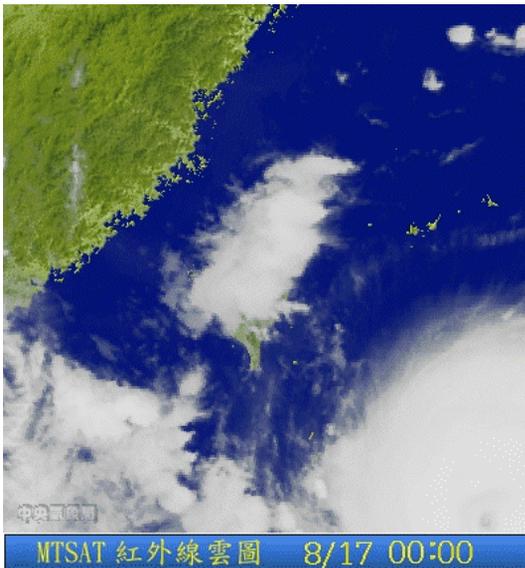


2009 年第三屆國際地球科學奧林匹亞競賽 --大氣實作測驗

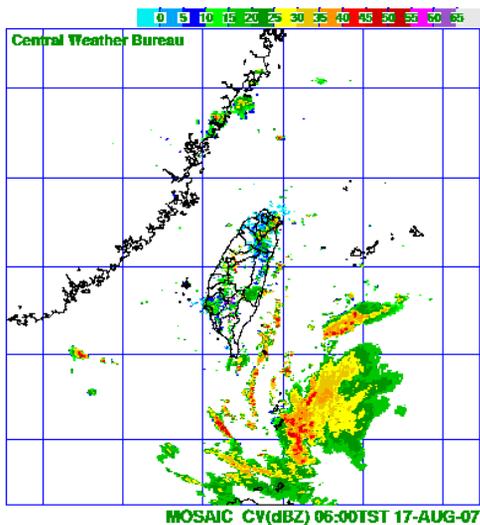
中華民國高中地球科學奧林匹亞委員會

衛星及雷達影像展示

衛星及雷達影像展示



雷達回波圖之例子



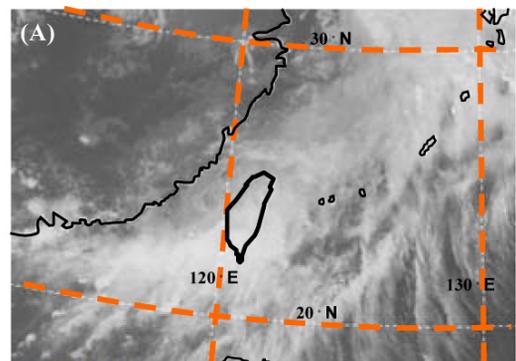
