

1. 當馬克斯威爾方程式裏「電與磁有相同本質」的概念是隱而不顯的(implicit)時候，愛因斯坦強調“電”與“磁”是同一種力(電磁力，electromagnetic force)對不同運動狀況觀測者所顯示的不同表徵。今有一電量為 q 的點電荷靜止於地表，請自訂兩個座標系統，使其中一個座標系統上的觀察者只能感受到點電荷的靜電力，而另一座標系統上的觀察者卻能感受到點電荷的靜電力與磁力。(本題不要求計算，但要求解釋)(10%)

2.

a. 請問聲波與光波的傳遞何者需要介質，何者不需要介質？請指出至少一個證明此問題答案的實驗。(5%)

b. 考慮一發聲者對一觀測者發聲，請針對以下三種情況說明觀測者所聽到的聲速、頻率與波長是否相等：(i)發聲者靜止於地表而觀測者以 v 速率向發聲者運動、(ii)觀測者靜止於地表而發聲者以 v 速率向觀測者運動、以及(iii)發聲者與觀測者各以 $v/2$ 速率(相對於地表)向對方運動。(請根據伽利略時空關係考慮此題)(5%)

c. 考慮一發光者對一觀測者發光，請針對以下三種情況說明觀測者所看到的光速、頻率與波長是否相等：(i)發光者靜止於地表而觀測者以 v 速率向發光者運動、(ii)觀測者靜止於地表而發光者以 v 速率向觀測者運動、以及(iii)發光者與觀測者各以 $v/2$ 速率(相對於地表)向對方運動。(請根據羅倫茲時空關係考慮此題)(5%)

3.

a. 真空中的電磁波、水波、聲波等的波動方程式都可以寫成以下形式

$$\nabla^2 \psi(\vec{r}, t) - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi(\vec{r}, t)}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

其中 ψ 代表表示各種波動的擾動，而 v 則代表波動的速率。請問 ψ 是否與某種物理性質的濃度有所關聯？(5%)

b. 質量擴散方程式(mass diffusion equation)可寫成以下形式

$$\frac{\partial C(\vec{r}, t)}{\partial t} - D_{md} \nabla^2 C(\vec{r}, t) = 0, \quad (2)$$

其中 C 表示物質的濃度，而 D_{md} 表示質量擴散係數。請說明(2)式規範質量分佈由不均勻趨於均勻，但質量總量(質量濃度對體積的積分)維持不變。(5%)

- c. Schrodinger equation 可以寫成以下形式

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi(\vec{r},t)+V(\vec{r},t)\psi(\vec{r},t)=i\hbar\frac{\partial^m\psi(\vec{r},t)}{\partial t^m}, \quad (3)$$

其中 ψ 代表物質波的擾動，而 V 則代表位能。請問 ψ 與何種物理性質的密度(或濃度)有所關聯？然後判斷 m 值應該為 1 或 2。(5%)

4.

- a. 透過解(1)式輔以適當的邊界條件，我們可得吉他弦的波動函數，而透過解(3)式輔以適當的位能 V 以及邊界條件，我們可得氫原子中電子的波動函數。請問這兩個波動函數各有幾個 quantum number (characteristic number)？何故？(5%)
- b. 請問電磁波是否受測不準原理的規範？何故？(5%)

5. Explain the following:

- a. How are the band structures of insulators and semiconductors similar? How are they different? (5%)
- b. Why are some solids transparent to visible light and others opaque? (5%)
- c. The forbidden band is 1.1 eV in silicon and 6 eV in diamond. To what wavelengths of light are these substances transparent? (5%)

6.

- a. What are the selection rules? The selection rule for transitions between states in a harmonic oscillator is $\Delta n = \pm 1$. (5%)
- b. Justify this rule on classical grounds. (5%)
- c. Verify from the relevant wave functions that the $n=1 \rightarrow n=3$ transition in a harmonic oscillator is forbidden whereas the $n=1 \rightarrow n=0$ and $n=1 \rightarrow n=2$ transitions are allowed. (5%)

7. Consider the square well potential as follows: $V(x) = \begin{cases} 0 & 0 < x < a \\ \infty & |x| > 0 \end{cases}$

- a. Set up Schrodinger equation for $0 < x < a$. (5%)
- b. Find the general solution of (a). (5%)
- c. Using the appropriate boundary conditions for this problem find the eigenvalues E_n and eigenfunctions $\phi_n(x)$. (5%)
- d. Find the error of coordinate Δx , and the error of momentum ΔP_x . (5%)