

第1讲 光电效应 波粒二象性

徐敏峰 2024.03.06



第1讲 光电效应 波粒二象性

考点一 黑体辐射及实验规律

考点二 光电效应

考点三 光电效应中常见的四类图像

考点四 光的波粒二象性与物质波

考点一 黑体辐射及实验规律

1. 热辐射

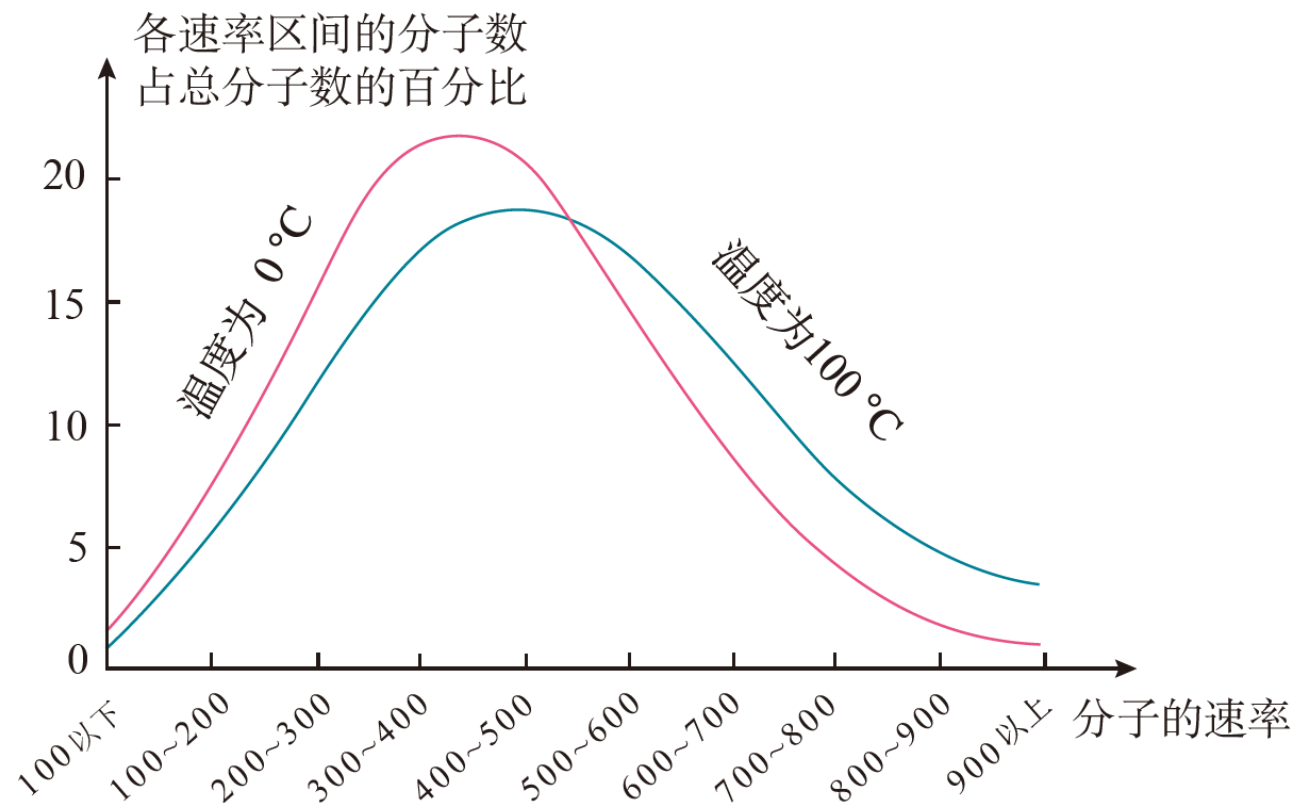
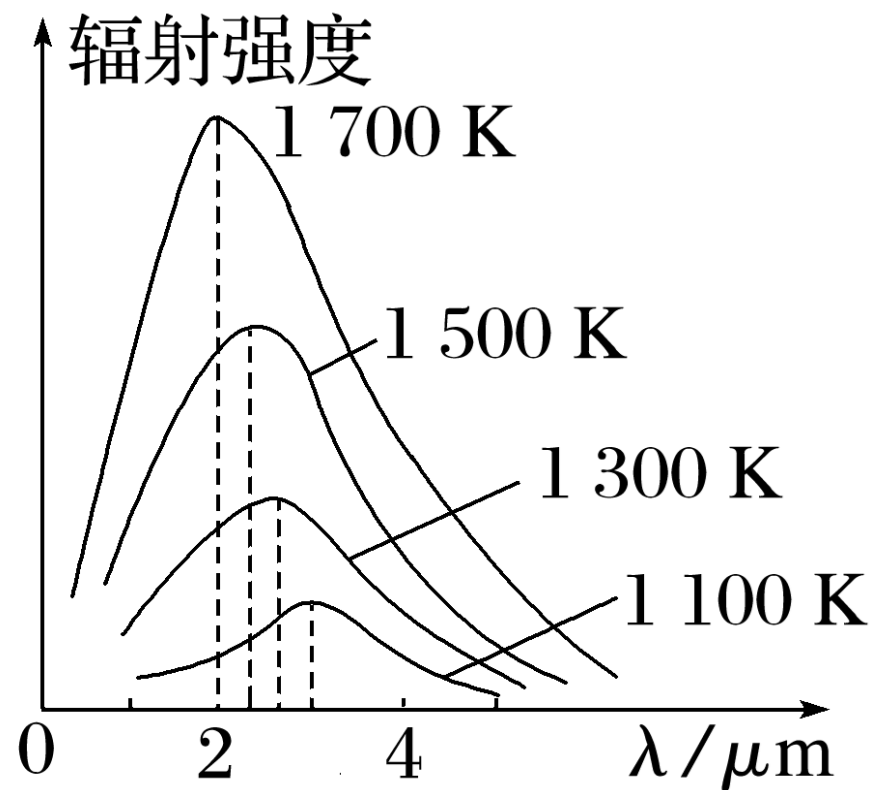
- (1) 定义：周围的一切物体都在辐射电磁波，这种辐射与物体的温度有关，所以叫热辐射。
- (2) 特点：热辐射强度按波长的分布情况随物体温度的不同而有所不同。

2. 黑体、黑体辐射的实验规律

- (1) 黑体：能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射的物体。
- (2) 黑体辐射的实验规律：
 - ① 对于一般材料的物体，辐射电磁波的情况除了与温度有关，还与材料的种类及表面状况有关。
 - ② 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的温度有关。随着温度的升高，一方面，各种波长的辐射强度都有增加，另一方面，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动，如图。

考点一 黑体辐射及实验规律

2.黑体辐射的实验规律



考点一 黑体辐射及实验规律

3. 能量子

(1)定义：普朗克认为，当带电微粒辐射或吸收能量时，只能辐射或吸收某个最小能量值 ε 的整数倍，这个不可再分的最小能量值 ε 叫作能量子.

(2)能量子大小： $\varepsilon = \underline{h\nu}$ ，其中 ν 是带电微粒吸收或辐射电磁波的频率， h 称为普朗克常量. $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (一般取 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$).

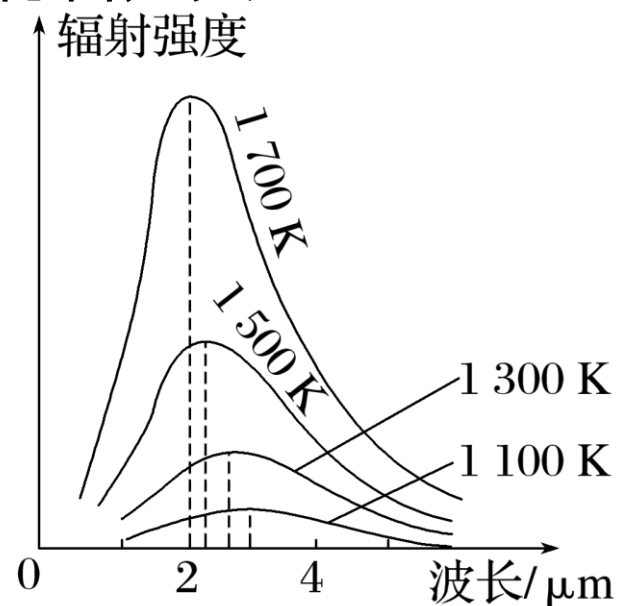
考点一 黑体辐射及实验规律

- 1.黑体能够反射各种波长的电磁波，但不会辐射电磁波.(×)
- 2.黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与温度有关，随着温度的升高，各种波长的辐射强度都增加，辐射强度极大值向波长较短的方向移动.(√)
- 3.玻尔为得出黑体辐射的强度按波长分布的公式，提出了能量子的假说.(×)

