



CH.1

宇宙與天體

1-1 星光的秘密

1-2 天體觀測

1-3 恆星演化



1-1 星光的秘密

恆星光譜與顏色



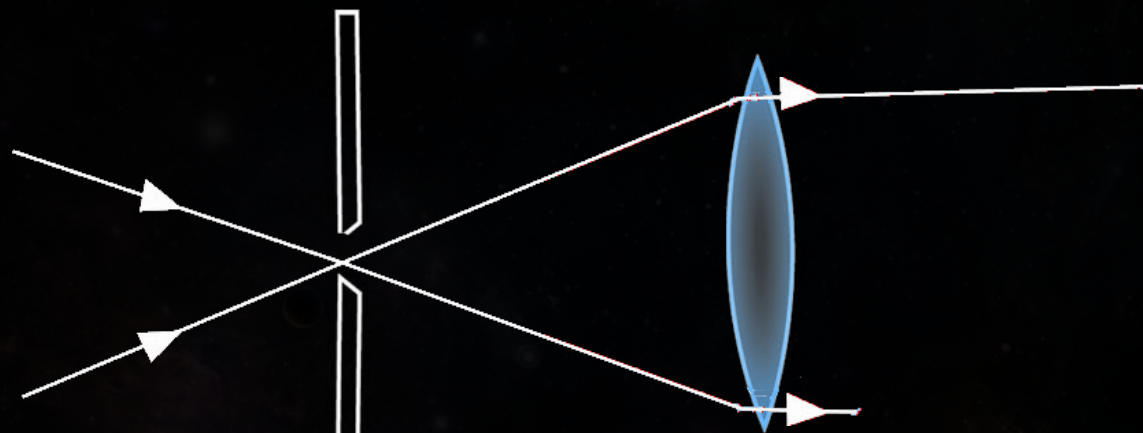
- 來自太空的微弱星光

攝譜儀和光譜

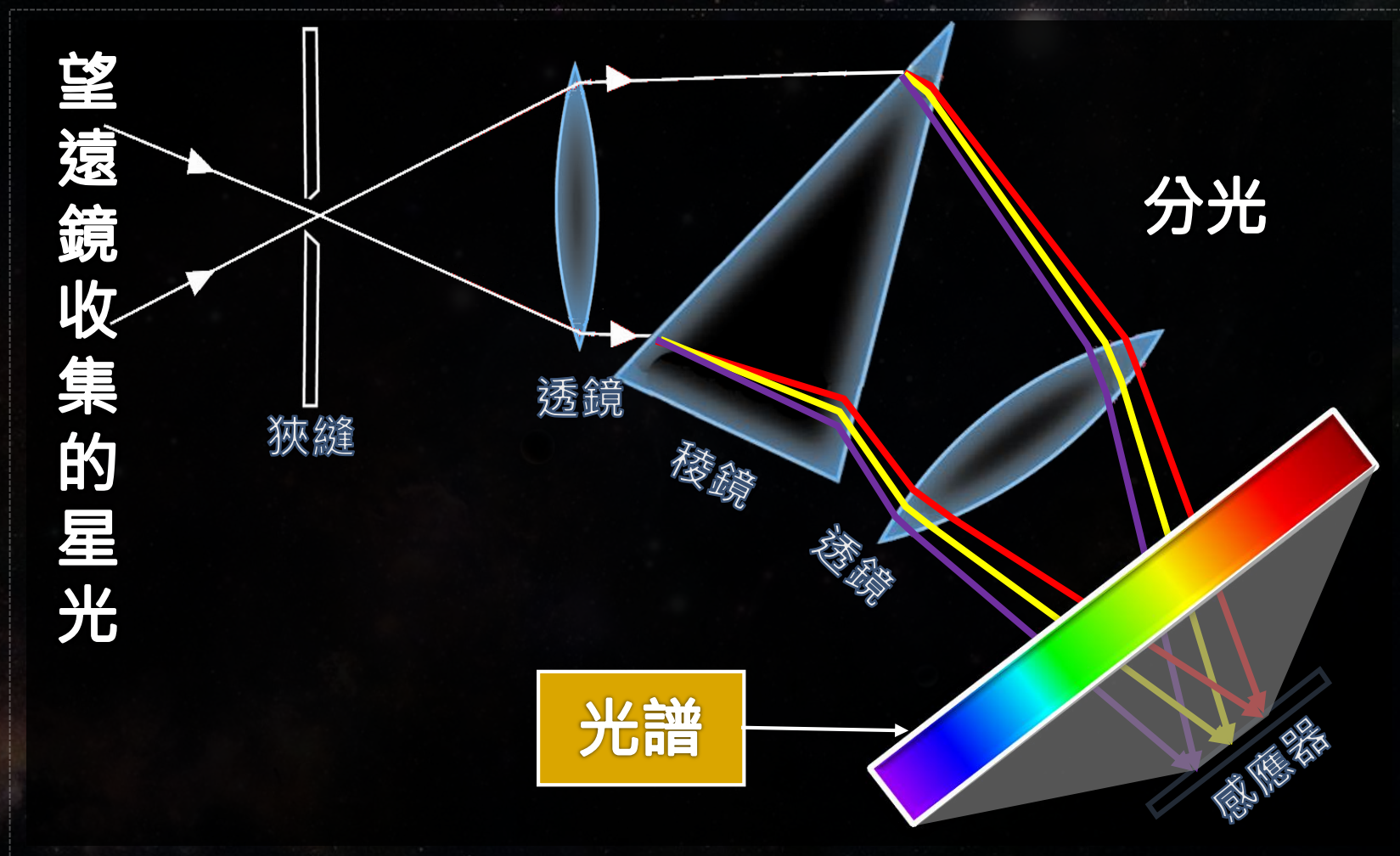
望遠鏡收集的星光

狹縫

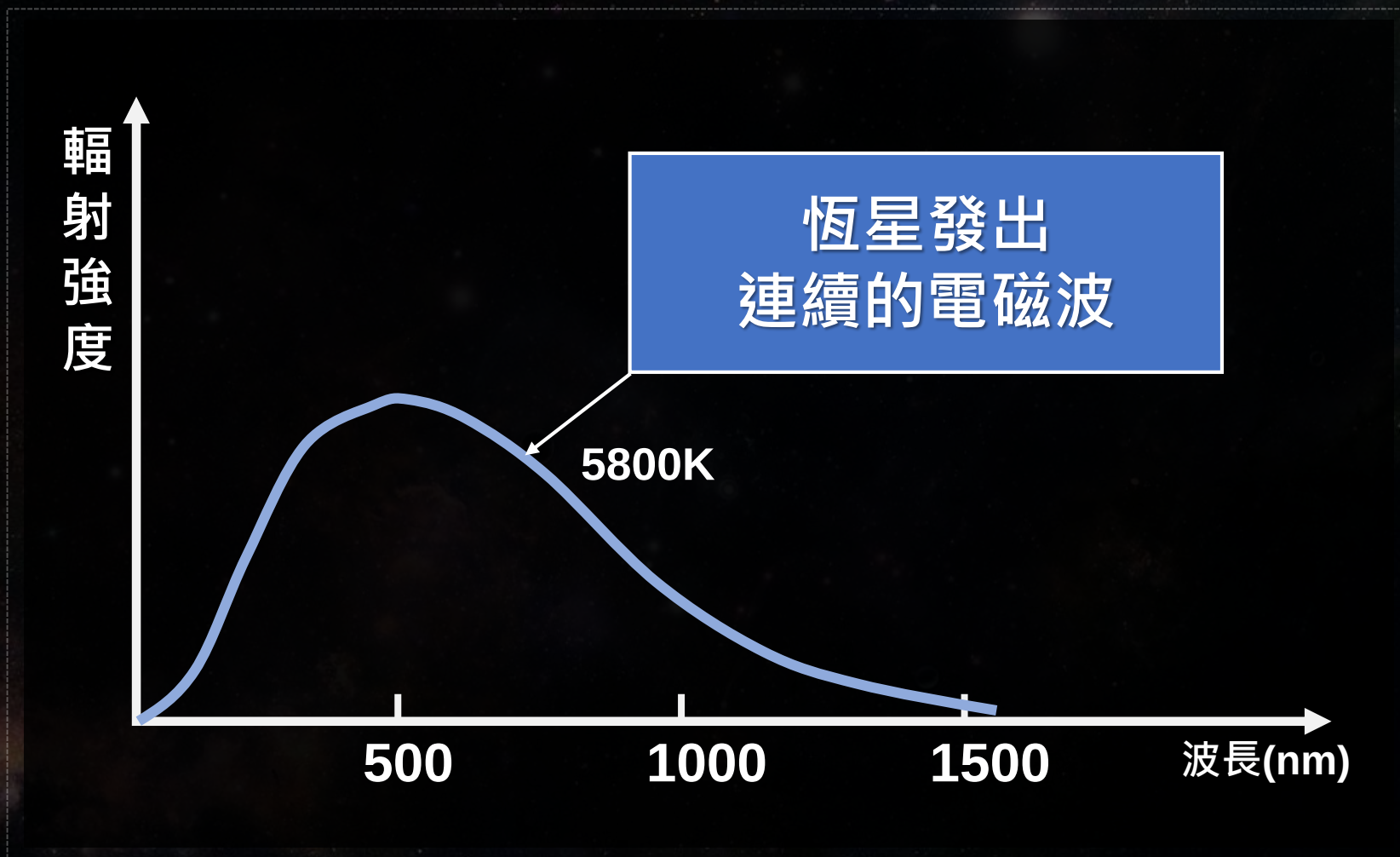
透鏡



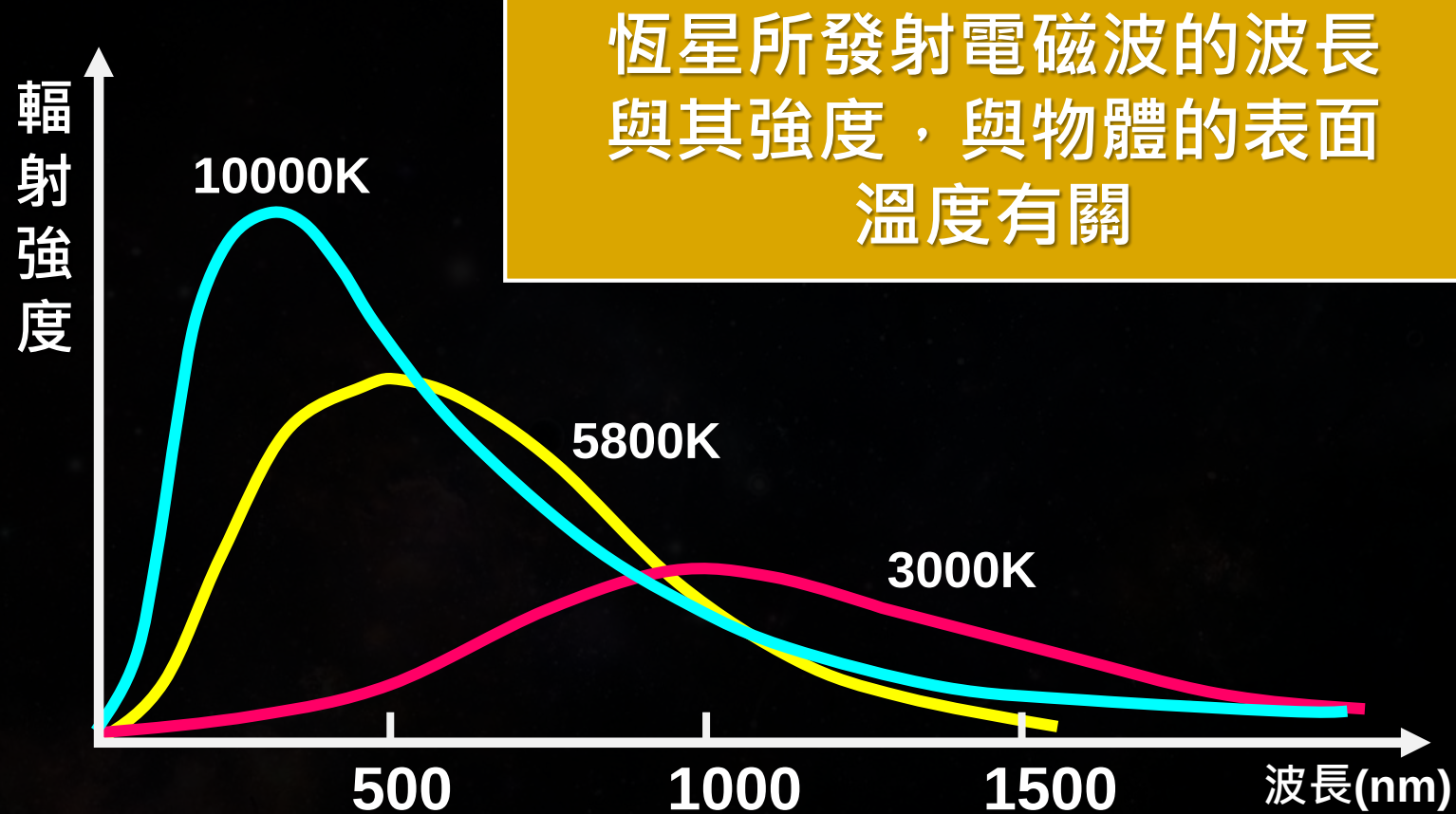
攝譜儀和光譜



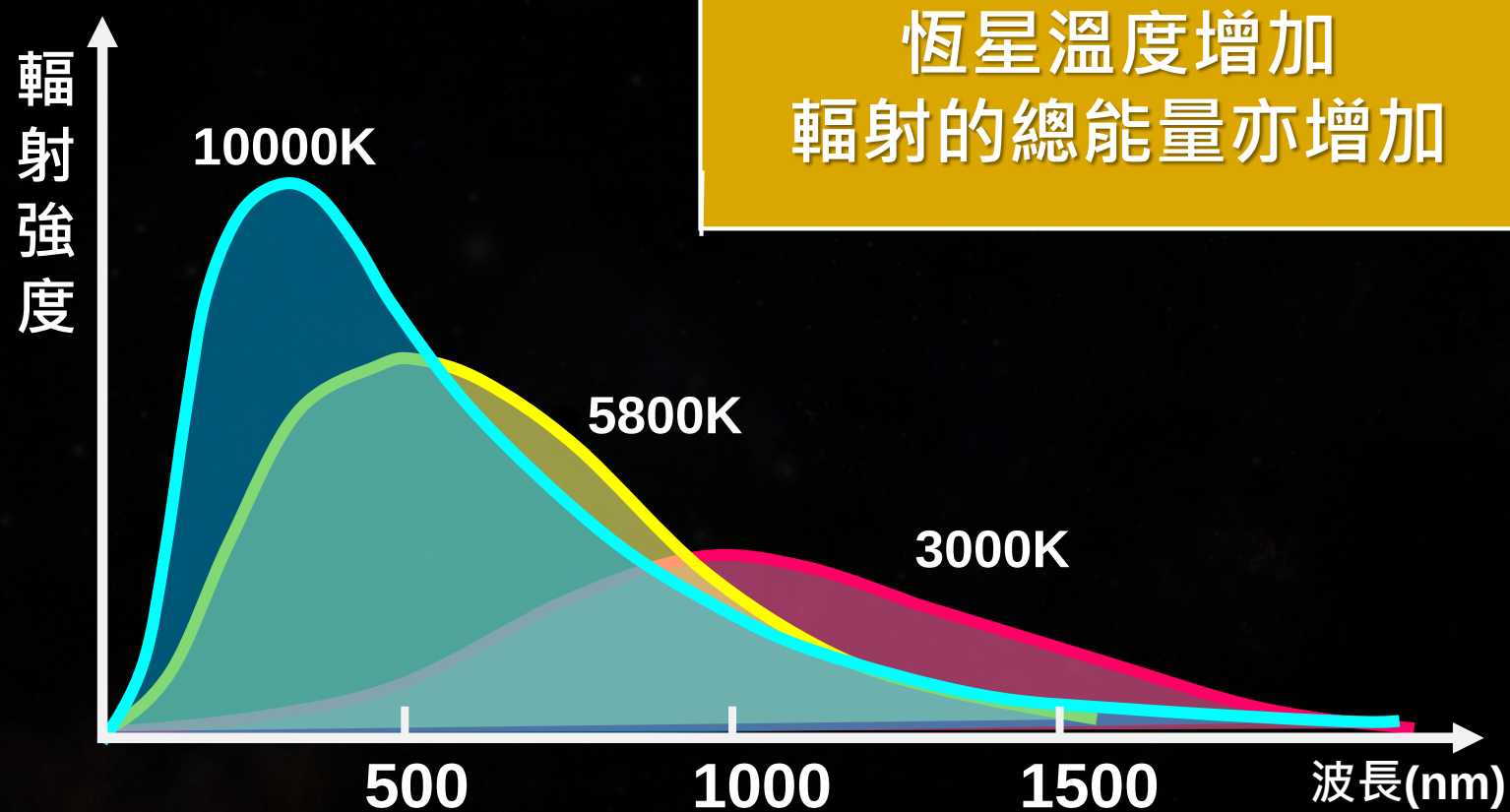
恆星電磁波的特性



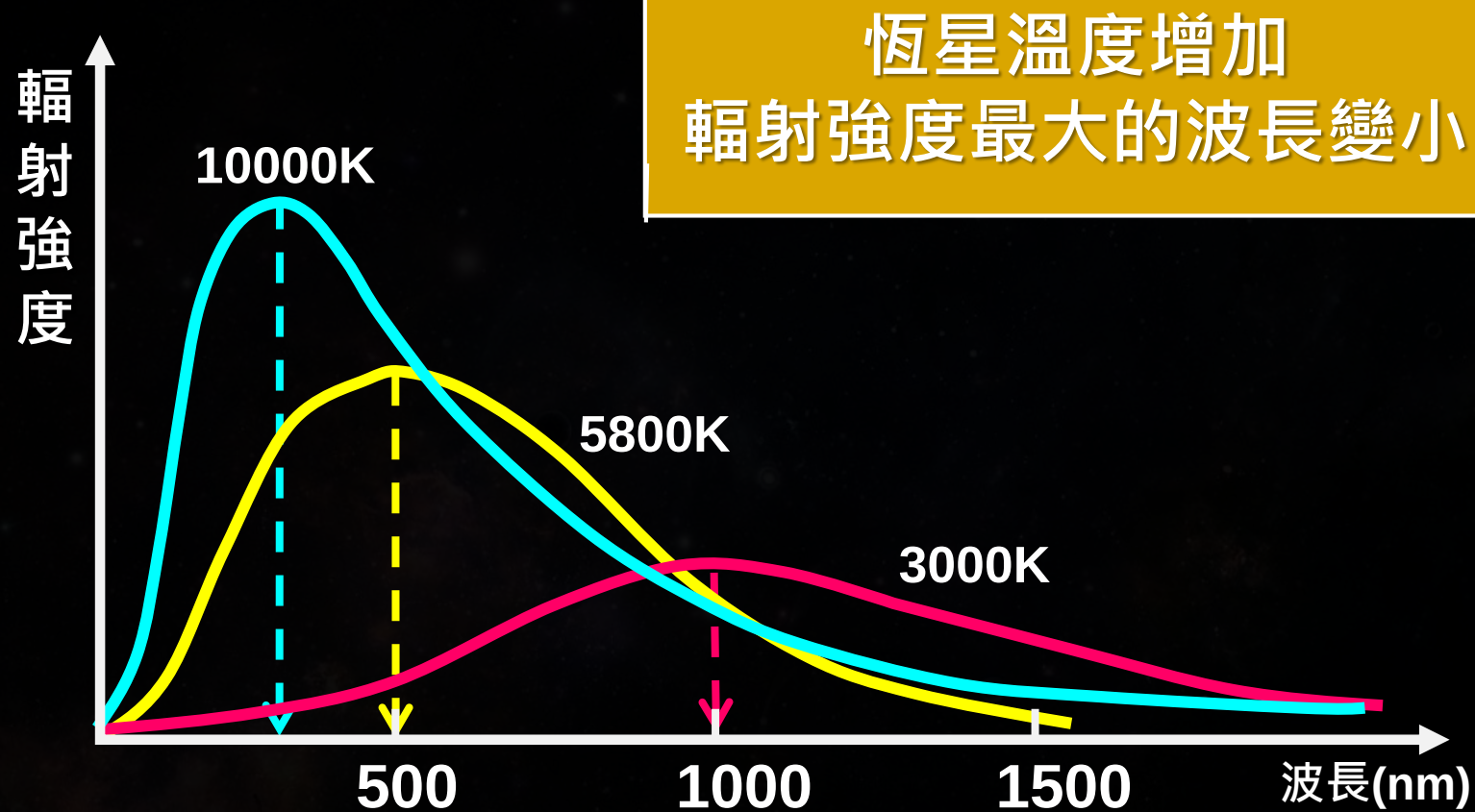
恆星電磁波的特性



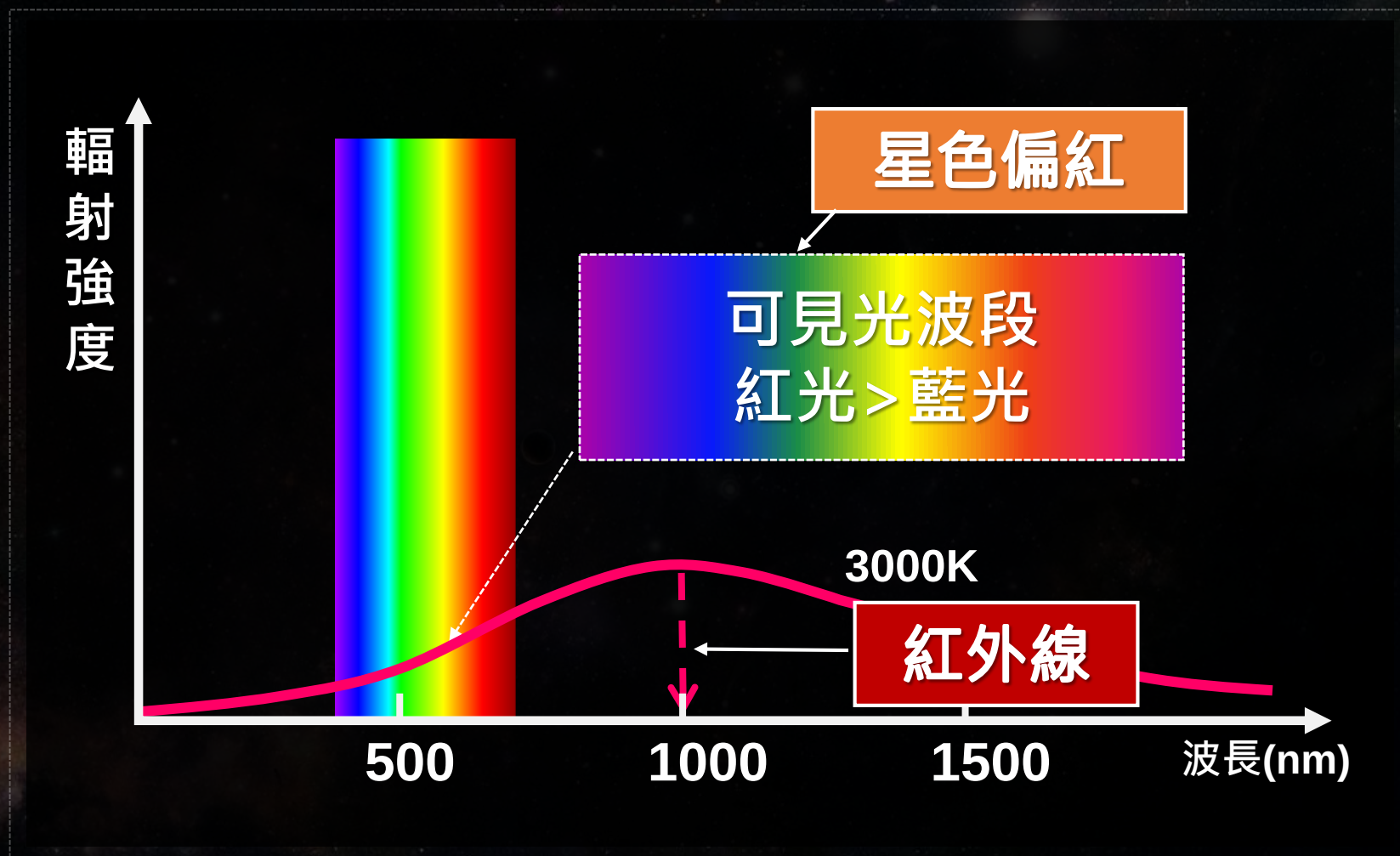
恆星電磁波的特性



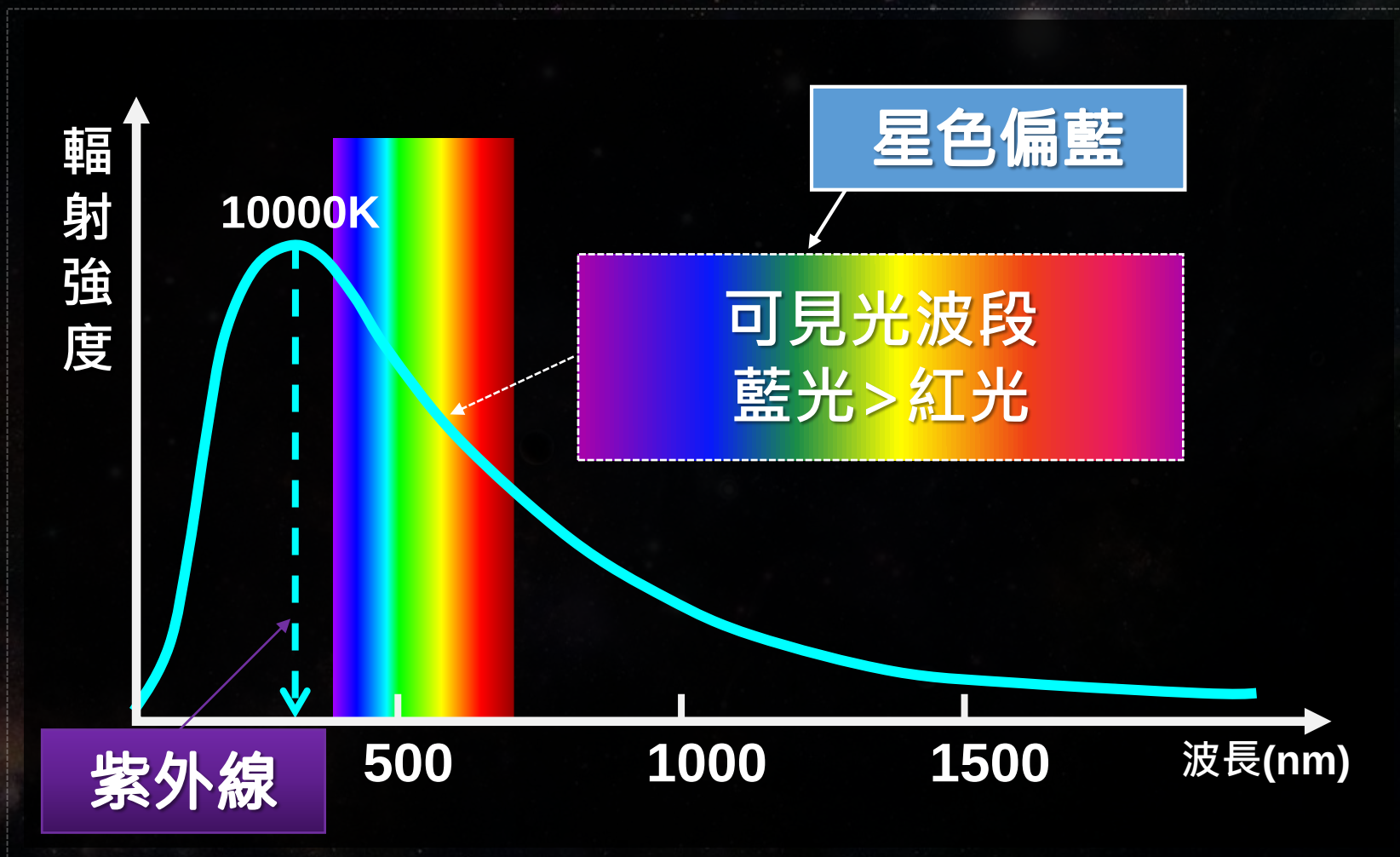
恆星電磁波的特性



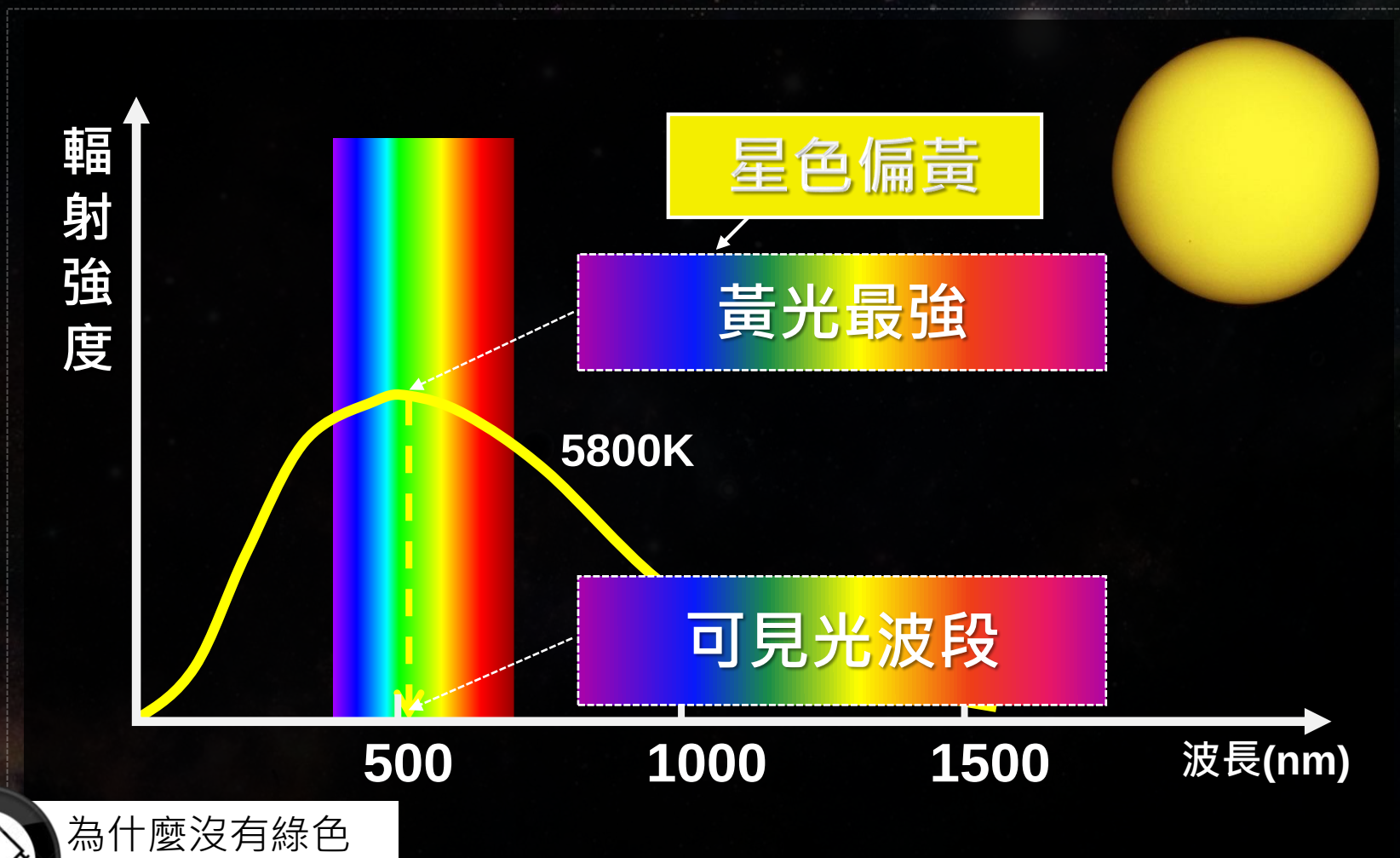
恆星的顏色



恆星的顏色



恆星的顏色



為什麼沒有綠色的星星? (03:17)

