

程式與科學計算 Python 期中考（佔原始分數 10%，11/08）

考試時間： 15:30–17:20

注意事項（請看完再開始作答！）

- 使用系內網路時，連線 ip 是 140.112.66.23；使用系外網路時，連線 ip 是 140.112.66.200
- 登入 study 主機，並在你的家目錄下建立子目錄 mid_p。
- 答題相關的所有檔案都請存放在你的 ~/mid_p/ 下；若檔案名稱、位置錯誤則不予計分。
- 考試開放參考上課講義、筆記、範例檔、作業、作業解答、程式相關書籍、網路搜尋。
- 所有答題程式碼的撰寫、編譯、執行必須由本人獨立完成。考試期間不可與他人交談、傳遞訊息（包括網路、手機）、不可傳遞檔案，或進行其他影響考試公平性的行為。違反規定者直接取消應考資格。
- 如果不確定自己的行為是否符合規定，請事先詢問監考老師或助教。
- 先完成考試作答者通知助教後，待助教將主機上的答題程式確認並備份完畢即可提早離場。
- 完成的程式，只要編譯後執行結果正確，就可獲得滿分。
如果程式碼排版整齊，或附有清楚的註解說明，會酌予加分，最多加該題分數的 2%

(a) 聖誕樹 (30%)

本小題將利用迴圈以及格式化輸出畫出類似聖誕樹的圖形



(a.1) 測試 (10%)

- 新增一個程式檔案 **test_xmas.py**
- 宣告常數 **nb = 2**、**nt = 4**；**nb** 為樹幹的層數，**nt** 為樹葉的層數
- 試著在螢幕上格式化輸出如下圖的結果，方式不拘，土法煉鋼也行
- 樹葉四層，分別有 1、3、5、7 個 1；
- 樹幹兩層長相皆相同，1 的數量與倒數第三層樹葉相同

```
0001000
0011100
0111110
1111111
0011100
0011100
```

(a.2) 輸出至檔案 (20%)

- 複製 **test_xmas.py** 並改名為 **mida.py**
- 將樹葉的層數改為 10，樹幹的層數改為 4（每層樹葉寬度為 $2n - 1$ ，最寬為 19）
- 請利用數學運算方式，將高度為 10+4 的聖誕樹格式化輸出至 **mida.txt**
雖然有不只一種方式能解決，但這裡提供一個提示（不一定要使用）：
忽略前面的 0，可將每一層視為數字並拆解成 10 的幕次相加，尋找幕次與行數之間的規則。
- 請勿使用窮舉法土法煉鋼！

```
0000000001000000000
0000000011100000000
0000000111110000000
0000001111111000000
0000011111111100000
0000111111111110000
0001111111111111000
0011111111111111100
0111111111111111110
1111111111111111111
0011111111111111110
0011111111111111110
0011111111111111110
0011111111111111110
```

(b) 給定一氣塊在地表之溫度、水氣混合比計算該氣塊凝結時的高度 (LCL) (40%)

氣塊：parcel，與地表環境性質相同，在運動過程中不與外界交換質量只交換能量的一塊空氣

LCL：氣塊自地表以絕熱過程被舉升，以乾絕熱直減率 $\left(\frac{dT}{dz} = -\frac{g}{c_p}\right)$ 降溫達到飽和時的高度

$$P(z) = P_0 \exp\left(-\frac{z}{H}\right) \quad (1)$$

$$\theta = T \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{R_d}{c_p}} \quad (2)$$

$$e_s(T) = 6.11 \times \exp\left[\frac{L_v}{R_v}\left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (3)$$

$$q_{vs} = \frac{\varepsilon e_s}{P - (1 - \varepsilon)e_s} \quad (4)$$

$$\text{if not saturate : } \frac{dT}{dz} = -\frac{g}{c_p} \quad (5)$$

$$\text{if not saturate and } z_0 = 0 : T(z) = T_0 + \frac{dT}{dz} z \quad (6)$$

變數：

T ：溫度 (K)

