第 10 章练习题参考答案

基础练习

1. $\mu_0 I$　0　$2\mu_0 I$。

2. $\dfrac{mg\cos\theta}{qB}$。

3. B　4. A　5. AD　6. B　7. BC

8. 解：(1)导体棒 cd 静止时受力平衡，设所受安培力为 $F_{安}$，则 $F_{安}=mg\sin\theta=1\ \text{N}$。

(2)设导体棒 ab 的速度为 v 时，产生的感应电动势为 E，通过导体棒 cd 的感应电流为 I 则，$E=BLv$，$I=E/2r$，$F_{安}=BIL$。

解得：$v=\dfrac{2F_{安}\ r}{B^2l^2}=10\ \text{m/s}$。

(3)设对导体棒 ab 的拉力为 F，导体棒 ab 受力平衡，则 $F=F_{安}+mg\sin\theta=2\ \text{N}$。

拉力的功率为 $P=Fv=2\times10=20\ \text{W}$。

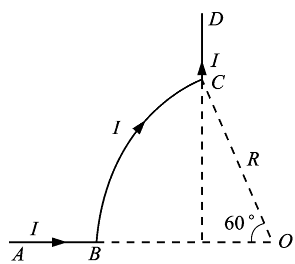
综合进阶

1. B　2. C　3. C　4. B

5. 1∶2　1∶2。

6. $\dfrac{1}{v\pi R^2}$　$\dfrac{\mu_0\mu_r Ir}{2\pi R^2}$。

7. 解：如图所示，O 点磁场由 AB、BC、CD 三部分电流产生，其中，AB 段产生磁场



$$\boldsymbol{B}_1=0$$

BC 段产生磁场

$$B_2=\frac{\mu_0 I}{2R}\cdot\frac{60^\circ}{360^\circ}=\frac{\mu_0 I}{12R}，方向\otimes（即垂直纸面向里）$$

CD 段产生磁场

$$B_3=\frac{\mu_0 I}{4\pi\dfrac{R}{2}}(\sin 90^\circ-\sin 60^\circ)=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)，方向\otimes$$

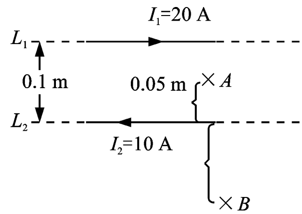
或

$$B_3=\frac{\mu_0 I}{4\pi\dfrac{R}{2}}(\cos 120^\circ-\cos 180^\circ)=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)，方向\otimes$$

所以

$$B_0=B_1+B_2+B_3=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}+\frac{\pi}{6}\right)，方向\otimes$$

8. 解：如图所示，$\boldsymbol{B}_A$ 方向垂直纸面向里，大小为



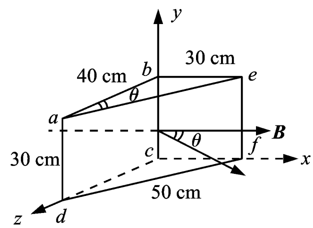
$$B_A=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(0.1-0.05)}+\frac{\mu_0 I_2}{2\pi\times 0.05}=1.2\times 10^{-4}(\mathrm{T})$$

$\boldsymbol{B}_B$ 方向垂直纸面向外，大小为

$$B_B=-\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(0.1+0.05)}+\frac{\mu_0 I_2}{2\pi\times 0.05}\approx 1.33\times 10^{-5}(\mathrm{T})$$

设 $\boldsymbol{B}=0$ 在 L_2 外侧距离 L_2 为 r 处，则$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi(r+0.1)}-\dfrac{\mu I_2}{2\pi r}=0$，解得 $r=0.1$ m。

9. 解：



(1)通过 $abcd$ 面积 S_1 的磁通为

$$\Phi_1=\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{S}_1=2.0\boldsymbol{i}\cdot(0.3\times 0.4)\boldsymbol{i}=0.24(\mathrm{Wb})$$

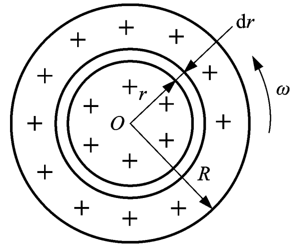
(2) 通过 $befc$ 面积 S_2 的磁通量为

$$\Phi_2=\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{S}_2=2.0\boldsymbol{i}\cdot(0.3\times 0.3)\boldsymbol{k}=0$$

(3)设 $aefd$ 面积 S_3 的法线正方向如图，则通过 $aefd$ 面积 S_3 的磁通量为

$$\Phi_3=\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{S}_3=2\times(0.3\times 0.5)\times\cos\theta=2\times 0.15\times\frac{4}{5}=0.24(\mathrm{Wb})$$

