

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 B 内的气体压强为 p'_1 ,

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

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 波粒二象性

第一~二节 光电效应/光电效应方程及其意义

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, 与人射光的频率无关, 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, 二者的影响因素不完全相同, 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, 与入射光的强度没有关系, 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. **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 $E_{k\max} = eU = 1\text{ eV}$, **A 错误**; K 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**.

3. **ABC** 【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 $-eU_1 = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 则得光电子的最大初速度 $v = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$, 故 **A 正确**; 根据爱因斯坦光电效应方程得 $h\nu_1 = eU_1 + W_0$, $h\nu_2 = eU_2 + W_0$, 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**.

4. **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 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$, 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, 单位时间内逸出的光电子数目减小, 则放大器的电流将减小, **D 错误**.

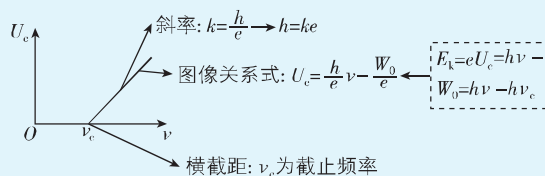
关键点拨 解答本题时应明确两个决定关系

- (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.

5. BC

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 $E_{k\max 1} = h\nu - W_1$, $E_{k\max 2} = h\nu - W_2$, 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, $W_1 < W_2$, 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 正确**; 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**.

6. 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 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**.

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**.

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 $0.2 \mu\text{m} = k \cdot 600 \text{ nm}$, $2 \text{ nm} = k \cdot \lambda$, 解得 $\lambda = 6 \text{ nm}$, 故 **A、B 错误**; 根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ 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**.

刷易错

★易错点 对光电效应规律理解不到位

9. AC 【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 错误; 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**; 因为 $U_c = \frac{h\nu}{e} - \frac{W_0}{e}$, 可知 $U_c - \nu$ 图像的斜率等于 $\frac{h}{e}$, 为定值, 故 **D 错误**.

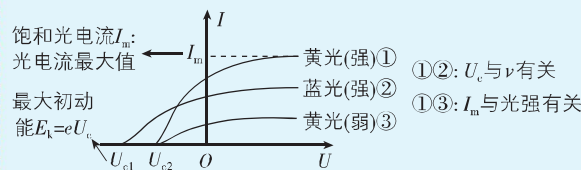
【易错分析】本题易误认为 $U_c - \nu$ 图像的斜率可能不同, 错选 **D** 项. 解答此类问题的关键是根据相关物理规律或公式, 找出与 $U_c - \nu$ 图像对应的函数关系式. 对比图像分析斜率对应的物理意义, 仅凭主观猜测可能会得出错误的结论.

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. BC 【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 正确; 根据动能定理, 光电子到达阳极时有 $eU = \frac{1}{2}mv^2 - (h\nu - h\nu_0)$, 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, 用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. BCD 【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 $\frac{U_{c1}}{\nu_1 - \nu_0} = \frac{U_{c2} - U_{c1}}{\nu_2 - \nu_1}$, 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.

第三~五节 光的波粒二象性/德布罗意波/不确定性关系

刷基础

1. D 【解析】光既具有粒子性, 又具有波动性, 大量的光子波动性比较明显, 个别光子粒子性比较明显, 选项 A、C 错误; 光的波动性, 不同于机械波, 光的粒子性也不同于质点, 选项 B 错误; 由于光具有波动性, 又具有粒子性, 即光的波动性与粒子性是光本身的一种属性, 故无法用其中一种去说明光的一切行为, 故光具有波粒二象性, 选项 D 正确.

教材变式 本题目由教材 P88 第 2 题演变而来. 教材和本题都考查了对光的本性(波粒二象性)的理解.

