

第 55 讲 光电效应及波粒二象性

——划重点之精细讲义系列



考点 1	普朗克黑体辐射理论
考点 2	光电效应的理解
考点 3	光电效应方程及图象的理解
考点 4	氢原子光谱和波尔的原子模型
考点 5	光及实物粒子的波粒二象性



一. 黑体与黑体辐射

1. 黑体与黑体辐射

(1) 黑体定义：一般物体在热辐射的同时还会吸收和反射外界射来的电磁波. 如果某种物体**能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射**，这种物体就叫作黑体，或称绝对黑体。

(2) 黑体辐射特点：**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**。

2. 能量子：

(1) 定义：振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值 ε 的整数倍. 例如，可能是 ε 或 2ε 、 3ε ……这个不可再分的最小能量值 ε 叫作能量子. 这些能量子后来被叫作光子。

(2) 公式： $\varepsilon = h\nu$ ，其中 ν 是电磁波的频率， h 是一个常量，后人称之为普朗克常量，其值为 $h = 6.62607015 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ，通常取 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 。

二. 光电效应及其规律

1. 光电效应现象

在光的照射下，金属中的电子从表面逸出的现象，发射出来的**电子叫光电子**。

2. 光电效应的产生条件

入射光的频率大于金属的极限频率（截止频率）。

3. 光电效应规律

(1) 每种金属都有一个极限频率（截止频率），入射光的频率必须大于这个极限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极限频率时，饱和光电流的强度与入射光的强度成正比。

三. 爱因斯坦光电效应方程

1. 光子说

在空间传播的光不是连续的，而是一份一份的，每一份叫做一个光子，光子的能量 $\varepsilon = h\nu$ 。

2. 逸出功 W_0 ：电子从金属中逸出所需做功的最小值。

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。

4. 光电效应方程

(1)表达式： $h\nu = E_k + W_0$ 或 $E_k = h\nu - W_0$ 。

(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。

四. 氢原子光谱

氢原子光谱线是最早被发现、研究的光谱线，这些光谱线可用一个统一的**巴尔末公式**表示：

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n=3, 4, 5, \dots)$$

说明：①巴尔末公式适用于可见光区的谱线；② R_{∞} 叫作里德伯常量，实验测得 $R_{\infty} = 1.10 \times 10^7 \text{m}^{-1}$ ；

③ n 只能取不小于3的整数，氢原子光谱的波长只能取分立值。

五. 玻尔的原子模型

(1)玻尔理论

①轨道假设：原子中的电子在库仑引力的作用下，绕原子核做圆周运动，电子绕核运动的可能轨道是不连续的；

②定态假设：电子在不同的轨道上运动时，原子处于不同的状态。因而具有不同的能量，即原子的能量是不连续的。这些具有确定能量的稳定状态称为定态，在各个定态中，处于基态的原子是稳定的，不向外辐射能量；

③跃迁假设：原子从一个能量状态向另一个能量状态跃迁时要放出或吸收一定频率的光子，光子的能量等于这两个状态的能量差，即 $h\nu = E_m - E_n$ 。

(2)几个概念

①能级：在玻尔理论中，原子各个状态的能量值；

②基态：原子能量最低的状态；

③激发态：在原子能量状态中除基态之外的其他能量较高的状态；

④量子数：原子的状态是不连续的，用于表示原子状态的正整数。

(3)氢原子的能级和轨道半径

①氢原子的半径公式： $r_n = n^2 r_1 (n=1, 2, 3, \dots)$ ，其中 r_1 为基态半径， $r_1 = 0.53 \times 10^{-10} \text{m}$ ；

②氢原子的能级公式： $E_n = \frac{1}{n^2} E_1 (n=1, 2, 3, \dots)$ ，其中 E_1 为基态能量， $E_1 = -13.6 \text{eV}$ 。

六、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、康普顿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。

考点剖析理重点

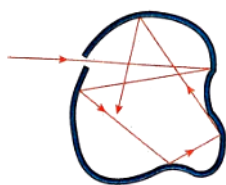
考点 1：普朗克黑体辐射理论

1. 黑体与黑体辐射

①一般物体都或多或少会反射各种波长的电磁波，因而其热辐射情况既与温度有关，又与材料种类及其表面状况有关，而黑体的热辐射只与温度有关，可见只有黑体辐射反映的是物体本身热辐射与温度的关系，所以在研究热辐射规律时，人们特别注意对黑体辐射的研究。