上面之雷達回波圖係由北臺灣的五分山雷達站所觀測的例子

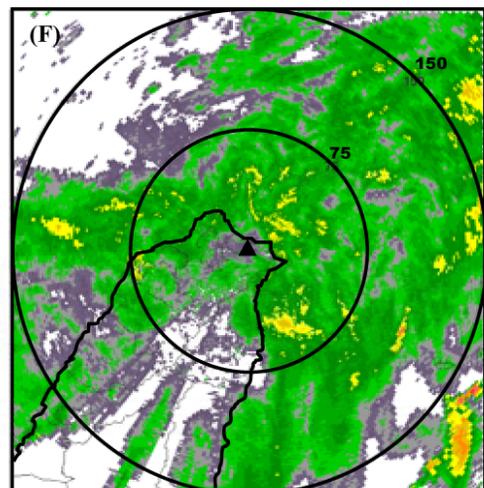
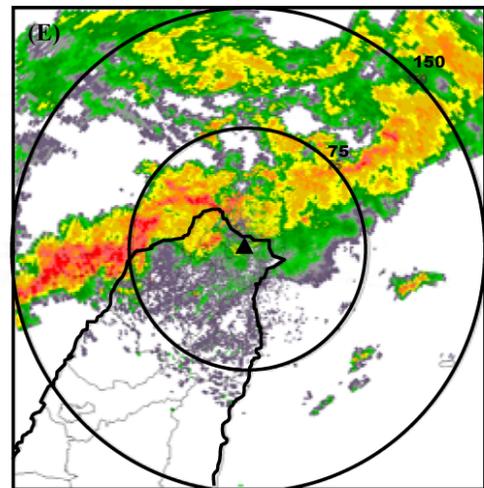
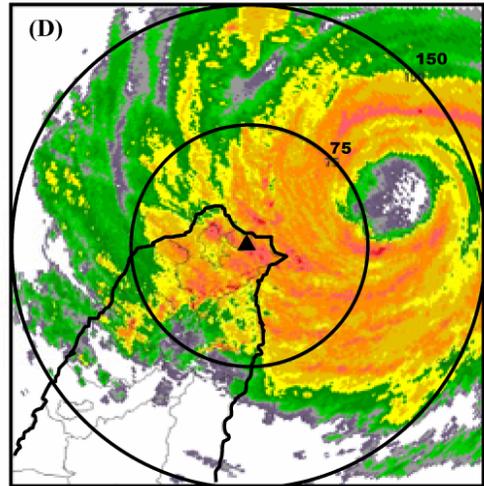
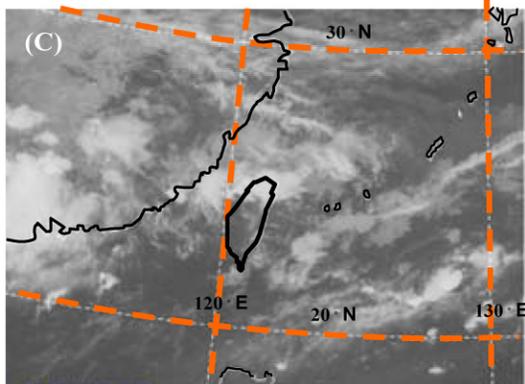
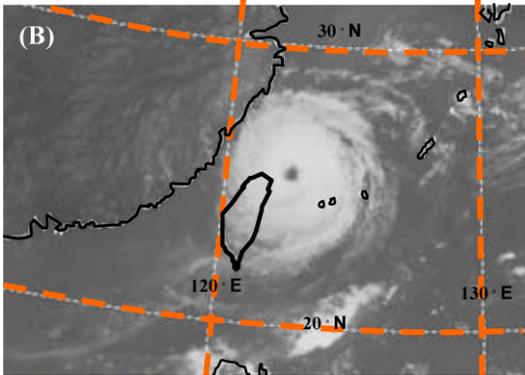


