

2025 版《新亮剑》高中物理：第十六章 原子结构和波粒二象性 原子核



第十六章 原子结构和波粒二象性
原子核

考情报告

核心素养	考点内容	高考真题	备考建议
物理观念	原子核的组成、光电效应、放射性同位素、氢原子能级、核能、结合能、核力	2021 全国甲 T17(原子核的衰变) 2021 全国乙 T17(半衰期) 2022 全国甲 T17(原子核的衰变) 2023 全国新课标 T16(能级跃迁) 2023 全国乙 T16(核反应、核能) 2023 全国甲 T15(核反应、核能) 2023 浙江 1 月选考 T15(光电效应) 2023 浙江 6 月选考 T15(能级跃迁) 2023 辽宁 T6(光电效应) 2023 山东 T1(能级跃迁)	本章内容属于高考考查的热点,题型一般为选择题,也可能与其他知识结合出计算题。考查的具体内容主要包括:①原子的能级跃迁;②原子核的衰变规律;③核反应方程的书写;④质量亏损和核能的计算;⑤三种射线的特点及应用;⑥光电效应的规律及应用等。 由于考查范围和题型相对稳定,

		2023 湖北 T1(能级跃迁)	联系最新情境成了该部分考题的最大特点。应注意这部分知识与生产、生活以及高科技相联系的问题
		2023 海南 T1(衰变、半衰期)	
科学思维	卢瑟福的核式结构、能级模型、衰变规律、质量亏损	2021 河北 T1(衰变、半衰期)	
		2023 浙江 1月选考 T9(衰变、半衰期)	
科学探究	光电效应产生的条件与规律	2022 广东 T5(能级)	
		2022 湖南 T1(原子结构、波粒二象性)	
科学态度与责任	核能的和平利用、利用半衰期鉴定文物年代	2022 河北 T1(光电效应)	
		2022 湖北 T1(核反应)	
		2022 辽宁 T2(核反应、核能)	

第1讲 光电效应 波粒二象性

对应学生用书 P352

考点一 光电效应

理清

知识结构

基础全通关

知识梳理 构建体系

1. 光电效应现象

照射到金属表面的光,能使金属中的①_____从表面逸出,这个现象称为光电效应,这种电子常被称为②_____。

2. 光电效应的产生条件

入射光的频率③_____金属的截止频率。

3. 光电效应规律

(1)每种金属都有一个截止频率 ν_0 ,入射光的频率必须④_____

这个截止频率才能产生光电效应。

(2)光电子的最大初动能与入射光的强度⑤_____,只随入射光⑥_____的增大而增大。

(3)光电效应的发生几乎是瞬时的,一般不超过 10^{-9} s。

(4)当入射光的频率大于或等于截止频率时,在光的频率不变的情况下,入射光越强,饱和电流越⑦_____,逸出的光电子数越⑧_____。

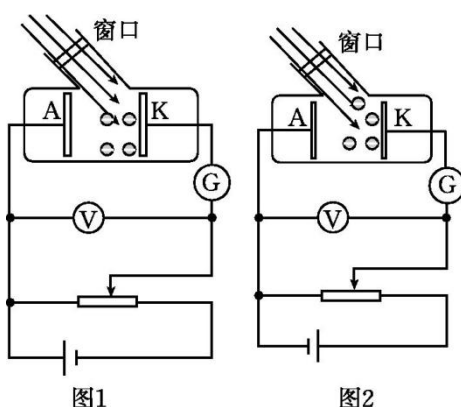
答案 ①电子 ②光电子 ③大于或等于 ④大于或等于 ⑤无关 ⑥频率 ⑦大 ⑧

多

考教衔接 以图说法

(1)如图 1,光电管加正向电压,当光照不变,增大 U_{AK} ,⑥表中电流达到某一值后不再增大,即达到饱和值。增大入射光的强度,有何现象?

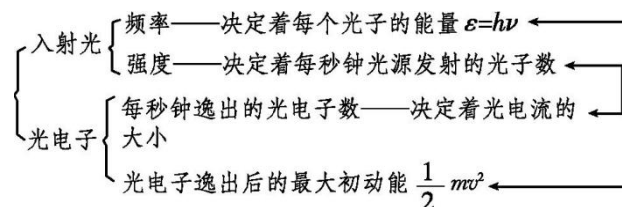
(2)如图 2,光电管加反向电压,用某一频率的光照射,调节 U_{KA} ,⑥表中电流刚好为零,此时的电压为遏止电压,改变入射光的频率,有何现象?



答案 (1)入射光越强,饱和电流越大;(2)入射光频率越大,遏止电压越大。

1.研究光电效应的两条思路

(1)两条线索



(2)两条对应关系(能发生光电效应时)