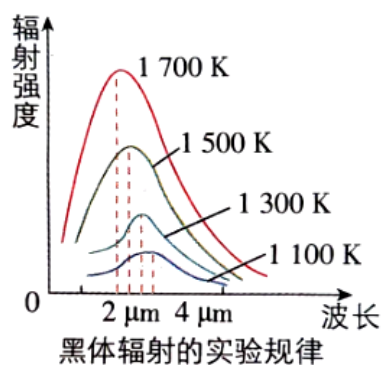
②黑体全部吸收外来电磁波而不向外反射，但是向外辐射自身的电磁波。

③黑体指的是在任何温度下都能全部吸收任何波长的电磁波而不发生反射的物体，黑体本身也能向外辐射电磁波，并非在任何温度下都呈黑色，只有当自身辐射的可见光非常微弱时看上去才是黑色。影响黑体辐射强度分布的唯一因素是黑体的温度，与其他任何因素无关。



④黑体是一种理想模型，绝对的黑体实际上是不存在的，但可以用某装置近似地代替。如图所示，如果在一个空腔壁上开一个小孔，那么射入小孔的电磁波在空腔内表面会发生多次反射和吸收，最终不能从空腔射出。这个小孔可近似成一个绝对黑体。

2. 黑体辐射的实验规律



甲

- (1)任何温度下黑体都会同时辐射各种波长的电磁波；
- (2)随着温度的升高，黑体辐射不同波长的电磁波的强度都有所增加；
- (3)随着温度的升高，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。

3. 能量的量子化

在微观世界中 **能量不能连续变化, 只能取分立值, 这种现象叫作能量的量子化**.

物体在辐射或吸收能量的时候, 只能从某一状态“飞跃”地过渡到另一状态, 而不可能停留在不符合这些能量的任何一个中间状态。

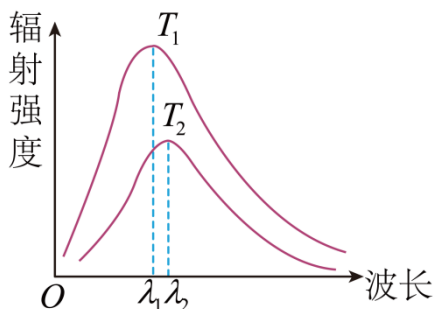
在 **宏观尺度内研究物体的能量变化**时, 我们可以认为物体的 **能量变化是连续的**, 不必考虑量子化.



【考向1】 (2024·湖北黄石·三模) 维恩位移定律是热辐射的基本定律之一, 是指在一定温度下, 绝对黑体的温度与辐射强度最大值相对应的波长 λ 的乘积为一常数。公式表达为 $\lambda_m T = b$, 其中 $b = 2.898 \times 10^{-3} \text{m} \cdot \text{K}$, 将太阳看作绝对黑体, 测得其单色辐射度在 $\lambda_m = 550 \text{nm}$ 处有极大值, 由此计算太阳表面温度约为 ()

- A. 4800K
- B. 5300K
- C. 5500K
- D. 5573K

【考向2】 人们认识量子论的第一步始于对黑体辐射实验规律的解释, 下图画出了 T_1 、 T_2 两种温度下黑体的辐射强度与其辐射光波长的关系, 下列说法正确的是 ()



- A. $T_1 < T_2$
- B. 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
- C. 随着温度升高, 波长短的辐射强度增大, 波长长的辐射强度减小
- D. 爱因斯坦提出的能量子假说很好地解释了黑体辐射的实验规律

【考向3】 关于热辐射, 下列说法正确的是 ()

- A. 只有高温物体才辐射电磁波
- B. 物体辐射电磁波的情况只与温度有关
- C. 黑体的热辐射实质上是电磁辐射
- D. 黑体不能完全吸收入射的各种波长的电磁波

【考向4】 (多选) 下列有关黑体和黑体辐射的说法中正确的是 ()

- A. 黑体的热辐射实际上是电磁辐射

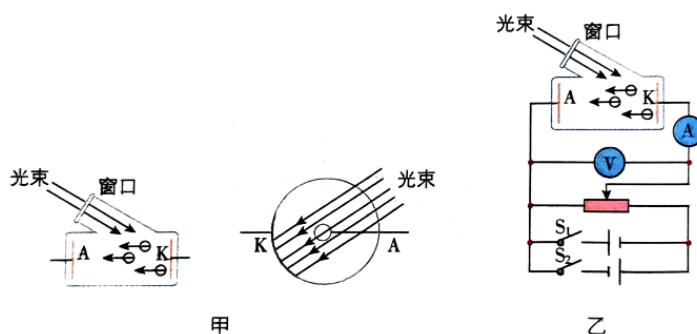
- B. 能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射的物体叫做黑体
- C. 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布与它的温度、材料的种类及表面状况有关
- D. 黑体的温度升高时可以辐射出任何频率的电磁波（包括可见光和不可见光）

考点剖析理重点

考点 2：光电效应的理解

1. 光电效应的实验研究

(1) **光电管**：阴极 K 和阳极 A 是密封在真空玻璃管中的两个电极，阴极 K 在受到光照时能够发射光电子，这个密封装置叫作光电管，如图甲，光电管的形状可以是长方体也可以是球体，**光电管接在电路中相当于一个光控开关**。



