

## 太陽 (The Sun)

你覺得呢？

- ❖ 太陽佔了太陽系多少質量？
- ❖ 太陽像地球一樣，內部為固體與液體嗎？
- ❖ 太陽表面是什麼情形？裡面呢？怎麼知道？
- ❖ 太陽會轉動嗎？
- ❖ 太陽為何會發光？

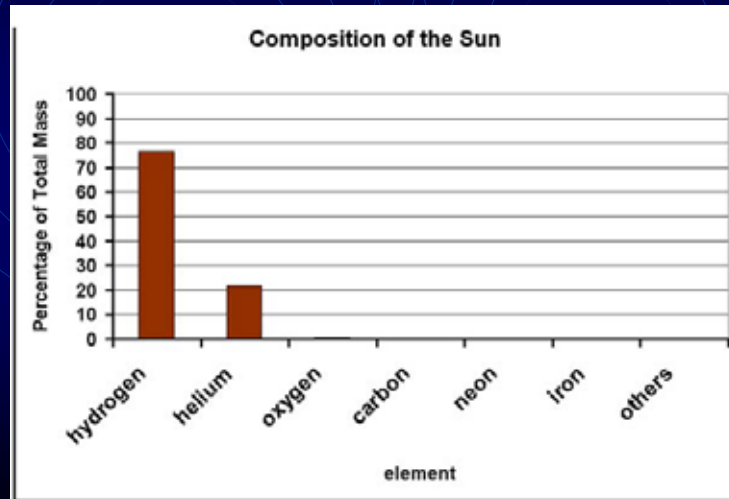


## 太陽的基本資料

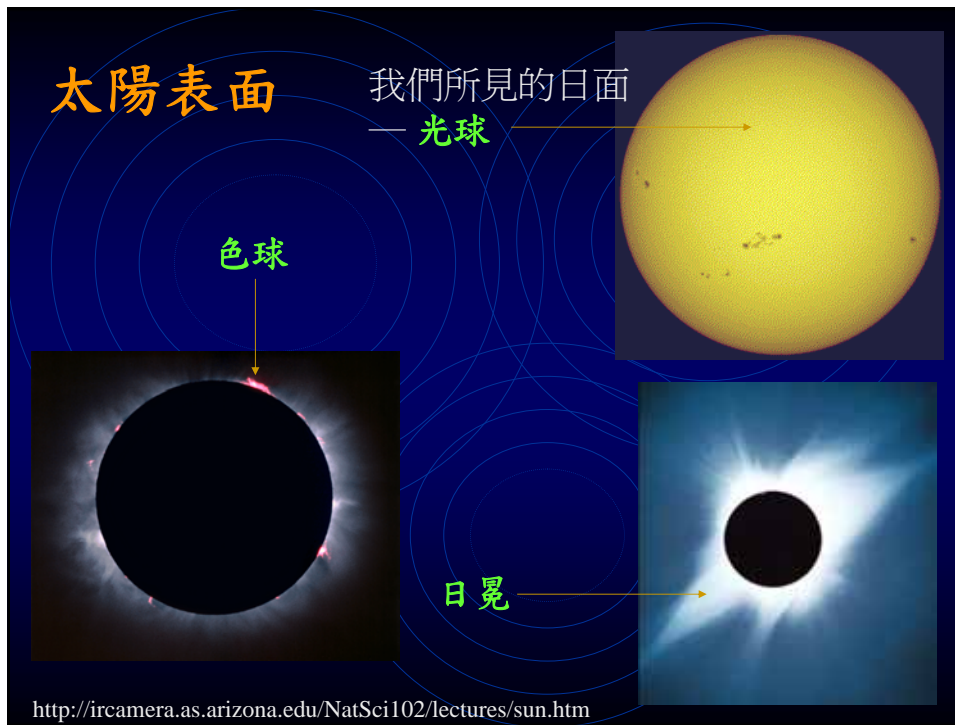
- 表面溫度：5800 K（觀測得知）
- 核心溫度： $1.5 \times 10^7$  K（理論推測）
- 目視大小：32'
- 實際大小： $7 \times 10^5$  km（70萬公里）  
= 約地球的100倍 = 約木星的10倍
- 視星等：-26.74（c.f. 天狼星為 -1.45）
- 與地球距離：1 AU（一億五千萬公里）
- 質量： $2 \times 10^{30}$  kg = 地球 33萬倍  
= 所有行星加起來的 700 倍 = 太陽系總質量99.85%
- 密度：1.4 公克/立方公分（水是 1；地球是 6.4）
- 光度 (luminosity)： $1 L_{\odot} = 4 \times 10^{26}$  W
- 赤道自轉一圈需時：約25天

