

# 光與望遠鏡



<http://www.wainscoat.com/astronomy/>

# What Do You Think? 你覺得呢？

- 光是什麼東西？

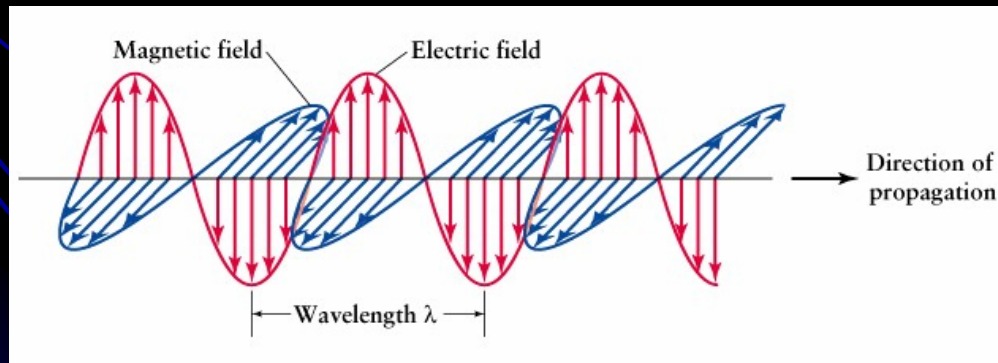
光是一種電磁波...

那，電磁波是什麼？波是什麼？

- 哪種電磁輻射對生物危害最大？
- 天文望遠鏡最主要的功能為何？
- 星星為何看起來會閃動？
- 星星有多熱？怎麼知道的呢？
- 太陽是什麼顏色？

# 光是什麼東西？

- 波動 → 傳遞能量 e.g., 水波、聲波、電磁波
- 電與磁 電場改變 → 磁場 磁場改變 → 電場  
電磁互變 → 電磁波前進
- 光有波動性質，也有粒子性質
- 真空中光速固定  $c=3 \times 10^8 \text{ km/s}$





