

大氣遙測習題 2001

一般習題

1. 本課將以期末報告代替期末筆試。請先交一篇大約 700 字的摘要，上面說明目的、內容以及主要參考文獻。
2. 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. 解釋或說明下面的陳述:
 - (a)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。
 - (b)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。
 - (c)在大部分情況下，太陽輻射與行星輻射可分別處理。
 - (d)溫度比太陽低的行星在較長波處放出最大的輻射。
 - (e)太陽的色溫 and 有效溫度的值並不完全相同。
 - (f)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。
4. 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)。

5. 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_l 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

$$J_l = B_l(T) \quad (1.54)$$

因此，傳輸方程可寫為

$$\frac{dI_l}{k_l r ds} = -I_l + B_l(T) \quad (1.55)$$

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。)

8. 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 。

7. 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。)

8. 在 21 世紀來臨時，大家都想到某個景點看到第一道曙光。報上說，在同一海拔的地方，位置越在東邊，越在南邊，可以越早看到第一道曙光。這個說法對不對？假在南半球的話，該怎麼說才正確？
9. 下一段話中有關太陽軌道的這一句究竟在說什麼？請改寫為可看懂的句子。

“這項升級也包括一些新的衛星，其中有兩個是地球同步衛星，即停留在地球表面某一點的上方，使它們得以二十四小時觀測到大西洋與北美洲的大部分地區，與部份的太平洋海盆。其他兩個軌道則是定在與太陽軌道相似的南北極，如此當地球自轉時便可以綜觀所有的大氣層。”（陳美岑譯，1999：出賣先知—徹底解構預言、預測、預言家。商業周刊出版，台北市，39-40 頁。）

10. 東部花蓮縣瑞穗鄉舞鶴台地上台 9 線公路旁、豐濱鄉長虹橋東南方離海邊不遠處台 11 線公路旁以及西部嘉義縣水上鄉境內各有一座北回歸線標誌。北回歸線所在的緯度等於黃赤交角，即地軸傾角。目前黃赤交角正以每世紀 $47''$ 的速度減小。這種減小趨勢還要持續 15,000 年左右，達到最小值後再變為增加。試問 15,000 年後北回歸線會北移或南移幾公里？1950 年代在舞鶴台地北方 3 公里處的瑞穗火車站月台上也有一座好久以前設立的北回歸線標誌塔，那為什麼後來在舞鶴台地上又建立了另一座？
11. 下面這張剪報上的兩段話究竟在說什麼？請加以解釋。

另一款極為特別的錶款，則是愛彼表(AP)的時間等式。這款錶的設計理念是想說明真實的時間與人類所定下的標準時間之間是有差別的，地球因為運行的軌道是橢圓形的，以致每天的長短都有一點點的距離，以至於在 11 月 4 日所失去的 16 分 23 秒會在 2 月 11 日獲得 14 分 22 秒的補償，而這些差別都在太陽的日出、日落的時間上可以看出端倪。而時間等式錶款就是要在錶面上顯示出每天日出、日落的時間，讓使用者可以不受人為時間的控制，而

能更準確地了解真實時間的運行。

這款充滿天文趣味的錶款，曾在1885年出現在愛彼錶的懷錶上，現在則轉型為腕錶，並增設萬年曆的複雜功能，而使錶主可以在122年之內，都知道每天的日出與日落。該錶將屬限量錶款，今年僅推出五只。（民國89年4月17日，中國時報。）

12.下面一段有關平行光束輻射的敘述，其中一句似乎有些問題，請說明。

“輻射從一源點發射出來夾有一定限的立體角弧者稱為漫輻射。在有限的情況中，從集中的源點輻射來的，如前面所述定義中的輻射量，接近於無窮大而其源點之夾角近於零（即，全部輻射實際是從同一方向來的）。從這樣集中之源點發射有時被稱為平行光線輻射。為了極多之目的，認定從太陽到地球之輻射為平行光線是足夠準確的，此種光線有效的消除了整個立體角。”（殷來朝譯，1981：大氣科學。國立編譯館，台北市，357-358 頁。）