實作測驗（大氣，第一部份）

目的：使用衛星影像及雷達圖來了解不同天氣系統之降雨及風的型態

下面（圖 A~圖 C）是三種不同天氣條件下的三張紅外線衛星影像圖（冷鋒、颱風、西南氣流之季風）。



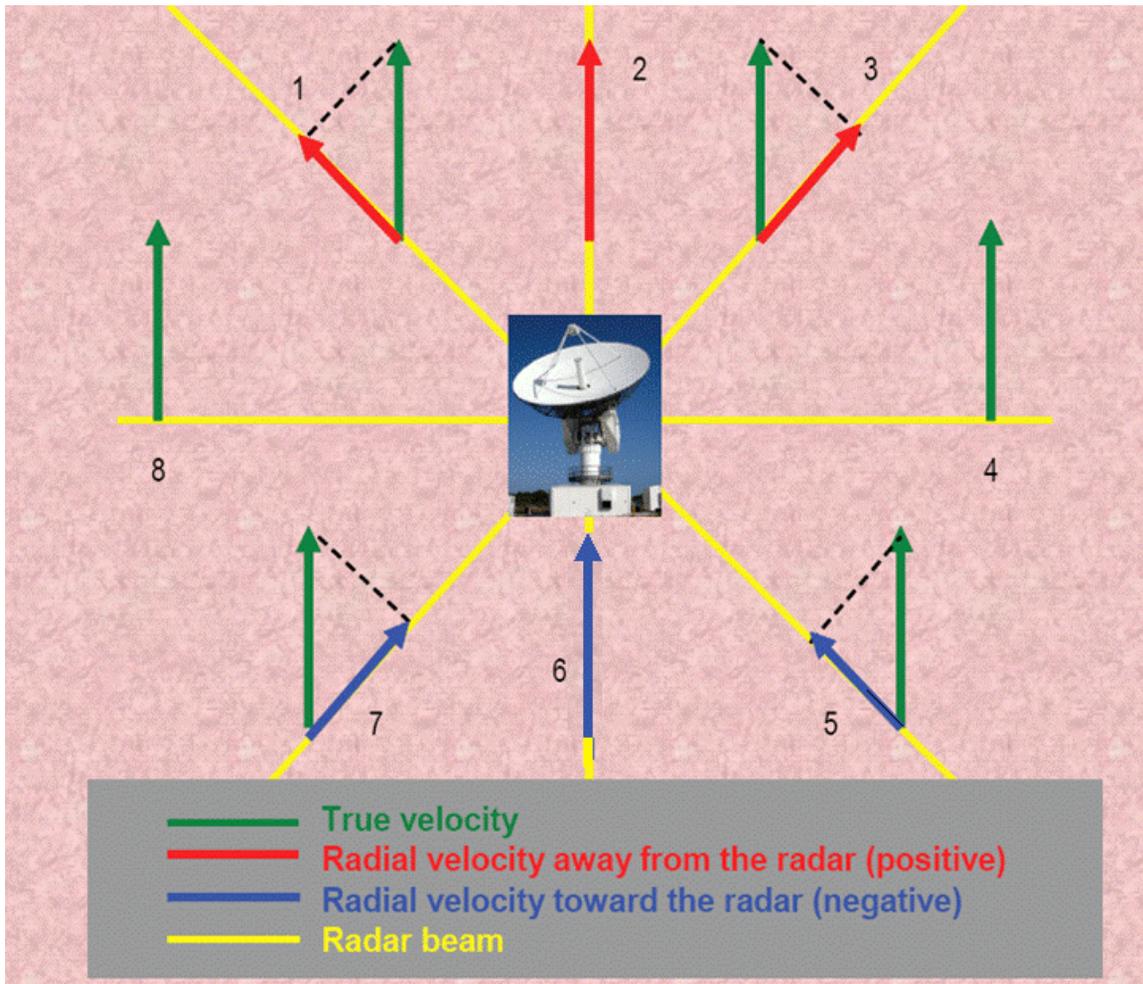


雷達回波是氣象雷達發出電磁波，經雨滴反射後，再由雷達接收反射回來之電磁波所得。愈強的回波(或愈高的反射率)通常對應到較大的雨滴。下圖(圖 D~圖 F)為三種不同天氣條件(冷鋒、颱風和西南氣之季風)下的雷達水平反射率圖。下圖中的色階標註雷達反射率(或回波)圖中的雷達反射率強度(Z)值，其單位是分貝(dBZ)。圖中的兩個圓圈分別為距雷達中心 75 km 及 150 km 半徑，圖中三角形符號標示雷達站的位置。