平常看到的透明（白）光  
乃由不同顏色的光線組成



# 水的折射



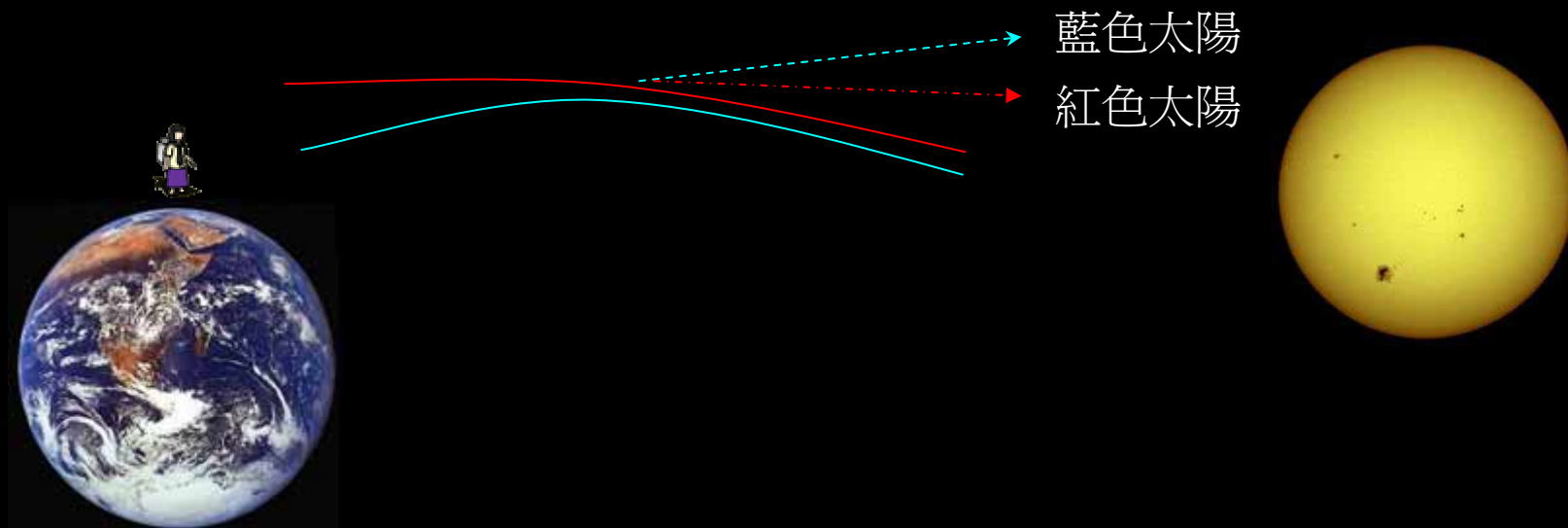
水裡的東西**看起來**比實際來得淺

# Green Flash (綠閃)

- ◆日出或日落時太陽某部分瞬間（約一秒）變色的現象；其實可以有各種顏色
- ◆日落時太陽上方常由紅黃變藍綠



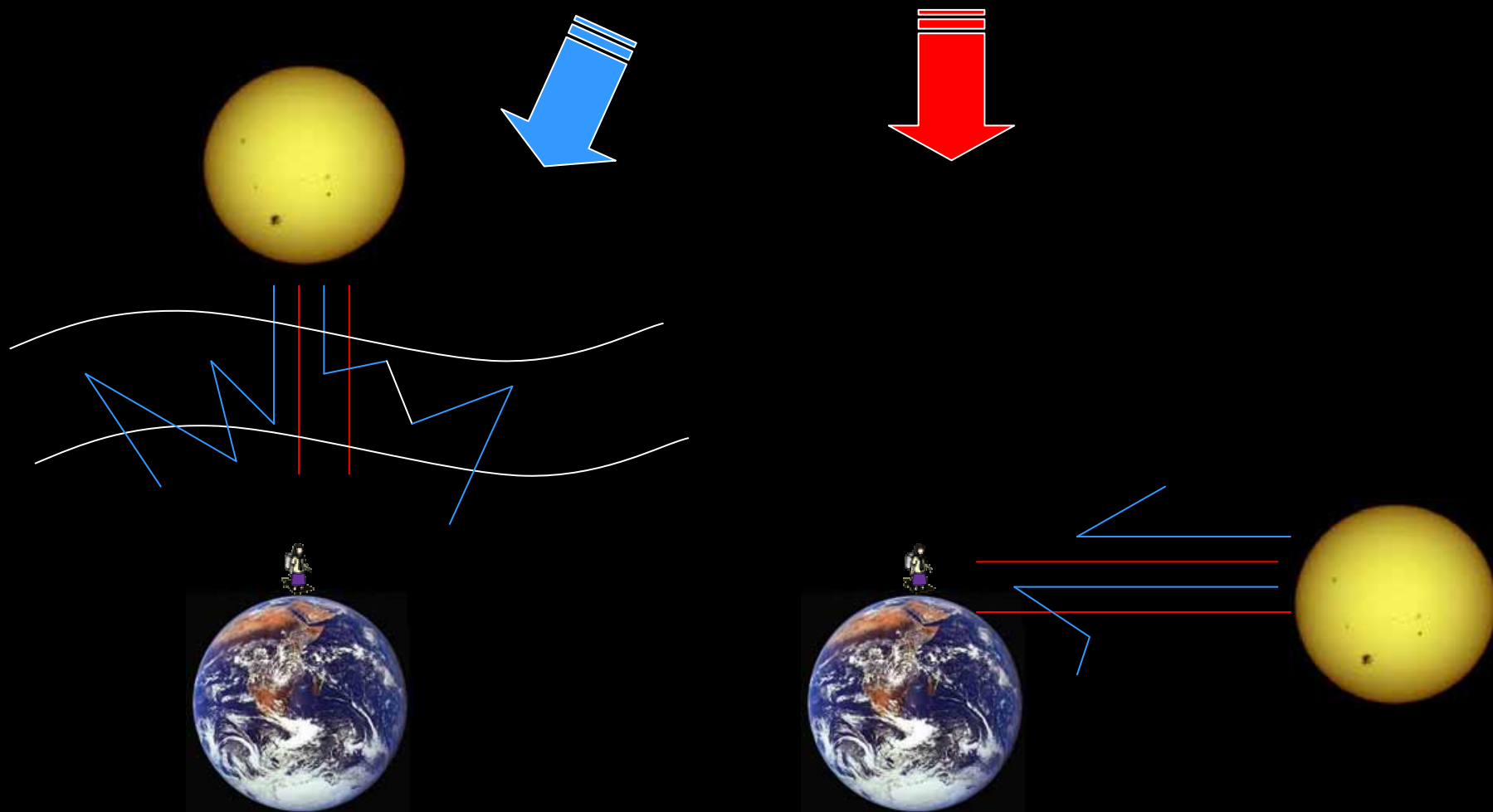
- 大氣層像個三菱鏡，會讓光線曲折（折射）
- 紅光偏折少；藍光偏折多



紅色的太陽影像先落下

紫色的太陽影像應該最後落下

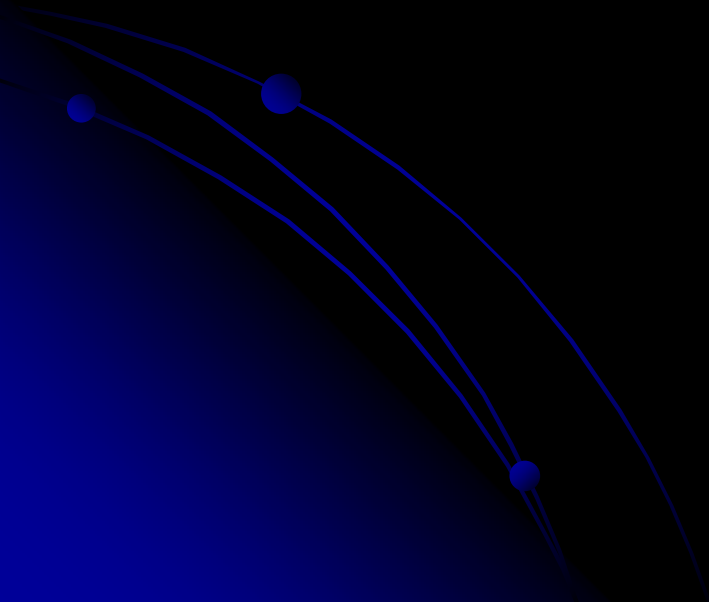
- 藍光比較容易被空氣散射（四面八方反射）  
→ 所以有藍色的天空，紅色的夕陽

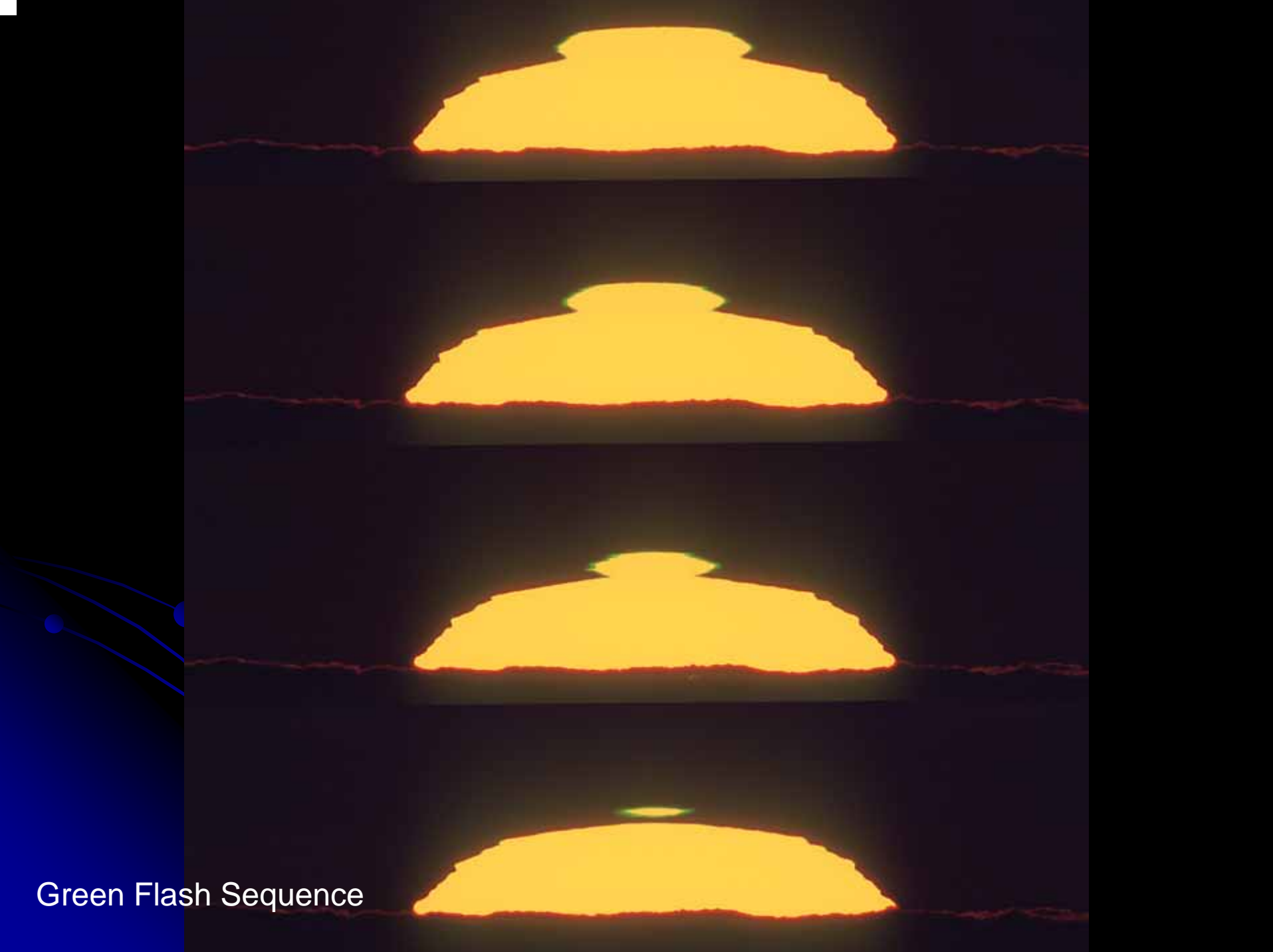




# 黃昏時候

- 如果空氣非常乾淨 → 紫色最後消失
- 通常空氣有雜質 → 連藍色都被散射掉  
→ 綠色最後消失





Green Flash Sequence

In fact there can be a **red** flash or  
a **blue** flash.