考点一 黑体辐射及实验规律

例1 关于黑体辐射的实验规律如图所示，下列说法正确的是

- A. 黑体不能完全吸收照射到它上面的光波
- B. 随着温度的降低，各种波长的光辐射强度都有所增加
- C. 随着温度的升高，辐射强度极大值向波长较长的方向移动
- D. 黑体辐射的强度只与它的温度有关，与形状和黑体材料无关



考点一 黑体辐射及实验规律

例2 (2022·全国乙卷·17)一点光源以113 W的功率向周围所有方向均匀地辐射波长约为 6×10^{-7} m的光, 在离点光源距离为 R 处每秒垂直通过每平方米的光子数为 3×10^{14} 个.普朗克常量为 $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s. R 约为

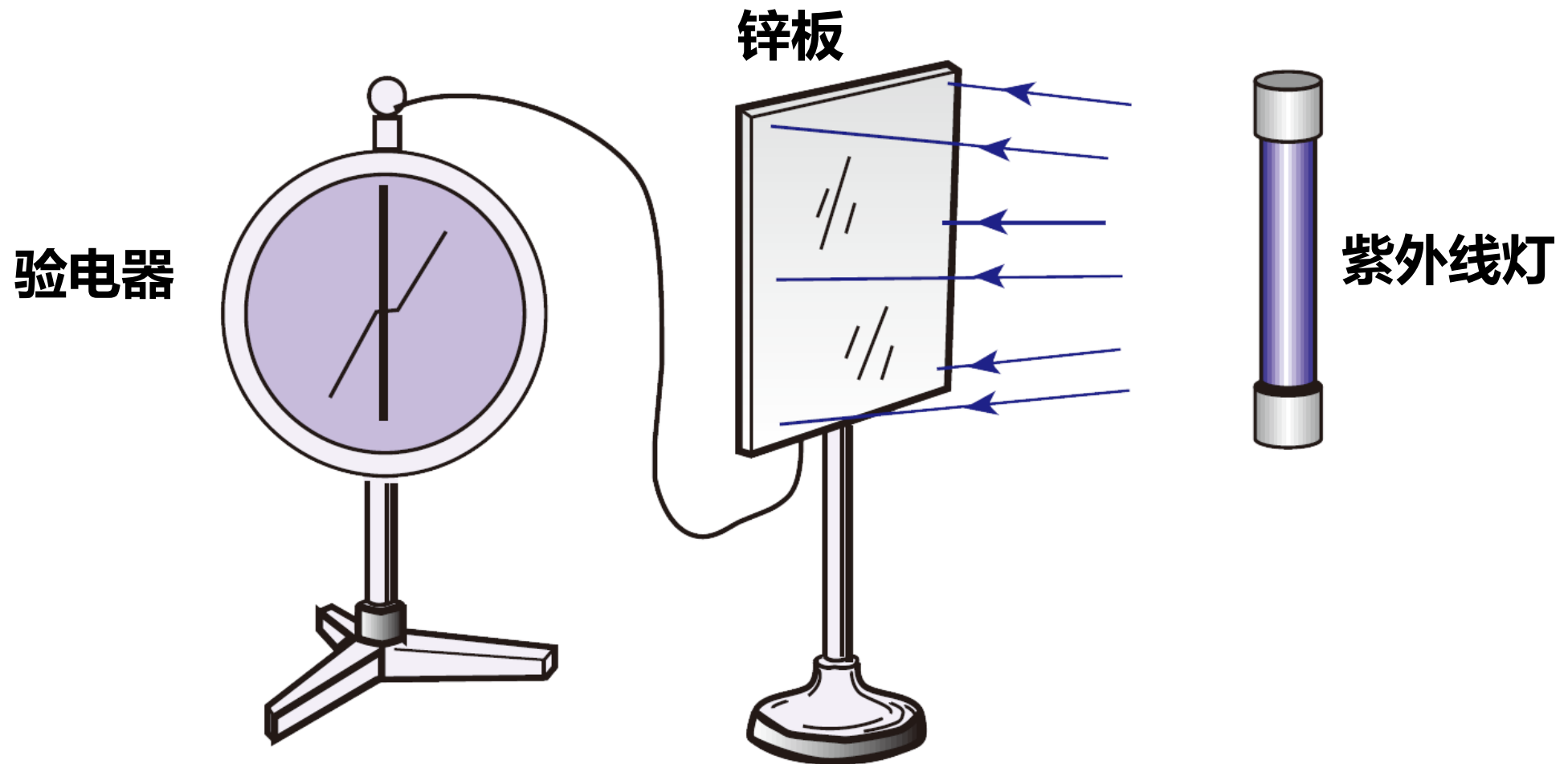
A. 1×10^2 m

B. 3×10^2 m

C. 6×10^2 m

D. 9×10^2 m

考点二 光电效应



考点二 光电效应

1.光电效应及其规律

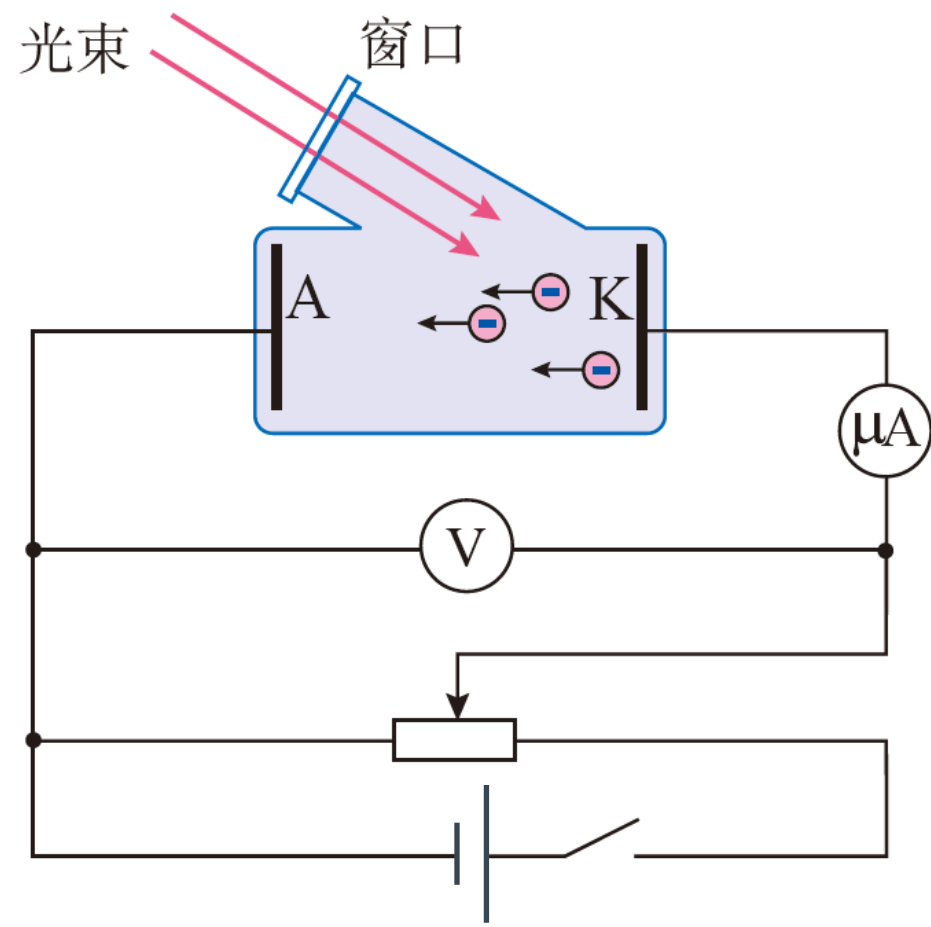
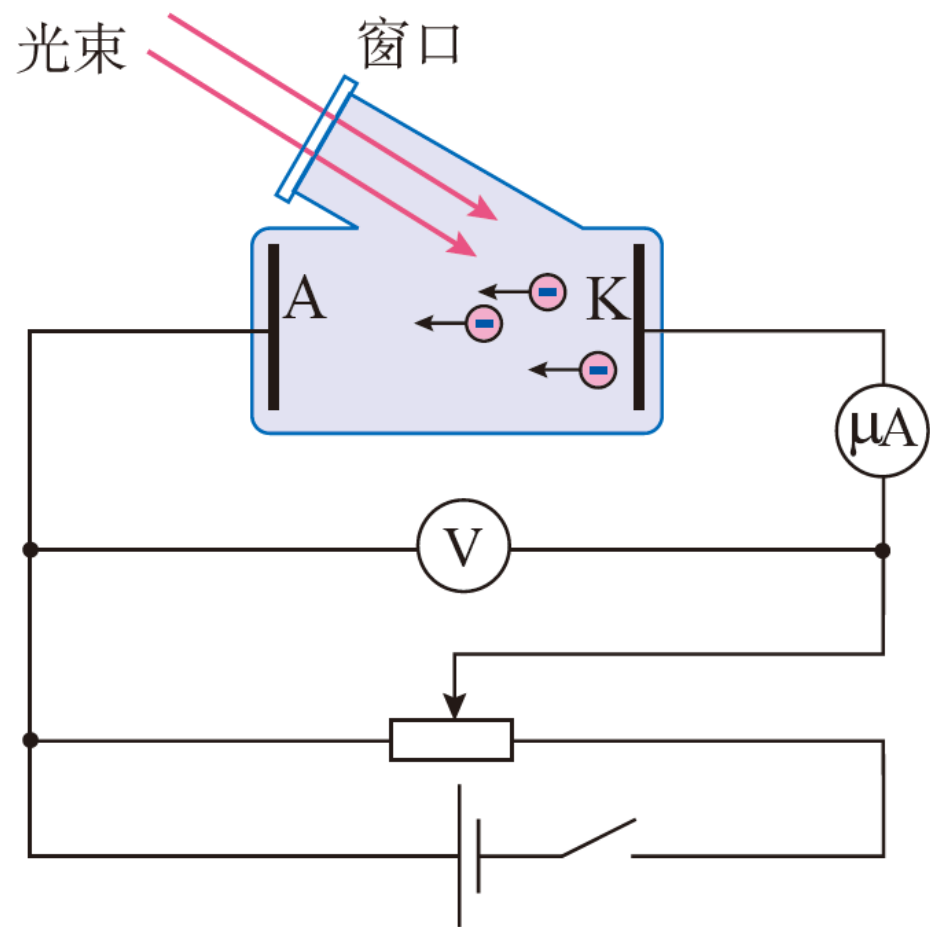
(1)光电效应现象

