

《普朗克黑体辐射理论 光电效应》教案

◎ 课标要求

1. 知道黑体和黑体辐射的概念，了解黑体辐射的实验规律。
2. 了解普朗克提出的量子假说。
3. 知道光电效应现象，了解光电效应的实验规律。
4. 理解爱因斯坦的光电效应理论，会用光电效应方程解决一些简单问题。
5. 了解康普顿效应及其意义。

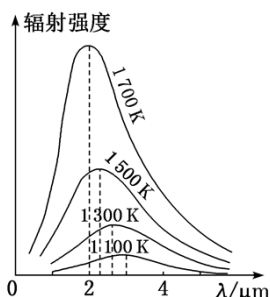
新课程学案
让核心素养落地生根

1 自学新教材·注重基础性

一、普朗克黑体辐射理论

1. 填一填

- (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：黑体向外辐射电磁波的现象。
- (3) 黑体辐射的实验规律。



①随着温度的升高，各种波长的电磁波的辐射强度都有增加。

②辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。

(4) 能量子

①定义：普朗克认为，组成黑体的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，这个不可再分的最小能量值 ε 叫作能量子。

②能量子大小： $\varepsilon = h\nu$ ，其中 ν 是带电微粒的振动频率， h 称为普朗克常量，其值为 $h = 6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$ (一般取 $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$)。

③能量的量子化：微观粒子的能量是量子化的，或者说微观粒子的能量是分立的。

2. 判一判

- (1) 黑体能够完全吸收各种电磁波，但不辐射电磁波。(×)
- (2) 黑体辐射电磁波的强度按波长分布只与黑体的温度有关。(✓)

(3)量子化假说与黑体辐射的实验规律相当符合。(✓)

3. 选一选

以下宏观概念, 哪些是“量子化”的()

- A. 木棒的长度
- B. 物体的质量
- C. 物体的动量
- D. 学生的个数

解析: 选 D 所谓“量子化”是指不连续的情况, 而 A、B、C 选项中的概念作为宏观物体的特性, 具有连续性, D 选项中的学生个数不具有连续性, 因此选 D。

二、光电效应

1. 填一填

(1)定义: 照射到金属表面的光, 能使金属中的电子从表面逸出的现象。

(2)光电子: 光电效应中发射出来的电子。

(3)实验规律

①存在截止频率: 当入射光的频率减小到某一数值 ν_c 时, 光电流消失, 不发生光电效应, ν_c 称为截止频率。

②存在饱和电流: 在光照条件不变的情况下, 随着所加电压的增大, 光电流趋于一个饱和值——饱和光电流, 而且在光的频率不变的情况下, 入射光越强, 饱和光电流越大。

③存在截止电压: 在光电管上施加反向电压, 使光电流减小到 0 的反向电压 U_c 称为截止电压。由 $\frac{1}{2}m_e v_c^2 = eU_c$ 可知, 截止电压越大, 光电子的最大初动能越大, 实验表明, 对于同一种金属, 光电子的能量只与入射光的频率有关, 而与入射光的强弱无关。

④光电效应具有瞬时性: 当入射光的频率超过截止频率 ν_c 时, 无论入射光怎样微弱, 光电效应几乎是瞬时发生的。

(4)逸出功: 要使电子脱离某种金属, 所需外界对它做功的最小值, 不同种类的金属, 逸出功的大小也不相同。

(5)爱因斯坦的光电效应理论

①光子说: 光不仅在发射和吸收时能量是一份一份的, 而且光本身就是由一个个不可分割的能量子组成的, 频率为 ν 的光的能量子为 $h\nu$, 这些能量子被称为光子。

②爱因斯坦的光电效应方程

a. 表达式: $h\nu = E_k + W_0$ 或 $E_k = h\nu - W_0$ 。

b. 物理意义: 金属中电子吸收一个光子获得的能量是 $h\nu$, 在这些能量中, 一部分大小为 W_0 的能量被电子用来脱离金属, 剩下的是逸出后电子的初动能 E_k 。

2. 判一判

(1)任何频率的光照射到金属表面都可以发生光电效应。(×)

(2)金属表面是否发生光电效应与入射光的强弱有关。(×)

(3)入射光照射到金属表面上时,光电子几乎是瞬时发射的。(√)

3. 选一选

当用一束紫外线照射锌板时,发生了光电效应,这时()