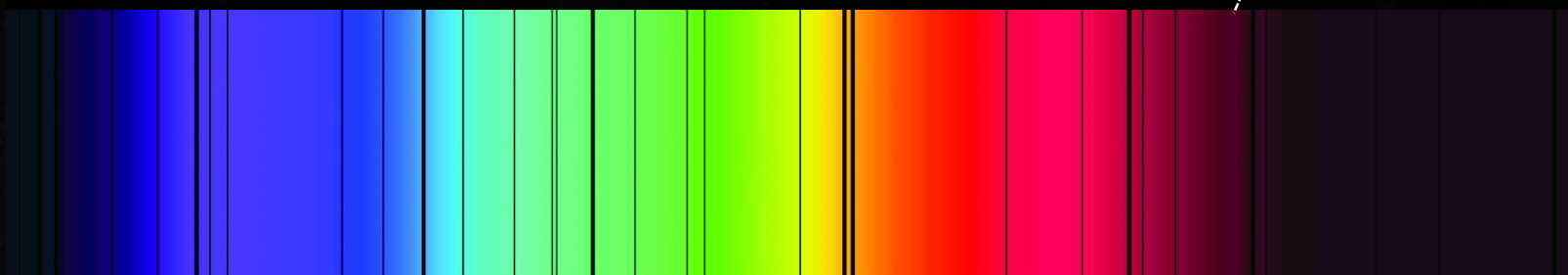
光譜的譜線特徵



光譜分析技術
(04 : 55)

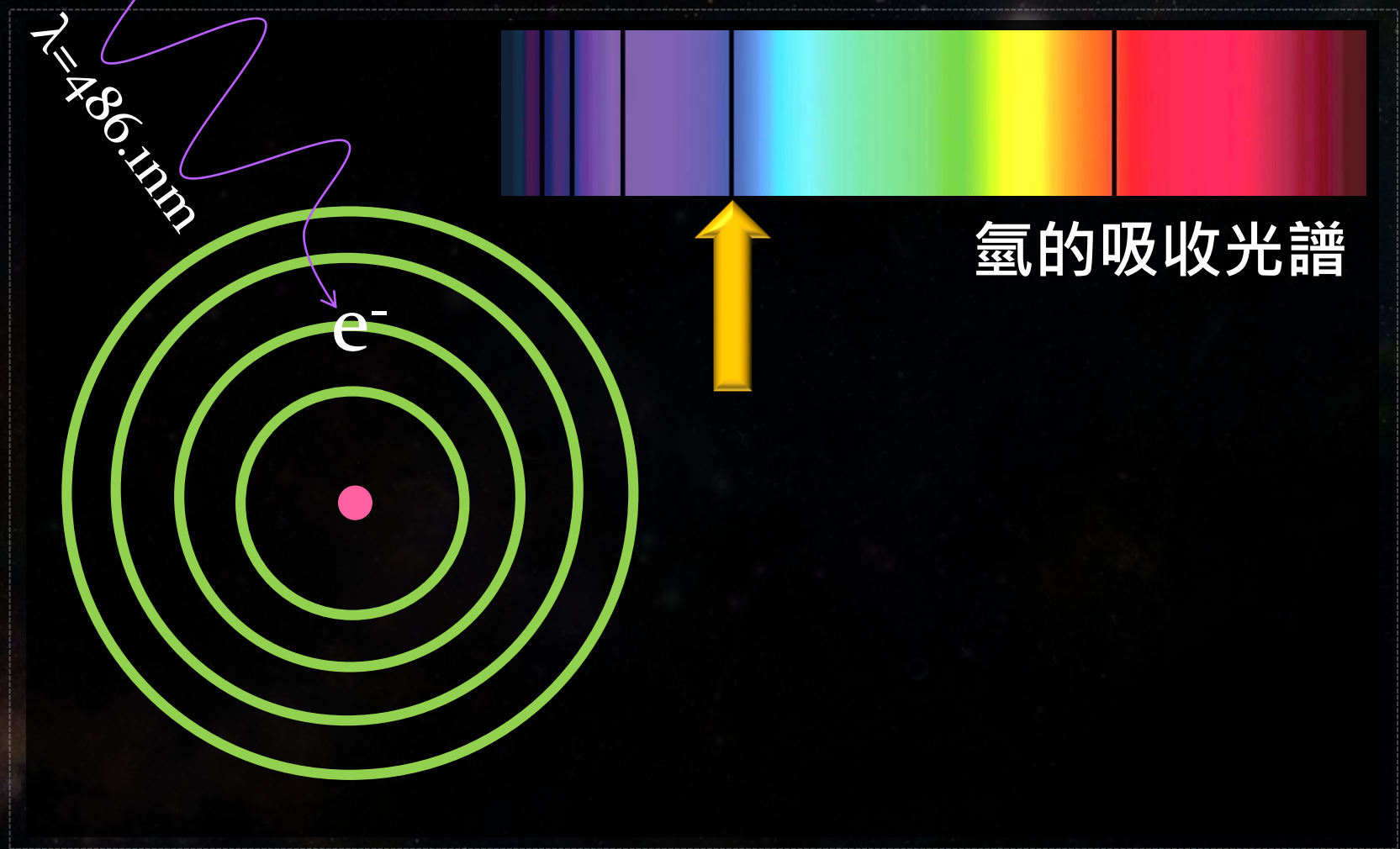


太陽的
可見光光譜

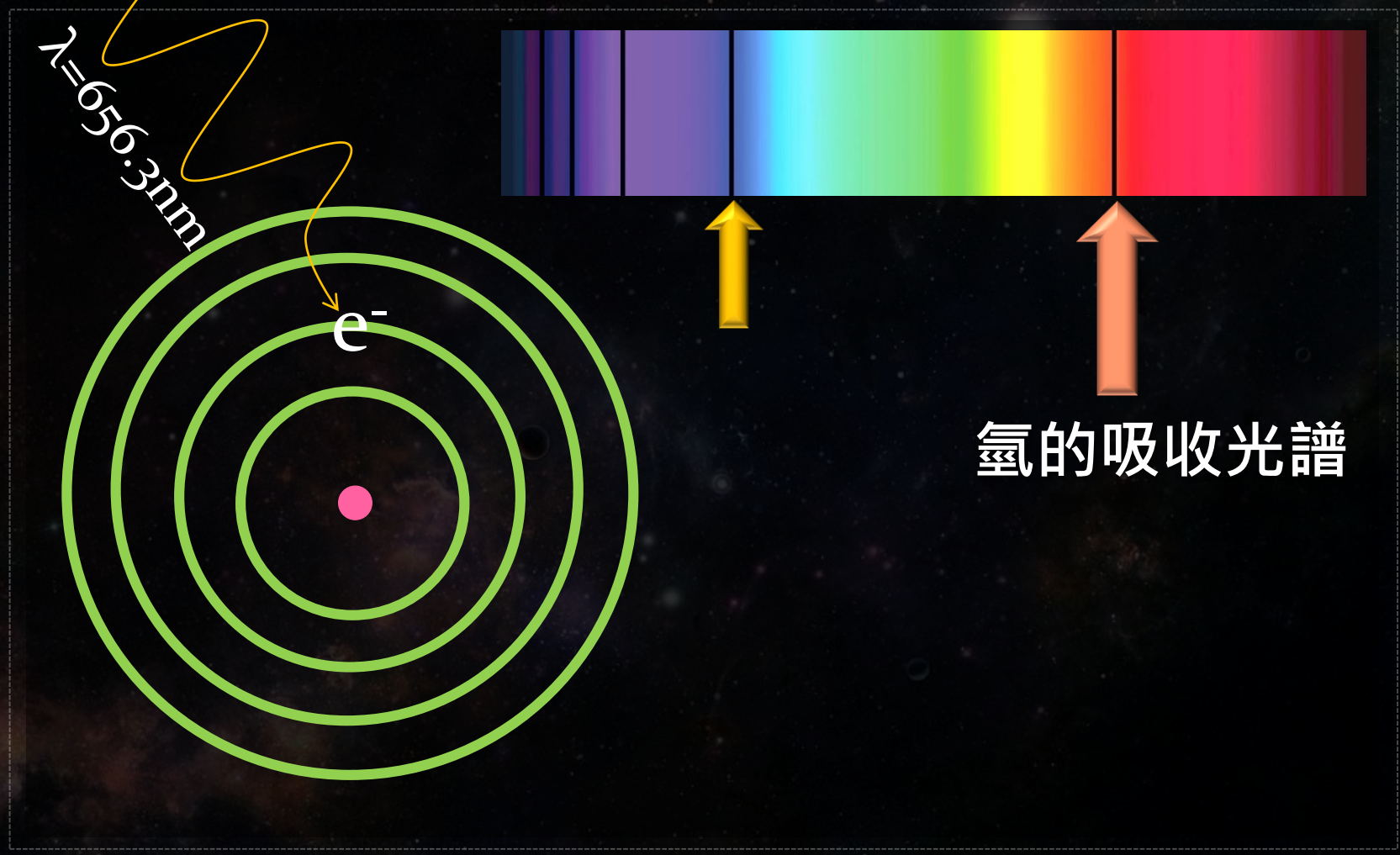


不同的譜線可對應不同的元素!

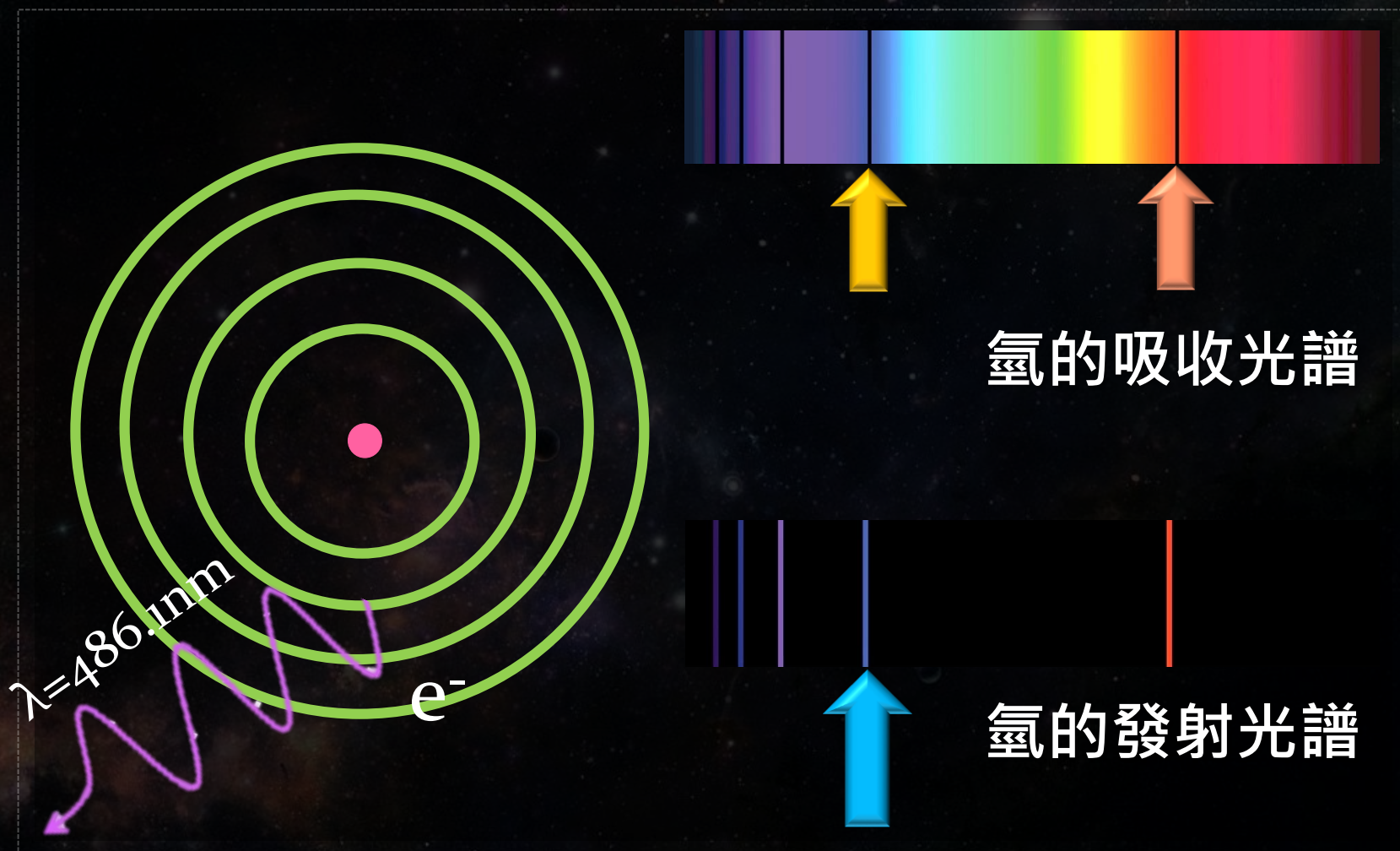
光譜的譜線特徵



光譜的譜線特徵



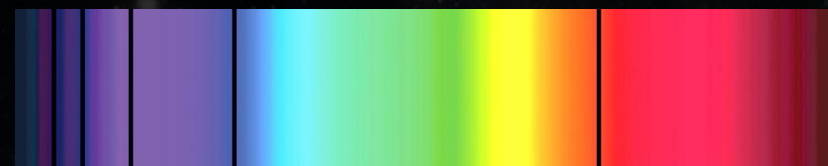
光譜的譜線特徵



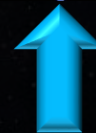
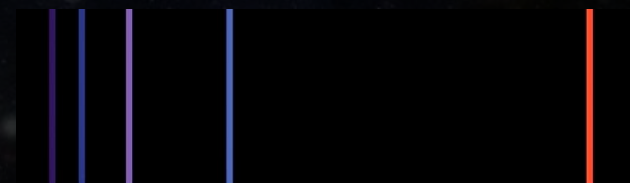
光譜的譜線特徵



如何研究星星
(04 : 44)



氫的吸收光譜



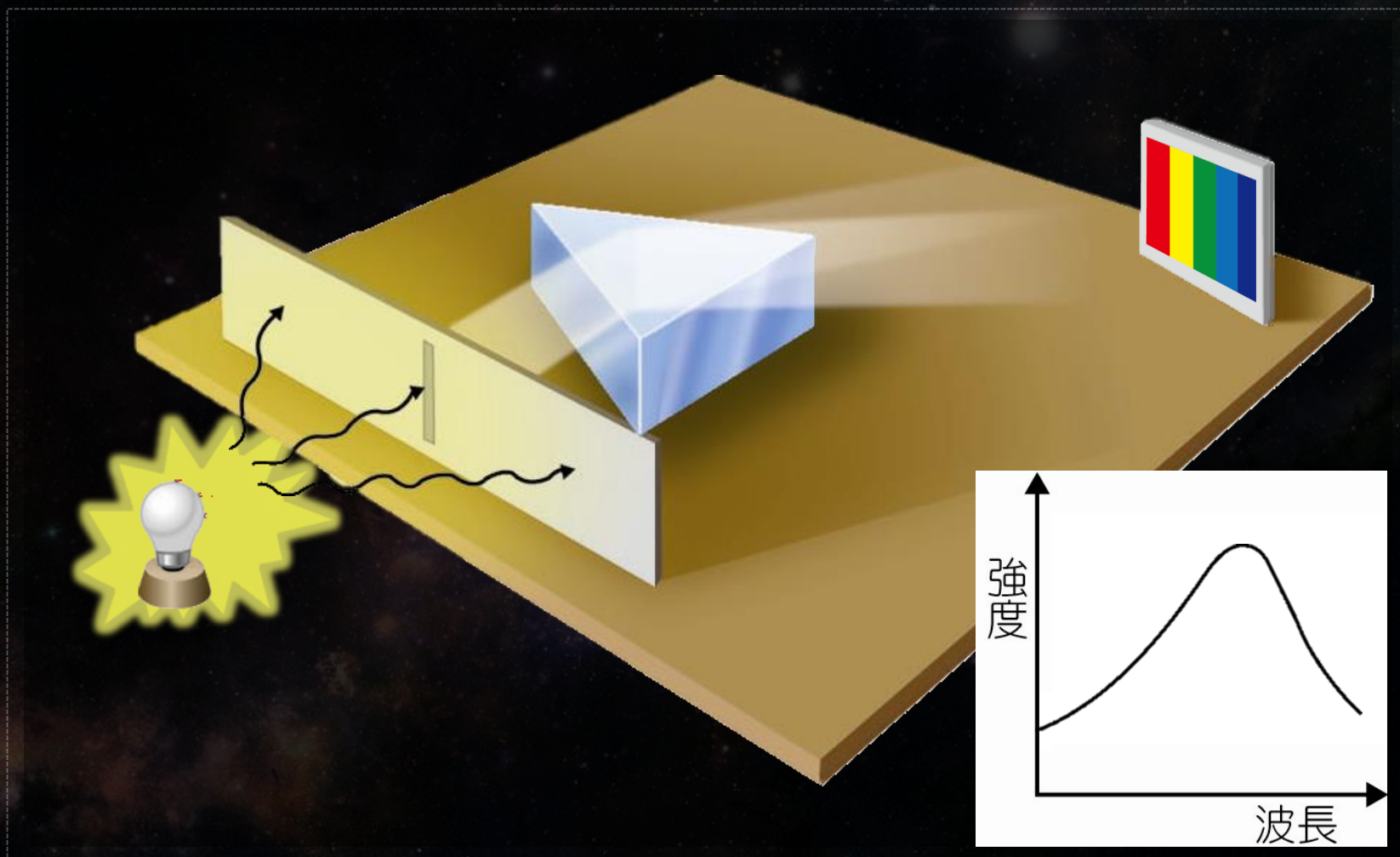
氫的發射光譜



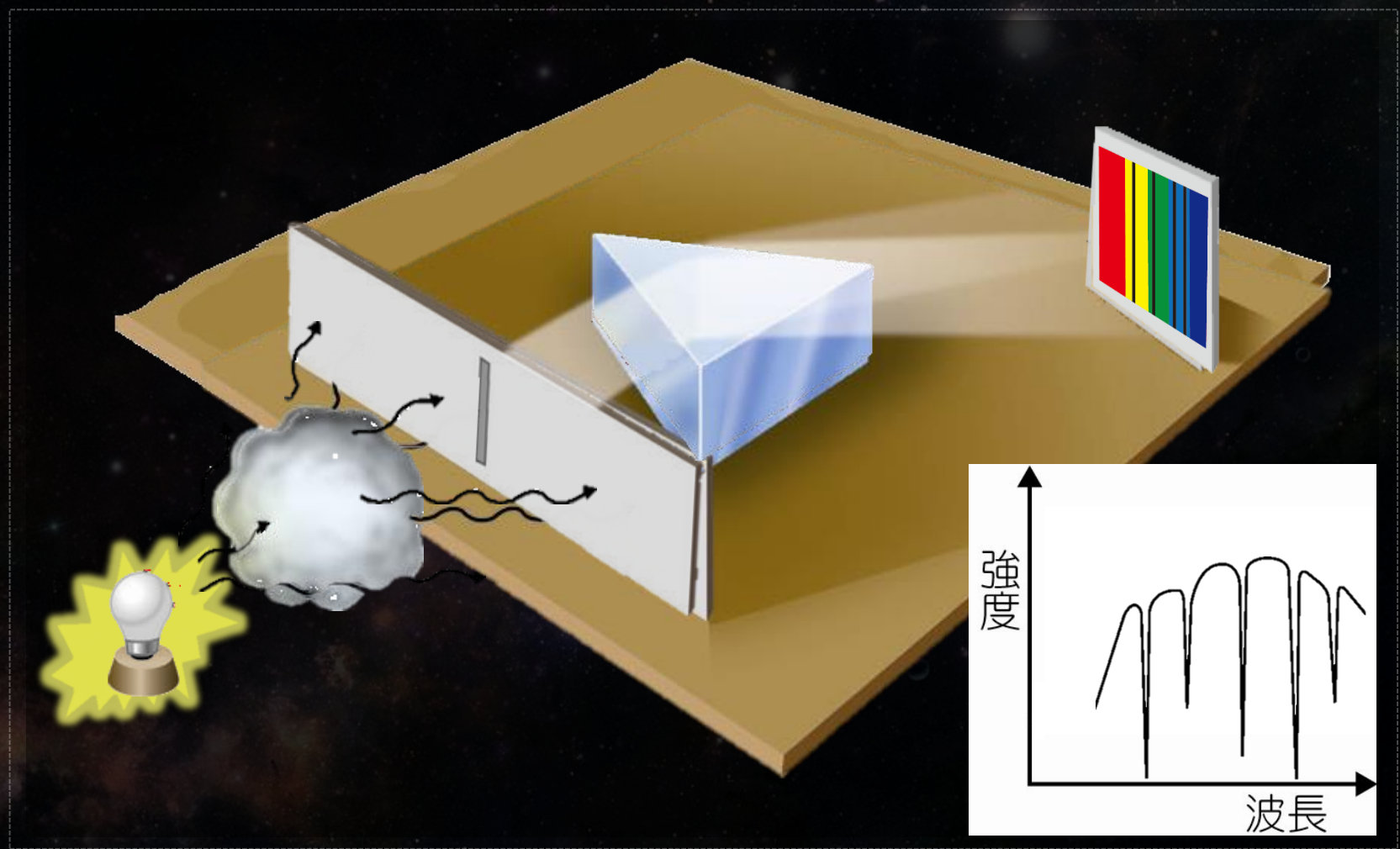
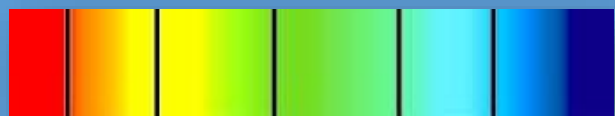
延伸閱讀

十七世紀英國科學家牛頓首先用稜鏡將太陽光分成紅橙黃綠藍靛紫七彩色光。到了十九世紀初，才由德國科學家夫朗和斐(Fraunhofer)在重複牛頓的實驗時，發現太陽光譜中有數百條黑暗的吸收譜線。直到十九世紀中葉，由克希荷夫(Kirchhoff)與本生(Bunsen)的實驗，才了解不同的光譜型態是對應於不同的化學元素。

