

類 科：氣象

科 目：大氣動力學

考試時間：2 小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

一、請寫出自然座標 (natural coordinates) 之水平動量方程，並解釋下列問題：(15 分)

- (一)為何高壓中心之氣壓梯度和風速總是小於低壓中心？  
 (二)為何龍捲風無論是順時針或逆時針旋轉，其中心永遠為低壓？  
 (三)為何氣旋式環流用地轉風近似會產生風速被高估之情形？

二、考慮如下之 Rankine 渦旋：(15 分)

$$\begin{cases} v = v_{\max} \left( \frac{r}{r_{\max}} \right) & \text{for } r \leq r_{\max} \\ v = v_{\max} \left( \frac{r_{\max}}{r} \right)^n & \text{for } r > r_{\max} \end{cases}$$

其中  $v$  為切向風， $r$  為至渦旋中心之距離， $v_{\max}$  為最大切向風， $r_{\max}$  為最大切向風發生之位置， $n$  為正實數。

- (一)試分別計算  $0 < r \leq r_{\max}$  和  $r > r_{\max}$  處之渦度。  
 (二)當  $n$  值為何時，在  $r > r_{\max}$  處才可能有負渦度存在？  
 (三)試計算  $0 < r \leq 2r_{\max}$  間之總環流量。

三、準地轉系統重力位趨勢方程 (geopotential tendency equation) 可寫成：(20 分)

$$\underbrace{\left[ \nabla^2 + \frac{\partial}{\partial p} \left( \frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \right) \right]}_A \chi = \underbrace{-f_0 \bar{v}_g \cdot \nabla \left( \frac{1}{f_0} \nabla^2 \Phi + f \right)}_B - \underbrace{\frac{\partial}{\partial p} \left[ -\frac{f_0^2}{\sigma} \bar{v}_g \cdot \nabla \left( -\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right]}_C$$

- (一)在推導準地轉系統過程中做過了那些假設？  
 (二)等號右邊第一項 (B 項) 在中緯度槽脊系統扮演角色為何？  
 (三)等號右邊第二項 (C 項) 在中緯度槽脊系統扮演角色為何？  
 (四)解釋為何中緯度槽脊系統必須隨高度往西傾斜？

四、請說明二次環流 (secondary circulation) 如何造成大氣運動之旋消 (spin down)？  
(10 分)

(請接背面)

類 科：氣象  
科 目：大氣動力學

五、中緯度  $\beta$  平面上之正壓渦度方程可寫成：(20 分)

$$\left( \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} \right) \zeta + \beta v = 0$$

其中  $u, v$  分別為  $x$  向和  $y$  向風速， $\zeta$  為垂直向渦度， $\beta = df/dy$  代表科氏參數隨緯度變化趨勢。

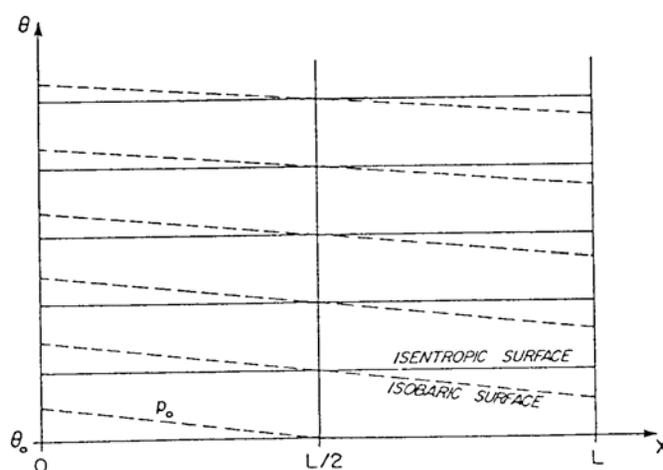
(一) 試利用擾動法 (perturbation method) 推導羅士培波 (Rossby wave) 之頻散關係式 (dispersion relation)。

(二) 探討羅士培波相速 (phase speed) 和群速 (group velocity) 之傳播特徵。

六、大氣的內能和位能之和稱為總位能 (total potential energy)，其中可轉化成動能部分稱為可用位能 (available potential energy)：(10 分)

(一) 試證明大氣內能和位能之比為 5:2 (亦即  $E_i/E_p = 5/2$ )。

(二) 考慮如下圖之大氣垂直結構 (實線為等熵面，虛線為等壓面)，若在  $[0, L/2]$  間地表加熱， $[L/2, L]$  間地表冷卻，並假設加熱率等於冷卻率，經過一段時間後，大氣內能、位能、可用位能變化情形分別為何？(增加、不變、減少) 並解釋其原因。



七、請畫出著名之羅倫茲能量循環圖 (Lorenz Energy Cycle)，並說明圖中各個過程之物理意義。(10 分)