伽瑪射線

X射線

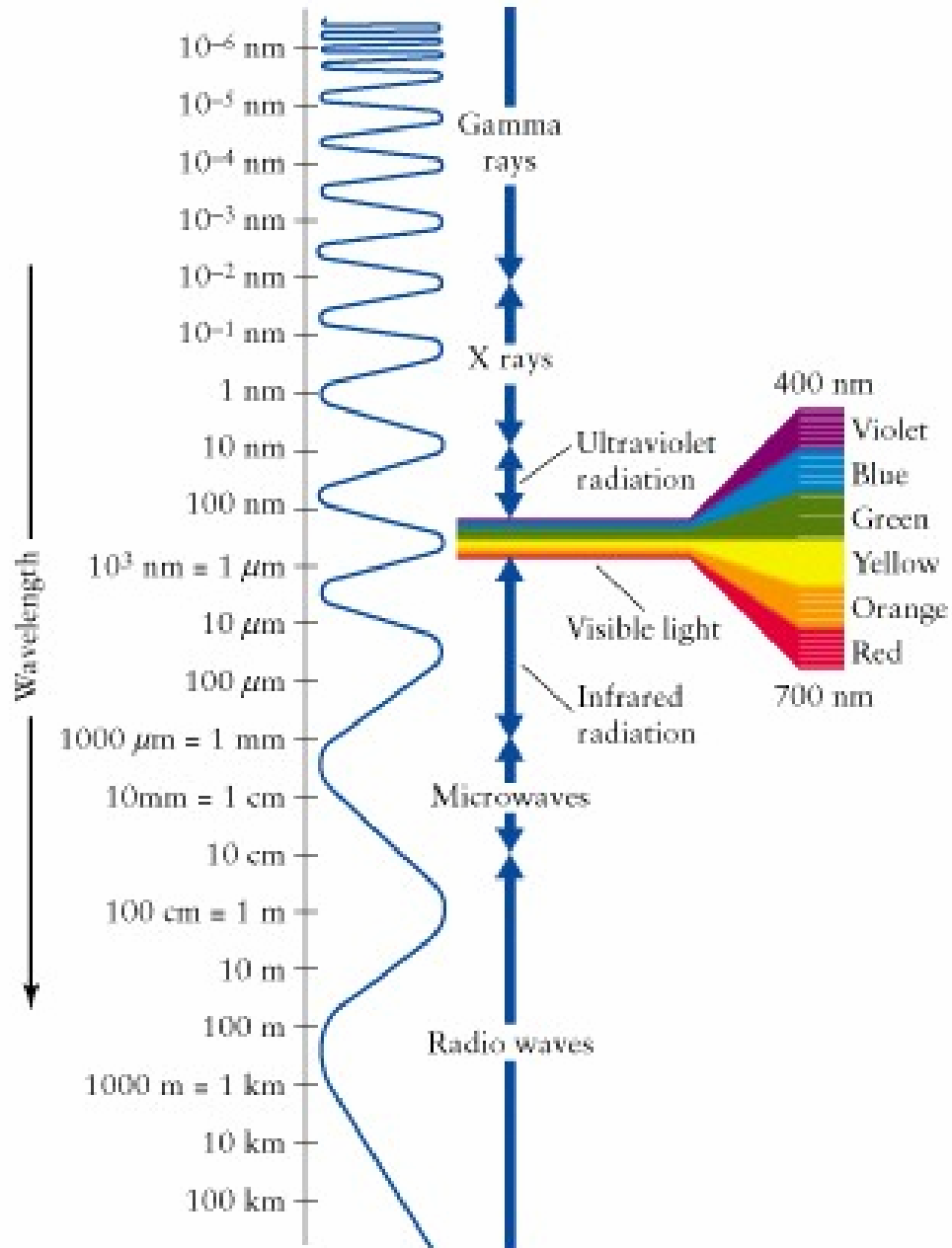
紫外線

可見光

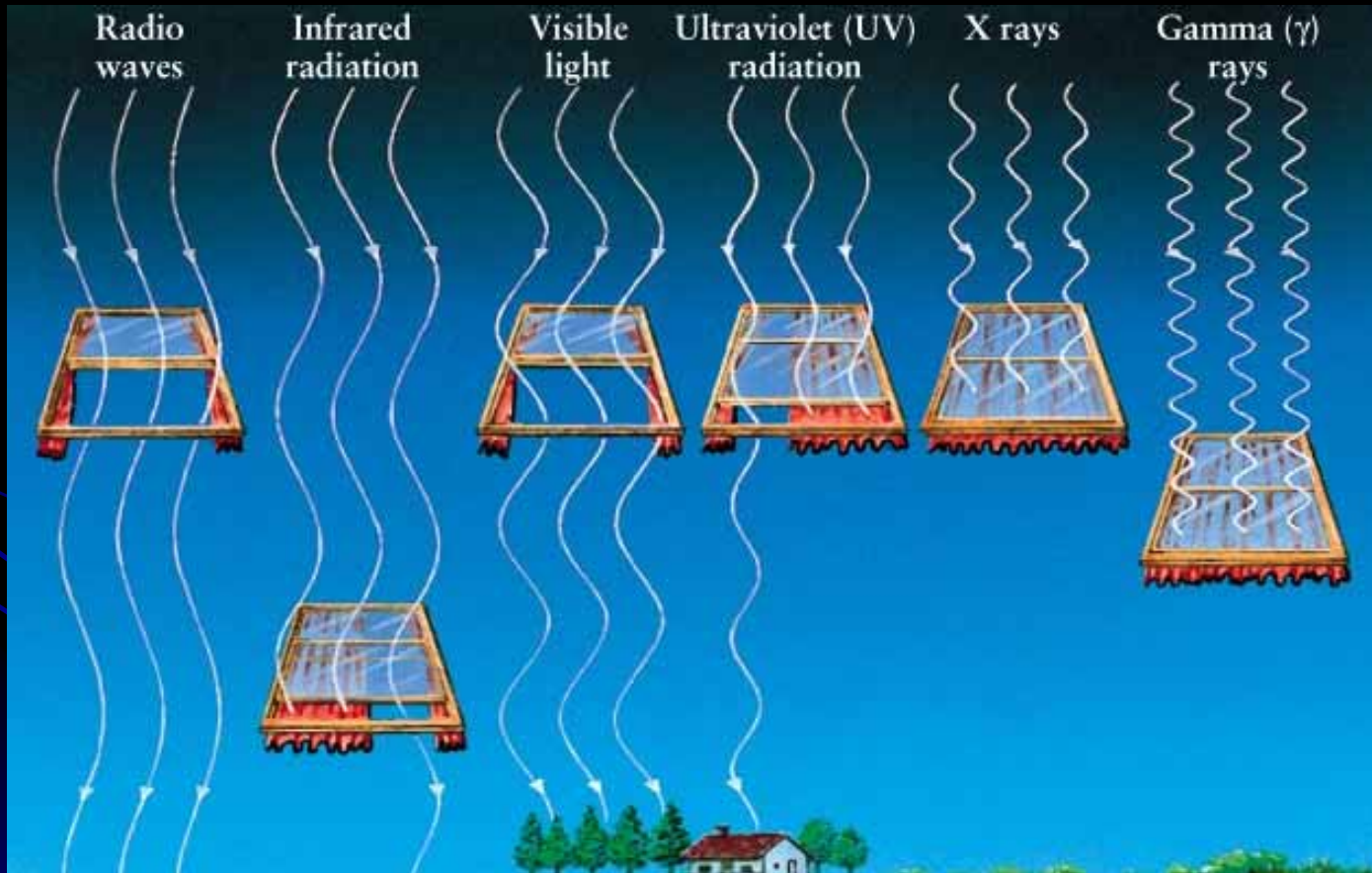
紅外線

微波

(無線) 電波

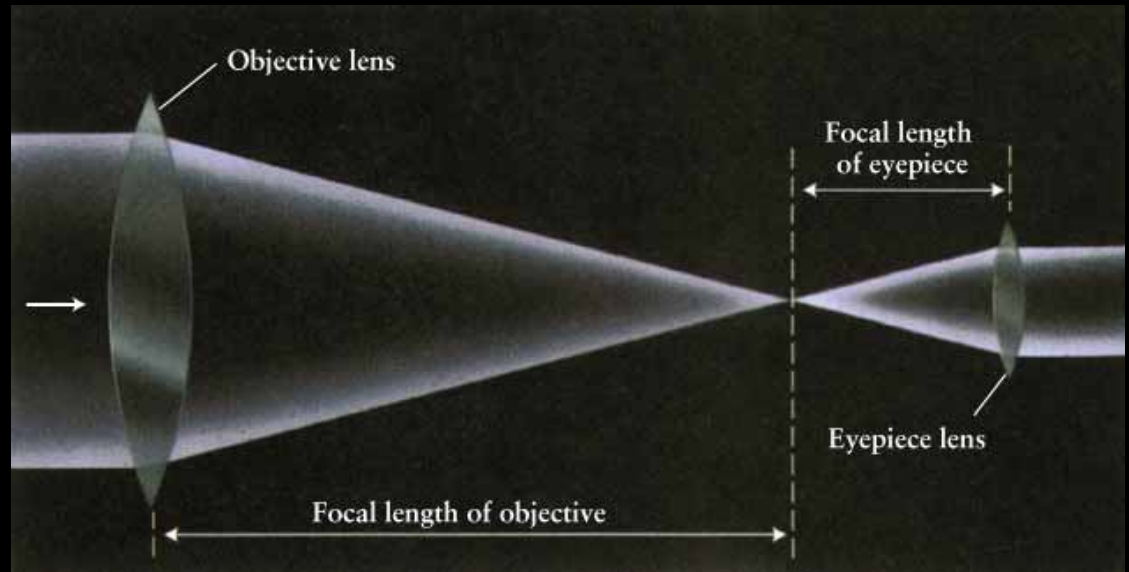
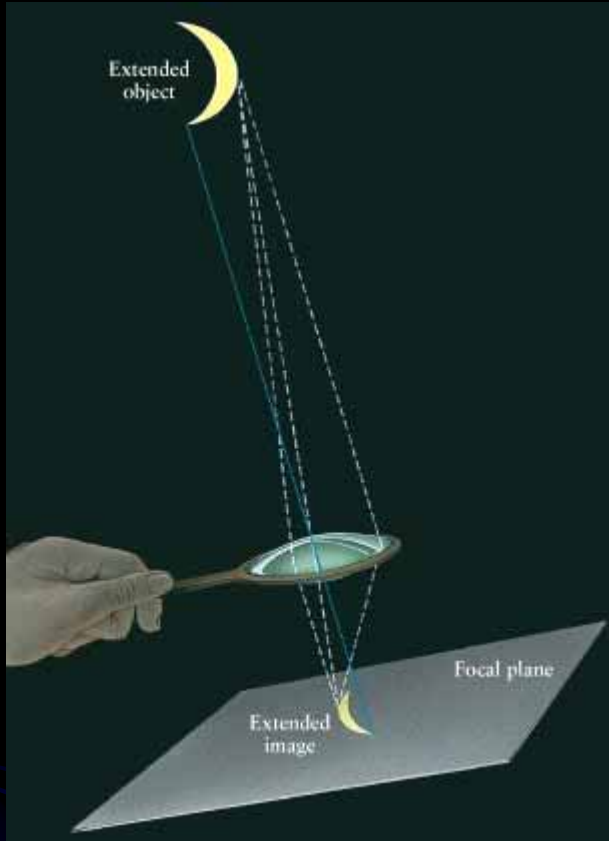