入射光强度大→光子数目多→发射光电子数目多→光电流大。

光子频率高→光子能量大→光电子的最大初动能大。

2.光电效应中三个重要关系

(1)爱因斯坦光电效应方程: $E_k = h\nu - W_0$ 。

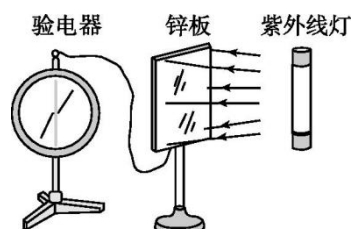
(2)最大初动能与遏止电压的关系: $E_k = eU_c$ 。

(3)逸出功与极限频率的关系: $W_0 = h\nu_0$ 。

角度1 对光电效应现象的理解

例1 (2024 届南通二模)如图所示,把一块锌板连接在验电器上,并使锌板带负电,验电器指针

张开。用紫外线灯照射锌板,则()。



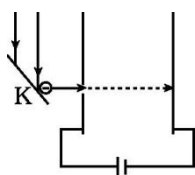
A. 指针张角变小的过程中有电子离开锌板

- B. 锌板所带的电荷量一直变大
- C. 改用红光照射, 指针张角也一定会变化
- D. 用其他金属板替换锌板, 一定会发生光电效应

答案 A

解析 用紫外线灯照射锌板时, 锌板发生光电效应, 逸出电子, 验电器所带负电荷逐渐被中和, 因此验电器带电荷量先减小, 故验电器指针张角逐渐减小直至闭合, 此时负电荷被完全中和, 继续用紫外线照射锌板, 验电器开始带上正电, 随着照射时间的增加, 锌板逸出的电子增加, 锌板所带正电荷增加, 带电荷量增加, 验电器张角逐渐增大, A 项正确, B 项错误; 紫外线的频率大于红光的频率, 根据光电效应产生的条件, 入射光的频率必须大于金属的截止频率才能发生光电效应, 可知频率大的光照射金属能够发生光电效应时, 频率小的光不一定能使该金属发生光电效应, 若不能发生光电效应, 则验电器指针的张角不会发生变化, C、D 两项错误。

例 2 (2024 届湖北调研) 如图所示, 一束单色光入射到极限频率为 ν_0 的金属板 K 上, 发射的光电子可沿垂直于平行板电容器极板的方向从左极板上的小孔进入电场, 均不能到达右极板, 则 ()。



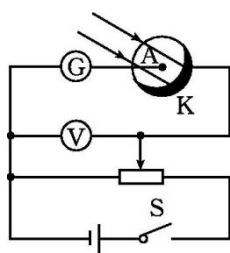
- A. 该单色光的波长为 $\frac{c}{\nu_0}$
- B. 若仅增大该单色光的强度, 则将有电子到达右极板
- C. 若仅换用频率更大的单色光, 则一定没有电子到达右极板
- D. 若仅将电容器右极板右移一小段距离, 电子仍然不能到达右极板

答案 D

解析 由题可知,单色光的波长应小于 $\frac{c}{\nu_0}$,A项错误;若仅增大该单色光的强度,由于入射光的频率不变,光电子逸出的最大初动能不变,则电子仍然不能到达右极板,B项错误;若仅换用频率更大的单色光,逸出的光电子的初动能增大,则可能有电子到达右极板,C项错误;若仅将电容器右极板右移一小段距离,由于两板间的电压不变,电子仍然不能到达右极板,D项正确。

角度2 光电效应方程的应用

例3 (2024届云南质检)(多选)现用某一频率为 ν 的光照射在阴极K上,阴极材料极限频率为 ν_0 ,如图所示,调节滑动变阻器滑片的位置,当电压表(V)示数为 U 时,电流表(G)示数恰好为零。电子电荷量的大小为 e ,普朗克常量为 h ,下列说法正确的是()。



- A.若入射光频率变为原来的2倍,则遏止电压为 $2U + \frac{h\nu_0}{e}$
- B.若入射光频率变为原来的3倍,则光电子的最大初动能为 $2h\nu$
- C.保持滑动变阻器滑片位置不变,若入射光频率变为原来的3倍,则电子到达A极的最大动能为 $2h\nu$
- D.入射光频率为 ν ,若改变电路,加大小为 U 的正向电压,电子到达A极的最大动能为 $2eU$

答案 ACD

解析 根据光电效应方程可得 $E_{km} = h\nu - h\nu_0$,当电压表(V)示数为 U 时,电流表(G)示数恰好为零,根据动能定理可得 $eU = E_{km}$,若入射光频率变为原来的2倍,则有 $E_{km}' = 2h\nu - h\nu_0$,

设遏止电压变为 U' , 则有 $eU' = E_{km}$, 联立解得 $U' = 2U + \frac{h\nu_0}{e}$, A 项正确; 若入射光频率变为原来的 3 倍, 则有 $E_{km}'' = 3h\nu - h\nu_0 = 2h\nu + eU$, B 项错误; 保持滑动变阻器滑片位置不变, 若入射光频率变为原来的 3 倍, 则电子到达 A 极的最大动能 $E_k = E_{km}'' - eU = 2h\nu + eU - eU = 2h\nu$, C 项正确; 入射光频率为 ν , 若改变电路, 加大小为 U 的正向电压, 电子到达 A 极的最大动能 $E_k' = E_{km} + eU = 2eU$, D 项正确。

核心归纳

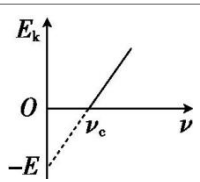
爱因斯坦光电效应方程

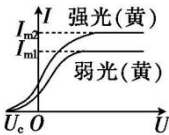
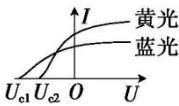
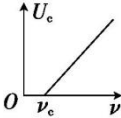
1. 光电效应方程: $E_k = h\nu - W_0$ 。
2. 逸出功 W_0 : 电子从金属中逸出所需做功的最小值, $W_0 = h\nu_c = h\frac{c}{\lambda_c}$ 。
3. 最大初动能: 发生光电效应时, 金属表面上的电子吸收光子后克服原子核的引力逸出时所具有的动能的最大值。