照射到金属表面的光，能使金属中的电子从表面逸出，这个现象称为光电效应，这种电子常称为光电子。

(2)光电效应的产生条件

入射光的频率大于或等于金属的截止频率。

考点二 光电效应



考点二 光电效应

1.光电效应及其规律

(3)光电效应规律

- ①每种金属都有一个截止频率 ν_c ，入射光的频率必须大于或等于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无关，只随入射光频率的增大而增大.
- 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，在光的颜色不变的情况下，入射光越强，饱和电流越大，逸出的光电子数越多，逸出光电子的数目与入射光的强度成正比，饱和电流的大小与入射光的强度成正比.

考点二 光电效应

2. 爱因斯坦光电效应方程

(1) 光电效应方程

①表达式： $h\nu = E_k + W_0$ 或 $E_k = \underline{h\nu - W_0}$.

②物理意义：金属表面的电子吸收一个光子获得的能量是 $h\nu$ ，这些能量的一部分用来克服金属的逸出功 W_0 ，剩下的表现为逸出后电子的____最大初动能。

(2)逸出功 W_0 ：电子从金属中逸出所需做功的最小值， $W_0 = h\nu_c = \underline{h\frac{c}{\lambda_c}}$.

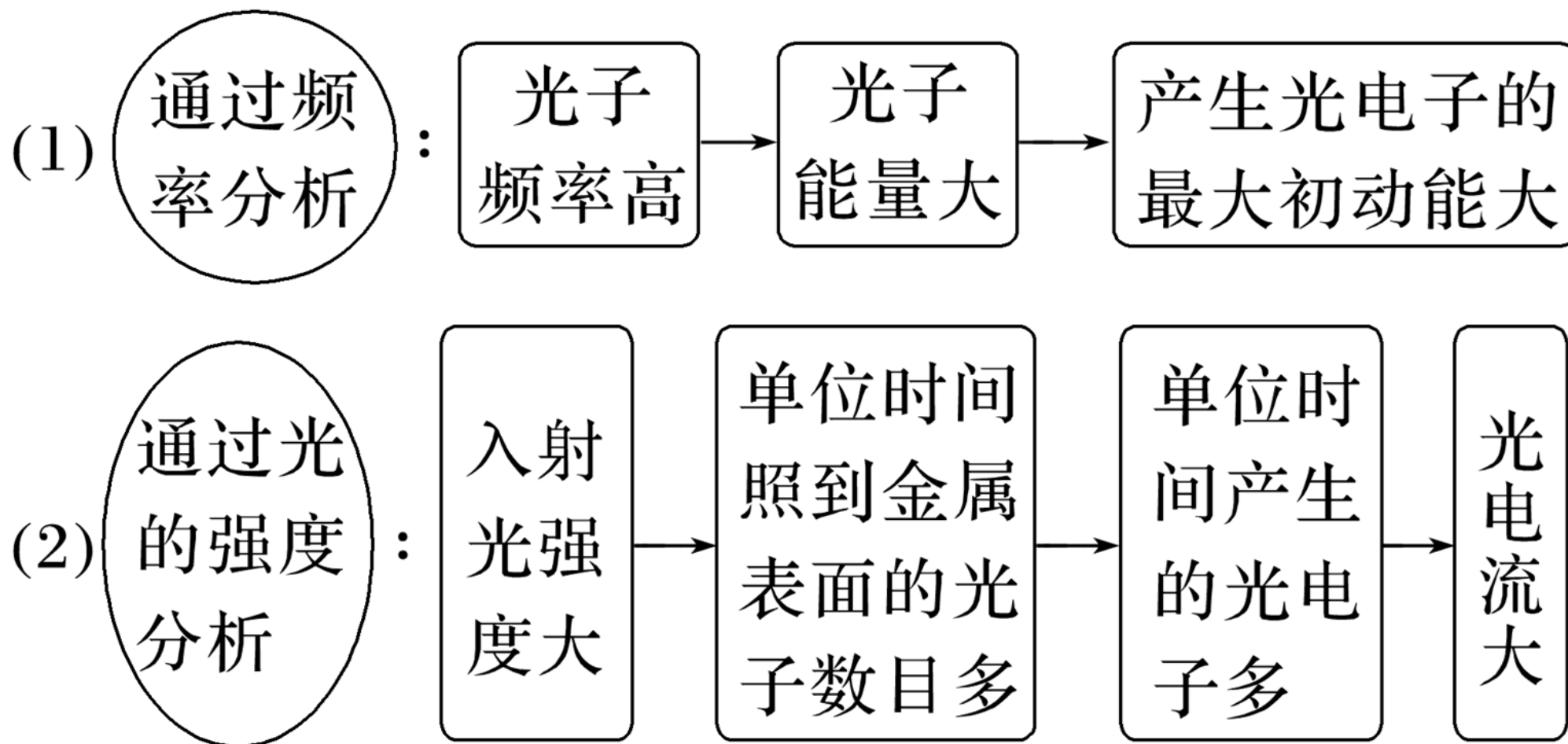
(3)最大初动能：发生光电效应时，金属表面上的电子吸收光子后克服原子核的引力逸出时所具有的动能的最大值。

考点二 光电效应

- 1.光子和光电子都不是实物粒子.(×)
- 2.只要入射光的强度足够大,就可以使金属发生光电效应.(×)
- 3.要使某金属发生光电效应,入射光子的能量必须大于或等于该金属的逸出功.(√)
- 4.光电子的最大初动能与入射光子的频率成正比.(×)