由於空氣分子吸收，只有部分波段的電磁波能夠穿過地球大氣層

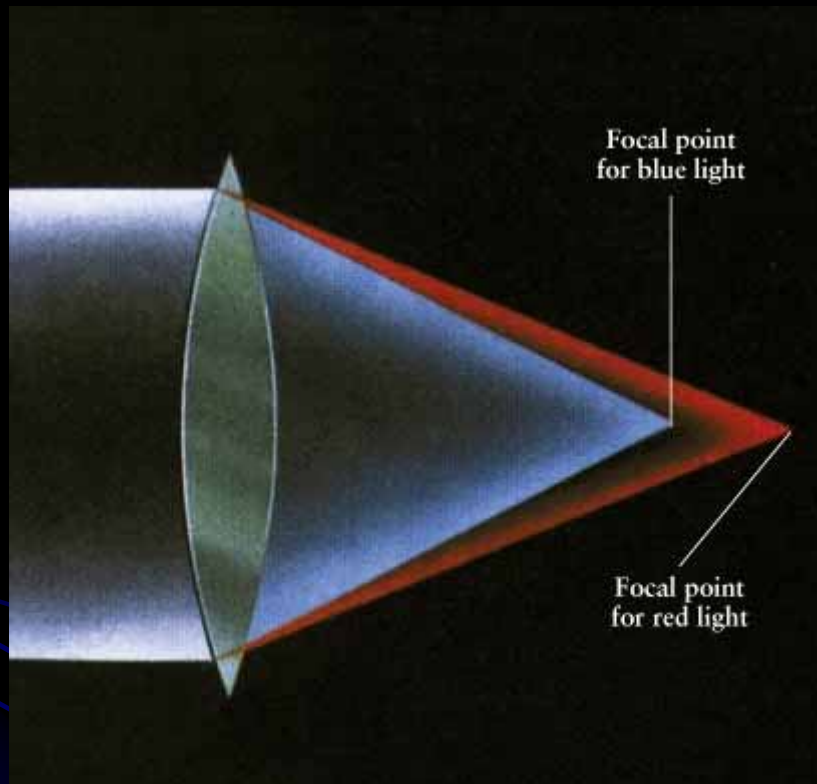


利用玻璃等透光物質將光線  
彎曲（折射）聚集

**望遠鏡：收集光線、成像**



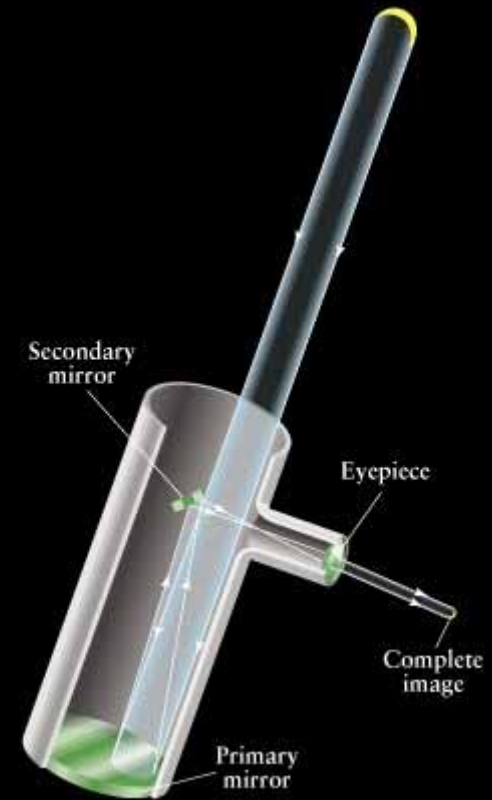
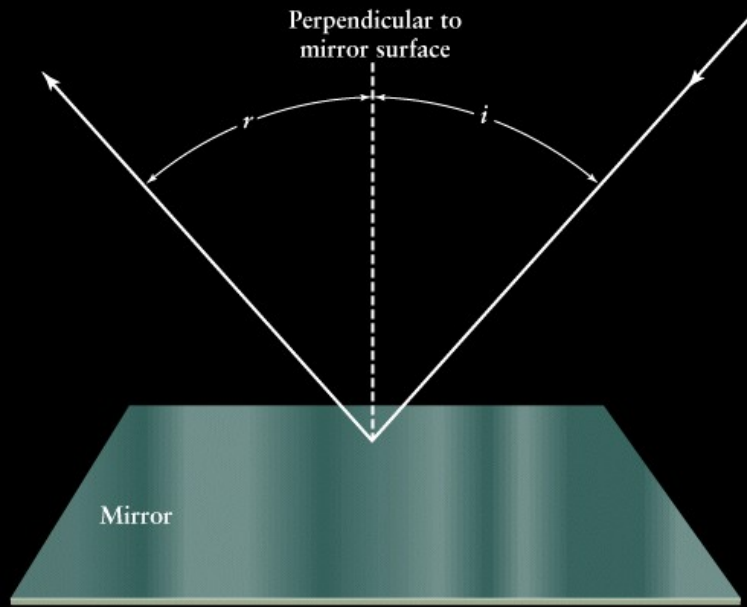




