

大氣物理題庫(1)

曾忠一, 2000 年 8 月 1 日

1. 溼度.
 - (a) 溼度的定義是什麼?
 - (b) 有哪些代表溼度的參數? 請仔細說明.
1. 解釋下面的名詞:
 - (a) 假絕熱過程. (b) 露點溫度與霜點溫度. (c) 相當溫度與相當位溫.
 - (d) 溼球溫度與溼球位溫. (e) 條件不穩定. (f) 對流不穩定. (g) 對流凝結高度. (h) 冰溫(陳美岑譯, 1999: 出賣先知. 商周出版, 第 43 頁圖 2.3 內).
1. 抬升凝結高度.
 - (a) 何謂抬升凝結高度?
 - (b) 已知飽和水汽壓隨氣溫變化的表達式, 試述如何計算出抬升凝結高度.
1. 飽和技術(saturation technique).
 - (a) 大氣中很少觀測到過飽和現象, 但在數值計算時常常發生某些格點已過飽和了. 試述要如何決定該格點的混合比和氣溫, 試以示意圖說明.
 - (b) 飽和技術和溼球溫度的決定有何類似之處?
1. 試用文字說明 Clausius-Clapeyron 方程的意義.
1. 解釋或說明下面的陳述:
 - (a) 溼空氣的氣體常數比乾空氣大.
 - (b) 溼空氣絕熱上升時的溫度下降比乾空絕熱上升慢.
 - (c) 氣壓大致隨高度呈指數減小, 但海洋中的壓力隨深度呈線性增加.
 - (d) 兩種未飽和氣團的混合可能產生霧.
1. 位溫.

- (a)試以示意圖說明位溫的定義. 此外利用 Poisson 方程證明, 若位溫隨高度增加, 則氣溫遞減率小於乾絕熱遞減率.
- (b)位溫和相當位溫之間有何關係?
2. 雨滴和冰粒子的增殖過程(multiplication process)分別有哪幾種? 在這裏所謂增殖是指個數的增加.
 2. 解釋下面的名詞:
 - (a)溶質效應(solute effect). (b)曲率效應(curvature effect).
 2. 試述凝結核(condensation nuclei)在凝結過程中的重要性.
 2. 試討論在雲滴成長過程中擴散作用和併合作用的相對重要性.
 2. 試討論有關圓形水滴終端速度的各種問題.
 2. 試說明連續成長模式(continuous growth model)中所做的假設, 並導出這個模式的基本方程.
 2. 試以含水量和粒徑的大小說明霧和雲的相異點.
 2. 試說明冷雲降水過程.
 2. 根據黏滯性流體力學理論, 半徑 a 的圓球在均勻流場 V_∞ 中受到的阻力為

$$F = 6\pi a h V_\infty$$

- 其中 h 為動力黏滯係數 (dynamic viscosity), 其因次為 mass/time-length. 上式就是有名的 Stokes 定律. 設雲滴在大氣中降落時受到的阻力可用 Stokes 公式表示, 試寫出終端速度的表達式.
2. 雨滴在靜止大氣中也許可以達到 4.5mm 的半徑, 但實際觀測到的很少超過 3mm, 這是因為雨滴會碎裂. 試述雨滴的自發性碎裂和碰撞碎裂的幾個機制.
 2. 兩顆夠大的水滴互相碰撞的主要機制有哪些?
 2. 試述隨機成長模式(stochastic growth model)中所做的假設, 並導出這個模式的基本方程.
 2. 試導出降雨強度和雨滴譜(即粒徑分布)、終端速度之間的關係.
 2. 何謂 Bergeron-Findeisen 過程?