考点二 光电效应

光电效应的分析思路



考点二 光电效应

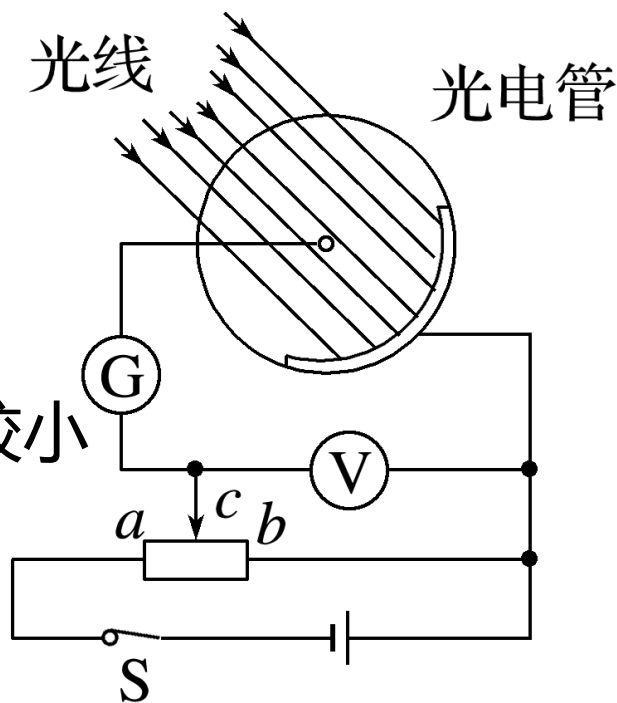
例3 (2023·天津市质检)光电效应实验中，下列表述正确的是

- A.光照时间越长，光电子最大初动能越大
- B.入射光足够强就可以有光电流导出
- C.遏止电压与入射光的强度有关
- D.入射光频率小于截止频率时，不论光照时间多长，都不能发生光电效应

考点二 光电效应

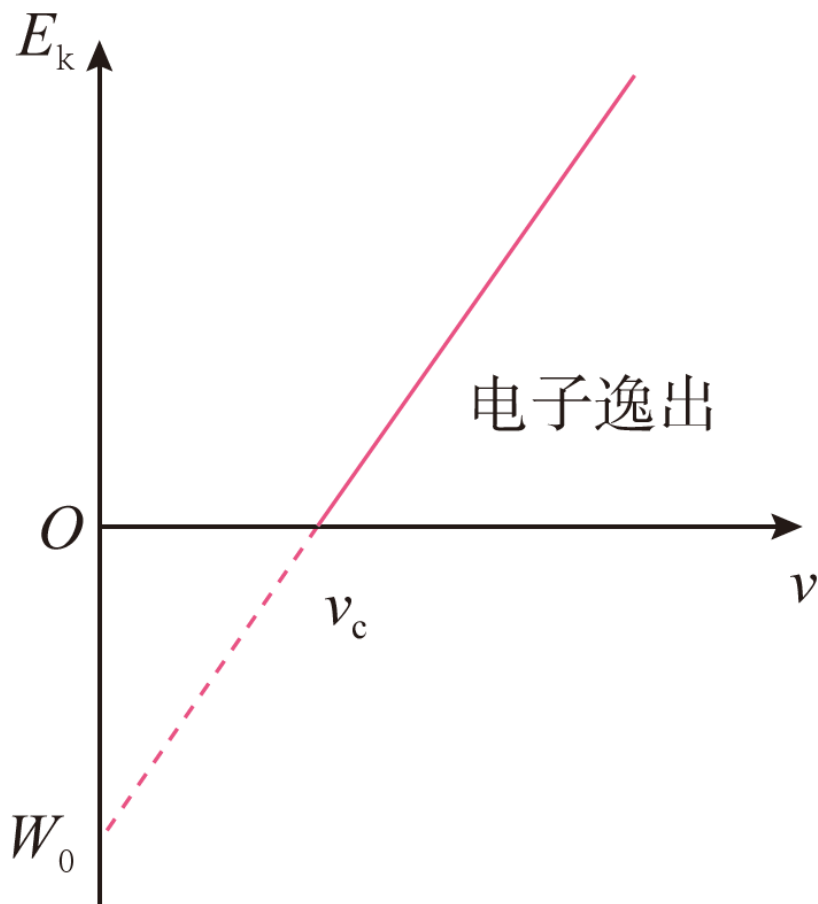
例4 (2023·江苏省如东高级中学检测)用如图所示的装置研究光电效应现象,当用光子能量为 3.6 eV 的光照射到光电管上时,电流表G有读数.移动变阻器的触头 c ,当电压表的示数大于或等于 0.9 V 时,电流表读数为0,则以下说法正确的是

- A. 光电子的初动能可能为 0.8 eV
- B. 光电管阴极的逸出功为 0.9 eV
- C. 开关S断开后,电流表G示数为0
- D. 改用能量为 2 eV 的光子照射,电流表G有电流,但电流较小



