

國立臺灣師範大學 100 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，計有 5 大題，每題 20 分，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。

1、(20 分) 大氣運動方程之向量型式為：

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -2\vec{\Omega} \times \vec{V} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{g} + \vec{F},$$

- 試利用上式寫下 3 個方向(x、y、z)的運動方程，並對它們進行尺度分析，以證明對中緯度綜觀尺度 (synoptic scale)的大氣運動而言，地轉近似(geostrophic approximation)及靜力平衡(hydrostatic balance)是成立的。
- 寫出地轉風之表示式，再繪圖說明並討論在南、北半球地轉風與科氏力、氣壓梯度力、氣壓分佈等之關係
- 利用地轉風導出熱力風之表示式，並解釋何謂熱力風？當有冷或暖平流時，風隨高度之變化為何？
- 假設地球為平滑球面，一物體初始停留在地表上，若只考慮科氏力與重力之影響下對其施加作用力使其獲得一向東之等速度 V，試描述其後續之運動？能用式子表示可加分。

2、(20 分) Bjerknes 環流定理可寫成下式：

$$\frac{dC}{dt} = \frac{dC_a}{dt} - \frac{dC_e}{dt} = -\oint \frac{dP}{\rho} - 2\Omega \frac{d(A \sin \phi)}{dt}$$

- 對一正壓大氣，試討論一天氣系統在有輻合運動時，環流有何改變？往高緯移動時呢？
- 對一斜壓大氣，可以把力管項改寫成 $\iint (\nabla P \times \nabla \alpha) \cdot \hat{n} dA$ ，試利用氣壓及密度的分佈討論為何冬天在亞洲或美洲大陸東岸的天氣一般皆比西岸差？
- 渦度方程與上式的關係為何？有何異同？並解釋渦度方程各項的物理意義。
- 給一些適當條件後，證明位渦保守？再加上什麼條件可得絕對渦度保守？
- 說明位渦保守情形下西風氣流過山之變化？

3、(20 分) 絕對渦度保守的應用：

- 試利用擾動法 (Perturbation method) 推導羅士比波 (Rossby wave) 之頻散關係 (dispersion relationship) 及相速，此波是否為頻散波 (dispersive wave)？
- 探討羅士比波相速和群速之傳播特徵？
- 針對停滯的 (stationary) 羅士比波而言，說明群速之方向為何？
- 討論羅士比波的結構特徵？

國立臺灣師範大學 100 學年度碩士班招生考試試題

4、(20 分)在斜壓系統兩層模式中，擾動之能量方程式可寫為：

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \overline{(\psi'_1 - \psi'_3)^2} = U_T \overline{(\psi'_1 - \psi'_3)} \frac{\partial}{\partial x} \overline{(\psi'_1 + \psi'_3)} + \frac{\sigma \delta p}{f_0} \overline{\omega'_2 (\psi'_1 - \psi'_3)}$$

- (a) 試說明上式各項代表之物理意義為何？
 (b) 試由 $\overline{w'T'}$ 與 $\overline{v'T'}$ 的相關討論發展中斜壓波的能量轉換過程？
 (c) 承上題，解釋為何短波不利於發展？
 (d) 垂直運動方程式可以被簡化為：

$$w'_2 \propto -\omega'_2 \propto -U_T \frac{\partial \zeta'_2}{\partial x} \propto -v'_2 \frac{\partial \bar{T}}{\partial y}$$

試以發展中的斜壓波解釋上式的結果，並討論垂直運動在斜壓波發展中所扮演之角色？

5、(20 分) 計算與證明題：

- (a) GPS (Global Positioning System) 由數個地球同步衛星組成，因為作用力的平衡，這些衛星每天都在地球表面同一定點上空約幾公里處與地球同步運轉？假設重力(g)與高度(z)、地球半徑(a)的關係如下：

$$g = \frac{9.8}{\left[1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right]}$$

- (b) 利用梯度風方程

$$\frac{V^2}{R} + fV + \frac{\partial \Phi}{\partial h} = 0 \quad ,$$

證明在固定的氣壓梯度下，對一正常高壓而言，其梯度風與地轉風風速的比值最大為 2。

參考資料：中緯度綜觀天氣系統 $L = 1000 \text{ km}$ ， $H = 10 \text{ km}$ ， $U = 10 \text{ m s}^{-1}$ ， $W = 1 \text{ cm s}^{-1}$ ，
 $f_0 = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ， $\delta P / \rho \approx 10^3 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ， $v \approx 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ， $a = 6370 \text{ km}$ ， $\Omega = 7.292 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$