- A. 锌板带负电
- B. 有正离子从锌板逸出
- C. 有电子从锌板逸出
- D. 锌板会吸附空气中的正离子

解析:选 C 锌板在紫外线的照射下发生了光电效应,锌板上有电子逸出,所以锌板带正电,C 正确,A、B、D 错误。

三、康普顿效应和光子的动量 光的波粒二象性

1. 填一填

(1)康普顿效应:美国物理学家康普顿在研究石墨对 X 射线的散射时,发现在散射的 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)光子的动量

康普顿为了解释康普顿效应,提出光子除了具有能量之外,还具有动量。

①表达式: $p = \frac{h}{\lambda}$ 。

②说明:在康普顿效应中,当入射的光子与晶体中的电子碰撞时,要把一部分动量转移给电子,光子的动量变小。因此,有些光子散射后波长变大。

(3)光的波粒二象性

①在麦克斯韦的电磁理论建立之后,人们认识到光是一种电磁波。

②光电效应和康普顿效应揭示了光的粒子性。

③光既具有波动性,又具有粒子性,光具有波粒二象性。

2. 判一判

(1)康普顿效应说明光具有波动性。(×)

(2)光的波长越大,对应光子的动量越大。(×)

(3)光子与晶体中的电子碰撞后,动量会减小。(√)

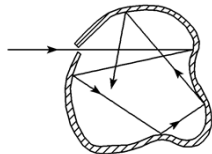
3. 想一想

康普顿效应说明了什么?为什么说康普顿效应反映了光子具有动量?

提示:康普顿效应说明了光的粒子性,解释光子波长变化的问题时运用了能量守恒定律和动量守恒定律,理论结果与实验符合得很好。

1. 对黑体的理解

(1)



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，这个小孔就成了一个绝对黑体。

(2)黑体不一定是黑的，只有当自身辐射的可见光非常微弱时看上去才是黑的；有些可看作黑体的物体由于有较强的辐射，看起来还会很明亮，如炼钢炉口上的小孔。一些发光的物体(如太阳、白炽灯灯丝)也被当作黑体来处理。

2. 一般物体与黑体的比较

项目	热辐射特点	吸收、反射特点
一般物体	辐射电磁波的情况与温度有关，与材料的种类及表面状况有关	既吸收又反射，其能力与材料的种类及入射波的波长等因素有关
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	完全吸收各种入射电磁波，不反射

3. 黑体辐射的实验规律

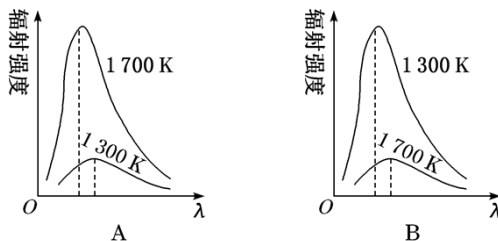
(1)温度一定时，黑体辐射强度随波长的分布有一个极大值。

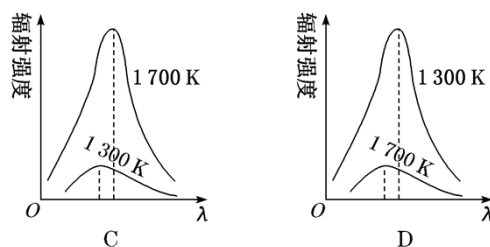
(2)随着温度的升高

①各种波长的辐射强度都有增加；

②辐射强度的极大值向波长较短的方向移动。

[典例 1] 下列描绘两种温度下黑体辐射强度与波长关系的图中，符合黑体辐射实验规律的是()





[解析] 黑体辐射以电磁波的形式向外辐射能量，温度越高，辐射强度越大，故 B、D 错误；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，故 C 错误，A 正确。

[答案] A

[规律方法]

黑体辐射强度与波长关系图像的特点

- (1)随着温度的升高，各种波长的辐射强度都有增加。
- (2)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。

[对点练清]

1. [多选]下列叙述正确的是()

- A. 一切物体都在辐射电磁波
- B. 一般物体辐射电磁波的情况只与温度有关
- C. 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体温度有关
- D. 黑体能够完全吸收入射的各种波长的电磁波