考点三 光电效应中常见的四类图像

最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的关系



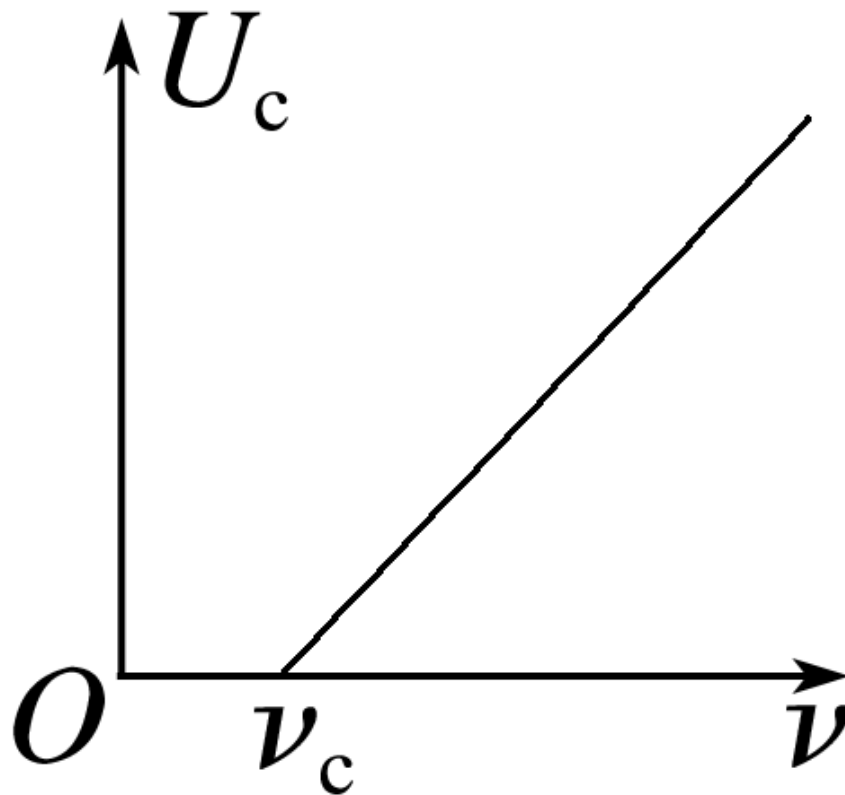
①截止频率 ν_c ：图线与 ν 轴交点的横坐标

②逸出功 W_0 ：图线与 E_k 轴交点的纵坐标的绝对值 $W_0 = |-E| = E$

③普朗克常量 h ：图线的斜率 $k = h$

考点三 光电效应中常见的四类图像

遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系



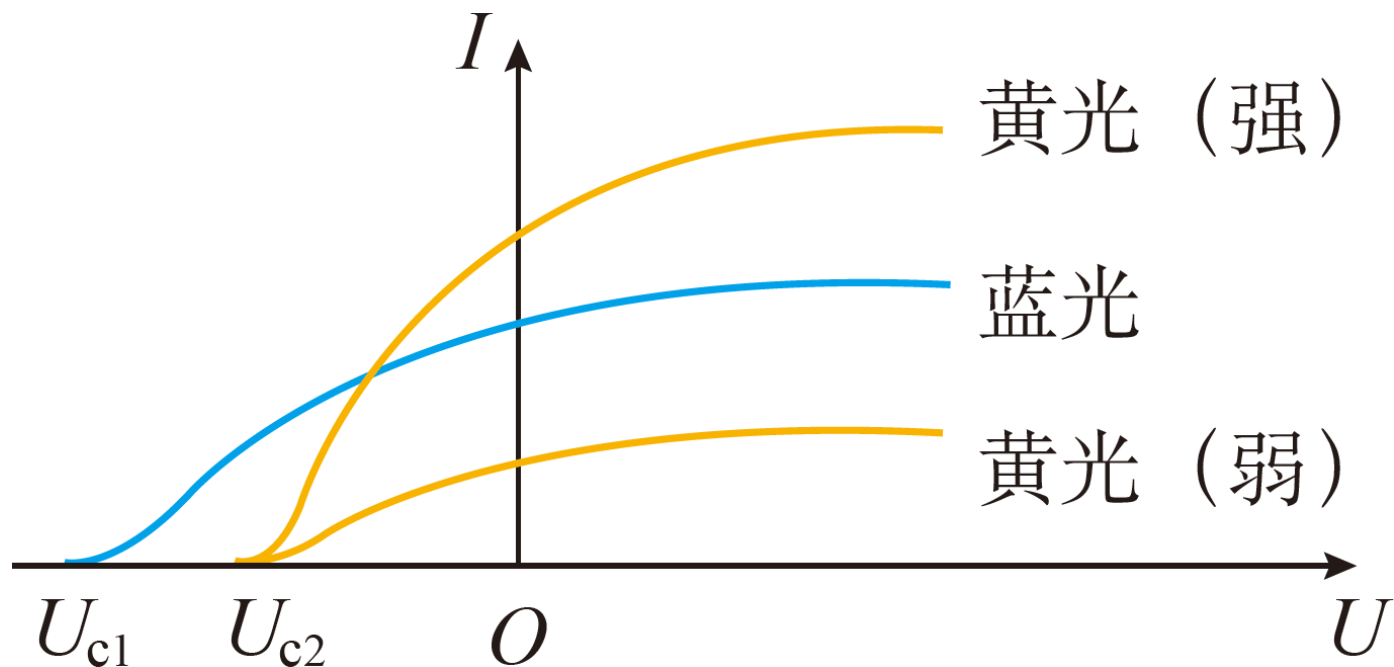
①截止频率 ν_c ：图线与横轴的交点的横坐标

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)

考点三 光电效应中常见的四类图像

颜色相同、强度不同的光，光电流与电压的关系



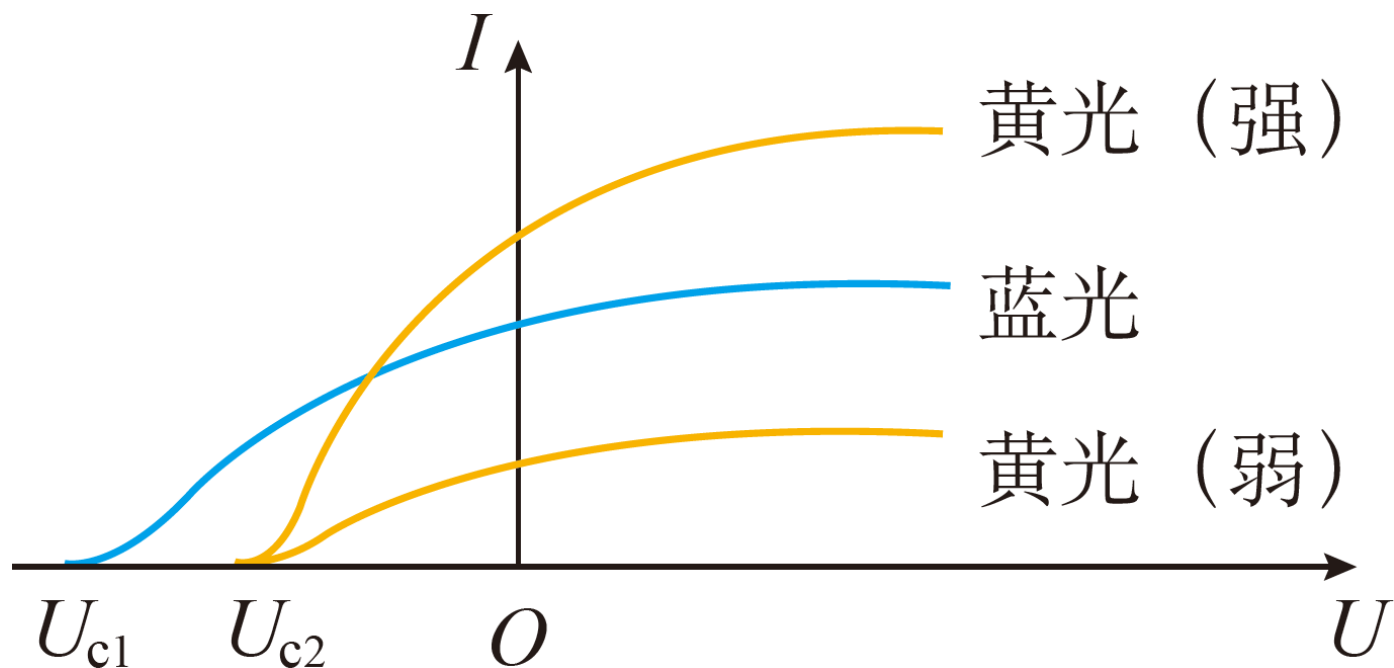
①遏止电压 U_c : 图线与横轴的交点的横坐标

②饱和电流: 电流的最大值

③最大初动能: $E_k = eU_c$

考点三 光电效应中常见的四类图像

颜色不同时，光电流与电压的关系



①遏止电压 U_{c1} 、 U_{c2}

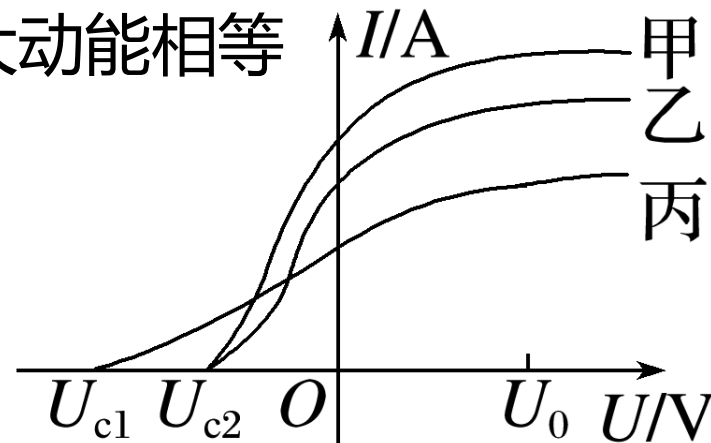
②饱和电流

③最大初动能 $E_{k1} = eU_{c1}$, $E_{k2} = eU_{c2}$

考点三 光电效应中常见的四类图像

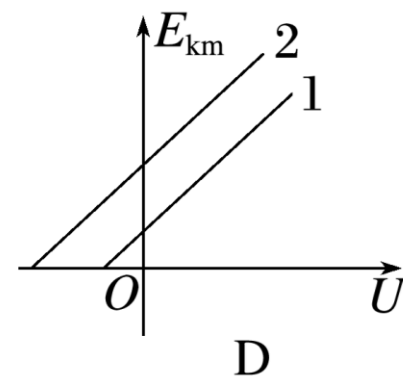
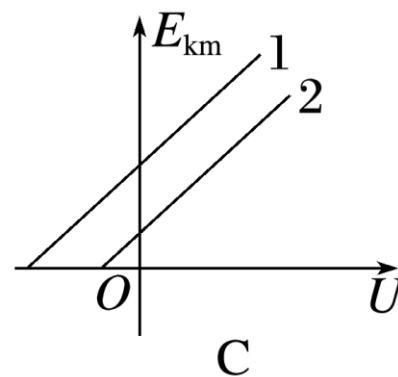
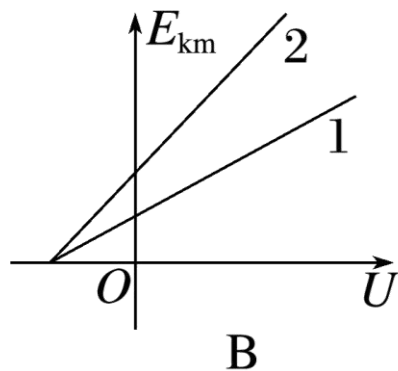
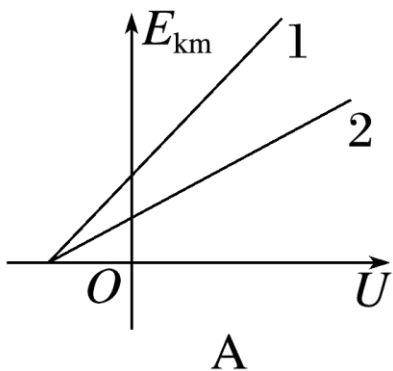
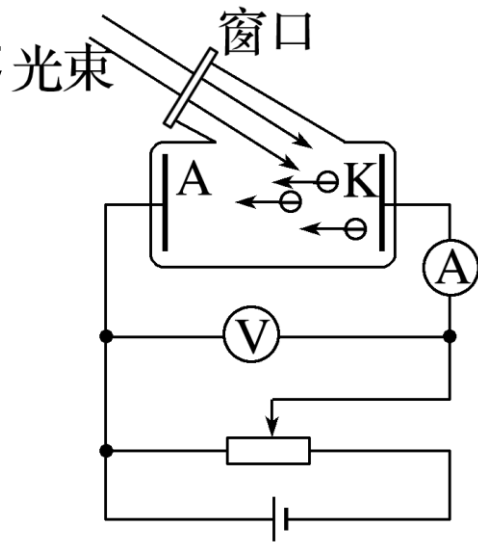
例5 (2023·江苏南通市模拟)在光电效应实验中,某同学用同一光电管在不同实验条件下得到三条光电流与电压之间的关系曲线(甲光、乙光、丙光),如图所示.则

- A. 甲光的强度小于乙光的强度
- B. 乙光的频率大于丙光的频率
- C. 丙光照射时,逸出的所有光电子的物质波波长都最短
- D. 当电压等于 U_0 时,甲、乙光对应的光电子的最大动能相等



考点三 光电效应中常见的四类图像

例6 (2021·江苏卷·8)如图所示, 分别用1、2两种材料作K极进行光电效应探究, 其截止频率 $\nu_1 < \nu_2$, 保持入射光不变, 则光电子到达A极时动能的最大值 E_{km} 随电压 U 变化关系的图像是



考点四 光的波粒二象性与物质波

1.光的波粒二象性

(1)光的干涉、衍射、偏振现象证明光具有波动性.