2. 何謂 Hallet-Mossop 機制?
2. 何謂同質成核(homogeneous nucleation)和異質成核(heterogeneous nucleation)?
2. 接觸角(contact angle) 可 溼的(wettable)、親水性的(hydrophilic)、恐水性的(hydrophobic)、吸水性強的(hygroscopic)等字的意義是什麼?
2. 試解釋冰核的作用方式.
2. 何謂結凇過程? 它和水滴之間的彼此碰撞有何不同?
2. 試說明乾成長和溼成長的意義.
2. 試用文字說明 Koehler 方程的意義.
2. 令 $n(a)$ 為雲滴譜, 即雲滴粒徑分布, 試寫出雲滴總濃度 N (即單位體積的雲滴總數)、雲滴平均半徑 \bar{a} 和雲中含水量 w 的表達式.
3. 為何我們見到的輻射傳遞方程都是診斷方程(prognostic equation)? 到底輻射場會不會隨時間變化?
3. 試說明要如何把輻射場納入動力方程(如原始方程或完全可壓縮模式中).
3. 解釋下面的名詞:
 - (a) Lyman 系. (b) 色溫(color temperature). (c) 有效溫度(effective temperature). (d) Kirchhoff 定律. (e) 長波和短波輻射.
3. 完整的輻射傳遞方程在何種假設下可簡化為 Beer 定律? 在何種假設下變成 Schwarzschild 方程?
3. 解釋或說明下面的陳述:
 - (a) 灰體表面的輻射平衡溫度和吸收率無關.
 - (b) 雖然金星(Venus)離太陽比地球近, 但金星的有效溫度卻比地球低.
 - (c) 恆星的顏色與它們自己的溫度有關, 而行星的顏色卻與溫度無關.
 - (d) 在大部分情況下, 太陽輻射與行星輻射可分別處理.
 - (e) 溫度比太陽低的行星在較長波處放出最大的輻射.

- (f)太陽的色溫和有效溫度的值並不完全相同。
- (g)月全蝕發生時，月亮在地影內並非完全看不見，而是呈現出赤銅色的黯淡月面。
3. 設 $s = 0$ 和 $s = s_1$ 處兩個平面間有吸收介質，其密度和吸收係數分別為 r 和 k_n 。又設這兩平面的反射率為 R_n 。現在入射於 $s = 0$ 處的輻射強度為 $I_n(0)$ ，試用 Beer 定律求出 $I_n(s_1)$ 。必須注意，平面的正反兩面反射率都是 R_n ，故必須考慮多次反射。
 3. 寫出下面常數的數值：
(a)空氣中的光速。(b)可見光的波長範圍。(c)太陽常數。
 3. 考慮一圓形的雲，其半徑為 r 。假設它是無限薄的黑體，其溫度為 T 。試問它向地面放出多少能量？假如在雲中心正下方的地面上有一平板輻射計，試問這輻射計能截收到多少輻射通量密度？設雲和地面的距離為 h ，而且雲和地面間的大氣中吸收、散射和放射等過程都可忽略不計。
 3. 寫出 $B_l(T)$ ， $B_n(T)$ 和 $B_{\bar{n}}(T)$ 這三個 Planck 函數之間的關係。
 3. 下面一段話是有幾年高中地球科學教科書上對散射的敘述。各位會不會認為太離譜了，請加以改正。

(二) 散射

大氣既由微小質點所組成，這些質點便構成輻射進行中的障礙，使本來以一定方向進行的輻射能遇到質點後向四面八方散開，這種現象就是散射。

散射的性質和質點大小、輻射波長都有關。如果質點大於波長，只會產生吸收或反射作用，而沒有散射現象。質點小於波長時，像可見光遇到空氣分子時才會散射，而且波長越短，散射作用越強。這種性質可用來說明我們仰望蒼穹，為什麼會有如此澄澈的藍天和瑰麗的朝暉夕霞。(國立台灣師大科教中心主編，吳大猷總指導，主持人王執明，1986：高級中學地球科學第三冊。國立編譯館，台北市，第 18 頁)。

3. 下面一段話某些地方似乎有點問題，請說明。

1.4.3 施瓦茲恰爾德(Schwarzschild)方程和它的解.