(2) **研究光电效应的实验**：如图乙所示，加在阴极 K 与阳极 A 之间电压的大小可以调节，电源的正负极也可以对调。

① a. **正向电压**：当 S_1 闭合、 S_2 断开时，阳极 A 接在电源正极，阴极 K 接在电源负极，在阳极和阴极之间的空间产生由阳极指向阴极的电场，光电管阴极产生的光电子受到指向阳极的电场力作用而向阳极加速运动，这时加在光电管上的电压叫正向电压；

b. **反向电压**：当 S_1 断开、 S_2 闭合时，所加电压为反向电压，光电子向阳极做减速运动

② **调节电压大小**：当滑动变阻器的滑片向右滑动时，加在光电管两端的电压(不管是正向电压还是反向电压)增大，向左滑动时加在光电管两端的电压减小。

③ **测量光电流大小**：有光电子从阴极 K 射出并能够运动到阳极 A，光电管中会形成电流，这个电流就叫光电流，**电流表的示数就是光电流的大小**。

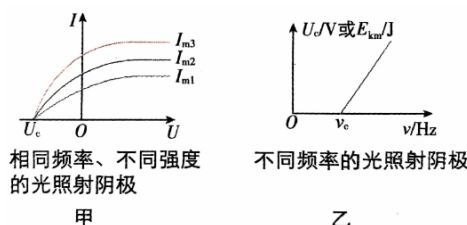
(3) 光电效应的实验结论

① **存在饱和电流 I_m** ：当正向电压 U 增加到一定值之后，光电流达到饱和值 I_m 。这是因为单位时间内从阴极 K 射出的光电子全部到达阳极 A。**若单位时间内从阴极 K 上逸出的光电子数目为 n ，则饱和电流 $I_m = ne$ ，式中 e 为电子的电荷量**。

实验结论：入射光越强，饱和电流越大，单位时间内发射的光电子越多，如图甲所示。

② **光电子具有初动能**：当电压 U 减小到零时，光电流 I 并没有减小至零，也就是说电子仍然能够自发地运动到阳极 A，这就表明从阴极 K 逸出的光电子具有初动能。

③存在遏止电压：反向电压为 U_c 时，恰好能阻止所有的光电子运动到阳极 A ，使**光电流减小到零，这个反向电压叫遏止电压**。利用动能定理来确定光电子的最大初速度 v_c 和遏止电压的关系为 $\frac{1}{2}m_e v_c^2 = eU_c$ 。在用相同频率、不同强度的光去照射阴极 K 时，得到的 $I-U$ 曲线如图甲所示。这说明**相同频率、不同强度的光所产生的光电子的最大初动能(遏止电压)是相同的**。



④存在截止频率(极限频率):当入射光的频率减小到某一数值 ν_c 时，光电流消失，这表明已经没有光电子了， ν_c 称为**截止频率或极限频率**。这就是说，当入射光的频率低于截止频率时不发生光电效应，如图乙所示。**截止频率与金属自身的性质有关**。

2. 对光电效应规律的解释

对应规律	对规律的产生的解释
光电子的最大初动能随着入射光频率的增大而增大，与入射光强度无关	电子吸收光子能量后，一部分克服原子核引力做功，剩余部分转化为光电子的初动能，只有直接从金属表面飞出的光电子才具有最大初动能，对于确定的金属，逸出功 W_0 是一定的，故光电子的最大初动能只随入射光的频率增大而增大，但并不是正比关系，而是线性关系。
光电效应具有瞬时性	光照射金属时，电子吸收一个光子的能量后，动能立即增大，不需要能量积累的过程，发生的时间一般不超过 10^{-9}s
光较强时饱和电流大	光较强时，包含的光子数较多，照射金属时产生的光电子较多，因而饱和电流较大
入射光的频率必须大于截止频率才能产生光电效应	任何一种金属都有一个截止频率，入射光频率必须大于这个频率才能让电子逸出。

3. 光电效应中的几个概念比较

(1)光子与光电子

光子指光在空间传播时的每一份能量，光子不带电；光电子是金属表面受到光照射时发射出来的电子，其本质是电子。

(2)光电子的动能与光电子的最大初动能

光照射到金属表面时，电子吸收光子的全部能量，可能向各个方向运动，需克服原子核和其他原子的阻碍而损失一部分能量，剩余部分为光电子的初动能；只有金属表面的电子直接向外飞出时，只需克服原子核的引力做功的情况，才具有最大初动能。

(3)光电流和饱和光电流

金属板飞出的光电子到达阳极，回路中便产生光电流，随着所加正向电压的增大，光电流趋于一个饱和值，这个饱和值是饱和光电流，在一定的光照条件下，饱和光电流与所加电压大小无关。