(2)光电效应说明光具有粒子性.

(3)光既具有波动性，又具有粒子性，称为光的波粒二象性.

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大的地方，暗条纹是光子到达概率小的地方，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.

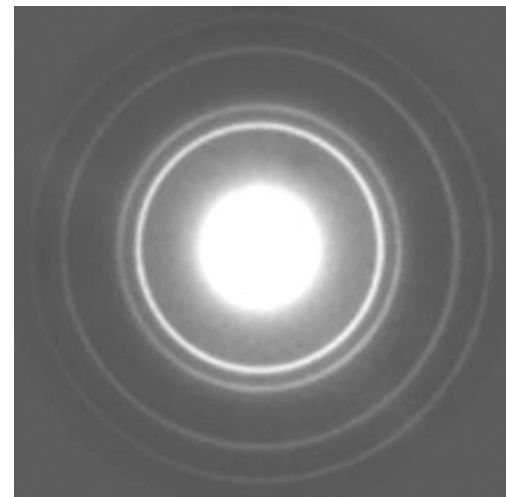
考点四 光的波粒二象性与物质波

- 1.光的频率越高，光的粒子性越明显，但仍具有波动性.(☒)
- 2.法国物理学家德布罗意大胆预言了实物粒子在一定条件下会表现为波动性.(☒)

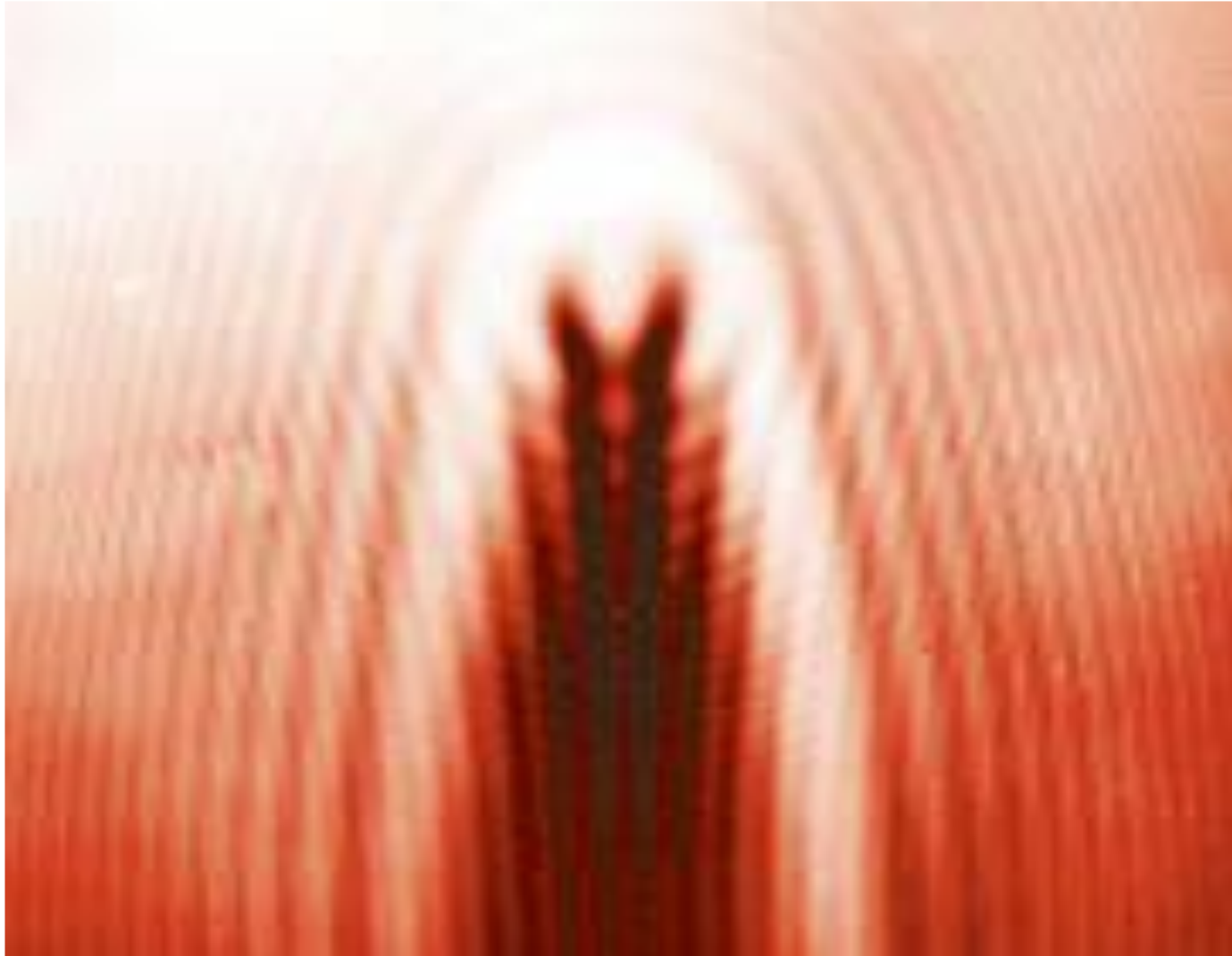
考点四 光的波粒二象性与物质波

例7 (2023·江苏苏北七市联考)著名物理学家汤姆孙曾在实验中让电子束通过电场加速后,通过多晶薄膜得到了如图所示衍射图样,已知电子质量为 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$,加速后电子速度 $v = 5.0 \times 10^6 \text{ m/s}$,普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$,则

- A.该图样说明了电子具有粒子性
- B.该实验中电子的德布罗意波长约为0.15 nm
- C.加速电压越大,电子的物质波波长越大
- D.使用电子束工作的电子显微镜中,加速电压越大,分辨本领越弱



考点四 光的波粒二象性与物质波



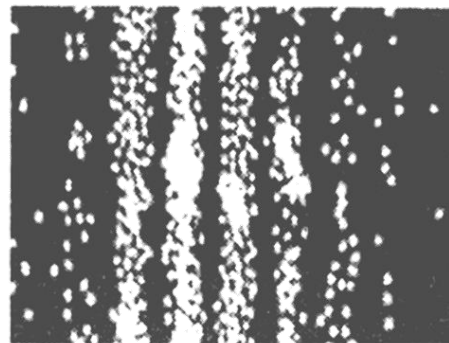
考点四 光的波粒二象性与物质波

例8 (2023·上海市师大附中高三月考)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(a)、(b)、(c)所示的图像, 则

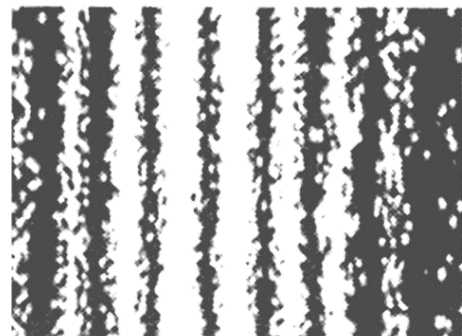
- A. 图像(a)表明光具有波动性
- B. 图像(c)表明光具有粒子性
- C. 用紫外线观察不到类似的图像
- D. 实验表明光是一种概率波



(a)



(b)



(c)