解析：选 ACD 根据热辐射定义知 A 对；根据热辐射和黑体辐射的特点知一般物体辐射电磁波的情况除与温度有关外，还与材料种类和表面状况有关，而黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体温度有关，B 错，C 对；根据黑体定义知 D 对。

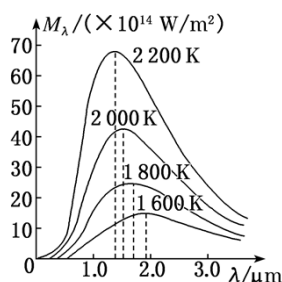
2. 关于黑体的认识，下列说法正确的是()

- A. 黑体只吸收电磁波，不反射电磁波，看上去是黑的
- B. 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布除与温度有关外，还与材料的种类及表面状况有关
- C. 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与温度有关，与材料的种类及表面状况无关
- D. 如果在一个空腔壁上开一个很小的孔，射入小孔的电磁波在空腔内表面经多次反射和吸收，最终不能从小孔射出，这个空腔就成了一个黑体

解析：选 C 黑体自身辐射电磁波，不一定是黑的，故 A 错；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，故 B 错，C 对；小孔只吸收电磁波，不反射电磁波，因此是小孔成了一个黑体，而不是空腔成了黑体，故 D 错。

3. 热辐射是指所有物体都要向外辐射电磁波的现象。辐射强度指垂直于电磁波方向的单位面积在单位时间内所接收到的辐射能量。在研究同一物体在不同温度下向外辐射的电磁波的波长与其辐射强度的关系时，得到如图所示的图线，图中横轴 λ

表示电磁波的波长，纵轴 M_λ 表示某种波长的电磁波的辐射强度，则由 M_λ - λ 图线可知，同一物体在不同温度下()



- A. 向外辐射同一波长的电磁波的辐射强度相同
- B. 向外辐射的电磁波的波长范围是相同的
- C. 向外辐射的电磁波的总能量随温度升高而减小
- D. 辐射强度的极大值随温度升高而向波长较短的方向移动

解析：选 D 由 M_λ - λ 图线可知，对于同一物体，随着温度的升高，一方面，各种波长电磁波的辐射强度都有所增加，向外辐射的电磁波的总能量增大；另一方面，辐射强度的极大值向波长较短的方向移动，波长范围增大，选项 D 正确，A、B、C 错误。

突破点二

光电效应中的五组概念

[学透活用]

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，光子是光电效应的因，光电子是果。

2. 光电子的初动能与光电子的最大初动能

(1)光照射到金属表面时，光子的能量全部被电子吸收，电子吸收了光子的能量，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。

(2)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，才具有最大初动能。光电子的初动能小于或等于光电子的最大初动能。

3. 光子能量与入射光的强度

光子的能量即每个光子的能量，其值为 $\varepsilon = h\nu$ (ν 为光子的频率)，其大小由光的频率决定。入射光的强度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光子能量 $h\nu$ 与入射光子数 n 的乘积，即入射光的强度等于 $n h \nu$ 。

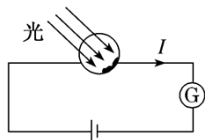
4. 光电流和饱和光电流

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。

5. 光的强度与饱和光电流

饱和光电流与入射光强度成正比的规律是对频率相同的光照射金属产生光电效应而言的,对于不同频率的光,由于每个光子的能量不同,饱和光电流与入射光强度之间没有简单的正比关系。

[典例 2] [多选]



如图所示为一个真空光电管的应用电路,其阴极金属材料的极限频率为 $4.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$,则以下判断正确的是()

- A. 无论用怎样频率的单色光照射光电管,只要照射足够的时间都能在电路中产生光电流
- B. 用 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ 的光照射光电管时,电路中有光电流产生
- C. 发生光电效应后,增加照射光电管的入射光的频率,电路中的光电流就一定增加
- D. 发生光电效应后,增加电源电压,电路中的光电流一定增加

[解析] 入射光的频率小于极限频率时,无论照射多长时间也不能产生光电流,A 错误;根据 $c = \lambda\nu$,当 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ 时, $\nu = 6.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$,大于极限频率,能发生光电效应产生光电流,B 正确;入射光的频率增加,光电流一定增加,C 正确;增加电源电压,光电流不一定增加,D 错误。

[答案] BC

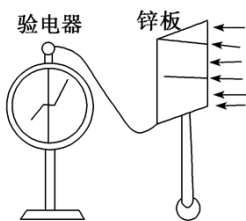
[规律方法]

光电效应规律的应用

- (1)入射光的频率相同,发生光电效应时光电子的最大初动能相同,故截止电压相同。
- (2)光电流未达到饱和值之前,其大小不仅与入射光的强度有关,还与光电管两极间的电压有关,只有在光电流达到饱和值以后才和入射光的强度成正比。

[对点练清]

1.



