



10-1 星光的秘密

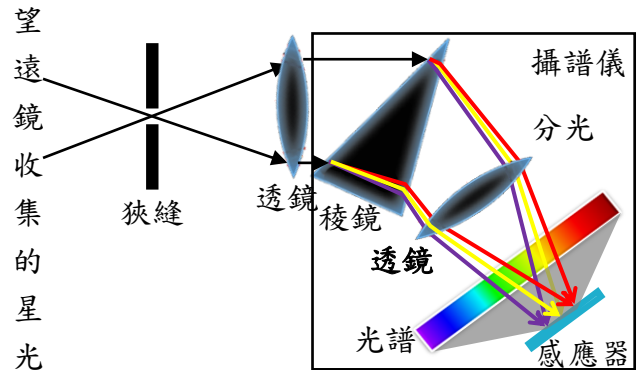
夜空下的獵戶座，由不同顏色的天體組成星光中隱藏了什麼秘密呢？

一、恆星光譜與顏色

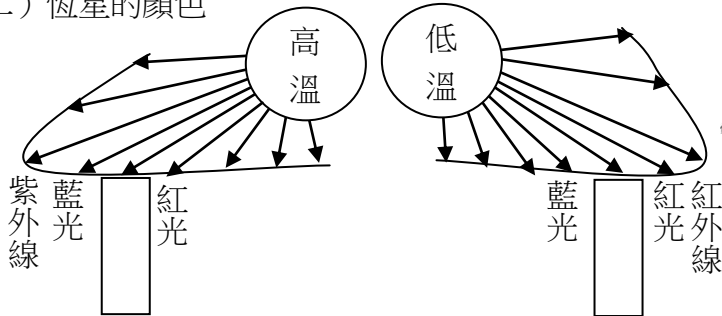
十九世紀的天文研究者將天文望遠鏡接上攝譜儀

(一) 光譜：依光的波長長短排列的圖案  
藉攝譜儀將星光分光後所形成

1. 恆星輻射電磁波是 連續 性分布。
2. 可見光光譜波長自 750 奈米至 390 奈米，  
可分為紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫

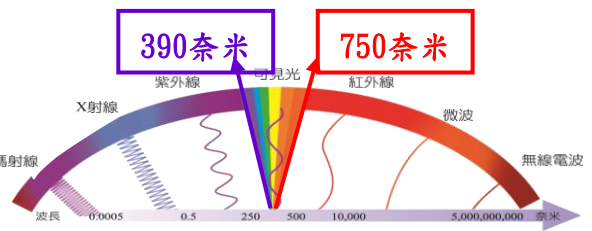


(二) 恆星的顏色



星顯現偏 藍 色

星顯現偏 紅 色



1. 恆星所發射電磁波的波長及其強度（恆星顏色）與星體的 表面溫度 有關

表面溫度	40000K	20000K	10000K	7500K	5800K	4500K	3000K
恆星顏色	藍	藍白	白	黃白	黃	橘	紅
代號	<b>O</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>K</b>	<b>M</b>
口訣	Oh! Be		A	Fine	Girl (Guy)!	Kiss	Me.
	$\lambda_{max}$			$\lambda_{max}$			
	偏 <u>短</u> 波、能量 <u>大</u>			偏 <u>長</u> 波、能量 <u>小</u>			

2. 表面溫度越 高，星體輻射的總能量（曲線下的面積）也越 多。

3. 表面溫度不同，則輻射出能量最強的電磁波的波長不同。

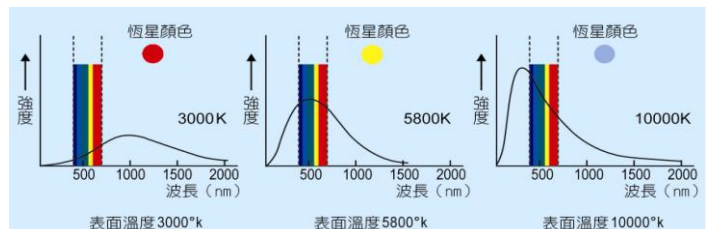
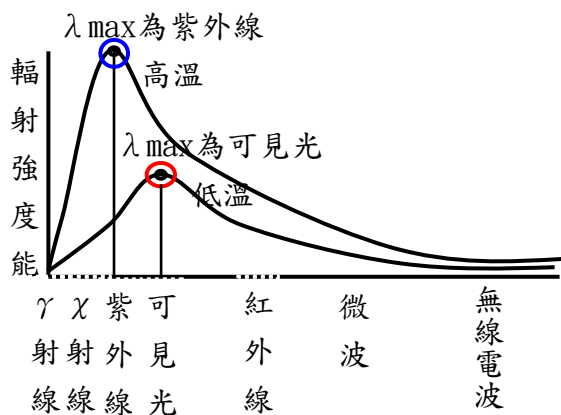
$\lambda_{max}$  和表面溫度成 反 比

遵守 韋恩 定律：

$$\lambda_{max} (\text{cm}) \cdot T = 0.29$$

$$\lambda_{max} (\text{m}) \cdot T = 2.9 \times 10^{-3}$$

$$\lambda_{max} (\text{m}) \cdot T = 3 \times 10^{-3}$$



Q：恆星亮度與什麼因素有關？

(1)  $B = \frac{L}{4\pi R^2}$  → 亮度(B) =  $\frac{\text{光度(L)}}{\text{球表面積}(4\pi R^2)}$

(2)  $L = 4\pi r^2 \cdot E$

(3)  $E = \sigma \cdot T^4$  → 史提芬—波茲曼定律

B：亮度                      L：光度  
R：恆星距離                r：星球半徑  
E：星球輻射能量        T：表面溫度 K

$$B = \frac{L}{4\pi R^2} = \frac{4\pi r^2 \cdot E}{4\pi R^2} = \frac{4\pi r^2 \cdot \sigma T^4}{4\pi \cdot R^2} \propto \frac{r^2 \cdot T^4}{R^2}$$

