

课时作业 81 原子结构与波粒二象性

基础达标练

1. [2024·湖南卷·1, 4分]量子技术是当前物理学应用研究的热点, 下列关于量子论的说法正确的是 ()

- A. 普朗克认为黑体辐射的能量是连续的
- B. 光电效应实验中, 红光照射可以让电子从某金属表面逸出, 若改用紫光照射也可以让电子从该金属表面逸出
- C. 康普顿研究石墨对 X 射线散射时, 发现散射后仅有波长小于原波长的射线成分
- D. 德布罗意认为质子具有波动性, 而电子不具有波动性

【答案】B

【解析】普朗克认为黑体辐射的能量是不连续的, A 错误; 当入射光的频率高于金属的极限频率时可以发生光电效应, 红光照射可以让电子从某金属表面逸出, 若改用频率更高的紫光照射, 也可以让电子从该金属表面逸出, B 正确; 康普顿研究石墨对 X 射线散射时, 发现散射后除了与原波长相同的射线成分外, 还有波长大于原波长的射线成分, C 错误; 德布罗意认为质子具有波动性, 电子也具有波动性, D 错误。

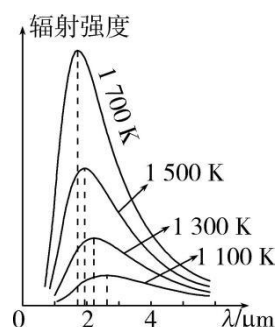
2. [2022·湖南卷·1, 4分]关于原子结构和微观粒子波粒二象性, 下列说法正确的是 ()

- A. 卢瑟福的核式结构模型解释了原子光谱的分立特征
- B. 玻尔的原子理论完全揭示了微观粒子运动的规律
- C. 光电效应揭示了光的粒子性
- D. 电子束穿过铝箔后的衍射图样揭示了电子的粒子性

【答案】C

【解析】玻尔的原子理论解释了原子光谱的分立特征, 但没有完全揭示微观粒子运动的规律, A、B 错误。爱因斯坦的光子说很好地解释了光电效应, 光电效应说明光具有粒子性, C 正确。电子束穿过铝箔后的衍射图样揭示了电子的波动性, D 错误。

3. 有关黑体辐射的研究表明：辐射强度、波长分布与辐射体的温度有密切关系。此研究对冶金工业的迅速发展有巨大贡献。如图所示，图中画出了四种温度下黑体辐射的强度与波长的关系，从中可以看出（ ）



- A. 温度越高，辐射电磁波的波长越短
- B. 温度越低，辐射电磁波的波长越短
- C. 同一波长的辐射强度随着温度的升高而增强
- D. 不同温度时辐射强度的极大值变化无规律可循

【答案】C

【解析】由图可知，无论温度高低，黑体都会辐射各种波长的电磁波，故 A、B 错误；由图可知，对同一波长的电磁波，温度越高，黑体辐射强度越强，即黑体辐射的强度随着温度的升高而增强，故 C 正确；由图可知，随温度的升高，辐射强度的极大值向波长短的方向移动，有规律可循，故 D 错误。

4. [2024·安徽卷·1，4分]大连相干光源是我国第一台高增益自由电子激光用户装置，其激光辐射所应用的玻尔原子理论很好地解释了氢原子的光谱特征。图为氢原子的能级示意图，已知紫外光的光子能量大于 3.11eV ，当大量处于 $n = 3$ 能级的氢原子向低能级跃迁时，辐射不同频率的紫外光有（ ）

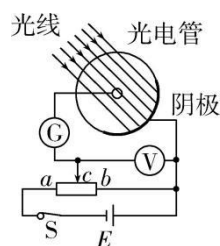
n	E/eV
∞	0
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.4
1	-13.6