(4)光的强弱与饱和光电流

频率相同的光照射金属产生光电效应，入射光越强，饱和光电流越大。

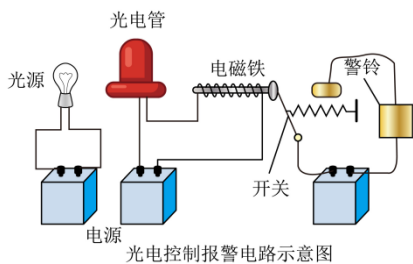
划重点

- (1) 光电效应的实质是金属中的电子获得能量后逸出金属表面，从而使金属带上正电。
- (2) 能否发生光电效应，不取决于光的强度，而是取决于光的频率。只要照射光的频率大于该金属的极限频率，无论照射光强弱，均能发生光电效应。
- (3) 加正向电压的目的：放大实验效果。光束照在阴极 K ，电路中电流很小，加正向电压后，大量电子在电场力的作用下向阳极运动，形成较大电流。
- (4) 光电流的方向从阳极 A 流向阴极 K ，跟两端电压是正向电压还是反向电压无关。
- (5) 入射光的强度是指单位时间内照射到金属表面单位面积上的总能量：入射光的强度等于单位时间内照射到单位面积上的光子的能量与光子数的乘积：①同种光子，数量越多，光强越大。②不同光子的光强相同时，光子的频率越大，单个光子的能量越大，光子数量越少。
- (6) 金属越活泼，逸出功越小，越容易发生光电效应。

划重点

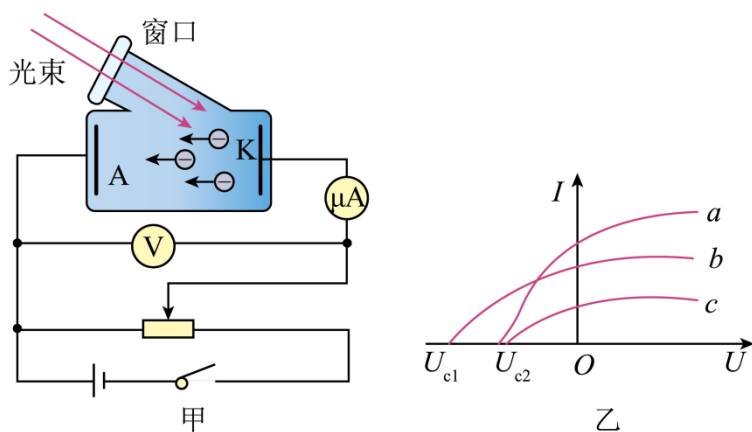
考向预测

【考向 5】（2024·福建漳州·三模）光电效应在自动化控制领域有着广泛的应用。如图所示的光电控制报警电路中，某一频率的光束照射到光电管，光电管产生光电效应，与光电管连接的电路有电流，电磁铁产生磁场，会吸引报警电路中的开关断开，从而实现自动控制。则（ ）



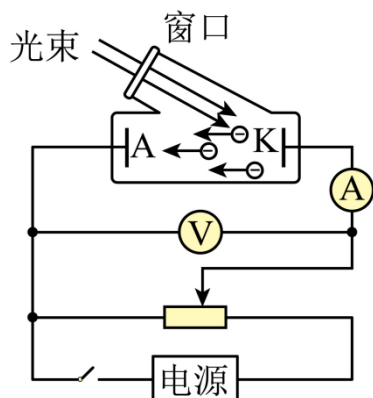
- 任意频率的光照射到光电管上，只要光照时间足够长就能产生光电流
- 对于光电管来说，入射光波长必须大于某一极限值，才能产生光电效应
- 该频率的光照射光电管，光的强度越强，单位时间内逸出的电子数越少
- 当物体从光源和光电管间通过时，挡住光束，使报警电路中的开关闭合

【考向 6】（2024·广东湛江·二模）光伏发电是提供清洁能源的方式之一，光伏发电的原理是光电效应。演示光电效应的实验装置如图甲所示， a 、 b 、 c 三种光照射光电管得到的三条电流表与电压表示数之间的关系曲线如图乙所示，下列说法正确的是（ ）



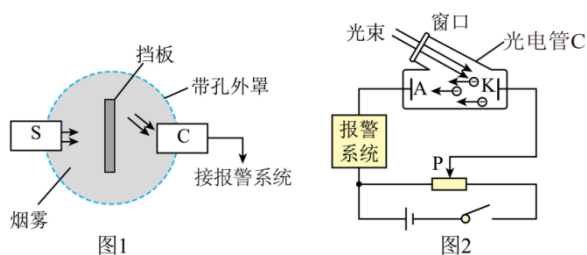
- A. 若 b 光为绿光，则 a 光可能是紫光
- B. a 光照射光电管发出光电子的最大初动能一定小于 b 光照射光电管发出光电子的最大初动能
- C. 单位时间内 a 光照射光电管发出的光电子比 c 光照射光电管发出的光电子少
- D. 若用强度相同的 a 、 b 光照射该光电管，则单位时间内逸出的光电子数相等