[多选]光电效应实验的装置如图所示,用弧光灯照射锌板,验电器指针张开一个角度,则下面说法中正确的是()

- A. 用紫外线照射锌板,验电器指针会发生偏转
- B. 用绿色光照射锌板,验电器指针会发生偏转

- C. 锌板带的是负电荷
D. 使验电器指针发生偏转的是正电荷

解析：选 AD 将擦得很亮的锌板连接验电器，用弧光灯照射锌板(弧光灯发出紫外线)，验电器指针张开一个角度，说明锌板带了电。进一步研究表明锌板带正电，这说明在紫外线的照射下，锌板中有一部分自由电子从表面飞出来，锌板中缺少电子，于是带正电荷，选项 A、D 正确，C 错误；绿光不一定能使锌板发生光电效应，B 错误。

2. [多选]某半导体激光器发射波长为 $1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$ ，功率为 $5.0 \times 10^{-3} \text{ W}$ 的连续激光。已知可见光波长的数量级为 10^{-7} m ，普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，该激光器发出的()

- A. 是紫外线
B. 是红外线
C. 光子能量约为 $1.3 \times 10^{-18} \text{ J}$
D. 光子数约为每秒 3.8×10^{16} 个

解析：选 BD 半导体激光器发射的激光的波长大于可见光的波长，因此是红外线，故选项 A 错误，B 正确；根据光子能量的公式 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = 1.326 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，故 C 错误；激光

的功率指的是单位时间内发射的能量，则每秒钟发射的光子数约为 $n = \frac{P}{E} = \frac{P\lambda}{hc} = 3.8 \times 10^{16}$

个，故 D 正确。

3. [多选]现用某一光电管进行光电效应实验，当用某一频率的光入射时，有光电流产生。下列说法正确的是()

- A. 保持入射光的频率不变，入射光的光强变大，饱和光电流变大
B. 入射光的频率变高，饱和光电流变大
C. 入射光的频率变高，光电子的最大初动能变大
D. 保持入射光的光强不变，不断减小入射光的频率，始终有光电流产生

解析：选 AC 根据光电效应规律，保持入射光的频率不变，入射光的光强变大，则饱和光电流变大，选项 A 正确；由爱因斯坦光电效应方程知，入射光的频率变高，产生的光电子最大初动能变大，饱和光电流与入射光的强度有关，选项 B 错误，C 正确；保持入射光的光强不变，不断减小入射光的频率，当入射光的频率小于极限频率时，就不能发生光电效应，没有光电流产生，选项 D 错误。

突破点三

光电效应方程及应用

[学透活用]

1. 光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 的四点理解

(1)式中的 E_k 是光电子的最大初动能，就某个光电子而言，其离开金属时剩余动能大小可以是 $0 \sim E_k$ 范围内的任何数值。

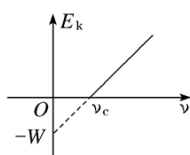
(2)光电效应方程实质上是能量守恒方程。

①能量为 $\varepsilon=h\nu$ 的光子被电子吸收，电子把这些能量的一部分用来克服金属表面对它的吸引，另一部分就是电子离开金属表面时的动能。

②如果克服吸引力做功最少，为 W_0 ，则电子离开金属表面时动能最大，为 E_k ，根据能量守恒定律可知： $E_k=h\nu-W_0$ 。

(3)光电效应方程包含了产生光电效应的条件。若发生光电效应，则光电子的最大初动能必须大于零，即 $E_k=h\nu-W_0>0$ ，亦即 $h\nu>W_0$ ， $\nu>\frac{W_0}{h}=\nu_c$ ，而 $\nu_c=\frac{W_0}{h}$ 恰好是光电效应的截止频率。

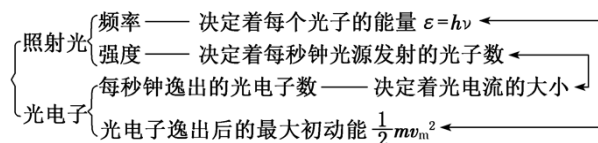
(4)