不同顏色的光折射程度不同，無法成像在同一點



折射式望遠鏡

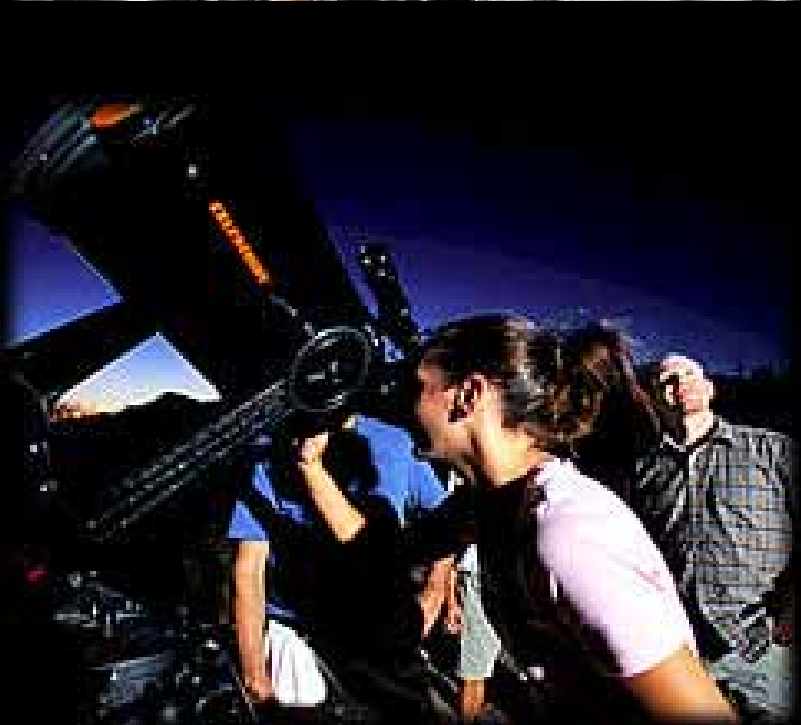


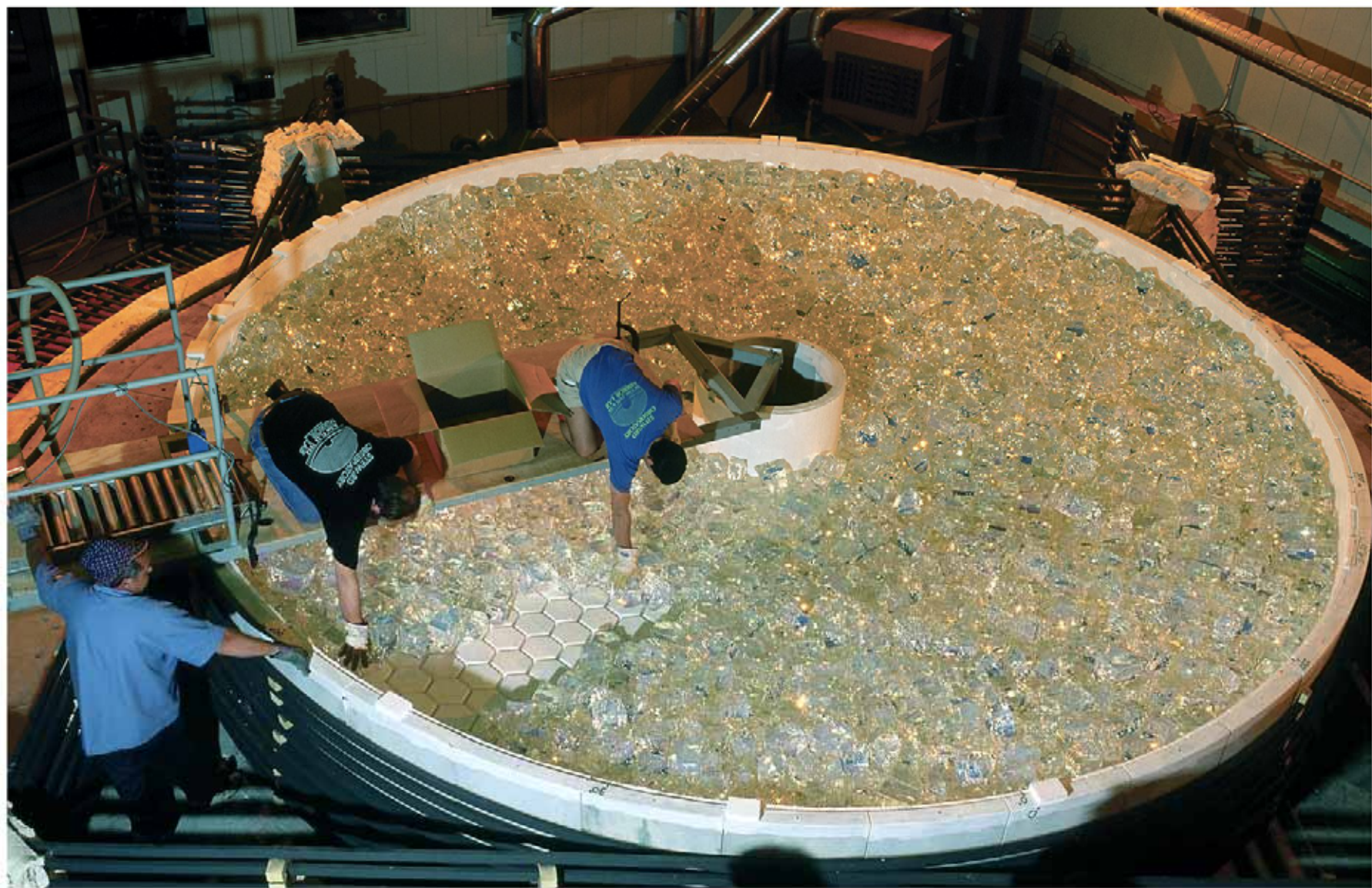
望遠鏡也可以利用反射的方式將  
光線聚集——**反射式望遠鏡**





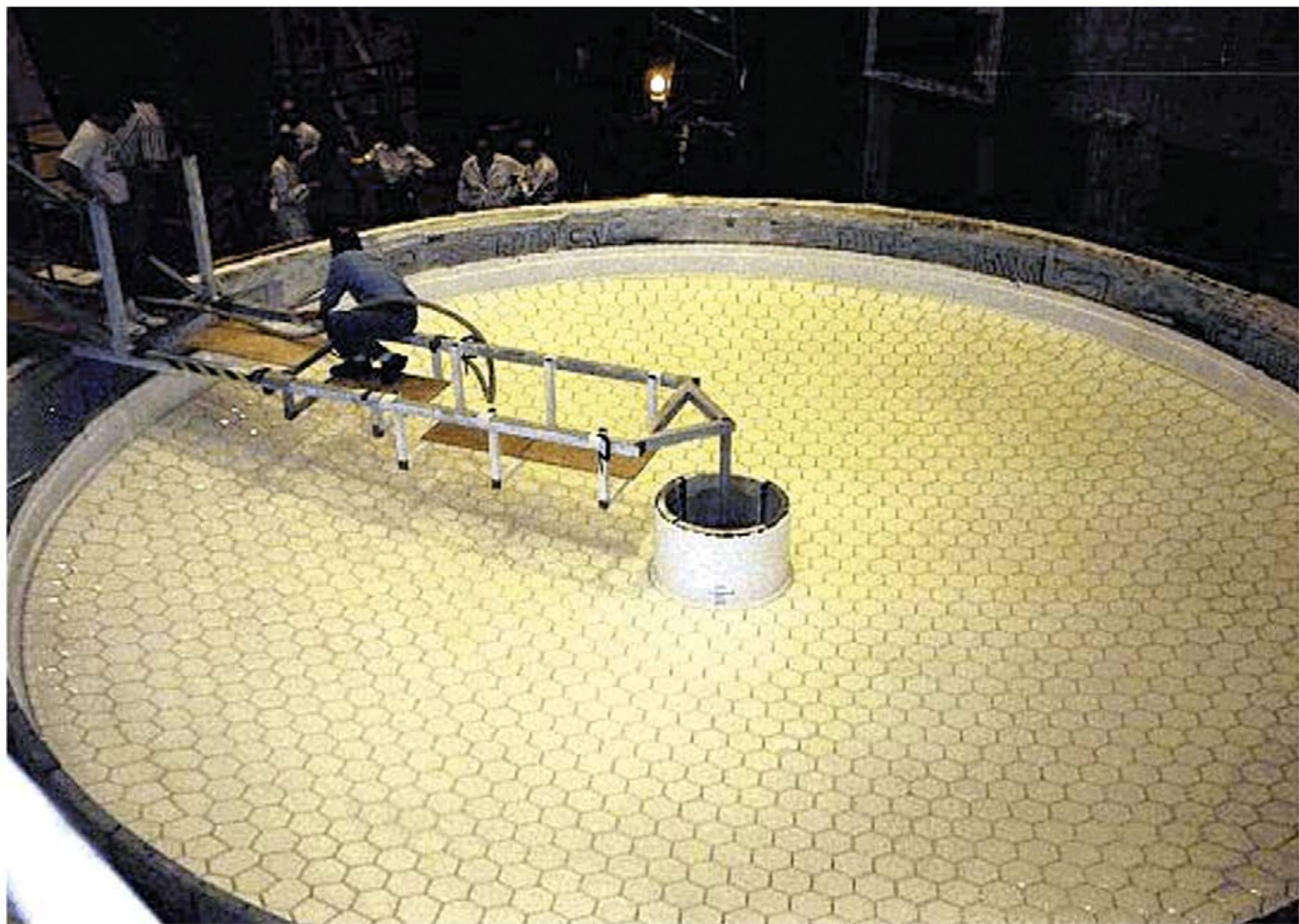
Unnumbered Figure pg 78a  
*Discovering the Universe, Seventh Edition*  
© 2006 W. H. Freeman and Company