强化 学科思维

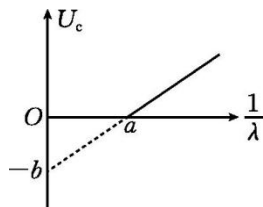
培优巧拓展

光电效应四类图像对比

图像类型	图线形状	由图线直接(间接)得到的物理量
最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的关系图线		①截止频率: 图线与 ν 轴交点的横坐标 ν_c ②逸出功: 图线与 E_k 轴交点的纵坐标的绝对值 $W_0 = -E$ ③普朗克常量: 图线的斜率 $k = h$

颜色相同、强度不同的光,光电流与电压的关系		①遏止电压 U_c :图线与横轴的交点 ②饱和光电流 I_m :光电流的最大值 ③最大初动能: $E_k = eU_c$
颜色不同时,光电流与电压的关系		①遏止电压 U_{c1} 、 U_{c2} ②饱和光电流 ③最大初动能 $E_{k1} = eU_{c1}$, $E_{k2} = eU_{c2}$
遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系图线		①截止频率 ν_c :图线与横轴的交点 ②遏止电压 U_c :随入射光频率的增大而增大 ③普朗克常量 h :等于图线的斜率与电子电荷量的乘积,即 $h = ke$ (注:此时两极之间接反向电压)

例 4 (2024 届南平三模)在研究光电效应中,当不同频率的光照射某种金属时,以遏止电压 U_c 为纵坐标,入射光波长的倒数 $\frac{1}{\lambda}$ 为横坐标,作出 $U_c - \frac{1}{\lambda}$ 图像如图所示。其横轴截距为 a ,纵轴截距为 $-b$,元电荷电荷量为 e 。则()。



- A. 普朗克常量为 $\frac{be}{a}$
- B. 该金属的截止频率为 $\frac{1}{b}$
- C. 该金属的逸出功为 be
- D. 遏止电压 U_c 与入射光波长的倒数 $\frac{1}{\lambda}$ 成正比

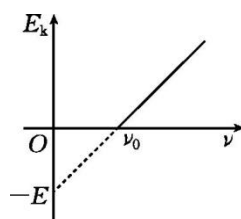
答案 C

解析 根据爱因斯坦光电效应方程可知 $U_c = \frac{h}{e} \nu - \frac{W_0}{e} = \frac{hc}{e} \cdot \frac{1}{\lambda} - \frac{W_0}{e}$, 图线不过原点,

不成正比关系,D 项错误;由题可知 $\frac{hc}{e} = \frac{b}{a}$ 、 $\frac{W_0}{e} = b$,解得 $h = \frac{be}{ac}$ 、 $W_0 = be$,截止频率 $\nu_c = \frac{W_0}{h} = \frac{be}{h}$

$=ac$,A、B 两项错误,C 项正确。

例 5 (2024 届张掖一诊)(多选)某金属在光的照射下产生的光电子的最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的关系图像如图所示,由图像可知()。



A.该金属的逸出功等于 E

B.普朗克常量等于 $\frac{E}{\nu_0}$

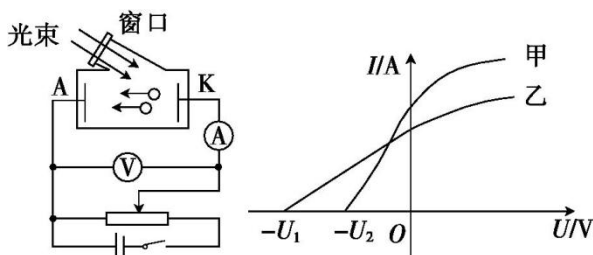
C.入射光的频率为 $2\nu_0$ 时,产生的光电子的最大初动能为 $2E$

D.入射光的频率为 $\frac{\nu_0}{2}$ 时,产生的光电子的最大初动能为 $\frac{E}{2}$

答案 AB

解析 根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$,结合图像可知该金属的逸出功 $W_0 = E$,A 项正确;该图像的斜率为普朗克常量,故 $h = \frac{E}{\nu_0}$,B 项正确;由图像可知,当入射光的频率为 $2\nu_0$ 时,产生的光电子的最大初动能为 E ,C 项错误;当入射光的频率为 $\frac{\nu_0}{2}$ 时,小于极限频率,不会产生光电效应,D 项错误。

例 6 (2024 届江苏二模)在探究光电效应现象时,某同学分别用频率为 ν_1 、 ν_2 的两单色光照射密封真空管的钠阴极,钠阴极发射出的光电子被阳极 A 吸收,在电路中形成光电流,实验得到了两条光电流与电压之间的关系曲线(甲、乙),如图所示,已知 $U_1 = 2U_2$, $\nu_1 > \nu_2$,普朗克常量用 h 表示。则以下说法正确的是()。



- A. 曲线甲为频率为 ν_1 的光照射时的 I - U 图像
 B. 频率为 ν_1 的光在单位时间内照射到钠阴极的光子数多
 C. 两单色光的频率之比为 2 : 1
 D. 该金属的逸出功为 $h(2\nu_2 - \nu_1)$

