

# 國立臺灣師範大學 103 學年度碩士班招生考試試題

科目：大氣動力學

適用系所：地球科學系

注意：1. 本試題共 2 頁，請依序在答案卷上作答，並標明題號，不必抄題。2. 答案必須寫在指定作答區內，否則不予計分。

一、 簡要回答下列各題: (20 分)

(a) 參考右圖氣壓隨高度之分布，假設空氣無垂直運動，試導出靜力平衡方程式？並估計每一平方公尺上之大氣質量約有多少公斤？

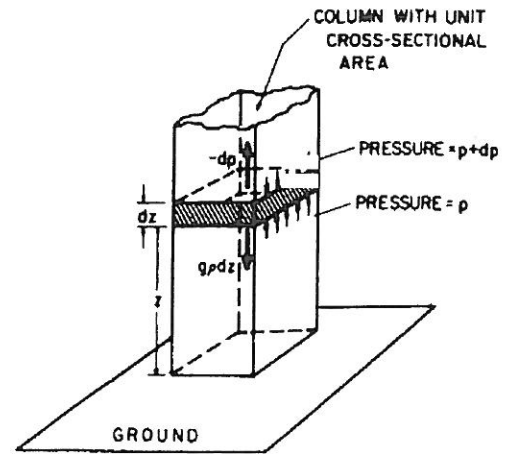
(b) 根據熱力學第一定律，

$$\delta q = c_v dT + Pd\alpha$$

試證明乾絕熱降溫率(adiabatic lapse rate)為每上升 1 km 約下降  $10^\circ\text{C}$ ？

(c) 為何中緯度對流層頂附近會存在一噴流？

(d) 為何中緯度中、高層短波大多會東移，而長波會西移？



二、 垂直速度在氣象預報上相當重要，它關係著天氣現象的改變(如下雨)與否，試討論如何利用運動學法(kinematic method)求取垂直速度，並說明其優缺點。(10 分)

三、 (a) 何謂正壓大氣？(b) 何謂力管項(solenoidal term)？(c) 正壓大氣的力管項為何？(d) 正壓大氣下，若有旋轉體面積不變往高緯運動，其環流會有何變化？(10 分)

四、 x、y 方向的運動方程可寫成如下: (20 分)

$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan \phi}{a} + \frac{uw}{a} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + 2\Omega v \sin \phi - 2\Omega w \cos \phi + F_x$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u^2 \tan \phi}{a} + \frac{vw}{a} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} - 2\Omega u \sin \phi + F_y$$

(a) 解釋上列各項所代表的物理意義？

(b) 針對中緯度綜觀天氣系統估計每項大小並作尺度分析(scale analysis)，寫出最後結果？再將其寫成向量型式並討論作用力的平衡情形？

(c) 羅士貝數(Rossby number)如何定義？為何需要定義羅士貝數？

(d) 試比較一個位於中緯度、水平範圍 2000 km、水平風速  $20 \text{ m s}^{-1}$  的氣旋，與一個位於同緯度、水平範圍 20 km、水平風速  $10 \text{ m s}^{-1}$  的海風環流，計算其羅士貝數，你/妳可以獲得何結論？

五、 準地轉趨勢方程可寫成如下：(20 分)

$$\left[ \nabla^2 + \frac{\partial}{\partial p} \left( \frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \right) \right] \frac{\partial \Phi}{\partial t} = -f_0 \vec{V}_g \cdot \nabla \left( \frac{1}{f_0} \nabla^2 \Phi + f \right) - \frac{\partial}{\partial p} \left[ -\frac{f_0^2}{\sigma} \vec{V}_g \cdot \nabla \left( -\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right]$$

# 國立臺灣師範大學 103 學年度碩士班招生考試試題

準地轉  $\omega$  方程式可寫成如下：

$$\left( \nabla^2 + \frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right) \omega = \frac{f_0}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \left[ \vec{V}_g \cdot \nabla \left( \frac{1}{f_0} \nabla^2 \Phi + f \right) \right] + \frac{1}{\sigma} \nabla^2 \left[ \vec{V}_g \cdot \nabla \left( -\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right]$$

- (a) 試討論各項的物理意義？並解釋各項如何造成等號左邊  $\left( \frac{\partial \Phi}{\partial t}, \omega \right)$  的變化？  
 (b) 針對發展中的中緯度氣旋討論 500 hPa 槽、槽前、脊處  $\Phi$  之變化及垂直運動之分布情形？  
 (c) 如何從準地轉趨勢方程獲得準地轉位渦方程(Q-G Potential Vorticity Equation)？

$$\left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V}_g \cdot \nabla \right) \left[ \frac{1}{f_0} \nabla^2 \Phi + f + \frac{\partial}{\partial p} \left( \frac{f_0}{\sigma} \frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right] = 0$$

並解釋此式各項的物理意義及其用途為何？

- (d) 如何利用準地轉趨勢方程與準地轉  $\omega$  方程式進行簡易的數值天氣預報？

六、使用兩層模式計算斜壓擾動波之速度 (c)，可得下式：(20 分)

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

$$\text{其中， } \delta = \frac{\beta^2 \lambda^4}{k^4(k^2 + 2\lambda^2)^2} - \frac{U_T^2(2\lambda^2 - k^2)}{(k^2 + 2\lambda^2)}, \quad \lambda^2 \equiv \frac{f_0^2}{\sigma(\delta p)^2}$$

- (a) 簡要解釋獲得此式的過程？如何判斷擾動波是否為不穩定？  
 (b) 若上下層無垂直風切 ( $U_T = 0$ )，試求出 c，並討論其結果。  
 (c) 在  $\beta = 0$  的條件下，試求出發生斜壓不穩定的波長範圍為何？並求導臨界波長  $L_c$  之表示式。  
 (d) 利用  $\delta = 0$  的曲線，對 k 微分，令  $dU_T/dk = 0$ ，找出最小  $U_T$  下可導致不穩定波發生的波數？解釋為何此為中緯度綜觀系統最常見的波數？

參考資料：中緯度綜觀天氣系統  $L = 1000 \text{ km}$ ， $H = 10 \text{ km}$ ， $U = 10 \text{ m s}^{-1}$ ， $W = 1 \text{ cm s}^{-1}$ ，  
 $f_0 = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ， $\delta P / \rho \approx 10^3 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ， $\nu \approx 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ，

常用數值： $a = 6370 \text{ km}$ ， $\Omega = 7.292 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ，乾空氣  $R = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ， $C_v = 717 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，  
 $C_p = 1004 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$