【考向 7】如图所示为某实验小组研究光电效应现象的实验电路图，照射光的频率 ν 大于光电管阴极 K 的截止频率 ν_0 ，普朗克常数为 h ，闭合电键，调节滑动变阻器滑片，下列说法正确的是（ ）



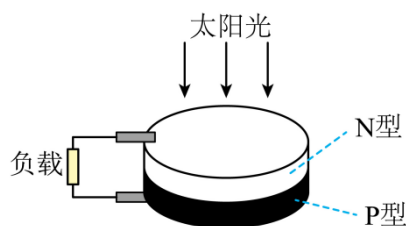
- A. 若发现电压表的示数增大，电流表的示数减小，则电源的左侧为正极
- B. 欲测量遏止电压来计算光电子的最大初动能，电源左侧应是正极
- C. 若调节滑动变阻器使电流表的示数刚好为零，此时电压表的示数应等于 $\frac{h\nu_0}{e}$
- D. 若照射光的频率增大为 2ν ，则逸出的光电子最大初动能增大 $h\nu$

【考向 8】（2024·北京海淀·一模）同学们设计的一种光电烟雾报警器的结构和原理如图 1 和图 2 所示。光源 S 向外发射某一特定频率的光，发生火情时有烟雾进入报警器内，由于烟雾对光的散射作用，会使部分光改变方向进入光电管 C 从而发生光电效应，于是有电流输入报警系统，电流大于 I_0 就会触发报警系统报警。某次实验中，当滑动变阻器的滑片 P 处于图 2 所示位置、烟雾浓度增大到 n 时恰好报警。假设烟雾浓度越大，单位时间内光电管接收到的光子个数越多。已知元电荷为 e ，下列说法正确的是（ ）



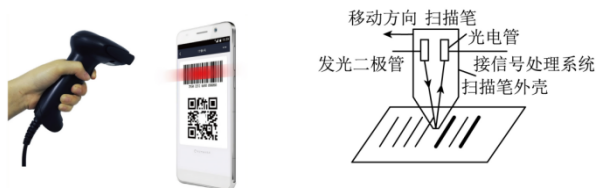
- 图1
- 图2
- A. 仅将图2中电源的正负极反接，在烟雾浓度为 n 时也可能触发报警
- B. 为使烟雾浓度达到 $1.2n$ 时才触发报警，可以仅将滑片P向左移动到合适的位置
- C. 单位时间内进入光电管的光子个数为 $\frac{I_0}{e}$ 时，一定会触发报警
- D. 报警器恰好报警时，将图2中的滑片P向右移动后，警报有可能会被解除

【考向9】（2024·陕西·一模）如图所示，某种材料制成太阳能电池的主体部分由P型半导体和N型半导体结合而成。当太阳光照射到该材料上时，材料吸收光子发生光电效应，自由电子向N型一侧移动，从而在两端形成电势差。已知该材料至少需要吸收波长为 λ 的绿光才能发生光电效应，普朗克常量为 h ，光速为 c ，则下列说法正确的是（ ）



- A. 通过负载的电流方向从上至下
- B. 该材料的逸出功为 $\frac{hc}{\lambda}$
- C. 用光强更强的红光照射该材料，只要照射时间足够长，也能产生光电效应
- D. 用光强相同的紫光和蓝光照射该材料，蓝光照射时，通过负载的电流较小

【考向10】（多选）（2024·浙江温州·三模）如图为某款条形码扫描笔的工作原理图，发光二极管发出的光频率为 ν_0 。将扫描笔笔口打开，在条形码上匀速移动，遇到黑色线条光几乎全部被吸收；遇到白色线条光被大量反射到光电管中的金属表面（截止频率 $0.8\nu_0$ ），产生光电流，如果光电流大于某个值，会使信号处理系统导通，将条形码变成一个个脉冲电信号。下列说法正确的是（ ）



- A. 扫描笔在条形码上移动的速度会影响相邻脉冲电信号的时间间隔
- B. 频率为 ν_0 的光照到光电管的金属表面立即产生光电子
- C. 若发光二极管发出频率为 $1.2\nu_0$ 的光，则一定无法识别条形码

D. 若发光二极管发出频率为 $0.5\nu_0$ 的光, 扫描笔缓慢移动, 也能正常识别条形码



考点 3: 光电效应方程及图象的理解

1. 爱因斯坦光电效应方程

$$E_k = h\nu - W_0$$

$h\nu$: 光子的能量

W_0 : 逸出功, 即从金属表面直接飞出的光电子克服原子核引力所做的功.

E_k : 光电子的最大初动能.

