

$T_2 \rightarrow T_3$ 降温过程中, 气体发生等容变化, 外界对气体做功 $W_2 = 0$,

活塞缓慢下降时, 受力平衡, 有 $p_0 S = f_0 + p_3 S$,

解得封闭的理想气体压强 $p_3 = \frac{20}{21} p_0$,

$T_3 \rightarrow T_4$ 降温过程中, 理想气体等压压缩, 由盖-吕萨克定律

$$\frac{h_2 S}{T_3} = \frac{h_4 S}{T_4},$$

$$\text{解得 } h_4 = \frac{11}{10} h_1,$$

$$\text{外界对气体做功 } W_3 = p_3 (h_2 - h_4) S = \frac{2p_0 h_1 S}{9},$$

$$\text{全程外界对气体做功 } W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{-8p_0 h_1 S}{63},$$

因为 $T_1 = T_4$, 故封闭的理想气体总内能变化 $\Delta U = 0$,

由热力学第一定律得 $\Delta U = W + Q$,

$$\text{解得 } Q = \frac{8p_0 h_1 S}{63},$$

$$\text{故封闭气体吸收的净热量 } Q = \frac{8p_0 h_1 S}{63}.$$

刷原创

1. AD 【解析】 $a \rightarrow b$ 过程中, 气体体积不变, 压强增大, 根据查理定律可知, 气体温度升高, 内能增加, 根据热力学第一定律可知, 气体吸热, 故 **A 正确**. $b \rightarrow c$ 过程, 根据理想气体状态方

程可得 $\frac{p_2 V_1}{T_2} = \frac{p_1 V_2}{T_3}$, 可知 $\frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2 V_1}{p_1 V_2}$, 故 **B 错误**. $b \rightarrow c$ 过程是绝热过程, 气体不吸热也不放热, 即 $Q = 0$, 气体的体积增大, 对外界做正功, 即 $W < 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可知, 内能减少, 气体的温度降低, 故 **C 错误, D 正确**.

$$2. (1) \frac{p_0 + \rho g h_2}{p_0 + \rho g h_1} T_1 \quad (2) \frac{p_0 + 2\rho g h_1}{2p_0 + 2\rho g h_1} T_1$$

【解析】(1) 设待测系统温度为 T_1 时, B 内气体的压强为 p_1 , 根据平衡条件得 $p_0 + \rho g h_1 = p_1$,

设待测系统温度为 T_2 时, B 内气体的压强为 p_2 , 根据平衡条件得 $p_0 + \rho g h_2 = p_2$,

B 内气体的体积保持不变, 根据查理定律可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$,

$$\text{联立解得 } T_2 = \frac{p_0 + \rho g h_2}{p_0 + \rho g h_1} T_1.$$

(2) 设当外界压强为 $\frac{p_0}{2}$ 时, 此时 B 内的气体压强为 p'_1 ,

根据平衡条件得 $\frac{p_0}{2} + \rho g h_1 = p'_1$,

B 内气体的体积保持不变, 根据查理定律可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p'_1}{T'_1}$,

$$\text{联立解得 } T'_1 = \frac{p_0 + 2\rho g h_1}{2p_0 + 2\rho g h_1} T_1.$$

第四章 原子结构和波粒二象性

第 1 节 普朗克黑体辐射理论

刷基础

1. D 【解析】能量子假说认为, 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“能量子”, **A、B 正确, D 错误**; 能量子的能量 $\varepsilon = h\nu$, 其中 ν 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**.

2. 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**.

3. 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**.

4. C

思路导引 根据普朗克的假设, 物体辐射电磁波是一份一份的, 每一份能量为 $\varepsilon = h\nu$. 显然, 如果辐射 n 个能量子, 那么辐射的总能量为 $n h\nu$. 灯向周围辐射的能量是均匀的, 在以电灯为球心的任意一个球面上相同时间内通过的能量子的数量相同.

【解析】在距电灯 10 m 远处, 以电灯为球心的球面上, 1 m^2 的面积每秒通过的光子的能量为 $E = \frac{PtS}{4\pi R^2}$, 一个光子的能量为

→ **关键点:** 光子的传播为一簇球面

$$\varepsilon = h \frac{c}{\lambda}, 1 \text{ m}^2 \text{ 的面积每秒通过的光子 (能量子) 数约为 } n =$$

$$\frac{E}{\varepsilon} = \frac{PtS\lambda}{4\pi R^2 hc} \approx 2 \times 10^{17}. \text{ 故选 C.}$$

$$5. (1) 2.36 \times 10^{31} (\text{个}) \quad (2) 9.44 \times 10^{23} (\text{个}) \quad 1.0 \times 10^{-3} \text{ W}$$

【解析】(1) 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 $N\varepsilon = Pt$,

$$\text{解得 } N = \frac{Pt\lambda}{hc} = \frac{25\,000\text{ W} \times 1\text{ s} \times 187.5\text{ m}}{6.63 \times 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8\text{ m/s}} \approx 2.36 \times 10^{31} (\text{个}).$$

(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 $S' = \frac{1}{4}\pi d^2$,

关键点: 有效面积为球状天线的横截面积

设球状天线每秒接收的能量子数为 n , 则有 $n = N \cdot \frac{S'}{S} = N \cdot \frac{d^2}{16R^2} = 9.44 \times 10^{23} (\text{个})$,

设球状天线的接收功率为 P' , 有 $P't = n\varepsilon$,

解得 $P' = 1.0 \times 10^{-3}\text{ W}$.

第2节 光电效应

刷基础

1. D 【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 错误**; 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, 其与人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**; 根据光电效应的发生条件可知, 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. D 【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, 因此移动的光电子数增多, 电流表示数会增大, **C 错误**; 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 $E_{k\max} = eU_c = 1\text{ eV}$, **A 错误**; K 极

突破点: 光电子逸出后恰好不能到达 A 极

材料的逸出功为 $W_0 = h\nu - E_{k\max} = 1.82\text{ eV}$, **B 错误**; 电流表有示数, 说明两极电压小于遏止电压, 即电压表示数小于 1 V , **C 错误**; 仅将电源正负极对调, 则两极间电场对光电子的运动有促进作用, 电流表示数增大, 一定大于 $30\text{ }\mu\text{A}$, **D 正确**.

4. D 【解析】用频率为 ν_1 的光照射时, 光电子在电场中做减速运动, 根据动能定理得 $-eU_1 = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 可得光电子的最大初速度

$$v = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}, \text{ 故 } \mathbf{A \text{ 正确}}; \text{ 根据爱因斯坦光电效应方程有 } h\nu_1 = eU_1 +$$

$W_0, h\nu_2 = eU_2 + W_0$, 可得阴极 K 金属的逸出功 $W_0 = h\nu_1 - eU_1$, 普朗克常量 $h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$, 故 **B 正确, D 错误**; 阴极 K 金属的极限频

率 $\nu_c = \frac{W_0}{h} = \frac{U_1\nu_2 - U_2\nu_1}{U_1 - U_2}$, 故 **C 正确**. 本题选不正确的, 故选 **D**.

5. B 【解析】根据光电效应方程有 $E_{k0} = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 根据动能定理有 $E_{k\max} = Ue + E_{k0}$, 可得 $E_{k\max} = Ue + h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 结合图像可知, 斜率 $k = e$, 即题图乙中图线 a 、 b 的斜率均表示电子电荷量的大小, 纵截距 $b = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 因为 b 光的纵截距较大, 可知 b 光频率较大, 波长较小, 根据 $\Delta x = \frac{1}{d}\lambda$, 可知用同一装置做双缝干涉实验, b 光的条纹间距较小, **A 错误, B 正确**; 由图像可知 $E_0 = h\nu_a - W_{\text{逸出功}}, 2E_0 = h\nu_b - W_{\text{逸出功}}$, 可知单色光 a 、 b 的频率之比不等于 $1:2$, **C 错误**; 题图甲中电源电压及滑动变阻器滑片位置不变, 若部分光线被遮挡, 即光照强度减小, 单位时间逸出的光电子数目减小, 则放大器的电流将减小, **D 错误**.

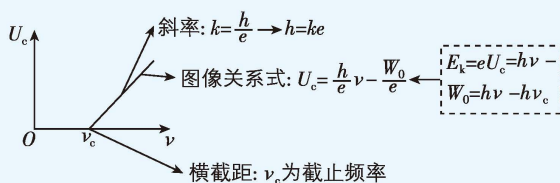
关键点拨 解答本题时应明确两个决定关系

- (1) 逸出功 W_0 一定时, 入射光的频率决定着能否发生光电效应以及光电子的最大初动能;
- (2) 入射光的频率一定时, 入射光的强度决定着单位时间内逸出的光电子数.

