

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 β 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， ζ 為垂直向渦度， $\beta = df/dy$ 代表科氏參數隨緯度變化趨勢。

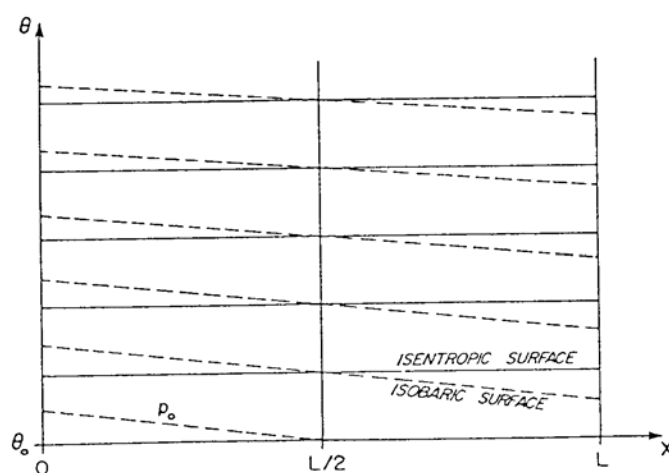
(一) 試利用擾動法 (perturbation method) 推導羅士培波 (Rossby wave) 之頻散關係式 (dispersion relation)。

(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)