第 7 單元：太陽大氣氣體的運動

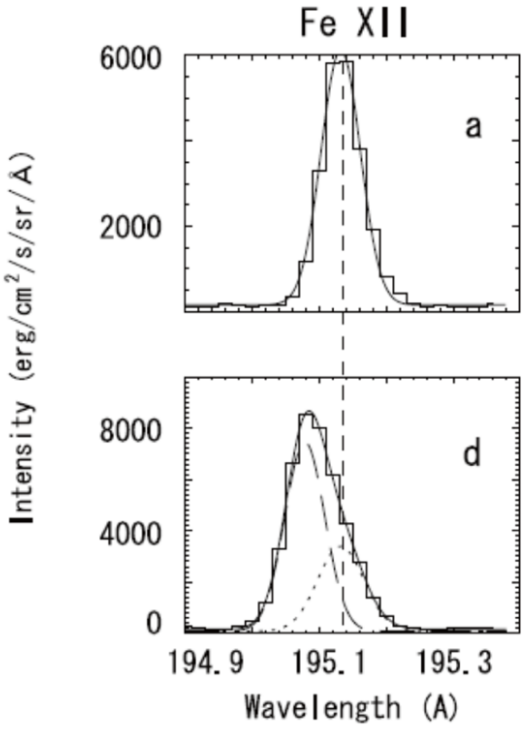
日出號（Hinode）是由日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）主導，並與美國國家航空暨太空總署（NASA）、英國及歐洲太空總署（ESA）合作的太陽觀測衛星，於 2006 年成功發射。其主要任務是以高解析度觀測太陽大氣層的結構與活動，特別是日冕與太陽黑子區域，藉此深入理解太陽磁場與能量釋放的機制。

日出號搭載的極紫外線成像光譜儀是關鍵科學儀器之一，能夠觀測來自太陽的極紫外線光譜。當太陽大氣中的原子受到加熱時，會釋放出具有特定波長的光，形成光譜線。每一條光譜線對應特定元素及其電離態。例如，Fe XII 光譜線來自失去 11 個電子的鐵離子，通常形成於約 100 萬度的電漿環境中。

觀測這些光譜線的波長變化，可以利用都卜勒效應（Doppler effect）推測氣體的運動情況：

- 若波長出現紅移（變長），表示氣體遠離觀測者；
- 若出現藍移（變短），則表示氣體接近觀測者。

下圖顯示的是 Fe XII 光譜線的兩個觀測案例：上圖（a）來自靜止電漿區域，光譜線對稱，中心波長（Wavelength）約為 195.12 Å；下圖（d）來自另一處活躍區域，光譜線波形出現變化，顯示當地可能存在電漿運動。請根據圖中資訊，回答以下問題。



問題 1：

請估計圖 d 中 Fe XII 發射線的波長峰值位置為何？（請精確至 0.01 Å）

問題 2：

根據圖 d 中光譜線峰值的位置變化判斷，該氣體是朝觀測者移動（藍移），還是遠離觀測者（紅移）？

問題 3：

根據問題 2 的結果，在太陽閃焰發生期間，加熱後的電漿是向上流動、離開太陽表面，還是向下回落、流回太陽表面？

（提示：請結合都卜勒位移方向與觀測視角進行判斷。）

問題 4：

都卜勒公式可用來計算氣體因運動而造成的光譜波長位移，公式如下：

$$V = 300{,}000\ km/s \times \frac{\lambda_0 - \lambda_{obs}}{\lambda_0}$$

其中：

V：氣體的視向速度

λ_0 = 195.12 Å：靜止波長

λ_{obs} = 195.09 Å：觀測到的波長

光速取 300,000 km/s

請根據圖 a 與圖 d 中 Fe XII 光譜線的位置，計算在太陽閃焰期間電漿的速度（精確至 km/s）。

參考資料：Space Math http://spacemath.gsfc.nasa.gov