太陽質量約3/4是氫，1/4是氦，  
其他元素都少得多

地球呢？

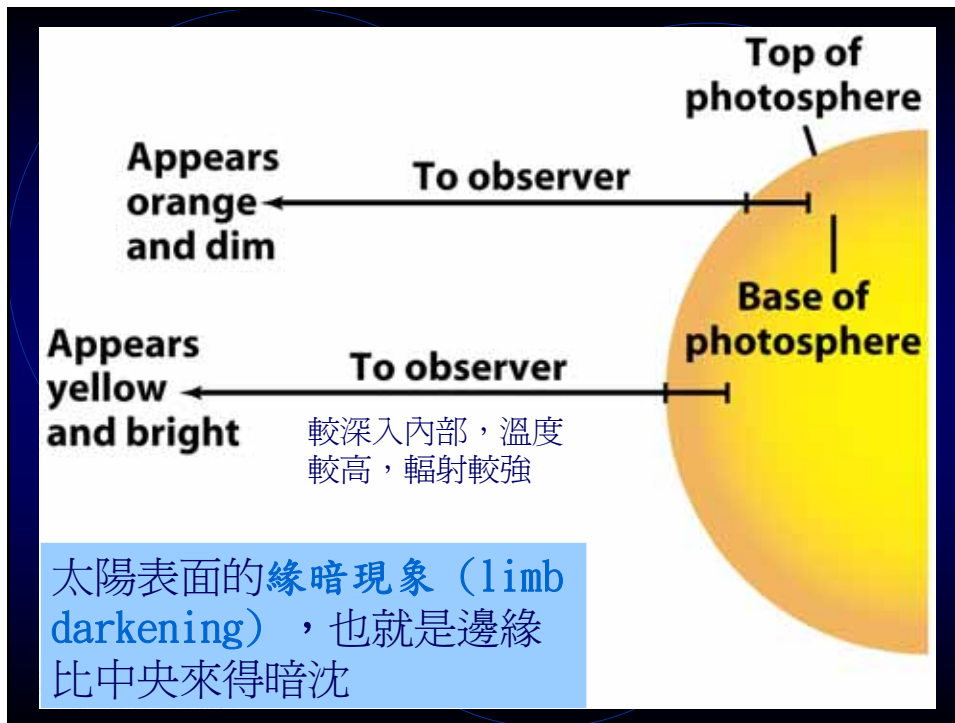


- 11月17日（星期六）參觀台北市立天文教育館
- 當天上午 8 點從依仁堂出發
- 自行前往者，請 9 點前抵達天文館
- 大約中午結束
- 每人交100元支付門票
- 車資由課程支付



## 太陽大氣層

- **光球 (photosphere)**  
太陽大氣最低的一層；厚度約 400 km；是我們肉眼看到的太陽「盤面」
- **色球 (chromosphere)**  
比光球暗；密度也較低，只有在光球被擋住（如日全食）時，才見看得到色球。呈粉紅色；厚度約 500 km
- **日冕 (corona)**  
太陽大氣最外層；延伸數百萬公里；整個日冕在可見光的亮度，只相當於滿月，i.e., 只有 photosphere 的百萬分之一。只在日全食或利用日冕儀 (coronagraph) 擋住光球，才能看到 corona