考慮一個無散射介質，它是一個黑體且處於局部熱力平衡。當強度 I_1 的射束通過它時將被吸收，但同時也發生物質的發射。這時的源函數由普朗克函數給出，表示為

$$J_1 = B_1(T) \quad (1.54)$$

因此，傳輸方程可寫為

$$\frac{dI_1}{k_1 r ds} = -I_1 + B_1(T) \quad (1.55)$$

這一方程稱為施瓦茲恰爾德方程。它的右邊第一項表示由於吸收作用造成的輻射強度的減弱，而第二項表示由於物質的黑體發射造成的輻射強度增大。(周詩健等譯，1985: 大氣輻射導論。氣象出版社，中國北京，23-24 頁)。

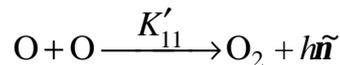
3. 試解釋 Helmholtz 互反定理的意義。
3. 何謂通量透射率(flux emissivity)? 在何種情況下通量透射率才和入射輻射強度無關?
3. 何謂光譜分離(spectral separation)? 它有何意義?
3. 太陽輻射、長波輻射和微波對空氣分子、氣溶膠、雲滴和雨滴的散射總共可分為 12 個情況，試問這 12 種散射分別屬於幾何光學、米氏散射、雷氏散射中的那一類?
3. 何謂漫射因子(diffusivity factor)? 試證對各向同性輻射來說，光學上很薄的氣層漫射因子等於 2。
3. 寫出下面物理量的因次：
(a)光子分布函數. (b)線強. (c)分子數目密度. (d)放射係數(emission coefficient). (e)散射分布函數. (f)方向吸收率. (g)半球吸收率。
4. 關於下面一份剪報，各位有什麼意見?

“可是喀什也夜得太晚一些，中原標準時間晚上 7 點，熾熱的太陽還高掛著。9 點紅日西沈，而天色依舊明亮。”(1994 年 8 月 6 日中國時報，標題為我踽踽獨行在)。

4. 解釋下面的名詞:
 (a)Maunder 極小期. (b)等溫寬帶通量透射率. (c)灰色近似. (d)均質大氣(homogeneous atmosphere).
4. 太陽大氣的兩個區域是: ①光球, ②色球, ③日冕.
 (A) ①②. (B) ②③. (C) ③①. (D)以上皆非.
4. 冬至時北迴歸線處中午的太陽天頂角約為
 (A) 23.5°. (B) 43.0°. (C) 47.0°. (D) 66.5°.
4. 北回歸線通過下面的哪兩個地方? ①池上, ②瑞穗, ③豐濱, ④水里.
 (A) ①②. (B) ②③. (C) ③④. (D) ④①.
4. 春分那天嘉義市中午的太陽天頂角大約為
 (A) 23.5°. (B) 43.0°. (C) 47.0°. (D) 66.5°.
4. 地球軌道有哪些變動? 它們和氣候變遷有何關係?
4. 試求出春分時北迴歸線上白晝時間的長短, 並決定日出、中午和日落時太陽的天頂角和方位角.
4. 一般所謂日射量(insolation)是指
 (A)輻射強度 I_1 . (B)單色通量密度 F_1 . (C)總通量密度 F . (D)輻射功率 f .
4. 試求出冬至時北迴歸線上白晝時間的長短, 並決定日出、正午和日落時太陽的天頂角和方位角.
4. 何謂太陽風? 為何太陽風會改變地球的磁場?
4. 下面一份剪報似乎有點問題, 請說明.
 一到冬天, 烏拉圭就醒了
 “ 但是到了冬天, 烏拉圭的觀光利基就出現了. 第一, 她冬季的氣溫不冷不熱, 非常宜人. 第二, 她的旅館也開始降價了. 這裏的 11 月, 氣溫在 15 到 21 度之間, ” (中國時報 1997 年 11 月 15 日).
5. 試說明 Rayleigh 散射和 Mie 散射的差異, 並以散射理論說明為何天空通常呈現藍色, 而雲卻呈現白色.
5. 太陽輻射穿透大氣層到達地表前會受到削弱, 試問基本的削弱因

子有哪些?