2. 三类图象

图象名称	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 图像方程: $E_k = h\nu - W_0$ ② 横轴截距: 截止频率 ν_c ③ 纵轴截距的绝对值: 逸出功 $W_0 = -E = E$ ④ 图线的斜率: 普朗克常量 h
光电流 I 与所加电压 U 的关系图像		① 横轴截距: 遏止电压 U_{c1} 、 U_{c2} , 遏止电压越大, 入射光的频率越大 ② 图像渐近线: 饱和电流 ③ 最大初动能 $E_{k1} = eU_{c1}$, $E_{k2} = eU_{c2}$ ④ I 随所加正向电压($U > 0$)的增大而增大, 随所加反向电压($U < 0$)的增大而减小
遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系图线		① 图像方程: $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e}$ ② 横轴截距: 截止频率 ν_c ③ 纵轴截距(图像延长线与纵轴点): $-\frac{W_0}{e}$ ④ 图线的斜率: 普朗克常量 h 与电子电荷量 e 的比值(注: 此时两极之间接反向电压) ⑤ 遏止电压 U_c 随入射光频率的增大而增大



(1) 每种金属都有一个截止频率, 光频率大于这个截止频率才能发生光电效应.

(2) 截止频率是发生光电效应的最小频率, 对应着光的极限波长和金属的逸出功, 即 $h\nu_0 = h\frac{c}{\lambda_0} = W_0$.

W_0 .

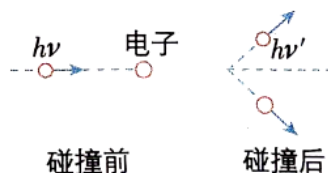
(3) 应用光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 时, 注意能量单位电子伏和焦耳的换算($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$).

划重点

3. 康普顿效应

1. 在散射的 X 射线中,除了与入射波长 λ_0 相同的成分外,还有波长大于 λ_0 的成分,这个现象称为康普顿效应。

2. 光子说对康普顿效应的解释



假定 X 射线的光子与电子发生完全弹性碰撞,这种碰撞跟台球比赛中的两球碰撞很相似.按照爱因斯坦的光子说,一个 X 射线的光子不仅具有能量 $\varepsilon = h\nu$, 而且还有动量.如图所示,这个光子与静止的电子发生碰撞,光子把部分能量转移给了电子,光子能量由 $h\nu$ 减小为 $h\nu'$, 因此频率减小,波长增大,同时,光子还使电子获得一定的动量,这样就圆满地解释了康普顿效应。

3. 光子的动量

推导: 由光子能量 $\varepsilon = h\nu$, 且 $\varepsilon = mc^2$, 动量 $p = mc$, 可得 $h\nu = pc$, 即 $p = \frac{h\nu}{c}$, 又 $\lambda = \frac{c}{\nu}$, 得 $p = \frac{h}{\lambda}$

其中 ε 为光子的能量, h 为普朗克常量, p 为光子的动量, c 为光速, ν 为光的频率, λ 为光的波长。

划重点

(1) 光子不仅具有能量,也具有动量,在与其他微粒作用过程中遵循能量守恒定律和动量守恒定律。

(2) 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。

(3) 能量 ε 和动量 p 是描述物质的粒子性的重要物理量;波长 λ 和频率 ν 是描述物质的波动性的

典型物理量. $\varepsilon = h\nu$ 和 $p = \frac{h}{\lambda}$ 揭示了光的粒子性和波动性之间的密切关系。

划重点

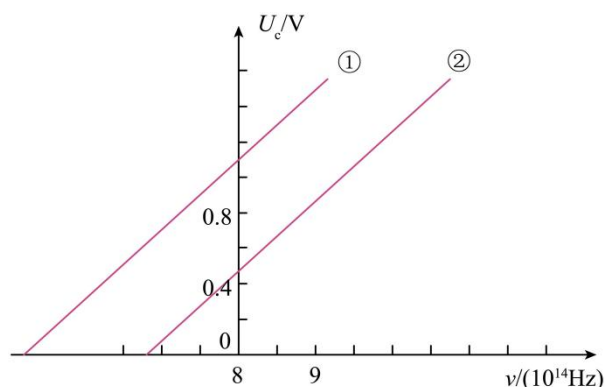
考向预测

【考向 11】(2024·河北·三模) 经研究证明,光子和电子相互作用发生光电效应还是康普顿效应,取决于电子的“自由”度。当光子能量和逸出功在同一数量级时,电子吸收光子,发生光电效应;当

光子能量较大时，电子的逸出功几乎可以忽略，可看做是“自由”的，则发生康普顿效应，下列说法正确的是（ ）

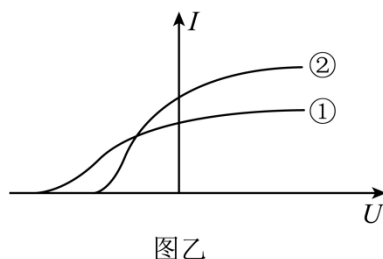
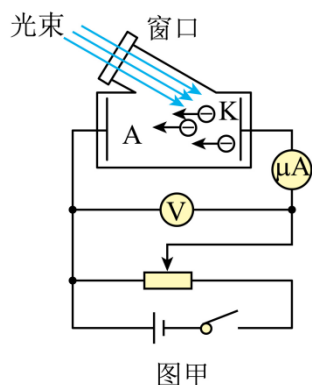
- A. 光电效应方程是从能量守恒的角度解释了光的粒子性
- B. 康普顿效应说明光具有波动性
- C. 光电效应说明了能量守恒，康普顿效应则解释了动量守恒，二者是矛盾的
- D. 金属只要被光照射的时间足够长，一定会发生光电效应