课时精练

第1练 光电效应 波粒二象性

1.关于光电效应，下列说法正确的是

- A.截止频率越大的金属材料逸出功越大
- B.只要光照射的时间足够长，任何金属都能发生光电效应
- C.从金属表面逸出的光电子的最大初动能越大，这种金属的逸出功越小
- D.入射光的光强一定时，频率越高，单位时间内逸出的光电子数就越多

第1练 光电效应 波粒二象性

2.波粒二象性是微观世界的基本特征，以下说法正确的有

- A.光电效应现象揭示了光的粒子性
- B.热中子束射到晶体上产生衍射图样说明中子具有粒子性
- C.黑体辐射的实验规律可用光的波动性解释
- D.动能相等的质子和电子，它们的德布罗意波的波长也相等

第1练 光电效应 波粒二象性

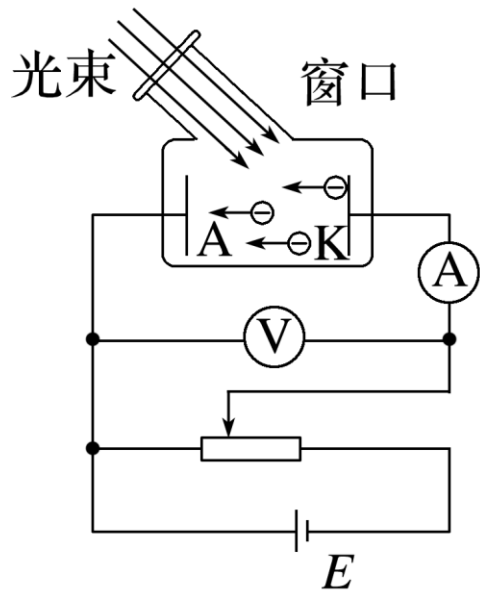
3.(2022·江苏卷·4)上海光源通过电子 - 光子散射使光子能量增加, 光子能量增加后

- A.频率减小
- B.波长减小
- C.动量减小
- D.速度减小

第1练 光电效应 波粒二象性

4.研究光电效应的电路图如图所示，关于光电效应，下列说法正确的是

- A.任何一种频率的光，只要照射时间足够长，电流表就会有示数
- B.若电源电动势足够大，滑动变阻器滑片向右滑，电流表的示数能一直增大
- C.调换电源的正负极，调节滑动变阻器的滑片，电流表的示数可能变为零
- D.光电效应反映了光具有波动性



第1练 光电效应 波粒二象性

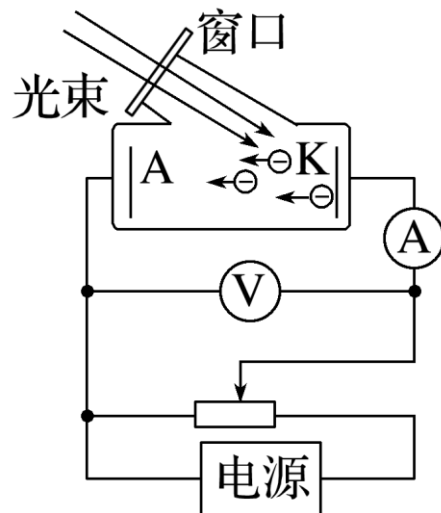
5.(2023·江苏连云港市模拟)科学家以高速电子束为“光源”利用冷冻电镜“拍摄”到了新冠病毒的3D影像.冷冻电镜分辨率比光学显微镜高1 000倍以上,可达0.2 nm.不考虑相对论效应,下列说法正确的是

- A.冷冻电镜的分辨率非常高,是由于电子的德布罗意波长长
- B.用高倍光学显微镜也能拍摄到新冠病毒的影像
- C.电子运动的速度越大,其德布罗意波的衍射能力越强
- D.若用相同动能的质子代替电子,也能“拍摄”到新冠病毒的3D影像

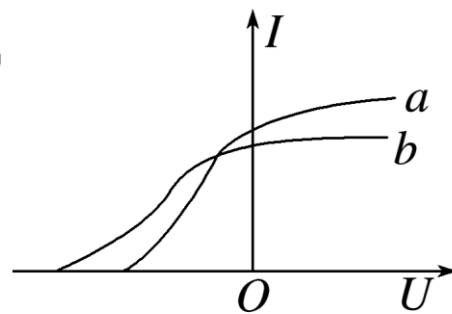
第1练 光电效应 波粒二象性

6.(2023·江苏省南京航空航天大学附属高级中学高三开学考试)某实验小组用图甲所示电路研究 a 、 b 两种单色光的光电效应现象,通过实验得到光电流 I 与电压 U 的关系如图乙所示,由图可知

- A. 光电子的最大初动能 $E_{ka} > E_{kb}$
- B. 若 a 光可以让处于基态的氢原子电离,则 b 光一定也可以
- C. 两种光照射金属K时的逸出功不一样
- D. 两种光的频率 $\nu_a > \nu_b$



甲



乙

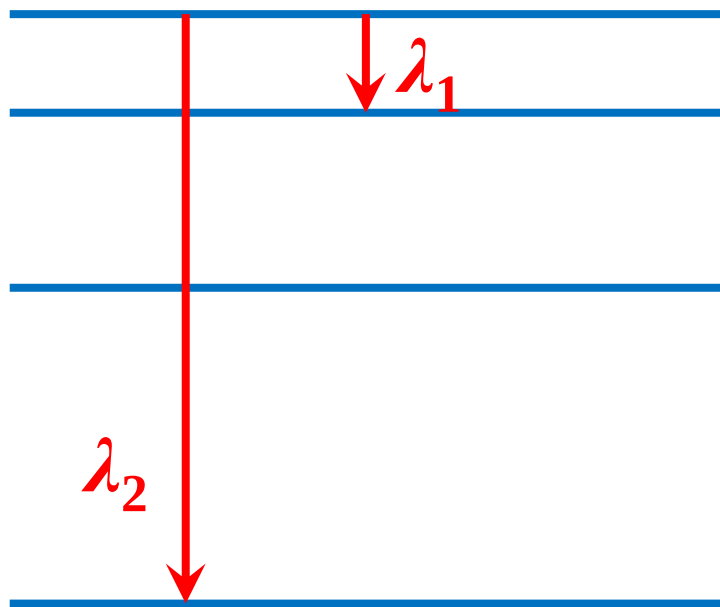
第1练 光电效应 波粒二象性

7.(2020·江苏卷·12(1)(2))(1)“测温枪”(学名“红外线辐射测温仪”)具有响应快、非接触和操作方便等优点.它是根据黑体辐射规律设计出来的,能将接收到的人体热辐射转换成温度显示.若人体温度升高,则人体热辐射强度 I 及其极大值对应的波长 λ 的变化情况是_____.

- A. I 增大, λ 增大
- B. I 增大, λ 减小
- C. I 减小, λ 增大
- D. I 减小, λ 减小

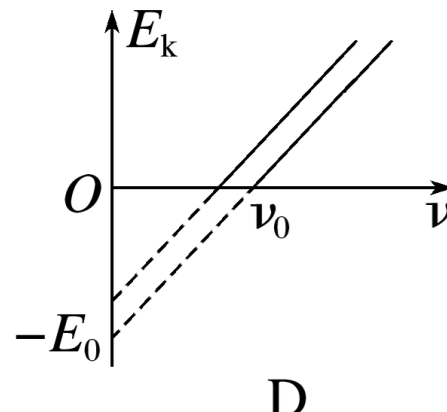
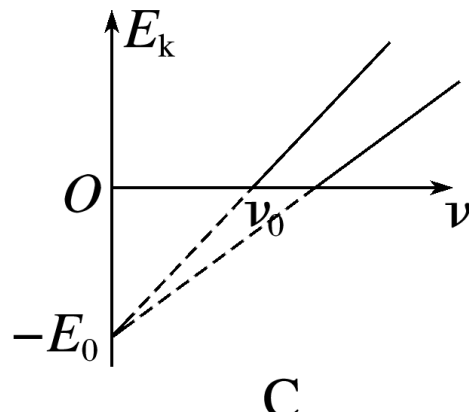
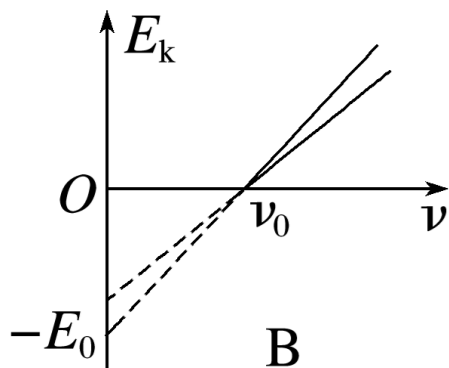
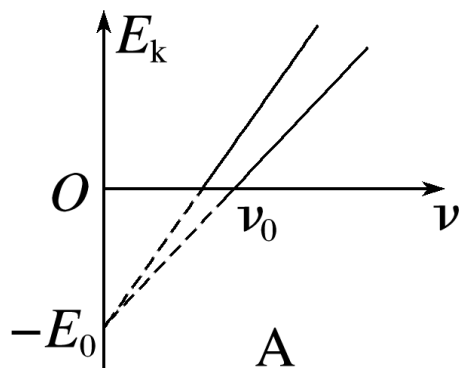
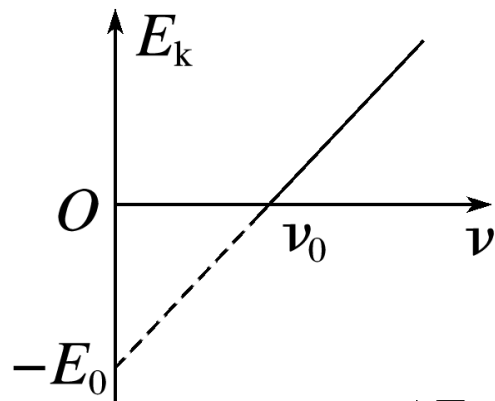
第1练 光电效应 波粒二象性

