

第 34 章 馬克士威方程式；電磁波 本章習題 解答

1. 空盤在一般爐子中會發熱，但在微波爐中就可能不會。為什麼呢？

答：略

2. 為何能用迴路天線找出一祕密的無線電波源呢？

答：略

3. 微波爐其內輻射頻率為 2450 MHz。其波長為何？

答：

$$V = f\lambda = 3 \times 10^8 = 2450 \times 10^6 \times \lambda$$

$$\therefore \lambda = 0.122 \text{ m}$$

4. (I) 一平行板電容，圓形半徑 2 cm，間距 1.4 mm。某一時刻其長直連接線上電流為 3 A。(a) 兩板間位移電流為何？(b) 兩板間電位差變化率為何？

答：

(a) 3 A

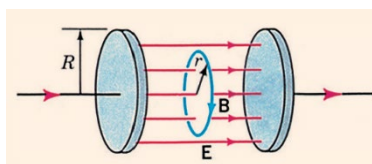
$$(b) I_D = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = \epsilon_0 \frac{dE \cdot A}{dt} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \frac{dV}{dt}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{I_D d}{\epsilon_0 A} = \frac{3 \times 0.0014}{8.85 \times 10^{-12} \times \pi \times 0.02^2} = 3.78 \times 10^{11} \text{ V/s}$$

5. (II) 一平行板電容其圓形極板半徑 2 cm 間距 2.4 mm。其長直連接線內的電流為 20 mA。求距板心下列距離處之磁場：(a) 0.5 cm；(b) 5 cm。

答：

參考下圖



$$(a) B(2\pi r) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = \mu_0 \epsilon_0 (\pi r^2) \frac{dE}{dt}$$

$$B = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} \frac{r}{2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dEA}{dt} \frac{r}{2A} = \mu_0 Ir / 2A = \mu_0 Ir / 2\pi R^2 = 5 \times 10^{-8} \text{ T}$$

$$(b) B(2\pi r) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = \mu_0 \epsilon_0 (\pi R^2) \frac{dE}{dt}$$

$$B = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dEA}{dt} \frac{R^2}{2rA} = \mu_0 IR^2 / 2Ar = \mu_0 I / 2\pi r = 8 \times 10^{-8} \text{ T}$$

6. (I) 平行板電容圓形極板半徑 2 cm，間距 2.4 mm。兩板間電位差以 8 kV/s 增加。在板中心到半徑一半之範圍內之位移電流為何？(設兩板間電場均勻)

答：

$$I_D = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = \epsilon_0 \frac{dE \cdot A}{dt} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \frac{dV}{dt}$$

$$= \frac{8.85 \times 10^{-12} \times (\pi \times 0.01^2)}{0.0024} \times 8000 = 9.27 \times 10^{-10} \text{ A}$$

7. (I) 平面電磁波在真空中向負 z 軸方向傳播。在某處其電場向量為 $-21\mathbf{i}$ V/m。其磁場向量為何？

答：

由公式 34.10： $E = cB$

$$B = (E/c)\mathbf{j} = 7.0 \times 10^{-8}\mathbf{j} \text{ T}$$

8. (II) 所有波長都加起來，太陽在地球表面的平均輻射強度為 1 kW/m^2 。(a) 在地表上的平均能量密度為何？(b) 估計 1 小時內入射地球表面的能量。

答：

$$\text{由公式 34.13：} S = \frac{1}{A} \frac{dU}{dt}$$

$$u_{\text{av}} = S_{\text{av}} / c = \frac{1000}{3 \times 10^8} = 3.33 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3$$

$$U = SAt = S(\pi R^2)t = 4.6 \times 10^{20} \text{ J}$$

9. (I) 平面電磁波其電場分量為 $E_z = E_0 \sin(ky + \omega t)$ ， $E_x = E_y = 0$ 。請寫下 $\mathbf{B}$ 的表示式。

答：

$$B_x = -E_0/c \sin(ky + \omega t)； B_y = B_z = 0$$

10. (I) 正弦電磁波之平均能量密度為 10^{-7} J/m^3 。求：(a) 電場；(b) 磁場的振幅。

答：

$$\text{由公式 34.12：} u_{\text{av}} = \epsilon_0 E^2 / 2 = B_0^2 / 2\mu_0$$

$$(a) E = \sqrt{\frac{10^{-7} \times 2}{8.85 \times 10^{-12}}} = 150 \text{ V/m}$$

$$(b) B = \sqrt{2 \times 10^{-7} \times 4\pi \times 10^{-7}} = 0.5 \times 10^{-6} \text{ T} = 0.5 \mu\text{T}$$

11. (II) 在距一單色(單一波長) 電波源 6 m 處，電場振幅為 10 V/m。求：(a) 磁

場的振幅；(b) 此波源的平均輸出功率。

答：

$$(a) B_0 = \frac{E_0}{c} = 3.33 \times 10^{-8} \text{ T}$$

$$(b) \text{由公式 34.16: } P = S_{\text{av}} A = \left(\frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \right) (4\pi r^2) = 60 \text{ W}$$

12. 太陽能電池板將太陽光轉成電能的效率為 18%。地表之太陽輻射強度為 1 kW/m²。要產生 10 kW 電能所需面積為何？

答：

$$P = SA \rightarrow A = \frac{P}{S} = \frac{10000}{1000 \times 18\%} = 55.6 \text{ m}^2$$

13. (I) 在地球高大氣層處入射之太陽輻射強度為 1.34 kW/m²。則此輻射對一太陽能板面積 100 m² 之人造衛星施力為何？假設輻射垂直入射且完全吸收。

答：

$$\text{由輻射壓公式 34.18: } F = \frac{SA}{c} = 0.446 \text{ mN}$$

14. (I) 距點波源 100 m 處，磁場振幅為地磁的 0.1%，即大約為 10⁻⁷ T。估計其輸出波之功率。

答：

$$S = E_0 B_0 / 2\mu_0 = B_0^2 c / 2\mu_0 = P / 4\pi r^2, \text{ 因此 } P = 4\pi r^2 c B_0^2 / 2\mu_0 = 150 \text{ Kw}$$

15. (I) 平面電磁波之強度為 5 W/m²，入射一完全反射之表面。求：(a) 輻射壓；(b) 對一垂直於波行進方向，截面為 60 cm × 40 cm 的平板所施之力。

答：

$$(a) F/A = 2S/c = 3.33 \times 10^{-8} \text{ N/m}^2$$

$$(b) F = 2SA/c = 8 \times 10^{-9} \text{ N}$$

16. (I) 太陽在地表之輻射強度為 1 kW/m²。則經一直徑 0.5 cm 的瞳孔進入眼睛的功率為何？

答：

$$P = SA = S \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 19.6 \text{ mW}$$