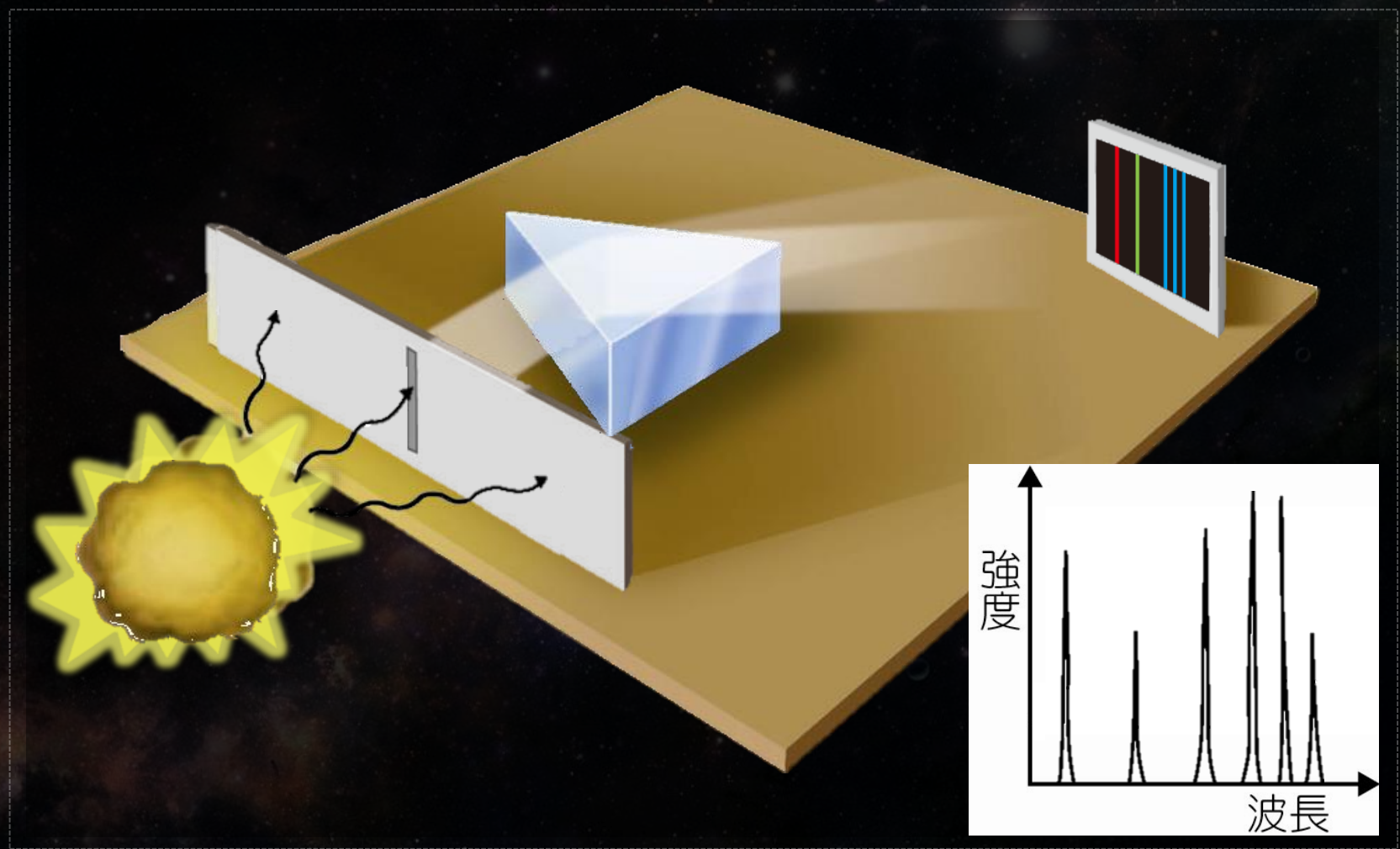
連續光譜



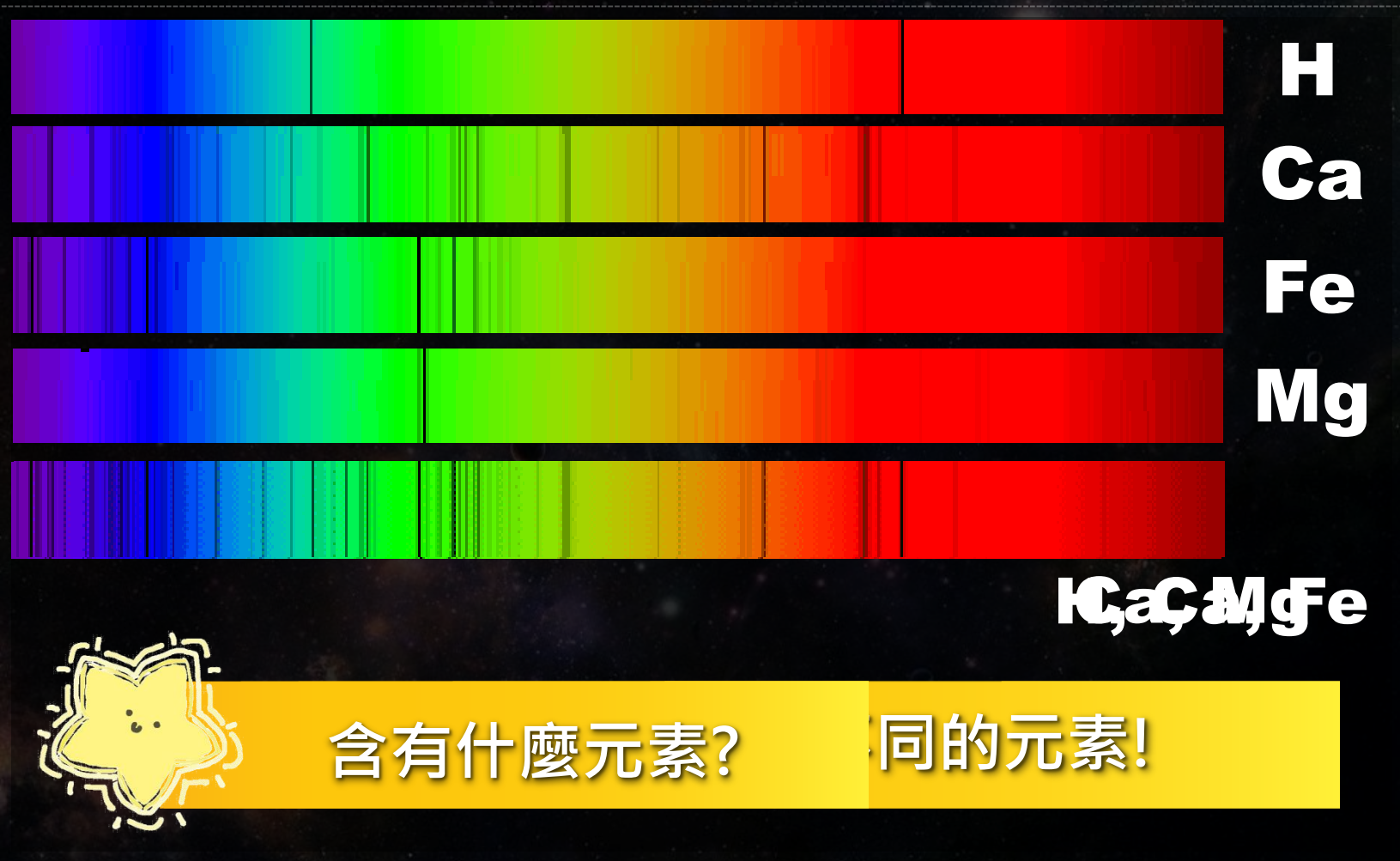
吸收光譜



發射光譜



用光譜推測天體的組成



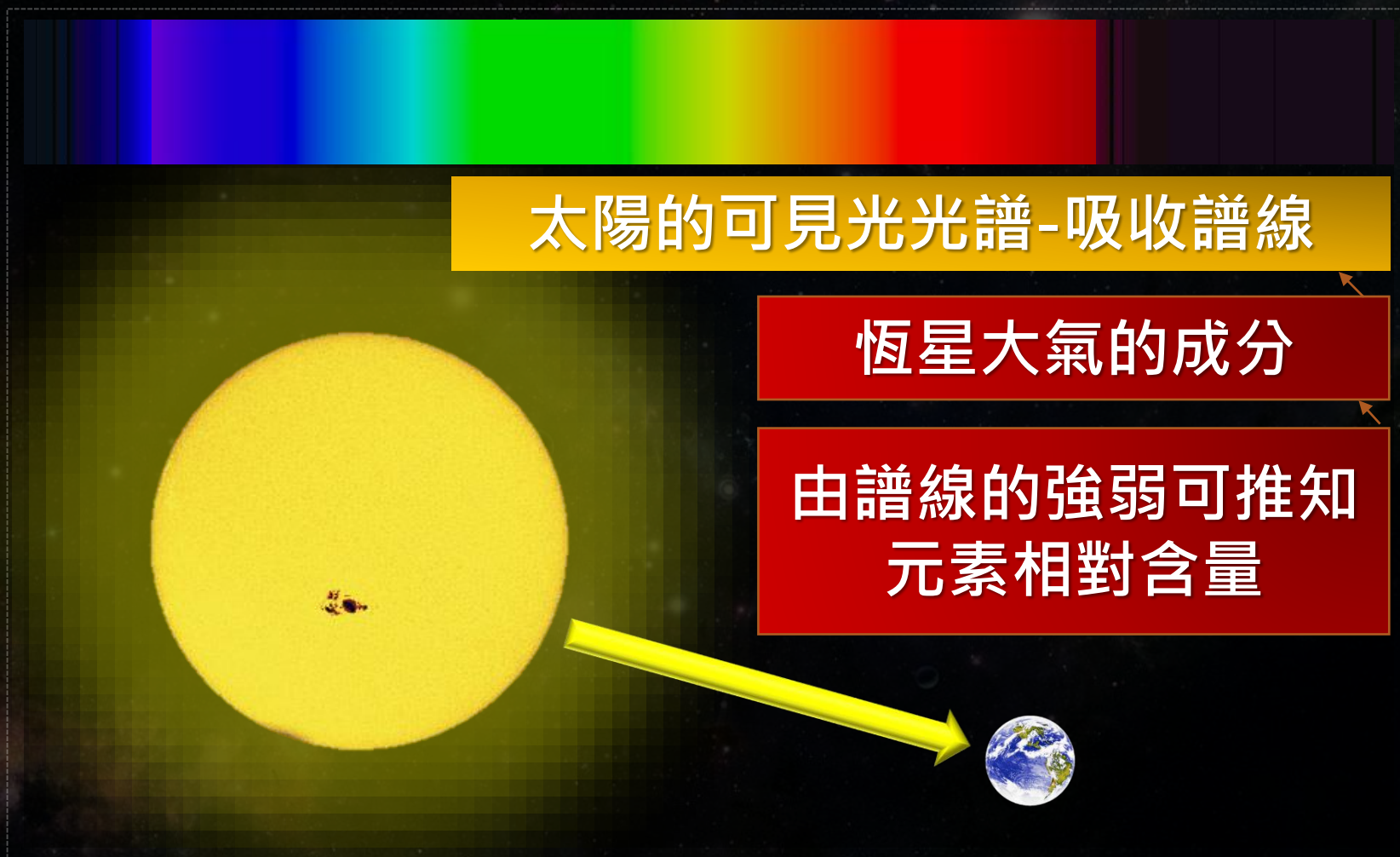


延伸閱讀

科學家一開始並未在地球上分離出氦這種元素，而是在觀測太陽時發現了這種元素。氦的學名為Helium，是源自於太陽的希臘字helio。



用光譜推測天體的組成



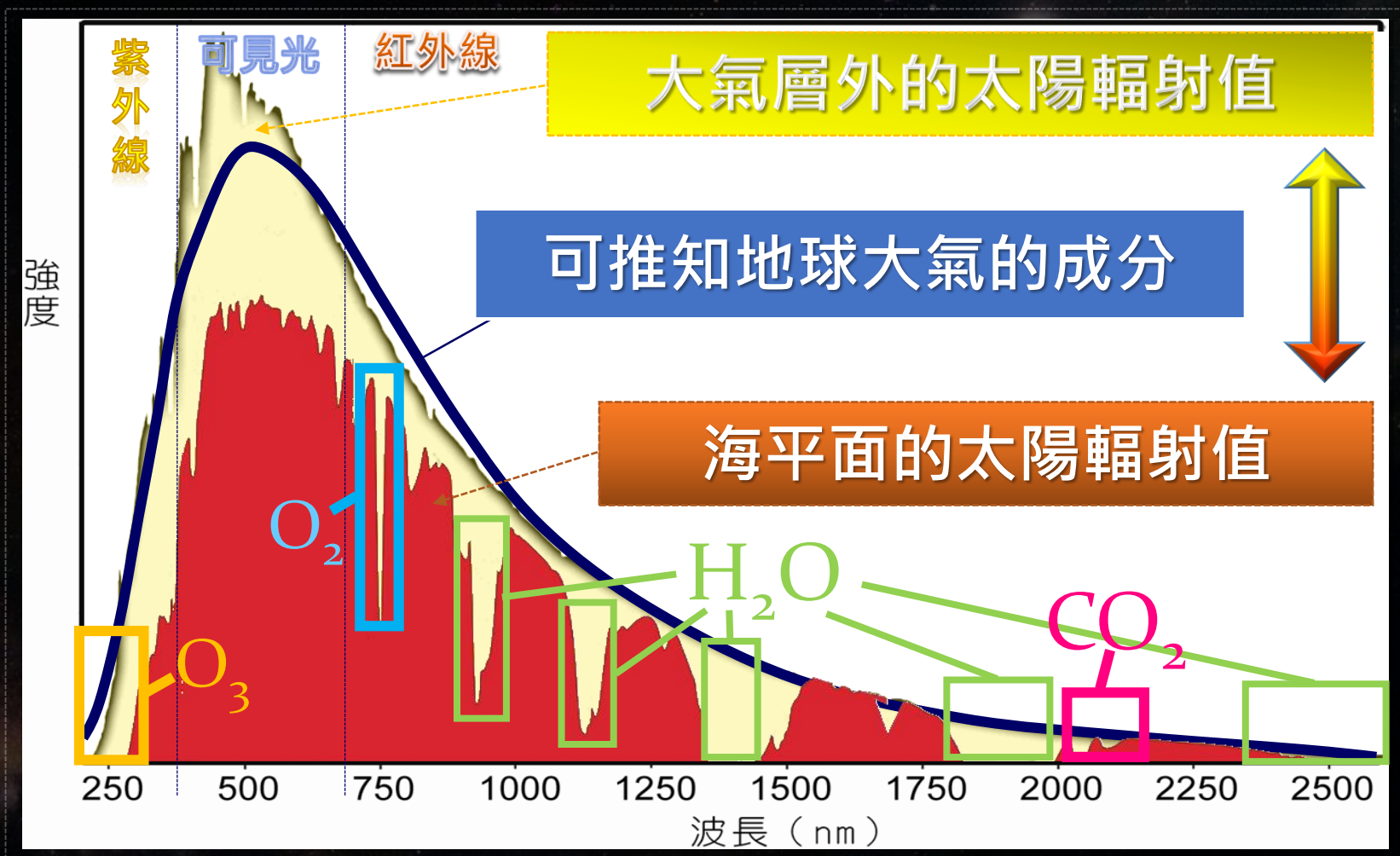
用光譜推測天體的組成



恆星大氣的主成分為氫、氦

再經由理論模型推估
恆星內部的化學組成

用光譜推測天體的組成



恆星光譜分類

有相似吸收譜線的
光譜分成同一群

O型

B型

A型

F型

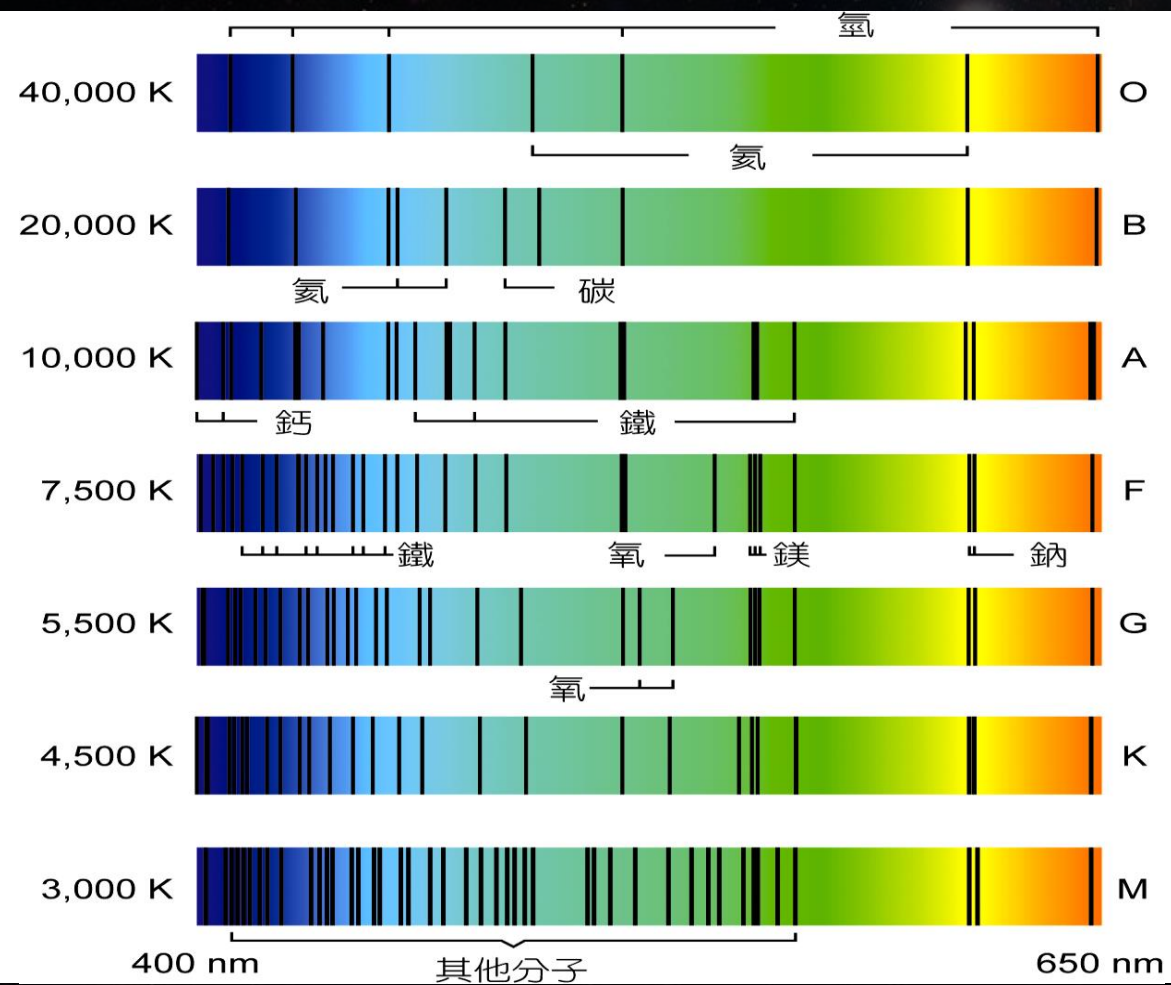
G型

K型

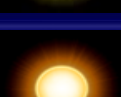
M型

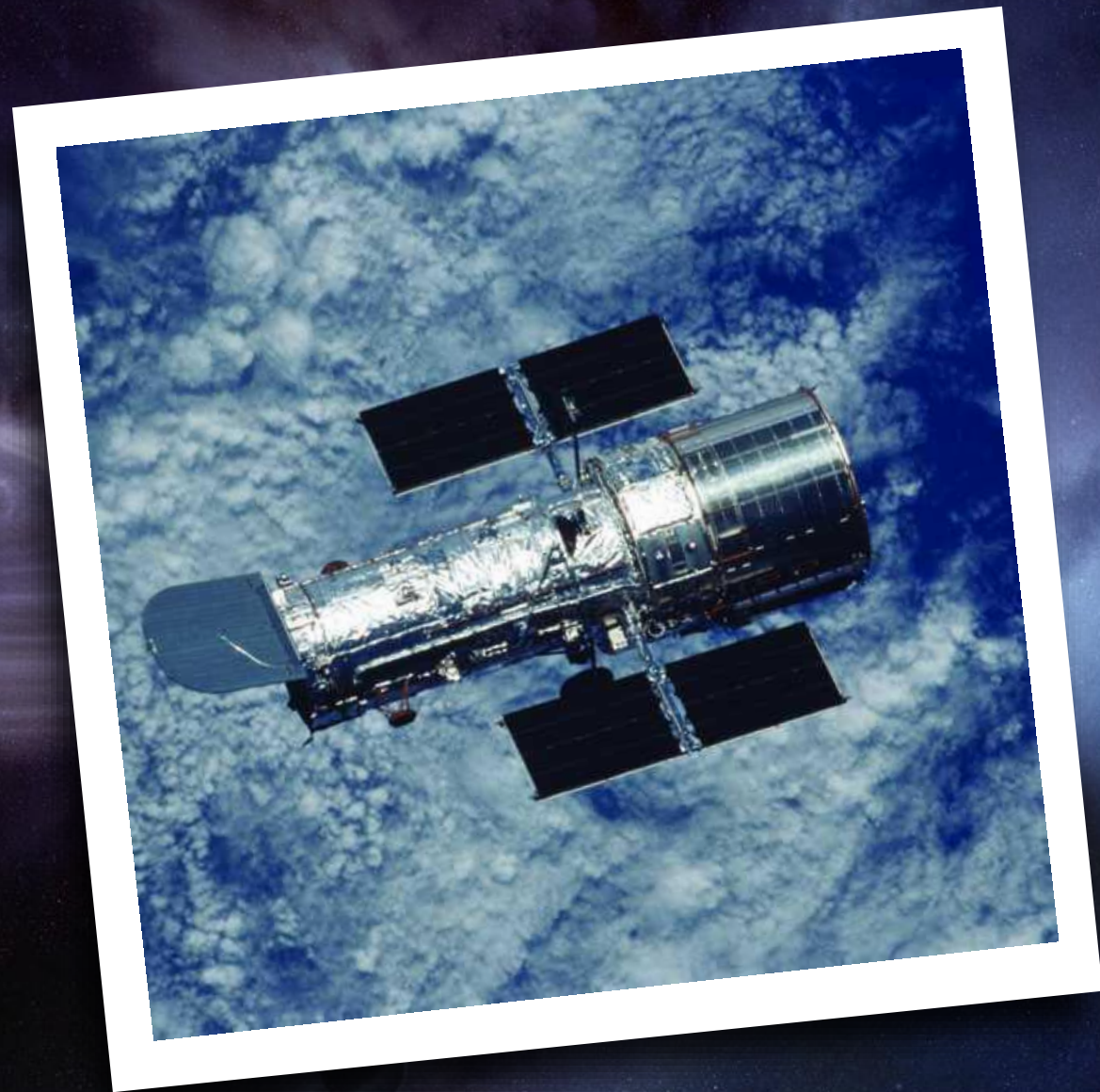
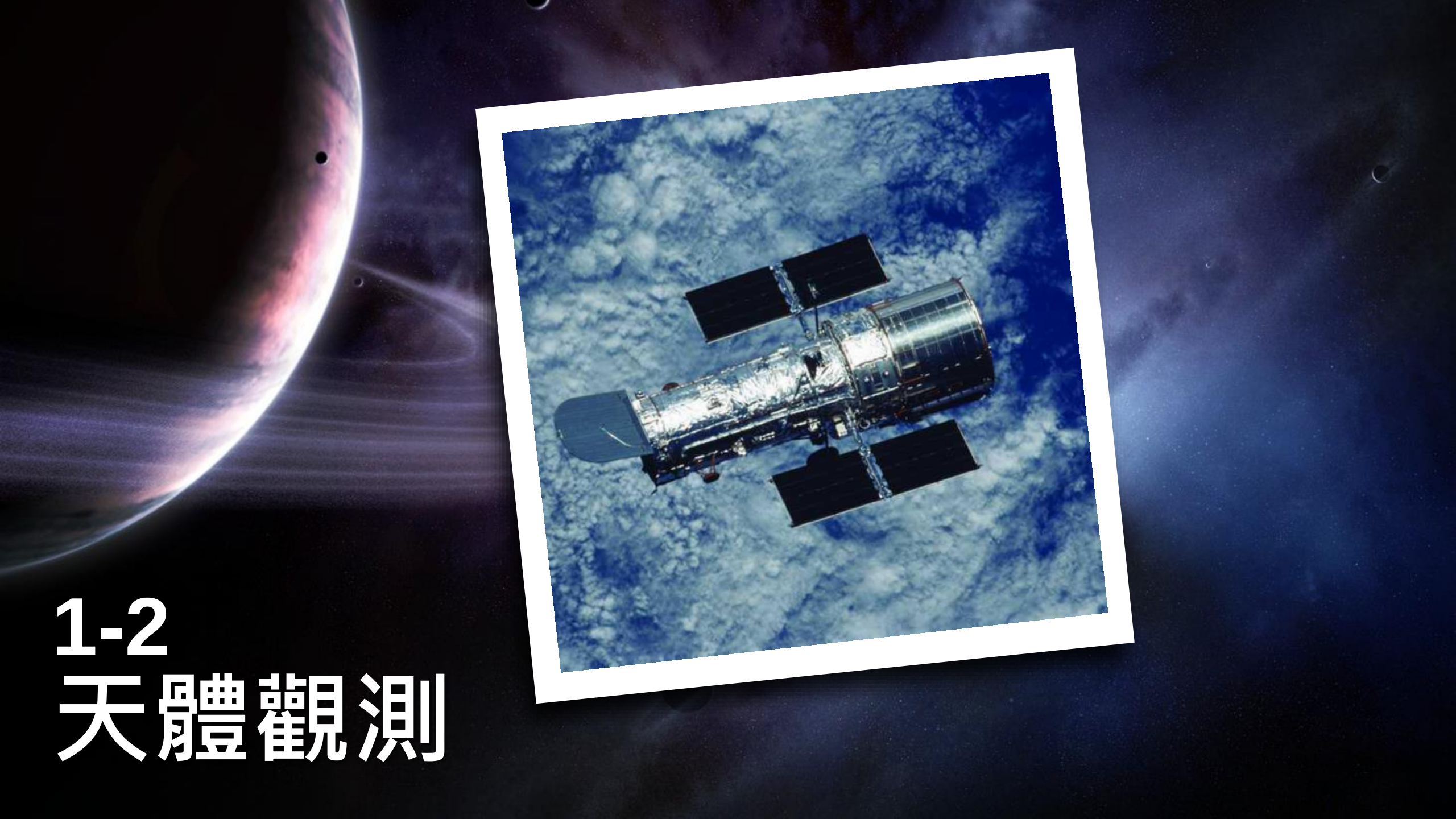
再依譜線亮度的強弱分十個副型

恆星光譜分類



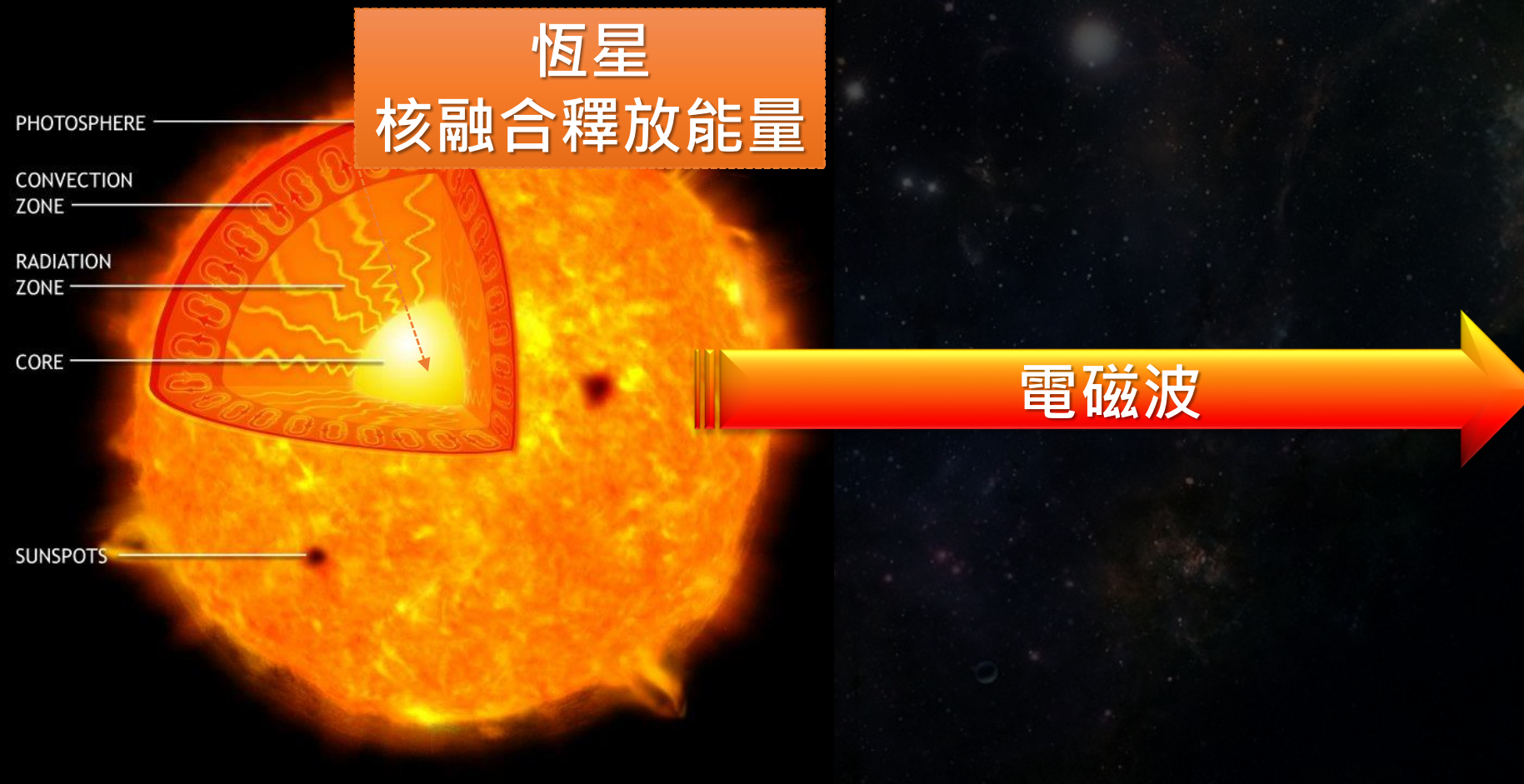
恆星光譜分類

光譜分類	顏色	表面溫度
O型		約40000K
B型		約20000K
A型		約10000K
F型		約7500K
G型		約5500K
K型		約4500K
M型		約3000K