**Figure 3-22a**  
*Discovering the Universe, Seventh Edition*  
© 2006 W. H. Freeman and Company

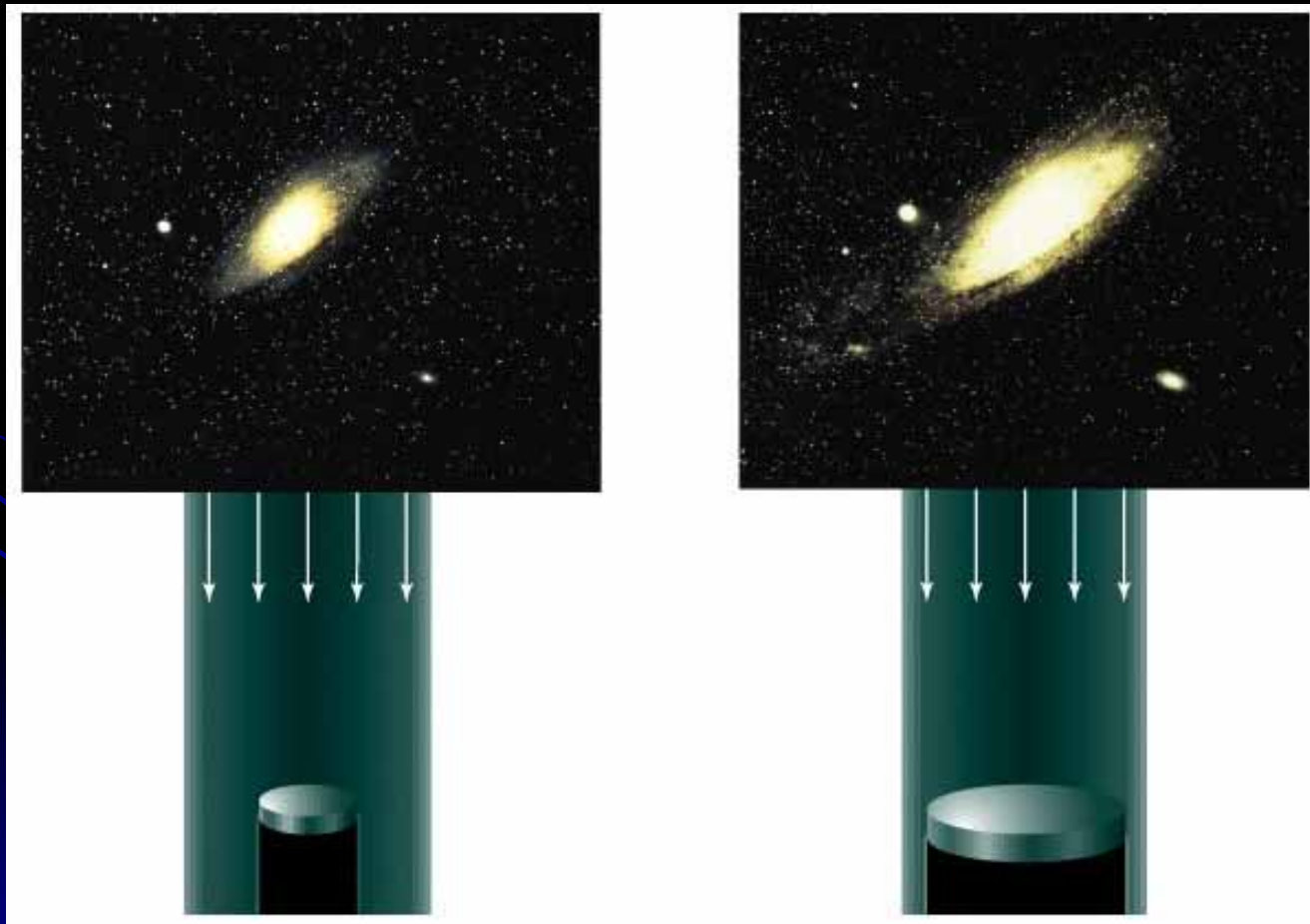




**Figure 3-22b**  
*Discovering the Universe, Seventh Edition*  
© 2006 W. H. Freeman and Company

望遠鏡口徑越大，收集光線的能力越強，能看到越暗的天體

集光力 $\sim$ (口徑) $^2$



Using a lens or a mirror to **collect light**  
or to **form an image**

- **To collect light** (actually EM waves)

口徑 (D) 越大，單位時間收集的光量越多

● 集光能力與主鏡面積  $\propto D^2$

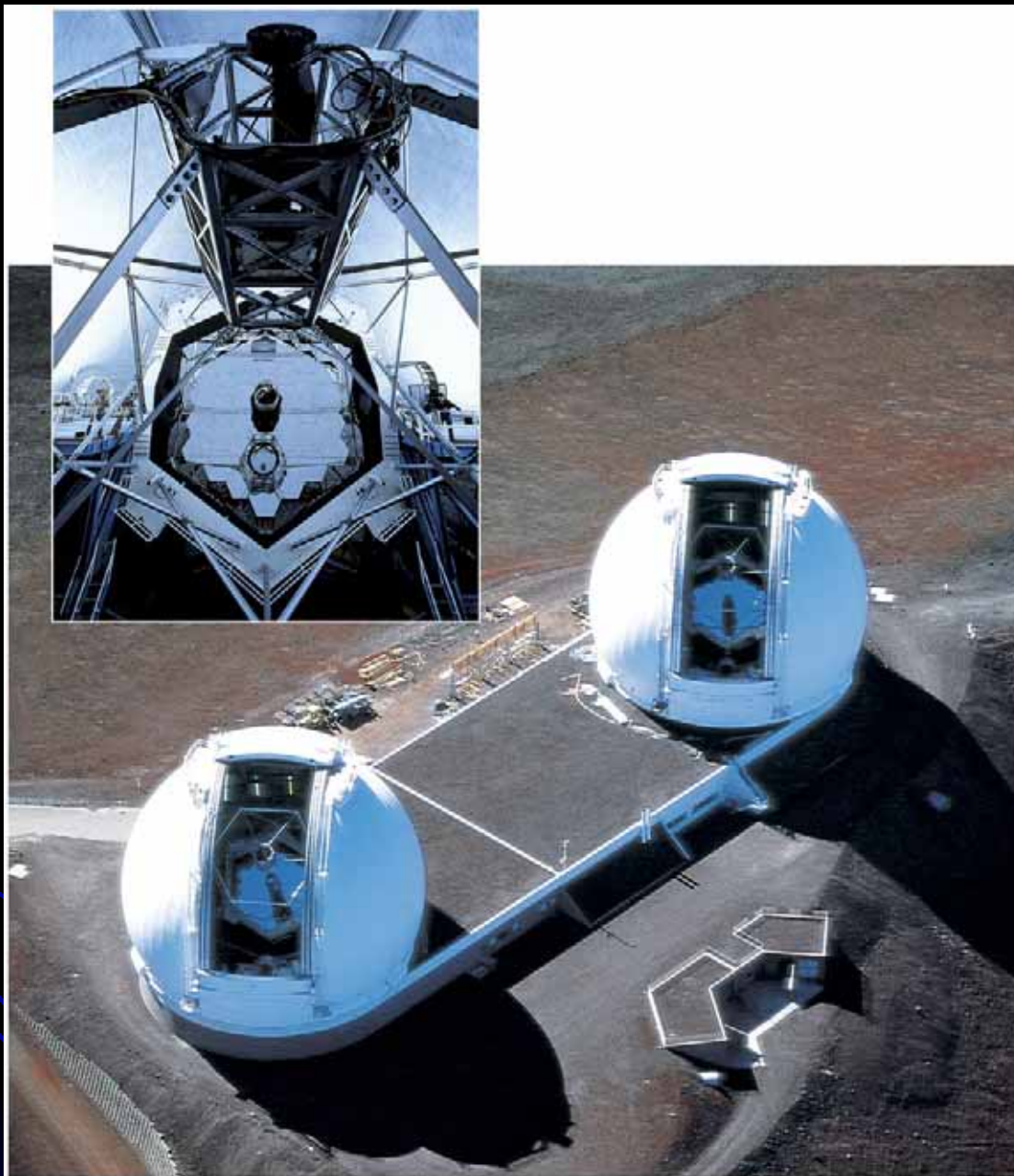
e.g., Aperture  $D=2$  m 的集光能力  
為  $D=1$  m telescope 的四倍





mirror diameter or  
telescope aperture





**Figure 3-27**  
*Discovering the Universe, Seventh Edition*  
© 2006 W. H. Freeman and Company

Keck  
Telescopes

- **To form an image** (interference from different parts on the aperture)

口徑越大，看得越清楚（成像越清晰）

最小的角度（細節）  $\theta = 1.22 \lambda / D$  radian

乃望遠鏡的「**繞射極限**」 (diffraction limit)