10. 解法一：当带电盘绕 O 轴转动时，电荷在运动，因而产生磁场。可将圆盘看成许多同心圆环的组合，而每一个带电圆环转动时相当于一圆电流。以 O 为圆心，r 为半径，宽为 dr 的圆环，此环上电量为



$$\mathrm{d}q=\sigma\mathrm{d}s=\sigma\cdot 2\pi r\mathrm{d}r$$

此环转动时，其等效电流为

$$\mathrm{d}I=\frac{\omega}{2\pi}\cdot\mathrm{d}q=\omega\sigma r\mathrm{d}r$$

此电流在环心 O 处产生的磁感应强度大小为

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0\mathrm{d}I}{2r}=\frac{\mu_0\omega\sigma\mathrm{d}r}{2}$$

其方向沿轴线，因此整个圆盘在盘心 O 处产生的磁感应强度大小为

$$B=\int\mathrm{d}B\int_0^R\frac{1}{2}\mu_0\omega\sigma\,\mathrm{d}r=\frac{1}{2}\mu_0\omega\sigma R$$

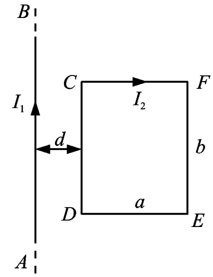
解法二：根据运动电荷的磁场公式 $\boldsymbol{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{r}}{r^3}$，求解，在圆盘上取一半径为 r，宽为 dr 的圆环，电量 d$q=\sigma 2\pi r$dr，$v=r\omega$，则有

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0 r\omega}{4\pi}\frac{\mathrm{d}q}{r^2}=\frac{\mu_0\omega}{4\pi r}\sigma\cdot 2\pi r\mathrm{d}r=\frac{\mu_0\sigma\omega}{2}\mathrm{d}r$$

方向垂直于盘面向上，同样

$$B=\int\mathrm{d}B=\frac{\mu_0\sigma\omega}{2}\int_0^R\mathrm{d}r=\frac{\mu_0\omega\sigma R}{2}=\frac{\mu_0\omega q}{2\pi R}$$

11. 解：(1)$\boldsymbol{F}_{DC}$ 方向垂直 DC 向左，大小为



$$F_{DC}=I_2 b\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}=8.0\times10^{-4}(\mathrm{N})$$

同理，$\boldsymbol{F}_{FE}$ 方向垂直 FE 向右，大小为

$$F_{FE}=I_2 b\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(d+a)}=8.0\times10^{-5}(\mathrm{N})$$

$\boldsymbol{F}_{CF}$ 方向垂直 CF 向上，大小为

$$F_{CF}=\int_d^{d+a}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}\mathrm{d}r=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}ln\frac{d+a}{d}=9.2\times10^{-5}(\mathrm{N})$$

$\boldsymbol{F}_{ED}$ 方向垂直 ED 向下，大小为

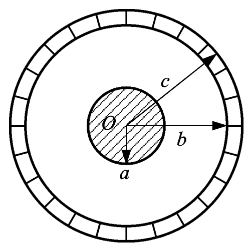
$$F_{ED}=F_{CF}=9.2\times10^{-5}(\mathrm{N})$$

(2)合力 $\boldsymbol{F}=\boldsymbol{F}_{DC}+\boldsymbol{F}_{FE}+\boldsymbol{F}_{CF}+\boldsymbol{F}_{ED}$，方向向左，大小为

$$F=7.2\times10^{-4}(\mathrm{N})$$

合力矩 $\boldsymbol{M}=\boldsymbol{P}_m\times\boldsymbol{B}$，因为线圈与导线共面，所以 $\boldsymbol{P}_m//\boldsymbol{B}$，故 $\boldsymbol{M}=0$。

12. 解：由电流分布对称性知，其产生的磁场对柱体中心轴线也有对称性。



由安培环路定理 $\oint_L \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{l}=\mu_0\sum I$，得

(1)$r<a$：$B2\pi r=\mu_0\frac{Ir^2}{R^2}$，$B=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$；

(2)$a<r<b$：$B2\pi r=\mu_0 I$，$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$；

(3)$b<r<c$：$B2\pi r=-\mu_0 I\frac{r^2-b^2}{c^2-b^2}+\mu_0 I$，$B=\frac{\mu_0 I(c^2-r^2)}{2\pi r(c^2-b^2)}$；

(4)$r>c$：$B2\pi r=0$，$B=0$。

13. 解：由于介质是均匀无限大，只有在介质与圆柱形导体的交界面上才有面分布的磁化电流。

磁化电流面密度为

$$i_M=M(R)$$

通过圆柱面的磁化电流为

$$I_M=i_M\cdot 2\pi R=2\pi RM(R)$$

根据对称性，可知传导电流单独产生的磁场为

$$B_C=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$$

磁化电流单独产生的磁场为

$$B_M=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_M}{r}=\mu_0\frac{R}{r}M(R)=\frac{R}{r}\frac{\chi_m}{1+\chi_m}B(R)$$