A：恆星亮度與星球 半徑、表面溫度 和恆星 距離 有關

## 二、恆星光譜類型

※牛頓首先用稜鏡將太陽光分成 紅橙黃綠藍靛紫七彩色光

※早在十九世紀初，德國科學家夫朗和斐（Fraunhofer），就發現太陽和其他恆星的可見光光譜上有明顯的暗紋

※十九世紀中葉，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。



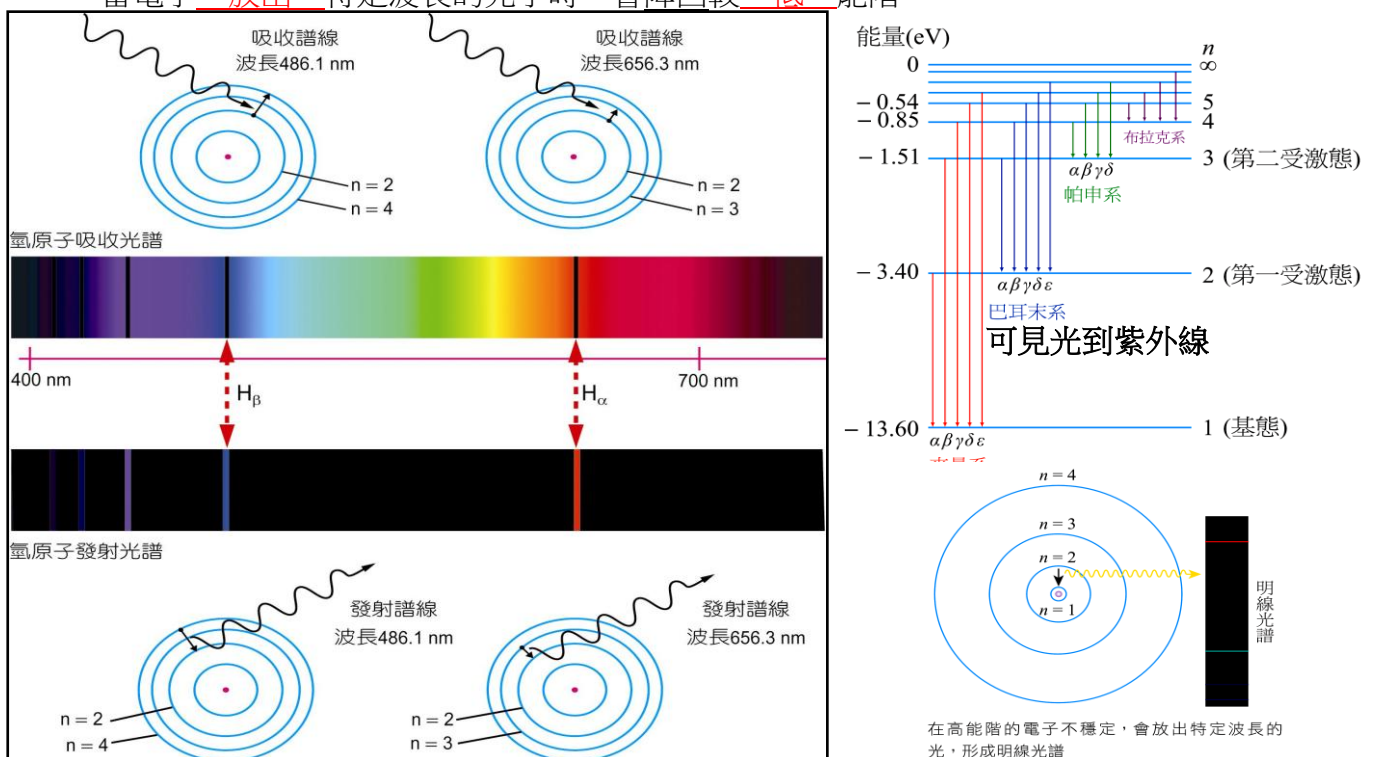
太陽的可見光光譜

Q：藉由觀測到的光譜可以知道恆星的什麼特性？

化學組成、表面溫度

### （一）能階與光譜的譜線特徵

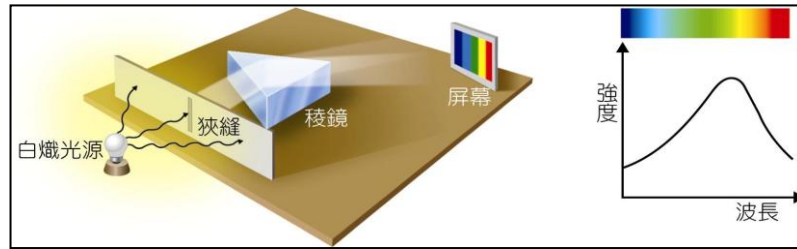
1. 原子或分子中的電子位於不同軌域，其電子便擁不同的能量，所對應的能量呈階梯狀分布，稱為 能階。
2. 當電子得到特定波長的光子 激發 時，會躍遷到較 高 能階；  
當電子 放出 特定波長的光子時，會降回較 低 能階。



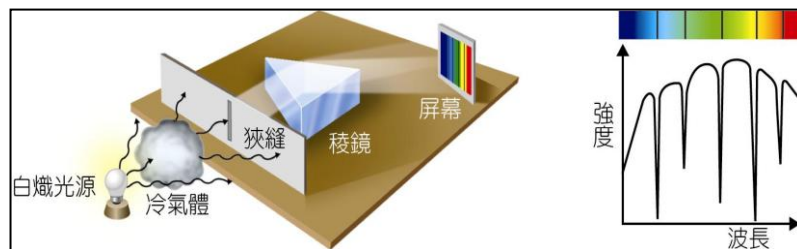
在高能階的電子不穩定，會放出特定波長的光，形成明線光譜

## (二) 光譜型態

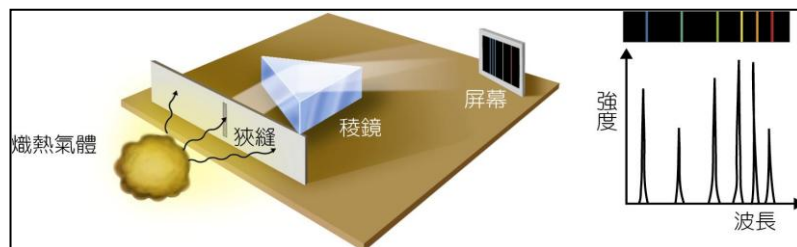
1. 連續 光譜：恆星發出的電磁波是連續的，經攝譜儀可得到連續不中斷的可見光光譜。