答案 D

解析 根据光电效应方程 $h\nu - W_0 = E_{km}$, 遏止电压与光电子最大初动能的关系为 $eU_c = E_{km}$, 联立可得 $h\nu - W_0 = eU_c$, 入射光的频率越大, 遏止电压越大, 所以曲线乙为频率为 ν_1 的光照射时的图像, A 项错误; 由图像可知, 甲的饱和光电流比乙的大, 甲的频率又比乙的频率小, 所以频率为 ν_2 的光在单位时间内照射到钠阴极的光子数多, B 项错误; 由于 $h\nu_1 - W_0 = eU_1$, $h\nu_2 - W_0 = eU_2$, $U_1 = 2U_2$, 联立解得 $W_0 = h(2\nu_2 - \nu_1)$, $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{eU_1 + W_0}{eU_2 + W_0} < \frac{2(eU_2 + W_0)}{eU_2 + W_0} = \frac{2}{1}$, C 项错误, D 项正确。

考点二 波粒二象性、物质波

理清 知识结构

基础全通关

知识梳理 构建体系

1. 光的波粒二象性

- (1) 光的干涉、衍射、偏振现象证明光具有 ①_____。
 (2) 光电效应说明光具有 ②_____。
 (3) 光既具有波动性, 又具有粒子性, 称为光的 ③_____。

2. 物质波

- (1) 概率波: 光的干涉现象是大量光子的运动遵守波动规律的表现, 亮条纹是光子到达概率 ④_____ 的地方, 暗条纹是光子到达概率 ⑤_____ 的地方, 因此光波又叫概率波。
 (2) 物质波: 任何一个运动着的物体, 小到微观粒子, 大到宏观物体, 都有一种波与它对应, 其波长

$\lambda=\frac{h}{p}$, p 为运动物体的动量, h 为普朗克常量。

答案 ①波动性 ②粒子性 ③波粒二象性 ④大 ⑤小

突破 考点题型

命题全研透

角度 1 光的波粒二象性及其表现

项目	实验基础	表现	说明
光的波动性	干涉和衍射	(1)光是一种概率波,即光子在空间各点出现的可能性大小(概率)可用波动规律来描述 (2)大量的光子在传播时,表现出波的性质	(1)光的波动性是光子本身的一种属性,不是光子之间相互作用产生的 (2)光的波动性不同于宏观观念的波
光的粒子性	光电效应、康普顿效应	(1)当光与物质发生作用时,这种作用是“一份一份”进行的,表现出粒子的性质 (2)少量或个别光子清楚地显示出光的粒子性	(1)粒子的含义是“不连续”“一份一份”的 (2)光子不同于宏观观念的粒子
波动性和粒子性的对立、统一	—	(1)大量光子易显示出波动性,而少量光子易显示出粒子性 (2)波长长(频率低)的光波动性强,而波长短(频率高)的光粒子性强	(1)光子说并未否定波动说, $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$ 中, ν 和 λ 就是波的概念 (2)波和粒子在宏观世界是不能统一的,而在微观世界却是统一的

例 7 (2024 届上海师大附中期中)用极微弱的可见光做双缝干涉实验,随着时间的增加,在屏上先后出现如图 1、2、3 所示的图像,则()。

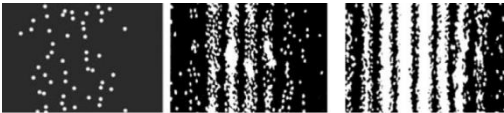


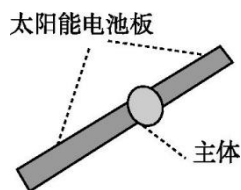
图 1 图 2 图 3

- A. 图像 1 表明光具有波动性
- B. 图像 3 表明光具有粒子性
- C. 用紫外线观察不到类似的图像
- D. 实验表明光是一种概率波

答案 D

解析 题图1只有分散的亮点,表明光具有粒子性,题图3呈现干涉条纹,表明光具有波动性,A、B两项错误;紫外线也具有波粒二象性,也可以观察到类似的图像,C项错误;实验表明光是一种概率波,D项正确。

例8 (2024届绍兴二模)(多选)某颗人造地球卫星如图所示,它的主体表面上镀有一层铂(铂的逸出功为5.32 eV),两翼的太阳能电池板(面积为 3.0 m^2)在绕地球轨道运行时,始终保持正面垂直于太阳光的照射方向。若太阳光为波长550 nm的单色光,照射到电池板表面的太阳光被全部吸收且单位面积的接收功率为1.4 kW,已知普朗克常量 $h=6.63\times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$,阿伏加德罗常数 $N_A=6.0\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$,真空中的光速 $c=3.0\times 10^8\text{ m/s}$ 。下列说法正确的是()。



- A. 每个光子的能量约为 $3.6\times 10^{-40}\text{ J}$
- B. 到达电池表面太阳光的功率为4.2 kW
- C. 电池表面吸收1 mol光子的时间约为51 s
- D. 太阳光照射到卫星主体上会有光电子从表面逸出

