

2012-2013-1 大学物理 II 期末试题 A 卷参考答案及评分标准

2013 年 1 月 24 日考试

一、选择题 (每题 3 分)

1. B 2. D 3. B 4. C 5. A

二、填空题

1. $D = \frac{Q}{4\pi R^2}$; 指向球壳中心; $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}(\frac{1}{\epsilon_{r1}R_1} - \frac{1}{\epsilon_{r1}R} + \frac{1}{\epsilon_{r2}R} - \frac{1}{\epsilon_{r2}R_2})$ 4 分

2. $\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 m_0 c^2}$ 4 分 3. $\frac{\sigma\omega\pi BR^4}{4}$ 4 分

4. $I_{d,max} = 5.46 \times 10^{-5} \text{ A}$ 4 分 5. $\Delta x/v$ 2 分 $\frac{\Delta x \sqrt{1-(v/c)^2}}{v}$ 2 分

6. $1.8 \times 10^4 \text{ m}$ 4 分 7. $U \geq 1.74 \text{ V}$ 4 分

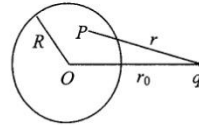
8. $\frac{h}{\sqrt{3}m_e c}$ 3 分 9. $1.00 \times 10^{-9} \text{ nm}$ 3 分

10. 4 1 分 7 1 分 $L_z = 0, \pm\hbar, \pm 2\hbar, \pm 3\hbar$ 1 分 11. 514 nm 3 分

三、计算题

1. 解: (1) P 点总的电场强度为零。该点的电场强度是导体球面上非均匀分布的电荷及球外点电荷 q 所共同产生的。于是所求场强等于总场强减去球外点电荷 q 产生的场强:

场强: $E'_P = 0 - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 方向沿 r 指向 q 2 分



P 点的电势是导体球面上非均匀分布的电荷及球外点电荷 q 所共同产生的, 于是, 所求电势等于总电势减去球外点电荷 q 产生的电势。

$$\varphi'_P = \varphi_P - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad 2 \text{ 分}$$

导体达到静电平衡后, P 点电势与 O 相等, 即 $\varphi_P = \varphi_O$

电势: $\varphi'_P = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_0} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ 2 分

(2) 若球接地, 导体球心 O 处的电势为零, 即 $\varphi_O = 0$ 2 分

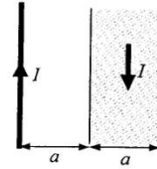
$$\therefore \varphi_O = \varphi'_O + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_0}, \quad \varphi'_O = \frac{q'}{4\pi\epsilon_0 R} \quad \therefore q' = -\frac{R}{r_0} q \quad 2 \text{ 分}$$

2. 解: 宽为 a 的电流均匀分布的无限长薄平板在无限长载流直导线处的磁感应强度为

$$B = \int_a^{2a} \frac{\mu_0 I}{2\pi ar} dr = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln 2 \quad 5 \text{ 分}$$

无限长直导线上取电流元 Idl , 则单位长度无限长直导线受到的作用力为

$$F = \int_0^l Idl \cdot B = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi a} \ln 2 \quad 5 \text{ 分}$$

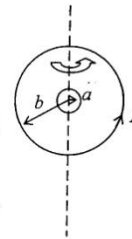


3. 解: (1) 大圆线圈在圆心处产生的磁场为

$$B = \frac{\mu_0 I}{2b} \quad 2 \text{ 分}$$

方向与其平面垂直, 由于 $b \gg a$, 则小圆线圈处的磁场可近似看成是均匀的, 而且和圆心处的磁场相同, 小圆线圈转动时, 通过它的磁通量为

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \theta = \frac{\mu_0 I}{2b} \pi a^2 \cos(\omega t)$$



其中 θ 是大圆线圈平面与小圆线圈平面的夹角或两线圈平面法线之间的夹角。小圆线圈中感应电动势的大小为

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 I}{2b} \pi a^2 \omega \sin(\omega t) \quad 2 \text{ 分}$$

小圆线圈中的感应电流大小为 $I_{\text{小}} = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\mu_0 I}{2bR} \pi a^2 \omega \sin(\omega t)$ 2 分

(2) 两线圈的互感系数为 $M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 \pi a^2}{2b} \cos(\omega t)$ 2 分

因为小圆线圈中有感应电流, 则通过大圆线圈的磁通量为

$$\Psi = I_{\text{小}} M = \frac{\mu_0^2 \pi^2 a^4 \omega I}{8b^2 R} \sin(2\omega t)$$

所以大圆线圈中产生的感应电动势为 $\varepsilon_{\text{大}} = -\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{\mu_0^2 \pi^2 a^4 \omega^2 I}{4b^2 R} \cos(2\omega t)$ 2 分

4. 解: (1) 设粒子被禁闭在长度为 a 的一维箱中运动形成驻波, 根据驻波条件有

$$a = n \frac{\lambda_n}{2} \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad 2 \text{ 分}$$

由德布罗意关系式可知 $p_n = \frac{h}{\lambda_n}$

所以定态动能为量子化的, 量子化能级为

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{(h/\lambda_n)^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda_n^2} = \frac{h^2}{2m(2a/n)^2} = \frac{n^2 h^2}{8ma^2} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{最小动能公式为 } E_1 = \frac{h^2}{8ma^2} \quad 1 \text{ 分}$$

$$(2) \text{ 基态波函数为 } \psi_1(x) = A \sin \frac{\pi}{a} x$$

式中 A 为常数。由归一化条件

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi_1(x)|^2 dx = \int_0^a |\psi_1(x)|^2 dx = 1 \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{容易求得归一化常数 } A \text{ 为 } A = \sqrt{\frac{2}{a}} \quad 1 \text{ 分}$$

在 $0 < x < a/4$ 区间内发现粒子的概率为

$$P = \int_0^{a/4} |\psi_1(x)|^2 dx = \int_0^{a/4} \frac{2}{a} \sin^2 \left(\frac{\pi}{a} x \right) dx = \frac{1}{4} - \frac{1}{2\pi} = 0.091 \quad 2 \text{ 分}$$

5. 解: (1) 当金属探测器的探头内通入脉冲电流(变化电流)时, 它就会产生变化的磁场, 从而使位于地下的金属物品中产生感应电流。这个感应电流是随时间变化的电流, 变化的电流又可以产生变化的磁场, 因而金属物品可以发回电磁信号; 这样就能探测到埋在地下的金属物品。 3 分

(2) 如果探头内通入的是恒定电流, 金属物品中就不会有感应电流, 不能发回电磁信号, 也就无法探测到地下的金属物品。 2 分