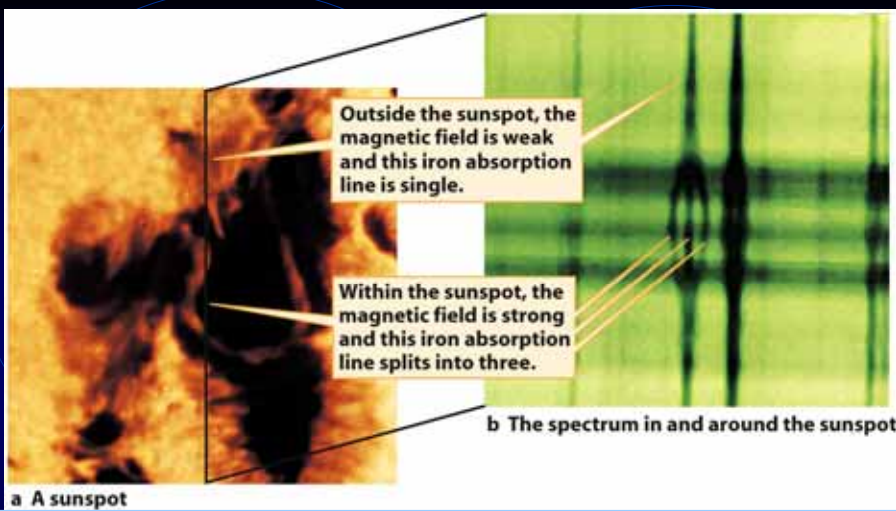
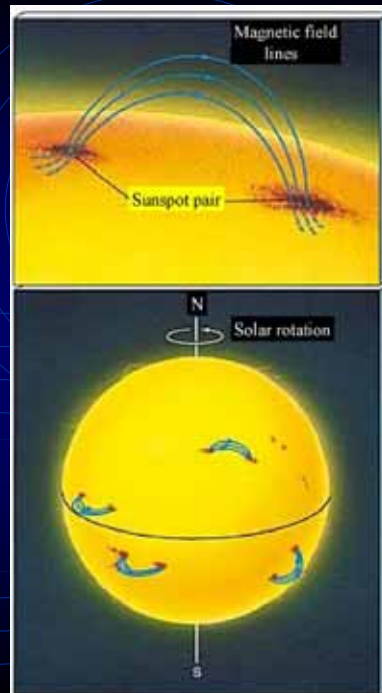
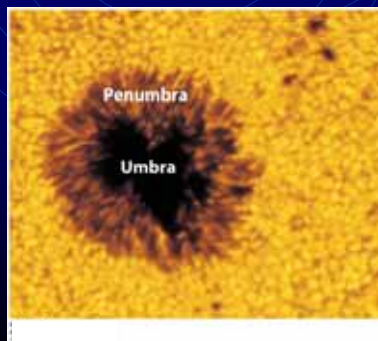
## 太陽外表特徵

- 太陽黑子 (sunspots)
- 米粒組織 (granulation)
- 緣暗現象 (limb darkening)

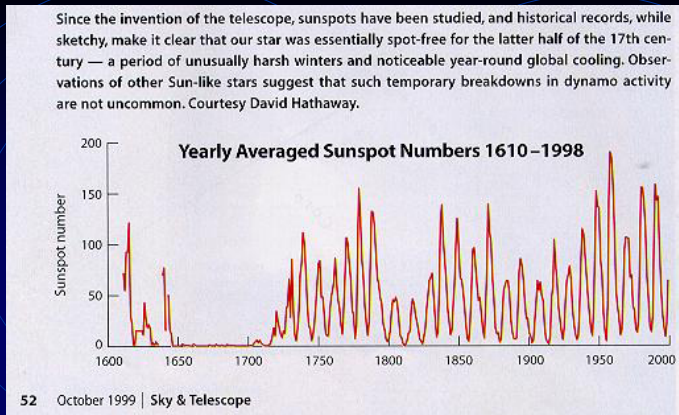
## 太陽黑子 (sunspots)