1-2 天體觀測

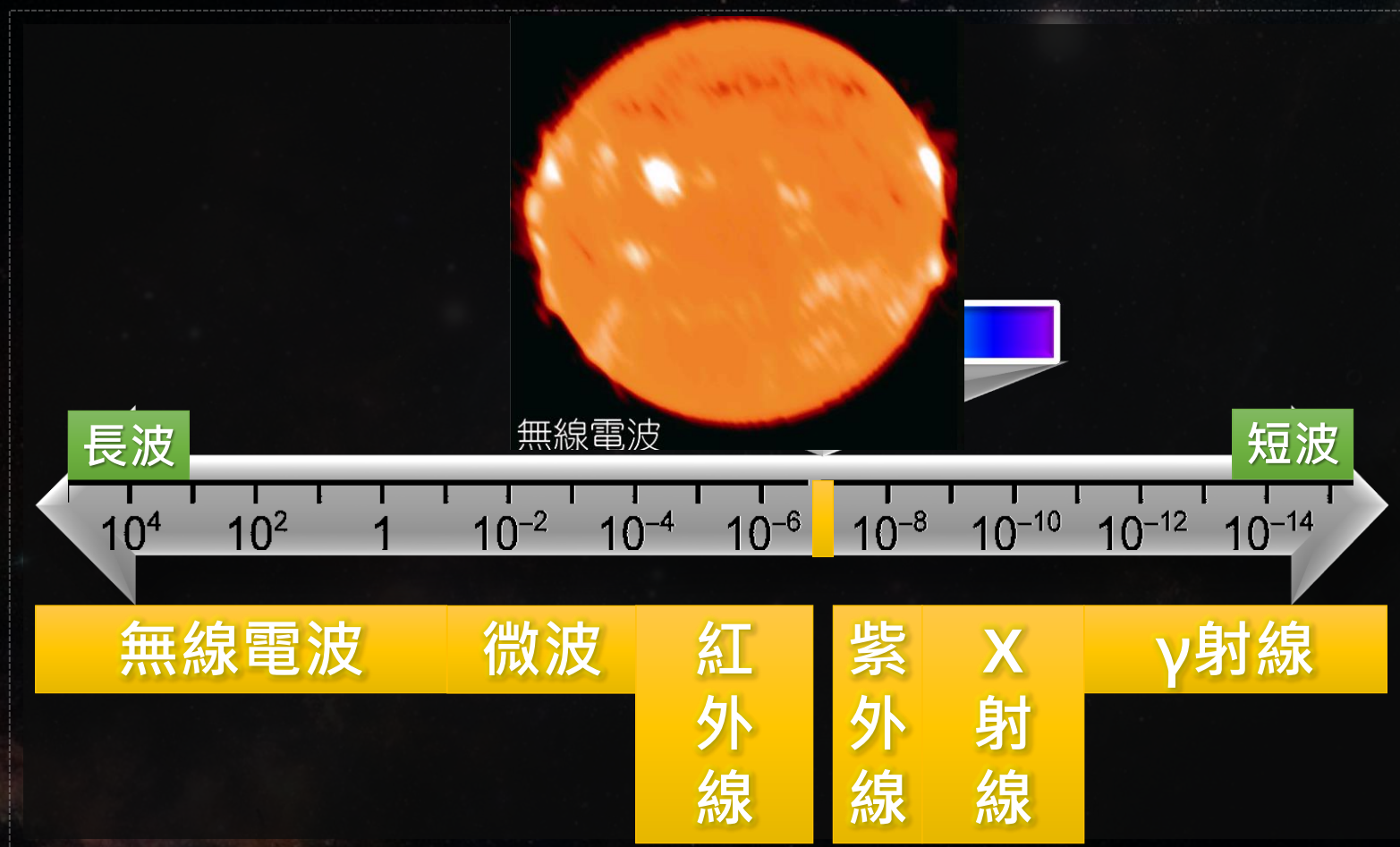
天體輻射



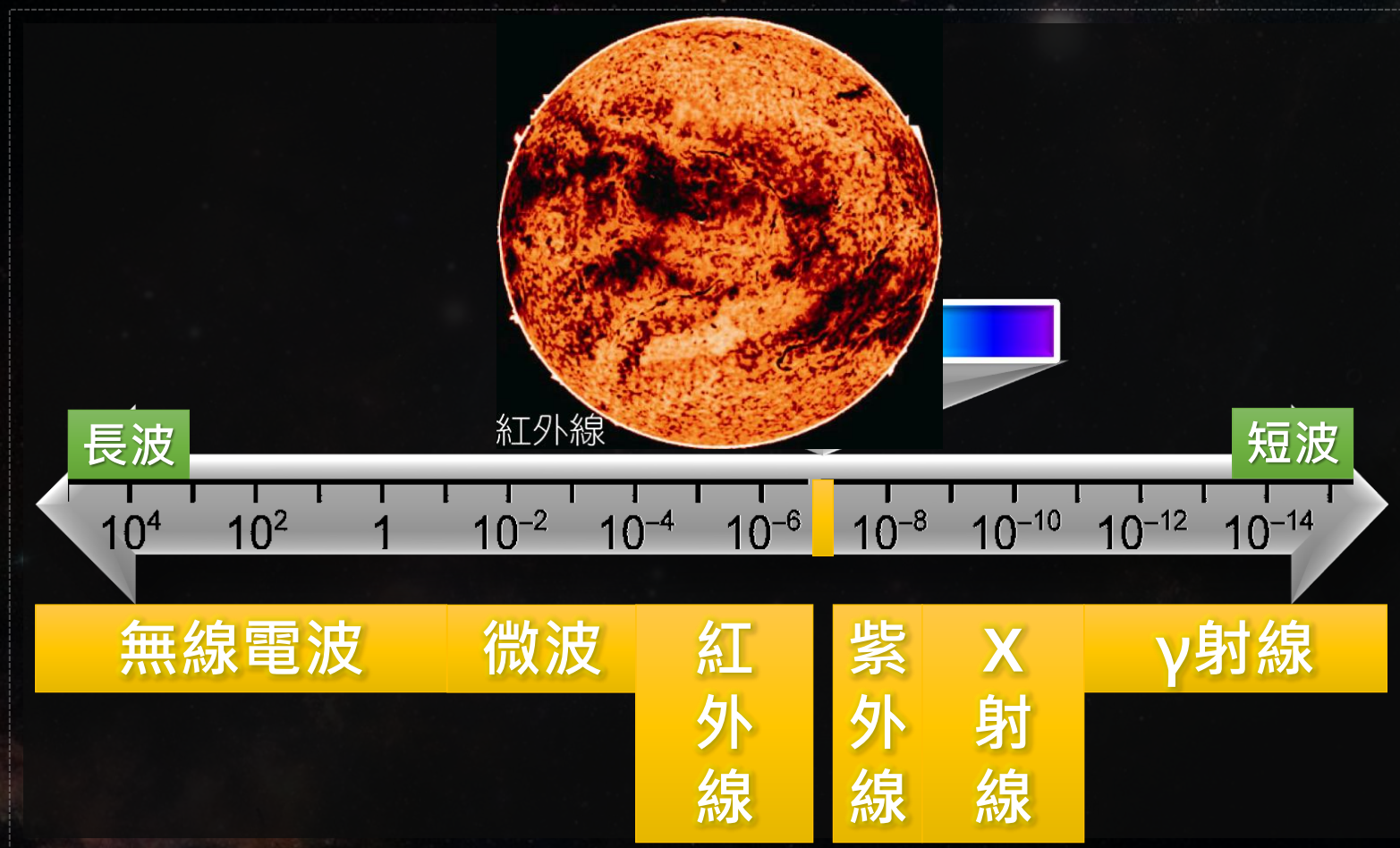
電磁波譜



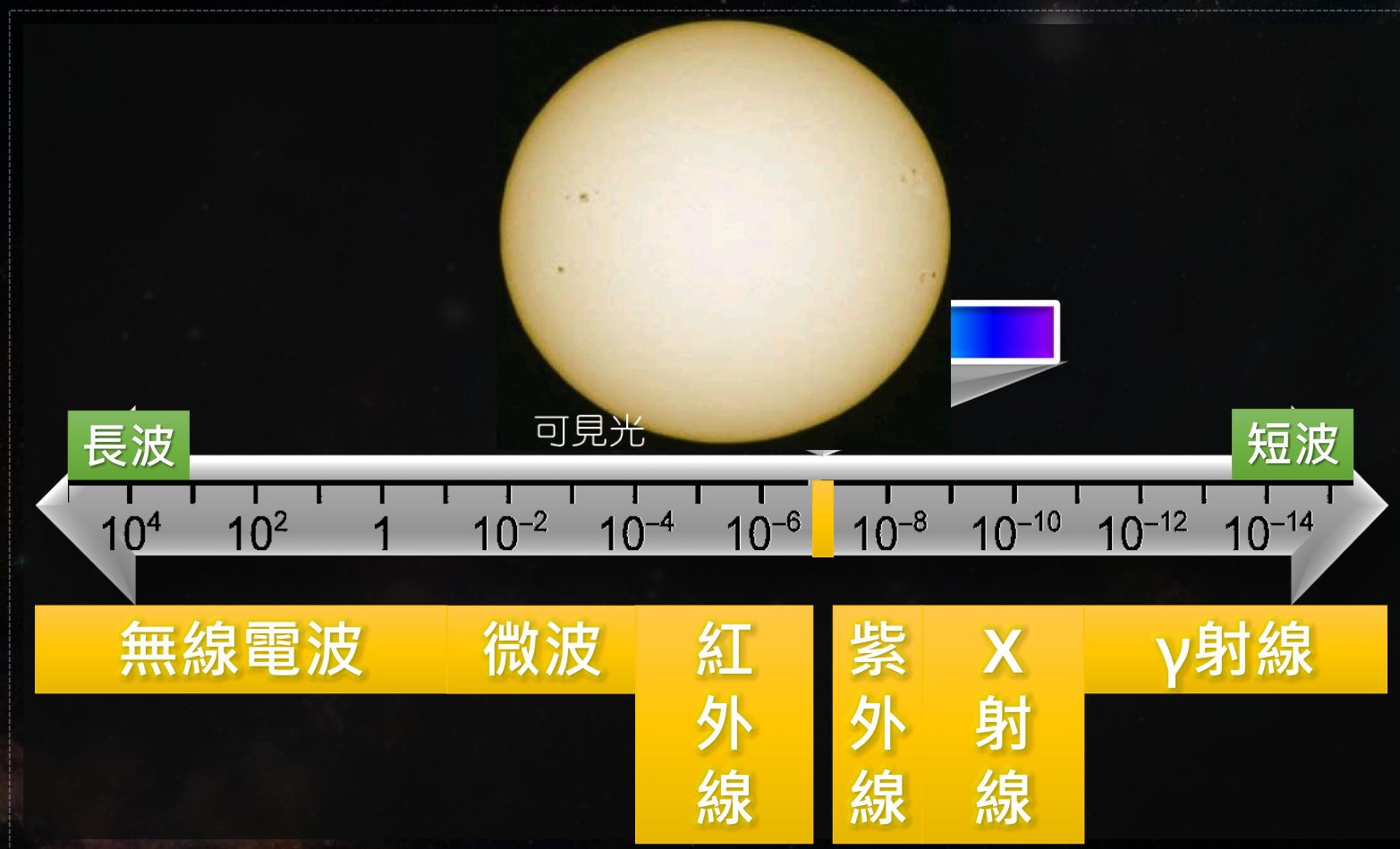
不同波段觀測，提供不同訊息



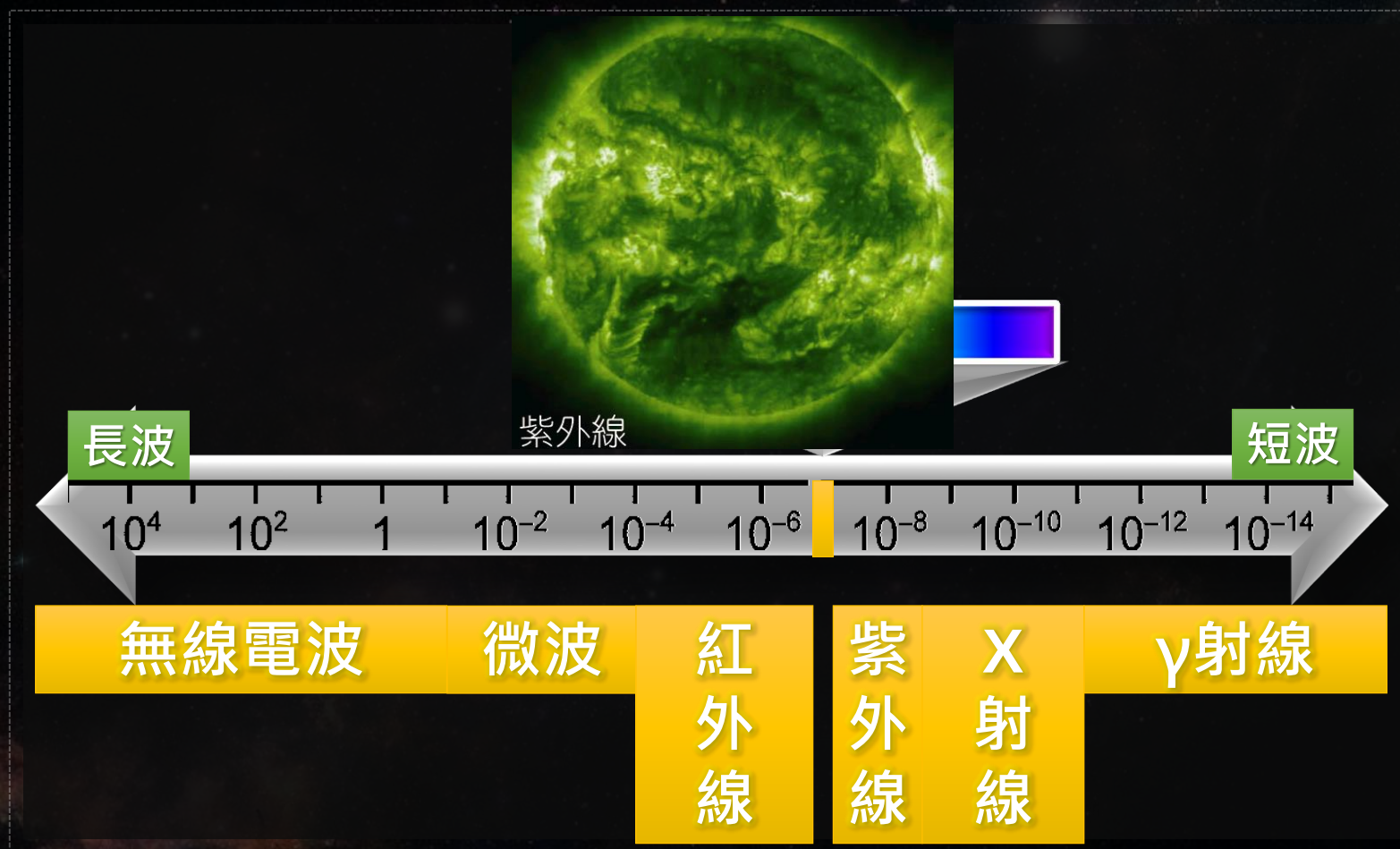
不同波段觀測，提供不同訊息



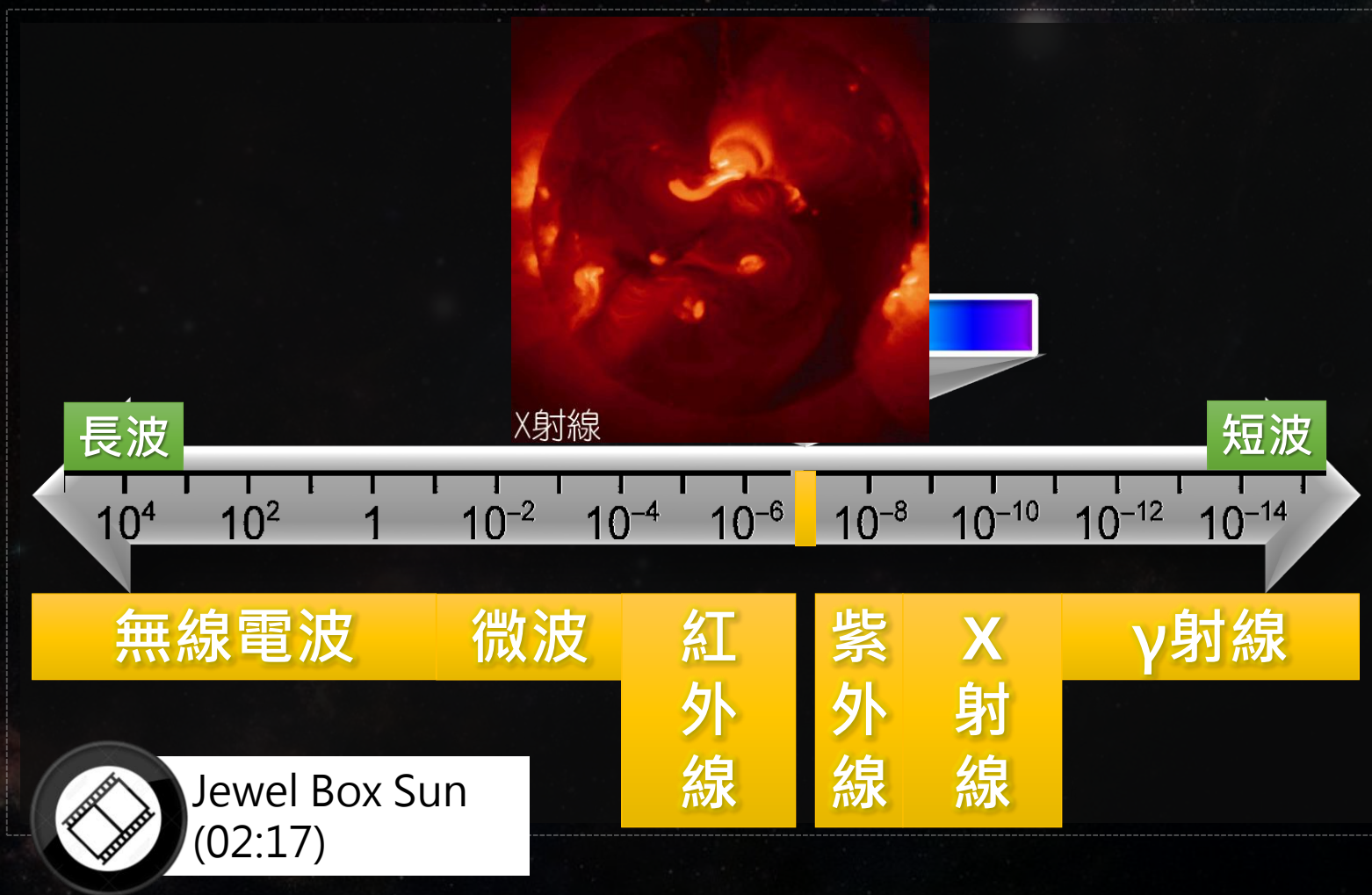
不同波段觀測，提供不同訊息



不同波段觀測，提供不同訊息



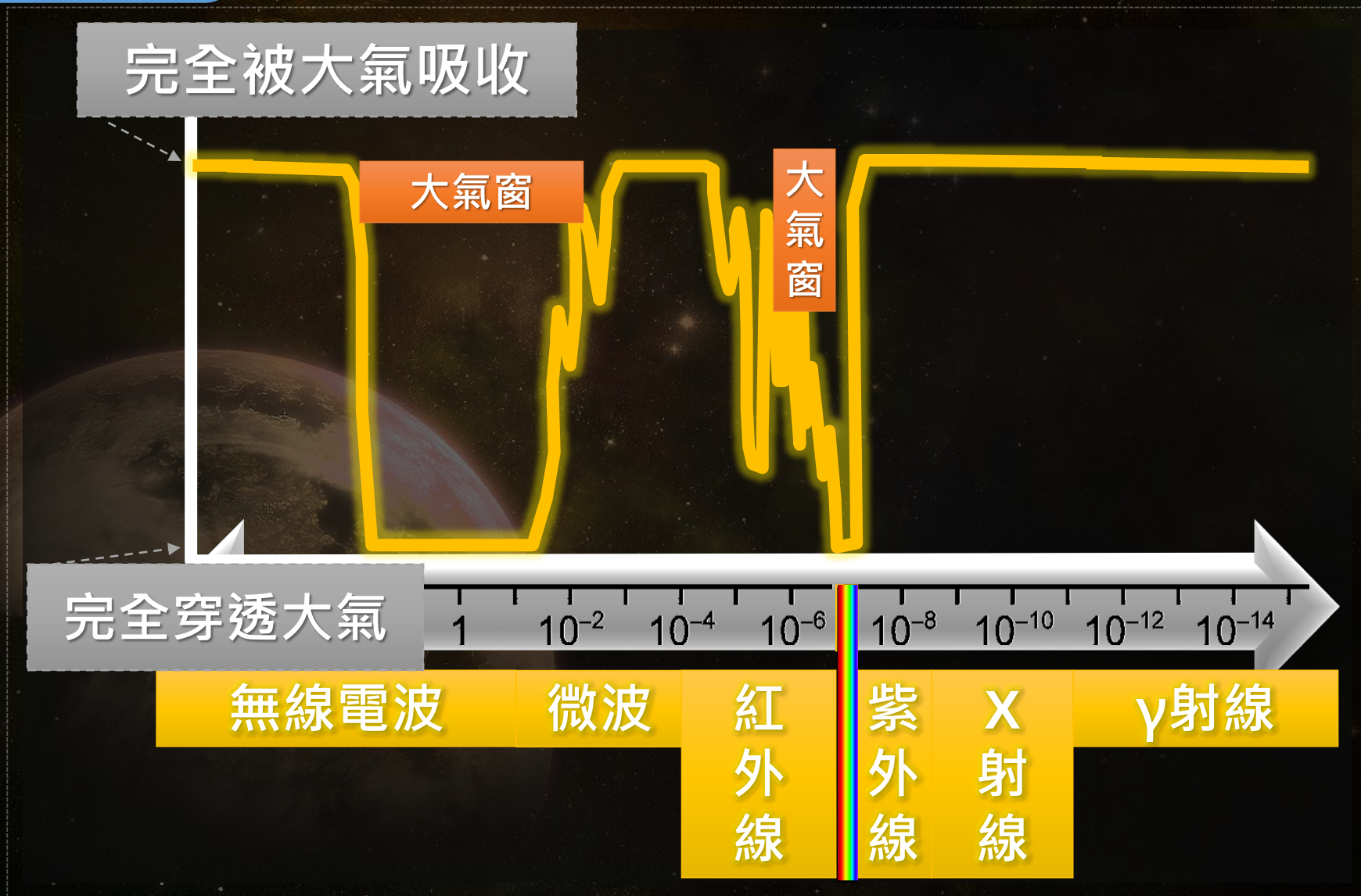
不同波段觀測，提供不同訊息



不同波段觀測，提供不同訊息

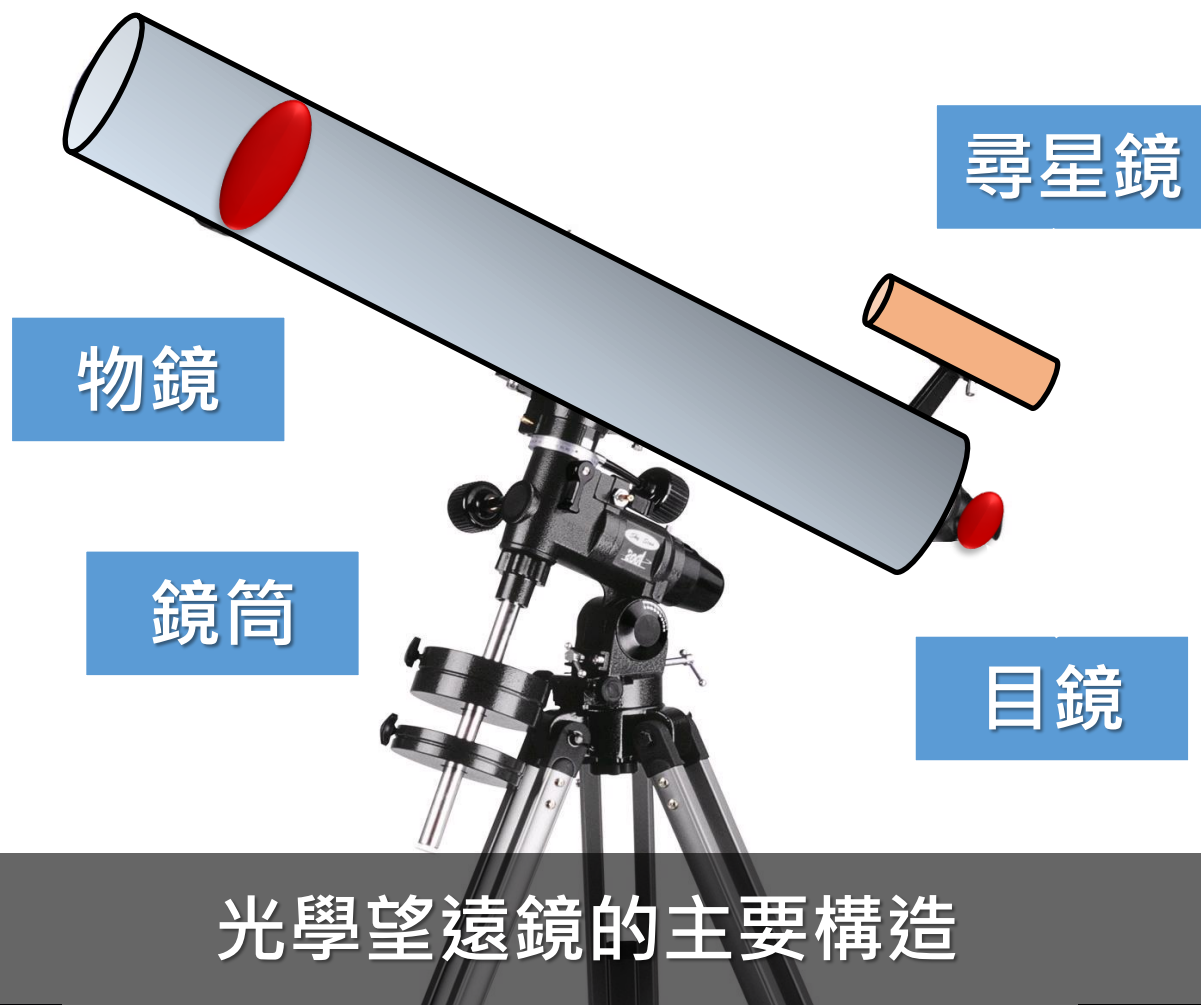


大氣窗





光學望遠鏡的種類



光學望遠鏡的主要構造



延伸閱讀

尋星鏡

因望遠鏡放大倍率較大，所見視野相對減少，因此須借助倍率較小、視野較大的尋星鏡來幫助尋找目標。在使用望遠鏡之前，必須先調整尋星鏡，使之與主鏡對準遠方相同的物體，確定尋星鏡與主鏡視野中心是望向相同的目標。



