



Useful physical constants: $\epsilon_0 \approx \frac{10^{-9}}{36\pi}$ (F/m); $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (H/m)

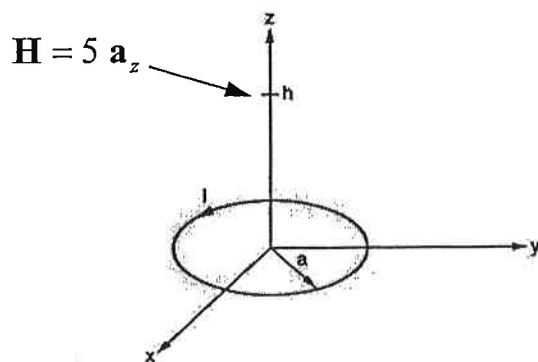
$$\nabla \times \mathbf{H}_{\text{cyl}} = \left[\frac{1}{\rho} \frac{\partial H_z}{\partial \phi} - \frac{\partial H_\phi}{\partial z} \right] \mathbf{a}_\rho + \left[\frac{\partial H_\rho}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial \rho} \right] \mathbf{a}_\phi + \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial \rho} (\rho H_\phi) - \frac{\partial H_\rho}{\partial \phi} \right] \mathbf{a}_z$$

$$\nabla \times \mathbf{H}_{\text{spher}} = \frac{1}{r \sin \theta} \left[\frac{\partial}{\partial \theta} (H_\phi \sin \theta) - \frac{\partial H_\theta}{\partial \phi} \right] \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial H_r}{\partial \phi} - \frac{\partial}{\partial r} (r H_\phi) \right] \mathbf{a}_\theta + \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} (r H_\theta) - \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right] \mathbf{a}_\phi$$

1. 請寫下完整 4 個 Maxwell's equations 的微分式與積分式，並其物理意義。(12 分)
2. 有兩個實心金屬球，半徑分別為 A 球 4 公分，B 球 8 公分；其上所帶電荷量分別對應為 A 球 24-nC 與 B 球 96-nC。當此兩個 A、B 金屬球用一理想金屬導線連接在一起，達平衡時，請說明電荷流動的原因及流動方向？(8 分)
3. 有一理想的平板電容，兩端的電位差為 V_0 ，相距 d ，中間的介電質其介電常數為 ϵ_r 。依靜電理論，在正電極端的金屬與介電質的界面會個別存有自由移動電荷密度 σ_f 與束縛電荷密度 σ_b 。請寫出靜電學中 $\mathbf{D}$ 、 $\mathbf{E}$ 、 $\mathbf{P}$ 三者之構成關係式(Constitutive relation)，並用上述 V_0 、 d 、 ϵ_r 等符號計算出 σ_f 、 σ_b 。(15 分)
4. 有一柱形界面。半徑 $\rho \leq 2 \text{ cm}$ ，介電質 1 之 $\epsilon_{r1} = 2$ ； $\rho > 2 \text{ cm}$ ，介電質 2 之 $\epsilon_{r2} = 4$ 。在柱形界面無累積自由移動電荷，且在界面之介電質 1 側， $\mathbf{E}_1 = 4 \mathbf{a}_\rho + 6 \mathbf{a}_\phi + 9 \mathbf{a}_z$ ；求在界面介電質 2 側之 $\mathbf{E}_2$ 。(5 分)
5. 有一同軸電纜線長 L ，中間金屬軸半徑為 ρ_1 ，外層為一同軸薄金屬層，半徑為 ρ_2 ，中間的非理想絕緣介電質材料其介電常數 $\epsilon_r = 4.0$ ，電導率 $\sigma = 10^{-3} \text{ S/m}$ 。若此同軸電纜兩端施加一電位差 V_0 ，請推導出此同軸電纜儲存之電能 W_E 與消耗之功率 P 。(10 分)



6. 假設圖中 $(0, 0, h)$ 位置的磁場為 $\mathbf{H} = 5 \mathbf{a}_z$ (A/m)，請問在 $(0, 0, -h)$ 位置的磁場強度是多少？(答案需包括大小、方向、單位) (15 分)



7. 假設磁場為 $\mathbf{H} = (z \cdot \sin \phi) \mathbf{a}_\phi - (\rho^2) \mathbf{a}_z$ (A/m)，請計算在 $(4 \text{ m}, 0^\circ, 4 \text{ m})$ 位置的電流密度 $\mathbf{J}$ 。(20 分)
8. 假設一磁性材料之磁化率 $\chi_m = 49$ ，而磁通量密度 $B = 0.02 \text{ T}$ 。請計算以下三個值：(答案可用分數表示。若有單位，需寫出單位)
- (1) 相對磁導率 μ_r ；(5 分)
 - (2) 磁場強度 H ；(5 分)
 - (3) 磁化強度 M (magnetization，又稱磁化向量)。(5 分)