

1 測不準原理告訴我們時間和能量、或位置和動量無法同時量的很準，

- a) 想像小螞蟻在地上來去匆匆，要準確地量它的位置的確很難，但是如果我們把它捏死，位置不再隨時間改變，總可以從容地被決定吧？這表示沒有動量時（動量的不準度應該比起先前會動時要小），位置的不準度才是最小，這和測不準原理有沒有抵觸？(7%)
- b) 為什麼是時間和能量無法同時量的很準，而不是時間和位置或和動量？(8%)

2 a) 在量子力學裡，為什麼需要把待測的物理量換成算符(operators)的形式？(5%)

b) 比方說，能量 $\hat{H} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$ 和動量 $\hat{p} = -i\hbar \nabla$ ，它們分別是猜出來的或可以推導證明？(5%)

c) 請舉出實驗證據，證實古典粒子具有波動性，而古典的波（如光）則具有粒子性。(5%)

3 請描述或解釋以下名詞的內容：(40%)

- | | | |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------|
| a) 半導體 | b) Bohr 的 correspondence principle | c) Fermi energy |
| d) Lamb shift | e) 超導體和 BCS 理論 | f) spin-orbit interaction |
| g) Compton effect | h) Fermi-Dirac distribution | |

4 請證明在自由空間中，量子波包的分佈會隨時間變寬（只需以高斯形式的波函數為例：

$$\psi(x, t=0) = \frac{1}{(2\pi\lambda)^{1/4}} e^{-\frac{x^2}{4\lambda}} \text{)。在真實空間，這個現象對應到粒子發生什麼事？(15%)}$$

5 請導出在簡協位能中（即 $V(x) = \frac{K}{2} x^2$ ），電子的基態(ground state)波函數(eigenfunction)

和它對應的能量(eigenenergy)。注意此能量是個非零的正數，這和直覺顯然衝突（想像位於基態的彈簧，一動也不動，所以應該既沒有動能，也沒有位能，即總能量應該是零），到底是才是對的？請給出你的理由。(15%)