光學望遠鏡的種類

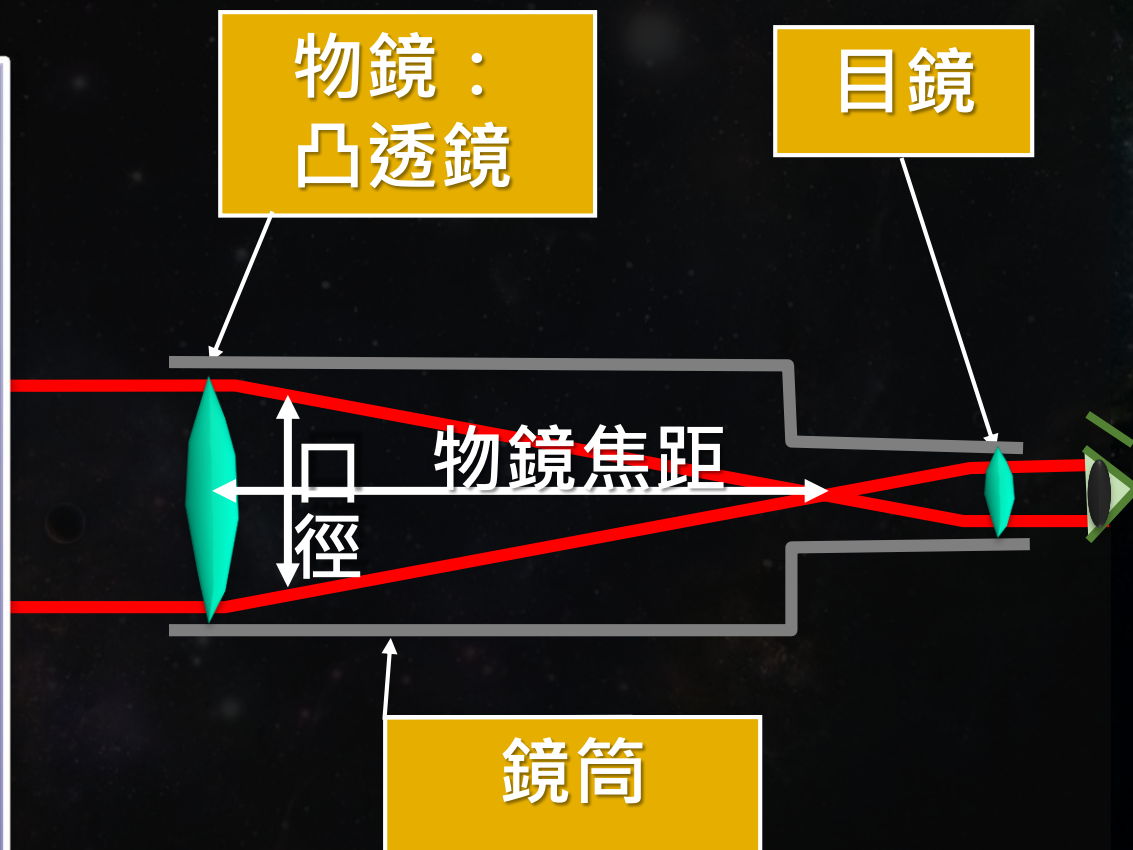
折射式

1. 光的折射而成像
2. 主鏡：透鏡

反射式

1. 光的反射而成像
2. 主鏡：面鏡

折射式



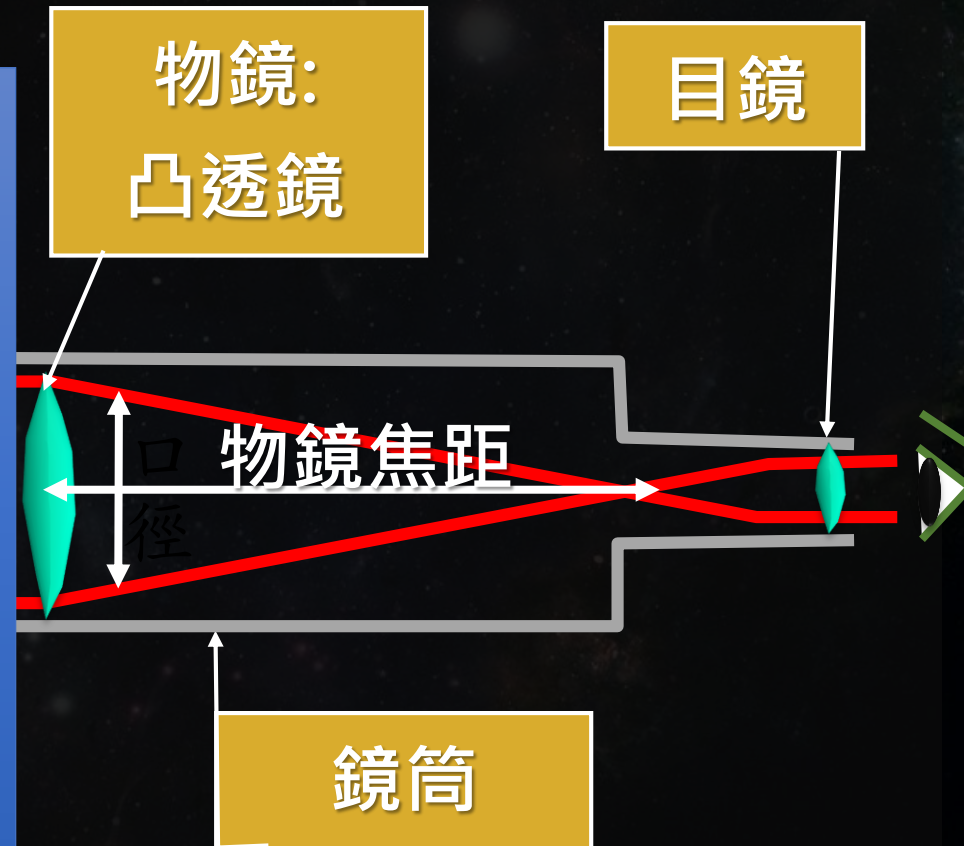
折射式

優點：

- ✓ 成像銳利
- ✓ 維護容易

缺點：

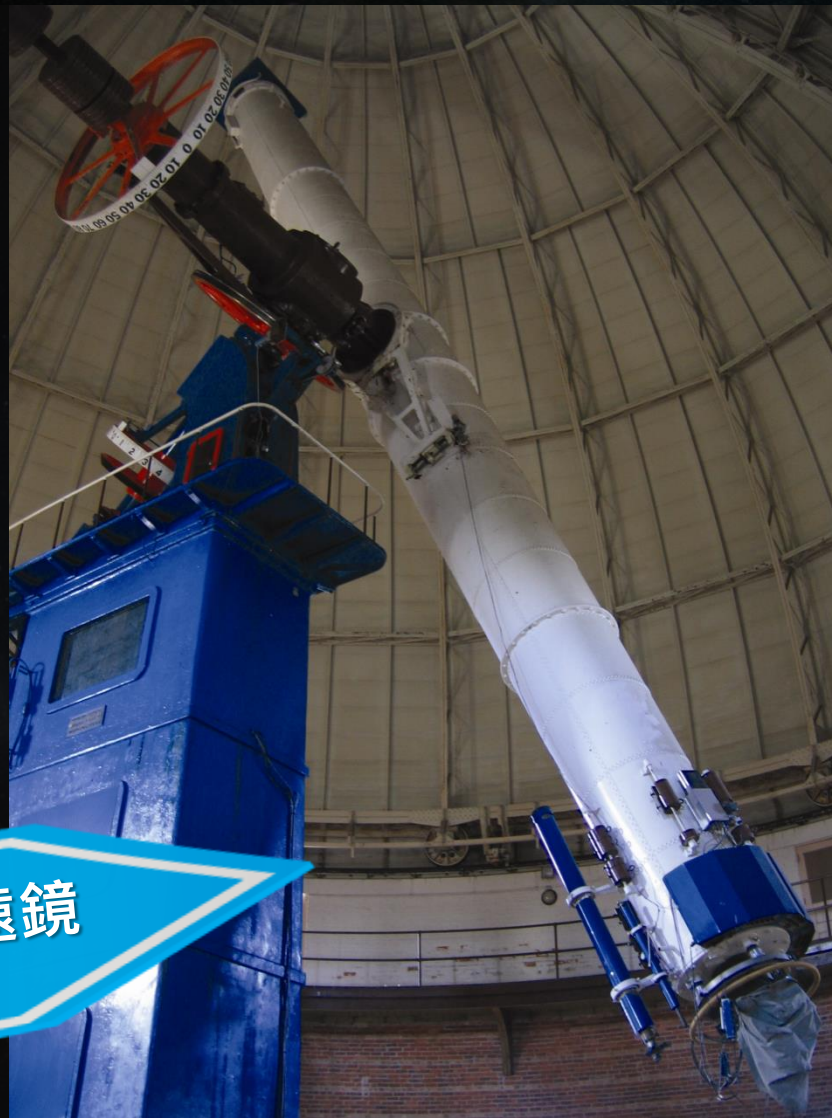
- ✓ 色差大
- ✓ 大口徑透鏡不易磨製
- ✓ 鏡筒長不易架設



芝加哥大學 葉凱士天文台

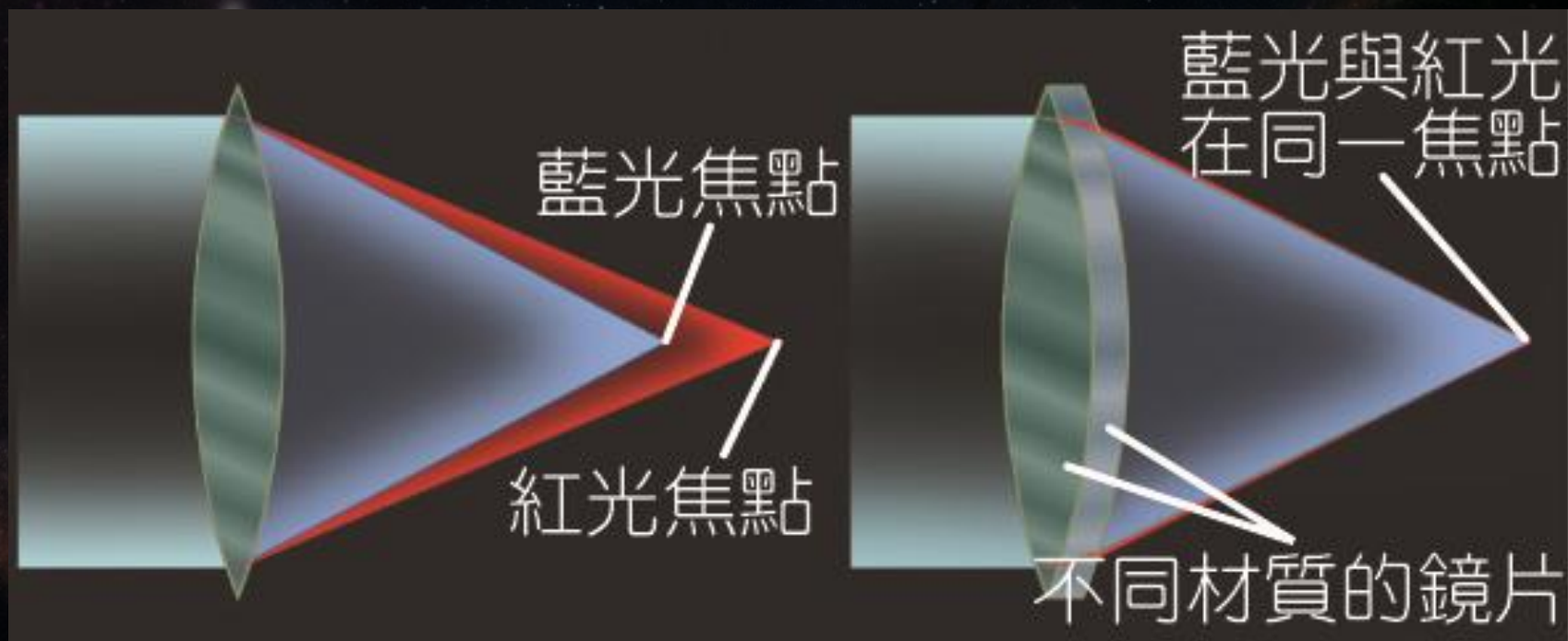


最大的折射式望遠鏡
口徑約1公尺

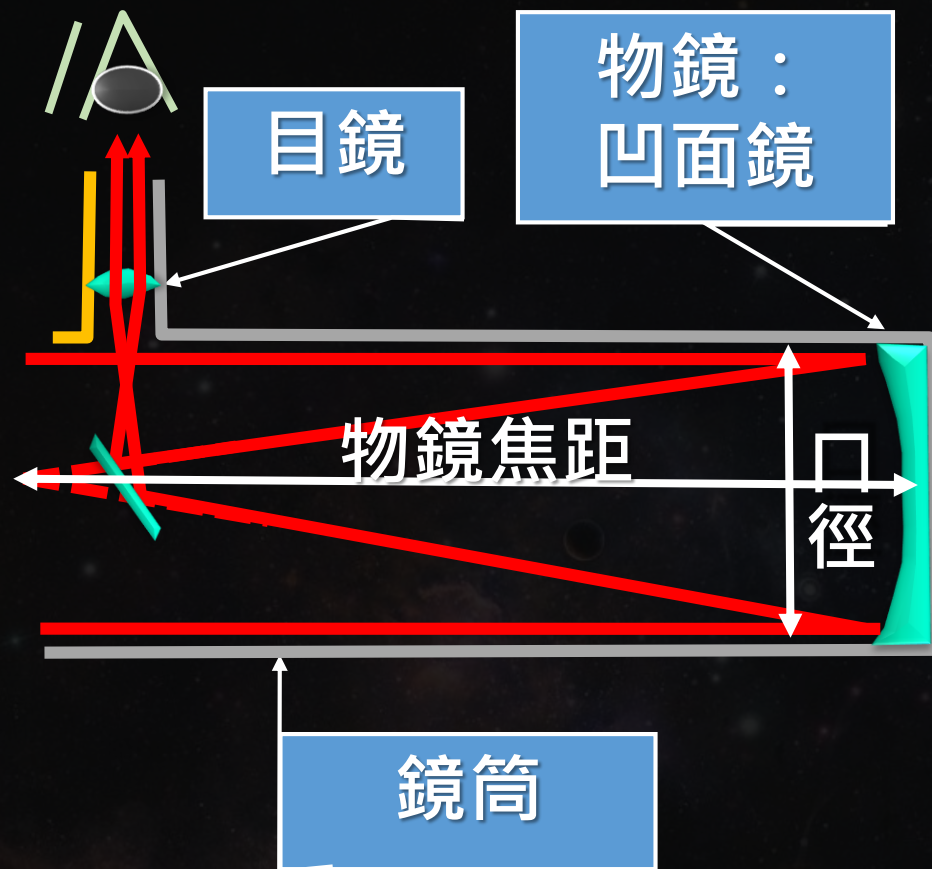


色差

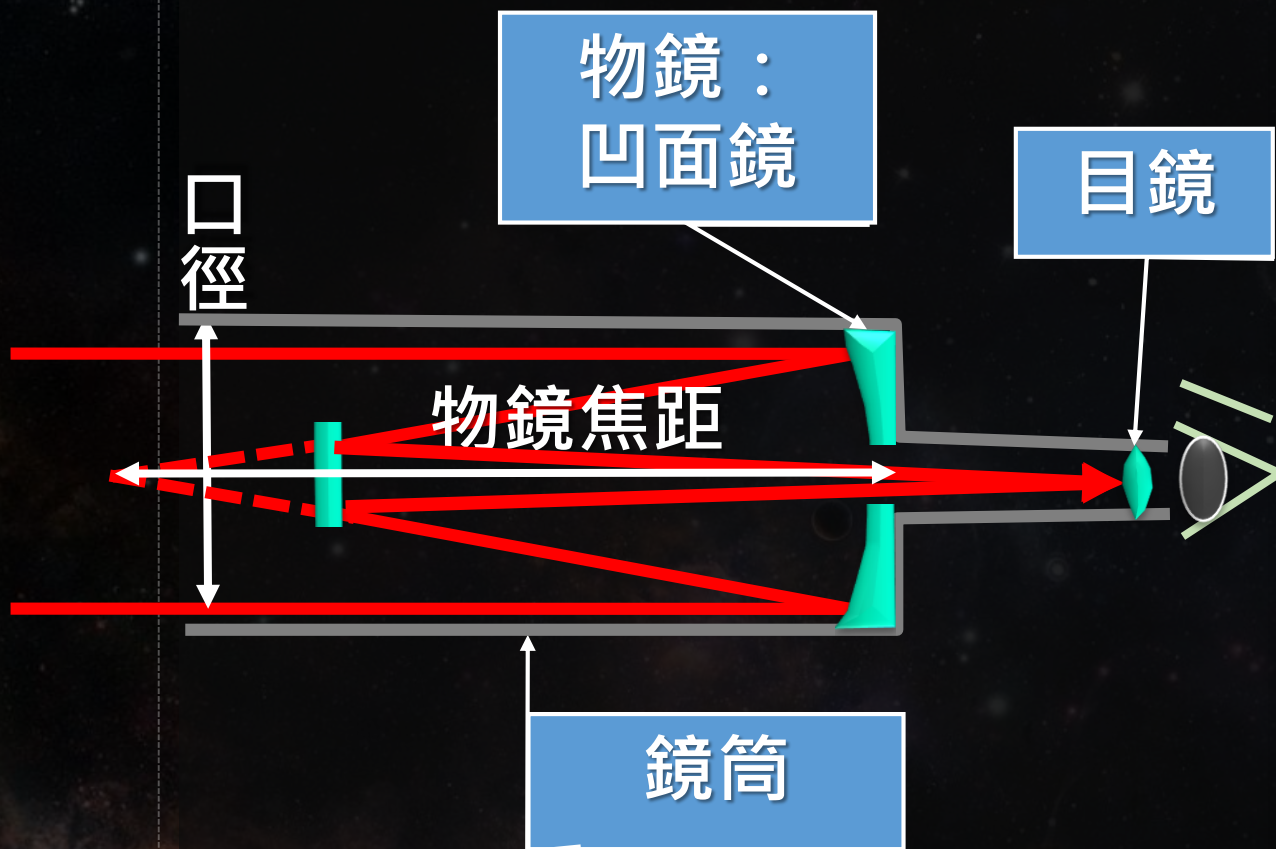
光在穿過透鏡時，因為各色光波速不同，會有不同的折射角度，造成無法聚焦於一點，形成「色差」。一般解決方式是再加上一片鏡片來修正，讓不同色光能儘量聚焦在同一點上。

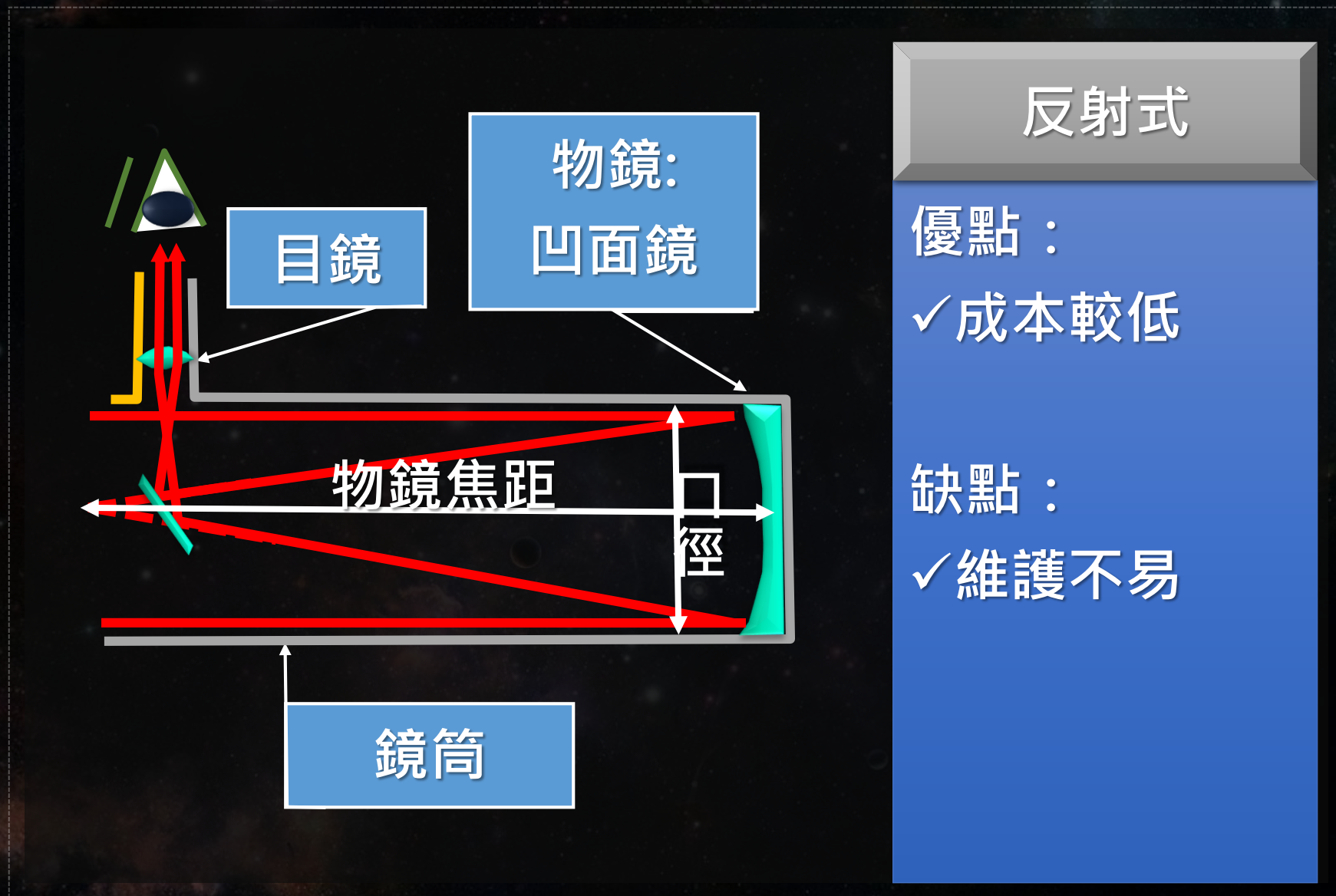


牛頓式

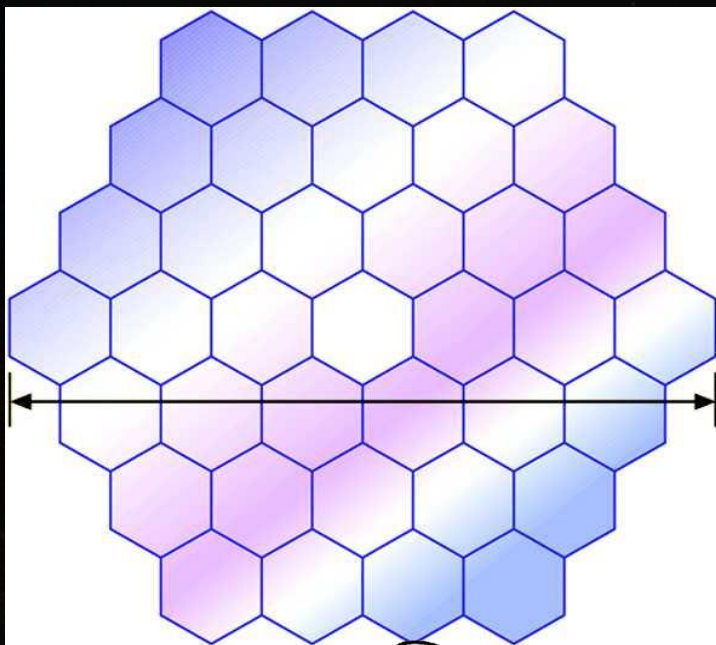


蓋塞格林式





加那利大型望遠鏡



最大的反射式望遠鏡
有效口徑約10.4公尺



延伸閱讀

赤道儀與經緯儀

因地球由西向東自轉，天體會有東升西落的現象。當長時間觀測天體時，必須將望遠鏡架在赤道儀或經緯儀上來追蹤天體。



延伸閱讀

赤道儀與經緯儀

赤道儀是一個模擬地球自轉的儀器，使用時將赤道儀的極軸對準天北極，使極軸與地球自轉軸平行，再透過馬達使赤道儀以與地球自轉速率相同但方向相反的速度繞極軸轉動，以抵消地球自轉造成的影響，使天體長時間停留在望遠鏡的視野中。



延伸閱讀

赤道儀與經緯儀

經緯儀則是透過馬達同時調整方位角與仰角來追蹤天體。

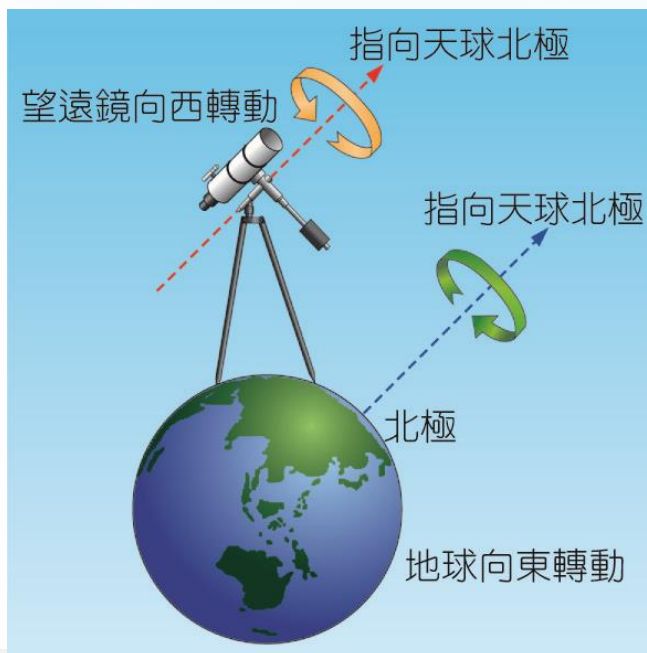


延伸閱讀

赤道儀與經緯儀



(a)架在赤道儀上的
折射式望遠鏡



(b)赤道儀的運作原
理



(c)架在經緯儀上的
反射式望遠鏡

光學望遠鏡的功能

▼ 聚光能力

▼ 解析能力

▼ 放大能力

▼ 聚光能力

1. 收集光線使
影像更明亮

2. 口徑愈大集
光力愈好

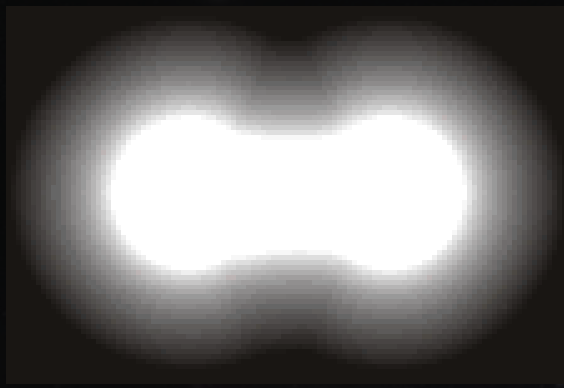


集光力佳



在黑暗中，人眼瞳孔的最大直徑約為
0.8 cm，一台口徑24 cm的望遠鏡的聚光能
力是人眼的幾倍？





▼ 解析能力



1. 看得更清晰



2. 口径愈大解析力愈好



望遠鏡的功能



進入鏡筒的光為定值，
影像放大愈大，
將資訊分散在較大的範圍，
使影像變暗
解析力變差

▼ 放大能力

1. 使影像變大

2. 倍率 =

物鏡的焦距

目鏡的焦距

光學望遠鏡的功能

▼ 聚光能力

1. 收集光線使影像更明亮
2. 口徑愈大集光力愈好

▼ 解析能力

1. 看得更清晰
2. 口徑愈大解析力愈好

▼ 放大能力

1. 使影像變大
2. 倍率 =
$$\frac{\text{物鏡的焦距}}{\text{目鏡的焦距}}$$

無線電波望遠鏡

無線電波

微弱的訊號

大口徑

阿雷西波望遠鏡,口徑305公尺



無線電波望遠鏡

無線電波

微弱的訊號

陣列

臺灣參與的次毫米陣列與阿塔卡
瑪大型毫米波及次毫米波陣列



ALMA望遠鏡
(01 : 13)



【地球證詞導讀】
陣列望遠鏡(03:12)

地表觀測的限制

地面觀測

可見光
望遠鏡

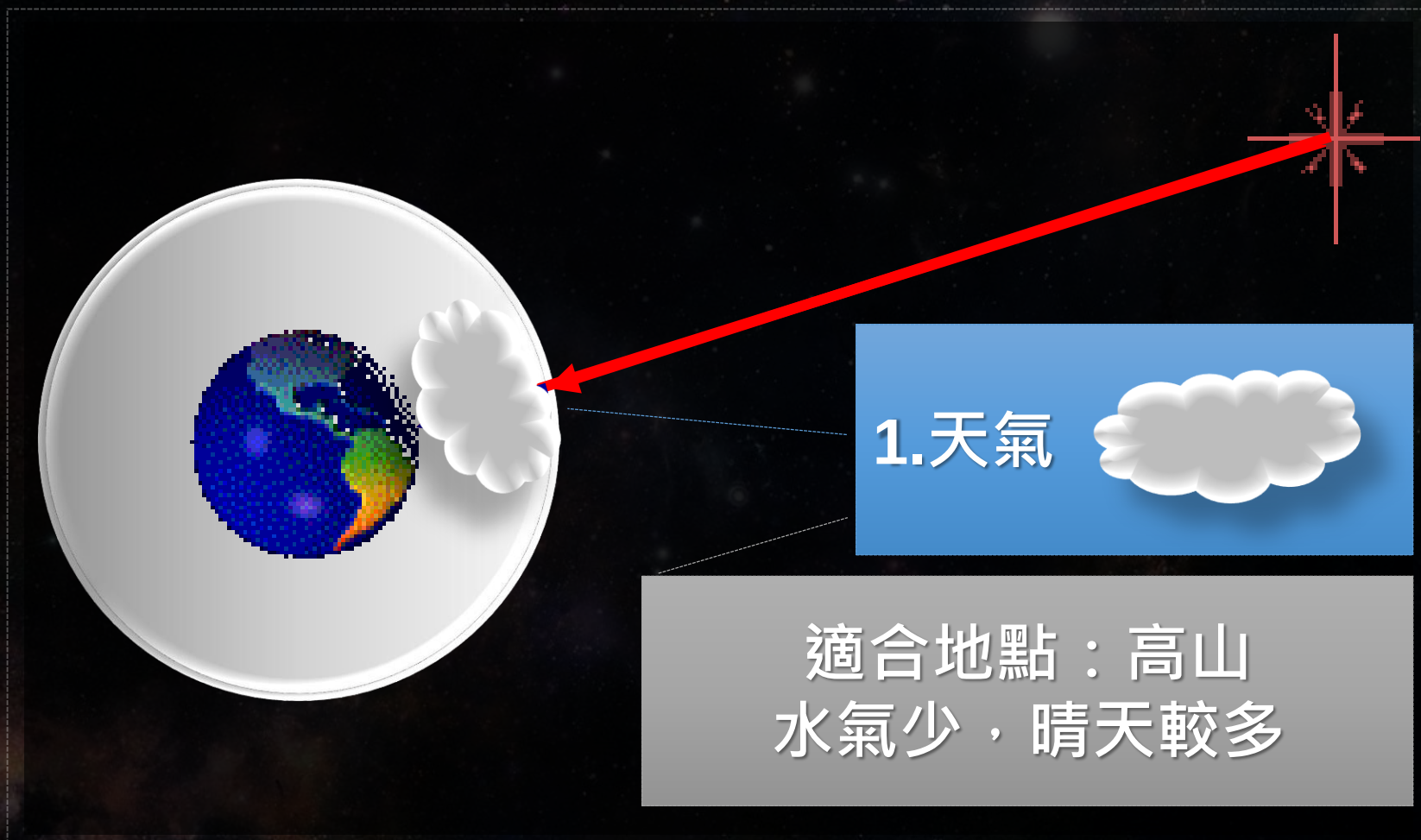
紅外線
望遠鏡

無線電波
望遠鏡

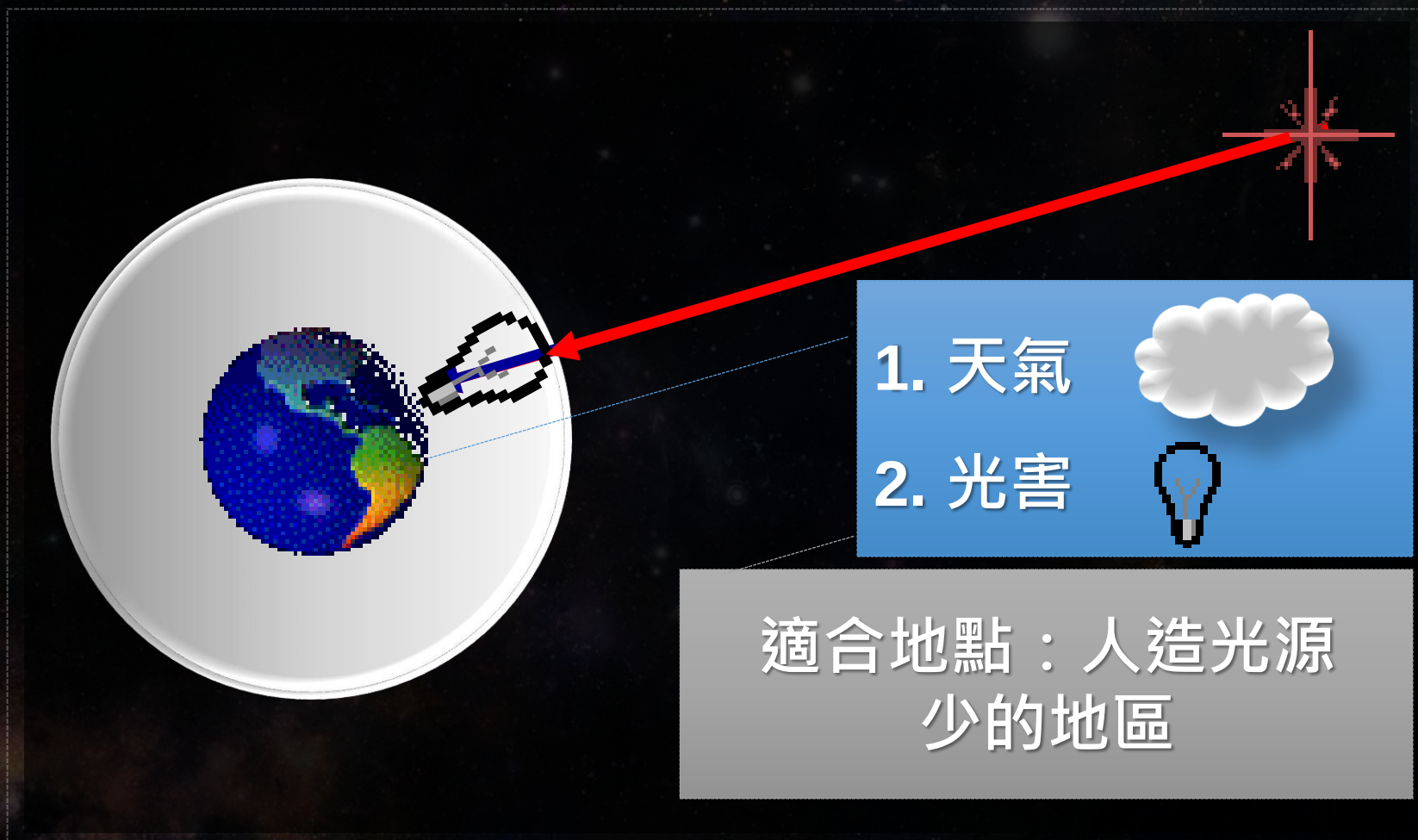
受限於：天氣狀態
光害
大氣擾動

不受日光、
雲層限制

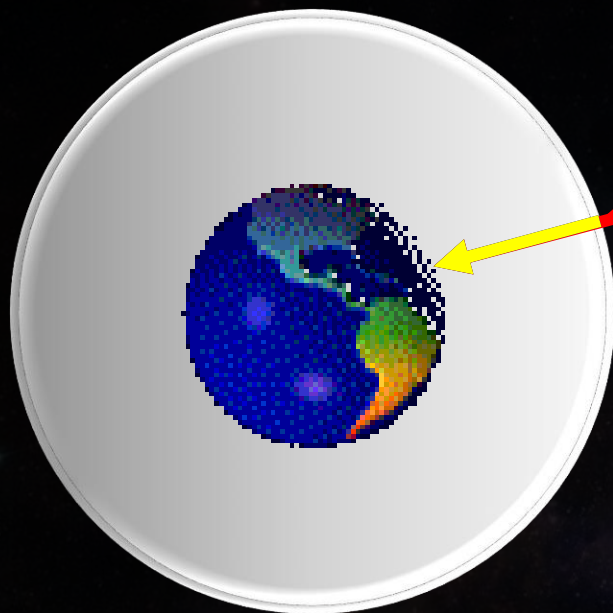
天氣狀態的限制



光害的限制



大氣擾動的限制



1.天氣



2.光害



3.大氣擾動

適合地點：高山

大氣厚度較小

中央大學 鹿林山天文臺的星空

E

W



哪裡的光害較嚴重?