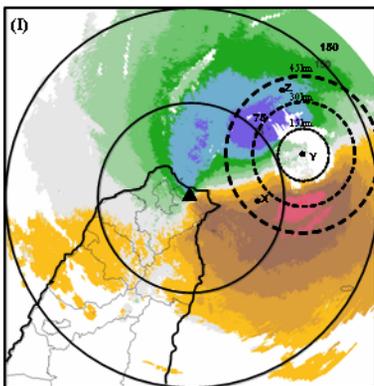
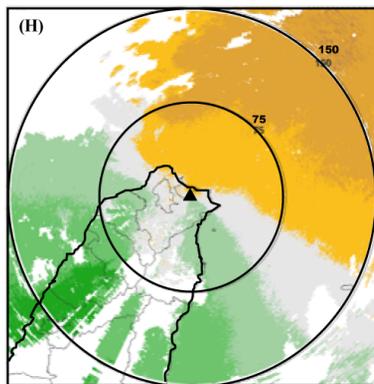
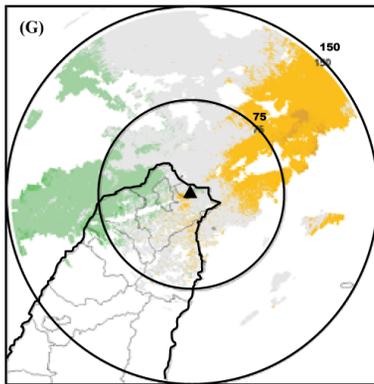
使用都卜勒雷達，我們可以利用都卜勒位移效應（Doppler-shifteffect）來偵測雨滴沿著雷達波束方向（徑向）的移動速度。舉例來說，如果偵測到的徑向速度是負值，代表雨滴朝向雷達站移動(風吹向雷達站)，如果徑向速度是正值，代表雨滴離開雷達站方向移動(風吹離雷達站)。風的

真實速度與雷達偵測到的徑向速度之間的關係可用下圖表示，其中綠色箭頭代表真實速度，紅色箭頭代表雷達偵測到的正值徑向速度(離開雷達站)，藍色箭頭代表雷達偵測到的負值徑向速度(即朝向雷達站)，黃色線代表不同角度雷達波束的方向。



下面圖（圖 G~圖 I）是針對和前述相同之三種不同天氣條件（冷鋒、颱風、西南氣流之季風），雷達所觀測到的雷達徑向速度圖，雷達所偵測到的徑向速度值（ V_r ，單位 m/sec），其速度值大小以色階表示，並標示在圖上方。

 Vr PPI 0.5° (m/s)



[Click here for the bigger Fig.\(G\)](#) [Click here for the bigger Fig.\(H\)](#) [Click here for the bigger Fig.\(I\)](#)

請回答下列問題：

1. 檢視前面圖（A）至圖（I），選擇適當的天氣條件代號（A~I）填到下列適當的表格中：（18 分）

	颱風	冷鋒	西南氣流(季風)
衛星影像圖			
雷達回波圖			
雷達徑向速度圖			

2. 圖（I）中之 X, Y, Z，哪一點最有可能是環流的中心？（你可以利用下方的放大功能來放大圖（I）以回答這個問題）（6 分）

答案：_____

3. 使用圖（I），檢視雷達在 X 點及 Z 點所觀測到的徑向速度（ V_r ）值（你可以利用放大的圖（I）來回答這個問題）（10 分）

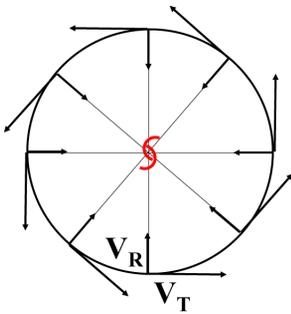
答案：_____

4. 使用圖（I），請估計最大風速是出現在

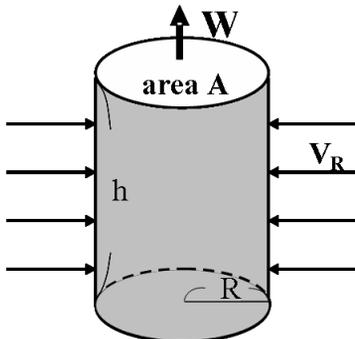
距離颱風中心多遠的半徑。(你可以利用放大的圖 (I) 來回答這個問題) (6 分)

答案：_____

5. 圍繞颱風的水平風可以分解 (向量分解) 成切線速度分量 (V_T) 及徑向速度分量 (V_R) 兩個分量, 下面是北半球圍繞颱風中心附近典型的徑向風及切向風速度分量示意圖:



