

量子物理

第一节 黑体辐射 普朗克量子假设

1、选择题

(1) 黑体的温度升高一倍, 它的辐射出射度(总发射本领)增大 [A]

- (A) 15 倍. (B) 7 倍.
(C) 3 倍. (D) 1 倍.

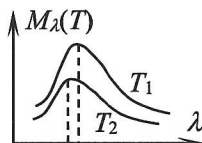
(2) 所谓“黑体”是指这样的一种物体, 即: [D]

- (A) 不能反射任何可见光的物体.
(B) 不能反射任何电磁辐射的物体.
(C) 颜色是纯黑的物体.
(D) 能够全部吸收外来的任何电磁辐射的物体.

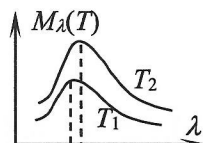
(3) 在加热黑体过程中, 其最大单色辐出度对应的波长由 $0.8\mu\text{m}$ 变到 $0.4\mu\text{m}$, 则其辐射出射度增大为原来的 [C]

- (A) 2 倍. (B) 4 倍.
(C) 16 倍. (D) 8 倍.

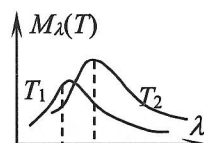
(4). 在下面四个图中, 哪一个图能定性正确地反映黑体单色辐出度 $M_\lambda(T)$ 随 λ 和 T 的变化关系, (已知 $T_2 > T_1$) [D]



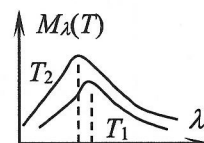
(A)



(B)



(C)



(D)

(5) 普朗克量子假说是为解释 [B]

- (A) 光电效应实验规律而提出来的.
(B) 黑体辐射的实验规律而提出来的.
(C) 原子光谱的规律性而提出来的.
(D) X 射线散射的实验规律而提出来的.

2、填空题

(1) 在能量观点上, 普朗克的能量量子假设与经典理论有着本质区别, 在经典的热力学理论和电磁学理论中, 能量是 连续的; 按照普朗克的能量量子假设, 能量是 分立的。

(2) 对黑体加热后, 测得总的辐出度(即单位面积辐射功率)增大为原来的 16 倍, 则黑体的温度为原来 2 倍, 它的最大单色辐出度所对应的波长为原来的 1/2 倍。

(3) 测量星球表面温度的方法之一, 是把星球看作绝对黑体而测定其最大单色辐出度的波长 λ_m . 现测得太阳的 $\lambda_{m1} = 0.55\mu\text{m}$, 北极星的 $\lambda_{m2} = 0.35\mu\text{m}$, 则太阳表面温度 T_1 与北极星表面温度 T_2 之比 $T_1 : T_2 =$ 7:11。

(4) 一个 100W 的白炽灯泡的灯丝表面积为 $S = 5.3 \times 10^{-5} \text{m}^2$. 若将点燃的灯丝看作是黑体, 可估算出它的工作温度为 2402 K。

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

$$M(T) = \frac{100}{S} = \frac{100}{5.3 \times 10^{-5}} = \sigma T^4$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{M(T)}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{100}{5.3 \times 10^{-5} \times 5.67 \times 10^{-8}}} \text{K}$$

$$= 2401.79 \text{K}$$

第二节 光电效应

1、选择题

(1)、用频率为 ν_1 的单色光照射某一种金属时, 测得光电子的最大动能为 E_{k1} ; 用频率为 ν_2 的单色光照射另一种金属时, 测得光电子的最大动能为 E_{k2} . 如果 $E_{k1} > E_{k2}$, 那么 [D]

(A) ν_1 一定大于 ν_2 . (B) ν_1 一定小于 ν_2 .

(C) ν_1 一定等于 ν_2 . (D) ν_1 可能大于也可能小于 ν_2 .

(2)、关于光电效应有下列说法: [D]

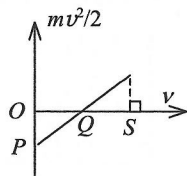
- ①任何波长的可见光照射到任何金属表面都能产生光电效应;
- ②若入射光的频率均大于一给定金属的红限, 则该金属分别受到不同频率的光照射时, 释出的光电子的最大初动能也不同;
- ③若入射光的频率均大于一给定金属的红限, 则该金属分别受到不同频率、强度相等的光照射时, 单位时间释出的光电子数一定相等;
- ④若入射光的频率均大于一给定金属的红限, 则当入射光频率不变而强度增大一倍时, 该金属的饱和光电流也增大一倍。其中正确的是

(A) ①, ②, ③. (B) ②, ③, ④.

(C) ②, ③. (D) ②, ④.