2. 吸收 光譜：恆星的熱輻射通過低溫、低密度的氣體，如行星大氣或星際雲氣時，（暗線光譜）某些特定波長的電磁波會被吸收，在光譜上出現一些相對應的暗紋。



3. 發射 光譜：高溫、低密度氣體所發出的光譜不是連續的，而是由特定波長的亮紋組成。



## (三) 恆星光譜類型

※經過長時間的觀測，累積了大量恆星可見光光譜的資料，天文學家開始作恆星光譜的分類

1. 恆星光譜的分類主要將具有相似吸收譜線的光譜分成同一群

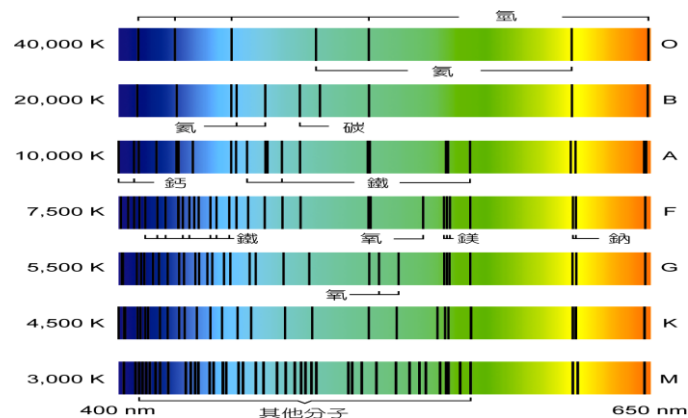
2. 依恆星的表面溫度排列，

由高至低分出O、B、A、F、G、K、M七種主要類型

再依譜線亮度的強弱細分成十個副型，

分別以阿拉伯數字 0 至 9 表示，如 B0、B1、B2……B9。

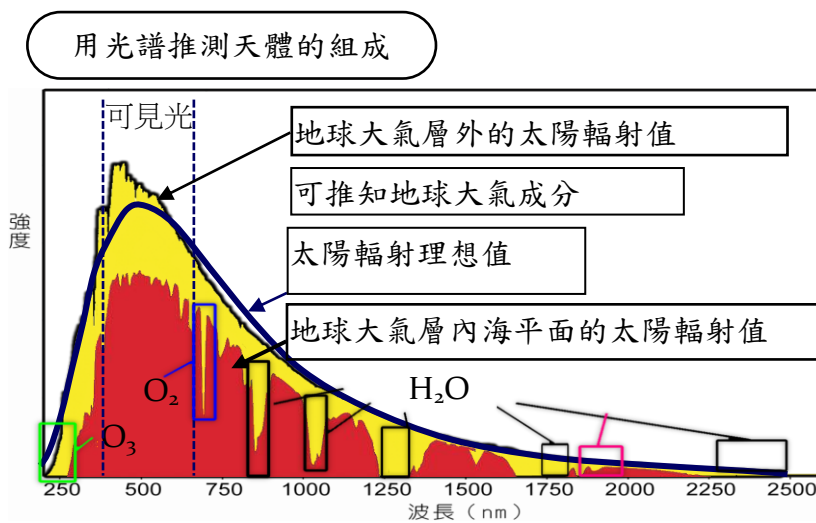
3. 太陽是 G2 型星，光譜介於 G0 和 K0 之間，表面溫度約 5800K。



(四) 用光譜推測天體的組成

1. 光譜好像是元素的「身分證」一樣，

每種元素都有自己的光譜，分析光譜就可以知道其元素。



由太陽大氣層內得到的一吸收光譜

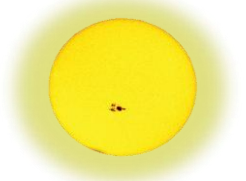
推知恆星大氣的成分

由譜線被吸收的強弱推知元素含量的多寡

2. 太陽的大氣主要成分為氫、氦。

3. 大多數恆星和太陽的大氣很相似，

氫占絕大多數和氦加起來約 96~99%，重元素 僅占 1~4%

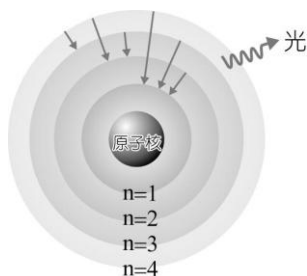


例練習

( D ) 1. 星球的顏色與下列何者密切相關？ (A) 星球的大小 (B) 星球的密度 (C) 星球的亮度 (D) 星球的表面溫度。

解題要訣：星球的表面溫度影響星星的輻射狀況，星球會呈現不同的顏色。

( C ) 2. 下圖為高溫的氫雲其電子之能階變化情形，判斷此時出現的光譜型式為下列何者？ (A) 連續光譜 (B) 吸收光譜 (C) 發射光譜 (D) 反射光譜。



解題要訣：由圖可看出此為原子中電子降低能階時釋出之光子，故為發射光譜。

( B ) 3. 當光線通過較低溫的氣體時，會形成哪一類光譜？ (A) 連續光譜 (B) 吸收光譜 (C) 發射光譜 (D) 反射光譜。

解題要訣：低溫的氣體會吸收特定波長躍升能階。

( D ) 4. 分析恆星的吸收譜線可直接判斷恆星的哪一項性質？ (A) 光度 (B) 距離 (C) 大小 (D) 化學成分。

解題要訣：恆星的熱輻射通過低溫、低密度的氣體，某些特定波長的電磁波會被吸收，在光譜上出現一些相對應的暗紋（即吸收譜線），故可判斷恆星的化學成分。

( A ) 5. 天文學家將恆星分為 O、B、A、F、G、K、M 等七個主要類型，是依據下列哪一性質劃分？ (A)恆星表面溫度 (B)恆星大小 (C)恆星光度 (D)恆星距離。

解題要訣：此七個類型反應出不同的光譜，光譜不同也是因不同表面溫度所致。

( A ) 6. (甲)星色為黃色；(乙)發出之譜線型式主要為發射光譜；(丙)熱量來源主要為氫融合成氦的核反應；(丁)依光譜型分類則屬 G 型星。上列有關太陽顏色及溫度的敘述，正確的為 (A)甲、丙、丁 (B)乙、丙 (C)甲、丁 (D)丙、丁。

解題要訣：太陽發出之譜線型式應為吸收光譜。

### 【單元練習】

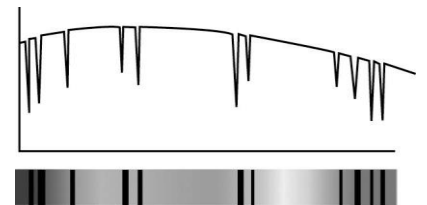
( D ) 1. 當我們看到三顆恆星的顏色分別是紅色、黃色與藍色。則此三顆恆星的表面溫度由高至低排列順序為何？ (A)紅、黃、藍 (B)紅、藍、黃 (C)黃、紅、藍 (D)藍、黃、紅。

【解析】表面溫度 10000k 為藍色，表面溫度 6000k 為黃色，表面溫度 3000k 為紅色。

( C ) 2. 天體的組成成分由何得知？ (A)表面溫度高低 (B)光度高低 (C)光譜譜線的分析 (D)紅或藍位移。

【解析】(C)恆星的熱輻射通過低溫、低密度的氣體，某些特定波長的電磁波會被吸收，故藉光譜譜線的分析可判斷恆星的化學成分；(D)譜線紅或藍位移可判斷星球是遠離或接近。

( B ) 3. 右圖為不同波長之電磁波含量分布（圖中橫座標為波長，縱座標越上方表此波段之含量越大），此圖應屬於哪一種型式的光譜？ (A)連續光譜 (B)吸收光譜 (C)發射光譜 (D)反射光譜。



【解析】某些波長能量被吸收因而產生一些暗線，所以為吸收光譜。

( C ) 4. 下表是甲、乙、丙 3 顆恆星的觀測資料，則這 3 顆恆星自身的發光能力由大而小的排列順序為何？ (A)甲乙丙 (B)甲丙乙 (C)乙甲丙 (D)丙甲乙。

編號	顏色	距離（光年）	視星等
甲	白	100	-1
乙	紅	250	0.5
丙	黃	50	1

【解析】顏色反映出恆星的表面溫度，雖然表面溫度會影響輻射，但恆星的發光力也與恆星大小有關；視星等只是恆星看起來的明亮度，不一定代表其發光力。明亮度 (B) 與發光力 (L)、距離 (d) 的關係式：