2. CD 【解析】光具有波粒二象性, 光电效应和康普顿效应能体现光的粒子性, 光的干涉和光的衍射能体现光的波动性, 故选 C、D.
3. 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; 光的波动性是光子自身的属性, 与光子之间的相互作用无关, 故 C 错误; 光电效应揭示了光具有粒子性, 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.
4. BC 【解析】普朗克在 1900 年把能量子引入物理学, 破除了“能量连续变化”的传统观念, A 错误; 光子是能量子, 单光子不可分割, B 正确; 康普顿根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ 对康普顿效应进行解

释, 其基本思想是光子不仅具有能量, 也具有动量, C 正确; 德布罗意大胆地把光的波粒二象性推广到实物粒子, 预言实物粒子也具有波动性, D 错误.

5. 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, 电子的波长长, 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.

6. C 【解析】该碳 60 分子的动量大小为 $p = 60mv = 60 \times 1.99 \times 10^{-26} \times 2.0 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 2.388 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 该碳 60 分子的物质波波长为 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2.388 \times 10^{-22}} \text{ m} \approx 2.8 \times 10^{-12} \text{ m}$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

7. BC 【解析】对每个光子而言, 出现在中央亮纹的概率均为 90%, 所以第一个光子有可能出现在中央亮纹上, 也有可能不出现在中央亮纹上, 选项 A 错误, B 正确; 如果前 9 个光子均出现在中央亮纹上, 第 10 个光子出现在中央亮纹的概率仍为 90%, 所以第 10 个光子可能会出现在中央亮纹上, 选项 C 正确, D 错误.

8. 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品格间距, 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等, 故 D 错误.

9. C 【解析】根据条纹间距公式, 有 $\frac{\Delta x}{d} = \frac{L}{d}\lambda$, 解得电子的德布罗意波长 $\lambda = \frac{d\Delta x}{4L}$, 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.

10. AD 【解析】不确定性关系表明, 无论采用什么方法试图确定位置坐标和相应动量中的一个, 必然引起另一个较

大的不确定性,这样的结果与测量仪器及测量方法是否完备无关,无论怎样改善测量仪器和测量方法,都不可能逾越不确定性关系所给出的限度.故 A、D 正确.

教材变式 本题由教材 P96 第 1 题演变而来.教材和本题分别从不同角度考查了对不确定性关系的理解.

11. 电子的速度可以完全确定 可以用经典力学来处理

【解析】 $\Delta x = 0.1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m}$, 由 $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ 得, 动量的不确定量最小值 $\Delta p \approx 5 \times 10^{-31} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 其速度不确定量最小值 $\Delta v = \frac{\Delta p}{m} \approx 0.55 \text{ m/s}$. 由 $\frac{1}{2}mv^2 = eU$, 可解得 $v = 6 \times 10^7 \text{ m/s}$, 由于 $\Delta v \ll v$, 则电子的速度可以完全确定, 故可以用经典力学来处理.

刷易错

★易错点 混淆光子和微观粒子的能量和动量表达式

12. 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该病毒的图像, 故 C 错误; 由动能定理得 $eU = \frac{1}{2}mv^2$, 电子的动量 $p = \frac{h}{\lambda_{\text{德}}}$, 联立解得 $U = \frac{h^2}{2em\lambda_{\text{德}}^2}$, 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.

第五章 原子与原子核

第一节 原子的结构

课时 1 原子核式结构的提出

刷基础

1. AD **【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 正确, 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. AC **【解析】** 实验证明, 阴极射线是电子流, 它在电场中偏转时应偏向带正电的极板一侧, B 错误, C 正确; 加上垂直纸面向里的磁场时, 电子在磁场中受洛伦兹力作用, 要发生偏转, D 错误; 当不加电场和磁场时, 电子所受的重力可以忽略不计, 因而不发生偏转, 应打到最右端的 P_1 点, A 正确.

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

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个球体内, 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内, 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. BC **【解析】** 根据 α 粒子散射实验现象, 大多数粒子通过金箔后方向不变, 少数粒子方向发生改变, 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 错误, C 正确; 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