6. C

题图剖析

$U_c - \nu$ 图像的分析如图所示.



【解析】根据光电效应方程有 $E_{k\max 1} = h\nu - W_1, E_{k\max 2} = h\nu - W_2$, 根据动能定理有 $eU_{c1} = E_{k\max 1}, eU_{c2} = E_{k\max 2}$, 可得图像的函数关系式为 $U_{c1} = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_1}{e}, U_{c2} = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_2}{e}$, 结合图像可知, $W_1 < W_2$,

关键点: 找到图像对应的函数关系式

故 **A 错误**; 当遏止电压为 0 时, 结合前面分析解得 $W_1 = h\nu_1, W_2 = h\nu_2$, 故 **B 错误**; 根据图像可知, $U_0 = \frac{h}{e}\nu_2 - \frac{W_1}{e}$, 结合前面

分析解得 $h = \frac{eU_0}{\nu_2 - \nu_1}$, 故 **C 正确, D 错误**.

- 7. C** 【解析】散射后, 光子的部分能量转移给了电子, 则射线的频率变小, 光子的能量也变小, **A 错误**; 光子与电子碰撞时, 动量守恒, 能量守恒, **B 错误**; 由 $p = \frac{h}{\lambda}$, $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$, 得 $E = pc$, 可知若两个光子的动量相等, 则能量也相等, **C 正确**; 康普顿效应揭示了光的粒子性, 并没有否定光是电磁波, **D 错误**.

教材变式 本题目由教材 P76 图 4.2-6 演变而来. 教材展示了光子与电子碰撞后波长变长的情况, 本题延伸考查了两个光子动量相等时的能量关系.

关键点拨 对康普顿效应的三点认识

- (1) 光电效应应用于电子吸收光子的问题; 而康普顿效应应用于讨论光子与电子碰撞且没有被电子吸收的问题.
- (2) 假定 X 射线与电子发生弹性碰撞. 光子和电子碰撞时, 光子有一部分能量转移给电子, 散射光子的能量减少, 于是散射后光子的波长大于入射光子的波长.
- (3) 康普顿效应进一步揭示了光的粒子性, 也再次证明了爱因斯坦光子说的正确性.

- 8. D** 【解析】显微镜的分辨距离与使用光源(光子或电子)的波长成正比, 则 $0.2 \mu\text{m} = k \cdot 600 \text{ nm}$, $2 \text{ nm} = k\lambda$, 解得 $\lambda = 6 \text{ nm}$, 故 **A、B 错误**; 根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ (见第 5 节) 可得, $p = \frac{\lambda'}{\lambda} p' = \frac{600}{6} \times 1.1 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.1 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 故 **C 错误, D 正确**.

- 9. D** 【解析】康普顿效应揭示了光具有粒子性, 故 **A 错误**; 光既有波动性又有粒子性, 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, 故 **B 错误**; 根据动能与动量的关系 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 可知, 动能相等的电子和质子, 电子的动量小, 根据波长公式 $\lambda = \frac{h}{p}$ (见第 5 节) 可知, 电子的波长长, 故 **C 错误**; 光电效应揭示了光具有粒子性, 由 $\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ 可知, 光的波长越短, 则频率越高, 光子能量越大, 其粒子性越显著, 故 **D 正确**.

刷易错

★易错点 对光电效应规律理解不到位

- 10. D** 【解析】对同一种频率的入射光, 根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 和 $eU_c = E_k$, 可知, 若逸出功不同, 则遏止电压不同, 故 **A 正确**; 光的频率相同, 光强可能相同, 所以单位时间逸出的光电子数可能相同, 饱和光电流可能相同, 故

关键点: 饱和光电流与光照强度有关

B 正确; 根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$, 若照射光频率相同, 逸出功不同, 则光电子的最大初动能不同, 故 **C**

正确; 由前面分析可知 $U_c = \frac{h\nu}{e} - \frac{W_0}{e}$, 可知 $U_c - \nu$ 图像的斜率等于 $\frac{h}{e}$, 为定值, 故 **D 错误**. 故 **D** 符合题意.

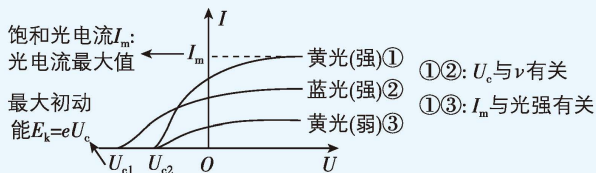
易错分析 本题易误认为 $U_c - \nu$ 图像的斜率可能不同. 解答此类问题的关键是根据相关物理规律或公式, 找出与 $U_c - \nu$ 图像对应的函数关系式. 对比图像分析斜率对应的物理意义, 仅凭主观猜测可能会得出错误的结论.

刷提升

1. C

题图剖析

$I-U$ 图像的分析如图所示.



- 【解析】** 根据爱因斯坦光电效应方程得 $E_k = h\nu - W_0$, 根据遏止电压和最大初动能的关系 $eU_c = E_k$, 联立可得 $U_c = \frac{h\nu - W_0}{e}$, 由于乙光的频率大于甲光的频率, 可知乙光对应的遏止电压大于甲光对应的遏止电压. 由于甲光和乙光的功率相同, 即在单位时间单位面积上甲光的能量等于乙光的能量, 设甲光的光子个数为 n_1 , 乙光的光子个数为 n_2 , 有 $n_1 h\nu_1 = n_2 h\nu_2$, 由于 $\nu_1 < \nu_2$, 故 $n_1 > n_2$. 由于光子和光电子是一一对应的关系, 所以甲光照射光电管单位时间内产生的光电子个数大于乙光照射光电管单位时间内产生的光电子个数, 故甲光对应的饱和光电流大于乙光对应的饱和光电流. 满足此特征的只有 **C**. 故 **C 正确**.

- 2. B** 【解析】该单色光的光子能量为 $h\nu$, **A 错误**; 根据电流定义式可知 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t}$, 则在 Δt 时间内阴极 K 逸出的光电子数为 $n = \frac{I\Delta t}{e}$, **B 正确**; 每个单色光的光子动量大小为 $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$,

C 错误; 根据动能定理, 光电子到达阳极时有 $Ue = \frac{1}{2}mv^2 - (h\nu - h\nu_0)$, 解得 $v = \sqrt{\frac{2(eU + h\nu - h\nu_0)}{m}}$, **D 错误**.

易错点: 注意 K 接电源负极

- 3. D** 【解析】电路中要产生电流, 则 a 端接电源的正极, 使逸出的光电子在光电管中加速, 放大器的作用是将光电管中产生的电流放大后, 使铁芯磁化, 将衔铁吸住, 故 **A 错误**; 能否发生光电效应取决于入射光的频率, 黄光照射时未发生光电效应, 说明黄光频率低于光电管阴极材料的截止频率, 即便增大黄光强度, 也不会发生光电效应, 电路中不会有光电流, 故 **B 错误**; 光电子的最大初动能与入射光频率有关, 增大蓝光照射强度, 即增加单位时间逸出的光子数, 但蓝光频率不

高中必刷题 物理

变,所以光电子的最大初动能不变,故 **C 错误**;将电源正负极对调,可以减小电路中的电流,当电源电压小于光电管的遏止电压时,电路中有电流,当电源电压大于光电管的遏止电压时,电路中没有电流,故若将电源正负极对调,电路中可能没有电流,故 **D 正确**。

刷素养

- 4. A** 【解析】由爱因斯坦光电效应方程有 $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$,由动能定理有 $E_{\text{km}} = eU_c$,联立可得 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e}$,可知 $U_c = 0$ 时对应的光的频率为极限频率 ν_0 ,结合题图丙有 $\frac{U_{c1}}{\nu_1 - \nu_0} = \frac{U_{c1} - U_{c2}}{\nu_1 - \nu_2}$,解得 $\nu_0 = \frac{\nu_2 U_{c1} - \nu_1 U_{c2}}{U_{c1} - U_{c2}}$,**A 错误**;由 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e}$ 可知遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 之间的关系图像的斜率为 $\frac{h}{e}$,结合图像可得 $h = \frac{e(U_{c2} - U_{c1})}{\nu_2 - \nu_1}$,**B 正确**;题图甲中光源发出的光频率为 ν_1 ,其在题图丙中对应的遏止电压为 U_{c1} ,则光电子的最大初动能为 eU_{c1} ,**C 正确**;在入射光频率不变条件下,光束越强,相同时间内相同烟雾浓度下散射到光电管上的光子数越多,产生的光电流越强,越容易触发报警系统报警,即光电烟雾探测器的灵敏度越高,**D 正确**。本题选说法错误的,故选 A。