13.利用附上的衛星軌道資料回答下面的問題：

- (a) NOAA-15 號衛星是在 1998 年 5 月 13 日美國太平洋日光節約時間（Pacific Daylight Time）8:52 發射的，30 分鐘後證實發射完全成功。試以簡單的計算證明，該衛星在 1999 年 4 月 16 日 19:38UTC 已繞地球 4809 圈了。
- (b) 利用 4809, 4813, 4817 和 4821 圈的昇交經度和昇交時刻，計算出昇交經距和通過赤道時刻的地方時。
- (c) 若衛星軌道是正圓形的，則它的周期和速度可分別按下面的式子計算：

$$P = 84.4(1 + H / a_e)^{3/2} \text{ min}$$

$$v = (a_e + H)\omega = (a_e + H) \frac{2\pi}{P}$$

試由資料中的速度分量計算出速度，並和上面的估計結果比較。

- (d) 試按書中 165 頁(25)和(27)式分別計算出平近點角變化率和近地點運動，並和軌道資料中列出的值比較。

(e)試求出初始時刻的偏近點角和真近點角。

14.請上網找出有關中華 1 號衛星的資料，然後回答下面的問題。在寫出答案時請附上資料來源。

(a)中華 1 號衛星的高度 (km)、軌道傾角、周期 (min)、速度 (km s^{-1})、昇交點進動 ($d\Omega/dt$, degree day⁻¹)，平近點角運動

(dw/dt , degree day⁻¹)。

(b)驗算一下看看，周期和高度是否一致， $d\Omega/dt$ 和軌道傾角、高度是否一致，速度和周期、高度是否一致。

(c)海洋水色照相儀(ocean color imager) 7 個頻道的波長範圍顏色和用途、星下點分辨率、展寬(swath width, km) 最大天底角(視角)以及一條掃描線有幾個像元 (pixel/line)。請驗證看看展寬是否和最大天底角一致。

(d)中華1號衛星必須在何處昇交才會正好通過台北市 (121° 31'E, 25° 1'N) 上空？

15.說明或解釋下面的陳述：

(a)3.7, 11 和 12 微米頻道的亮度溫度之間的差值可用來偵測某視場內是否有裂雲或薄雲存在。

(b)拍攝雲圖時使用 11 微米頻道要比 3.7 微米頻道好。

(c)白天時 3.7 微米頻道的資料不能用來決定海面溫度。

(d)利用沿軌道掃描輻射計 (along-track scanning radiometer) 的窗區頻道資料可決定海面溫度。

16.解釋或說明下面有關衛星影像的陳述：

(a)在紅外雲圖上，中高緯度地區冬季時海面的色調比陸面要暗，但在夏季時海面的色調反而比陸面亮。

(b)在紅外雲圖上，陸地的色調變化大，但潮溼或有植被覆蓋的地區則色調變化小。

(c)當窗區輻射計往正下方觀測時，若雲頂高度在 300 mb 高度或以上，衛星測量到的雲頂溫度就沒有什麼誤差。在同樣的觀測條件

下，若高度只有 1000 mb，則在中緯度地區衛星觀測到的雲頂溫度要比實際低 4 左右，熱帶地區更低，而且衛星的視角越大，這種誤差越大。

(d)白天的短波紅外雲圖上（3.7 微米，如 AVHRR 的第 3 頻道），海洋、湖泊和河流呈現白色，而岩石、沙漠和乾燥土壤地區呈現較黑的色調。

(e)白天的短波紅外雲圖上，層雲、霧、層積雲呈現出比陸地表面更暗的色調。

(f)對上午的短波紅外雲圖來說，東半面的色調要比西半面的暗。

(g)在水汽圖上地表或低雲看不清。

(h)無雲地區的大氣環流，在水汽影像上較清楚，但在紅外雲圖上不能反映出來。

(g)在夜間的紅外雲圖上，霧區呈現較暗的色調，一般稱為黑霧 (black fog)。

17.試問切點高度、衝擊參數和大氣層頂離地心距離之間有何關係？它們可否按大小次序排列？

18.試述GPS臨邊探測 (limb sounding) 和天底輻射計如何達到高垂直分辨率 (vertical resolution)。

19.說明或解釋下面有關臨邊探測法的陳述：

(a)臨邊掃描法不適宜探測 10 到 15 公里以下的大氣。

(b)對臨邊掃描法來說，權函數在切點高度以上總是正的，總是在切點高度處趨近於無窮大。

(c)臨邊掃描法的可測高度有上限，也有下限。

(d)臨邊掃描法可使用較寬的頻道，而且只用兩三個頻道就夠了。

(e)臨邊掃描法所能達到的垂直分辨率相當高。

(f)掩日法可用很窄的頻道。

(g)掩日法不需要掃描。

(h)掩日法只能測定高層大氣的氣體成分，但不需先知道氣溫垂直分布。

20. 解釋或說明下面有關衛星紅外頻譜法遙測的陳述：

- (a) 權函數的半寬越窄，則垂直分辨率越高。
- (b) 儀器反應函數不但影響了可測高度，而且也影響了垂直分辨率。
- (c) 若大氣是等溫的，而地表是和大氣同溫度的黑體，則水汽頻道就完全沒有水汽垂直分布的任何資訊。
- (d) 若大氣是等溫的，而地表是和大氣不同溫度的黑體，則水汽頻道還是有可降水量的資訊。