答案 BC

解析 每个光子的能量约为 $E_0=\frac{hc}{\lambda}=\frac{6.63\times 10^{-34}\times 3\times 10^8}{550\times 10^{-9}}\text{ J}=3.6\times 10^{-19}\text{ J}$,A项错误;照射到电池表面的太阳光被全部吸收且单位面积的接收功率为1.4 kW,则到达电池表面太阳光的功率为 $3\times 1.4\text{ kW}=4.2\text{ kW}$,B项正确;电池表面吸收1 mol光子的时间 $t=\frac{6.0\times 10^{23}\times 3.6\times 10^{-19}}{4.2\times 10^3}\text{ s}\approx 51\text{ s}$,C项正确;铂的逸出功 $W_0=5.32\text{ eV}=8.5\times 10^{-19}\text{ J}$,大于光子的能量,则不能发生光电效应,

即太阳光照射到卫星主体上不会有光电子从表面逸出,D 项错误。

角度 2 物质波

例 9 (2024 届淄博二模)电子显微镜的工作原理是用高电压使电子束加速,最后打在感光胶片上,观察显微图像。现用电子显微镜观测某生物大分子的结构,为满足测量要求,将显微镜工作时观测线度设定为电子的德布罗意波长的 n 倍,其中 $n > 1$ 。已知普朗克常量为 h ,电子的质量与电荷量分别为 m 和 e ,电子的初速度不计,显微镜工作时的加速电压为 U ,则该显微镜的观测线度为()。

A. $\frac{nh}{U\sqrt{me}}$ B. $\sqrt[3]{\frac{mU^2h^2}{n^2e^3}}$

C. $\frac{nh}{\sqrt{2meU}}$ D. $\frac{Uh}{n\sqrt{2me}}$

答案 C

解析 电子被加速,由动能定理有 $eU = E_k$,又 $p = \sqrt{2mE_k}$, $\lambda = \frac{h}{p}$, $L = n\lambda$,可得 $L = \frac{nh}{\sqrt{2meU}}$,C 项正确。

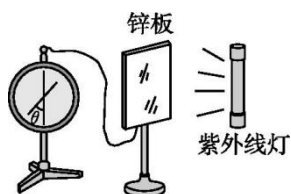
训练 逐点排查

素能快提升

见《高效训练》P123

基础练

1.(2024 届武昌质检)如图所示,把一块锌板连接在验电器上,并使锌板上带负电,验电器指针会张开一个角度 θ 。接着,用高频短波紫外线灯(波长范围为 $280 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$)持续照射锌板,已知锌的极限频率为 $8.06 \times 10^{14} \text{ Hz}$,真空中光速为 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$,观察验电器指针的变化,则()。



- A. 验电器指针张开的角度 θ 会一直变大
 B. 验电器指针张开的角度 θ 先变大后变小
 C. 验电器指针张开的角度 θ 先变小后变大
 D. 验电器指针张开的角度 θ 不会发生变化

答案 C

解析 锌的极限频率对应的光波的波长 $\lambda = \frac{c}{f} \approx 0.372 \times 10^{-6} \text{ m} = 372 \text{ nm}$, 用高频短波紫外线灯(波长范围为 $280 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$)持续照射锌板, 锌板会发生光电效应, 逸出光电子, 由于锌板原来带负电, 可知验电器指针张开的角度 θ 逐渐变小, 足够长时间后, 锌板开始带正电且电荷量持续增加, 故验电器指针张开的角度 θ 逐渐变大, 即整个过程中验电器指针张开的角度 θ 先变小后变大, C 项正确。

2. (2024 届江西联考) 小华家里装修, 爸爸在网上购买了一条蓝光 LED 灯带, 该灯带的发光功率为 10 W 。已知蓝光光子的能量范围为 $4.0 \times 10^{-19} \text{ J} \sim 5.0 \times 10^{-19} \text{ J}$, 则 1 s 内该灯带发出的蓝光光子数的数量级为()。

- A. 10^{13} B. 10^{16} C. 10^{19} D. 10^{21}

答案 C

解析 根据 $Pt = nE_0$, 可得 $n = 2 \times 10^{19} \sim 2.5 \times 10^{19}$, C 项正确。

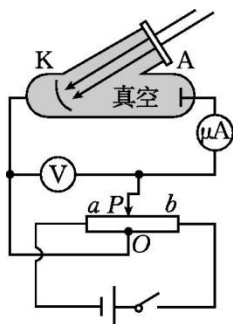
3. (2024 届江苏一模) 波长为 λ 的光子与一静止电子发生正碰, 测得反弹后的光子波长增大了 $\Delta\lambda$ 。普朗克常量为 h , 不考虑相对论效应, 碰后电子的动量为()。

- A. $\frac{h}{\lambda} + \frac{h}{\Delta\lambda}$ B. $\frac{h}{\lambda} + \frac{h}{\lambda + \Delta\lambda}$
 C. $\frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\Delta\lambda}$ D. $\frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda + \Delta\lambda}$

答案 B

解析 动量和波长的关系为 $\lambda = \frac{h}{p}$, 设碰后电子的动量为 p_0 , 光子与电子碰撞过程满足动量守恒, 因为光子碰后反弹, 所以 $\frac{h}{\lambda} = -\frac{h}{\lambda + \Delta\lambda} + p_0$, 解得 $p_0 = \frac{h}{\lambda} + \frac{h}{\lambda + \Delta\lambda}$, B 项正确。