第3节 原子的核式结构模型

刷基础

- 1. D** 【解析】汤姆孙根据阴极射线在电场和磁场中的偏转情况判断出阴极射线本质上是带负电的粒子流,并求出了比荷,从而发现了电子,故 **A、B 错误**;电子质量是质子质量的 $\frac{1}{1836}$,故 **C 错误**;汤姆孙发现用不同材料的阴极做实验研究阴极射线时均发出同一种粒子——电子,这就说明电子是比原子更基本的物质单元,而对光电效应等现象的研究更加验证了这一点,故 **D 正确**。
- 2. B** 【解析】若加一沿 z 轴正方向的磁场,根据左手定则,电子所受洛伦兹力方向沿 y 轴正方向,则亮线不会向 z 轴正方向偏移,故 **A 错误**;若加一沿 y 轴负方向的磁场,根据左手定则,电子所受洛伦兹力方向沿 z 轴正方向,则亮线向 z 轴正方向偏移,故 **B 正确**;若加一沿 z 轴正方向的电场,电子受沿 z 轴负方向的电场力作用,则亮线向 z 轴负方向偏移,故 **C 错误**;若加一沿 y 轴负方向的电场,电子受沿 y 轴正方向的电场力作用,则亮线不会向 z 轴正方向偏移,故 **D 错误**。

$$3. (1) \frac{U}{Bb} \quad (2) \frac{e}{m} = \frac{2dU}{B^2 b L_1 (L_1 + 2L_2)}$$

【解析】(1) 电子在正交的匀强电场和匀强磁场中做匀速直线运动,有 $Bev = Ee = \frac{U}{b}e$,

解得 $v = \frac{U}{Bb}$,即打在荧光屏 O 点的电子速度的大小为 $\frac{U}{Bb}$ 。

(2) P 与 P' 之间只有偏转电场时,设电子的加速度为 a ,运动时间为 t ,电子离开偏转电场的偏移量为 y ,速度偏转角为 θ ,根据运动学公式有 $y = \frac{1}{2}at^2$,

根据牛顿第二定律有 $a = \frac{eU}{mb}$,

运动的时间 $t = \frac{L_1}{v}$,

解得 $y = \frac{eUL_1^2}{2mbv^2}$,

由几何关系得 $\frac{y}{d} = \frac{\frac{1}{2}L_1}{\frac{1}{2}L_1 + L_2}$,可得 $\frac{e}{m} = \frac{2dU}{B^2 b L_1 (L_1 + 2L_2)}$ 。

关键点: 电子在偏转电场中做类平抛运动,速度反向延长线过水平位移中点。

教材变式 本题目由教材 P83 第 3 题演变而来。教材考查了电子的比荷,本题延伸考查了打在荧光屏 O 点的电子速度的大小。

方法总结 测量带电粒子比荷的三种常见方法

(1) 利用磁偏转测比荷: 由 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ 可得 $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$,只需知道磁感应强度 B 、带电粒子的速度 v 和偏转半径 R 即可测得粒子的比荷。

(2) 利用电偏转测比荷: 偏转量 $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU}{md} \cdot \left(\frac{L}{v}\right)^2$,可得 $\frac{q}{m} = \frac{2ydv^2}{UL^2}$,在偏转电场 U 、 d 、 L 已知时,只需测量 v 和 y 即可测得粒子的比荷。

(3) 利用加速电场测比荷: 由动能定理 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 可得 $\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2U}$,在加速电场 U 已知时,只需测出 v 即可测得粒子的比荷。

- 4. C** 【解析】汤姆孙认为原子是一个球体,正电荷弥漫性地均匀分布在整個球体内,电子镶嵌其中,卢瑟福设计了 α 粒子散射实验,证明原子中带正电的那部分物质占原子质量的绝大部分,而且集中在很小的空间范围,从而证明汤姆孙的“枣糕模型”是错误的,故 **A、D 错误, C 正确**; α 粒子散射实验中,大多数 α 粒子穿过金箔后,其运动方向没有受到较大的影响,故 **B 错误**。

- 5. B** 【解析】根据 α 粒子散射实验现象,绝大多数粒子通过金箔后方向不变,少数粒子方向发生了大角度偏转,极少数偏转超过 90° ,甚至有的被反向弹回,可知荧光屏在 B 位置的亮斑比 A 位置少,荧光屏在 C 位置的亮斑比 A 、 B 位置少,选项 **A、C 错误**;该实验说明原子的正电荷和绝大部分质量集中在一个很小的核上,而不是质量分布均匀,选项 **B 正确, D 错误**。

6. A 【解析】 α 粒子穿透能力弱,若在空气中会被吸收,无法到达荧光屏,因此实验需在真空中进行,故 **A 正确**; α 粒子质量约为电子质量的 7 300 倍,碰撞时电子对其速度影响可忽略,故 **B 错误**;绝大多数 α 粒子未偏转是因为正电体很小,当 α 粒子进入原子区域后,大部分离正电体很远,受到的库仑斥力很小,而非由于原子是电中性的,故 **C 错误**;大角度偏转由正电体对 α 粒子的库仑斥力引起,而非由于受到撞击而反弹,故 **D 错误**.

7. D 【解析】电子质量很小, α 粒子与电子碰撞,运动方向几乎不改变,选项 **A 错误**;绝大多数 α 粒子运动方向不发生改变,少数发生了大角度偏转,选项 **B 错误**;该实验为卢瑟福的原子的核式结构理论奠定了基础,从而否定了汤姆孙的“枣糕模型”,选项 **C 错误**;该实验说明原子具有核式结构,正电荷集中在原子核上,选项 **D 正确**.

8. C 【解析】根据卢瑟福提出的原子的核式结构模型可知,原子核集中了原子的全部正电荷,即原子核外的电场分布与正点电荷的电场类似. 做曲线运动的物体合力方向指向运动轨迹的凹侧,根据 α 粒子从 A 运动到 B 的运动轨迹,可知静电力做负功, α 粒子的动能减小,电势能增大,从 B 运动到 C,静电力做正功, α 粒子的动能增大,电势能减小, A、C 在同一条等势线上,则静电力做的总功等于 0,故 **A、B 错误, C 正确**;离原子核越近的位置场强越大,则 A、B、C 三点的电场强度大小的关系 $E_A = E_C < E_B$,场强越大,则 α 粒子所受电场力越大, α 粒子加速度越大,故 α 粒子的加速度先变大后变小,故 **D 错误**.

突破点: 类比点电荷电场规律

迹的凹侧,根据 α 粒子从 A 运动到 B 的运动轨迹,可知静电力做负功, α 粒子的动能减小,电势能增大,从 B 运动到 C,静电力做正功, α 粒子的动能增大,电势能减小, A、C 在同一条等势线上,则静电力做的总功等于 0,故 **A、B 错误, C 正确**;离原子核越近的位置场强越大,则 A、B、C 三点的电场强度大小的关系 $E_A = E_C < E_B$,场强越大,则 α 粒子所受电场力越大, α 粒子加速度越大,故 α 粒子的加速度先变大后变小,故 **D 错误**.

关键点拨 解决有关 α 粒子散射问题的四点提醒

- (1) 核外电子不会使 α 粒子的速度发生明显改变.
- (2) 汤姆孙模型不能解释 α 粒子的大角度散射.
- (3) 少数 α 粒子发生了大角度偏转,甚至反弹回来,表明这些 α 粒子在原子中的某个地方受到了质量、电荷量均比它本身大得多的物质的作用.
- (4) 绝大多数 α 粒子在穿过“厚厚”的金原子层时运动方向没有明显变化,说明原子中绝大部分是空的. 占原子质量绝大部分的带正电的物质都集中在体积很小的核上.