【考向 12】（2024·湖北·三模）爱因斯坦光电效应方程成功解释了光电效应现象。下图中①、②两直线分别是金属 A、B 发生光电效应时的遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系图像，则下列说法正确的是（ ）



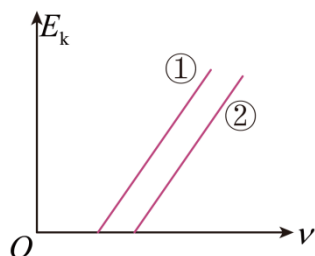
- A. 金属 B 的逸出功比金属 A 的小
- B. ①、②两直线的斜率均为 $\frac{h}{e}$
- C. 当用频率为 $9 \times 10^{14} \text{Hz}$ 的光分别照射两金属 A、B 时，A 中发出光电子的最大初动能较小
- D. 当入射光频率 ν 不变时，增大入射光的光强，则遏止电压 U_c 增大

【考向 13】（2024·河北·三模）如图甲，阴极 K 和阳极 A 是密封在真空玻璃管中的两个电极，阴极 K 在受到光照时能够发射光电子。阴极 K 与阳极 A 之间电压 U 的大小可以调整，电源的正负极也可以对调。分别用单色光束①、②照射光电管，电流表示数 I 与电压表示数 U 之间的关系如图乙所示，则以下说法正确的是（ ）



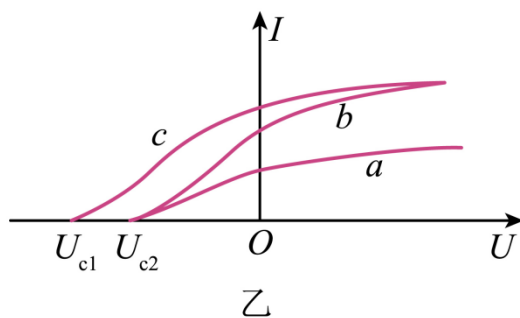
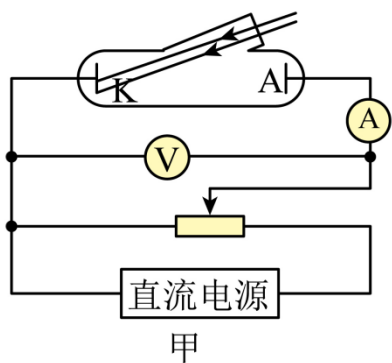
- A. 两种光的光子能量关系 $\varepsilon_{(2)} > \varepsilon_{(1)}$ B. 两种光的波长关系 $\lambda_{(1)} > \lambda_{(2)}$
- C. 两种光的动量关系 $p_{(2)} > p_{(1)}$ D. 光电子最大初动能关系 $E_{k(1)} > E_{k(2)}$

【考向 14】（多选）（2023·江西南昌·二模）在研究 a 、 b 两种金属发生光电效应现象的实验中，得到从金属表面逸出光电子最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 之间的关系如图中直线①②所示。已知 h 为普朗克常量，则（ ）



- A. 图中直线①②的斜率均为 $\frac{h}{e}$
- B. 金属 a 的逸出功小于金属 b 的逸出功
- C. 在得到这两条直线时，必须保证入射光的光强相同
- D. 若产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到金属 b 的光频率较高

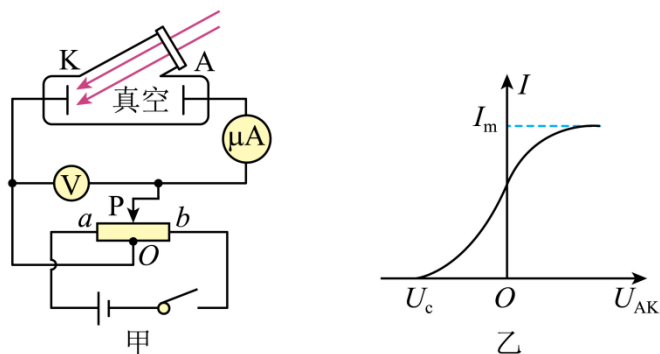
【考向 15】（多选）（2024·辽宁辽阳·一模）研究光电效应中遏止电压、光电流大小与照射光的频率及强弱等物理量关系的电路如图甲所示。图中阳极 A 和阴极 K 间的电压大小可调，电源的正负极也可以对调。分别用 a 、 b 、 c 三束单色光照射阴极 K，调节 A、K 间的电压 U 的大小，得到光电流 I 与电压 U 的关系如图乙所示。已知电子的电荷量为 e ，则下列说法正确的是（ ）