4. (2024 届丰台二模) 研究光电效应的实验装置如图所示, 开始时滑动变阻器的滑片 P 与固定点 O 正对。用频率为 ν 的光照射光电管的阴极 K , 观察到微安表指针偏转, 不计光电子间的相互作用。下列说法正确的是()。



- A. 仅减小照射光频率, 微安表指针一定不偏转
- B. 仅减小照射光强度, 微安表指针一定不偏转
- C. 仅将滑片 P 向 a 端移动, 微安表示数变大
- D. 仅将滑片 P 向 b 端移动, 光电子向阳极 A 运动的过程中动能变大

答案 D

解析 仅减小照射光频率, 仍可能发生光电效应, 微安表指针可能偏转, A 项错误; 能否发生光电效应由入射光的频率决定, 与入射光的强度无关, B 项错误; 将滑片 P 向 a 端移动, 光电管所加的电压为反向电压, 所以光电流会减小, C 项错误; 仅将滑片 P 向 b 端移动, 光电管所加的电压为正向电压, 管中电场向左, 电子从 K 向右逸出所受电场力向右, 光电子向 A 板运动的过程中动能变大, D 项正确。

提升练

5.(改编)人眼对绿光最为敏感,如果每秒有 6 个绿光的光子射入瞳孔,眼睛就能察觉。现有一个光源以 10 W 的功率均匀地向各个方向发射波长为 $5.3 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的绿光,已知瞳孔的直径为 4 mm,普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$,光速为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$,不计空气对光的吸收,则眼睛能够看到这个光源的最远距离约为()。

A. $2 \times 10^7 \text{ m}$ B. $2 \times 10^6 \text{ m}$

C. $2 \times 10^5 \text{ m}$ D. $2 \times 10^4 \text{ m}$

答案 B

解析 一个光子的能量 $E=h\nu$, ν 为光的频率,光的波长与频率的关系为 $c=\lambda\nu$,光源每秒发出的光子个数 $n=\frac{P}{h\nu}=\frac{P\lambda}{hc}$, P 为光源的功率,光子以球面波的形式传播,那么以光源为原点的球面上的光子数相同,人眼瞳孔面积 $S=\frac{\pi d^2}{4}$,其中 d 为瞳孔直径,由题意,如果每秒有 6 个绿光的光子射入瞳孔,眼睛就能察觉到,设人距光源的距离为 r ,那么人眼所处的球面的表面积 $S'=4\pi r^2$,所以须满足 $\frac{n}{S'} \cdot S \geq 6$,联立解得 $r \leq 2 \times 10^6 \text{ m}$, B 项正确。

6.(2024 届洛阳联考)利用如图 1 所示电路研究光电效应,光电子的最大初动能随入射光频率变化的关系如图 2 所示。下列说法正确的是()。

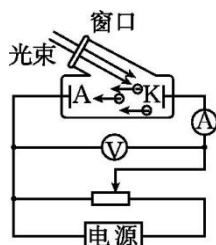


图1

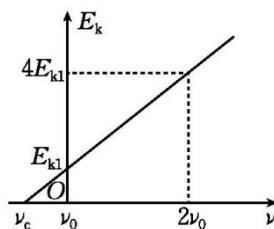


图2

A. 为测量电子的最大初动能,电源左侧应是正极

B.若增大入射光的强度或增大电源电压,则光电子的最大初动能增大

C.当入射光的频率为 $\frac{\nu_0}{3}$ 时,逸出光电子的最大初动能为 $\frac{E_{k1}}{3}$

D.当入射光的频率为 $3\nu_0$ 时,逸出光电子的最大初动能为 $7E_{k1}$

答案 D

解析 当电子到达A极,速度恰好为零时,从K极逸出的光电子动能最大,根据动能定理有

$e(\varphi_K - \varphi_A) = 0 - E_{km}$,则有 $\varphi_K > \varphi_A$,故为测量光电子的最大初动能,电源左侧应是负极,A项错误。

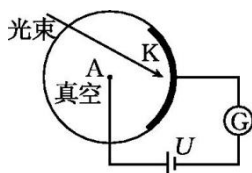
根据爱因斯坦光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W_0$ 可知,最大初动能与入射光的频率有关,与入射光的

强度无关,与电源电压也无关,B项错误。当 $\nu = \nu_0$ 时, $E_{k1} = h\nu_0 - W_0$; 当 $\nu = 2\nu_0$ 时, $4E_{k1} = 2h\nu_0 - W_0$,

解得 $h\nu_0 = 3E_{k1}$, $W_0 = 2E_{k1}$ 。当 $\nu = \frac{\nu_0}{3}$ 时, $E_{k2} = \frac{h\nu_0}{3} - W_0 = -E_{k1}$,说明 $\frac{\nu_0}{3}$ 小于极限频率,电子不能逸出,C

项错误。当 $\nu = 3\nu_0$ 时, $E_{k3} = 3h\nu_0 - W_0 = 7E_{k1}$,D项正确。

7.(2024届重庆二调)某新型火灾报警装置的核心部件紫外线光电管如图所示,该装置所接电源电压为 U ,火灾时产生的波长为 λ 的光照射到逸出功为 W_0 的阴极材料K上产生光电子,且光电子能全部到达阳极A,回路中形成电流 I 从而触发火灾报警器。已知普朗克常量为 h ,电子的电荷量为 e ,真空中的光速为 c 。下列说法正确的是()。