7.(2)大量处于某激发态的氢原子辐射出多条谱线，其中最长和最短波长分别为 λ_1 和 λ_2 ，则该激发态与基态的能量差为_____，波长为 λ_1 的光子的动量为_____。(已知普朗克常量为 h ，光速为 c)



第1练 光电效应 波粒二象性

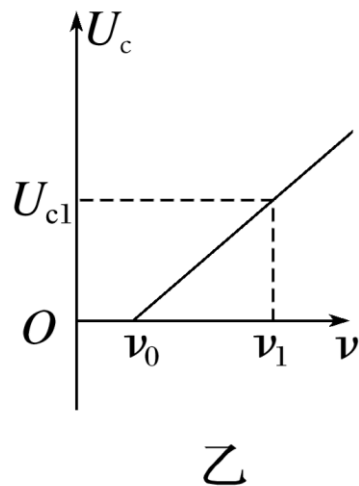
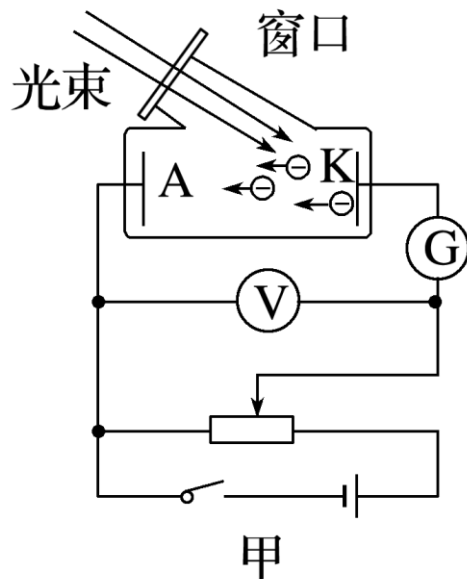
8.(2023·江苏常州市模拟)某金属在不同频率光的照射下发生光电效应,产生光电子的最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的图像,如图所示,换用其他金属开展相同实验,下列图像可能正确的是



第1练 光电效应 波粒二象性

9.(2023·江苏南京市检测)图甲是探究光电效应实验电路图,光电管遏止电压 U_c 随入射光频率 ν 的变化规律如图乙所示.下列判断正确的是

- A.入射光的频率 ν 不同,遏止电压 U_c 相同
- B.入射光的频率 ν 不同,光照强度不同, $U_c - \nu$ 图像的斜率相同
- C.图甲所示电路中,当电压增大到一定数值时,电流计将达到饱和电流
- D.只要入射光的光照强度相同,光电子的最大初动能就一定相同



第1练 光电效应 波粒二象性

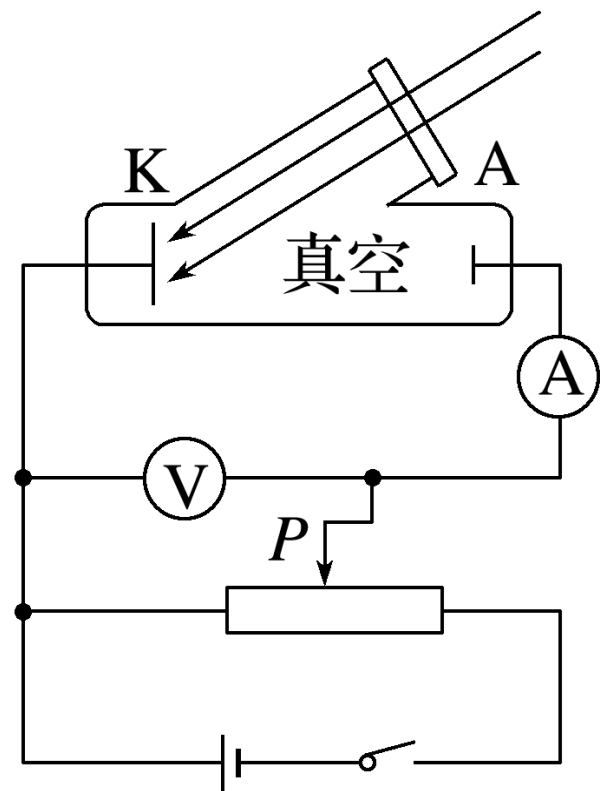
10.(2023·山西省榆次一中模拟)如图所示, 分别用波长为 λ 、 2λ 的光照射光电管的阴极K, 对应的遏止电压之比为3:1, 则光电管的截止频率对应的光的波长是

A. 2λ

B. 3λ

C. 4λ

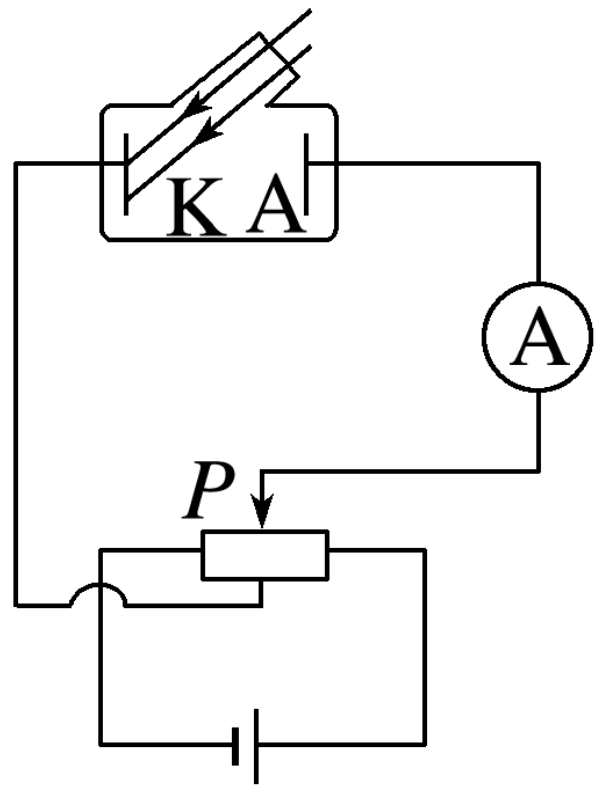
D. 6λ



第1练 光电效应 波粒二象性

11.(2023·江苏省阜宁中学检测)如图所示,某种单色光照射到光电管的阴极上时,电流表有示数,则下列说法不正确的是

- A.增大单色光的强度,电流表的示数将增大
- B.滑片 P 向左移,电流表示数将减小,甚至为零
- C.滑片 P 向左移,电流表示数将增大
- D.入射的单色光的频率一定大于阴极材料的截止频率



第1练 光电效应 波粒二象性

12.(2023·江苏泰兴市第一高级中学月考)光照射到物体上对物体表面产生的压力叫光压,科学家设想在未来的宇航事业中利用太阳照射到太阳帆上产生的光压来加速星际飞船,设该飞船所在地每秒每单位面积接收到光的总能量为 E ,光平均波长为 λ ,光在真空中的速度为 c ,太阳帆面积为 S ,反射率100%,设太阳光垂直射到太阳帆上,飞船总质量为 m ,普朗克常量为 h .求:

- (1)太阳帆上每秒内接收到光子的个数;
- (2)星际飞船飞行的加速度.