

程式與科學計算 Python 期中考 (10/26 3:30-5:20PM, 佔原始分數 11%)

注意事項 (請看完再開始作答)

- 使用系內網路時, study 的連線 ip 是 **192.168.1.23**
- 請在 study 主機上, 你的家目錄下建立一個子目錄 `~/mid_p/`。答題用的程式檔案與輸出輸入的相關檔案, 請以指定的檔名全部存放這個目錄下。以程式在 study 上的執行結果評分, 放在其他位置或檔名不符不予計分。
- 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, 請事先舉手詢問監考老師或助教。
- 先完成考試作答者可以提早離開, 但是要先通知助教, 等助教將主機上的答題程式備份完畢後才可離場。
- 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%。

這次的主題是計算邊界層雲的液態水量，下面是會用到的公式與常數：

$$T = \theta \times \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{R_d}{C_p}} \quad (1)$$

$$e_s = 6.11 \times \exp \left[\frac{L_v}{R_v} \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (2)$$

$$q_s = 0.6226 \times \frac{e_s}{P - e_s} \quad (3)$$

$$RH = \frac{q}{q_s} \quad (4)$$

$$e = \frac{1}{0.6226} \times q \times P \quad (5)$$

$$LWP = \frac{100}{9.8} \int_{P_{CT}}^{P_{CB}} (q - q_s) dP, \quad (6)$$

$P_{CT} \equiv$ highest level where $RH > 1$

$P_{CB} \equiv$ lowest level where $RH > 1$

T ：溫度 (K)

P ：氣壓 (hPa)

R_d ：乾空氣氣體常數 (287 J/K kg)

L_v ：水的蒸發潛熱 (2.5×10^6 J/kg)

q_s ：水氣飽和混合比 (kg/kg)

e_s ：飽和水氣壓 (hPa)

RH ：相對濕度

P_{CT} ：雲頂壓力 (hPa)

θ ：位溫 (K)

P_0 ：參考層氣壓 (1000 hPa)

C_p ：乾空氣定壓比熱 (1004 J/K kg)

R_v ：水的氣體常數 (461 J/K kg)

q ：實際水氣混合比 (kg/kg)

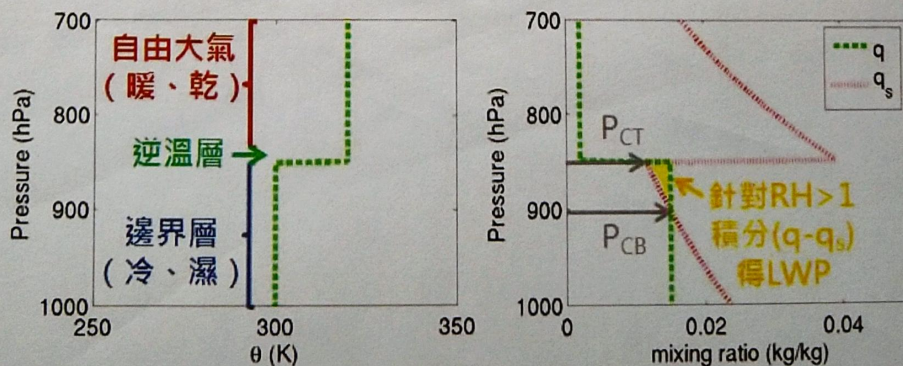
e ：實際水氣壓 (hPa)

LWP ：氣柱液態水質量 (kg/m²)

P_{CB} ：雲底壓力 (hPa)

簡要說明：

- 在氣壓面 1000~700hPa 之間，給定簡化的位溫 θ （左）與實際水氣混合比 q （右）剖面如下，逆溫層位於 849~850hPa，上方自由大氣與下方邊界層皆為均勻混合。
- 由公式可計算出飽和混合比 q_s 與相對濕度 RH ，定義 $RH > 1$ 的情況是「有雲」，對雲區凝結的水量垂直積分，就可得到氣柱液態水質量 LWP 。



(c) 給定多個邊界層 θ 、 q 值，算出多個 LWP 值 (30 分)：

上一題給定一組位溫與實際水氣混合比剖面，計算出一個氣柱液態水質量。本題要改變邊界層 ($P=850\sim 1000$ hPa) 的位溫與實際水氣混合比，看氣柱液態水質量會如何變化。

(c.1) 建立自訂函數 (15 分)

複製 midb.py 為 **cloud.py** 並改寫成自訂函數 (function)

- 函數名稱為 **getLWP**
- 此自訂函數由主程式接收兩個純量，
一個用來設定 T_h 向量第 150~最後一個元素的值，
另一個用來設定 q 向量第 150~最後一個元素的值。
- 此自訂函數向主程式回傳一個純量 LWP。
- 刪除輸出到螢幕與檔案的程式碼。

(c.2) 建立主程式 (9 分)