$B = \frac{L}{4\pi d^2} \rightarrow L = 4\pi d^2 \times B$ ，丙星是三者最暗又最近，其發光力必最差，甲星雖比乙星亮  $(2.5)^{1.5}$ ，但乙星距離是甲星的 2.5 倍，發光力正比於距離平方，故乙星發光力大於甲。

※恆星的顏色不同是因為恆星輻射的電磁波有所差異。下圖中的 A、B 曲線為此二者  
甲 不同所呈現之不同能量分布。圖上  $\lambda_{\max}$  與 乙 有關。依次回答 5.~7.題：

( C ) 5. 上文之中「甲」應填入何種物理名詞？  
(A)直徑 (B)質量 (C)表面溫度 (D)密度。

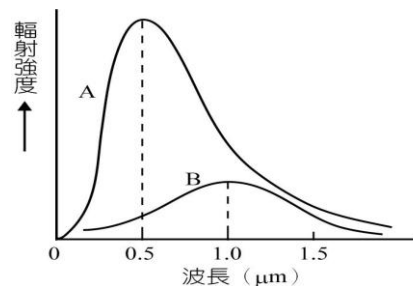
( C ) 6. 上文之中「乙」應填入何種物理名詞？  
(A)直徑 (B)質量 (C)表面溫度 (D)密度。

【解析】T 與  $\lambda_{\max}$  成反比。

( D ) 7. 圖中 B 曲線以何種望遠鏡觀測最適宜？

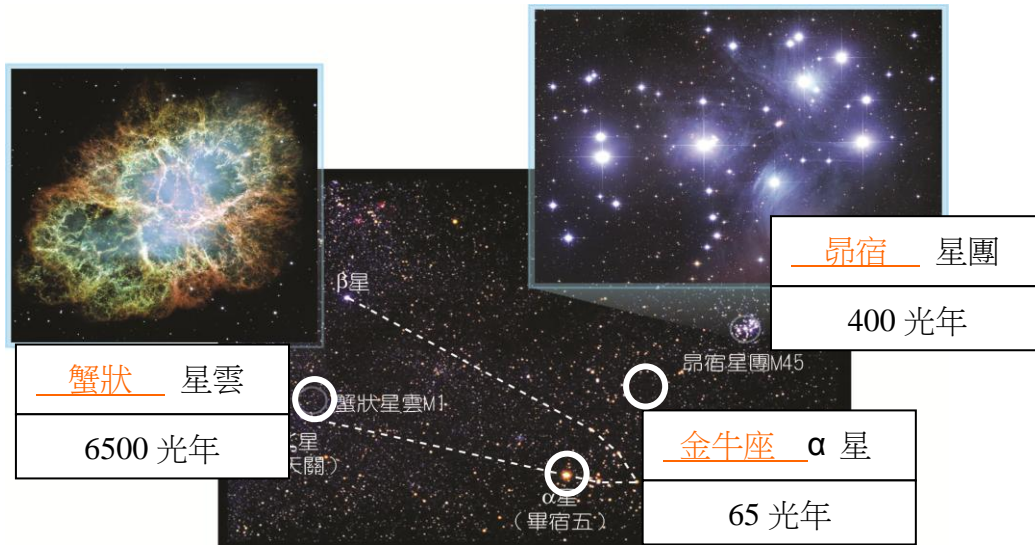
(A)X 光望遠鏡 (B)紫外線望遠鏡 (C)可見光望遠鏡 (D)紅外線望遠鏡。

【解析】B 曲線之  $\lambda_{\max}$  在 1m 左右，屬於紅外線部分，表示 B 星紅外線輻射最強，因此以紅外線望遠鏡觀測效果最好。



## 10-2 時間與距離

一、交疊的時空：我們所仰望的星空，是來自不同時間的光同時抵達地球所疊加出來的影像。  
我們看到的蟹狀星雲是 6500 年前的影像



二、太陽系的遠親近鄰（參考參料）

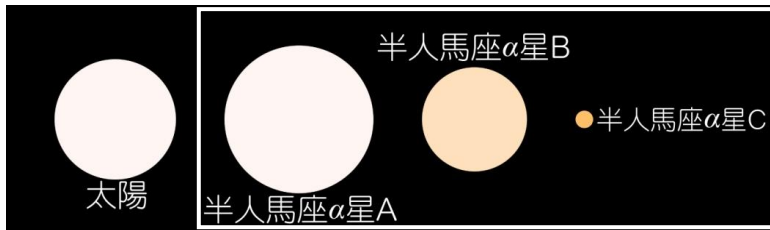
光速(C)= $3 \times 10^5$  km/秒 、 1 光年= $9.5 \times 10^{12}$  km 、 1AU= $1.5 \times 10^8$  km

- 1.光從月至地球需時約 1.3 秒  
2.光從日至地球需時約 8.3 分鐘 } 以 時間 表示距離

※肉眼於星空中能見的恆星都屬於 本銀河系。

3.距離太陽系最近的恆星為比鄰星半人馬座 V645 → 4.22 光年

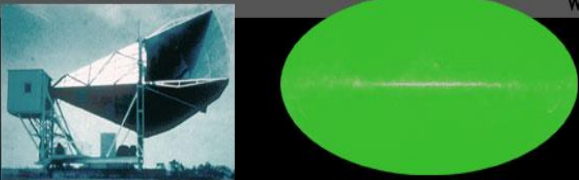
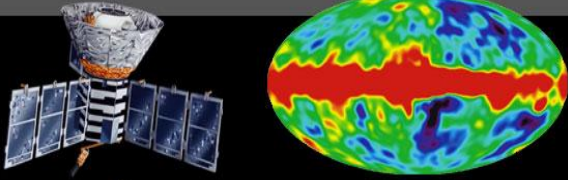
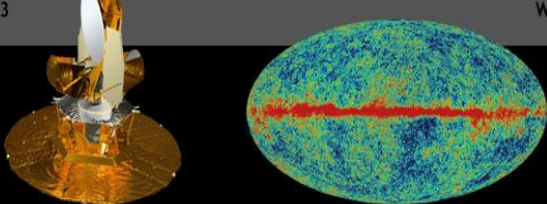
4.距離太陽系最近的肉眼可見恆星 半人馬 座 α 星 → 4.3 光年



- 5.距離太陽系最近的肉眼可見星系 大麥哲倫 星系 → 16 萬光年  
6.距離太陽系最遠的肉眼可見星系 仙女 座大星系 → 230 萬光年 } 本 星系群  
7.距離太陽系最遠的星系約在 130 億光年外（現在所知）

