

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、假設中緯度某地 1000-700 hPa 等壓面間之氣柱厚度為 2.9 公里，在其東方 500 km 處之氣柱厚度為 3 公里，試問：（每小題 5 分，共 10 分）

(一)兩地間熱力風大小和方向為何？

(二)承上題，若此時伴隨冷平流現象，請畫出熱力風、1000hPa 地轉風、700hPa 地轉風三者之向量關係。

【提示：科氏參數 $f = 10^{-1} s^{-1}$ ；重力常數 $g = 9.8 m s^{-2}$ 】

二、大氣垂直方向之渦度方程式可寫成：

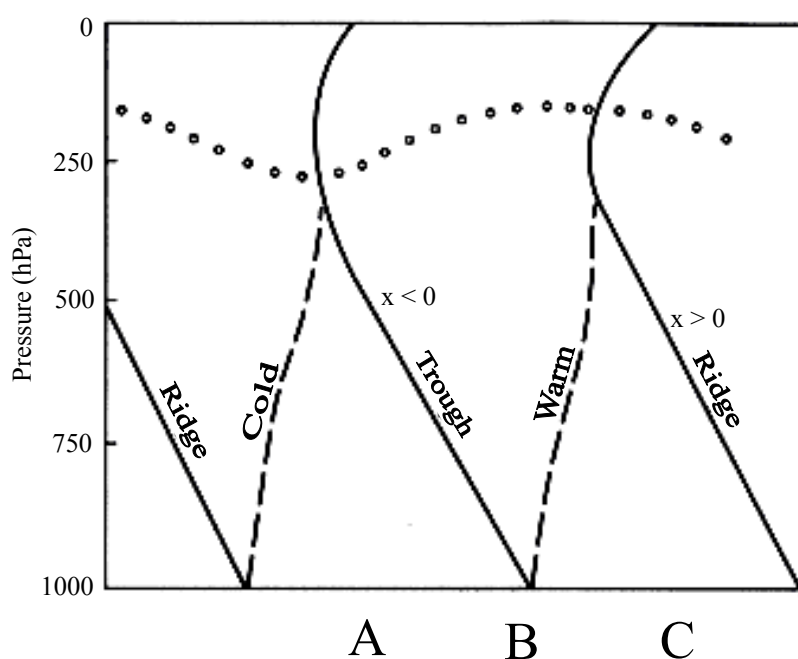
$$\frac{d}{dt}(\zeta + f) = -(\zeta + f)\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) - \left(\frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial z}\right) + \frac{1}{\rho^2} \left(\frac{\partial \rho}{\partial x} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial \rho}{\partial y} \frac{\partial p}{\partial x}\right)$$

(一)說明等號右邊第二和第三項之物理意義。（10 分）

(二)以中緯度綜觀系統為例，利用尺度分析簡化渦度方程式。（5 分）

三、何謂「布辛尼克近似」(Boussinesq Approximation)？透過此近似如何改寫大氣控制方程式（包含：水平動量方程式、垂直動量方程式、熱力方程式、連續方程式）？（10 分）

四、下圖為一個典型中緯度綜觀擾動垂直結構（東西向剖面圖），利用準地轉 ω 方程式診斷出 A、B、C 三處之大氣垂直運動方向，並解釋其原因。（10 分）



(請接背面)

類 科：氣象
科 目：大氣動力學

五、根據二層準地轉模式，設有 $e^{ik(x-ct)}$ 之波動解形式，可推導出斜壓波之相速 (phase speed) 為：

$$c = U_m - \frac{\beta(k^2 + \lambda^2)}{k^2(k^2 + 2\lambda^2)} \pm \delta^{1/2}$$

其中

$$\delta = \frac{\beta^2 \lambda^4}{k^4(k^2 + 2\lambda^2)^2} - \frac{U_T^2(2\lambda^2 - k^2)}{(k^2 + 2\lambda^2)}$$

$$U_m = \frac{U_1 + U_3}{2} \quad ; \quad U_T = \frac{U_1 - U_3}{2}$$

$$\lambda^2 = f_0^2 / (\sigma \Delta p^2)$$

試問：（每小題 5 分，共 15 分）

- (一) 討論斜壓不穩定產生之條件。
- (二) 最不穩定斜壓波之波長為何？
- (三) 為何 β 效應有穩定長波之功能？

六、赤道 β -平面線性淺水方程式可寫成為：

$$\frac{du}{dt} - \beta y v + \frac{d\phi}{dx} = 0$$

$$\frac{dv}{dt} + \beta y u + \frac{d\phi}{dy} = 0$$

$$\frac{d\phi}{dt} + gH \left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} \right) = 0$$

其中 u, v 分別為 x 向和 y 向風速， $\phi = gh$ 為擾動重力位場、 H 及 h 分別代表平均及擾動厚度， $\beta = df/dy$ 代表科氏參數隨緯度變化趨勢。（每小題 5 分，共 15 分）

- (一) 利用小擾動法 (perturbation method) 推導 Kelvin 波之相速。
- (二) 寫出擾動重力位在 y 方向之函數關係。
- (三) 畫出 Kelvin 波之空間結構。

七、何謂大氣可預報度？影響大氣可預報度的因素有那些？中緯度綜觀尺度擾動可預報期限大約多長？（10 分）

八、等壓座標下，大氣角動量方程式可寫成：

$$\frac{DM}{Dt} = -a \cos \phi \left[\frac{\partial \Phi}{\partial x} + g \frac{\partial \tau_E^x}{\partial p} \right]$$

其中 $M = (\Omega a \cos \phi + u) a \cos \phi$ 代表絕對角動量， Ω 為地球自轉角速度， a 為地球半徑， ϕ 為緯度， u 為緯向風， Φ 為重力位， τ_E^x 代表緯向渦流垂直輸送。

- (一) 解釋角動量方程式等號右邊兩項之物理意義。（10 分）
- (二) 利用角動量守恆，解釋為何緯向平均大氣環流不可能為單胞環流？（5 分）