為表面低溫地區，「看起來」比較暗

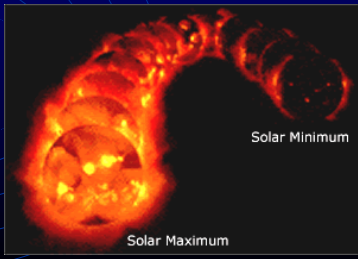
該處磁場強，抑制了內部傳遞出來的能量



Zeeman effect —— 光譜線在磁場中會分裂成多條，分裂的程度與磁場強度成正比。利用此效應可以測量磁場



太陽黑子數目呈現  
11年週期變化  
整個太陽的活動亦  
然，包括日冕大小





黑子會有消長

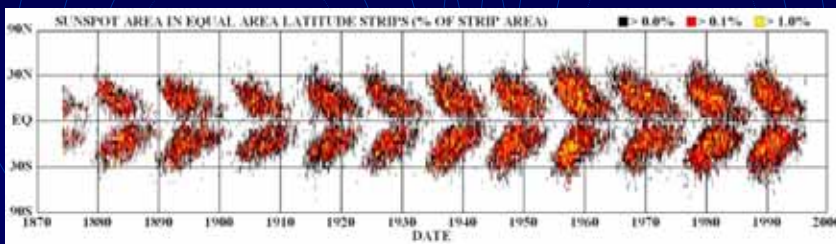
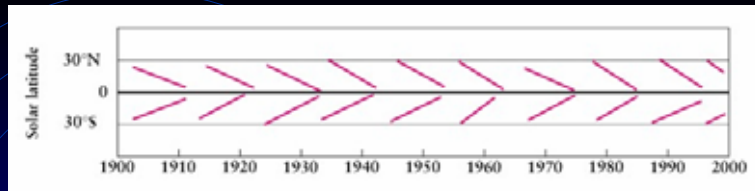
藉由同一個黑子群在太陽盤面的運動可以研究太陽轉動

赤道附近轉一圈約25天

緯度30度附近轉一圈約需時27天

兩極附近約35天

→ 差動自轉

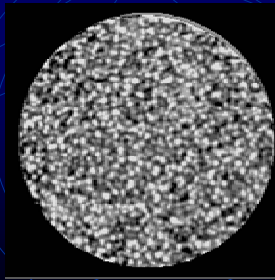
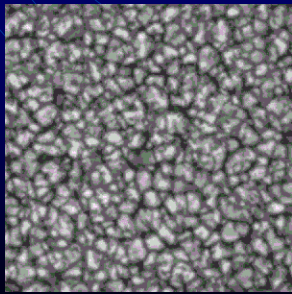
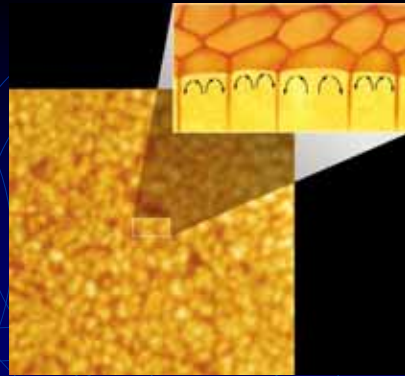


每個太陽週期之初，黑子多半在約緯度30度附近出現，隨後黑子出現的緯度越來越接近赤道  
 (蒙氏蝴蝶圖 **Maunder butterfly diagram**)

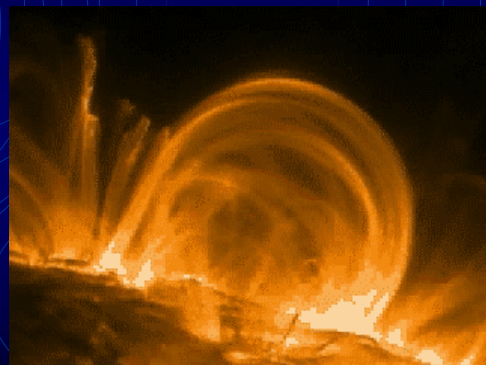
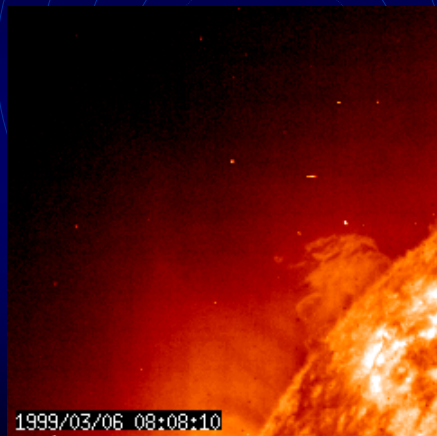
太陽極大時期發出的能量比極小時期多0.1%

米粒組織 (granulation)

