

類 科：氣象

科 目：大氣物理學（包括大氣輻射與雲物理）

考試時間：2 小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、雲內的空氣塊中包含了乾空氣、水氣與雲滴。假設在某一個雲內空氣塊中，每立方公分有分布均勻的 200 個雲滴，而所有雲滴都是典型的  $10 \mu\text{m}$ 。空氣塊的溫度是  $10^\circ\text{C}$ ，氣壓則是 800 百帕 (hPa)，試計算該雲內空氣塊的下列性質：

(一)雲內空氣塊中單位體積的液態水量 (Liquid Water Content)。(6 分)

(二)雲內空氣塊中單位體積的水氣量。(6 分)

(三)雲內空氣塊中單位體積的乾空氣量。(6 分)

(參考下表中飽和水氣壓隨溫度的變化值，乾空氣與水氣的氣體常數分別為  $287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  與  $462 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，水的密度為  $1 \text{ g cm}^{-3}$ )

$T(^{\circ}\text{C})$	$e_s(\text{hPa})$
0	6.11
2	7.06
4	8.14
6	9.35
8	10.73
10	12.28
12	14.03
14	15.99
16	18.18
18	20.64
20	23.39
22	26.44
24	29.85
26	33.63
28	37.82
30	42.45

二、聯合國跨政府氣候變遷委員會 (IPCC) 在 2013 年所發布的氣候變遷第五次評估報告中，認為由飛機凝結尾 (contrail) 及其衍生的高雲所造成的輻射驅動力從工業革命以來全球平均約為  $0.05 \text{ Wm}^{-2}$ 。試說明相較於晴空，前述凝結尾及其衍生的高雲分別在白天和晚上如何改變大氣層頂的能量收支，而對於地球氣候系統所造成的輻射驅動力是白天或晚上貢獻比較大。(12 分)

(請接背面)

類 科：氣象

科 目：大氣物理學（包括大氣輻射與雲物理）

- 三、在夜間觀測太陽系之外的恆星（star）時，往往所看到的恆星顏色是對應到其輻射放射光譜中輻射強度最大的波長所在位置，所以當觀測的兩個恆星，一個偏紅色，一個偏藍色，其中那一個恆星的表面溫度較高？請說明如何得到前述的結果。（8分）
- 四、對於地球上某一個地點，決定一年中某一天在當地大氣層頂入射的總太陽輻射量時所必須考慮的因素有那些？如果考慮的是在地表而非大氣層頂，如果要計算當地全日淨總太陽輻射量吸收量（入射減去反射），必須進一步考慮那些因素？（18分）
- 五、二氧化碳在紅外線波譜範圍有  $4.3 \mu\text{m}$  與  $15 \mu\text{m}$  兩個主要的吸收帶，試從二氧化碳分子結構、能階與基本輻射吸收與放射原理，討論上述兩個主要二氧化碳吸收帶分別是透過什麼方式所產生的？（12分）
- 六、試估計一個雲滴透過凝結成長，在環境的過飽和比值為 1.005 的狀況下，從  $5 \mu\text{m}$  成長為  $1 \text{ mm}$  所需要的時間，在前述過程中，溫度與氣壓分別為  $10^\circ\text{C}$  與  $700 \text{ hPa}$ ，即常態化凝結成長參數（normalized condensation growth parameter） $\xi_1$  為  $100 \mu\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ 。同樣條件下，如果是從  $5 \mu\text{m}$  成長為  $30 \mu\text{m}$  所需要的時間則是多少？試從估計結果進一步討論雲滴透過凝結成長在雲滴變為雨滴的過程中所扮演的角色。（16分）
- 七、說明在大氣中冰晶可以有那些不同的成核（nucleation）過程，以及這些不同成核過程通常所對應的環境溫度與濕度。（16分）