

第 31 章 電磁感應 本章習題 解答

1. 磁場及磁通量之間的差別為何？

答：略

2. 考慮一通過一圓環中心的長直導線，如圖 31.20 中所示的幾何分布。如果導線內電流變化時，環內會有感應電流嗎？(a) 圖 31.20a 中導線沿圓環的某一直徑；(b) 圖 31.20b 中導線沿圓環的軸。

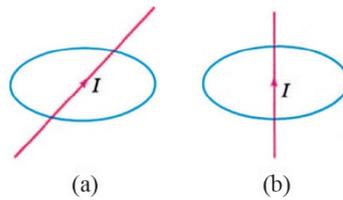


圖 31.20

答：略

3. 一磁棒在一圓環軸上距環心一些距離，如圖 31.21 所示。若環對其中心軸旋轉，環內會有感應電動勢嗎？

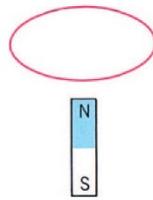


圖 31.21

答：略

4. 一輕金屬環由一鉛直磁棒上方釋放，如圖 31.21。由上方往下看，感應電流是順時針或逆時針(CW 或 CCW)。

答：略

5. 在一長直導線內的電流 I 不隨時間變化。如圖 31.22。在某瞬間旋轉中的迴路的感應電流方向是順時針還是逆時針(CW 或 CCW)？

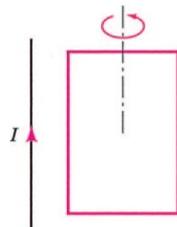


圖 31.22

答：略

6. 一磁鐵以等速度沿一固定迴路之軸運動，如圖 31.23 所示。請就(a) 磁通量；(b) 感應電動勢，隨時間變化的函數，定性地畫其隨時間的變化圖。

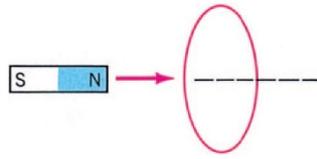


圖 31.23

答：略

7. 兩線圈繞在圓柱上，如圖 31.24 所示。其一串聯著一電池、開關及可變電阻。另一個接著一安培計。在下列情況下說明安培計所測得的電流方向(由 x 到 y ，或 y 到 x)：(a) 當開關第一次接通；(b) 當開關為通路，電阻值減少；(c) 開關導通，線圈遠離。

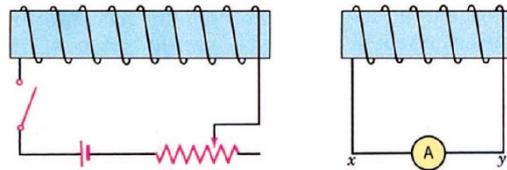


圖 31.24

答：略

8. 一金屬棒在一導體軌道上，垂直於磁場運動，如圖 31.25。在棒中會有動生電動勢產生。一固定的伏特計如圖 31.25a 或 31.25b 的接法可以有讀數嗎？

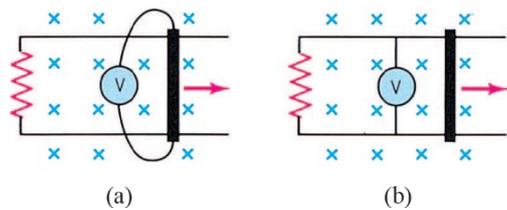


圖 31.25

答：略

9. 一接著電池及開關的線圈下有一薄金屬環，如圖 31.26。當開關接通後，環會被線圈吸引或排斥？

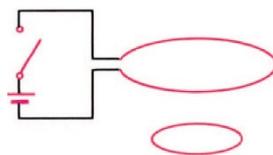


圖 31.26

答：略

10. 一平面迴路及一長直導線在同一平面上，如圖 31.27。若線中電流突然增加，則在迴路中感應電流的方向為何(順時或逆時)？

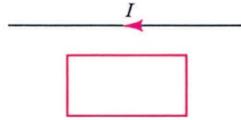


圖 31.27

答：順時針

11. (I) 一平面迴路截面為 $12\text{ cm} \times 7\text{ cm}$ 正垂直於一 0.2 T 的均勻磁場。若它對一垂直於磁力線的軸轉了 120° ，則經此迴路的磁通量改變多少？

答：

$$\Delta\Phi = BA(\cos 120^\circ - 1) = 0.2 \times 12 \times 10^{-2} \times 7 \times 10^{-2} (-0.5 - 1) = -2.52 \times 10^{-3}\text{ Wb}$$