- A. 1 种
- B. 2 种
- C. 3 种
- D. 4 种

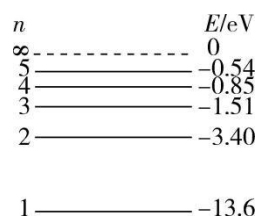
【答案】B

【解析】大量处于 $n = 3$ 能级的氢原子向低能级跃迁时，能够辐射出不同频率光子的种类为 $C_3^2 = 3$ 种，辐射出光子的能量分别为 $\Delta E_1 = E_3 - E_1 = -1.51\text{eV} - (-13.6\text{eV}) = 12.09\text{eV}$ ， $\Delta E_2 = E_3 - E_2 = -1.51\text{eV} - (-3.4\text{eV}) = 1.89\text{eV}$ ， $\Delta E_3 = E_2 - E_1 = -3.4\text{eV} - (-13.6\text{eV}) = 10.2\text{eV}$ ，其中 $\Delta E_1 > 3.11\text{eV}$ ， $\Delta E_2 < 3.11\text{eV}$ ， $\Delta E_3 > 3.11\text{eV}$ ，所以辐射不同频率的紫外光有2种，B正确。

5. 图甲是用于研究光电效应的实验装置，图乙是氢原子的能级图。实验发现处于 $n = 4$ 激发态的氢原子跃迁到 $n = 2$ 激发态时发出的光照射甲图实验装置的阴极时，电流表示数不为零，慢慢移动滑动变阻器触点 c ，发现电压表读数大于等于 0.8V 时，电流表读数为零，已知电子电荷量为 e ，下列说法正确的是（ ）



甲



乙

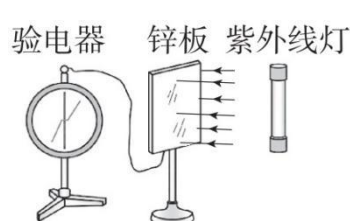
- A. 阴极材料的逸出功为 2.55eV
- B. 滑动变阻器触点 c 向 a 侧慢慢移动时，电流表读数会增大
- C. 其他条件不变，一群氢原子处于 $n = 4$ 能级，跃迁发出的光，总共有3种可以使甲图装置发生光电效应
- D. 用不同频率的光子照射该实验装置，记录电流表读数恰好为零时的电压表读数，根据频率和电压关系可以精确测量普朗克常量

【答案】D

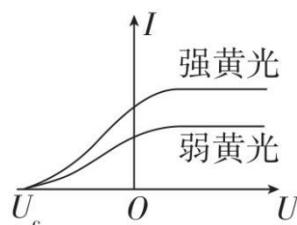
【解析】光子能量为 2.55eV ，根据题意可知遏止电压为 0.8V ，根据 $h\nu - W_0 = eU$ ，可知该材料的逸出功 $W_0 = 1.75\text{eV}$ ，A错误；滑动变阻器触点 c 慢慢向 a 侧移动，电流表读数会逐渐减小到零，B错误；大量处于 $n = 4$ 能级的氢原子向低能级跃迁时，一共可以辐射出光子的种类为 $C_4^2 = 6$ 种，其中从 $n = 4$ 能级跃迁到 $n = 3$ 能级的光子能量小于 W_0 ，所以总共有5种光可以使甲图装置发生光电效应，C

错误；根据光电效应方程及动能定理有 $h\nu - W_0 = eU$ ，可知只要记录光子频率、遏止电压就能精确测量普朗克常量，故 D 正确。

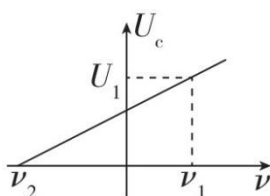
6. [2024·福建漳州模拟] 多选 下列四幅图是与光电效应实验有关的图，则关于这四幅图的说法正确的是 ()



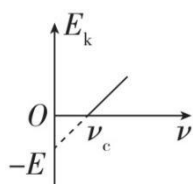
甲 光电效应实验



乙 光电流与电压的关系



丙 金属的遏止电压 U_c 与入射光频率的关系



丁 光电子最大初动能 E_k 与人射光频率的关系

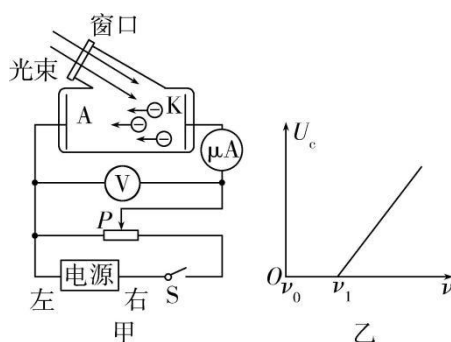
- A. 图甲中，如果先让锌板带负电，再用紫外线灯照射锌板，则验电器的张角先变小后变大
- B. 图乙中，同一频率的黄光越强，饱和电流越大
- C. 图丙中，图像的斜率为普朗克常量
- D. 图丁中， E 等于该金属的逸出功