- A. 单色光 a 的频率等于单色光 b 的频率
- B. 单色光 a 的频率大于单色光 c 的频率
- C. 单色光 a 的强度大于单色光 b 的强度
- D. 单色光 c 与单色光 a 的光子能量之差为 $(U_{c1} - U_{c2})e$

【考向 16】（多选）太阳能电池板是利用光电效应将光能转化为电能的设备，如图所示是研究制作电池板的材料发生光电效应的电路图。用波长为 λ 的光照射阴极 K，保持滑动变阻器的下滑片不动，调节滑动变阻器的上滑片 P ，测得流过灵敏电流计的电流 I 与 AK 之间的电势差 U_{AK} 满足如图乙所示

的规律，已知电子的电荷量大小为 e ，阴极材料的逸出功为 W_0 ，下列说法正确的是（ ）



- A. 用图甲实验电路研究光电效应，要测量遏止电压，滑片 P 应向 a 端滑动
- B. 将滑动变阻器的滑片 P 由 a 端向右移动的过程中电流 I 逐渐增大
- C. 若用波长为 0.5λ 的光照射阴极 K ，则遏止电压将变为 $2U_c + \frac{W_0}{e}$
- D. 不改变入射光的波长，只增加入射光的光照强度，饱和电流 I_m 会变大

考点剖析理重点

考点 4：氢原子光谱和波尔的原子模型

1. 线状谱和连续谱的比较

比较光谱	产生条件	光谱形式	能否用于光谱分析
线状谱（原子特征谱线）	稀薄气体等发光形成的光谱	一些不连续的亮线组成，不同原子的特征谱线不同	可以
连续谱	炽热的固体、液体和高压气体发光形成的光谱	连续分布，一切波长的光都有	不可以

2. 光谱分析

- (1) 由于每种原子都有自己的特征谱线，可以利用它来鉴别物质和确定物质的组成成分，这种方法称为光谱分析。它的优点是灵敏度高，样本中一种元素的含量达到 10^{-13}kg 时就可以被检测到。
- (2) 原子光谱的不连续性反映出原子结构的不连续性，所以光谱分析也可以用于探索原子的结构。
- (3) 同种元素的吸收光谱与线状谱是一一对应的，光谱分析可用吸收光谱，也可用线状谱，连续谱不能用于光谱分析，光谱分析只能用特征谱线来分析。

3. 氢原子光谱特点

- ① 不连续，只由亮线组成；
- ② 不同色，每种颜色对应一种波长；
- ③ 不等距，相邻两种光的波长间距不同。

划重点

(1)许多情况下光是由原子内部电子的运动产生的,因此光谱研究是探索原子结构的一条重要途径。

(2)巴耳末公式的意义:以简洁的形式反映了氢原子的线状光谱,即辐射波长的分立特征。

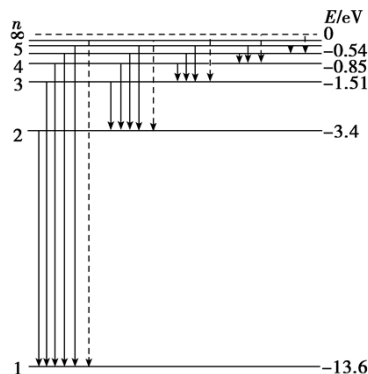
(3)除了巴耳末系,氢原子光谱在红外和紫外光区的其他谱线也都满足与巴耳末公式类似的关系式。

划重点

4.氢原子能级及能级跃迁

a. 对氢原子的能级图的理解

(1)氢原子的能级图(如下图)。



b. 氢原子能级图的意义:

①能级图中的横线表示氢原子可能的能量状态——定态。

②横线左端的数字“1, 2, 3...”表示量子数,右端的数字“-13.6, -3.4...”表示氢原子的能级。

③相邻横线间的距离不相等,表示相邻的能级差不等,量子数越大,相邻的能级差越小。

④带箭头的竖线表示原子由较高能级向较低能级跃迁,原子跃迁频率条件(辐射条件)为: $h\nu = E_m - E_n$ 。

c. 关于能级跃迁的规律

(1)能级之间跃迁时放出的光子频率是不连续的。

(2)能级之间发生跃迁时放出(吸收)光子的频率由 $h\nu = E_m - E_n$ 求得。若求波长可由公式 $c = \lambda\nu$ 求得。

(3)一个氢原子跃迁发出可能的光谱线条数最多为 $(n-1)$; 一群氢原子跃迁发出可能的光谱线条数的两种求解方法。①用数学中的组合知识求解: $N = C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$ 。

(4)使原子发生能级跃迁的两种粒子: ①光子: 原子若是吸收光子的能量而被激发,则光子的能

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/906214125150010231>