9. C 【解析】重原子核带正电,根据正点电荷的电势分布可知,在离原子核越远的位置,其电势越低,所以在重核周围产生的电场中, Q 点的电势比 M 点的低, **B 错误**;三点中 N 点离 O 点最近,电势最高,所以 α 粒子在 N 点电势能最大, **C 正确**;若 α 粒子从 M 点运动到 Q 点,有 $W_{MQ} = qU_{MQ} = q(\varphi_M - \varphi_Q)$,由于 Q 点的电势比 M 点的低,即 $U_{MQ} > 0$,则电场力对它做的总功为正功,所以 α 粒子的动能增大,则 α 粒子在 M 点的速率比在 Q 点的小, **A、D 错误**.

刷易错

★易错点 对 α 粒子散射实验理解不准确而出错

10. A 【解析】卢瑟福通过 α 粒子散射实验提出了原子的核式结

构模型,正电荷全都集中在原子核内, α 粒子带正电,根据同种电荷相互排斥,结合 α 粒子做曲线运动,合外力的方向应指向运动轨迹的凹侧,可知①区域符合题意,故 **A 正确**.

突破点: α 粒子受到库仑斥力作用,且库仑斥力指向轨迹凹侧

易错分析 本题可能会由于对 α 粒子散射实验现象只凭表象识记,不理解 α 粒子散射的真正原因而出错.

第 4 节 氢原子光谱和玻尔的原子模型

刷基础

1. D 【解析】太阳光谱是吸收光谱,白炽灯光谱是连续光谱,故 **A 错误**;月光是月球反射的太阳光,分析月光实际上就是在分析太阳光,因此无法通过分析月光的光谱来得到月球的元素成分,故 **B 错误**;高温物体发出的光通过物质后,物质会吸收掉一部分,通过对光谱的分析,可以得知物质的组成成分,但是无法得到高温物体的组成成分,故 **C 错误**;稀薄气体和金属蒸气发出的光谱是线状谱,则霓虹灯和煤气灯火焰中燃烧的钠蒸气产生的光谱是线状谱,故 **D 正确**.

2. A 【解析】根据多普勒效应可知,当波源与观察者相互靠近时,观察者接收到的频率变高,当波源与观察者相互远离时,观察者接收到的频率变低,根据 $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$,可知当波源与观察者相互靠近时,观察者观察到的波长变短,当波源与观察者相互远离时,观察者观察到的波长变长,结合题意,观测到恒星的吸收光谱中的黑色条纹朝着红光方向偏移,即观察到的波长变长,则接收到的频率变低,即该恒星在远离地球. 故 **A 正确**.

3. A 【解析】由于氢原子的轨道是不连续的,而氢原子在不同轨道上的能级 $E_n = \frac{1}{n^2} E_1$,故氢原子的能级是不连续的,即是分立的,故 **C 正确**;当氢原子从较高能级 n 跃迁到较低能级 m 时,发射的光子的能量为 $E = E_n - E_m = \frac{1}{n^2} E_1 - \frac{1}{m^2} E_1 = \frac{m^2 - n^2}{n^2 m^2} E_1 = h\nu$,显然 $n、m$ 的取值不同,发射光子的频率就不同,故氢原子光谱线的频率与氢原子能级的能量差有关,故 **D 正确**;由于氢原子发射(或吸收)的光子的能量 $E = \frac{m^2 - n^2}{n^2 m^2} E_1$, $n、m$ 只能取正整数,所以发射(或吸收)的光子的能量值 E 是不连续的,所以氢原子光谱只能是一些特定频率的谱线,故 **A 错误, B 正确**. 故 A 符合题意.

4. C 【解析】根据巴耳末系谱线波长公式 $\frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, H_α 对应的谱线波长最长, n 的取值最小,对应的是电子从 $n = 3$ 能级向 $n = 2$ 能级跃迁所释放光的谱线,故 **A 错误**; H_α 对应的谱线能级差最小,辐射的光子能量最低,故 **B 错误**; H_δ 对应的是电子从 $n = 6$ 能级向 $n = 2$ 能级跃迁所释放光的谱线,

高中必刷题 物理

故 $n \geq 6$, 故 **C 正确**; 根据巴耳末谱线波长公式, 电子从 $n=6$ 向 $n=3$ 跃迁时, 则 $\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{6^2} \right)$, 其对应光的波长 λ 大于 H_{α} 的波长, 属于红外线, 故 **D 错误**.

- 5. D 【解析】** 电子绕氢原子核在第 n 轨道上做圆周运动时, 库仑力提供向心力, 可得 $\frac{ke^2}{r_n^2} = m \frac{v_n^2}{r_n}$, 又 $E_{kn} = \frac{1}{2}mv_n^2$, 联立可得 $E_{kn} = \frac{ke^2}{2r_n}$, 可知电子绕氢原子核在第 1 轨道上做圆周运动时的动能为 $E_{k1} = \frac{ke^2}{2r_1}$, 电子在第 4 能级的动能和在第 3 能级的动能分别为 $E_{k4} = \frac{ke^2}{2r_4} = \frac{ke^2}{2 \times 4^2 r_1} = \frac{ke^2}{32r_1}$ 、 $E_{k3} = \frac{ke^2}{2r_3} = \frac{ke^2}{2 \times 3^2 r_1} = \frac{ke^2}{18r_1}$, 可知 $E_{k4} < E_{k3}$, 故 **A、C 错误**; 电子在第 n 轨道上运动时氢原子的能量为 $E_n = E_{pn} + E_{kn} = -\frac{ke^2}{r_n} + \frac{ke^2}{2r_n} = -\frac{ke^2}{2r_n}$, 可得氢原子在第 4 能级的能量和在第 3 能级的能量分别为 $E_4 = -\frac{ke^2}{2r_4} = -\frac{ke^2}{32r_1}$ 、 $E_3 = -\frac{ke^2}{2r_3} = -\frac{ke^2}{18r_1}$, 可得 $E_4 > E_3$, 故 **B 错误, D 正确**.

关键点拨 原子的能量及变化规律

(1) 原子中的能量: $E_n = E_{kn} + E_{pn}$.

(2) 氢原子中电子绕核运动时:

由牛顿第二定律有 $k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 可得 $E_{kn} = \frac{1}{2}mv_n^2 = \frac{ke^2}{2r_n}$, 又 $E_{pn} = -\frac{ke^2}{r_n}$, 则 $E_n = E_{kn} + E_{pn} = -\frac{ke^2}{2r_n}$.

- 6. D 【解析】** 氢原子吸收一个光子后, 由低能级跃迁至高能级, 即电子绕核旋转的轨道半径增大, 氢原子的能级也增大, **A 正确, D 错误**; 电子绕核做圆周运动, 由库仑力提供向心力, 有 $k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 则电子的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r}$, 轨道半径增大, 则电子的动能减小, **B 正确**; 氢原子吸收一个光子后, 由低能级跃迁至高能级, 即电子绕核旋转的轨道半径增大, 库仑力做负功, 氢原子的电势能增大, **C 正确**. 故 **D** 符合题意.
- 7. C 【解析】** 原子从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时放出的能量为 $\Delta E = -\frac{A}{4^2} - \left(-\frac{A}{2^2} \right) = \frac{3A}{16}$, 放出的能量被处于 $n=3$ 能级的原子吸收而使其核外电子电离, 则脱离此原子的电子的动能为 $E_k = \Delta E - \frac{A}{3^2} = \frac{3A}{16} - \frac{A}{9} = \frac{11A}{144}$, 故 **C 正确**.
- 8. C 【解析】** 由题意可知氢原子吸收光子后, 能辐射出 6 种不同频率的光子, 则吸收光子后, 氢原子从 $n=2$ 能级跃迁到 $n=4$ 能级, 则 $h\nu = -0.85 \text{ eV} - (-3.40 \text{ eV}) = 2.55 \text{ eV}$, 辐射出的光

→ **关键点:** 大量处于 n 激发态的氢原子向基态跃迁时最多可辐射 $\frac{n(n-1)}{2}$ 种不同频率的光子

子频率最大的是从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级的光子, 即 $h\nu_m = -0.85 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 12.75 \text{ eV}$, 解得 $\nu_m = 5\nu$. 故 **C 正确**.

- 9. A 【解析】** 由题图可知, 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级比从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射出的光子能量小, 则前者比后者辐射的光子频率小, 所以前者比后者辐射的电磁波的波长长, 选项 **A 正确**; 根据玻尔理论可知, 能级越高, 则其对应的轨道半径越大, 所以处于 $n=4$ 的定态时电子的轨道半径 r_4 比处于 $n=3$ 的定态时电子的轨道半径 r_3 大, 选项 **B 错误**; 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级, 电子的轨道半径减小, 根据 $\frac{ke^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ 可得 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r}$, 故电子的动能增大, 由题图可知, 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级, 氢原子的能量减小, 选项 **C 错误**; 从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时辐射的光子的能量 $E_{32} = E_3 - E_2 = -1.51 \text{ eV} - (-3.40 \text{ eV}) = 1.89 \text{ eV} < 2.5 \text{ eV}$, 不能使逸出功为 2.5 eV 的金属发生光电效应, 选项 **D 错误**.