E_k - ν 曲线。如图所示是光电子最大初动能 E_k 随入射光频率 ν 的变化曲线。这里，横轴上的截距是截止频率或极限频率；纵轴上的截距是逸出功的负值；斜率为普朗克常量。

2. 光电效应规律中的两条线索、两个关系

(1)两条线索

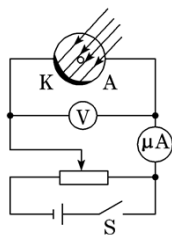


(2)两个关系

①光强大→光子数目多→发射光电子多→光电流大；

②光子频率高→光子能量大→光电子的最大初动能大。

[典例 3]



如图所示，一光电管的阴极是用极限波长 $\lambda_0=500\text{ nm}$ 的钠制成的，用波长 $\lambda=300\text{ nm}$ 的紫外线照射阴极，光电管阳极 A 和阴极 K 之间的电势差 $U=2.1\text{ V}$ ，饱和光电流的值 $I=0.56\text{ }\mu\text{A}$ 。

(1)求每秒内由 K 极发射的光电子数；

(2)求光电子到达 A 极时的最大动能；

(3)如果电势差 U

不变,而照射光的强度增加到原值的三倍,此时光电子到达 A 极时最大动能是多大? (普朗克常量 $h=6.63\times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$, 真空中的光速 $c=3\times 10^8\text{ m/s}$, 电子的电荷量 $e=1.6\times 10^{-19}\text{ C}$)

[解析] (1)每秒内由 K 极发射的光电子数

$$n=\frac{I}{e}=\frac{0.56\times 10^{-6}}{1.6\times 10^{-19}}\text{ 个}=3.5\times 10^{12}\text{ 个}。$$

(2)由光电效应方程可知

$$E_{k0}=h\nu-W_0=h\frac{c}{\lambda}-h\frac{c}{\lambda_0}=hc\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{1}{\lambda_0}\right)$$

在 A、K 间加电压 U 时, 光电子到达阳极时的动能

$$E_k=E_{k0}+eU=hc\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{1}{\lambda_0}\right)+eU$$

代入数值, 得 $E_k=6.012\times 10^{-19}\text{ J}$ 。

(3)根据光电效应规律, 光电子的最大初动能与入射光的强度无关, 如果电势差 U 不变, 则光电子到达 A 极的最大动能不变, $E_k=6.012\times 10^{-19}\text{ J}$ 。

[答案] (1) 3.5×10^{12} 个 (2) $6.012\times 10^{-19}\text{ J}$

(3) $6.012\times 10^{-19}\text{ J}$

[易错警示]

解此类题应注意以下两点

(1)记住光电效应方程: $E_k=h\nu-W$, 应能从能量守恒定律的角度进行理解。

(2)截止电压 U_c 与频率 ν 、 W_0 的关系: 由 $E_k=eU_c$ 和 $E_k=h\nu-W_0$, 联立得 $U_c=\frac{h\nu}{e}-\frac{W_0}{e}$ 。

[对点练清]

1. (2018·全国卷 II)用波长为 300 nm 的光照射锌板, 电子逸出锌板表面的最大初动能为 $1.28\times 10^{-19}\text{ J}$ 。已知普朗克常量为 $6.63\times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$, 真空中的光速为 $3.00\times 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。能使锌产生光电效应的单色光的最低频率约为()

A. $1\times 10^{14}\text{ Hz}$

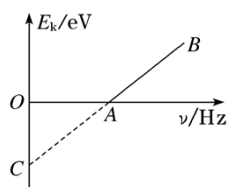
B. $8\times 10^{14}\text{ Hz}$

C. $2\times 10^{15}\text{ Hz}$

D. $8\times 10^{15}\text{ Hz}$

解析: 选 B 设单色光的最低频率为 ν_0 , 由爱因斯坦光电效应方程得 $E_k=h\nu_1-W_0=h\nu_0-W$, 又 $\nu_1=\frac{c}{\lambda}$, 整理得 $\nu_0=\frac{c}{\lambda}-\frac{E_k}{h}$, 代入数据解得 $\nu_0\approx 8\times 10^{14}\text{ Hz}$ 。

2.