12. (I) 一 10 圈/cm 的螺線管載有 4 A 電流。管內有一 5 圈 的圓形迴路面積 8 cm^2 與螺線管軸夾 37° ，若電流在 0.1 秒 內增加了 25% ，求平均感應電動勢的大小。

答：

$$\Phi = BA \cos\theta = \mu_0 n I A \cos\theta$$

$$\mathcal{E} = N \Delta\Phi / \Delta t = \mu_0 N n A \cos\theta (\Delta I / \Delta t)$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 0.1 \times 8 \times 10^{-4} \times \cos 37^\circ \times (4 \times 0.25 / 0.1) = 40.2\ \mu\text{V}$$

13. (I) 如圖 31.28，一矩形迴路 $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ 以等速 20 m/s 垂直地對一 0.18 T 的均勻磁場運動。迴路電阻 $1.2\ \Omega$ 。設迴路只有一部分在磁場中，求：(a) 感應電動勢；(b) 磁場施於迴路上的力；(c) 損耗的電功率；(d) 要使迴路等速運動所需的機械功率。



圖 31.28

答：

$$(a) \mathcal{E} = \mathbf{B} \times L v = 0.18 \times 0.25 \times 20 = 0.9\text{ V}$$

$$(b) \mathbf{F} = I L \times \mathbf{B} = (\mathcal{E}/R) L \times \mathbf{B} = (0.9/1.2) \times 0.25 \times 0.18 = 3.38 \times 10^{-2}\text{ N}$$

$$(c) P = I^2 R = (\mathcal{E}/R)^2 R = (0.9/1.2)^2 \times 1.2 = 0.675\text{ W}$$

$$(d) P = \mathbf{F} \times v = 3.38 \times 10^{-2} \times 20 = 0.675\text{ W}$$

14. (II) 一線圈面積 8 cm^2 共 25 圈，電阻為 3Ω 。其平面垂直一時變磁場 $B(t) = 0.4t - 0.3t^2 \text{ T}$ 。(a) 磁通量的時變函數為何？(b) 在 1 秒時的感應電流為何？

答：

$$(a) \Phi = BA = (0.4t - 0.3t^2)(8 \times 10^{-4}) = (3.2t - 2.4t^2) \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$(b) I = -N(d\Phi/dt)/R = -25(3.2 - 4.8t)/3 = (-26.67 + 40t) \times 10^{-4}$$

$$\text{當 } t = 1 \text{ s} \rightarrow I = (-26.67 + 40 \times 1) \times 10^{-4} = 1.33 \times 10^{-3} \text{ A}$$

15. (I) 一半徑 2 cm 共 15 圈的圓形線圈，其平面與一 0.2 T 的均勻磁場夾 40° 角。若磁場在 0.2 秒內線性地增加到 0.5 T，求感應電動勢的大小。

答：

$$\Phi = BA \cos(90^\circ - 40^\circ)$$

$$\rightarrow \mathcal{E} = Nd\Phi/dt = NA \cos 50^\circ (\Delta B/\Delta t)$$

$$= 15 \times (\pi \times 0.02^2) (0.643) ((0.5 - 0.2)/0.2) = 18.2 \times 10^{-3} \text{ V}$$

16. (I) 一直徑 10 cm 的圓形迴路放在水平桌上。一均勻磁場 $t = 0$ 時為 0.2 T 直指向上。磁場依 $B = 0.2 - 12.5t \text{ T}$ 。(a) 由 0 到 20 ms 中穿過此迴路的磁通量改變量為何？(b) 感應電動勢為何？(c) 感應電流指向為何(順或逆時針)？由線圈上方看下來。

答：

$$(a) B = 0.2 - 12.5t$$

$$\text{當 } t = 0 \rightarrow B_0 = 0.2 \text{ T}$$

$$\text{當 } t = 0.02 \text{ s} \rightarrow B_{0.02} = 0.2 - 12.5 \times 0.02 = -0.05 \text{ T}$$

$$\Delta B = (-0.05 - 0.2) = -0.25 \text{ T} \rightarrow \Delta \Phi = \Delta BA = (-0.25)(\pi \times 0.05^2) = -1.96 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$(b) \mathcal{E} = |\Delta \Phi/\Delta t| = 1.96 \times 10^{-3}/0.02 = 98 \times 10^{-3} \text{ V}$$