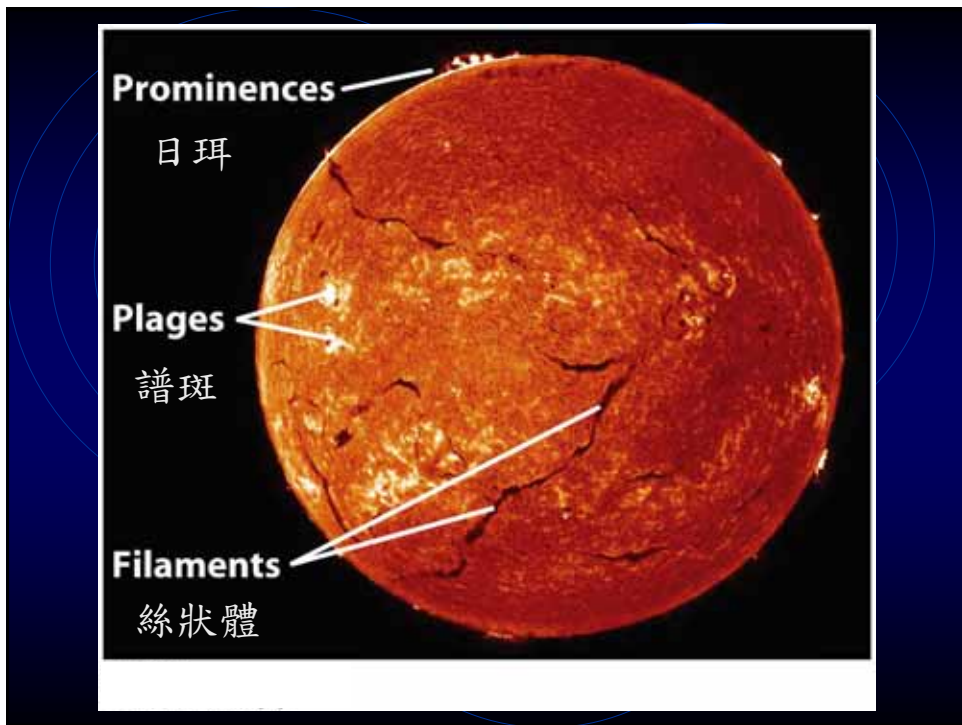
太陽從內部到表面對  
流翻騰的證據



太陽表面常有劇烈活動，物質高  
速噴發，常看得出磁場結構







## 色球

日全食的時候，可以看到光球之外，粉紅色的區域。



In this narrow transition region between the chromosphere and corona, the temperature rises abruptly by about a factor of 100.

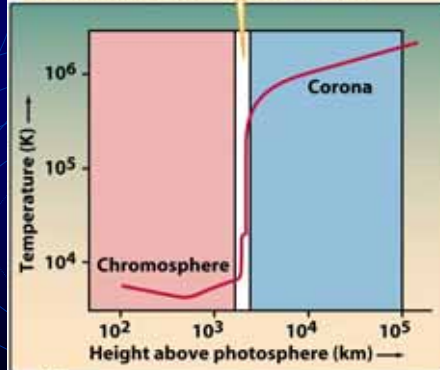
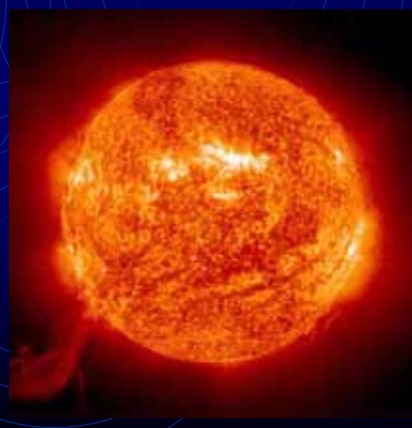
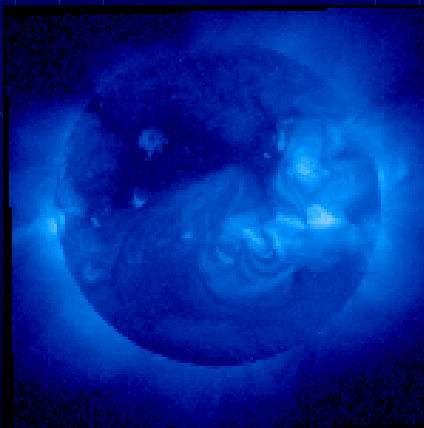


Figure 10-6a  
Observing the Universe, Seventh Edition  
© 2008 W. H. Freeman and Company

