

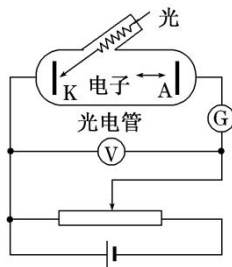
计算题专项训练 3

1. 静止的氮核 ${}^{14}_7\text{N}$ 被速度为 v_0 的中子 ${}_0^1\text{n}$ 击中生成甲、乙两核，已知甲、乙两核的速度方向同碰撞前中子的速度方向一致，甲、乙两核动量之比为 $1:1$ ，动能之比为 $1:4$ ，它们沿垂直磁场方向进入匀强磁场做圆周运动，其半径之比为 $1:6$ ，试求：

- (1) 乙是什么核？
- (2) 乙的速度是多大？

2. 研究光电效应规律的实验装置如图所示，光电管的阴极材料为金属钾，其逸出功为 $W_0 = 2.25 \text{ eV}$ ，现用光子能量为 10.75 eV 的紫外线照射光电管，调节变阻器滑片位置，使光电流刚好为零。求：

- (1) 电压表的示数是多少？
- (2) 若照射光的强度不变，紫外线的频率增大一倍，阴极 K 每秒内逸出的光电子数如何变化？到达阳极的光电子动能为多大？
- (3) 若将电源的正负极对调，到达阳极的光电子动能为多大？



3. 某些建筑材料可产生放射性气体——氡，氡可以发生 α 或 β 衰变，如果人长期生活在氡浓度过高的环境中，那么，氡经过人的呼吸道沉积在肺部，并放出大量的射线，从而危害人体健康。原来静止的氡核(${}^{222}_{86}\text{Rn}$)发生一次 α 衰变生成新核钋(Po)，并放出一个能量为 E_0 的光子。已知放出的 α 粒子动能为 E_α ；忽略放出光子的动量，但考虑其能量，求：

- (1) 新核钋(Po)的动能；
- (2) 衰变过程中总的质量亏损为多少？

4. 光的干涉和衍射现象说明光具有波动性。爱因斯坦的光电效应理论和康普顿效应理论表明，光在某些方面确实也会表现得像是由一些粒子（即一个个有确定能量和动量的“光子”）组成的。人们意识到，光既具有波动性，又具有粒子性。（ c 为光速， h 为普朗克常量）

（1）物理学家德布罗意把光的波粒二象性推广到实物例子，他提出假设：实物粒子也具有波动性，即每一个运动的粒子都与一个对应的波相联系，粒子的能量 E 和动量 p 跟它所对应波的频率 ν 和波长 λ 之间也遵从如下关系： $\nu = \frac{E}{h}$ ， $\lambda = \frac{h}{p}$ 。请

依据上述关系以及光的波长公式，试推导单个光子的能量 E 和动量 p 间存在的关系；

（2）我们在磁场中学习过磁通量 Φ ，其实在物理学中有很多通量的概念，比如电通量、光通量、辐射通量等等。辐射通量 Φ_c 表示单位时间内通过某一截面的辐射能，其单位为 J/s 。

①光子具有能量。一束波长为 λ 的光垂直照射在面积为 S 的黑色纸片上，其辐射通量为 Φ_c ，且全部被黑纸片吸收，求该束光单位体积内的光子数 n ；

②光子具有动量。当光照射到物体表面上时，不论光被物体吸收还是被物体表面反射，光子的动量都会发生改变，因而对物体表面产生一种压力。求上一问中的光对黑纸片产生的压力大小，并判断若将黑纸片换成等大的白纸片，该束光对白纸片的压力有何变化。

参考答案:

1. 解析:

(1) 设甲、乙两核质量分别为 $m_{\text{甲}}$ 、 $m_{\text{乙}}$ ，电荷量分别为 $q_{\text{甲}}$ 、 $q_{\text{乙}}$ 。

由动量与动能的关系 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 和 $p_{\text{甲}} = p_{\text{乙}}$ 可得 $m_{\text{甲}} : m_{\text{乙}} = 4 : 1$

因为甲、乙的质量数之和为 15，所以乙核的质量数为 3

由 $R = \frac{mv}{Bq} = \frac{p}{Bq}$ 可得 $q_{\text{甲}} : q_{\text{乙}} = R_{\text{乙}} : R_{\text{甲}} = 6 : 1$

