_{\text{U}} + m_{\alpha}v_{\alpha}$ ,  $E_{\text{k总}} = E_{\text{kU}} + E_{\text{k}\alpha} = \frac{1}{2}m_{\text{U}}v_{\text{U}}^2 + \frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2$ , 联立可得  $E_{\text{k}\alpha} = \frac{m_{\text{U}}}{m_{\text{U}} + m_{\alpha}}[(m_{\text{Pu}} - m_{\text{U}} - m_{\alpha})c^2 - E_{\gamma}]$ , D 正确.

9. AD 【解析】根据轨迹图知,  $^{14}_6\text{C}$  核衰变位置在两圆的切点位置, 根据动量守恒定律知, 衰变后生成的两个新核的速度方向相反, 由于两圆周外切, 根据左手定则知, 生成的两个新核均带正电, 即发生的是  $\alpha$  衰变, 放出了  $\alpha$  粒子, 根据质量数与电荷数守恒可知, 衰变方程为  $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{10}_4\text{Be} + ^4_2\text{He}$ , A 正确, B 错误; 两种新粒子在磁场中做圆周运动均沿逆时针旋转, 即两种新粒子在磁场中做圆周运动的绕向相同, C 错误; 根据牛顿第二定律得  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ , 解得  $R = \frac{mv}{qB}$ , 根据动量守恒定律知, 总动量为 0, 衰变后两新核的动量大小相等, 则  $\frac{R_{\text{大圆}}}{R_{\text{小圆}}} = \frac{q_{\text{小圆}}}{q_{\text{大圆}}} = \frac{4}{2} = 2$ , 即大圆的半径是小圆的半径的 2 倍, D 正确.

10. D 【解析】由题意可知, 该单色光的频率大于金属板 K 的极限频率  $\nu_0$ , 则单色光的光子能量大于  $h\nu_0$ , A 错误; 发生光电效应发射出的光电子所具有的速度不一定相等, 则光电子的动量不一定相等, 根据物质波的波长公式  $\lambda = \frac{h}{p}$  知, 光电子物质波的波长不一定相等, B 错误; 只要光电子的频率大于金属 K 的极限频率就能发生光电效应, 与光照强度无关, C 错误; 设逸出的光电子最大初动能为  $E_k$ , 设电容器内电场强度为  $E$ , 极板的间距为  $d$ , 则有  $E_k = eEd$ , 根据  $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$ ,  $U = \frac{Q}{C}$ ,  $E = \frac{U}{d}$ , 联立解得  $E = \frac{4\pi kQ}{\varepsilon S}$ , 仅将电容器右极板右移一小段距离, 极板间电场强度不变, 极板的距离变大, 则  $E_k < eEd'$ , 故仍无电子到达右极板, D 正确.