

# 國立臺灣師範大學 101 學年度碩士班招生考試試題

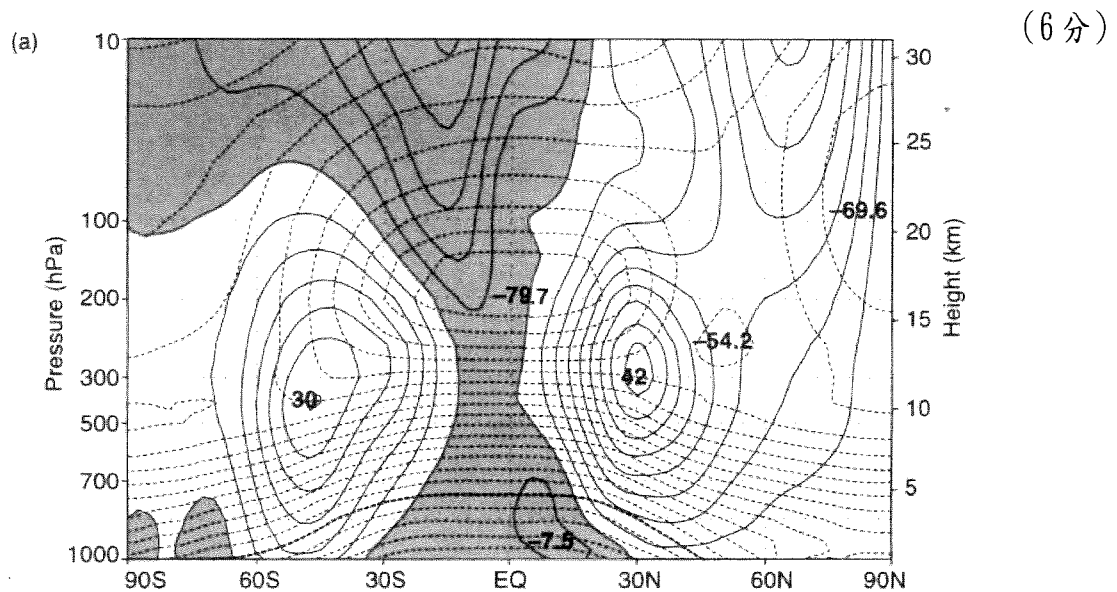
科目：大氣動力學

適用系所：地球科學系

注意：1.本試題共 3 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，否則依規定扣分。

一、(a) 試由地轉近似與靜力平衡近似的關係導出熱力風 (thermal wind) 方程式。(10 分)

(b) 試用熱力風的關係解釋為什麼中緯度大氣對流層上方有強烈的西風中心 (參見下圖)。



上圖為北半球夏季(6至8月)平均的東西向平均風速(實線)與溫度(虛線)的南北與垂直剖面分布圖。(東風區為灰色)

二、在  $45^{\circ}\text{N}$  的西風經過南北向的山脈時被絕熱抬升，西風的分布在遇到山之前是以每一千公里增加  $10\text{ m/s}$  的速率線性向南增加速度，山嶺的高度為  $80\text{ kPa}$ ，對流層頂的高度為  $30\text{ kPa}$ ，抬升前地面的氣壓為  $100\text{ kPa}$ ，假設空氣柱的厚度可以用其頂端與底部的壓力差估計，而空氣柱是界於對流層頂與地面間。

(a) 什麼是氣流場的初始相對渦度？(5 分)

(b) 如果在被抬升至山頂的過程中，氣流向南偏轉了緯度五度，試求氣流到達山頂時的相對渦度。(5 分)

(c) 假設氣流上升到山頂的過程中速度為  $20\text{ m/s}$ ，試求在山頂時流線的曲率半徑。(5 分)

# 國立臺灣師範大學 101 學年度碩士班招生考試試題

三、對於大氣行星邊界層而言，平均流場的運動方程式組與一般大尺度流場運動方程式組不同的地方是增加了擾動通量項 (turbulent flux or eddy stress term)，如下列所示：

$$\begin{aligned} \frac{\bar{D}\bar{u}}{Dt} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + f\bar{v} - \left[ \frac{\partial \overline{u'u'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial z} \right] + \bar{F}_{rx} \\ \frac{\bar{D}\bar{v}}{Dt} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}}{\partial y} - f\bar{u} - \left[ \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{v'v'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial z} \right] + \bar{F}_{ry} \\ \frac{\bar{D}\bar{w}}{Dt} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} + g\frac{\bar{\theta}}{\theta_0} - \left[ \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{w'w'}}{\partial z} \right] + \bar{F}_{rz} \\ \frac{\bar{D}\bar{\theta}}{Dt} &= -\bar{w} \frac{d\theta_0}{dz} - \left[ \frac{\partial \overline{u'\theta'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{v'\theta'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{w'\theta'}}{\partial z} \right] \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} &= 0 \end{aligned}$$

- (a) 方程式中的擾動通量項有哪些？ (3分)
- (b) 在上述的情形下，必須做一些理想化的假設，理論上才能繼續討論如何求取平均流場邊界層運動方程式的解，試說明包含哪些假設？ (5分)
- (c) 上述假設中，最為關鍵的是所謂的閉合假設 (closure assumptions，指通例而不是特例)，試說明閉合假設最重要的精神所在，並以大氣邊界層中的艾克曼層為例，說明在艾克曼層所使用的閉合假設是什麼？同時討論其適用範圍。 (5分)

四、試解釋為什麼大氣中往往高層的渦度平流比近地面的渦度平流大，但是近地面的溫度平流比高層的溫度平流更強。 (8分)

# 國立臺灣師範大學 101 學年度碩士班招生考試試題

五、取正壓渦度方程式，並將其對背景大氣運動線性化，求取在此情形下的擾動波動特徵。

(a) 寫出線性化後的正壓渦度方程式。 (5 分)

(b) 假設高度擾動場具有的解型態為  $\psi' = \text{Re} [\Phi \exp i(kx+ly-\omega t)]$ ， $\Phi$  為未知的常數，求出波動的頻散關係。 (5 分)

(c) 求波動的群速，並與相位速度比較，證明對於停滯 (stationary) 波而言，群速總是有向東的分量。 (6 分)

六、說明並解釋在兩層模式的斜壓不穩定狀態下，擾動成長時，大氣主要的能量循環過程，分別針對平均場的可用位能以及擾動的動能與可用位能的生成、消散、以及彼此間的轉換過程與所伴隨的物理現象，加以討論。 (15 分)

七、利用以  $\log p$  為垂直座標的原始方程式，進行傳統的 Eulerian mean 的平均之後，可以得到東西方向平均環流的方程式如下：

$$\frac{\partial^2 \bar{\chi}}{\partial y^2} + \frac{f_0^2}{N^2} \rho_0 \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{\chi}}{\partial z} \right) = \frac{\rho_0}{N^2} \left[ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\kappa \bar{J}}{H} - \frac{R}{H} \frac{\partial}{\partial y} (\overline{v'T'}) \right) - f_0 \left( \frac{\partial^2}{\partial z \partial y} (\overline{u'v'}) - \frac{\partial \bar{X}}{\partial z} \right) \right]$$

(a) 試說明以上各項所代表的物理意義為何？ (9 分)

(b) 以上式以及幾個主要的觀測所得的分布特性，解釋大氣環流三胞環流的結構與形成原因。 (8 分)