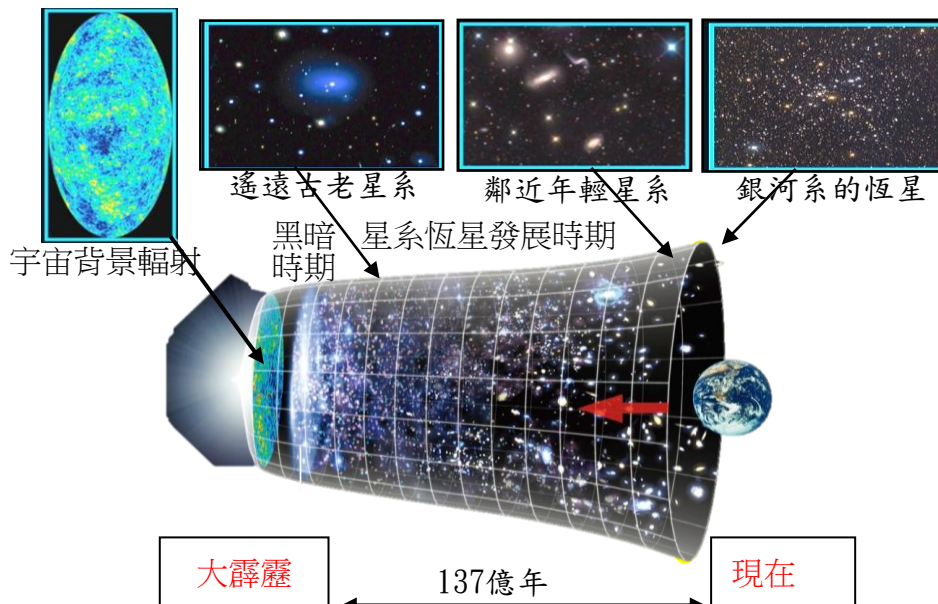
### 三、宇宙背景輻射

- (一) 1960 年代，兩位美國物理學家潘奇亞斯和威爾森（兩位先生共享 1978 年的諾貝爾物理獎）用號角形天線偵測天空中各種無線電波的來源。
- (二) 經普林斯頓大學認定 潘奇亞斯 與 威爾森 所測得的，無線電波背景訊號就是宇宙微波背景輻射，而此背景輻射對應的溫度約為2.7 K  $\approx$  3K  
 ※若宇宙是經由大爆炸後逐漸冷卻，至目前的溫度應該差不多是3 K 左右。  
 這個觀測的結果也對大霹靂學說提供了有力的證據
- (三) 近代發展的技術已能觀測到宇宙微波背景輻射在各方向微小的變化，對了解早期宇宙演化及星系形成提供了重要的線索。

 <p>1965 Penzias and Wilson</p>	<p>潘奇亞斯和威爾森利用<u>號角形</u>天線偵測宇宙背景輻射</p>
 <p>1992 COBE</p>	<p>宇宙背景探測者（COBE）也稱為探險家 66 號是建造來探索宇宙論的第一顆衛星</p>
 <p>2003 WMAP</p>	<p>美國航太總署（NASA）的威爾金森<u>微波</u>背景輻射各向異性探測衛星（WMAP）</p>