大氣遙測計算機習題

1. 試用 MODTRAN 程式套計算出大氣層頂處波數 n 從 400 cm^{-1} 到 1600 cm^{-1} 的向上輻射強度 I_n ，並繪出 I_n 隨 n 的變化圖。在圖上也請繪出溫度從 220K 到 300K，每隔 10K 的 Planck 曲線。模式大氣採用下面六種：熱帶大氣、冬季中緯度大氣、夏季中緯度大氣、冬季極區大氣、夏季極區大氣、1976 年美國標準大氣。
必須注意，繪出的圖必須遵守下面的規則：
 - (a) 圖中的文字、數字不能太小，高度至少在 3 mm 以上，以免縮小後看不清。
 - (b) 刻度和等值線旁的數字不要有不必要的零。
 - (c) 等值線的間距(指數值)和刻度的間距要恰當。
 - (d) 圖要儘量中文化。
 - (e) 刻度線放在圖內，不要放在圖外。
 - (f) 英文和數字用 Times New Roman 字體，中文用楷書。
2. 試問衛星輻射計在二氧化碳 15 微米吸收帶、水汽 6.3 微米吸收帶和臭氧 9.6 微米吸收帶中心觀測到（假設能觀測到）的亮度溫度有何特徵？
3. 試建立 AVHRR 第 3, 4, 5 頻道計數 C 輻射強度 I_n 和亮度溫度 $T_B(n)$

之間的關係。 C 和 $I_{\bar{n}}$ 之間通常有線性關係：

$$I_{\bar{n}} = b + GC \quad (1)$$

其中增益 G 和截距 b 可上網查出。以二進位表達計數時，為了資料傳送方便起見，已省略掉最後二位數，因此原來的計數必須乘以 4 才是(1)式中的 C 。至於輻射強度 $I_{\bar{n}}$ 和亮度溫度 $T_B(\bar{n})$ 有下面的關係：

$$I_{\bar{n}} = \int_{\Delta n} B_n(T_B) f(\bar{n}, n) dn \quad (2)$$

其中 $f(\bar{n}, n)$ 是頻道 $\bar{n}$ 的儀器反應函數。試用最小二乘法由 $I_{\bar{n}}$ 決定出 $T_B(\bar{n})$ ，最後列印出計數、輻射強度和亮度溫度之間的對照表。

校準公式和儀器反應函數的有關網址為

<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/d/app-d.htm>

4. 試繪出太陽同步衛星高度 (km) 隨軌道傾角變化的圖形，橫坐標軌道傾角由 97° 到 102° 。
5. 試用書上 186 頁到 189 頁所說的方法，計算出 NOAA-15 號衛星從昇交前 36 分鐘到昇交後 66 分鐘每隔兩分鐘的星下點經緯度，並和習題 13 附上的衛星軌道資料比較。另外也算出星下點和昇交點間的地方時差異。需用到的基本資料如下：

偏心率 $e=0.00113574$

昇交經度 = $1.52^\circ W$

昇交時刻 = 4 月 16 日 19 時 38 分 31 秒 (UTC)

衛星周期 $P = 101.2597 \text{ min}$

本題必須列印出來的結果如下：

- (a) 昇交前後每隔兩分鐘的星下點地理經緯度 (東西經，南北緯) 軌道預報資料、兩者的相差 (取 2 位小數點)。
 - (b) 昇交前後每隔兩分鐘星下點和昇交點間的地方時差異，用時分秒表示。
 - (c) 討論計算結果。
6. 試用 MODTRAN 程式套畫出下面三條由 0.2 m 到 3.2 m 的太陽輻射通量密度 ($W / m^2 - m$)：

- (a)大氣層外的太陽輻射通量密度。
- (b)海平面上的太陽輻射通量密度。
- (c) 5900K 的黑體輻射通量密度。

大氣遙測學期報告

請寫一篇有關遙測應用的科普文章，內容深度以使高中及大一學生看懂為原則，其他要點如下：

- (a)主題：自訂。
- (b)字數：約 5000 字。
- (c)儘量不要用符號或公式。
- (d)不要用照片，除非是自己拍攝的。
- (e)排版格式
 - * 中文 13 級楷書，英文 13 級 Times New Roman。
 - * 1 頁左右留白 3.5 公分，上下留白 4.5 公分。
 - * 1 頁一欄，29 行×30 字。
- (f)請附磁片，打上通訊處。