

一、垂直運動方程式可以寫為以下之形式

$$\frac{Dw}{Dt} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z} + F_z$$

假設 $\rho = \rho_0(Z) + \rho'$, $P = P_0(Z) + P'$

其中 ρ 是空氣塊之密度， ρ_0 是基本場或環境場的密度，而且基本場滿足靜力平衡，即

$$\frac{\partial P_0}{\partial Z} = -\rho_0 g$$

(a) 推導證明 $\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z} + g = \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial P'}{\partial Z} \right) + \left(\frac{\rho'}{\rho_0} \right) g$ (5%)

(b) $\theta = \left(\frac{P}{\rho R} \right) \left(\frac{P_s}{P} \right)^K$, $K = -\frac{R}{C_p}$, $P_s = 1000 \text{ hPa}$

令 $\theta = \theta_0 + \theta'$, 證明

$$\frac{\theta'}{\theta_0} = (1-K) \left(\frac{P'}{P_0} \right) - \frac{\rho'}{\rho_0} \quad (5\%)$$

(c) 試由垂直運動方程式解釋什麼是浮力？(5%)

(d) 通常我們以擾動位溫值(θ')來表示浮力之大小，為什麼不使用溫度擾動來表示浮力呢？(5%)

二、自然座標的方程式可以表示成

$$\frac{DV}{Dt} = \frac{\partial \Phi}{\partial s}$$

$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{\partial \Phi}{\partial n}$$

(1) 試比較 Geostrophic flow , Inertial flow , Cyclostrophic flow 以及 Gradient Wind 等平衡狀態氣流之特性以及力的平衡關係。(10%)

(2) 若龍捲風以固定角速度 ω 旋轉，而且其背景環境溫度(T)都是一樣，假設龍捲風中心氣壓為 P_c , r 為距轉軸中心之距離

a. 解釋為何龍捲風的中心一定是低壓而且風場要滿足

$$\frac{V^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \quad \text{其中 } V \text{ 是切線速度。}(5\%)$$

b. 證明壓力徑向分佈為

$$P(r) = P_c \exp\left(\frac{\omega^2 r^2}{2RT}\right) \quad (5\%)$$

注意：背面有試題

三、相對環流量隨時間之變化可以表示為

$$\frac{DC}{Dt} = -\oint \frac{dp}{\rho} - \frac{d}{dt} \iint 2\vec{\Omega} \cdot \hat{n} dA$$

- 解釋環流量之意義，並討論相對環流量與絕對環流量之關係(5%)。
- 什麼是力管項(the solenoidal term)?力管項如何引發海陸風環流?(5%)
- 什麼是 Kelvin's circulation theorem?(5%)
- 環流量與渦度有什麼關係?這種關係成立之條件是什麼?(5%)

四、(1)準地轉系統的加速度項以及科氏力項如何處理?方程式中那些部分需考慮非地轉風?(5%)

(2)討論渦度平流與溫度平流如何影響高空槽脊系統之移動與發展?(5%)

(3)說明不穩定斜壓波的特性，並以能量轉換觀點簡敘斜壓波之發展過程。(5%)

(4)什麼是熱力風?熱力風與水平溫度分佈有什麼關係?(5%)

五、(1)討論 Rossby number, Richardson number 以及 Reynolds number 之物理意義及重要性。(5%)

(2)什麼是慣性不穩定?什麼是對流不穩定?(5%)

(3) $\overline{w'\theta'} > 0$ 代表什麼意義?在 flux-gradient theory 中如何處理 $\overline{w'\theta'}$?(5%)

(4)什麼是邊界層引發次環流的旋消作用(spin down effect)?(5%)