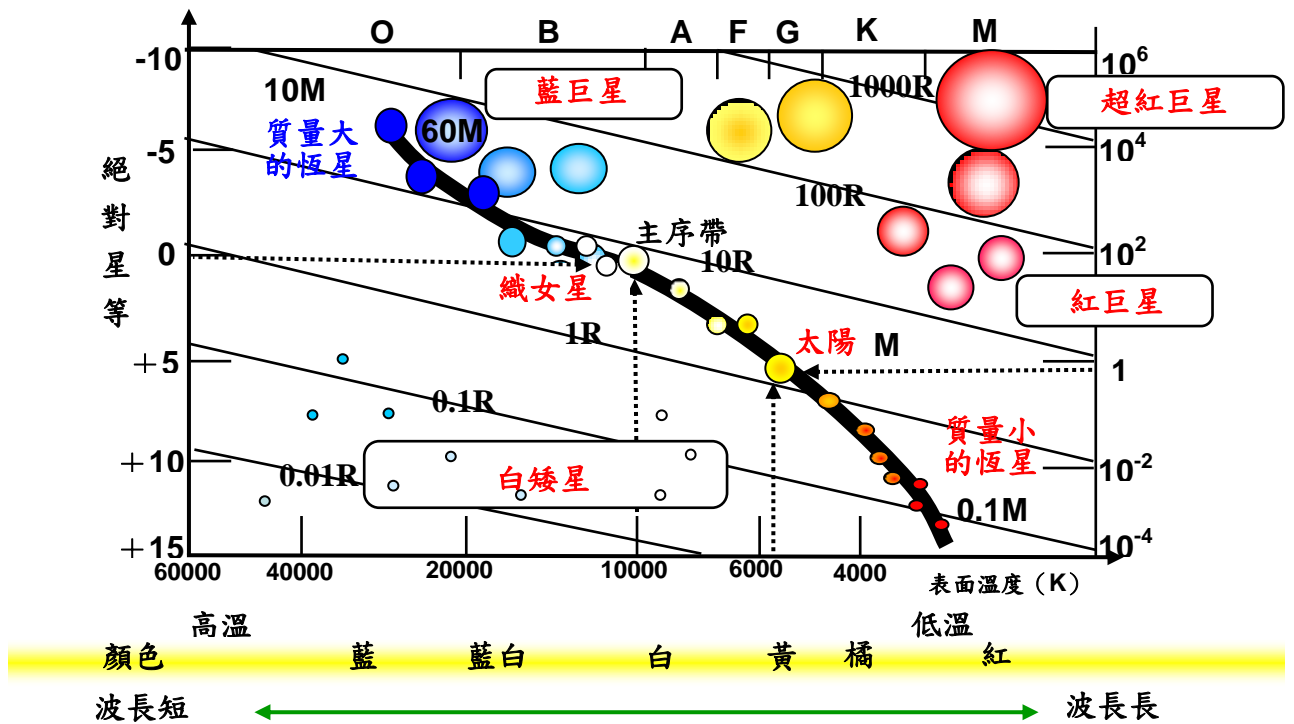
測量兩個完全相反方向的溫度差  
不是探測絕對溫度

光速於真空為常數，來自愈遠處的光，存在時間愈早

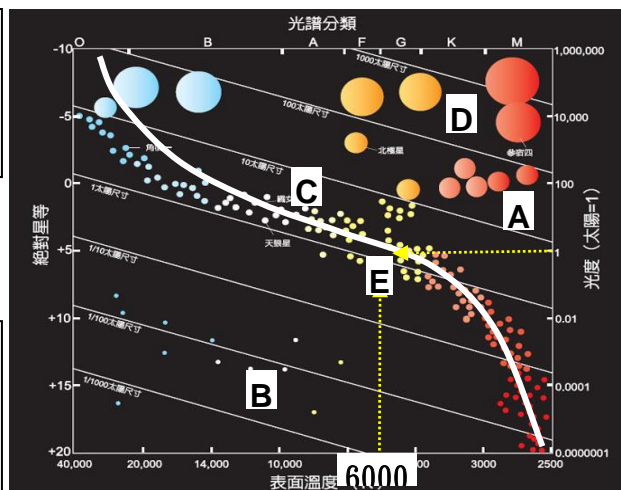


#### 四、赫羅圖 (恆星的一生)

(一) 由丹麥天文學家 赫茲史普 與美國天文學家 羅素 分別提出。



質量越 大  
表面溫度越 高  
壽命越 短



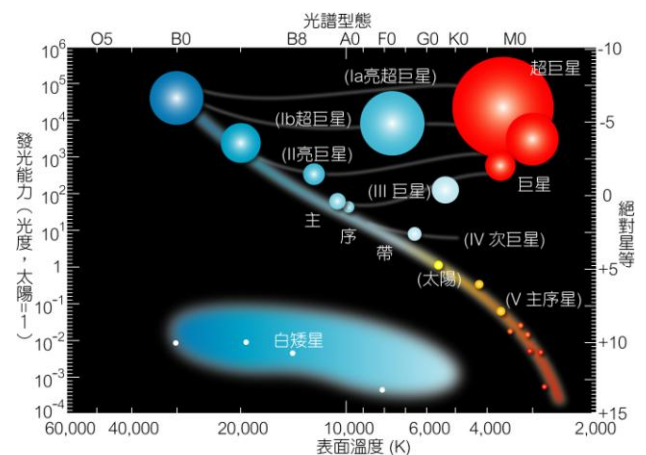
表面溫度 低  
光度 大  
多為 老 星

表面溫度 高  
光度 小  
為死亡恆星

質量越 小  
表面溫度越 低  
壽命越 長

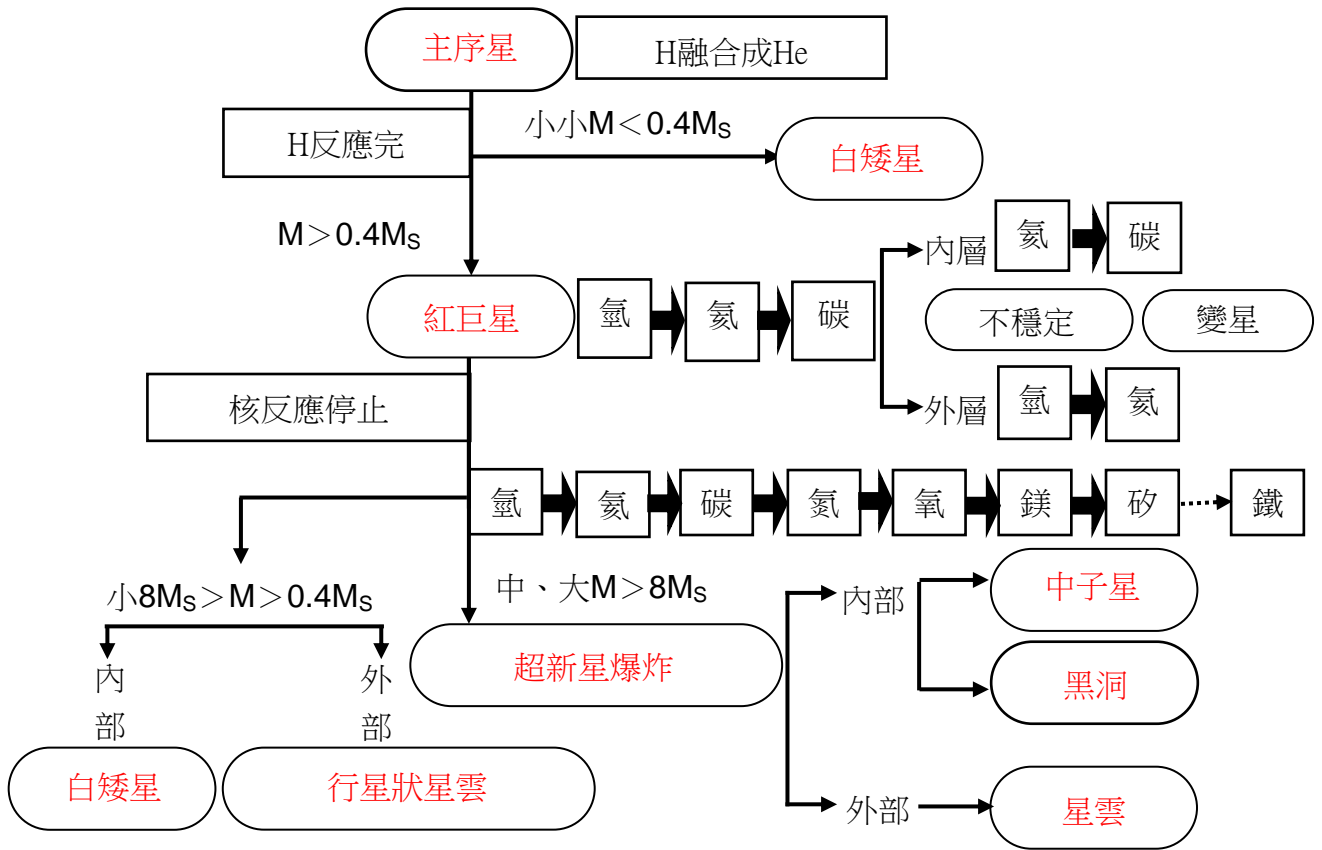
各區域代號名稱：A. 紅巨星    B. 白矮星    C. 主序星  
D. 超紅巨星    E. 太陽

(二) 天文學上根據這種光度大則譜線窄的特性，將恆星分成 Ia (亮超巨星)、Ib (超巨星)、II (亮巨星)、III (巨星)、IV (次巨星) 與 V (主序星) 等 六 大光度分類





(三) 恆星的一生

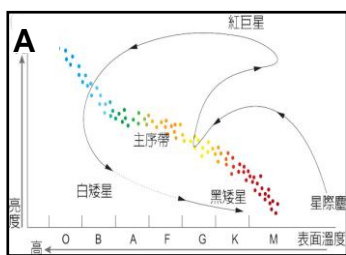


1. 質量愈大恆星的壽命愈短

$\text{恆星的壽命} \propto \frac{\text{質量}}{\text{光度}}$	⇒	$\text{壽命} \propto \frac{\text{質量}}{(\text{質量})^4} \propto \frac{1}{(\text{質量})^3}$
已知：光度 $\propto (\text{質量})^4$		

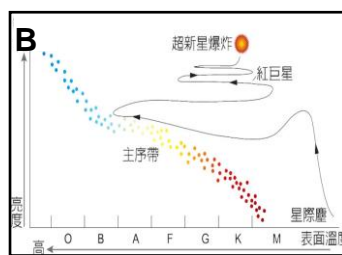
2. 由恆星的一生判斷恆星的質量

(A、B 分別是哪一種質量的恆星?)



