大 学 物 理 试 卷 解 答

一 选择题 (共30分)

1. (本题 3分)(1367)

   (C)

2. (本题 3分)(1257)

   (D)

3. (本题 3分)(1020)

   (C)

4. (本题 3分)(1114)

   (C)

5. (本题 3分)(5669)

   (C)

参考解：

导体中电流密度 $J = I/\pi(R^2 - r^2)$．设想在导体的挖空部分同时有电流密度为 J 和－J 的流向相反的电流．这样，空心部分轴线上的磁感强度可以看成是电流密度为 J 的实心圆柱体在挖空部分轴线上的磁感强度 $\vec{B}_1$ 和占据挖空部分的电流密度－J 的实心圆柱在轴线上的磁感强度 $\vec{B}_2$ 的矢量和．由安培环路定理可以求得

$$B_2 = 0，\ B_1 = \frac{\mu_0 I a^2}{2\pi a(R^2 - r^2)}$$

所以挖空部分轴线上一点的磁感强度的大小就等于

$$B_1 = \frac{\mu_0 I a}{2\pi(R^2 - r^2)}$$

6. (本题 3分)(2609)

   (D)

7. (本题 3分)(2610)

   (B)

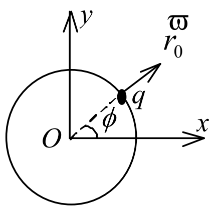
8. (本题 3分)(2903)

   (C)

9. (本题 3分)(2871)

   (D)

参考解：设 $\phi = \omega t$，令 $\vec{r}_0$ 代表 r 方向单位矢量



圆心处的电位移为

$$\vec{D} = \frac{q}{4\pi R^2}(-\vec{r}_0)$$

∵ $\vec{r}_0 = \cos\phi\,\vec{i} + \sin\phi\,\vec{j}$

∴ $\vec{D} = \frac{q}{4\pi R^2}(-\cos\phi\,\vec{i} - \sin\phi\,\vec{j})$

位移电流密度 $\vec{J} = \partial\vec{D}/\partial t$

∴ $\vec{J} = \frac{q\omega}{4\pi R^2}(\sin\omega t\vec{i} - \cos\omega t\vec{j})$

10.（本题 3分）(2807)

(B)

参考解：

$\because$ 加速运动的带电粒子的辐射功率与加速度平方成正比，即 $P \propto (\omega^4 R^2)$，

而 $\omega = eB/m$ 与半径无关 $\therefore$ $P \propto R^2$

二 填空题（共30分）

11.（本题 3分）(1702)

$-3q^2/(8\pi\varepsilon_0 a)$ 3 分

12.（本题 3分）(1279)

$\dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}$ 3 分

13.（本题 4分）(1511)

$\sqrt{2Fd/C}$ 2 分

$\sqrt{2FdC}$ 2 分

14.（本题 3分）(2710)

$\dfrac{\mu_0 ih}{2\pi R}$ 3 分

15.（本题 3分）(2703)

$q\omega l^2/24$ 3 分

16.（本题 3分）(2021)

$B = \dfrac{3\mu_0 I}{8\pi a}$ 3 分

17.（本题 4分）(2112)

无感应电流 2 分

无感应电流 2 分

18.（本题 3分）(2333)

$\dfrac{\mu_0 b}{2\pi}\ln\dfrac{a+d}{d}$ 3 分

参考解：

设长导线中电流为 I，则矩形线圈中

$$\Phi = \int_d^{a+d} \frac{\mu_0 Ib}{2\pi x}\,\mathrm{d}x = \frac{\mu_0 Ib}{2\pi}\ln\frac{a+d}{d}$$

$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 b}{2\pi}\ln\frac{a+d}{d}$$

19.（本题 4分）(2826)

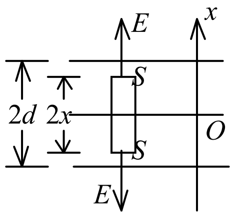
1.33×10^2 W/m^2 2 分

2.51×10^{-5} J/m^3 2 分

参考解： $S = \dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{\mu_r\mu_0}{\varepsilon_r\varepsilon_0}}H_0^2$ $w_{\max} = \mu_r\mu_0 H_0^2$

三 计算题 (共40分)

20. (本题 5分)(1061)



解：选 x 轴垂直导体板，原点在中心平面上，作一底面为 S、长为 $2x$ 的柱形高斯面，其轴线与 x 轴平行，上下底面与导体板平行且与中心平面对称．由电荷分布知电场分布与中心面对称．设底面处场强大小为 E．应用高斯定理：

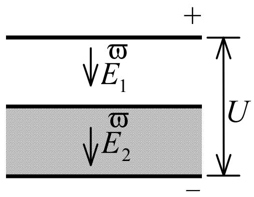
$$2SE = \sum q/\varepsilon_0 = 2nqSx/\varepsilon_0 \qquad 2\text{ 分}$$