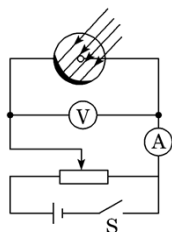


在做光电效应的实验时，某金属被光照射发生了光电效应，实验测得光电子的最大初动能 E_k 与入射光的频率 ν 的关系如图所示，由实验图像不能求出()

- A. 该金属的逸出功
- B. 该金属的极限频率
- C. 单位时间内逸出的光电子数
- D. 普朗克常量

解析：选 C 根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可知，任何一种金属的逸出功 W_0 是一定的，说明 E_k 随 ν 的变化而变化，且是线性关系(与 $y = ax + b$ 类似)，直线的斜率等于普朗克常量，A、C 为已知量，则 $h = \left| \frac{C}{A} \right|$ ，D 项能求出；图线与纵轴的截距的绝对值等于金属的逸出功 W_0 ，图线与横轴的截距表示金属的极限频率，故 A、B 两项能求出；单位时间内逸出光电子个数与光强有关，与入射光频率无关，光强越强单位时间内逸出光电子数越多，C 项不能求出。

3.



如图，当开关 S 断开时，用光子能量为 2.5 eV 的一束光照射阴极，发现电流表读数不为零。合上开关，调节滑动变阻器，发现当电压表读数小于 0.6 V 时，电流表读数仍不为零；当电压表读数大于或等于 0.6 V 时，电流表读数为零。由此可知阴极材料的逸出功为()

- A. 1.9 eV
- B. 0.6 eV
- C. 2.5 eV
- D. 3.1 eV

解析：选 A 设用能量为 2.5 eV 的光子照射阴极时，光电子的最大初动能为 $\frac{1}{2}m\nu^2$ ，阴

极材料的逸出功为 W_0 ，据爱因斯坦光电效应方程有： $\frac{1}{2}m\nu^2 = h\nu - W_0$ 。①

题图中光电管上加的是反向电压，据题意，当反向电压达到 $U = 0.6$ V 以后，具有最大初动能的光电子也不能达到阳极，因此 $eU = \frac{1}{2}m\nu^2$ 。②

由①②得 $W_0 = h\nu - eU = 2.5 \text{ eV} - 0.6 \text{ eV} = 1.9 \text{ eV}$ ，故选项 A 正确。

突破点四

康普顿效应与光子动量的理解

[学透用活]

1. 康普顿效应与经典物理理论的矛盾

(1)按照经典物理学的理论，入射光引起物质内部带电微粒的受迫振动，振动着的带电微粒从入射光吸收能量，并向四周辐射，这就是散射光。

(2)散射光的频率应该等于带电粒子受迫振动的频率(即入射光的频率)。因此散射光的波长与入射光的波长应该相同，不应该出现波长变长的散射光。

(3)经典物理理论无法解释波长改变与散射角的关系。

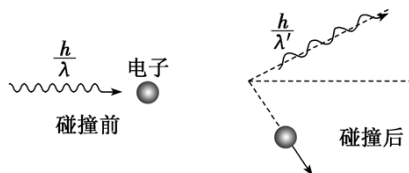
2. 康普顿效应的理解

(1)在光的散射中，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守能量守恒定律和动量守恒定律。

(2)光电效应和康普顿效应都说明光具有粒子性。

(3)光子说对康普顿效应的解释

假定 X 射线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 射线光子不仅具有能量 $E = h\nu$ ，而且还有动量。如图所示，这个光子与静止的电子发生弹性斜碰，光子把部分能量转移给了电子，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. 光子动量的理解

由 $E = h\nu$ 和 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可知，不连续的光，其能量与动量都用描述波的物理量来描述，即光不仅表现出粒子性，同时也表现出波动性。

[典例 4] 白天的天空各处都是亮的，是大气分子对太阳光散射的结果。美国物理学家康普顿由于在这方面的研究而荣获了 1927 年的诺贝尔物理学奖。假设一个运动的光子和一个静止的自由电子碰撞以后，电子向某一个方向运动，光子沿另一方向散射出去，则这个散射光子跟原来相比()

- A. 频率变大 B. 速度变小
C. 光子能量变大 D. 波长变长

[解析]