$8 M_s > M > 0.4 M_s$

小 質量恆星的一生



$M > 8 M_s$

中、大 質量恆星的一生

( A ) 太陽由於質量較小，所以在演化末期不會自我爆炸而「屍骨無存」。

根據以上敘述推論，下列哪一選項為太陽一生的大致演化歷程？歷屆試題【93 學測】

- (A) 星際介質→主序星→紅巨星→白矮星
- (B) 星際介質→主序星→紅巨星→白矮星→黑洞
- (C) 星際介質→主序星→紅巨星→白矮星→中子星
- (D) 星際介質→主序星→紅巨星→超新星→白矮星
- (E) 星際介質→主序星→紅巨星→超新星→中子星

## 五、恆星的距離測量的方法

### (一) 三角視差法 (視差法)

1. 多用於近星的測量 100 光年以內

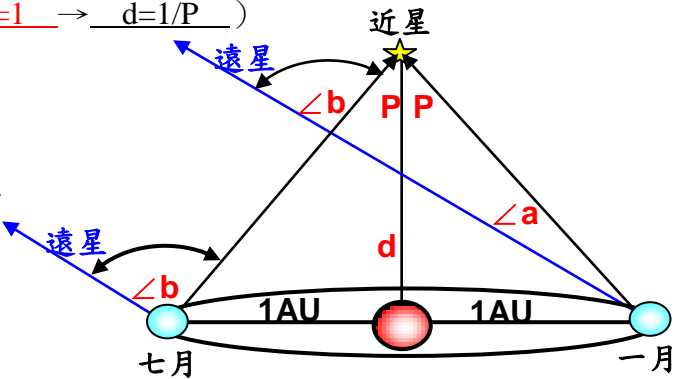
2. 找出 視差角 P, 便可求出距離 d ( $Pd=1$  →  $d=1/P$ )

(1)  $\angle b = \angle a + 2P$

(2) 帶入  $Pd=1$

$$d(\text{秒差距}) = \frac{1}{P(\text{角秒})} \quad \longrightarrow \quad d = \frac{1}{P''}$$

1 個秒差距 = 3.26 光年



例：若近星的視差角等於 0.5 角秒 (0.5'') 時，近星與地球的距離為多少光年？

$$d = \frac{1}{P''} \quad d(\text{秒差距}) = \frac{1}{P(\text{角秒})}$$

$$d = \frac{1}{0.5''} \quad d = 2(\text{秒差距}) \quad d = 2 \times 3.26 = 6.52(\text{光年})$$

### (二) 利用哈伯定律測距離

1. 哈伯在 1920 年代攝得許多遙遠星系光譜，

發現其偏移情形都是「紅移」。

2. 遙遠星系都在遠離我們，而且距離越遠，遠離速度越大  
發現星系奔離速度與其距離成正比，此為 哈伯 定律。

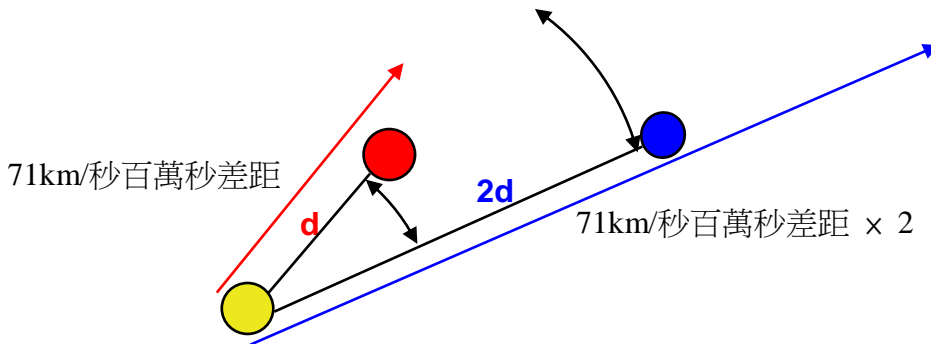
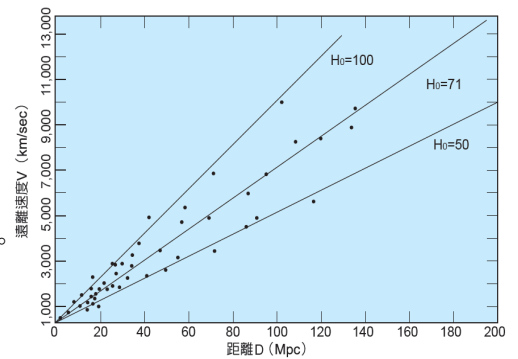
3. 哈伯定律： $V = H_0 \times d$

V：奔離速度 (公里/秒, km/s)

d：距離 (百萬秒差距, Mpc)

$H_0$ ：哈伯常數「公里/(秒·百萬秒差距)」 「 $\text{km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$ 」

經過多年的觀測與修正： $H_0 = 71 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc}) = 71 \text{ 公里/秒} \cdot \text{百萬秒差距}$

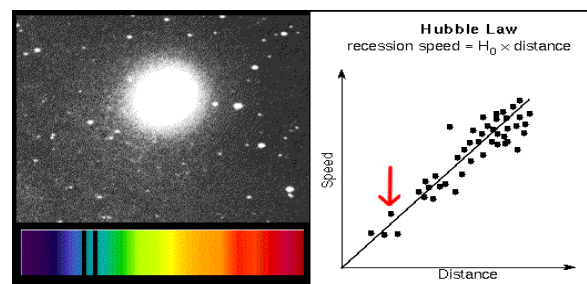


### 4. 未知距離的恆星

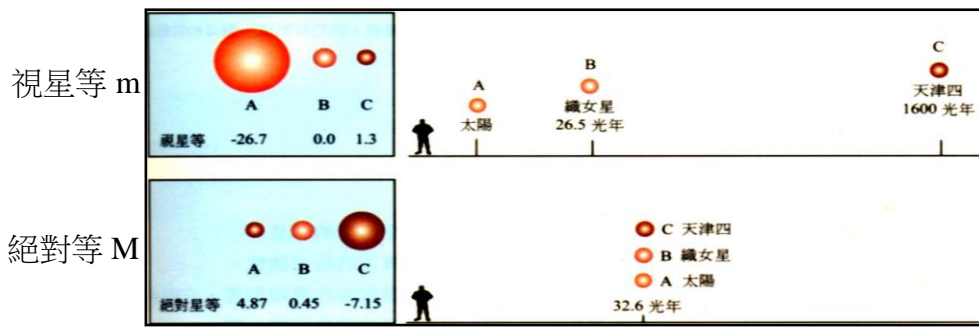
由光譜紅位移求得星系 奔離速度

帶入哈伯常數 → 換算 距離

$$V = H_0 \times d$$



### (三) 標準光度法



視星等 (m) 和絕對星等 (M) 的關係：

$$m - M = 5 \log d - 5$$

	m	M
甲	1	3
乙	1	-5

\_\_\_\_\_ 遠

	m	M
甲	2	5
乙	-1	5

\_\_\_\_\_ 遠

	m	M
甲	-3	2
乙	1	-5

\_\_\_\_\_ 遠

※全天視覺最亮排名前 5 名的恆星

星名	距離 (光年)	視星等	絕對星等	星座
太陽	8 光分	-26.72	4.8	—
天狼星	8.6	-1.46	1.4	大犬座
老人星	100	-0.72	-2.5	船底座
南門二	4.3	-0.27	4.4	半人馬座
大角星	34	-0.04	0.2	牧夫座