假設沿著圖 (I) 中虛線圓圈, 吹向颱風中心平均的內流徑向速度 (V_R), 大約是圖 (I) 中 Z 點雷達所觀測到的徑向速度值的百分之三十 (30%), 颱風環流的幾何圖形可以用半徑是 R 、垂直深度是 h 的圓柱來表示, 假設圓柱內部空氣密度 ρ 保持一個固定值 0.6 kg/m^3 。



伴隨徑向速度穿過圓柱側面 (上圖中的灰色圓柱表面) 的內流質量通量, 可表示如下:

$$M_{in} = \rho V_R (2\pi R) h$$

其中 ρ 是密度、 V_R 是徑向內流速度、 R 是圓柱半徑、 h 是圓柱高度。圖 (I) 中的虛線圓圈標示颱風環流不同半徑的範圍。假設颱風環流半徑是 30 km , 高度是 8 km , 請計算伴隨徑向速度穿過圓柱側面向內流的質量通量 (M_{in}) (單位 kg/sec , $\pi = 3.14$)。 (10 分)

實作測驗 (大氣, 第二部份)

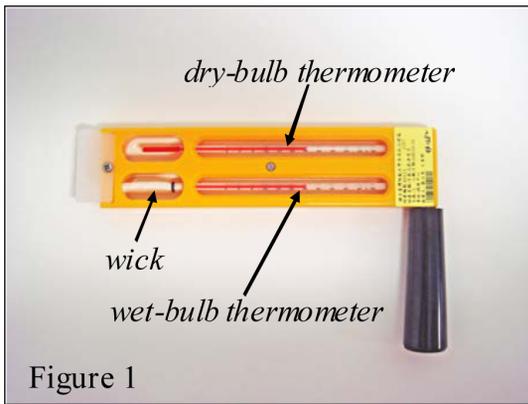
大氣濕度測量和計算 (全部 50 分)

在我們的大氣中, 水氣 (H_2O) 會造成水循環中雲的形成以及降水, 同時水氣也是重要的溫室氣體, 因此, 正確的測量空氣中的水氣含量 (大氣濕度) 是相當重要的。在這一次的實作測驗, 你要利用濕度計, 去測量濕度, 並回答下面六個相關問題。

你需要完成下列所有的工作: 【A 大題】測量乾球溫度及濕球溫度並計算乾濕球溫度差; 【B 大題】利用你測量的資料, 計算實際水氣壓; 【C 大題】以不同的濕度變數, 來表示你的結果。問題中相關變數的計算方法會在後面說明。

【A 大題】

利用乾濕球濕度計測量乾球溫度和濕球溫度 (T 和 T_w), 並計算乾濕球溫度差 (D , $D = T - T_w$)。



一般而言，乾濕球濕度計(圖 1)是用來測量濕度常用的儀器，基本上，濕度計包含兩支相同的溫度計，其中一支為乾球溫度計 (dry-bulb thermometer)，用來測量乾球(實際)溫度(T)；而另外一支為濕球溫度計 (wet-bulb thermometer)，其球部用紗布包裹，用來測量濕球溫度(T_w)。使用時，先將濕球溫度計的紗布(圖 1 之 wick)沾濕，沾濕後置放在空氣中一小段時間，再讀取溫度，稱為濕球溫度(T_w)。請根據下面的步驟，來測量乾球溫度(T)及濕球溫度(T_w)(參見圖 2)。