又稱 **Dawnes' limit**

解像力 (resolving power)  $\propto D$

*(What does resolving power mean anyway?)*

$$\theta " = \lambda / D = \lambda(\mu\text{m}) / 4D(\text{m})$$

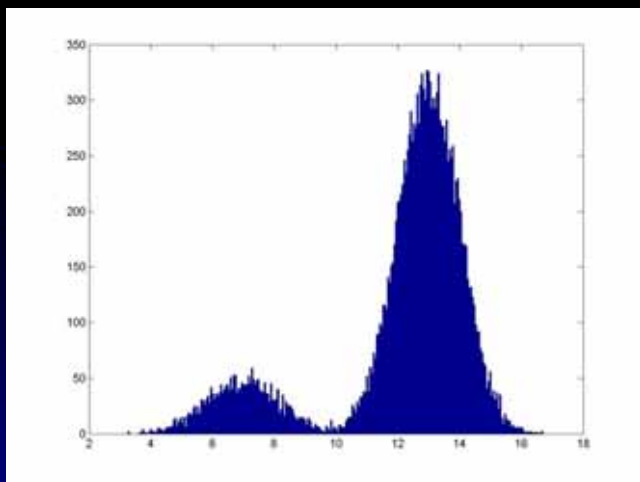
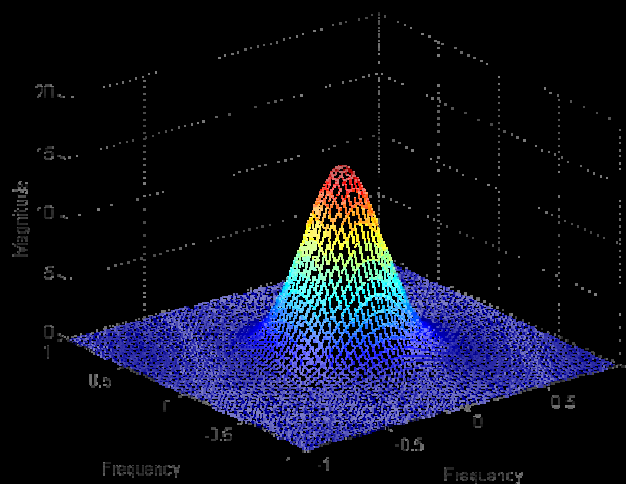
e.g.,  $\lambda = 500\text{nm} = 0.5 \mu\text{m}$ ,  $\theta = 1 / 8D(\text{m})$

$$\therefore D = 1 \text{ m}, \theta = 0.125"$$

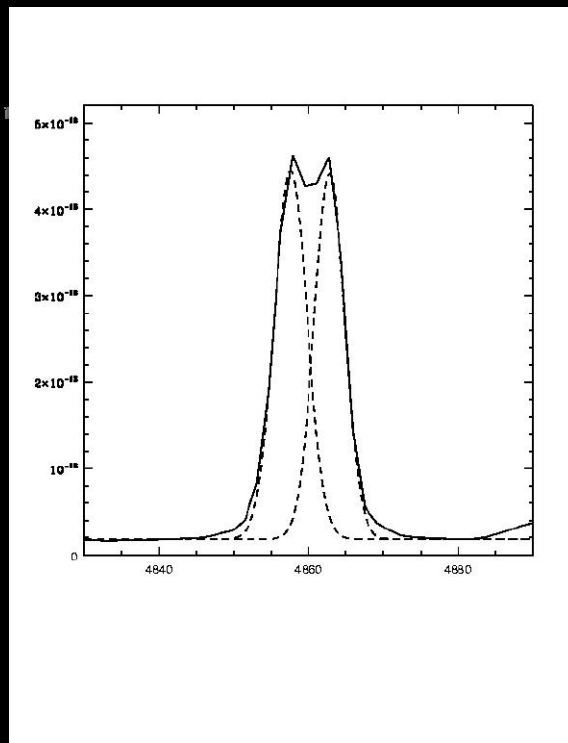


# A single Gaussian

Without noise, one can have an infinite resolving power!



Two well separated, noisy Gaussians



Two nearby Gaussians

A double-star image

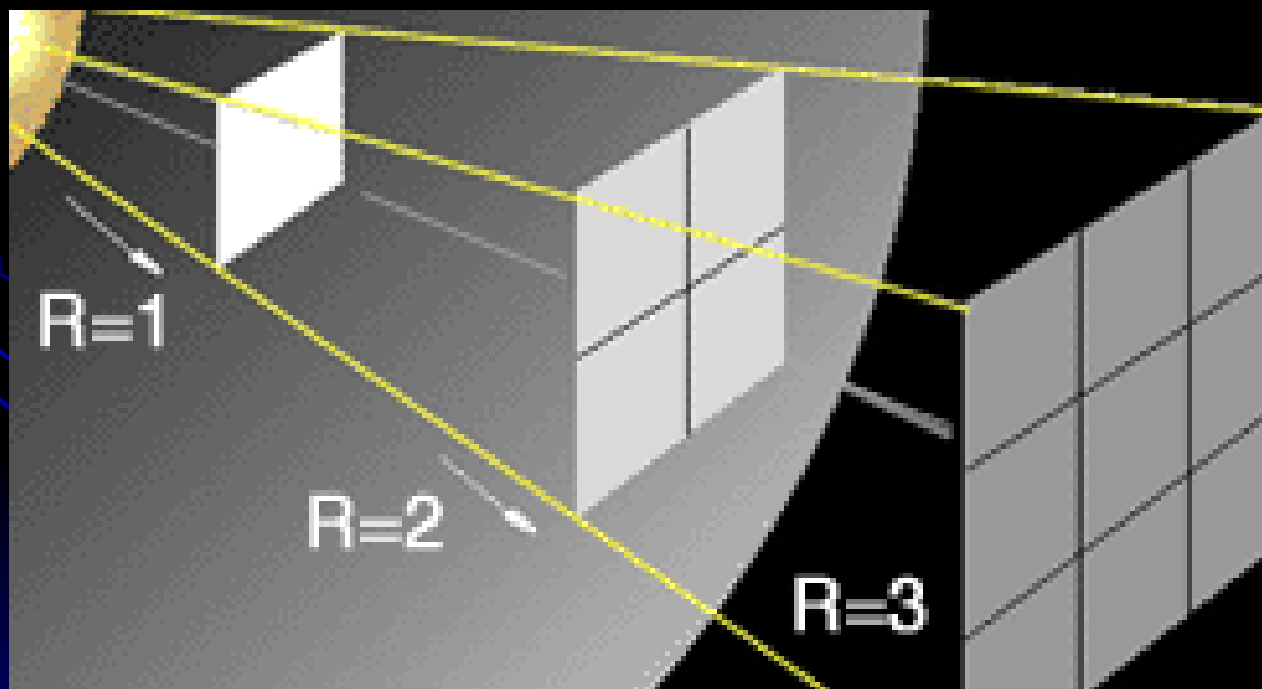
Grayscale is an art!



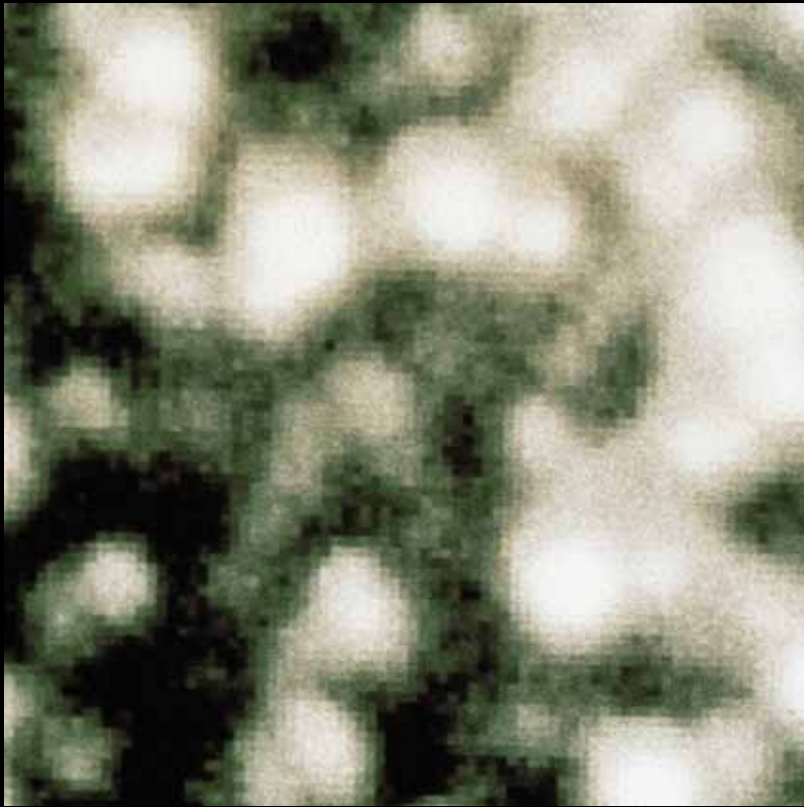
# Diffraction Limit $\theta \propto \lambda / D$