(3)、光电效应中发射的光电子最大初动能随入射光频率 ν 的变化关系如图所示。由图中的 [C] 可以直接求出普朗克常量。

(A) OQ (B) OP
(C) OP/OQ (D) QS/OS



(4)、以下一些材料的逸出功为 [C]

铍 3.9 eV、钡 5.0 eV、铯 1.9 eV、钨 4.5 eV. 今要制造能在可见光(频率范围为 $3.9 \times 10^{14} \text{ Hz} - 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$)下工作的光电管, 在这些材料中应选

(A) 钨. (B) 钡. (C) 铯. (D) 铍.

2、填空题

(1)、光子波长为 λ , 则其能量 = $\frac{hc}{\lambda}$; 动量的大小 = $\frac{h}{\lambda}$; 质量 = $\frac{h}{\lambda c}$.

3、当波长为 300nm 的光照射在某金属表面时, 光电子的能量范围从 0 到 $4.0 \times 10^{-19} \text{ J}$. 求在作上述光电效应实验时遏止电压 $|U_0|$? 此金属的红限频率 ν_0 ? (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$).

解: $\lambda = 3 \times 10^{-7} \text{ m}$.

光子能量:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} \text{ J} = 6.63 \times 10^{-19} \text{ J}$$

遏止电压满足

$$eU_0 = E_{k\max}$$

$$U_0 = \frac{E_{k\max}}{e} = \frac{4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ V} = 2.5 \text{ V}$$

当光子的频率为 ν_0 时

$$h\nu_0 = W$$

$$\text{由光电效应方程 } h\nu = W + E_k \quad \nu_0 = \frac{h\nu - E_k}{h} = \frac{2.63 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ Hz} = 3.97 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

4.思考题: 有人说: “光的强度越大, 光子的能量就越大。” 你认为对吗?

第三节 康普顿散射

1、选择题

(1)、在康普顿效应实验中, 要获得明显的实验现象, 所用的光源一般是 (C)

(A) 可见光 (B) 紫外线 (C) x 射线 (D) 红外线.

(2)、康普顿效应的主要特点是 (D)

(A) 散射光的波长均比入射光的波长短, 且随散射角增大而减小, 但与散射体的性质无关.

(B) 散射光的波长均与入射光的波长相同, 与散射角、散射体性质无关.

(C) 散射光中既有与入射光波长相同的, 也有比入射光波长长的和比入射光波长短的. 这与散射体性质有关.

(D) 散射光中有些波长比入射光的波长短, 且随散射角增大而增大, 有些散射光波长与入射光波长相同. 这都与散射体的性质无关.

(3)、光子能量为 0.5 MeV 的 x 射线, 入射到某种物质上而发生康普顿散射. 若反冲电子获得的动能为 0.1 MeV , 则散射光波长的改变量 $\Delta\lambda$ 与入射光波长 λ_0 之比为 (B)

(A) 0.20. (B) 0.25. (C) 0.30. (D) 0.35.

(4)、在康普顿效应实验中, 若散射光波长是入射光波长的 1.2 倍, 则散射光光子能量 ε 与反冲电子动能 E_K 之比 ε/E_K 为 (D)

(A) 2. (B) 3. (C) 4. (D) 5.

(5)、在康普顿效应实验中, 根据光子理论, 单个光子与电子的相互作用是 (A)

(A) 完全弹性碰撞.

(B) 完全非弹性碰撞.

(C) 动量不守恒.

(D) 能量不守恒.

(6) 光电效应和康普顿效应都包含有电子与光子的相互作用, 下面哪种说法是正确的? B

(A) 两种效应都属于电子与光子的弹性碰撞过程.

(B) 光电效应是由于电子吸收光子能量而产生的, 而康普顿效应则是由于光子与电子的弹性碰撞而产生的.

(C) 不论可见光、紫外光还是 x 射线, 与金属作用时, 都能同时观察到两种效应.

(D) 两种效应都服从能量守恒和动量守恒定律.

2、填空题

(1)、康普顿散射中, 当散射光子与入射光子方向成夹角 $\theta = \pi$ 时, 散射光子的频率小得最多; 当 $\theta = 0$ 时, 散射光子的频率与入射光子相同.

(2)、在康普顿散射实验中, 散射角为 $\theta_1 = 45^\circ$ 和 $\theta_2 = 60^\circ$ 的散射光波长改变量之比 $\Delta\lambda_1 : \Delta\lambda_2 = 2 - \sqrt{2}$.

3、用波长 $\lambda_0 = 0.1 \text{ nm}$ 的光子做康普顿实验.

(1) 散射角 $\theta = 90^\circ$ 的康普顿散射波长是多少?

(2) 反冲电子获得的动能有多大?

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

解: (1) $\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos 90^\circ)$
 $= 2.43 \times 10^{-12} \text{ m}$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 1.0243 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} (2) E_K &= \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda_0 + \Delta\lambda} \\ &= 4.72 \times 10^{-17} \text{ J} \\ &= 295 \text{ eV} \end{aligned}$$