A.火灾中激发出光电子的光的频率为 $\frac{\lambda}{c}$

B.阴极K上每秒钟逸出的光电子数为 I/e

C.光电管阴极接收到光用于激发光电子的功率为 $\frac{Ihc}{e\lambda}$

D.光电子经电场加速后到达阳极A时的最大动能为 $\frac{hc}{\lambda} - W_0$

答案 C

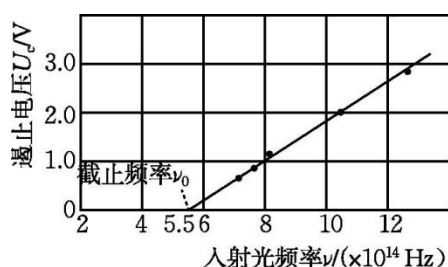
解析 根据 $c = \lambda\nu$,解得 $\nu = \frac{c}{\lambda}$,A项错误;根据 $I = \frac{q}{t}$, $n = \frac{q}{e}$,解得每秒逸出的光电子数 $n' = \frac{n}{t} = \frac{I}{e}$,B

项错误;光电管阴极接收到光用于激发光电子的功率 $P=n'h\nu$,由于 $\nu=\frac{c}{\lambda}$,结合上述解得 $P=$

$\frac{hc}{\lambda}$,C 项正确;光电子逸出阴极 K 时的最大动能 $E_{k\max 1}=h\nu-W_0$,电场加速后到达 A 极时,有

$eU=E_{k\max 2}-E_{k\max 1}$,联立解得 $E_{k\max 2}=eU+\frac{hc}{\lambda}-W_0$,D 项错误。

8.(2024 届张家口一模)(多选)当光照射到钠金属板上时,遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的函数关系图线如图所示,已知元电荷 $e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$,由图中信息可知 ()。



A.遏止电压与入射光的频率成正比

B.图像的斜率为 $\frac{h}{e}$

C.钠的逸出功约为 2.3 eV

D.用 $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的光照射钠金属板时,光电子的最大初动能约为 $2.9 \times 10^{-19} \text{ J}$

答案 BC

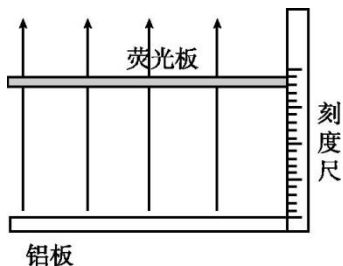
解析 遏止电压与入射光的频率呈线性关系不是正比关系,A 项错误;根据 $eU_c=h\nu-W_0$,

可知图线斜率为 $\frac{h}{e}$,B 项正确;由图可知截止频率 $\nu_0=5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$,逸出功 $W_0=h\nu_0 \approx 2.3 \text{ eV}$,C 项

正确用 $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的光照射钠金属板时,光电子的最大初动能 $E_k=h\nu-W_0=h\nu-h\nu_0=1.66 \times 10^{-19}$

J,D 项错误。

9.(2024 届杭州期末)某实验小组要测量金属铝的逸出功,经讨论设计出如图所示实验装置,实验方法是:把铝板放置在水平桌面上,刻度尺紧挨着铝板垂直桌面放置,灵敏度足够高的荧光板与铝板平行,并使整个装置处于竖直向上、电场强度为 E 的匀强电场中;让波长为 λ 的单色光持续照射铝板表面,将荧光板向下移动,发现荧光板与铝板距离为 d 时,荧光板上刚好出现辉光。已知普朗克常量为 h ,光在真空中传播的速度为 c ,电子的电荷量为 e 、质量为 m 。下列说法正确的是()。



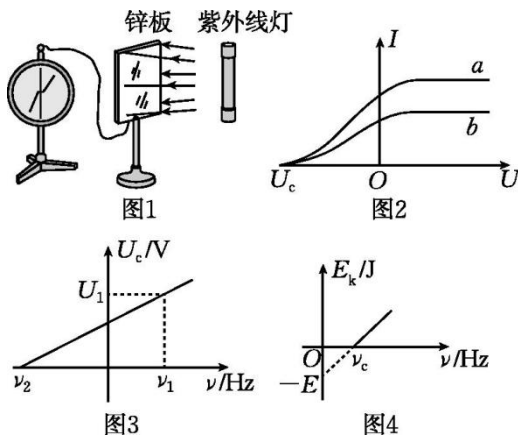
- A. 金属铝的逸出功为 $\frac{hc}{\lambda}$
- B. 从铝板逸出的光电子的初动能均为 Eed
- C. 将荧光板继续向下移动, 荧光板上的辉光强度会增强
- D. 将荧光板固定在某一位置, 增大入射光波长, 板上的辉光强度一定增强

答案 C

解析 由题意可得 $\frac{1}{2}mv_m^2 = Eed$, $\frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{hc}{\lambda} - W_0$, 解得金属铝的逸出功 $W_0 = \frac{hc}{\lambda} - Eed$, 从铝板逸出的光电子的最大初动能为 Eed , A、B 两项错误; 将荧光板继续向下移动, 则达到荧光板的光电子会增加, 荧光板上的辉光强度会增强, C 项正确; 将荧光板固定在某一位置, 增大入射光波长, 则光电子最大初动能减小甚至不产生光电效应, 达到板上的电子数减少, 板上的辉光强度减弱, D 项错误。

