

National Tsing Hua University

Department of Physics



PHYS3320

Optics I

2021 Fall

Midterm Exam

注意：每個答案皆要有嚴謹的推導過程或詳細的推論理由。考題總分為 120 分。

常數：In SI units, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$, c (真空光速) = 3×10^8 , h (Planck constant) = 6.6×10^{-34} .

- (15 points) 波長為 500 nm 的平面波垂直入射一個平面遮蔽物，平面方程式為 $z = 0$ 。平面上有 4 個狹縫，狹縫的長方向平行 x 軸，狹縫 1、2、3、4 的 y 座標分別為 $-18 \mu\text{m}$ 、 $-6 \mu\text{m}$ 、 $6 \mu\text{m}$ 、 $18 \mu\text{m}$ ，狹縫寬度遠小於波長。通過狹縫的光於遠處的投射幕形成干涉紋，投射幕方程式為 $z = 1.5 \text{ m}$ ，4 個狹縫的光於投射幕上的電場振幅大小皆為 E_0 。以 $y = 0$ 為干涉紋的對稱中心，請依下列的方式找到第 2 暗紋的位置、第 3 暗紋的位置、第 2 及 3 暗紋之間明紋的位置：(a) 畫出 4 個 phasors 表示 4 個電場，並標示它們的狹縫編號，(b) 註明 phasor 之間的角度差 (0 至 2π 之間)，(c) 得出位置的 y 座標。
- (5 points) 延續上題，若平面波的入射角為 0.8° ($\sin 0.8^\circ \approx 1/72$)，則畫出投射幕 $y = 0$ 位置上 4 個電場的 4 個 phasors，標示 phasors 的狹縫編號及註明它們的角度差，並計算 $y = 0$ 位置的光強與主暗紋光強之比值。
- (10 points) 平面波波長為 1.5 m ，由折射率為 2.0 的物質，射入折射率為 $\sqrt{2}$ 的物質，入射角為 30° 。如 Figure 1 所示，定義入射面(plane of incidence)為 xy 平面，入射波方向為 $+x$ 及 $+y$ 方向前進，界面(interface)方程式為 $y = 3 \text{ m}$ 。入射波、反射波、穿透(折射)波的電場分別為

$$\vec{E}_{oi} \exp[i(\vec{k}_i \cdot \vec{r} - \omega t)] + \vec{E}_{or} \exp[i(\vec{k}_r \cdot \vec{r} - \omega t + \phi_r)] + \vec{E}_{ot} \exp[i(\vec{k}_t \cdot \vec{r} - \omega t + \phi_t)]$$

請寫出 \vec{k}_i 、 \vec{k}_r 、 \vec{k}_t 向量(要有大小、方向及單位)，以及 ϕ_r 、 ϕ_t 數值(radian 為單位)。

- (18 points) 延續上題， $|\vec{E}_{oi}| = 6 \text{ V/m}$ 。(a) 分別考慮 \vec{E}_{oi} 的方向平行 z 軸、垂直 z 軸，請寫出 \vec{E}_{or} 、 \vec{E}_{ot} 向量(要有大小、方向及單位)。(b) \vec{E}_{oi} 的方向與 z 軸夾角為 60° ，請寫出 $|\vec{E}_{or}|$ 、 $|\vec{E}_{ot}|$ 的大小(要有單位)。
- (12 points) 延續上題，入射角為 60° ， $|\vec{E}_{oi}| = 6 \text{ V/m}$ 。分別考慮 \vec{E}_{oi} 的方向平行 z 軸、垂直 z 軸，請寫出 evanescent wave 的電場及磁場向量(要有大小、方向及單位)。
- (10 points) 平面波由空氣(折射率為 1.0)入射無磁性的金屬，入射角為 30° ，平面波的角頻率為 ω ，金屬的 conductivity 及 dielectric constant 分為 σ 及 ϵ_r 。令 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ ，請以 ω 、 σ 、 ϵ 表示 p 偏極的反射係數(reflection coefficient)及衰減係數(attenuation coefficient)。
- (10 points) 延續上題，什麼條件可以造成 p 及 s 偏極的反射係數趨近於 1？請寫下此條件，並證明反射係數趨近於 1。

$$4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

8. (Total 40 points) 請以中文(專有名詞或數學符號可用英文)回答下列的問題：(a) [6 points] 寫下 AM 電台無線電波的時間函數。說話聲、音樂等訊號是此時間函數的那個部份？載波(carrier)是什麼？(b) [5 points] 假設通訊光纖內的光訊號頻寬為 10 GHz，一條光纖約相當於多少根電話線？請解釋理由。(c) [5 points] 為什麼電路學的 AC 電路不考慮電磁波的波動特性？(d) [6 points] 解釋什麼是群速度(group velocity)與相速度(phase velocity)？(e) [6 points] 光脈衝的長度是 2 km，此脈衝的時間長度是多少？頻寬大約是多少？(f) [6 points] 在折射率為 1.5 的物質中，若光的強度是 3 W/m^2 ，則能量密度是多少？電場振幅是多少？(g) [6 points] 敘述正確的 Fermat's principle，並且用干涉的概念解釋 Fermat's principle。

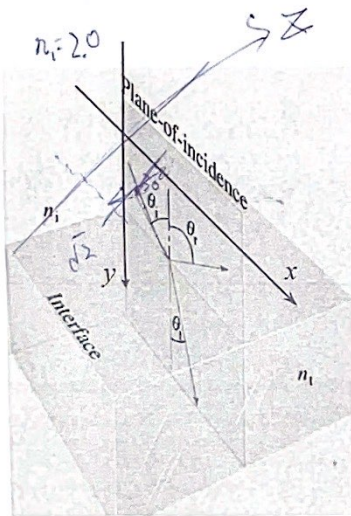


Figure 1

$$\frac{1}{2} \epsilon_0 c$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda + n \lambda = \lambda_0$$

$$v = \frac{\omega}{k}$$

$$\frac{m}{s} = \text{rad}$$

$$\frac{1}{2} \epsilon_0 c$$

$$\nabla^2 \left(\frac{1}{r^3} \right)$$