日冕中的氣體溫度非常高，約百萬度。corona 中的氣體以高速運動（時速百萬公里）→ 逃逸到太空 → solar wind（太陽風）；每秒拋出百萬噸的物質（質子、電子）



太陽由氣體組成，核心密度為水的150倍！

核心部分溫度高（百萬度），進行核反應，產生能量向外以**輻射**方式傳送

氣體溫度高，分子運動快

→ 互相推擠 → 氣體壓力

向內萬有引力 = 向外氣體壓力 → **平衡**

越向外溫度越來越低

外層改以**對流**方式傳送能量

太陽表面為翻騰的氣體（有如煮沸的水）溫度約攝氏5500度

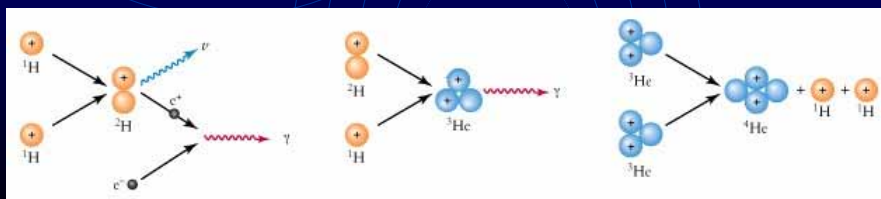
## 太陽（恆星）內部的核反應

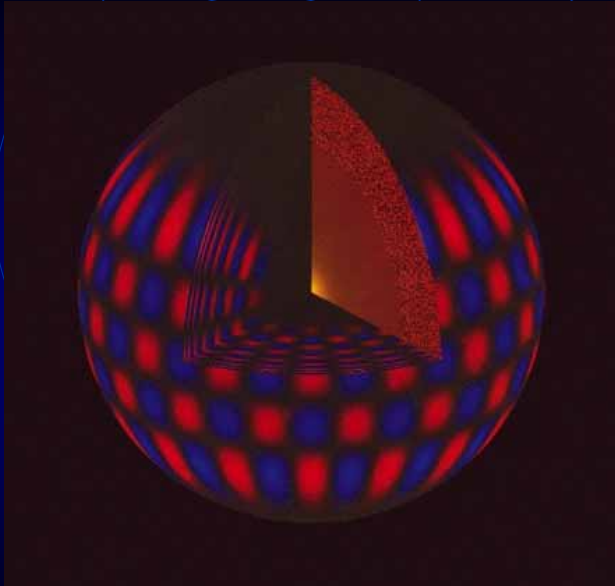
簡單的原子核 結合 → 較複雜的原子核

原子核強作用力把自己「抓得」比較緊

→ **放出能量**（ $\gamma$ 射線、X射線、光）

例如：（4個）氫原子核 → （1個）氦原子核



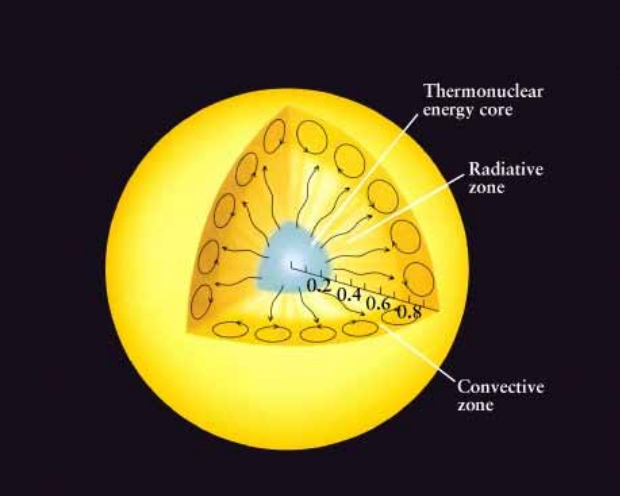


買西瓜時，  
敲一敲，  
聽一聽！

到底敲什麼，  
聽什麼？

觀測震動情形  
藉以研究星球  
內部結構  
和理論建構的  
模型比較

### 太陽內部結構



Thermonuclear energy core

Radiative zone

Convective zone

0.2 0.4 0.6 0.8

半徑1/4之內的核進行核反應，釋放的能量藉  
輻射與對流方式傳到表面，然後輻射到太空