刷易错

★易错点 不能正确理解原子跃迁问题而出错

- 10. C 【解析】** 设原来光谱线数目为 $C_m^2 = \frac{m(m-1)}{2}$, 调高电子的能量后, 光谱线数目为 $C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$. 由题意有 $C_n^2 - C_m^2 = 5$, 解得 $n=4, m=2$ 或 $n=6, m=5$, 故当 $\Delta n=2$ 时, $E_4 - E_1 \leq E < E_5 - E_1$, **④正确**; 当 $\Delta n=1$ 时, $E_6 - E_1 \leq E < E_7 - E_1$, **①正确**. 故选 **C**.

易错分析

要注意区分一群氢原子与一个氢原子跃迁时辐射的光子种类. 大量处于 n 激发态的氢原子向基态跃迁时, 最多可辐射 $\frac{n(n-1)}{2}$ 种不同频率的光子. 一个处于 n 激发态的氢原子向基态跃迁时, 最多可辐射 $(n-1)$ 种不同频率的光子.

刷提升

- 1. B 【解析】** 大量处于 $n=5$ 能级的氢原子向低能级跃迁时辐射出的全部谱线数为 $C_5^2 = 10$ 条, 属于巴耳末系的有 $n=5 \rightarrow n=2, n=4 \rightarrow n=2$ 和 $n=3 \rightarrow n=2$, 则巴耳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. C 【解析】** 根据题中信息, 处在量子数为 4 的激发态的氢原子跃迁到各较低能级的原子数都是处在该激发态能级上的原子总数的 $\frac{1}{3}$, 即向量子数为 2、3 的激发态和基态跃迁的原子数都是 $1\ 200 \times \frac{1}{3} = 400$ (个), 发出光子数为 $N_4 = 400 \times 3 = 1\ 200$ (个), 同理, 处在量子数为 3 的激发态的 400 个氢原子跃迁到量子数为 2 的激发态和基态的原子数都是 $400 \times \frac{1}{2} = 200$ (个), 发出光子数为 $N_3 = 200 \times 2 = 400$ (个), 处在量子数

为 2 的激发态的 $400+200=600$ (个) 氢原子跃迁到基态的原子数是 $600 \times 1 = 600$ (个), 发出光子数为 $N_2 = 600$ 个, 则此过程中发出的光子总数为 $N = N_4 + N_3 + N_2 = 2\,200$ 个. 处在 $n=4$ 能级的一群氢原子向低能级跃迁时能发出不同光子的数目为 $C_4^2 = 6$ 种, 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级辐射的光子能量为 $E_{43} = E_4 - E_3 = 0.66 \text{ eV}$, 从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射的光子能量为 $E_{32} = E_3 - E_2 = 1.89 \text{ eV}$, 均小于 2.22 eV , 不能使金属钾发生光电效应, 同理可知其他四种光子能量都大于 2.22 eV , 所以在此过程中能够从金属钾的表面打出光电子的光子数为 $N' = N - 400 - 200 = 1\,600$ (个). 故 C 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 $\nu_{\text{小}} = \frac{E_3 - E_2}{h}$, 根据 $\lambda = \frac{c}{\nu}$ 可得最长波长 $\lambda_m = -\frac{36hc}{5E_1}$, 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, 所以频率比紫光小, 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 $1.62 \sim 3.11 \text{ eV}$, 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 $12.75 \text{ eV} \leq E_k < 13.06 \text{ eV}$, D 错误.

素养

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 μ 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.

专题 5 光电效应与原子能级跃迁问题

刷难

1. C 【解析】能使氢原子从第一激发态 ($n=2$ 能级) 电离的光子的最小能量为 $E = -\frac{E_1}{4}$, 由 $-\frac{E_1}{4} = h \frac{c}{\lambda}$, 可得光子的最大波长为 $\lambda = -\frac{4hc}{E_1}$, 选项 C 正确.

2. D 【解析】当滑片 P 向 M 端移动时, 加在光电管上的反向电压变大, 可知光电流 I 将减小, A 错误; 用某一频率的光照射一群处于基态的氢原子后向低能级跃迁时能发出 6 种频率的光, 可知氢原子从基态跃迁到了 $n=4$ 能级, 其中只有 3 种不同频率的光 a 、 b 、 c 照射阴极 K 能够发生光电效应, 可知 3 种光对应的三个较大的能级跃迁, 分别是 $n=4 \rightarrow n=1$ 、 $n=3 \rightarrow n=1$ 和 $n=2 \rightarrow n=1$, 辐射光子的能量分别为 12.75 eV 、 12.09 eV 和 10.2 eV , 则阴极 K 材料的逸出功小于 10.2 eV , B 错误; a 光照射得到的饱和光电流最弱, 由题图丙可知 a 光的遏止电压最大, 根据 $U_{\text{遏}} e = E_{\text{km}} = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 可知 a 光光子能量最大, C 错误; 由题图丙可知 c 光遏止电压最小, 则 c 光的光子能量最小, 即 c 光的光子能量为 10.2 eV , 则 b 光的光子能量为 12.09 eV , 根据 $U_{\text{遏}} e = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 可得 $e(U_b - U_c) = 12.09 \text{ eV} - 10.2 \text{ eV}$, 解得 $U_b - U_c = 1.89 \text{ V}$, D 正确.

3. B 【解析】一群处于 $n=5$ 能级的氢原子向基态跃迁时, 能放出 $C_5^2 = \frac{5 \times (5-1)}{2} = 10$ 种不同频率的光, A 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 $n=3$ 能级跃迁到基态、从 $n=2$ 能级跃迁到基态产生的 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, B 正确; 用能量为 10.30 eV 的光子照射, 处于基态的氢原子吸收光子后的能量为 $E = E_1 + \varepsilon = -13.60 \text{ eV} + 10.30 \text{ eV} = -3.30 \text{ eV}$, 氢原子没有 -3.30 eV 能量的激发态, 故不发生跃迁, C 错误; 假设氢原子从 n 能级向较低的各能级跃迁的概率均为 $\frac{1}{n-1}$, 则对 N_A 个处于 $n=3$ 能级的氢原子, 直接跃迁到基态的氢原子个数 $N_{31} = \frac{1}{3-1} N_A = \frac{1}{2} N_A$, 跃迁到

$n=2$ 能级的氢原子个数 $N_{32} = \frac{1}{3-1}N_A = \frac{1}{2}N_A$, 处于 $n=2$ 能级的氢原子继续跃迁到基态, $N_{21} = N_{32} = \frac{1}{2}N_A$, 跃迁过程中辐射的光子的总数为 $N = N_{31} + N_{32} + N_{21} = \frac{3}{2}N_A$, **D 错误**.

- 4. B 【解析】**氢原子从 $n=6$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级产生可见光 I 的光子能量为 $E_{62} = (-0.38 \text{ eV}) - (-3.40 \text{ eV}) = 3.02 \text{ eV}$, 从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级产生可见光 II 的光子能量 $E_{32} = (-1.51 \text{ eV}) - (-3.40 \text{ eV}) = 1.89 \text{ eV}$, 可知光 I 的光子能量较大, 频率较大, 比光 II 有更显著的粒子性, 故 **A 错误**; 根据 $E_{\text{km}} = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 可知两种光分别照射阴极 K 产生的光电子的最大初动能之差等于光子能量之差, 即 $\Delta E_{\text{km}} = E_{62} - E_{32} = (3.02 - 1.89) \text{ eV} = 1.13 \text{ eV}$, 根据动能定理有 $E'_{\text{km}} = E_{\text{km}} + eU$, 可知光电子到达阳极 A 的最大动能之差为 $\Delta E'_{\text{km}} = \Delta E_{\text{km}} = 1.13 \text{ eV}$, 故 **B 正确**; 滑片 P 向 a 移动, 光电管的反向电压变大, 当光电流为零时满足 $U_c e = E_{\text{km}} = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, $E_{62} > E_{32}$, 可知光 I 对应的遏止电压较大, 即电流表示数为零时光 I 对应的电压表示数比光 II 的大, 故 **C 错误**; 光 I 频率较大, 玻璃砖对其折射率较大, 可知用光 I 和光 II 以相同入射角 $\theta (0^\circ < \theta < 90^\circ)$ 照射同一平行玻璃砖, 光 I 的侧移量大, 故 **D 错误**.