在這個過程中，要特別注意避免你對溫度讀數的干擾，其次，必須小心，要使乾球溫度一直保持在乾燥的狀態。

【步驟 1】打開乾濕球溫度計底部的小容器，利用移液吸管裝一些水到容器中，使裡面的紗布芯完全沾濕(圖 2a)。完成後，蓋上蓋子。

【步驟 2】將把手拉出來和溫度計成 90 度，小心地旋轉乾濕球溫度計，使它通風(大約旋轉十次，以增加空氣流通)。此時，濕球溫度(T_w)應該會慢慢的下降。

【步驟 3】當濕球溫度計的讀數變得比較穩定時，讀取乾球及濕球溫度（ T 和 T_w 都以 $^{\circ}\text{C}$ 表示，如圖 2c 所示）。

問題 1（實作）：（20 分）

請重覆步驟 1 到步驟 3 三次，並填寫表 1 的空格處，然後計算平均乾球溫度（ T ）、平均濕球溫度（ T_w ）及乾濕球溫度差 D （其中 $D=T-T_w$ ），作答時請使用 $^{\circ}\text{C}$ 為單位並讀取到小數點後第一位。（乾球溫度 T 及濕球溫度 T_w 每一格 2 分， D 是 4 分。）

答案：

表 1：濕度計測量結果（請使用 $^{\circ}\text{C}$ 表示）。

	第一次 讀數	第二次 讀數	第三次 讀數	平均
T				
T_w				
D	X	X	X	

問題 2（實作）：（6 分）

從你的測量中，應該可以很清楚的看出濕球溫度（ T_w ）小於乾球溫度（ T ），也就是 $T > T_w$ （ $D > 0$ ）。下列哪一種過程是造成這種變化的主要原因？

- (A) 凝固
- (B) 凝結
- (C) 凝華
- (D) 融解
- (E) 蒸發
- (F) 昇華

【B 大題】

找出上述測量所得濕球溫度（ T_w ）的飽和水氣壓（ e_s ），並計算實際的水氣壓（ e ）。

濕度可用水氣壓（也就是空氣中水蒸氣的分壓， e ）來度量。水氣壓 e （單位為： hPa ，其中 $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$ ）的值可用以下方程式來表示：

$$e = e_{sw} = -\gamma D, \quad \text{方程式 (1)}$$

其中 e_{sw} 為當濕球溫度為 T_w 時之飽和水蒸氣壓（ hPa ），即利用 T_w 去表 2 查出 e_{sw} ， D 為乾濕球溫度差（單位 $^{\circ}\text{C}$ ）， γ 是常數，在海平面時為 0.66 hPa K^{-1} 。

問題 3（實作）：（6 分）

請由表 2 找出 e_{sw} 的值，然後利用方程式 1 計算實際水氣壓（注意，如表 2 所示，飽和水氣壓（ e_s ）僅是溫度的函數，請清楚地寫出你的方法以及計算過程。注意，計算過程必須包含單位，作答時數值要表示到小數點後第一位）。

答案：_____

表格 2： 水上面的飽和水蒸氣壓（取自 Smithsonian 氣象常用表）

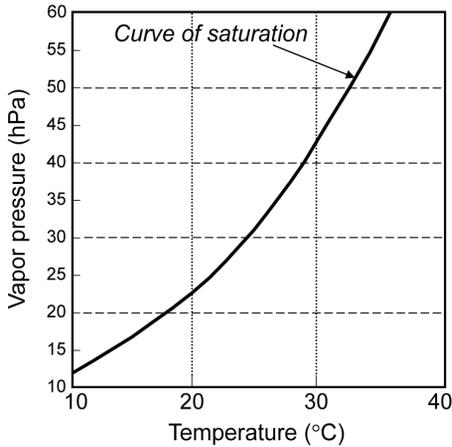
* 表格 2 使用說明範例：例如要讀取 17.3°C 的飽和水蒸氣壓，先從列找出標註 17 度的地方，再找出 0.3 那一行，即可找到 $e_s = 19.74$ hPa。