高海拔山區

空氣稀薄

水氣少

降低干擾與光害

臺灣的鹿林山天文臺 (2862 m)



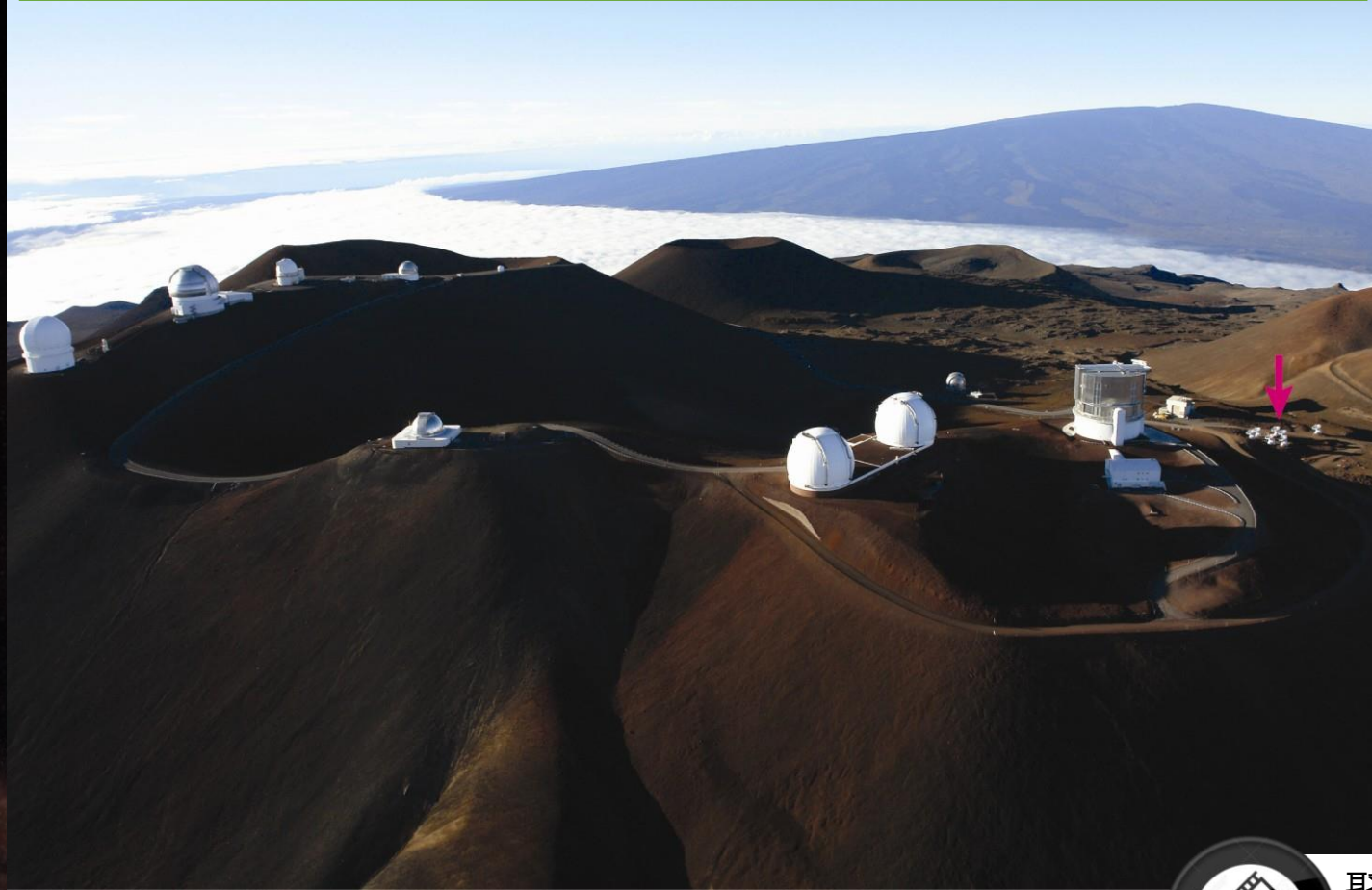
高海拔山區

空氣稀薄

水氣少

降低干擾與光害

夏威夷茂納開亞山天文臺群 (4200 m)



聚焦夏威夷
(05:49)

高海拔山區

空氣稀薄

水氣少

降低干擾與光害

智利的歐南天文臺 (3000 m)





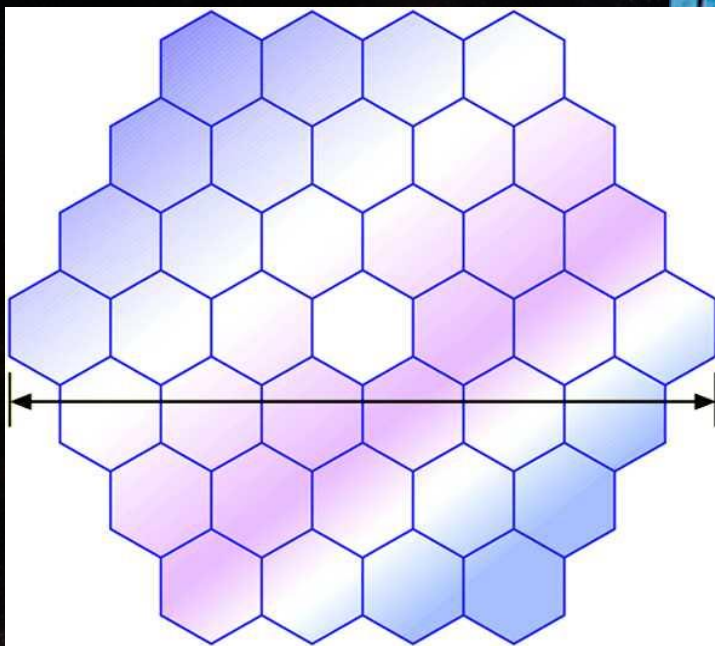
延伸閱讀

雙筒望遠鏡

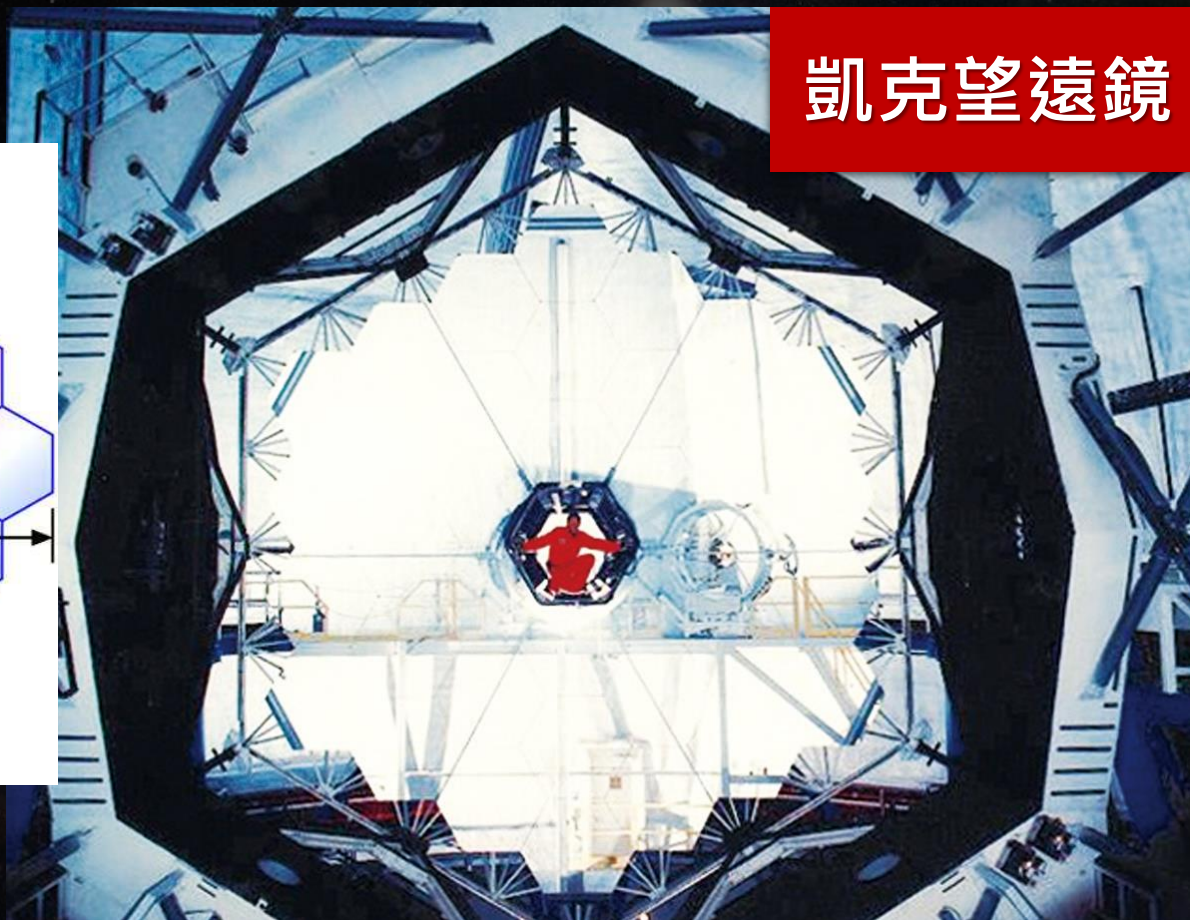
雙筒望遠鏡標示的數字— 7×50 ，第一個數字「7」指的是望遠鏡的放大倍率，第二個數字「50」指的是望遠鏡的口徑（物鏡直徑，單位mm）。口徑越大，不但收集的星光越多，還會提高解析能力。而天文用途的望遠鏡其口徑應該至少要40 mm。



地面觀測的發展

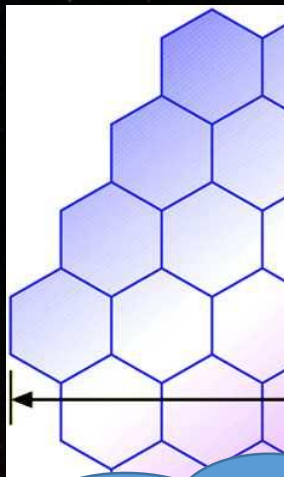


組合式鏡片

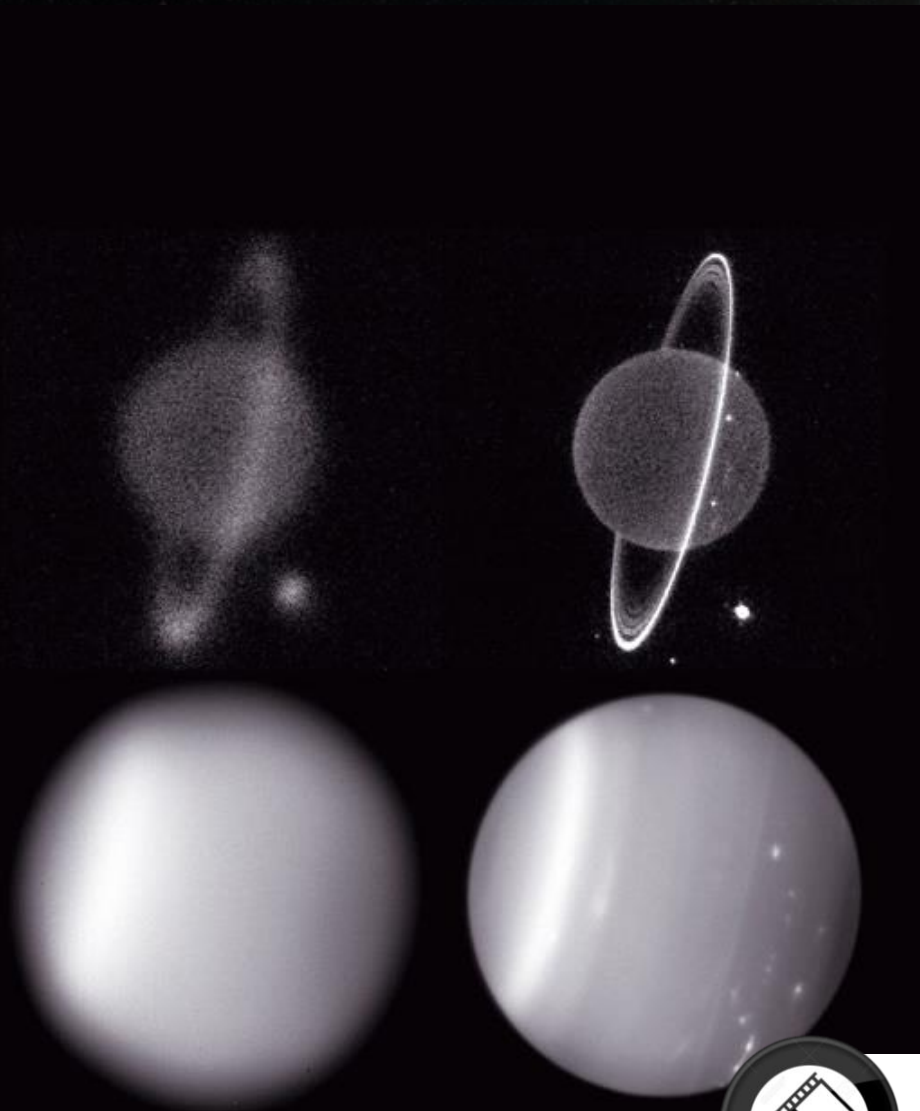


凱克望遠鏡

自適應光學



即時調
鏡片的



引導星

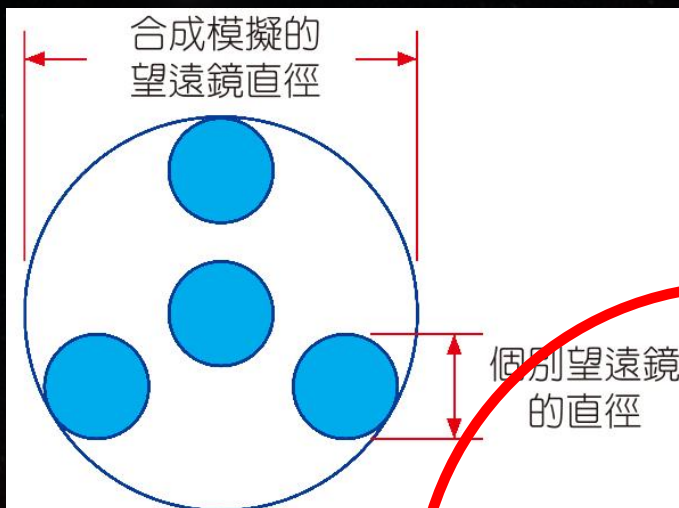


【地球證詞導】
解析度(04:25)

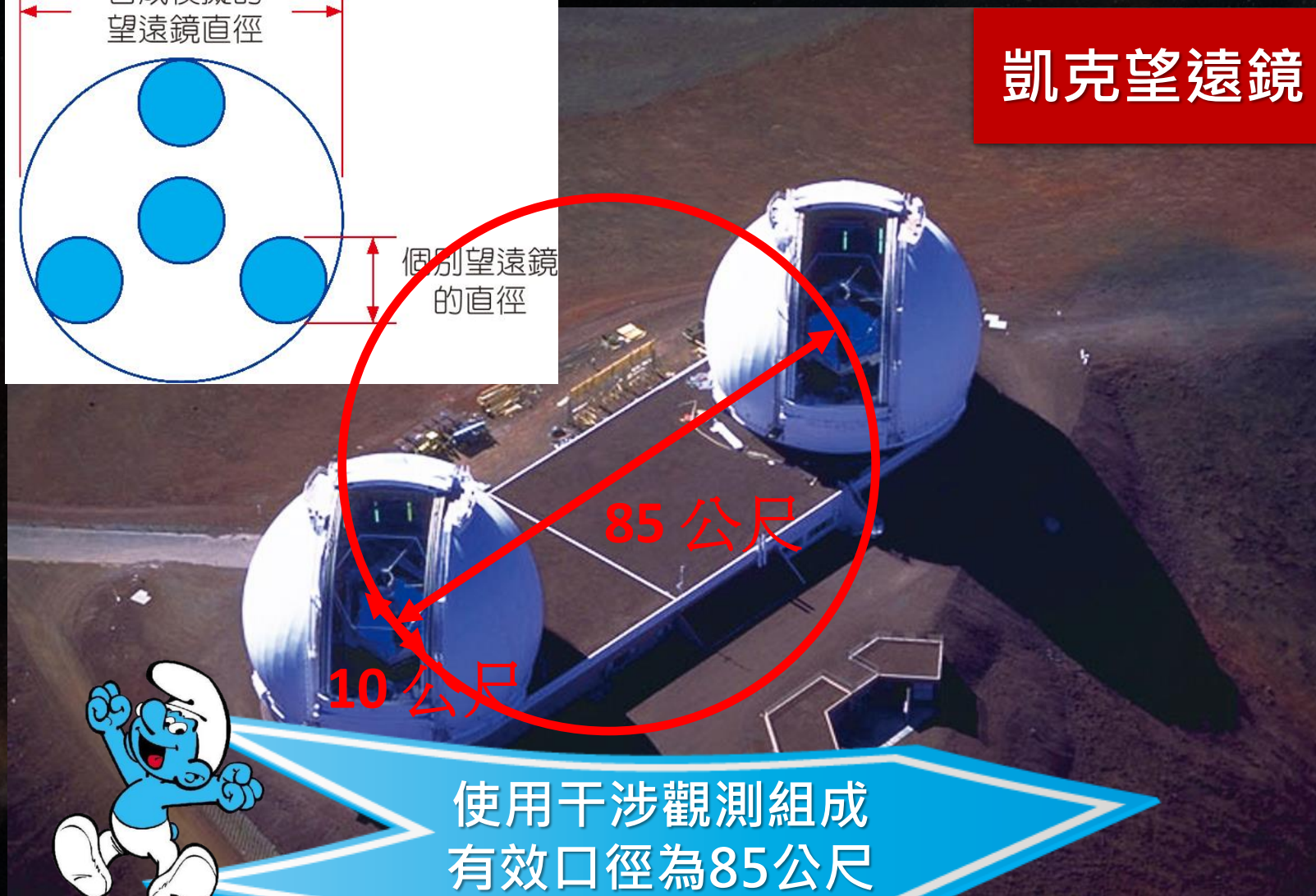
干涉觀測技術



【地球證詞導】
干涉法(03:20)



凱克望遠鏡



CCD與CMOS

CCD



CMOS

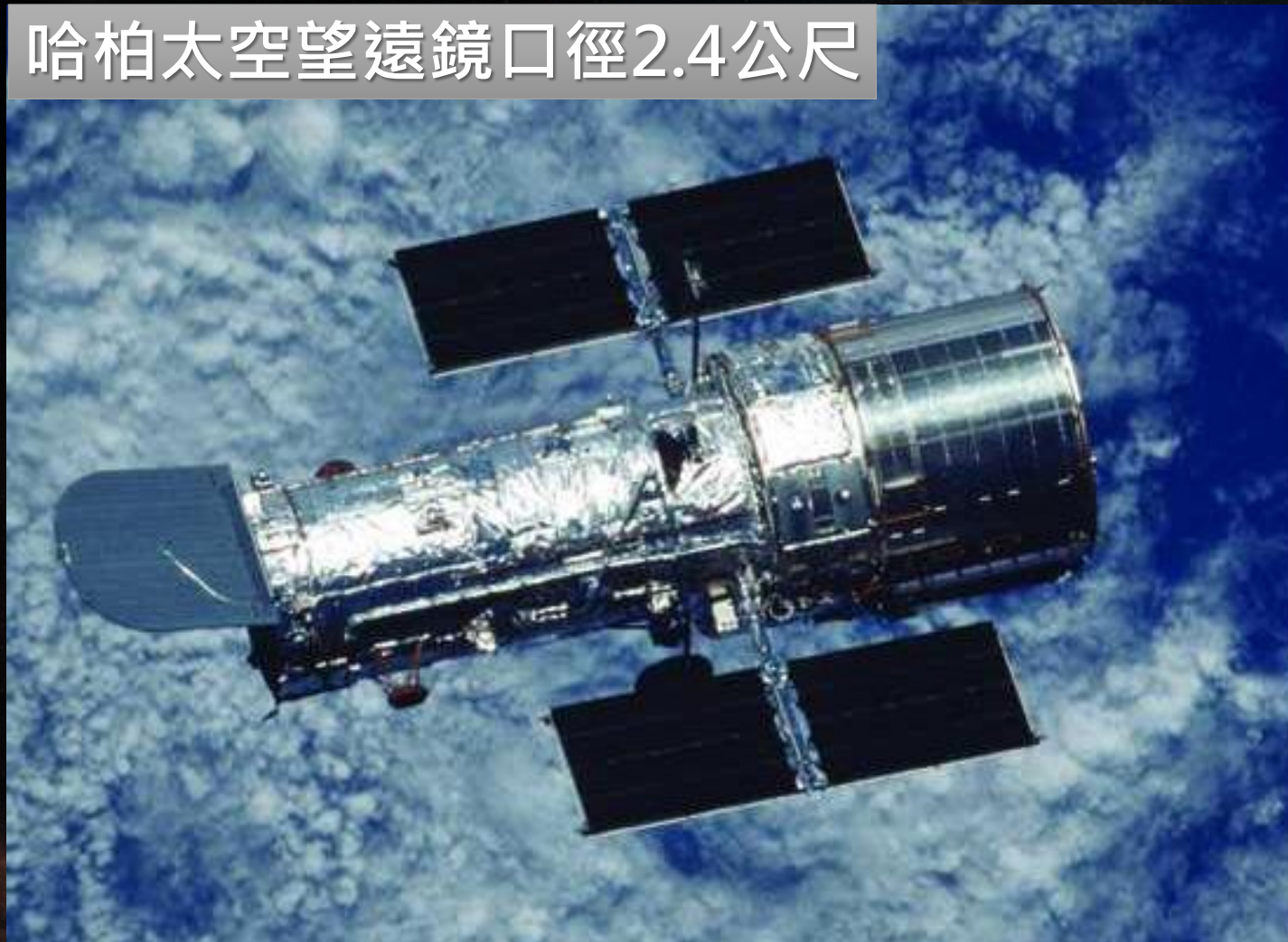


優點

1. 讓影像紀錄數位化便於分析
2. 感光能力更敏銳

太空觀測

哈柏太空望遠鏡口徑2.4公尺



太空觀測

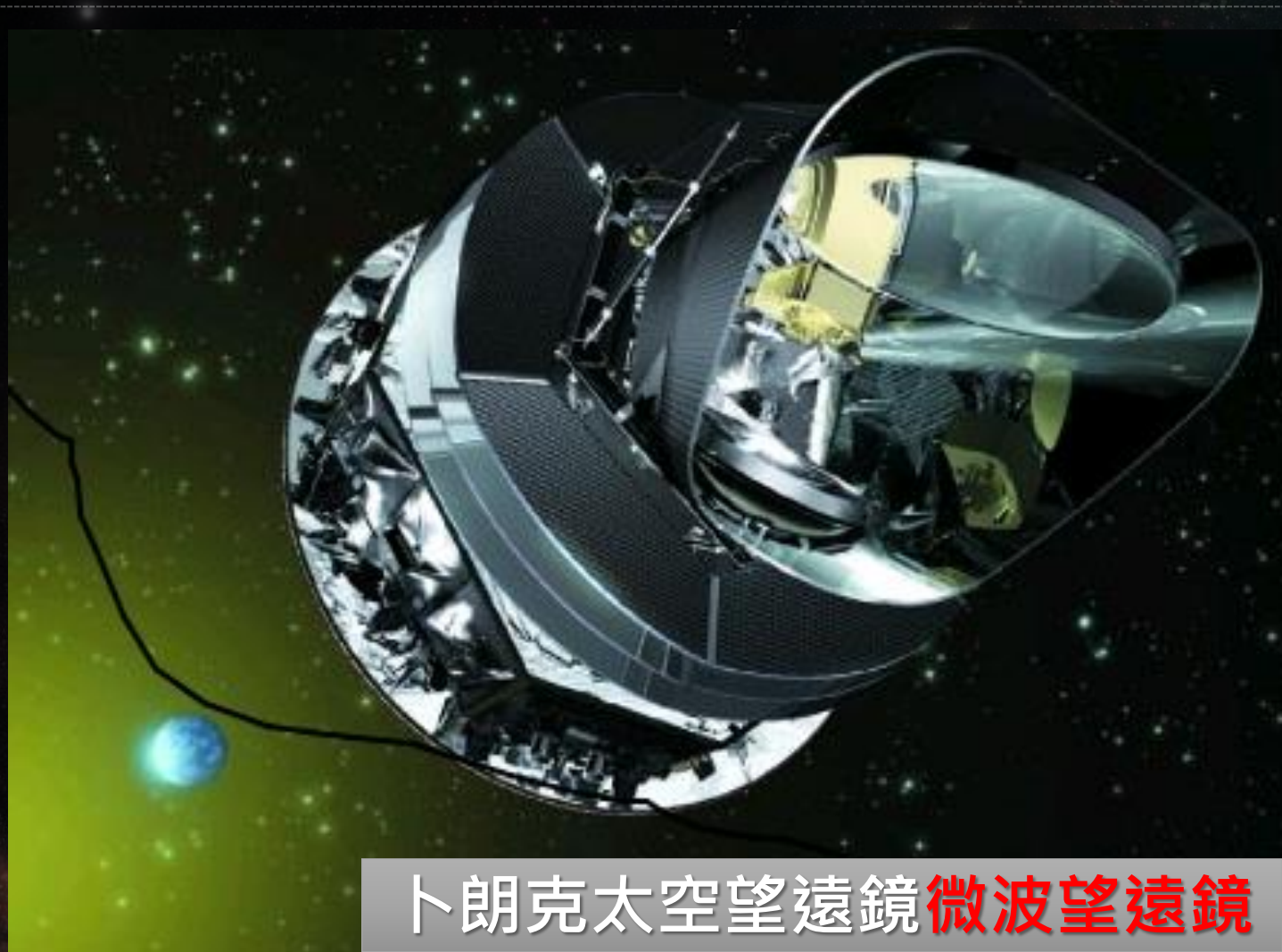
▼ 優點

1. 沒有觀測波段的限制
2. 避開光害與大氣、電離層或磁層的影響

▼ 缺點

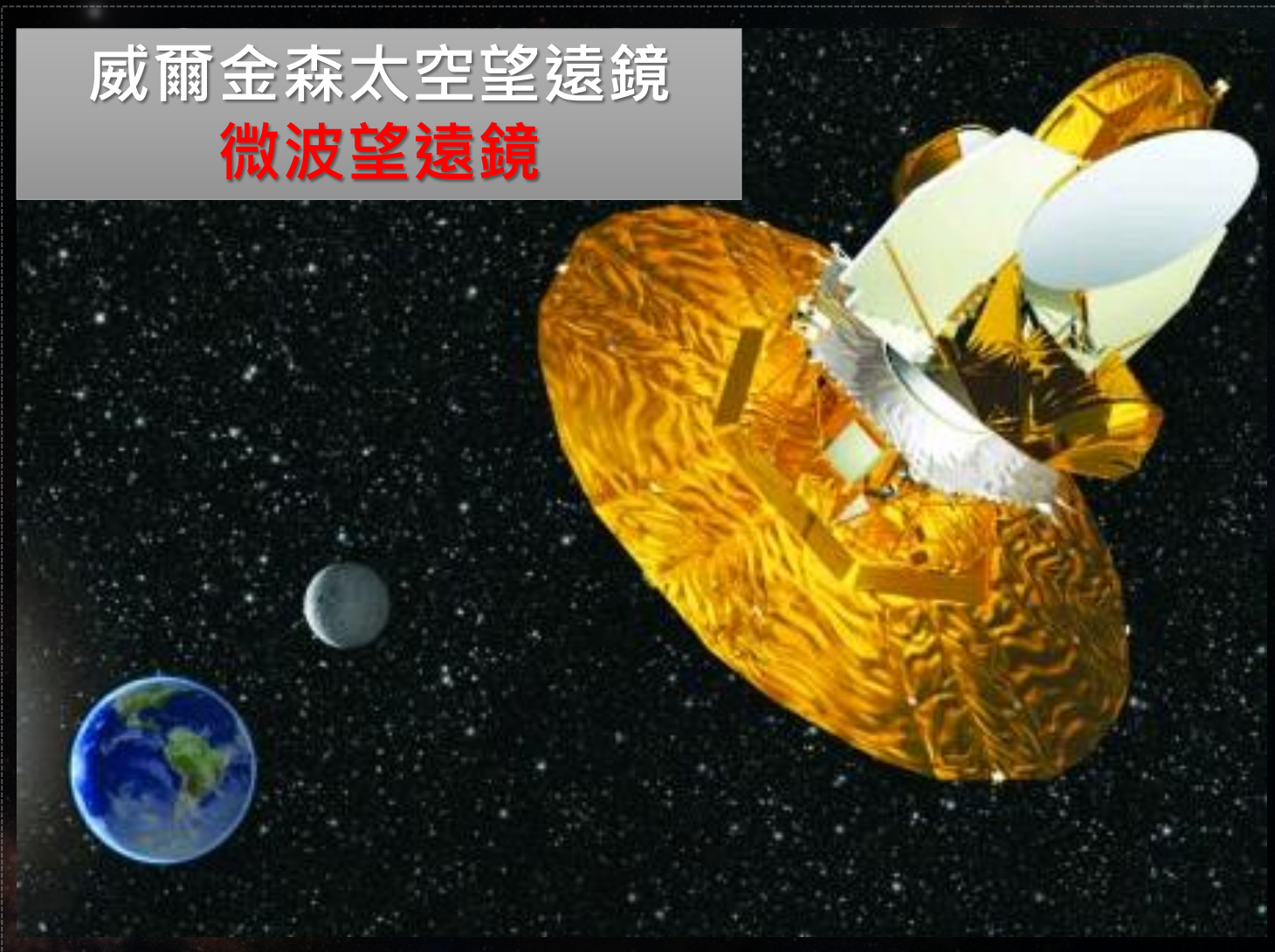
1. 太空望遠鏡卻有發射費用龐大
2. 維修不易
3. 易受太空中的高能粒子轟擊造成損壞
4. 日夜溫差大