第5节 粒子的波动性和量子力学的建立

刷基础

- 1. A 【解析】**每一个运动的物体都与一个对应的波相联系, 这种波称为德布罗意波, 也叫物质波, **A 正确**; 实物粒子与光子都具有波粒二象性, 但光子是能量子, 没有体积和质量, 与实物粒子的本质不相同, **B 错误**; 电子与质子动能相等时, 由动量与动能的关系式 $p = \sqrt{2mE_k}$ 可知, 电子的动量小, 由 $\lambda = \frac{h}{p}$ 可知, 电子的波长大, **C 错误**; 由 $\lambda = \frac{h}{p}$ 可知, 动量相等的电子和中子, 波长一样长, **D 错误**.
- 2. A 【解析】**根据发生明显衍射现象的条件可知, 加速后电子物质波波长略大于金属晶格间距, 可见光波长为几百纳米, 故加速后电子物质波波长比可见光波长更短, 故 **A 正确**, **C 错误**; 根据动能定理有 $eU = \frac{1}{2}mv^2$, $p = mv$, $\lambda = \frac{h}{p}$, 可得 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}}$, 故加速电压越大, 电子的物质波波长越短, 故 **B 错误**; 根据 $\lambda = \frac{h}{p}$ 可知动量相等的质子和电子, 对应的物质波波长相, 故 **D 错误**.

- 3. C 【解析】**根据条纹间距公式, 有 $\frac{\Delta x}{d} = \frac{\lambda}{L}$, 解得电子的德布罗意波长 $\lambda = \frac{d\Delta x}{L}$, 又由 $p = \frac{h}{\lambda}$, 可得电子的动量 $p = \frac{4hL}{d\Delta x}$, 根据 $E_k = \frac{p^2}{2m}$, 可得电子的动能 $E_k = \frac{8h^2 L^2}{md^2 (\Delta x)^2}$, 根据爱因斯坦光电

效应方程, 有 $E_k = h\nu - W_0$, 可得该光的频率为 $\nu = \frac{8hL^2}{md^2 (\Delta x)^2} + \frac{W_0}{h}$. 故选 C.

- 4. D 【解析】**经典力学具有一定的局限性, 适用于宏观、低速的物体, 不适用于微观、高速的物体, 故 **A、B 正确**; 量子力学能够用来描述微观粒子的运动规律, 故 **C 正确**; 量子力学的发现, 可以补充经典力学的不足, 但不能替代经典力学, 故 **D 错误**. 故 D 符合题意.

刷易错

★易错点 混淆光子和微观粒子的能量和动量表达式

- 5. D 【解析】**影响电子显微镜分辨率的直接因素是电子的波长, 加速电压越高, 电子波长越短, 分辨率越高, 故 **A、B 错误**;

突破点: 根据 $eU = E_k$, $\lambda = \frac{h}{p}$, $p = \sqrt{2mE_k}$, 联立可得 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$

相同动能的质子和电子, 根据 $p = \sqrt{2mE_k}$, $p = \frac{h}{\lambda}$, 联立解得

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$, 因为质子质量大于电子质量, 所以质子的波长小

于电子的波长, 波长越短, 分辨率越高, 所以用相同动能的质子代替电子, 能拍摄到新冠病毒的图像, 故 **C 错误**; 由动能定理得 $eU = \frac{1}{2}mv^2$, 电子的动量 $p = \frac{h}{\lambda_{\text{电}}}$, 联立解得 $U = \frac{h^2}{2em\lambda_{\text{电}}^2}$, 代入数据得 $U \approx 37.7 \text{ V}$, 故 **D 正确**.

易错分析 需要用物质波对应的动能和动量的关系式 $p =$

$\sqrt{2mE_k}$, $p = \frac{h}{\lambda}$ 计算, 易误代入光子的能量表达式 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$, 从而导致错解.

第四章素养检测

刷速度

- 1. B 【解析】**卢瑟福通过对 α 粒子散射实验的研究, 猜想原子内的正电荷及几乎全部质量集中在很小的核内, 选项 **A 错误**; α 粒子散射实验中少数 α 粒子发生了大角度偏转是卢瑟福猜想原子核式结构模型的主要依据, 选项 **B 正确**; 对原子光谱的研究使人们深入探索原子内部结构, 而非原子核内部结构, 选项 **C 错误**; 玻尔提出了原子定态假设, 原子可以处在一系列不连续的能量状态中, 玻尔原子理论成功解释了氢原子光谱, 但对于稍微复杂一点的原子光谱, 玻尔原子理论就无法解释了, 选项 **D 错误**.

- 2. A 【解析】**氢的三种同位素经相同电压 U 加速后, 根据动能定理得 $qU = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$, 动量为 $p = mv = \sqrt{2qUm}$, 德布罗意波长公式为 $\lambda = \frac{h}{p}$, 可得 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2qUm}}$, 它们的德布罗

意波长之比为 $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 1 : \frac{1}{\sqrt{2}} : \frac{1}{\sqrt{3}}$, 故 **A 正确**.

3. B 【解析】由径迹可知, α 粒子沿两个径迹运动时受到的都是斥力, 所以原子核带正电, 故 **A 正确**; α 粒子沿径迹 1、2 运动时原子核对其先做负功后做正功, 动能先减小后增大, 故 **C 正确**; α 粒子在同一等势面电势能相同, 动能变化量也相同, 所以经过 B、C 两点时, α 粒子的速率相等, 故 **D 正确**; α 粒子散射实验证实了原子核的存在, 故 **B 错误**. 故选 B.

4. D 【解析】根据德布罗意波长公式可知, 碰前光子动量 $p = \frac{h}{\lambda_0}$, 沿光子入射方向的动量守恒, 根据动量守恒定律可知 $\frac{h}{\lambda_0} = p_1 \cos \alpha + p_2 \cos \beta$, 垂直光子入射方向总动量为零, 则有 $p_1 \sin \alpha = p_2 \sin \beta$. 故 **D 正确**.

5. B 【解析】每个绿光光子的能量是 $h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, 绿光光子射入瞳孔引起察觉每秒所需的最低能量是 $E = \frac{Nh c}{\lambda}$, 瞳孔接收光子的

截面积为 $S_1 = \frac{\pi d^2}{4}$, 以光源为球心, 以光源到眼睛的距离 R 为

半径的球体的表面积为 $S_2 = 4\pi R^2$, 则有 $E = \frac{S_1}{S_2} P t = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 P}{4\pi R^2}$, 解

得 $R = \frac{d}{4} \sqrt{\frac{P \lambda}{N h c}}$, 故 **B 正确**.

6. C 【解析】由题意可知, 若氢原子受光照后跃迁到 $n=4$ 能级, 则向低能级跃迁时最多可辐射出 $C_4^2 = 6$ 种不同频率的光子, 其中由 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射出的光子能量为 2.55 eV, 由 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射出的光子能量为 1.89 eV, 其他 4 种辐射出的光子能量都不在可见光能量范围内, 即产生两种不同频率的可见光, 则照射光光子的能量为 $-0.85 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 12.75 \text{ eV}$, **A、B 错误**; 由题图乙可知, 三棱镜对 a 光的折射率较小, 则 a 光的频率较小, a 光的光子能量较小, 即可见光 a 光子的能量为 1.89 eV, **C 正确**;

三棱镜对可见光 a 的折射率较小, 根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知, 可见光 a 在三棱镜中的传播速度比可见光 b 在三棱镜中的传播速度大, **D 错误**.

7. D 【解析】大量处于 $n=3$ 激发态的氢原子向低能级跃迁时能辐射出 3 种不同频率的光, 则有 $h\nu_1 = E_3 - E_1 = 12.09 \text{ eV}$, $h\nu_2 = E_3 - E_2 = 10.2 \text{ eV}$, $h\nu_3 = E_3 - E_1 = 1.89 \text{ eV}$, 已知阴极材料的逸出功为 3.24 eV, 可知这些氢原子辐射出的 3 种不同频率的光只有 2 种光可使光电管产生光电效应; 已知紫外光光子的能量范围为 3.11~10.34 eV, 可知这些氢原子辐射出的光子中有 1 种属于紫外光, 故 **A、B 错误**; 明火中紫外线的强度越大, 光电流越大, 电压表的示数越大, 故 **C 错误**; 若用氢原子从 $n=2$ 能级跃迁到基态辐射出的光照射阴极, 根据光电效应方程可得 $E_k = h\nu_2 - W_0 = 10.2 \text{ eV} - 3.24 \text{ eV} = 6.96 \text{ eV}$, 根

据动能定理可得 $eU_c = E_k = 6.96 \text{ eV}$, 可得其对应的遏止电压为 $U_c = 6.96 \text{ V}$, 故 **D 正确**.

