

一、討論下列兩個動量守恆方程式角動量守恆之異同，第二式涉及何種假設？一二式的科氏力有何不同？(15分)

$$\frac{Du}{Dt} - (2\Omega + \frac{u}{r \cos \phi})(v \sin \phi - w \cos \phi) = -\frac{1}{\rho r \cos \phi} \frac{\partial p}{\partial \lambda}, \quad (1)$$

$$\frac{Du}{Dt} - (2\Omega + \frac{u}{a \cos \phi})(v \sin \phi) = -\frac{1}{\rho a \cos \phi} \frac{\partial p}{\partial \lambda}. \quad (2)$$

二、(甲) 何謂熱力風平衡，畫出熱力風平衡示意圖。分別討論滿足熱力風平衡的暖心與冷心渦旋的渦度垂直結構。熱力風為東風時，上層氣壓梯度力減去下層氣壓梯度力的力差異指向何方向？(10分)

(乙) 如果說「熱空氣上升，冷空氣下降」，氣象以「溫度」討論「浮力」以及「大氣穩定度」涉及何種條件？為何乾大氣浮力的氣象變數為「位溫」而不是「溫度」？大氣垂直穩定的條件為何？(10分)

三、畫出熱帶大氣平均探空之 θ_e^* 、 θ_e 及 θ 探空圖，說明圖之物理意義以及「條件性不穩定」的物理條件。並討論大氣「邊界層」的「溫度」和「水氣含量」對「條件性不穩定」之影響。 $(\theta_e \approx \theta + 0.25q(g/kg))$ ， q 為水氣混合比， θ_e^* 為 q 取飽和值之相當位溫。)(10分)

四、(每小題5分共15分) 考慮在 β 面水平非輻散的Rossby wave方程式以及波動解

$$\frac{\partial \nabla^2 \psi}{\partial t} + \beta \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0, \quad \psi = \sum_{kl\omega} \hat{\psi}_{kl\omega} e^{ikx + ily - i\omega t}$$

其中 β 是視為常數的行星渦度梯度。

(a) 解釋波數 (wave number) k , l 和總波數 (total wave number) $(k^2 + l^2)^{1/2}$ 的意義。說明為何相速 (phase speed) 不是相速度 (phase velocity)，也就是不滿足向量關係。

(b) 導Rossby wave 頻散關係，並導出東西方向群速與相速。長波和短波的東西方向群速有何不同。

(c) 繪出 ψ , $\nabla^2 \psi$ (渦度) 以及 $\beta \partial \psi / \partial x$ 相對相位圖，並討論波動傳送機制。

五、以淺水方程式解釋羅士比變形半徑，並討論f面速度場、質量場的地轉調節。斜壓大氣哪些變數和質量場相關，為什麼？為何熱帶地區溫度梯度很小？為何中緯度可以有鋒面存在？以地轉調節討論颱風附近的探空資料如何會影響模式的預報。(10分)

六、以次環流調節熱力風平衡觀點，討論斜壓波熱通量與動量通量傳送和大氣輻射能量差如何驅使緯向平均三胞環流。討論為何哈德里胞Hadley cell 是熱力直接環流，佛雷爾胞 Ferrel cell是熱力間接環流。並簡述平均三胞大氣環流如何維持大氣動量、能量、水氣的準平衡。(15分)

七、以中緯度綜觀尺度天氣系統，解釋渦度平流與溫度平流如何影響大氣的垂直速度與大氣等壓面的高度場時間變化率。何種原因可以使得850hPa 有強暖平流，但是500hPa 高度場卻沒有明顯變化？(15分)

試題隨卷繳回