θ ：位溫 (K)

P ：氣壓 (hPa)

e_s ：飽和水氣壓 (hPa)

z ：高度 (m)

q_{vs} ：水氣飽和混合比 (kg/kg)

LCL：舉升凝結高度 (m)

常數：

P_0 ：參考層（地表）氣壓 1000 hPa

H ：尺度高度 8500 m

R_d ：乾空氣氣體常數 $287 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

c_p ：空氣定壓比熱 $1004 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

R_v ：水氣氣體常數 $461.5 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

L_v ：水的蒸發潛熱 $2.5 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

ε ： R_d 相對 R_v 之比值 0.622

g ：重力加速度 9.8 ms^{-2}

新增一個程式檔案，取名為 **midb.py**，完成以下目標：

(b.1) 建立常數、向量 (5%)

- 宣告所有公式中出現的常數值
- 設定地表溫度 T_0 為 **298K**、地表水氣 q_0 為 **0.015 kg/kg**（氣塊溫度、水氣與地表相同）
- 建立代表高度的一維向量 \mathbf{z} ，由 0 遞增至 12000m，間距為 20

(b.2) 向量計算，不要使用迴圈（下標 p 代表氣塊） (15%)

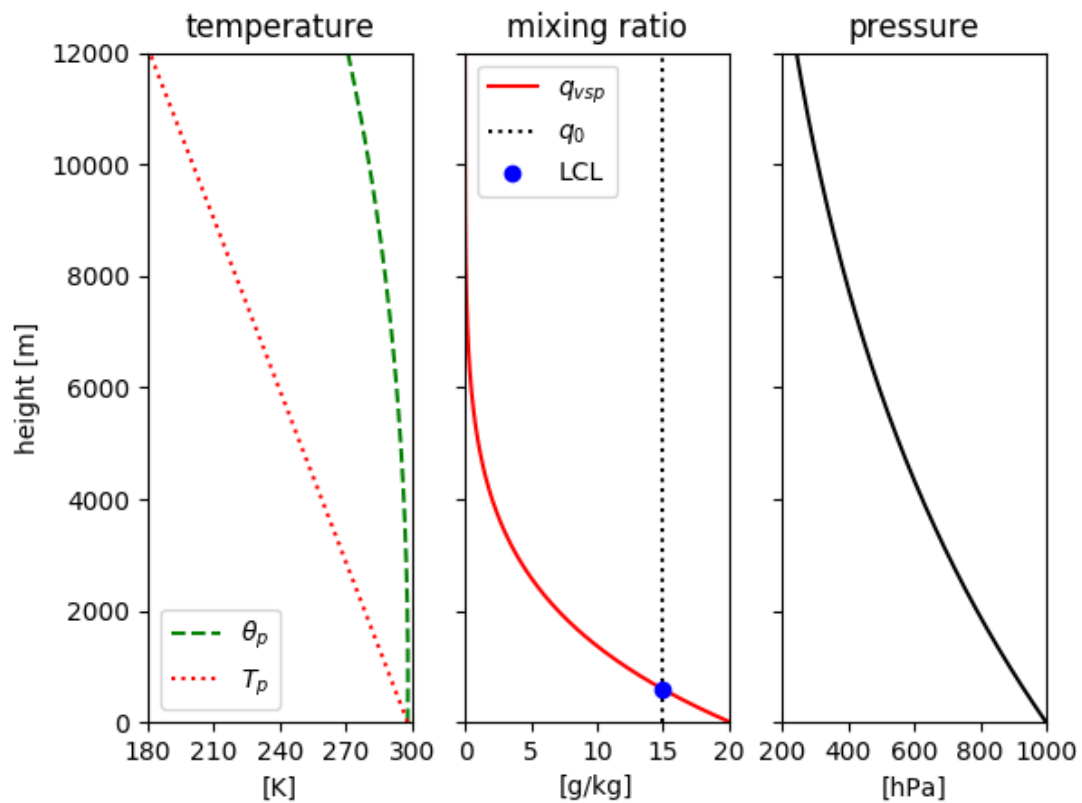
- 根據公式 (1)，以 \mathbf{z} 向量計算壓力向量 \mathbf{P}
- 根據公式 (5)、(6)，假設氣塊一直保持未飽和狀態自地表上升，計算隨高度變化的溫度 \mathbf{T}_p
- 根據公式 (3)、(4)，以及剛剛得到的 \mathbf{T}_p ，計算氣塊隨高度變化的飽和水氣混合比 $\mathbf{q}_{vs,p}$
- 根據公式 (2)、 \mathbf{P} 和 \mathbf{T}_p 計算氣塊的位溫 \mathbf{Th}_p