(c) 逆時針

17. (I) 一直徑 20 cm 的平面圓線圈共 80 圈，總電阻 40Ω 。線圈平面垂直於一磁場。若在線圈中消耗的熱功率為 2 W，求磁場的變化率。

答：

$$\because P = \mathcal{E}^2/R$$

$$\therefore \mathcal{E} = (PR)^{1/2} = (2 \times 40)^{1/2} = (80)^{1/2} = 8.94 \text{ V}$$

$$\text{而 } \mathcal{E} = NA(\Delta B/\Delta t) = 80 \times (\pi \times 0.1^2)(\Delta B/\Delta t) = 2.51(\Delta B/\Delta t) = 8.94$$

$$\rightarrow \Delta B/\Delta t = 3.56 \text{ T/s}$$

18. (I) 一金屬棒以 30 m/s 在一間隔 24 cm 無摩擦軌道上滑行，如圖 31.29 所示。一 0.45 T 的均勻磁場指出紙面。此棒電阻 2.7Ω 而軌道電阻不計。求：
(a) 軌道內電流；(b) 施於棒上之磁力；(c) 要使棒保持等速運動所需的機械功率；(d) 消耗的電功率。

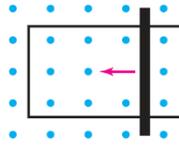


圖 31.29

答：

$$(a) \mathcal{E} = \mathbf{B} \times \ell \mathbf{v} = 0.45 \times 0.24 \times 30 = 3.24 \text{ V} \rightarrow I = \mathcal{E}/R = 3.24 / 2.7 = 1.2 \text{ A}$$

$$(b) \mathbf{F} = I \ell \times \mathbf{B} = 1.2 \times 0.24 \times 0.45 = 0.13 \text{ N}$$

$$(c) P = \mathbf{F} \times \mathbf{v} = 0.13 \times 30 = 3.9 \text{ W}$$

$$(d) P = I^2 R = 1.2^2 \times 2.7 = 3.9 \text{ W}$$

19. (II) 一磁場 $B(t) = 0.2t - 0.5t^2$ 垂直於一圓線圈平面，線圈半徑 1.8 cm 共 25 圈電阻為 1.5Ω 。求在 3 秒時損耗的功率。

答：

$$dB/dt = (0.2 - t) \rightarrow \mathcal{E} = NA dB/dt = N(\pi r^2)(0.2 - t)$$

$$\rightarrow \text{當 } t = 3 \text{ s 時, } \mathcal{E} = 25 \times (\pi \times 0.018^2)(0.2 - 3) = -0.0713 \text{ V}$$

$$\therefore P = \mathcal{E}^2/r = 0.0713^2/1.5 = 3.38 \times 10^{-3} \text{ W}$$

20. (II) 一彈性圓迴路其平面恰與一 0.32 T 的均勻磁場垂直。某時其半徑為 6 cm 且以 20 cm/s 擴大。感應電動勢為何？

答：

$$\begin{aligned} \Phi = BA = B(\pi r^2) &\rightarrow \mathcal{E} = d\Phi/dt = B \times \pi (dr^2/dt) \\ &= B \times \pi (2r)(dr/dt) \\ &= 2\pi r B (dr/dt) \\ &= 2 \times 3.14 \times 0.06 \times 0.32 \times 0.2 \\ &= 2.41 \times 10^{-2} \text{ V} \end{aligned}$$

21. (I) 一邊長 8 cm 的方形線圈共 180 圈在一 0.08 T 的均勻磁場中旋轉，若其峰值電動勢為 12 V，此線圈的角速度為何？

答：

$$\mathcal{E} = NAB\omega \rightarrow 12 = 180 \times (0.08^2) \times 0.08 \times \omega \rightarrow \omega = 130 \text{ rad/s}$$

22. (I) 一富進取心的商店老闆決定利用在入口處設大型(2 m × 3 m) 旋轉門做發電機。她在門邊繞了 100 圈。顧客川流不息地使門以 0.25 rev/s 轉動。若地磁水平分量為 0.6 G，則最大電動勢為何？

答：

$$\therefore \omega = 2\pi f = 2\pi \times 0.25 = 0.5\pi \text{ rad/s} \quad (\text{已知 } f = 0.25 \text{ rps})$$

$$\therefore \mathcal{E} = NAB\omega = 100 \times (2 \times 3) \times (0.6 \times 10^{-4}) \times 0.5\pi = 5.65 \times 10^{-2} \text{ V}$$

23. (I) 一長直導線載有電流 I 。一金屬棒長 L 以 v 速度相對於導線運動，如圖 31.30。在棒兩端之間的電位差為何？(注意磁場不均勻) (更正)

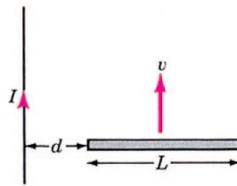


圖 31.30

答：

$$\mathcal{E} = EL = BLv, \text{ 因此 } E = Bv = (\mu_0 I / 2\pi r)v$$

$$\Delta V = \int E_r dr = (\mu_0 I v / 2\pi) \ln [(L + d) / d]$$