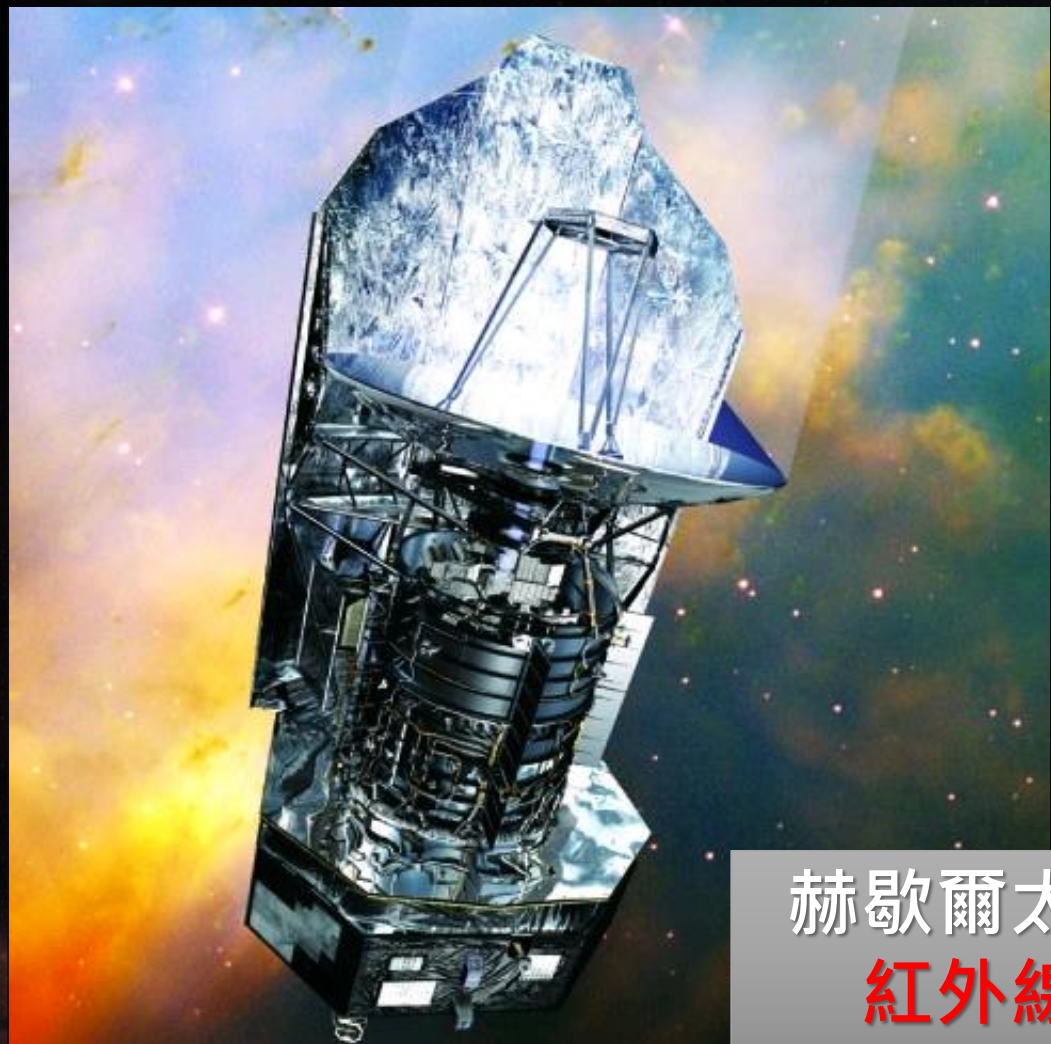




卜朗克太空望遠鏡微波望遠鏡

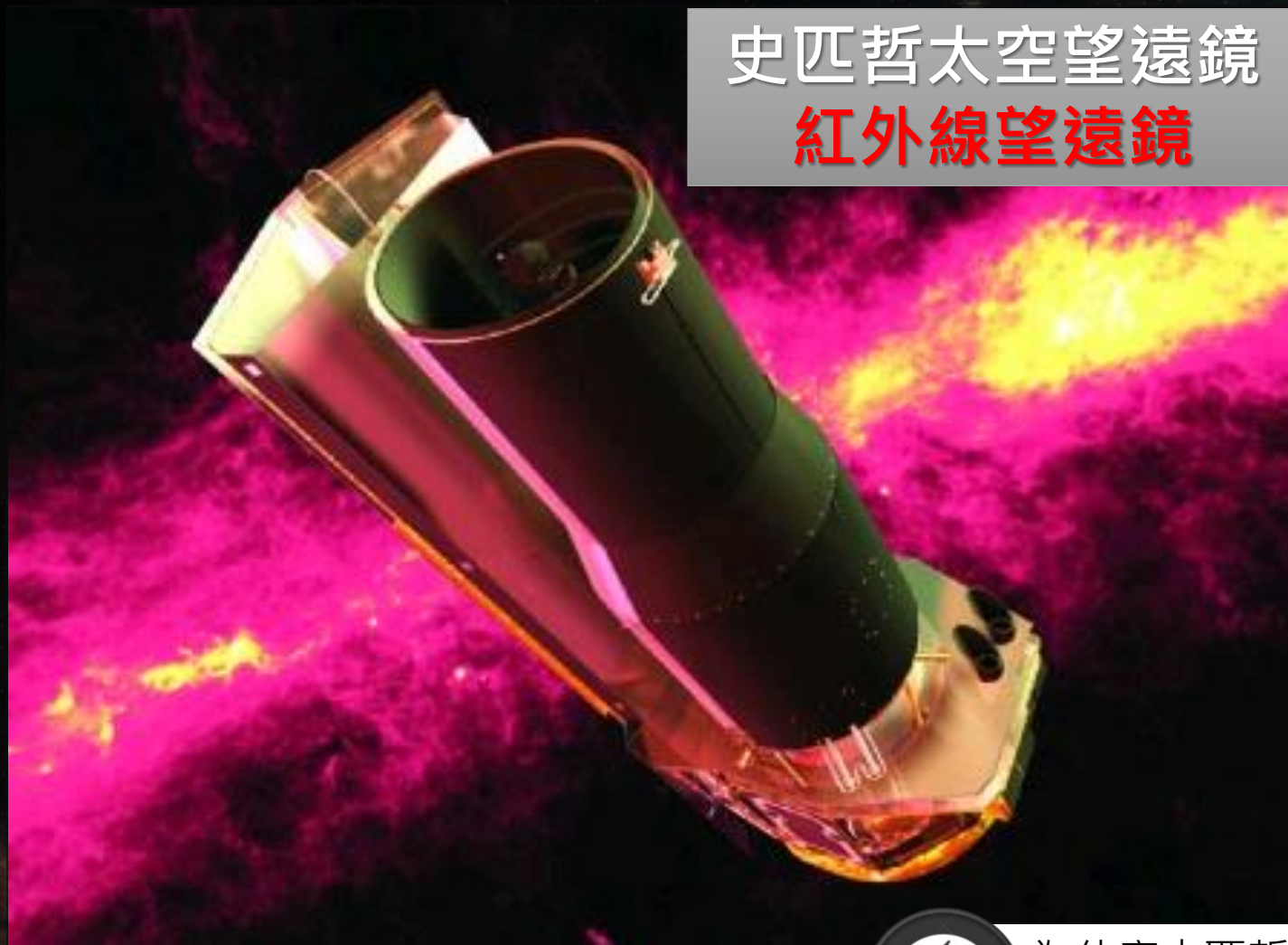
威爾金森太空望遠鏡
微波望遠鏡





赫歇爾太空望遠鏡
紅外線望遠鏡

史匹哲太空望遠鏡 紅外線望遠鏡



為什麼史匹哲太空望遠
鏡要漆成黑色(01:34)

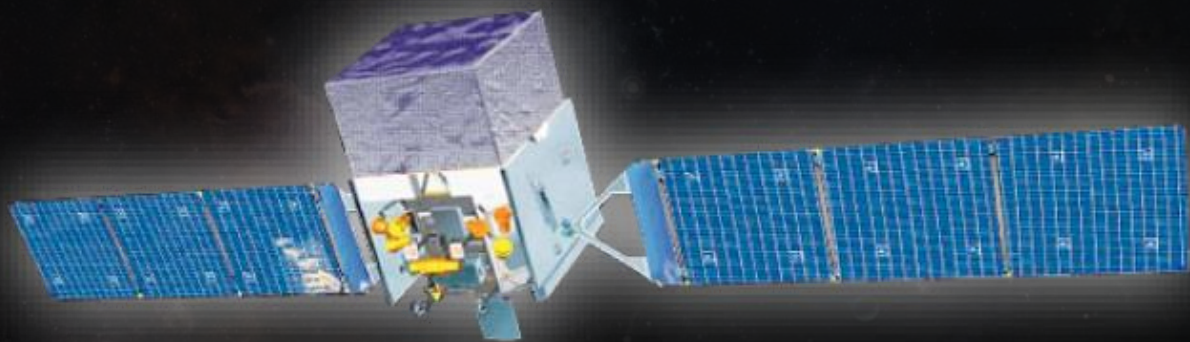
錢卓太空望遠鏡
X射線望遠鏡





XMM-牛頓太空望遠鏡
X射線望遠鏡

費米太空望遠鏡
 γ 射線望遠鏡



哈伯太空望遠鏡 可見光、紫外線、近紅外線



哈伯深領域
(04:17)



1-3

恆星演化

6500光年
蟹狀星雲



400光年
昴宿星團



金牛座 α 星

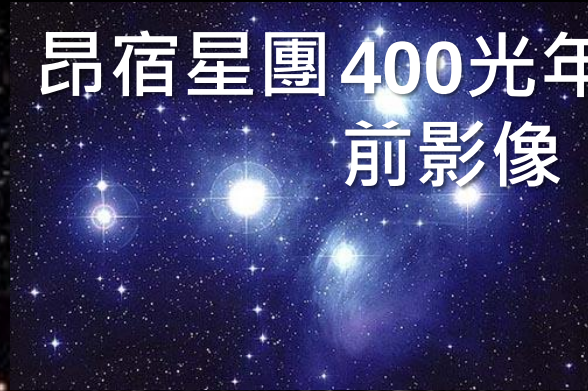
65光年



蟹狀星雲 6500光年
前影像



昴宿星團 400光年
前影像

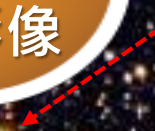


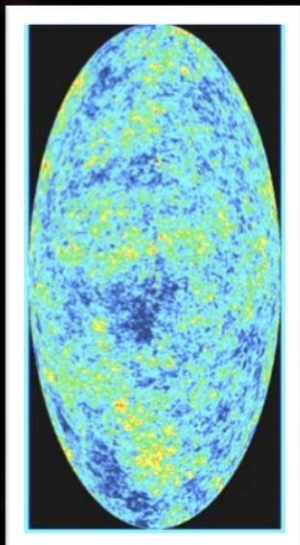
星空是不同時間的光同時
到達地球所疊成的影像



金牛座 α 星

65光年
前影像





宇宙背景輻射



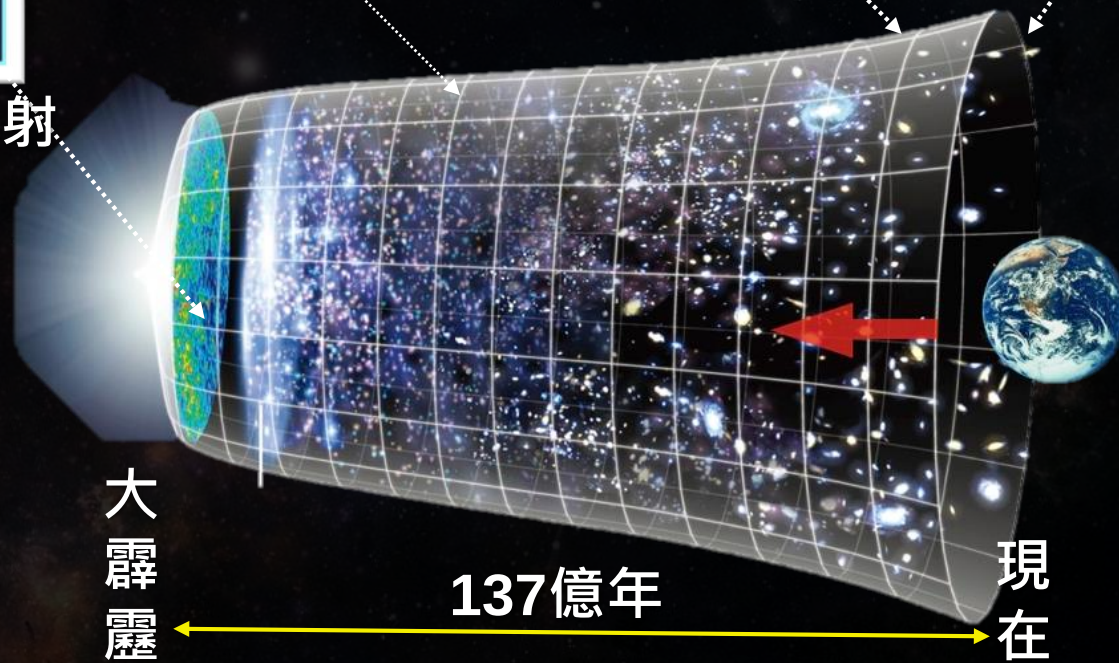
遙遠古老星系



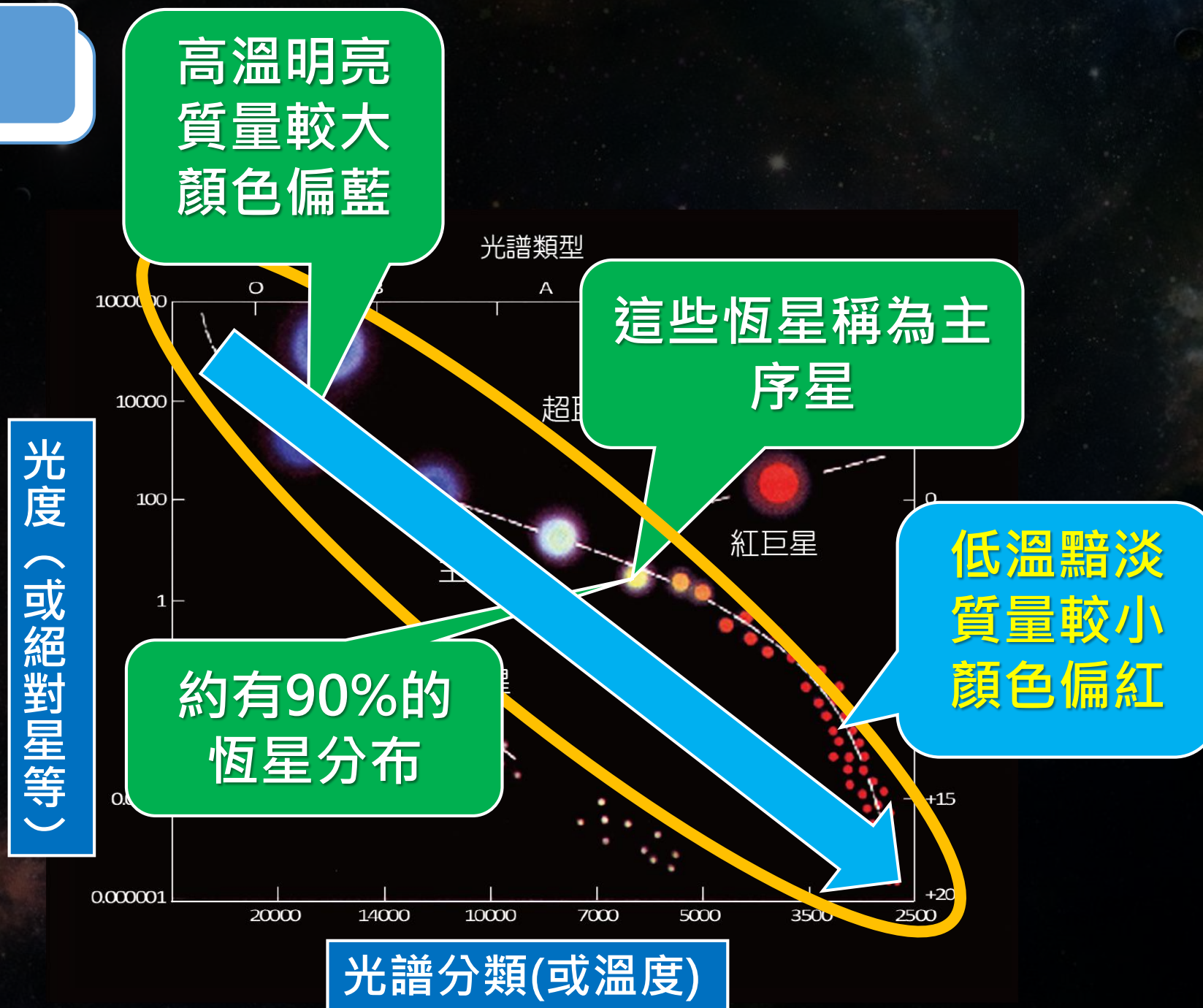
鄰近年輕星系



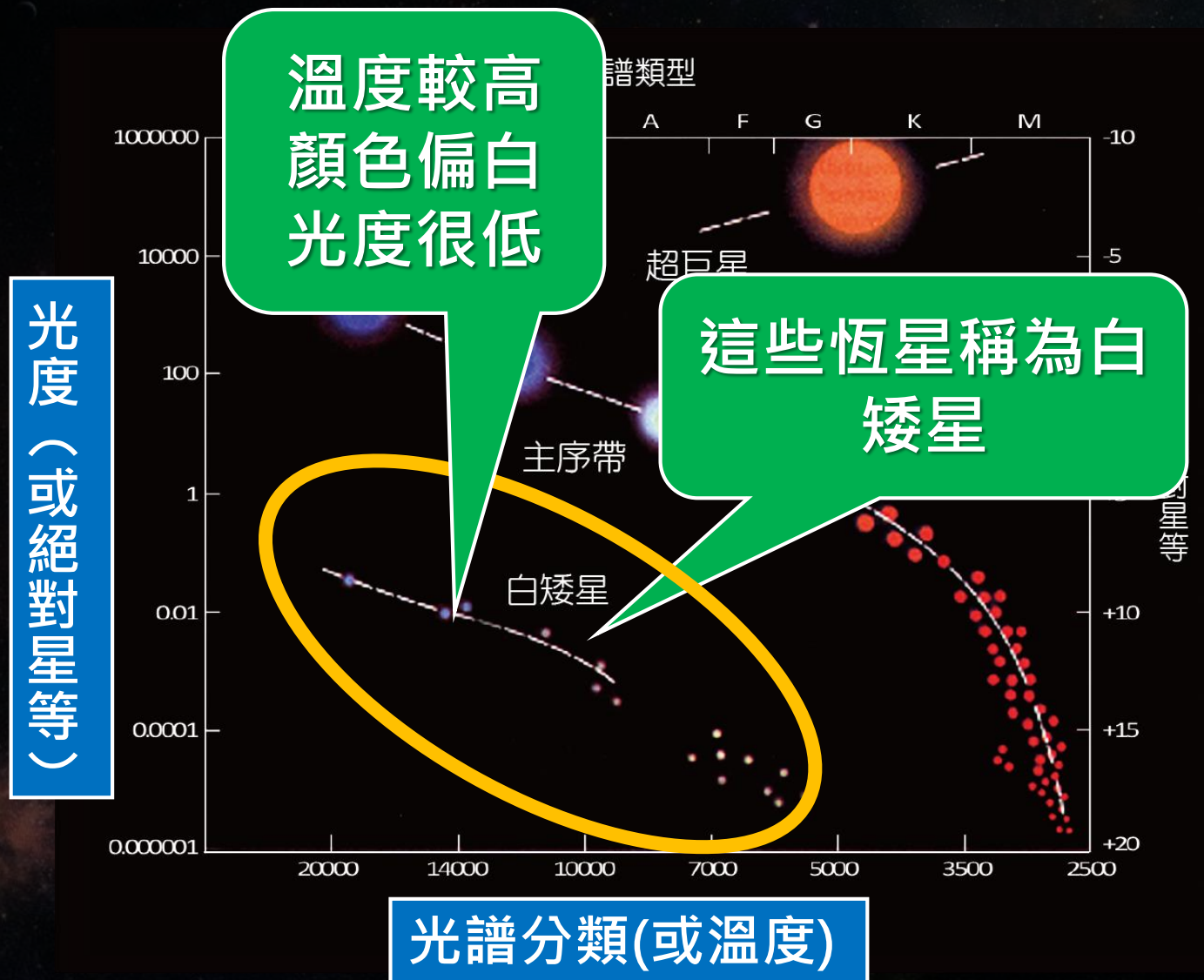
銀河系的恆星



赫羅圖

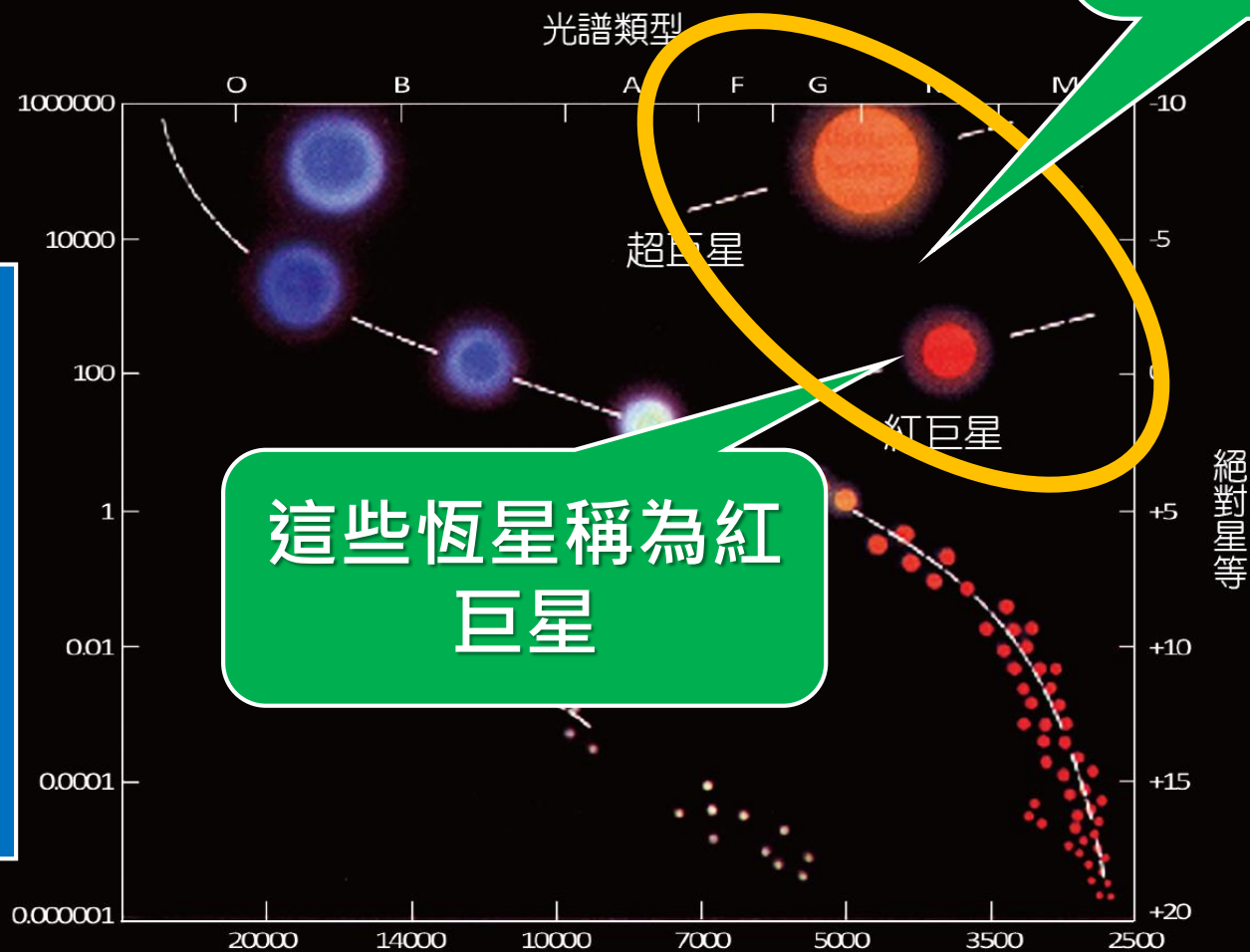


赫羅圖



赫羅圖

光度(或絕對星等)

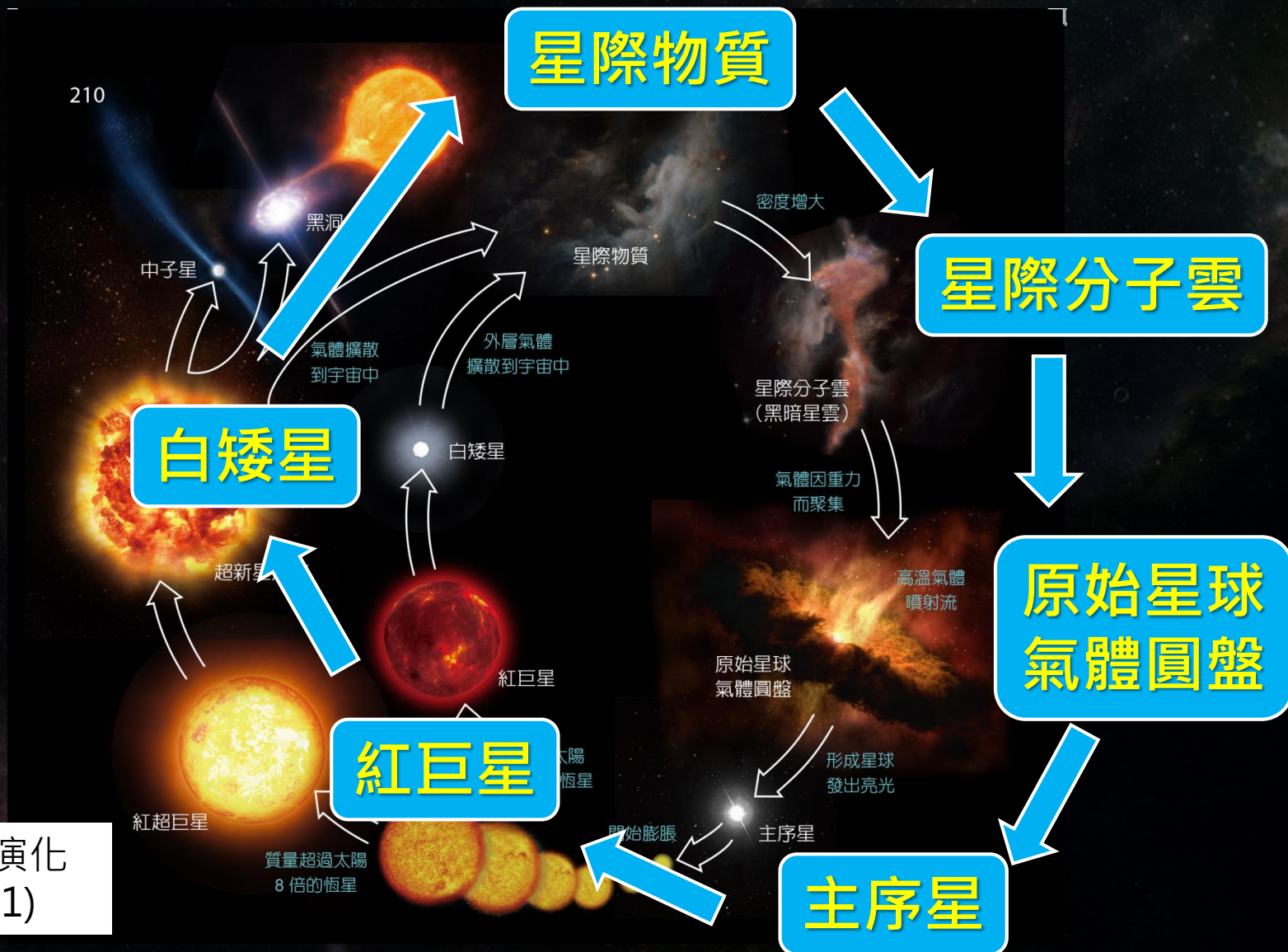


這些恆星稱為紅巨星

溫度較低
顏色偏紅
光度高

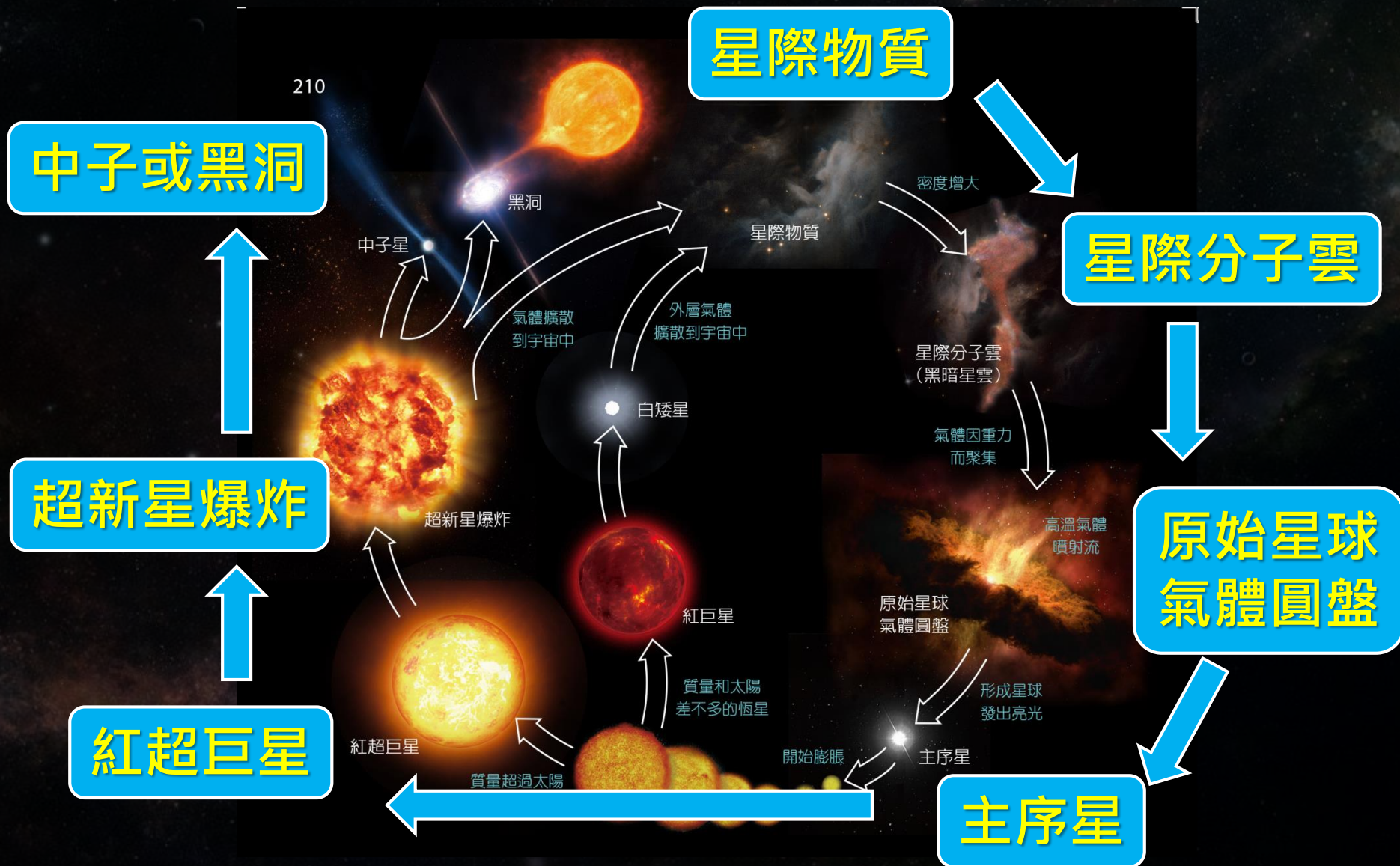
光譜分類(或溫度)