5. 解釋下面的名詞:
(a)Poincaré 球. (b)Stokes 參數. (c)天空偏振. (d)中性點.
5. 無偏振光、線性偏振光和圓形偏振光的 Stokes 參數分別是多少?
5. 試述太陽常數觀測的長時間法的原理和缺點.
5. 試簡述臭氧層形成的光化學過程.
5. 討論下面 Rayleigh 散射的問題:
(a)散射強度和入射波長的關係. (b)散射強度和散射角的關係. (c)散射波的偏振問題.
5. 試就下面各種情況討論偏振狀態:
(a) $E_l = A \cos(kz - \omega t)$, $E_r = B \sin(kz - \omega t)$.
(b) $E_l = A \cos(kz - \omega t)$, $E_r = B \cos(kz - \omega t)$.
其中 A 和 B 都是大於零的實數, 且不相等.
5. 平流層中氧的光化學反應如下:



試用 O 和 O_2 數目密度 n_1 和 n_2 的變化率表示這些光化學過程. 假設 n_2 為常數, 試導出在光化學平衡下的 n_1 值.

5. 試述霓、虹和暈的成因.
5. 虹的彎角.
(a)試用簡單的示意圖說明, 陽光進入水滴裏面, 經過一次折射、一次反射和再一次折射後離開水滴時, 其彎角(bending angle) α 為

$$\alpha = q - h + p - 2h + q - h = p + 2(q - 2h)$$

其中 q 和 h 分別表示入射角和折射角.

(b)對某一特定的入射角來說，太陽平行光離開水滴後仍然保持平行，故 $da/dq = 0$ 。試用折射定律

$$\sin q = m \sin h$$

證明，滿足這個條件的入射角為

$$q = \cos^{-1} \sqrt{(m^2 - 1)/3}$$

其中 m 為水的折射率，而空氣的折射率已設為 1。

6. 試畫出下面情況的輻射圖：
 - (a)大氣層頂處的淨通量密度，設氣溫隨高度遞減，大氣層頂溫度為 T_t ，地表溫度為 T_s 。
 - (b)地表處的淨通量密度，設整個大氣和地表的溫度都等於 T_s 。
6. 試討論在晴天熱帶大氣中紅外冷卻率隨高度變化的情形，同時也說明水汽、二氧化碳和臭氧各吸收帶對冷卻率的貢獻。
6. 一般說來有五種透射率，試列出其定義公式，並說明其意義。
6. 說明或解釋下面的陳述：
 - (a)熱帶大氣中對流層的太陽加熱率比冬季中緯度大氣更加顯著。
 - (b)大氣的太陽加熱率在 15 公里高度處達極小值，但在 20 公里以上又急劇增加了。
 - (c)水汽的 6.3 微米振轉帶對紅外冷卻率的貢獻比其他吸收帶小得多了。
7. 假設地球上只有一層理想化的大氣，也就是說它對太陽輻射是完全透明的，但對地表放出的輻射來說卻是一個黑體。令 s ， \bar{r} 和 \bar{S}_0 分別表示 Stefan-Boltzmann 常數、行星反照率和太陽常數，試導出地表溫度 T_s 的表達式。
7. 設想有一等溫大氣的行星，其大氣對入射太陽輻射的吸收率為 A_s ，對向外長波輻射的吸收率為 A_l 。試證若 $A_l > A_s$ ，則地表的平衡溫度將因大氣的存在而增加；若 $A_l < A_s$ ，則平衡溫度會減小。
7. 為何赤道和極區之間的溫差比輻射平衡所造成的來得低？這種差

- 別在冬季或夏季何者較為明顯? 請解釋其原因.
7. 試論地球氣候變動的外在原因.