光子与电子碰撞时，遵守动量守恒定律和能量守恒定律，自由电子被碰前静止，被碰后动量、能量增加，所以光子的动量、能量减小，故 C 错误。由 $\lambda = \frac{h}{p}$ ， $E = h\nu$ 可知光子频率变小，波长变长，故 A 错误，D 正确。由于光子速度是不变的，故 B 错误。

[答案] D

[规律方法]

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 射线光子与电子发生弹性碰撞，光子和电子相碰撞时，光子有一部分能量传给电子，散射光子的能量减少，于是散射光的波长大于入射光的波长。

(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。

[对点练清]

1. 科学研究证明，光子有能量也有动量，当光子与电子碰撞时，光子的一些能量转移给了电子。假设光子与电子碰撞前的波长为 λ ，碰撞后的波长 λ' ，则碰撞过程中()

- A. 能量守恒，动量守恒，且 $\lambda = \lambda'$
- B. 能量不守恒，动量不守恒，且 $\lambda = \lambda'$
- C. 能量守恒，动量守恒，且 $\lambda < \lambda'$
- D. 能量守恒，动量守恒，且 $\lambda > \lambda'$

解析：选 C 光子与电子碰撞过程中，能量守恒，动量也守恒，因光子撞击电子的过程中光子将一部分能量传递给电子，光子的能量减少，由 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 可知，光子的波长增大，即 $\lambda' > \lambda$ ，故 C 正确。

2. [多选]美国物理学家康普顿在研究石墨对 X 射线的散射时，发现在散射的 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。关于康普顿效应，以下说法正确的是()

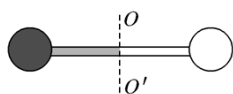
- A. 康普顿效应现象说明光具有波动性
- B. 康普顿效应现象说明光具有粒子性
- C. 当光子与晶体中的电子碰撞后，其能量增加
- D. 当光子与晶体中的电子碰撞后，其能量减少

解析：选 BD 康普顿效应说明光具有粒子性，A 项错误，B 项正确；光子与晶体中的电子碰撞时满足动量守恒和能量守恒，故二者碰撞后，光子要把部分能量转移给电子，光子的能量会减少，C 项错误，D 项正确。

3. 光子有能量，也有动量，动量 $p = \frac{h}{\lambda}$ ，它也遵守有关动量的规律。如图所示，真空中

有“ ∞ ”形装置可绕通过横杆中点的竖直轴 OO'

在水平面内灵活地转动,其中左边是圆形黑纸片(吸收光子),右边是和左边大小、质量相同的圆形白纸片(反射光子)。当用平行白光垂直照射这两个圆面时,关于装置开始时的转动情况(俯视),下列说法中正确的是()



- A. 顺时针方向转动
- B. 逆时针方向转动
- C. 顺时针或逆时针方向转动都有可能
- D. 不会转动

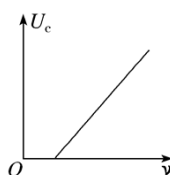
解析: 选 B 根据动量定理 $Ft = m\boldsymbol{v}_1 - m\boldsymbol{v}_0$, 由光子的动量变化可知黑纸片和光子之间的作用力小于白纸片和光子之间的作用力, 所以装置开始时逆时针方向转动, B 选项正确。

新课程学案
让核心素养落地生根

3 训练新素养·注重应用性

一、由 U_c - ν 图像确定 h 和 W (科学思维)

[选自鲁科版新教材课后练习]



在某次光电效应实验中,得到的截止电压 U_c 与入射光的频率 ν 的关系如图所示。若该直线的斜率和纵轴截距分别为 k 和 b , 电子电荷量的绝对值为 e , 试用上述物理量表示普朗克常量和所用材料的逸出功大小。

[解析] 由光电效应方程有 $\frac{1}{2}m\nu^2 = h\nu - W$

$$\text{又 } eU_c = \frac{1}{2}m\nu^2$$

$$\text{可得: } U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$$

$$\text{由题意可得: } k = \frac{h}{e}, \quad b = -\frac{W}{e}$$

$$\text{可得: } h = ke, \quad W = -be$$

[答案] $ke \quad -be$

二、典题好题发掘, 练典题做一当十

[选自鲁科版新教材“例题”]

在研究光电效应实验中,光电管的阴极材料为铯(Cs),用某一频率的光照射,实验测得

光电流随电压变化的图像如图所示。已知铯的逸出功为 $3.0 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。

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/546100102143011042>