恆星演化(質量小)



恆星演化
(04:21)

恆星演化(質量大)



恆星的誕生



星雲

聚集

星雲

被恆星加熱產生發射光譜
光偏紅



反射星雲

反射鄰近恆星光
光偏藍



發射星雲



暗星雲

高密度的雲氣
阻擋光穿透

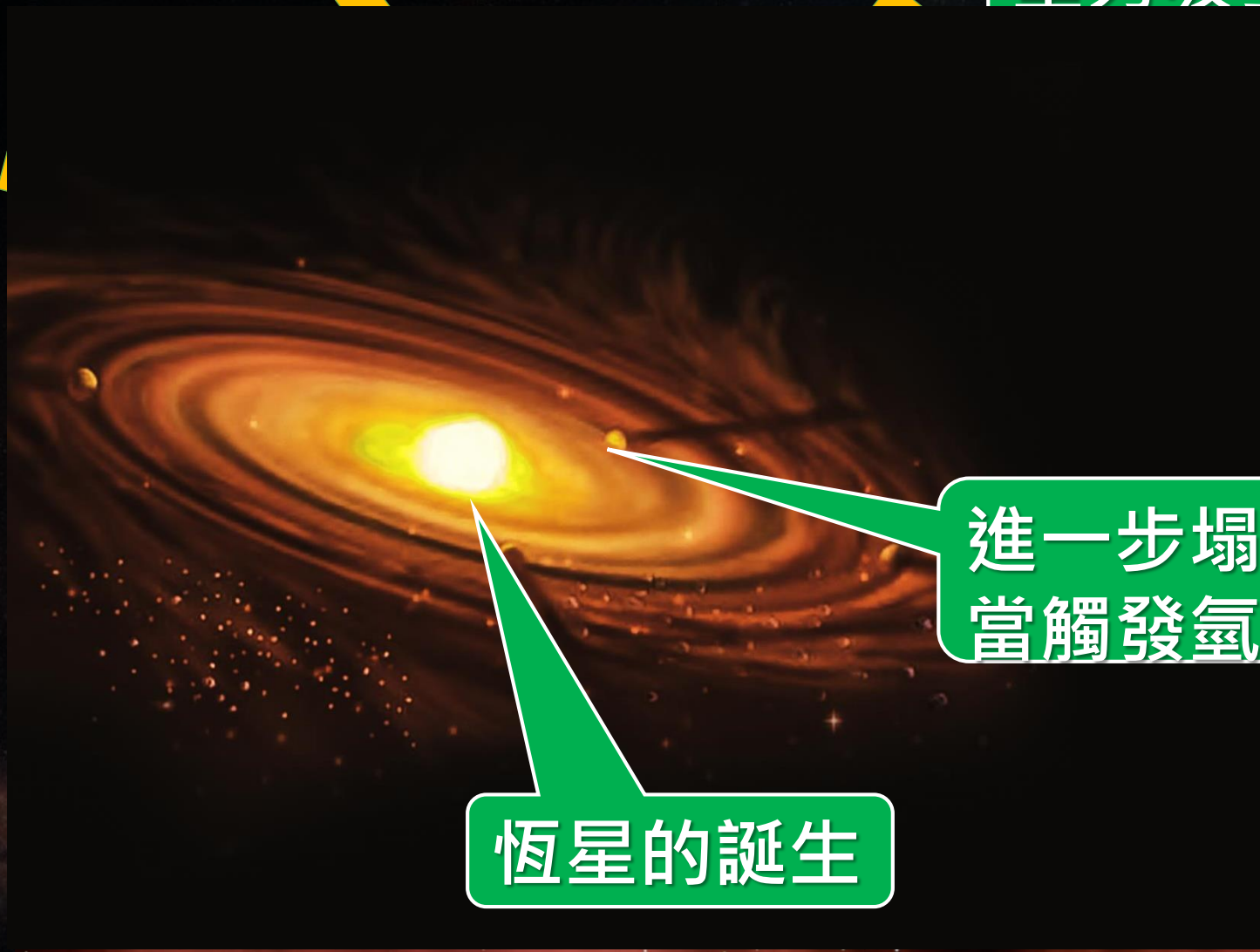
恆星的誕生

重力吸引

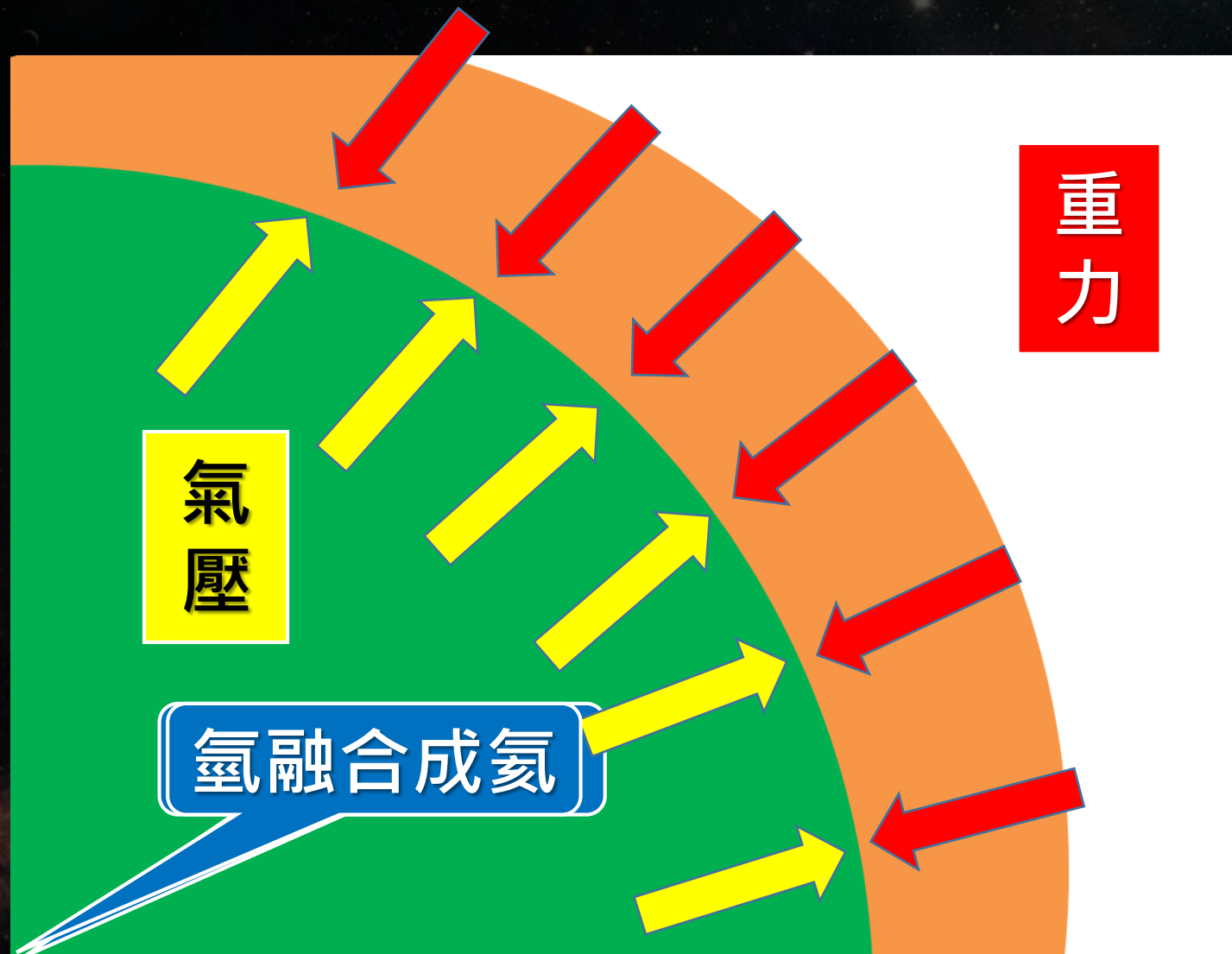
熱能
高

進一步塌縮，
當觸發氫融合

恆星的誕生



主序星的形成

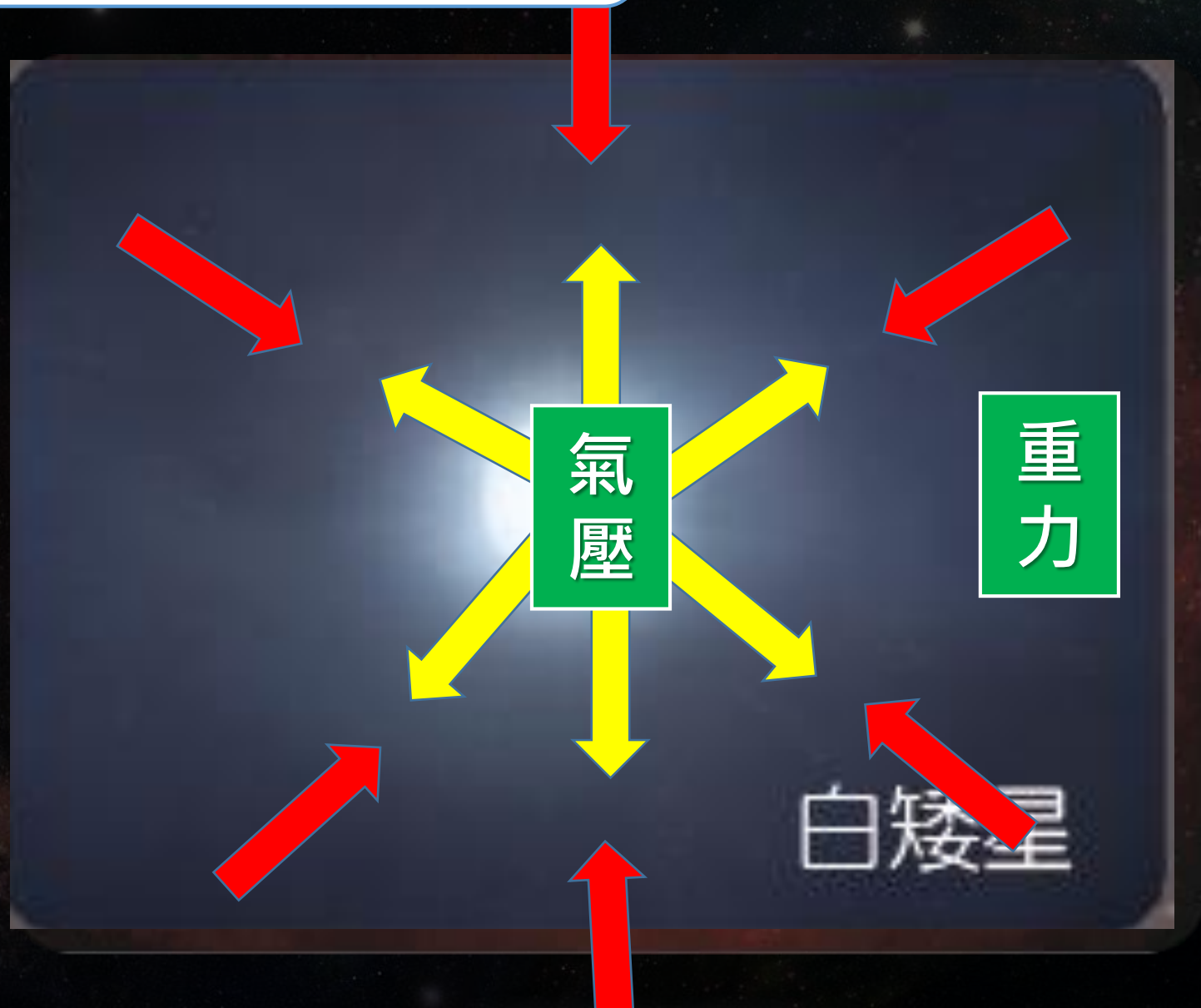


主序星的形成

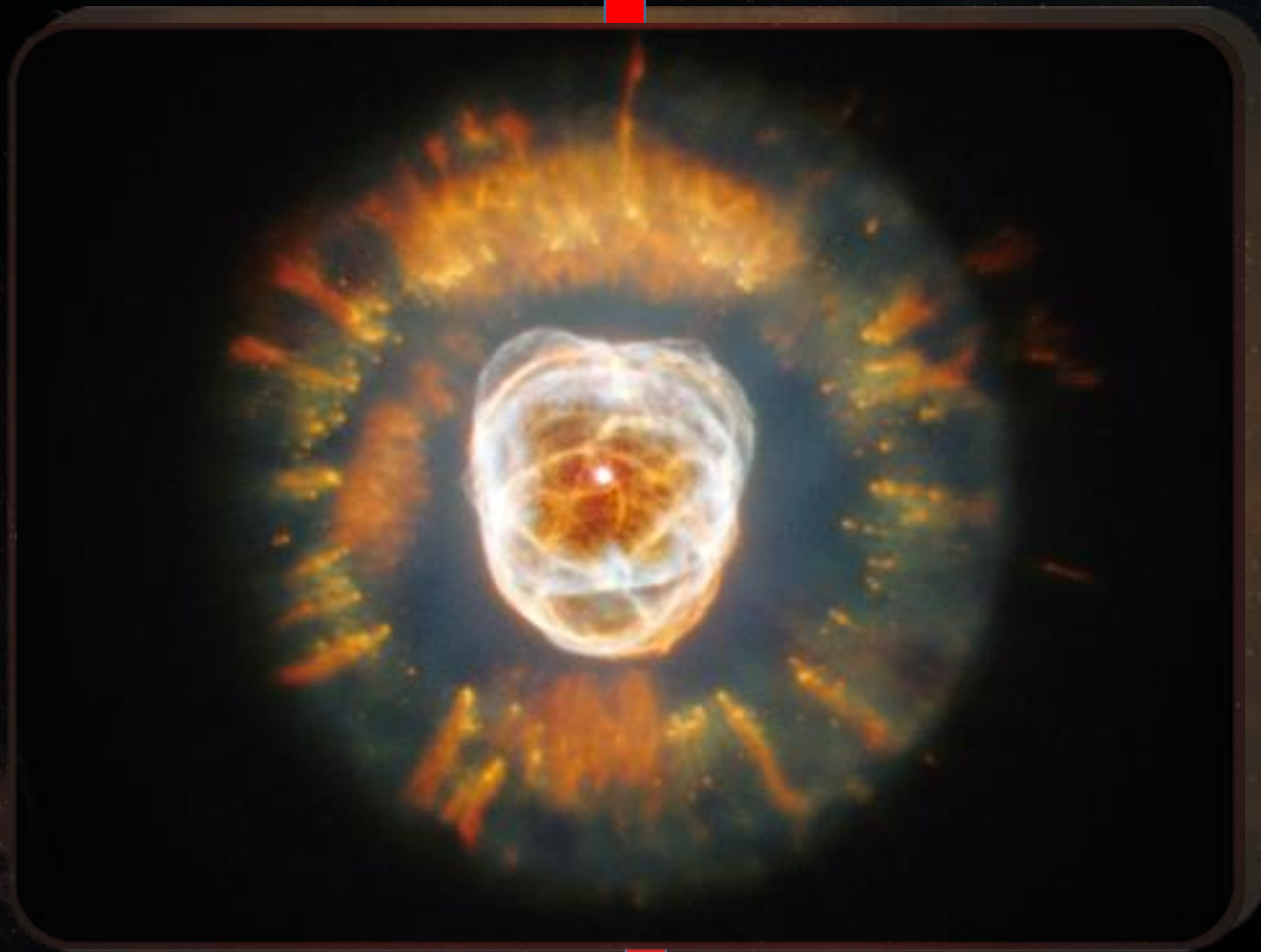
壽命長短與恆星的質量大小有關

	質量大	太陽	質量小
顏色	藍色	黃色	紅色
核融合的速率	速率快	中	極緩慢
壽命	約數百萬年	約10億年	約數千億年

恆星的死亡(質量小)



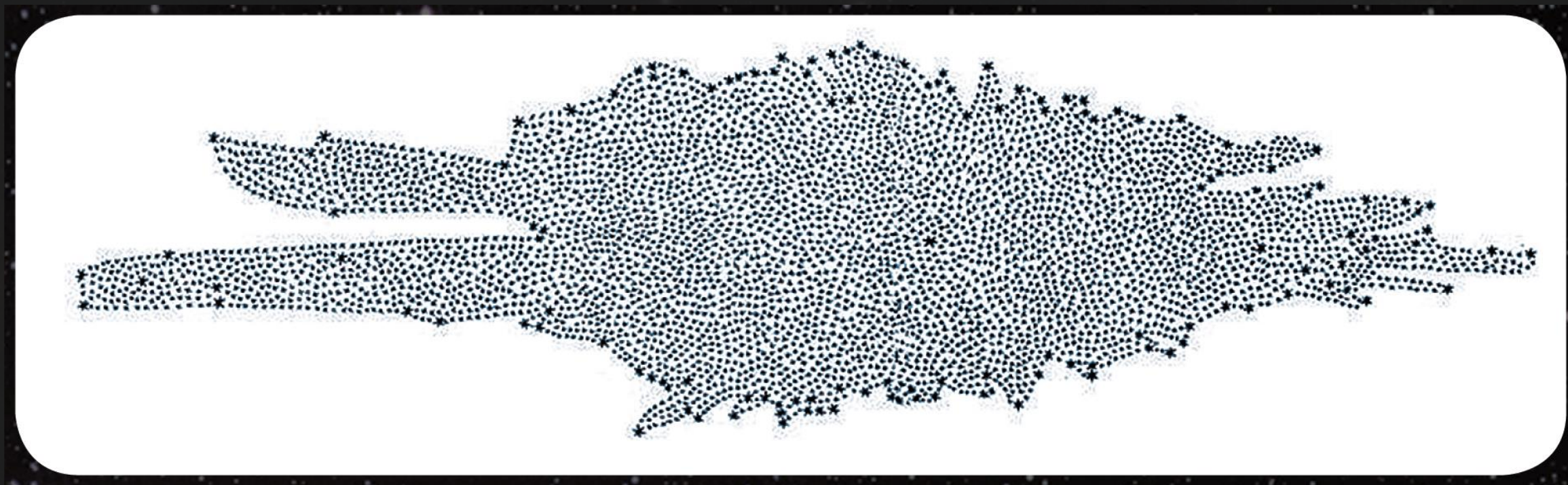
恆星的死亡(質量中)





章末專欄

20 世紀初天文大辯論



赫歇耳的銀河系星圖



章末專欄

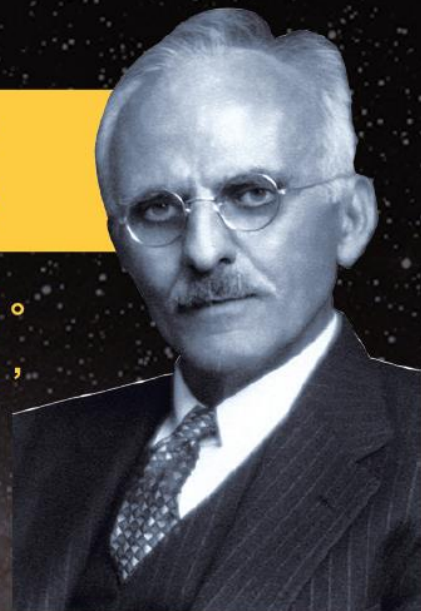
20 世紀初天文大辯論



謝普利

Harlow Shapley, 1885 ~ 1972

- 銀河系就是整個宇宙。
- 銀河系的直徑約為 30 萬光年，而太陽並不位於中心處。
- 螺旋星雲是體積小且距離不遠的氣體雲，散布在銀河系內。



柯蒂斯

Heber Curtis, 1872 ~ 1942

- 銀河系只是宇宙中的一個星系。
- 銀河系的直徑約有 3 萬光年，且太陽位於中心處。
- 螺旋星雲是銀河系外的天體，每個都是個巨大且轉動中的恆星系統。



習題



答案

1. 天上的恆星有些是藍色的，有些是紅色的，這是因為恆星的哪種特質所造成？ (A)二者的化學組成不同 (B)二者的年齡不同 (C)二者的距離遠近不同 (D)二者的表面溫度不同。



習題



答案

2. 某恆星輻射出之電磁波中，最強波長落在紫外線的範圍，則人類肉眼看此恆星呈什麼顏色？ (A)藍色 (B)黃色 (C)紅色 (D)看不見。



習題



答案

3. 下列哪一個不是世界主要天文臺設置在遠離人煙的高山上的原因？ (A)交通方便 (B)遠離光害 (C)大氣穩定 (D)晴天數多。

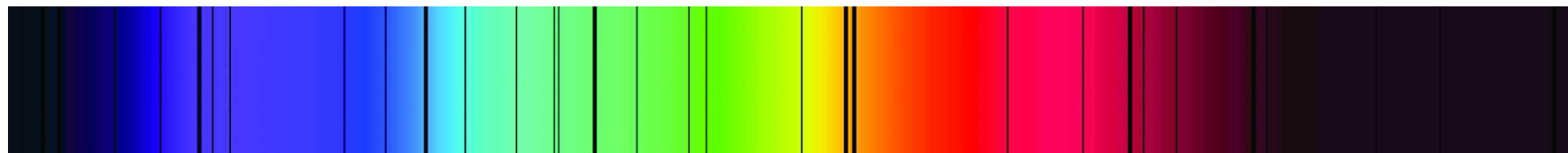


習題



答案

4. 下圖是某恆星的可見光光譜，下列哪一項可能是造成光譜上出現暗紋的原因？（應選兩項）



(A) 恆星發出的光譜是不連續的 (B) 星光通過星際雲氣
(C) 星光通過地球大氣 (D) 受到大氣擾動產生的雜訊
(E) 星光被攝譜儀部分反射。

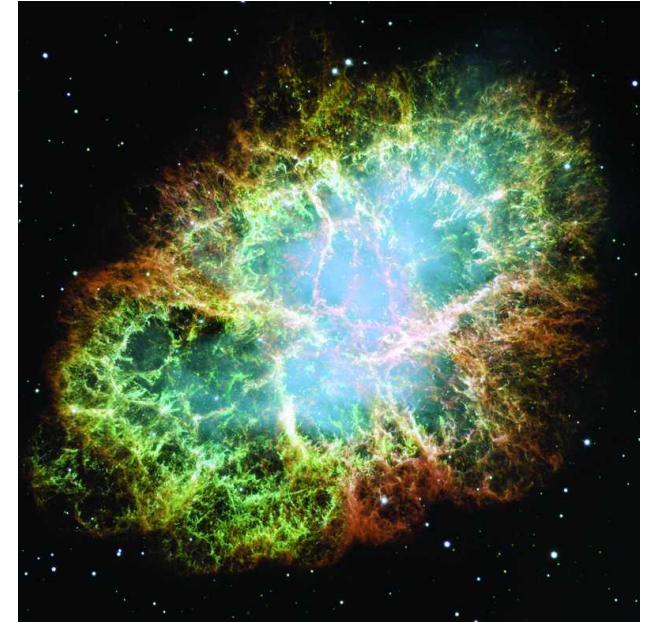


習題



答案

5. 《宋史·天文志》中記載：「至和元年五月己丑，出天關東南可數寸，歲餘稍沒。」文中所指的「天關客星」是西元1054年在金牛座內爆發的一顆超新星，其殘骸為蟹狀星雲（M1，右圖），距離地球約6500光年。試問此超新星真正爆發的時間點約為：（A）西元1054年 （B）西元前4500年 （C）西元前5500年 （D）西元前6500年。





習題



答案

6. 太陽的演化歷程，最接近下列哪一選項？

- (A) 星際物質→主序星→紅巨星→白矮星
- (B) 星際物質→主序星→紅巨星→白矮星→黑洞
- (C) 星際物質→主序星→紅巨星→白矮星→中子星
- (D) 星際物質→主序星→紅超巨星→超新星→中子星



習題



答案

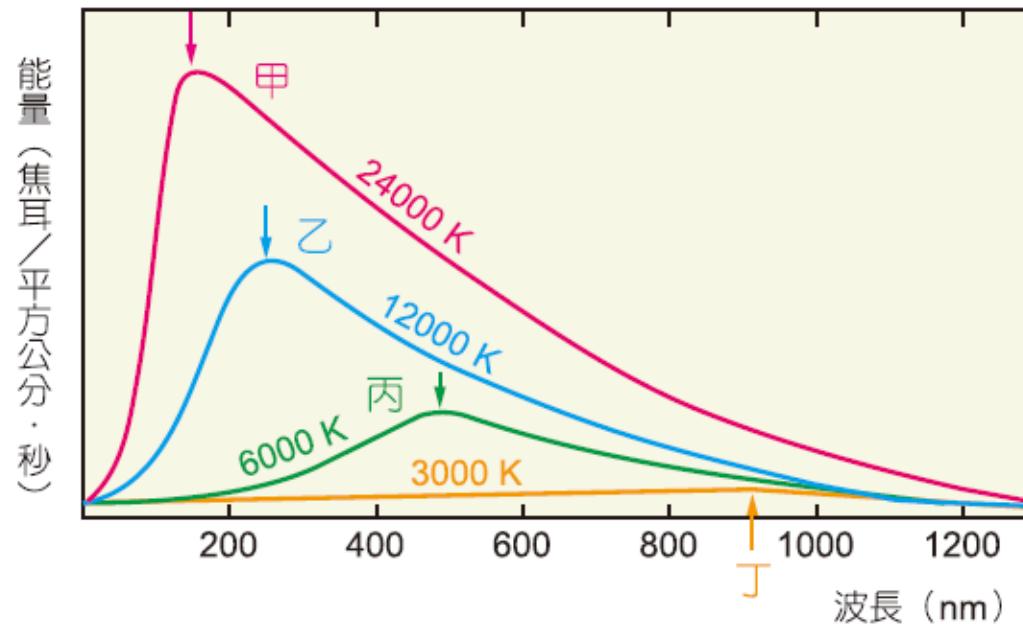
7. 下列有關「尋星鏡」功能的敘述，何者正確？ (A)可對準北極星，校正方向 (B)可帶動望遠鏡，追蹤天體 (C)放大倍率較大，可觀察細微的天體結構 (D)視野較大，方便尋找目標天體。



習題

8. 下圖為四個恆星的輻射能量對波長分布圖，關於此四顆恆星的敘述，何者正確？（應選兩項，可見光的波長範圍約 $400\sim 750\text{nm}$ ）

- (A) 表面溫度最高的恆星是甲 (B) 單位時間、單位面積輻射出能量最大的是丁
(C) 最強波長隨表面溫度增加而減少 (D) 最強輻射的波長落在可見光波段的恆星有甲、乙
(E) 甲星肉眼看起來偏紅色。





習題



答案

9. 張三與李四同時使用望遠鏡觀測織女星，張三使用口徑16 cm的反射式望遠鏡，李四使用口徑8 cm的折射式望遠鏡。若兩臺望遠鏡物鏡與目鏡的焦距均相同，下列敘述何者正確？（應選兩項）
- (A)張三的望遠鏡利用透鏡來聚光，李四的望遠鏡利用面鏡來聚光
- (B)張三望遠鏡的聚光能力是李四的兩倍
- (C)張三望遠鏡的解析能力較李四的佳
- (D)張三望遠鏡的視野較李四的明亮
- (E)張三望遠鏡的放大倍率是李四的兩倍。



答案

習題

10. 右圖是太陽的光譜與氫原子的發射光譜，試判斷哪幾條譜線與氫原子有關？（應選兩項，譜線旁的數字表示波長，單位nm）

(A) 譜線甲 (B) 譜線乙 (C) 譜線丙 (D) 譜線丁 (E) 譜線戊。