因为甲、乙的核电荷数之和为 7，所以乙核的核电荷数为 1

所以乙核为 ${}^3_1\text{H}$ ，甲为 ${}^{12}_6\text{C}$

(2) 设中子质量为 m_0 ，由动量守恒定律，可得 $m_0 v_0 = m_{\text{甲}} v_{\text{甲}} + m_{\text{乙}} v_{\text{乙}} = 2m_{\text{乙}} v_{\text{乙}} = 6m_0 v_{\text{甲}}$

解得乙的速度 $v_{\text{乙}} = \frac{v_0}{6}$ 。

2. 解析:

(1) 由光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$

得光电子最大初动能 $E_k = 8.50 \text{ eV}$

光电管两端加有反向电压，光电子由 K 向 A 做减速运动。

由动能定理 $-eU = E_{\text{kA}} - E_k$

因 $E_{\text{kA}} = 0$ ，则 $U = \frac{E_k}{e} = 8.50 \text{ V}$ 。

(2) 设光的强度为 $nh\nu$ ，光强不变，频率增大一倍，则每秒入射的光子数 n 减为原来的一半，阴极 K 每秒内逸出的光电子数也减为原来的一半，

由光电效应方程得光电子的最大初动能

$E_k' = h\nu' - W_0 = 2h\nu - W_0 = 19.25 \text{ eV}$

电子由阴极向阳极做减速运动。

由动能定理 $-eU = E_{\text{kA}}' - E_k'$ ，得 $E_{\text{kA}}' = 10.75 \text{ eV}$ 。

(3) 若将电源的正负极对调，光电管上加有正向电压，光电子从阴极向阳极做加速运动，

由动能定理 $eU = E_{\text{kA}}'' - E_k$ ，

得 $E_{\text{kA}}'' = 17.00 \text{ eV}$ 。

3. 解析:

(1) 忽略放出光子的动量，根据动量守恒定律 $0 = p_{\alpha} + p_{\text{Po}}$

即新核钋(Po)的动量与 α 粒子的动量大小相等，又

$$E_k = \frac{p^2}{2m}。$$

可求出新核钋(Po)的动能为 $E_{Po} = \frac{2}{109} E_{\alpha}$ 。

(2) 由题意, 质量亏损对应的能量以光子的能量和新核、 α 粒子动能形式出现, 衰变时释放出的总能量为

$$\Delta E = E_{\alpha} + E_{Po} + E_0 = \Delta mc^2$$

故衰变过程中总的质量亏损是
$$\Delta m = \frac{111E_{\alpha} + 109E_0}{109c^2}$$

4. 解析:

(1) 单个光子的能量 $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

根据单个光子的动量 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可知 $E = pc$

(2) ①假设 Δt 时间内通过黑纸片光束的体积为 V , 则光子总个数为 $N = n \cdot V = n \cdot S \cdot c\Delta t$

$$\text{辐射通量 } \Phi_c = \frac{N \cdot h\nu}{\Delta t} = \frac{nSc\Delta t \cdot h \frac{c}{\lambda}}{\Delta t} = \frac{nShc^2}{\lambda}$$

$$\text{解得单位体积内的光子数 } n = \frac{\lambda \Phi_c}{Shc^2}$$

②光束照射黑纸片, 全部被吸收, 根据动量定理 $F\Delta t = Np$

$$\text{解得黑纸片对光的作用力 } F = \frac{Np}{\Delta t} = \frac{n \cdot S \cdot c\Delta t \cdot \frac{h}{\lambda}}{\Delta t} = \frac{\lambda \Phi_c}{Shc^2} \cdot \frac{Shc}{\lambda} = \frac{\Phi_c}{c}$$

根据牛顿第三定律可知光对黑纸片的压力为 $\frac{\Phi_c}{c}$; 若将黑纸片换为等大的白纸片, 光子在白

纸片表面全部反弹, 若全部发生弹性碰撞, 则根据动量定理 $F'\Delta t = 2Np$

则 $F' > F$, 所以根据牛顿第三定律可知该束光对白纸片的压力变大。