

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

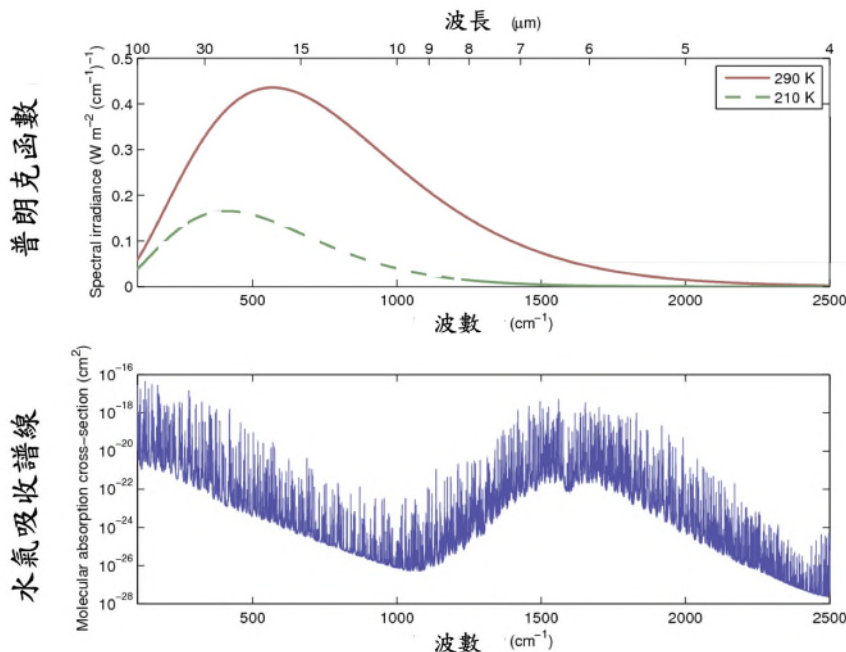
座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(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。

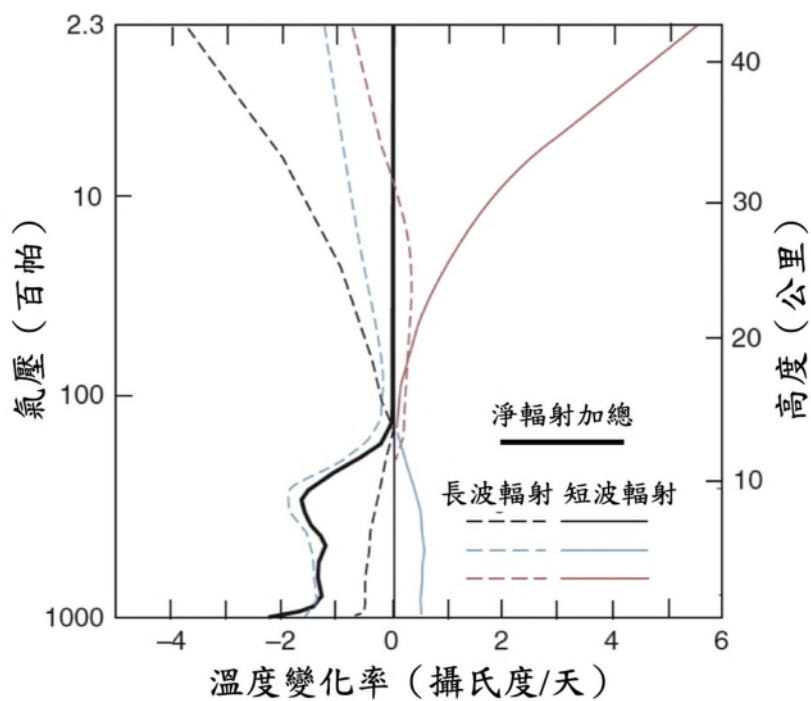
一、下圖的上半部是紅外線波譜區間以單位波數輻射通量密度表示的普朗克函數在210 K與290 K時隨波數（波長）的變化，下半部是特定水氣濃度所對應的水氣吸收譜線強度隨波數（波長）的變化情形。



如果要精確計算水氣在整個紅外線波譜區間的吸收與放射對於某個高度 z 向下的輻射通量密度，由於水氣吸收譜線強度隨波數的變化非常大，所以必須用逐線（line-by-line）計算法才能獲得準確的結果，但是所需要的計算數量巨大且耗費的時間長。如果希望在數值天氣預報模式或氣候模式進行水氣在紅外線吸收與放射對輻射通量密度或輻射加熱冷卻率影響，就必須設法加快計算速度，但與逐線計算結果相比，卻還是能夠保持計算的精確度。