【答案】 ABD

【解析】 题图甲中，先让锌板带负电，再用紫外线灯照射锌板，由于发生光电效应，锌板逸出光电子，电荷量减少，所以验电器的张角会变小，当锌板所带电荷量为零时，验电器就无法张开，如果紫外线灯继续照射锌板，就会使锌板带正电，验电器的张角又增大，故 A 正确；由题图乙可知，电压相同时，同一频率的黄

光越强，饱和电流越大，说明饱和电流与光的强度有关，故 B 正确；根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 和动能定理 $-eU_c = 0 - E_k$ ，联立解得 $U_c = \frac{h\nu}{e} - \frac{W_0}{e}$ ，可知 $U_c - \nu$ 图像的斜率为 $\frac{h}{e}$ ，故 C 错误；由 $E_k = h\nu - W_0$ 知， $E_k - \nu$ 图线的纵轴截距为 $-W_0 = -E$ ，可知 E 等于该金属的逸出功，故 D 正确。

7. 用阴极 K 为金属铷的光电管观测光电效应现象，实验装置如图甲所示。实验中测得铷的遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 之间的关系如图乙所示，纵轴与横轴交点的横坐标为 ν_0 ，图线与横轴交点的横坐标为 ν_1 。已知普朗克常量为 h ，电子的电荷量为 e 。则下列说法中正确的是（ ）



- A. 图乙中图线的斜率为 $\frac{h}{e}$
- B. 金属铷的逸出功为 $h\nu_0$
- C. 欲测遏止电压，电源左端应为正极
- D. 当电源左端为正极时，微安表示数随电压表示数的增大而持续增大

【答案】A

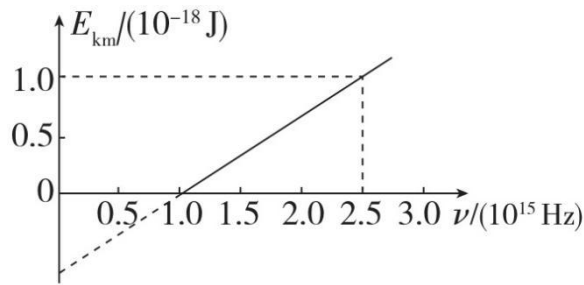
【解析】根据 $E_{km} = h\nu - W_0$ ，结合 $eU_c = E_{km}$ ，联立可得 $U_c = \frac{h\nu}{e} - \frac{W_0}{e}$ ，可知图乙中图线的斜率为 $\frac{h}{e}$ ，故 A 正确；由图乙可知，金属铷的截止频率为 ν_1 ，则金属铷的逸出功为 $W_0 = h\nu_1$ ，故 B 错误；由图甲可知，欲测遏止电压，电源右端应为正极，故 C 错误；当电源左端为正极且电流达到饱和电流时，微安表示数不再随电压表示数的增大而增大，故 D 错误。

能力强化练

8. [2024·河北唐山模拟] 金属钛由于其稳定的化学性质，良好的耐高温、耐低温、抗强酸、抗强碱，以及高强度、低密度，被美誉为“太空金属”。用频率为 $2.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 的单色光照射金属钛表面，发生光电效应。从钛表面放出光电子的

最大初动能与入射光频率的关系图线如图所示。普朗克常量

$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ，则下列说法正确的是（ ）



- A. 钛的截止频率为 $2.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- B. 钛的逸出功为 $6.63 \times 10^{-19} \text{ J}$
- C. 随着入射光频率的升高，钛的逸出功增大
- D. 光电子的最大初动能与入射光的频率成正比