Temperature °C	Metric units									
	.0 hPa	.1 hPa	.2 hPa	.3 hPa	.4 hPa	.5 hPa	.6 hPa	.7 hPa	.8 hPa	.9 hPa
10	12.27	12.36	12.44	12.52	12.61	12.69	12.78	12.86	12.95	13.03
11	13.12	13.21	13.30	13.38	13.47	13.56	13.65	13.74	13.83	13.93
12	14.02	14.11	14.20	14.30	14.39	14.49	14.58	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.37	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87
14	15.98	16.08	16.19	16.29	16.40	16.50	16.61	16.72	16.83	16.94
15	17.04	17.15	17.26	17.38	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.06
16	18.17	18.29	18.41	18.52	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.25
17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.12	20.24	20.37	20.50
18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.16	21.29	21.42	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.09	23.23
20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71
21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.64	25.79	25.95	26.11	26.27
22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.25	27.41	27.58	27.75	27.92
23	28.09	28.26	28.43	28.60	28.77	28.95	29.12	29.30	29.48	29.65
24	29.83	30.01	30.19	30.37	30.56	30.74	30.92	31.11	31.30	31.48
25	31.67	31.86	32.05	32.24	32.43	32.63	32.82	33.02	33.21	33.41
26	33.61	33.81	34.01	34.21	34.41	34.62	34.82	35.03	35.23	35.44
27	35.65	35.86	36.07	36.28	36.50	36.71	36.92	37.14	37.36	37.58
28	37.80	38.02	38.24	38.46	38.69	38.91	39.14	39.37	39.59	39.82
29	40.06	40.29	40.52	40.76	40.99	41.23	41.47	41.71	41.95	42.19
30	42.43	42.67	42.92	43.17	43.41	43.66	43.91	44.17	44.42	44.67
31	44.93	45.18	45.44	45.70	45.96	46.22	46.49	46.75	47.02	47.28
32	47.55	47.82	48.09	48.36	48.64	48.91	49.19	49.47	49.75	50.03
33	50.31	50.59	50.87	51.16	51.45	51.74	52.03	52.32	52.61	52.90
34	53.20	53.50	53.80	54.10	54.40	54.70	55.00	55.31	55.62	55.93
35	56.24	56.55	56.86	57.18	57.49	57.81	58.13	58.45	58.77	59.10
36	59.42	59.75	60.08	60.41	60.74	61.07	61.41	61.74	62.08	62.42
37	62.76	63.11	63.45	63.80	64.14	64.49	64.84	65.20	65.55	65.91
38	66.26	66.62	66.99	67.35	67.71	68.08	68.45	68.82	69.19	69.56
39	69.93	70.31	70.69	71.07	71.45	71.83	72.22	72.61	72.99	73.39
40	73.78	74.17	74.57	74.97	75.37	75.77	76.17	76.58	76.98	77.39

問題 4 (實作): (6 分)

以濕球溫度計測量空氣的冷卻過程中，假設 A 點代表初始狀態，B 點代表最後的狀態，請在右圖 3 中，以 (x) 號

標註出 A 點和 B 點的位置，然後，用箭頭連接 A 點到 B 點以指出冷卻的過程。請在圖上標註這兩個點，並且清楚的以箭頭指出方向。



【C 大題】

將濕度轉換成混合比 (r) 以及相對濕度 (RH)。

有好幾個變數可以用來表示大氣濕度，例如：混合比 (r) 以及相對濕度 (RH)。你可以利用下面所提供的資訊來計算 r 以及 RH 。盡量清楚地寫出你的方法及過程，並且需要標註所用的單位。

問題 5 : (6 分)

混合比是水氣的質量與乾空氣質量的比值，所以是一個無因次的變數。混合比 r 與水氣壓 (e) 的關係可以用下式表示：

$$r = \frac{\epsilon e}{p - e} \quad \text{方程式 (2)}$$

其中 p 是 1013.25 hPa， ϵ 是水氣分子量和乾空氣分子量的比值 ($\epsilon = 0.622$)。在下面的空白處，請計算 r 並以 g kg^{-1} 的單位表示 (每公斤中多少克)。答案需要表示到小數點後第一位。

答案：_____

問題 6 : (6 分)

相對濕度 RH 是實際水氣壓 e 與當時溫度 (T) 下飽和水氣壓 e_s 的比值，相對濕度用百分比表示如下：

$$RH = \frac{e}{e_s} \times 100\% \quad \text{方程式(3)}$$

在下面的空白處，請用方程式 3，計算 RH (以百分比 (%) 表示，答案要計算到小數點後一位。)

答案：_____