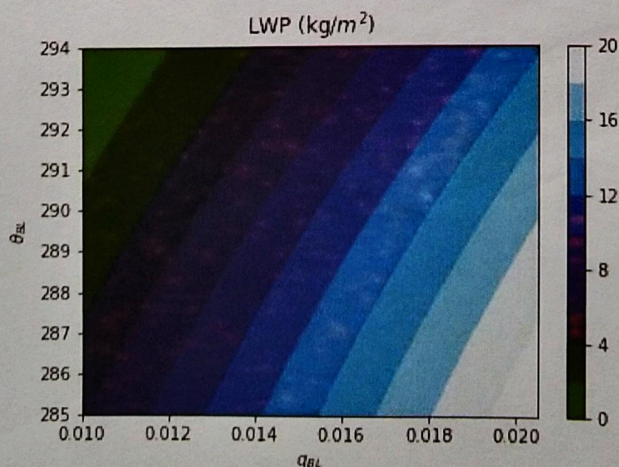
另寫一個主程式 **midc.py**，進行後續的計算與繪圖。

- 建立 10 種邊界層位溫條件的向量 T_{hBL} ，元素值由 285 遞增到 294 K，間隔 1 K。
- 建立 8 種邊界層實際水氣混合比條件的向量 q_{BL} ，元素值由 0.01 遞增到 0.0205 kg/kg，間隔 0.0015 kg/kg。
- 建立二維陣列 LWP，儲存 10 種邊界層位溫與 8 種邊界層水氣混合比排列組合所計算出的氣柱液態水質量結果，初始值設為 0。
- 使用自訂函數 **getLWP**，搭配迴圈計算出不同 T_{hBL} 與 q_{BL} 組合對應的 LWP。

(c.3) 畫等值線圖 (6 分)

以 q_{BL} 為橫座標， T_{hBL} 為縱座標，畫出 LWP 的色塊等值線如下，輸出為 **midc.png**：

- 等值線色系 (ocean)、等值線數值 (0~20 共 11 個間隔)、加上直的 color bar。
- 字體大小使用預設值即可。注意標題、座標軸文字有上、下標與希臘字母 (字串前加上 r 才能正確顯示)。



(b) 給定一組 θ 、 q 剖面，算出一個 LWP 值（25 分）：

請在 `midb.py` 完成下面的計算與檔案輸出。

你可以自行選擇要使用 `list` 或 `numpy array` 進行計算、使用簡單檔案輸出或 `numpy` 輸出指令，只要結果正確即可。

開頭請如(a.1)~(a.2)設定好 P , Th , q 向量，計算出 T , es , qs , RH 向量。

(b.1) 邏輯篩選 (8 分)

- 找出所有 RH 向量 > 1 的元素位置，設為 `icloud`。
- 找出 `icloud` 向量的最大值，設為 `icb`（雲底位置）。
- 找出 `icloud` 向量的最小值，設為 `ict`（雲頂位置）。

(b.2) 積分、輸出 (8 分)

- 根據公式(6)，利用 `np.trapz` 對 `q[ict:icb+1]-qs[ict:icb+1]` 積分，得到氣柱液態水質量 LWP (hint: LWP 結果是純量；`np.trapz` 的積分範圍是 `P[ict:icb+1]`)。
- 用下面的文字與格式，在螢幕顯示 `P[icb]`、`P[ict]`、LWP 的計算結果。（`□`為空格）
`Pcb□(hPa)=□952.00`
`Pct□(hPa)=□850.00`
`LWP□(kg/m2)=□2.25`

(b.3) 結果輸出到文字檔 (9 分)

- 將 P 、 Th 、 q 、 RH 向量輸出到文字檔 `midb.txt` 如下：
檔頭文字（`□`為空格）、浮點數格式（ P 、 Th 為 `f8.1`， q 、 RH 為 `f9.3`）

```
#□P(hPa)□□□Th(K)□□□q(kg/kg)□RH
700.0    300.0    0.001    0.213
701.0    300.0    0.001    0.211
702.0    300.0    0.001    0.210
...
1000.0    290.0    0.010    0.804
```


(a) 給定一組 θ 、 q 剖面，畫出溫度、混和比、水氣壓、相對溼度剖面（45分）：

請在 `mida.py` 完成下面的計算與繪圖與檔案輸出。

你可以自行選擇要使用 `list` 或 `numpy array` 進行計算，只要結果正確即可。

(a.1) 建立常數、向量（8分）

- 設定前一頁列出的所有常數值。
- 建立代表壓力的一維向量 P ，元素值由 700 遞增到 1000 hPa，間隔均為 1 hPa。
- 建立代表位溫的一維向量 Th ，長度與 P 向量相同，第 0 至 149 個元素值均為 300 K（對應 $P=700\sim849$ hPa），其餘均為 290 K（對應 $P=850\sim1000$ hPa）。
- 建立代表實際水氣混合比的一維向量 q ，長度與 P 向量相同，第 0 至 149 個元素值均為 0.001 kg/kg，其餘均為 0.01 kg/kg。

(a.2) 向量計算（15分）

- 根據公式(1)，以 Th 向量算出代表溫度的一維向量 T 。
- 根據公式(2)，以 T 向量算出代表飽和水氣壓的一維向量 es 。
- 根據公式(3)，以 es 與 P 向量算出代表飽和混合比的一維向量 qs 。
- 根據公式(4)，以 q 與 qs 向量算出代表相對濕度的一維向量 RH 。
- 根據公式(5)，以 q 向量算出代表實際水氣壓的一維向量 e 。

(a.3) 畫線條圖（22分）

- 在同一個視窗畫出下圖，請輸出為圖檔 `mida.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 P 向量，縱軸反轉、橫軸變數分別為
 - 左上： Th （綠虛線）與 T （紅點線）
 - 右上： q （綠虛線）與 qs （紅點線）
 - 左下： e （綠虛線）與 es （紅點線）
 - 右下： RH （紅實線）與 $[1,1,\dots,1]$ （黑點線）。