8. A 【解析】核外电子绕氢原子核做匀速圆周运动, 由牛顿第二定律有 $\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$, 可得动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r}$, 电子在轨道 r

上氢原子的能量 $E = E_p + E_k = -\frac{ke^2}{r} + \frac{ke^2}{2r} = -\frac{ke^2}{2r}$, 电子从半径为 r_1

的轨道 1 跃迁到半径为 r_2 的轨道 2, 吸收的能量为 $\Delta E = E_2 - E_1 = -\frac{ke^2}{2r_2} - \left(-\frac{ke^2}{2r_1}\right) = \frac{ke^2}{2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$. 故选 A.

易错分析 本题考查原子物理中玻尔的原子模型的相关知识. 氢原子核外电子的势能是总能量的 2 倍, 动能与总能量的绝对值相等. 而本题的题干中给的是电势能的表达, 而问的是氢原子跃迁所需要吸收的能量, 容易错误地按照电势能进行计算.

9. C 【解析】根据爱因斯坦光电效应方程可知 $\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W_0$,

根据动能定理可得 $-eU_c = 0 - \frac{1}{2}mv_m^2$, 解得 $h\nu = eU_c + W_0$, 由题

图 2 可知乙光对应的遏止电压 U_c 最大, 则乙光的光子能量最大, **A 错误**; 由题图 2 可知用甲光照射时饱和光电流最大, **B 错误**; 根据动能定理可得 $-eU_c = 0 - \frac{1}{2}mv_m^2$, 解得 $\frac{1}{2}mv_m^2 = eU_c$, 用乙光照射时光电子的最大初动能最大, **C 正确**; 由 A

项分析可知, 乙光的光子能量最大, 频率最高, 波长最短, 三束单色光分别射入同一单缝衍射装置时, 乙光的中央亮条纹最窄, **D 错误**.

教材变式 本题由教材 P98 复习与提高 A 组第 1 题演变而来. 教材考查了甲、丙两种光产生的光电子的最大初动能大小的比较, 本题延伸考查了将三束光分别射入同一单缝衍射装置, 哪种光的中央亮条纹最宽.

10. C 【解析】根据爱因斯坦光电效应方程可知 $h\nu = E_{km} + W_0$,

又因为 $c = \lambda\nu$, 解得 $h \frac{c}{\lambda} = E_{km} + W_0$, 当 $\lambda \rightarrow \infty$ 时, 有 $W_0 = -E_{km} =$

关键点: 列出 E_{km} 与 λ 的函数关系式

b , **A 正确**; 结合图线可知, 当 $E_{km} = 0$ 时, $\lambda = a$, 有 $\frac{hc}{a} = b$, 解得

$h = \frac{ab}{c}$, **B 正确**; 由动量定义可知 $p = mv$, 由动能定义可知

$E_{km} = \frac{1}{2}mv^2$, 联立可得 $p = \sqrt{2mE_{km}}$, 故光电子的最大初动能

越大, 入射光子的动量越大, **C 错误**; 当入射光的强度一定时, 入射光的波长越小, 频率越大, 每个光子的能量就越大, 导致单位时间射到光电管内的光电子数越少, 故饱和光电流越小, **D 正确**. 本题选说法错误的, 故选 C.

11. (1)有 (2)减小 (3)1.9 (4)长 (5)不变

【解析】(1)根据题意,将滑动变阻器的滑片移至最左端,滑动变阻器连入上边电路的电阻为零,光电管阴极 K 与阳极 A 之间的电压为零,用激光笔 1 照射阴极 K,有光电子逸出,光电子可以到达阳极 A 形成光电流,则电流表有示数.

(2)闭合开关,将滑动变阻器的滑片从最左端向右滑动,光电管阴极 K 与阳极 A 之间的反向电压逐渐增大,到达阳极 A 的光电子数减少,则光电流减小,即电流表的示数减小.

(3)根据题意,设光电管阴极材料的逸出功为 W_0 ,由光电效应方程有 $E_k = 3.1 \text{ eV} - W_0$,由题图乙可知,遏止电压为 $U_c = 1.20 \text{ V}$,则有 $E_k = eU_c = 1.20 \text{ eV}$,联立解得 $W_0 = 1.9 \text{ eV}$.

(4)由题图丙可知,仅将激光笔 1 换成激光笔 2,遏止电压减小,则光电子的最大初动能减小,可得激光笔 2 发射的光子能量小于激光笔 1 发射的光子能量,由 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 可得,激光笔 2 发射的激光波长比 1 的长.

(5)当电流表示数为零时,光电管阴极 K 与阳极 A 之间相当于断路,无论电流表有没有内阻,光电管阴极 K 与阳极 A 之间的电压都等于电压表的读数,则考虑电流表内阻时,由图像得到的遏止电压与真实值相比将不变.

12. (1) 4.0×10^{12} 个 $9.6 \times 10^{-20} \text{ J}$ (2) $0.66 \text{ } \mu\text{m}$

【解析】(1)由题图乙可知,最大光电流为 $0.64 \text{ } \mu\text{A}$,则每秒钟阴极发射的光电子数 $n = \frac{I \cdot t}{e} = \frac{0.64 \times 10^{-6} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ 个} = 4.0 \times 10^{12} \text{ 个}$.

由题图乙可知,发生光电效应时的遏止电压是 0.6 V ,所以光电子的最大初动能 $E_{km} = eU_{\text{遏}} = 1.6 \times 10^{-19} \times 0.6 \text{ J} = 9.6 \times 10^{-20} \text{ J}$.

(2)根据爱因斯坦光电效应方程可得 $E_{km} = \frac{hc}{\lambda} - W_0$,

又因为 $W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$,

代入数据解得 $\lambda_0 = 0.66 \text{ } \mu\text{m}$.

13. (1)2.86 eV (2)10 种 5 种 (3)15.2 eV

【解析】(1)氢原子从 $n=5$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁所辐射的光子,正好使某种金属材料发生光电效应,则该金属的逸出功为 $W_0 = h\nu_c = E_5 - E_2 = -0.54 \text{ eV} - (-3.40 \text{ eV}) = 2.86 \text{ eV}$.

(2)一群处于 $n=5$ 能级的氢原子向低能级跃迁,可以辐射光子的种类为 $\frac{5 \times 4}{2} = 10$,要使金属发生光电效应,光子能量需要大于等于 2.86 eV ,对应的能级跃迁有 $n=5 \rightarrow n=2$ 、 $n=5 \rightarrow n=1$ 、 $n=4 \rightarrow n=1$ 、 $n=3 \rightarrow n=1$ 、 $n=2 \rightarrow n=1$,共 5 种,所以能使该金属发生光电效应的光子共有 5 种.

(3)能级跃迁产生的光电子最大能量为从 $n=5 \rightarrow n=1$ 能级跃迁辐射的能量,对应光电子能量为 $h\nu = E_5 - E_1 = -0.54 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 13.06 \text{ eV}$,产生的光电子的最大初

动能 $E_{km} = h\nu - W_0 = 13.06 \text{ eV} - 2.86 \text{ eV} = 10.2 \text{ eV}$,在 5 V 的正向电压下,光电子加速运动至阳极,由动能定理可得 $eU = E_k - E_{km}$,解得 $E_k = 15.2 \text{ eV}$.