試說明可以用什麼方式在模式中處理上述的問題，並參考附圖內容，繪製並且對照處理後的普朗克函數與水氣吸收譜線分布與附圖間的差異，具體說明其能加速計算與保持精確度的關鍵。（20分）

二、依據標準大氣剖面所計算，下圖是幾個大氣中的氣體成分，從地面到40公里左右由於太陽短波輻射（細實線）與地球長波輻射（細虛線）所造成的加熱或冷卻率，以及加總後淨輻射所造成的溫度改變率（粗實線）。

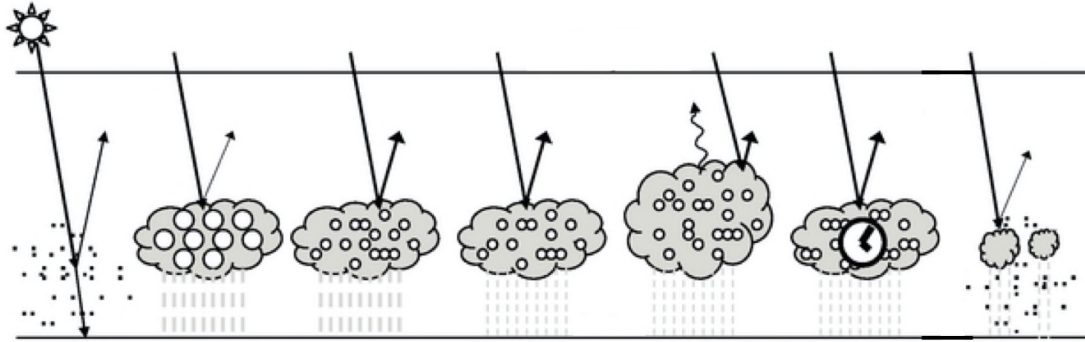


- (一) 試說明圖中所畫的每一條線分別可能是那個大氣中的氣體所造成？(6分)
- (二) 為何這些氣體會伴隨著高度的變化特徵？(5分)
- (三) 為何加總後淨輻射所造成的溫度改變率在十幾公里以下是負值，並不是處於輻射平衡狀態？其所隱含的意義為何？(4分)
- (四) 如果在3公里高處增加雲層，相對於上述在未考慮雲層作用，雲層對太陽短波輻射與地球長波輻射的加熱或冷卻率分別會有什麼影響？(5分)

三、在NASA CLOUDSAT衛星上的雲剖面雷達 (Cloud Profiling Radar, CPR) 所使用的頻率為94 GHz。試依據上述雷達回波的特徵，回答下列問題 (光速為 3×10^8 m)：

- (一) 當雷達所觀測的雲層中雲滴直徑大小約為10微米 (μm) 時，雲滴對雷達波所產生的散射是比較偏向那一類的典型輻射散射作用？(3分)
- (二) 如果雷達所觀測的是直徑大小為4毫米 (mm) 的雨滴，雨滴對雷達波所產生的散射則是屬於那一類典型輻射散射作用？(3分)
- (三) 上述兩種典型輻射散射所產生的散射輻射各自有什麼重要特徵？(8分)
- (四) 雲滴或是雨滴的散射可以將比較多的雷達波反射回到衛星？試從散射效率 (scattering efficiency) 的特性，具體解釋其原因。(6分)

四、在聯合國跨政府氣候變遷委員會所做的氣候變遷科學評估報告中，針對排放至大氣中的人為氣溶膠可能對地球氣候系統產生一些不同的直接與間接影響，有相當多的說明。試從其所提供的下列示意圖中，由左至右逐一討論，氣溶膠以及其變化如何透過雲微物理過程與輻射傳遞吸收、散射作用，影響地球氣候系統的輻射能量收支與氣候變動。(28分)



五、一個半徑為200微米 (μm) 的小雨滴從雲層底部向地面掉落的過程中，經過500秒後，小雨滴完全蒸發不見。假設雲層底部到地面間的飽和比 (saturation ratio) 為常數，不隨高度變化。雲底的溫度與氣壓分別為 12°C 與 850 hPa，即常態化凝結成長參數 (normalized condensation growth parameter) ξ_1 為 $100 \mu\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ，並且雨滴下落過程的周圍環境溫度與氣壓的變化也使常態化凝結成長參數維持不變。試問雲層底部到地面間的相對濕度為何？(12分)