预测练

10. **原创新题** (多选) 以下各图均与光电效应有关, 其中有关说法正确的是()。



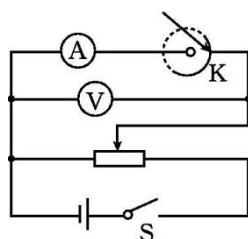
- A.若图 1 中的锌板最初带正电,则在紫外线灯的持续照射下验电器的指针张角会先变小后变大
- B.若先后使用强度不同的同种紫外线照射锌板,则强光照射时光电流图像为图 2 中的 a
- C.若使用频率可调的光源照射锌板,则图 3 中的 ν_2 为金属锌的截止频率
- D.若使用频率可调的光源照射锌板,则图 4 中图线的斜率为普朗克常量 h

答案 BCD

解析 图 1 中,先让锌板带正电,再用紫外线灯照射锌板,由于光电效应,锌板放出电子,锌板电荷量增加,所以验

电器的张角会一直增大,A 项错误;用同频率的光照射时,光照越强,饱和光电流越大,即图像 a 对应的光照强,B 项正确;根据光电效应方程可得 $E_k = h\nu - W_0$,根据动能定理可得 $-eU_c = 0 - E_k$,联立解得 $U_c = \frac{h\nu}{e} - \frac{h\nu_0}{e} = \frac{h(\nu - \nu_0)}{e}$,可知 $U_c - \nu$ 图像中的 ν_2 为金属锌的截止频率,C 项正确;根据光电效应方程可得 $E_k = h\nu - W_0$,可知 $E_k - \nu$ 图线的斜率为普朗克常量 h ,D 项正确。

11.(2024 届徐州一模)如图所示,光电管的阴极 K 用某种金属制成,闭合开关 S,用发光功率为 P 的激光光源直接照射阴极 K 时,产生了光电流。移动滑动变阻器的滑片,当光电流恰为零时,电压表的示数为 U 。已知该金属的逸出功为 W_0 ,普朗克常量为 h ,电子电荷量为 e ,真空中的光速为 c ,求:



(1)该激光在真空中的波长 λ 。

(2)该激光光源单位时间内产生的光子数 N 。

解析 (1)由光电效应方程有 $E_k = h\nu - W_0$

$$\text{又 } \nu = \frac{c}{\lambda}$$

由动能定理有 $-eU = 0 - E_k$

$$\text{联立解得 } \lambda = \frac{hc}{eU + W_0}。$$

$$(2)\text{由题意可知, } N = \frac{Pt}{\varepsilon} = \frac{P}{\varepsilon}$$

$$\text{其中 } \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} (\text{或者写成 } \varepsilon = eU + W_0)$$

$$\text{解得 } N = \frac{P}{eU + W_0}。$$

第2讲 原子结构 原子核

对应学生用书 P356

考点一 原子结构和氢原子光谱

理清 **知识结构**

基础全通关

知识梳理 构建体系

1.玻尔理论

(1)定态假设:电子只能处于一系列①_____的能量状态中,在这些能量状态中电子绕核的运动是②_____的,电子虽然绕核运动,但并不产生电磁辐射。

(2)跃迁假设:电子从能量较高的定态轨道(其能量记为 E_n)跃迁到能量较低的定态轨道(能量记为 $E_m, m < n$)时,会放出能量为 $h\nu$ 的光子,这个光子的能量由前后两个能级的能量差决定,即 $h\nu =$ ③_____。(h 是普朗克常量, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

(3)轨道量子化假设:原子的不同能量状态跟电子在不同的圆周轨道绕核运动相对应。原子的定态是④_____的,因此电子的可能轨道也是⑤_____的。

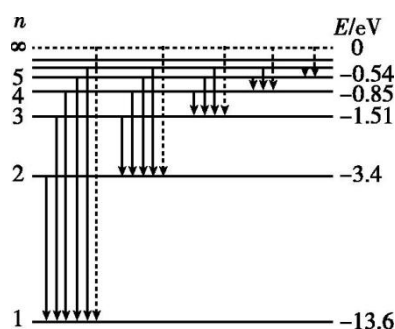
2. 氢原子的能量和能级跃迁

(1) 能级和半径公式

①能级公式: $E_n = \frac{1}{n^2} E_1 (n=1, 2, 3, \dots)$, 其中 E_1 为基态能量, 其数值为 $E_1 =$ ⑥_____ eV。

②半径公式: $r_n = n^2 r_1 (n=1, 2, 3, \dots)$, 其中 r_1 为基态轨道半径, 其数值为 $r_1 = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

(2) 氢原子的能级图, 如图所示。



答案 ①不连续 ②稳定 ③ $E_n - E_m$ ④不连续 ⑤不连续 ⑥ -13.6

考教衔接 以图说法

如图,发现: 绝大多数 α 粒子穿过金箔后仍沿原来的方向前进, 少数 α 粒子发生了较大的偏转,并有 极少数 的 α 粒子偏转角超过了 90° , 有些甚至被弹回, 偏转角几乎达到 180° 。(均选填“极少数”、“少数”或“绝大多数”)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/476122114013010241>