14. (1) ① $\nu - \frac{eU_c}{h}$ ② $\frac{4d^2 U_c}{R^2}$ (2) $\frac{2\sqrt{2eU_c m}}{ed}$

【解析】(1)①据题意,由爱因斯坦光电效应方程得

$$E_k = h\nu - W_0,$$

根据动能定理,有 $eU_c = E_k$,

$$\text{极限频率为 } \nu_c = \frac{W_0}{h},$$

$$\text{解得 } \nu_c = \nu - \frac{eU_c}{h}.$$

②当电源正负极互换后,在电场力作用下,电子飞到金属板 M 上,且电压越大,飞到该金属板上的光电子数量越多,当所有光电子飞到该金属板时,电流达到饱和,此时飞得最远的光电子可以近似看成做类平抛运动,则有

→ **突破点:** 从 N 板中点沿平行 N 板方向逸出的光电子运动到 M 板边缘

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2, R = vt, d = \frac{1}{2}at^2, a = \frac{Ue}{dm},$$

$$\text{解得 } U = \frac{4d^2 U_c}{R^2}.$$

(2)当在 M、N 间加垂直于纸面的匀强磁场时,在洛伦兹力作用下,光电子做匀速圆周运动,当光电子的最大运动半径等于 $\frac{d}{2}$ 时,则光电子到达不了金属板 M,那么就可以使电流

→ **突破点:** 光电子恰好不能到达金属板 M

$$\text{为零,则有 } evB = m \frac{v^2}{r}, r = \frac{d}{2},$$

$$\text{解得 } B = \frac{2\sqrt{2eU_c m}}{ed}.$$

第四章高考强化

刷真题

1. B 【解析】普朗克认为黑体辐射的能量是一份一份的,是量子化的,并不连续,故 A 错误;发生光电效应的条件是 $\nu \geq \nu_c$,紫光的频率高于红光,红光能使金属发生光电效应,则紫光也能使该金属发生光电效应,故 B 正确;石墨对 X 射线的散射过程遵循动量守恒,光子和电子碰撞后,电子获得一定动量,光子动量变小,根据波长 $\lambda = \frac{h}{p}$ 可知波长变长,故 C 错误;德布罗意认为物质都具有波动性,包括质子和电子,故 D 错误.

2. C 【解析】原子从 E_1 能级跃迁到 E_2 能级所辐射出的光子能量 $\varepsilon = 2.20 \text{ eV}$,光子频率 $\nu = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{3.52 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$, C 正确.

3. C 【解析】设电子经电压 $U=100\text{ V}$ 加速后速度达到 v_1 , 由动能定理得 $eU=\frac{1}{2}mv_1^2-0$, 则电子的动量为 $p_1=mv_1$, 德布罗意波长为 $\lambda=\frac{h}{p_1}$, 当加速电压 $U'=10\text{ kV}=100U$ 时, 有 $eU'=\frac{1}{2}mv_2^2-0$, $p_2=mv_2$, $\lambda'=\frac{h}{p_2}$, 解得 $\lambda'=\frac{\lambda}{10}$, **C 正确**.

一题多解 抓住波长与加速电压的平方根成反比关系

($\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{U}}$), 电压从 100 V 变为 10 kV (增大 100 倍), 直接得出波长变为 $\frac{1}{10}\lambda$, **C 正确**.

4. A 【解析】当入射光的能量大于金属的逸出功时会发生光电效应, 故能量为 2.20 eV 的光子射到金属铷上会发生光电效应, 有光电子逸出, **A 正确**.

5. BD 【解析】金属的逸出功与金属本身有关, 与入射光无关, **A 错误**; 光子的能量 $E=h\nu$, 与入射光强度无关, **B 正确**; 根据爱因斯坦光电效应方程 $h\nu=E_{k0}+W_0$ 可知, 逸出的光电子的最大初动能与入射光的强度无关, **C 错误**; 入射光的强度增加, 可知单位时间内入射的总能量增加, 每个光子的能量不变, 故单位时间内入射的光子数增多, 则单位时间内逸出的光电子数增多, **D 正确**.

易错分析 入射光的强度反映入射光的总能量, 每个光子的能量只与频率有关.

6. B 【解析】光电子最大初动能与遏止电压的关系为 $E_k=eU_c$, 由题图可知, 遏止电压关系为 $U_{c2}>U_{c3}>U_{c1}$, 可得 $E_{k2}>E_{k3}>E_{k1}$, **B 正确**.

7. (1) $\frac{W_0}{h}$ **(2)** $h\nu-W_0$

【解析】(1) 在光电效应中, 金属的截止频率对应光电子的最大初动能为 0, 可得 $h\nu_0-W_0=0$, 解得 $\nu_0=\frac{W_0}{h}$.

(2) 频率为 ν 的入射光能使该金属发生光电效应, 由光电效应方程可得 $h\nu-W_0=E_k$, 解得 $E_k=h\nu-W_0$.

8. C 【解析】只有一种光子可使某金属发生光电效应, 则该光子的能量最大, 根据题图中能级图知跃迁时对应波长为 λ_3 的光子能量最大, **C 正确**.

9. BC 【解析】根据光电效应方程及动能定理得 $U_c e = \frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, Q 的遏止电压大于 R 的, 故 Q 的频率大于 R 的频率, Q 的波长小于 R 的波长, 单缝衍射中央亮纹的宽度与波长成正比, 则 Q 的中央亮纹比 R 窄, **A 错误**; 同理可知, P 、 Q 产生的光电子在 K 处 Q 的最大初动能比 P 的大, 根据 $\lambda = \frac{h}{p}$ 知, $\lambda_{\min} = \frac{h}{\sqrt{2mE_{km}}}$, 最小德布罗意波长 P 大于 Q , **B 正确**; Q 对应的能量最大, 则氢原子向第一激发态跃迁发光时, 根据 $h\nu = E_m - E_2$ 可知, 三束光中 Q 对应的能级最高, **C 正确**; 对应

于题图 2 中的 M 点, P 和 Q 的光电流相等, 故 P 和 Q 单位时间到达阳极 A 的光电子数目相等, **D 错误**.

刷原创

1. AD 【解析】电子跃迁辐射的光子的能量为 $h\nu = E_c - E_v$, 则 $\nu = \frac{E_c - E_v}{h}$, **A 正确**. 由 $\nu = \frac{E_c - E_v}{h}$ 可知, 导带底和价带顶的能级差越大, 光子的频率也越大, 则光子的波长越短, 根据双缝干涉条纹间距表达式 $\Delta x = L \frac{\lambda}{d}$ 可知, 对应的条纹间距越小, **B、C 错误**. 能级差越大, 产生的光频率越大, 水对其的折射率越大, 根据全反射临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知, 全反射临界角越小, **D 正确**.

2. CD 【解析】逸出的光电子最大初动能与照射光的频率和逸出功有关, 增大深蓝光强度并不改变光的频率, 所以光电子最大初动能不变, **A 错误**. 由 $E_k = h\nu - W_0$ 和 $eU_c = E_k$ 可知, 遏止电压 $U_c = \frac{h\nu - W_0}{e}$, 减小深蓝光强度, 光的频率不变, 遏止电压不变, **B 错误**. 红光的波长大于该金属的截止波长, 则红光照射该金属时不能发生光电效应, **C 正确**. $E_k = h\nu_{\text{蓝}} - W_0 = h \frac{c}{\lambda_{\text{蓝}}} -$

→ **关键点:** 发生光电效应的条件是照射光的频率 \geq 截止频率, 即照射光的波长 \leq 截止波长

$h \frac{c}{\lambda_{\text{蓝}}} \approx 6.8 \times 10^{-20}\text{ J}$, **D 正确**.

3. (1) $(\eta+1)N \frac{h\nu}{Sc}$

【解析】根据德布罗意波长公式可得一个光子具有的动量为

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c},$$

以入射方向为正方向, 每个反射光子的动量变化量 $\Delta p_1 = -\frac{h\nu}{c} - \frac{h\nu}{c} = -2 \frac{h\nu}{c}$, 平面对光的能量反射率为 η , 则单位时间内被反射的光子数为 $N\eta$, 故反射的所有光子的动量变化量为 $N\eta \cdot \Delta p_1 = -2N\eta \frac{h\nu}{c}$,

每个被吸收光子的动量变化量 $\Delta p_2 = 0 - \frac{h\nu}{c} = -\frac{h\nu}{c}$, 单位时间内被吸收的光子数为 $N(1-\eta)$, 故被吸收的所有光子的动量变化量为 $(1-\eta)N \frac{h\nu}{c}$,

设面积为 S 的平面对光子的作用力大小为 F , 根据动量定理有 $-F \times 1\text{ s} = -2N\eta \frac{h\nu}{c} - (1-\eta)N \frac{h\nu}{c}$,

根据牛顿第三定律可知面积为 S 的平面受到光子的作用力大小为 $F' = F$,

则该平面单位面积所受的光压为 $p_{\text{压}} = \frac{F'}{S}$,

联立解得 $p_{\text{压}} = (\eta+1)N \frac{h\nu}{Sc}$.