D [m]	$\theta ["] \sim 1 / 8D$
10	0.01
4	0.03
2	0.06
1	0.12
0.2	0.62
0.1	1.2

天體發出的輻射向四面八方傳播，分佈在球面上，隨時間（距離）而擴展。某地收到的強度，與距離平方成反比



空氣不斷流動，使得星星影像閃爍晃動，在太空觀測則沒有大氣干擾的問題



In a good site, seeing  $\sim 0.5''$

# Observing in Space

- 沒有大氣擾動 → 影像比較清晰
- 沒有大氣吸收 → 能夠接收到所有電磁波段
- 但是費用昂貴，且技術困難，限制了太空望遠鏡的口徑

Hubble Space Telescope (HST)  $D=2.4$  m;

Subaru Telescope  $D=8$  m;

Keck I and II,  $D=10$  m

Q: 月球表面呢？把望遠鏡放在月球表面有什麼優點，有什麼缺點？



# 都市照明的光害使得夜空明亮，影響天文觀測



# Adaptive optics 自適應光學



一般地面影像



利用特殊技術減少大氣干擾的地面影像



太空中拍攝到的影像





可見光影像



X光影像

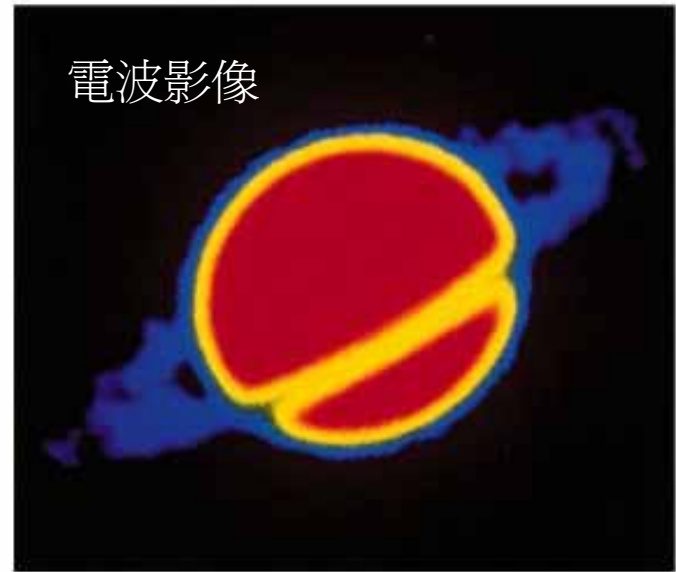


可見光影像

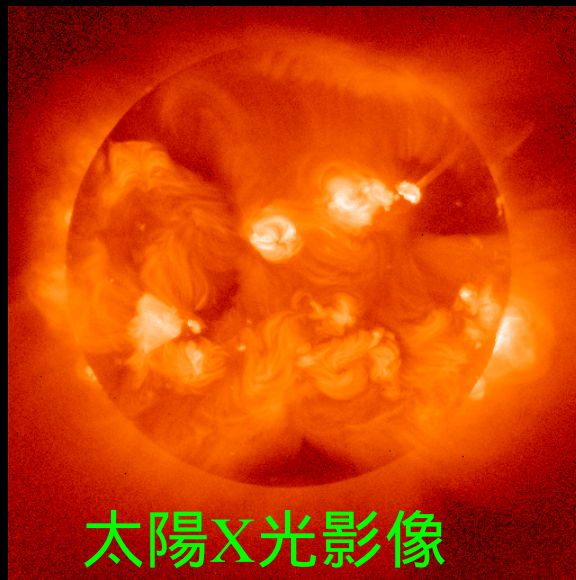


a

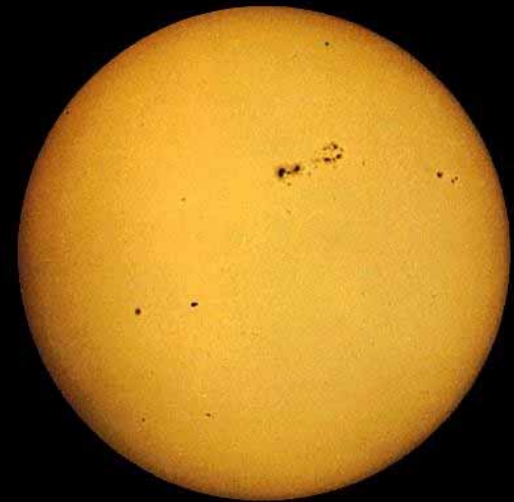
電波影像



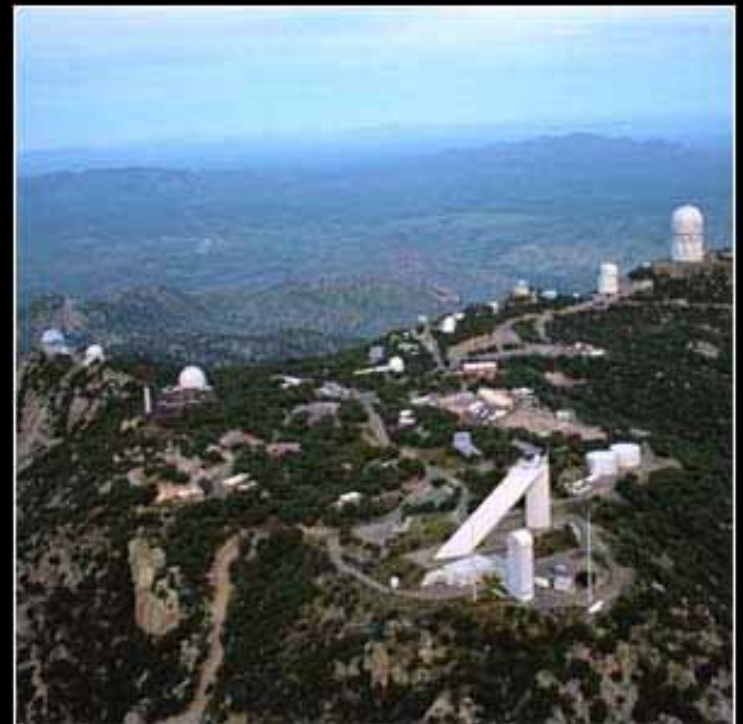
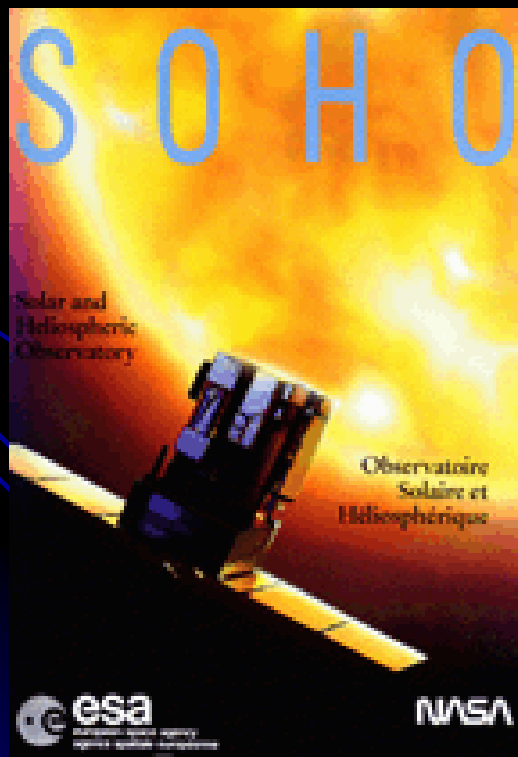
b



太陽X光影像



太陽可見光影像





(無線) 電波望遠鏡 (碟型天線)



# 偵測器 將光線轉變成 可記錄的訊號



Charge-coupled device  
(CCD)