【答案】B

【解析】由题图可知，当光电子的最大初动能等于零时，入射光的频率等于金属的截止频率，则有 $\nu_c = 1.0 \times 10^{15} \text{ Hz}$ ，钛的逸出功 $W_0 = h\nu_c = 6.63 \times 10^{-34} \times 1.0 \times 10^{15} \text{ J} = 6.63 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，A 错误，B 正确；逸出功由金属本身的性质决定，与入射光频率无关，C 错误；由题图可知，光电子的最大初动能与入射光的频率成一次函数关系，不是正比关系，D 错误。

9. [2023·江苏卷·14，8分]“夸父一号”太阳探测卫星可以观测太阳辐射的硬 X 射线。硬 X 射线是波长很短的光子，设波长为 λ 。若太阳均匀地向各个方向辐射硬 X 射线，卫星探测器镜头正对着太阳，每秒接收到 N 个该种光子。已知探测器镜头面积为 S ，卫星离太阳中心的距离为 R ，普朗克常量为 h ，光速为 c ，求：

- (1) 每个该种光子的动量 p 和能量 E ；
- (2) 太阳辐射硬 X 射线的总功率 P 。

【答案】 (1) $\frac{h}{\lambda}$ ； $h\frac{c}{\lambda}$

(2) $\frac{4\pi hcNR^2}{S\lambda}$

【解析】

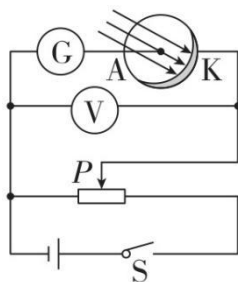
(1) 硬 X 射线的波长为 λ ，由 $\lambda = \frac{h}{p}$ 得每个光子的动量 $p = \frac{h}{\lambda}$ 由 $E = h\nu$ 和 $\nu = \frac{c}{\lambda}$ 得每个光子的能量 $E = h\frac{c}{\lambda}$

(2) 太阳辐射射线时是球状辐射,以太阳中心为球心,太阳中心到卫星探测仪镜头的距离为半径的球面面积为 $S_{\text{总}} = 4\pi R^2$ 面积为 S 的探测仪镜头每秒接收 N 个该种光子,则整个球面每秒接收的该种光子数 $N_{\text{总}} = \frac{N}{S} \cdot S_{\text{总}}$ 太阳每秒辐射硬 X 射线的总能量应为 $E_{\text{总}} = N_{\text{总}} \cdot E$ 太阳辐射硬 X 射线的总功率 $P = \frac{E_{\text{总}}}{t}$ 其中 $t = 1\text{s}$ 解得

$$P = \frac{4\pi hcNR^2}{S\lambda}$$

素养综合练

10. [2024·山东青岛模拟]从 1907 年起,美国物理学家密立根开始以精湛的技术测量光电效应中几个重要的物理量。如图所示实验中,若先后用频率为 ν_1 、 ν_2 的单色光照射阴极 K 均可产生光电流。调节滑片 P ,当电压表示数分别为 U_1 、 U_2 时, ν_1 、 ν_2 对应的光电流恰减小到零。已知 $U_1 > U_2$,电子电荷量为 e ,下列说法正确的是 ()



- A. 两种单色光的光子动量 $p_1 < p_2$
- B. 光电子的最大初动能 $E_{k1} < E_{k2}$
- C. 普朗克常量为 $\frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$
- D. 逸出功为 $\frac{e(\nu_1 U_1 - \nu_2 U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$

【答案】C

【解析】根据公式 $eU = h\nu - W_0 = h\frac{c}{\lambda} - W_0$, 因为 $U_1 > U_2$, 所以 $\lambda_1 < \lambda_2$, 光子动量 $p = \frac{h}{\lambda}$, 故 $p_1 > p_2$, 故 A 错误; 光电子的最大初动能 $E_k = eU$, 则 $E_{k1} > E_{k2}$, 故 B 错误; 根据光电效应方程得 $h\nu_1 = eU_1 + W_0$, $h\nu_2 = eU_2 + W_0$, 解得 $h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$, $W_0 = \frac{e(\nu_2 U_1 - \nu_1 U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$, 故 C 正确, D 错误。