得 $E = nqx/\varepsilon_0$ 方向如图所示 1 分

由于导体板接地，电势为零，所以 x 处的电势为

$$U = \int_x^d E\,\mathrm{d}x = (nq/\varepsilon_0)(\int_x^d x\,\mathrm{d}x) = (nq/2\varepsilon_0)(d^2 - x^2) \qquad 2\text{ 分}$$

21. (本题 5分)(5436)



解：设空气中和介质中的电位移矢量和电场强度矢量分别用 $\vec{D}_1$、$\vec{D}_2$ 和 $\vec{E}_1$、$\vec{E}_1$ 表示，则

$$U = \frac{d}{2}\left(E_1 + E_2\right) \qquad (1)$$

$$D_1 = \varepsilon_0 E_1 \qquad (2)$$

$$D_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_r E_2 \qquad (3)$$

$$D_1 = D_2 \qquad (4)$$

联立解得 $E_2 = \dfrac{2U}{\left(\varepsilon_r + 1\right)d}$＝182 V/m 2 分

$D_1 = D_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_r E_2$＝$1.61\times10^{-8}$ C/m^2 1 分

$E_1 = \varepsilon_r E_2 = 1.82\times10^3$ V/m 1 分

方向均相同，由正极板垂直指向负极板． 1 分

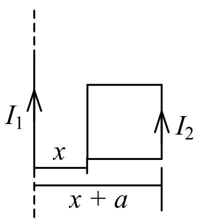
22. (本题 5分)(5682)

解：因为所带电荷保持不变，故电场中各点的电位移矢量 $\vec{D}$ 保持不变，

又 $$w = \frac{1}{2}DE = \frac{1}{2\varepsilon_0\varepsilon_r}D^2 = \frac{1}{\varepsilon_r}\frac{1}{2\varepsilon_0}D_0^2 = \frac{w_0}{\varepsilon_r} \qquad 3\text{ 分}$$

因为介质均匀，∴电场总能量 $W = W_0/\varepsilon_r$ 2 分

23. (本题 5分)(2711)



解：如图示位置，线圈所受安培力的合力为

$$F = aI_2\left[\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(x+a)}\right] \qquad 2\text{ 分}$$

方向向右，从 $x = a$ 到 $x = 2a$ 磁场所作的功为

$$A = \int_a^{2a} \frac{\mu_0 a I_1 I_2}{2\pi}\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a}\right)\mathrm{d}x \qquad 2\text{ 分}$$

$$= \frac{\mu_0 a I_1 I_2}{2\pi}(2\ln 2 - \ln 3) \qquad 1\text{ 分}$$

24．(本题10分)(2498)

解：(1) $$\mathcal{E}_1=\frac{\mu_0 I\,l\upsilon}{2\pi}\left(\frac{1}{a+\upsilon t}-\frac{1}{a+b+\upsilon t}\right)$$ 3 分

方向沿 $ABCD$ 即顺时针．

(2) $$\Phi=\frac{\mu_0 I\,l}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$

$$\mathcal{E}_2=-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=-\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}\cdot\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

$$=-\frac{\mu_0 l I_0\omega}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}\cos\omega t$$ 4 分

以顺时针为正方向．

(3) $$\mathcal{E}=\mathcal{E}_1+\mathcal{E}_2$$ 3 分

其中，$\mathcal{E}_1$ 式中 $I=I_0\sin\omega t$，$\mathcal{E}_2$ 式中 $a+b$ 和 a 分别换为 $a+b+\upsilon t$ 和 $a+\upsilon t$．

25．(本题10分)(2192)

解：由电动势的概念和电磁感应定律，在图面内以 O 为圆心 r 为半径的圆形回路上

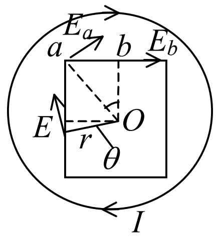
$$\mathcal{E}_i=\oint_L \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=-\pi r^2\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$ 2 分

式中 B 为回路所包围的面积上均匀磁场的大小，且 $\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$ 处处相同．根据对称性，回路圆周上各点 E 处处相同，方向沿圆周切线．于是可得

$$E=-\frac{1}{2}r\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$ 2 分

这也就是螺线管内距轴线为 r 的任一点处感应电场的大小．在 a、b、两点，感应电场 $\vec{E}$ 的方向如图，分别垂直于 Oa 与 Ob． 2 分

长直螺线管内各点 $B=\mu_0 nI$，$\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}=\mu_0 n\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$ 1 分



∴ $$E=-\frac{1}{2}r\mu_0 n\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

沿线框切向的场强分量 $E_t=E\cos\theta=-\frac{1}{2}r\mu_0 n\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}\cos\theta$

在此正方形线框上各点处，$r\cos\theta=L/2$ 1 分

∴ $$E_t=-L\mu_0 n\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}/4=L\mu_0 nk/4$$ 2 分

由此可见，在此方形导线框上每一点的 E_t 皆相等．