(b.3) 邏輯篩選尋找 LCL (5%)

- 找出所有 $q_0 - q_{vs,p} \geq 0$ 的位置，設為 **iqv**
- 找出 **iqv** 的最小值，設定為 **LCL**

(b.4) 繪製線條圖 (15%)

- 在同一個視窗畫出下圖，輸出圖檔為 **midb.png**
- 視窗的分割、文字、圖片樣式都要與下面的範例相同，線條粗細與文字大小使用預設即可，注意圖例說明有希臘字母與下標（字串前加上 r 才能正確顯示）
- 所有圖中的縱軸都是 **z** 向量，顏色皆為內建預設，橫軸變數依照繪製順序分別為
左： **Th_p** （綠虛線）、 **T_p** （紅點線）
中：**1000 倍 $q_{vs,p}$** （紅線）、**1000 倍 q_0** （黑點線，[15,15,...,15]）
點出 **LCL** 的位置（藍圓點）
右：**P**（黑實線）



(c) Radiative Equilibrium Temperature 輻射平衡溫度 (30%)

地球的輻射平衡溫度 T_e 可以透過下面的關係式得到：

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{S_{\odot}}{4\sigma}(1 - \alpha_p)}$$

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^4$ (Stefan-Boltzmann constant)

T_e ：輻射平衡溫度 [K]

S_{\odot} ：太陽常數，來自太陽的輻射通量 [Wm^{-2}]

α_p ：行星反照率， $0 \leq \alpha_p \leq 1$

本題目標為觀察改變 S_{\odot} 和 α_p 對 T_e 的影響。

(c.1) 利用自訂函數計算輻射平衡溫度 (10%)

- 建立程式檔案 **RET.py**，將輻射平衡溫度的計算方式寫成自訂函數
- 函數名稱設定為 **myfun_Te()**，並依序接收 S_{\odot} 、 α_p ，回傳 T_e
(可以選擇傳入純量、回傳純量並在主程式用迴圈計算；抑或是傳入陣列，在函數中用 meshgrid 計算並回傳整個二維陣列。只要能正確完成計算都給分)

(c.2) 主程式與計算 (10%)

- 創立主程式 **midc.py**
- 建立 S_{\odot} 向量，由 1300 遞增至 1400，間距為 2
- 建立 α_p 向量，由 0.1 遞增至 0.9，間距為 0.02
- 用自訂函數計算各個 S_{\odot} 與 α_p 組合對應的結果

(c.3) 繪製色塊等值線圖 (10%)

- 以 S_{\odot} 為橫坐標， α_p 為縱座標，畫出 T_e 的色塊等值線圖如下，輸出為 **midc.png**
- 色系設定為 **inferno**，數值設定為 150 至 275，間隔為 5，並加上垂直 colorbar
- 在 $S_{\odot} = 1361$ ， $\alpha_p = 0.3$ 的位置加上黑色圓點，大小為預設
- 在 $S_{\odot} = 1361$ ， $\alpha_p = 0.25$ 的位置加上文字 **Earth**，大小為預設（提示：使用 **plt.text()**）
- 並加上 x 軸標題、y 軸標題（注意下標，字串前加上 r 才能正確顯示）、圖片標題；其餘設定（如刻度、範圍、字體大小）皆為預設不用調整
- x 軸標題下標的 \odot 符號代碼為 **\odot**