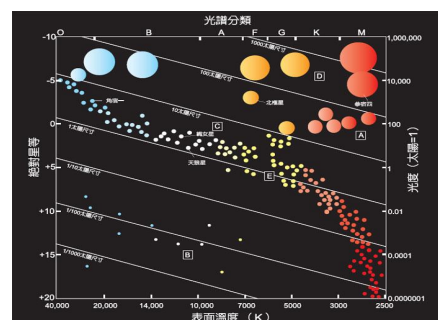
Q：離地球最遠的恆星是哪一顆？ A：南極 老人 星距地球最遠

$$m - M = 5 \log d - 5 \rightarrow m - M \text{ 得到值越大的越遠}$$

### (四) 光譜視差法 (以標準光度法為基礎)

1. 利用已知的 赫羅 圖
2. 分析未知距離恆星的 光譜，屬於哪一類型的恆星
3. 估算恆星的發光能力 (絕對星等)
4. 訂出 視星 等
5. 帶入距離 模數 公式求出距離

$$m - M = 5 \log d - 5$$



### (五) 變星測距法 (以標準光度法為基礎)

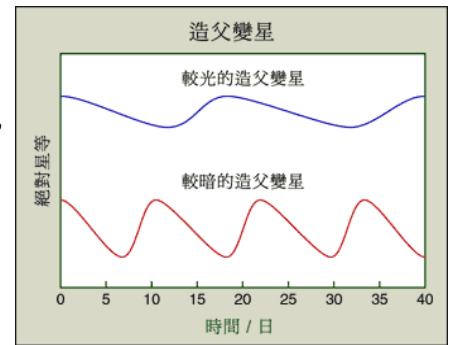
1. 變星：位在 不穩定 帶的恆星，是恆星演化的一個階段。
2. 造父變星：這種光度會變化的變星首先在仙王座  $\delta$  星即「造父一」發現是哈佛大學天文臺一位細心的女計算員莉維特 (Leavitt) 找到的。
3. 亮度變化週期越 長，其發光能力越 強。可推算 絕對 星等

4.訂出視星等

5.帶入距離模數公式求出距離

$$m - M = 5 \log d - 5$$

- 6.「量天尺」：只要在 星團 或 星系 中發現有造父變星，就可以確定星團或星系的距離，因此，造父變星有 (量天尺) 之稱。



### 【綜合評量】

- ( C ) 1. 下表是一些天體的基本資料，表中表面溫度最高與最低的天體為 (A)最高：D；最低：E (B)最高：C；最低：D (C)最高：B；最低：D (D)最高：B；最低：E (E)最高：C；最低：E。

	A	B	C	D	E
星名	天蠍 $\alpha$	獵戶 $\beta$	太陽	海王星	火星
視星等	1.09	0.12	-26	約 8	-2~2
顏色	紅	藍	黃	藍	紅

【解析】顏色反映出恆星的表面溫度，故最高溫者為藍色的獵戶 $\beta$ 星，行星不會發光，故距離太陽較遠的海王星溫度最低。

- ( C ) 2. 下表為織女星與參宿四兩顆恆星的比較，由於兩者的亮度差異不大，但顯然後者的距離大上許多，因此可以推知下列何項結論？ (A)織女星的光度較大 (B)織女星的半徑較大 (C)參宿四的光度較大 (D)參宿四的密度較大。

	溫度	距離	視星等
織女星	10000	25 光年	0.0
參宿四	3000	500 光年	0.4

【解析】參宿四的距離較織女星大很多，但看起來亮度相差不大，可見參宿四的光度大很多。

- ( B ) 3. 若人體表面溫度為  $30^{\circ}\text{C}$ ，則其所產生的熱輻射應屬於下列哪一種電磁波？ (A)無線電波 (B)紅外線 (C)可見光 (D)紫外線。

【解析】由韋恩定律  $T(\text{k}) = 3 \times 10^{-3} / \lambda_{\text{max}}(\text{m})$  可算出  $30^{\circ}\text{C}$  低溫物體輻射以紅外線為主。

- ( A ) 4. 在地面接收來自太陽之光譜種類為 (A)吸收光譜 (B)發射光譜 (C)連續光譜 (D)反射譜線。

【解析】太陽大氣和地球大氣中之許多成分會吸收部分太陽輻射之波段，故為吸收光譜。

- ( E ) 5. 有關光譜的敘述，下列何者不正確？ (A)光譜可分成連續光譜、吸收（暗線）光譜、發射（明線）光譜三類 (B)恆星的光譜大都是吸收光譜 (C)由光譜可知恆星的化學組成 (D)由恆星光譜可知恆星的移動速度 (E)由光譜可知恆星的壽命。

【解析】(E)恆星的壽命  $\propto \frac{\text{質量}}{\text{光度}}$ 。

- ( D ) 6. 小明看到天上的星星有些是藍色的，有些是紅色的，這是因為星星的哪一種特質所造成？ (A)二者的化學組成不同 (B)星光在穿過地球的大氣層時，被吸收的光線波長不同 (C)年紀較老的星球為藍色，年紀較輕的星球為紅色 (D)星球的表面溫度較高，其顏色較接近藍色，反之則較接近紅色。

【解析】(B)星光在穿過地球大氣層時，被吸收的光線波長是一樣的。(C)顏色反映出恆星的表面溫度。

- ( D ) 7. 原子可輻射出能量的原因為何？ (A)低能階的電子躍遷到高能階 (B)其必定是放射性元素 (C)原子反射了入射電磁波的能量 (D)高能階的電子躍遷到低能階。

【解析】當電子降回較低能量的能階，會放出特定波長的光子。

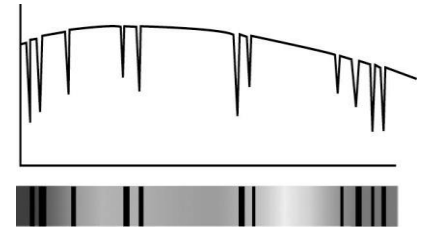
- ( B ) 8. 分析星球光譜，無法得知星球的哪一種訊息？ (A)組成成分 (B)質量 (C)表面溫度 (D)接近或遠離地球的速度。

【解析】分析星球光譜可以得知星球的組成成分、表面溫度、接近或遠離地球的速度。

- ( B ) 9. 獵戶座大星雲因受鄰近新生的恆星所輻射出的紫外線能量激發而發出紅光，故其光譜應為何種譜線？ (A)吸收譜線 (B)發射譜線 (C)連續譜線 (D)暗線譜線。

【解析】獵戶座大星雲因受激發而發出紅光，故其光譜應為發射譜線。

- ( C ) 10. 右圖為某天體輻射出不同波長電磁波的含量分布（圖中橫座標為波長，縱座標越上方表示此波段之含量越大），下列敘述何者不正確？ (A)此光譜為吸收光譜 (B)由不同波長波段之含量分布，可判斷此天體之表面溫度 (C)可判斷此天體應為宇宙中的高溫氫雲 (D)由含量減少之波段，可判斷此輻射所通過的氣體成分。



【解析】(C)高溫氣體應為發射譜線。

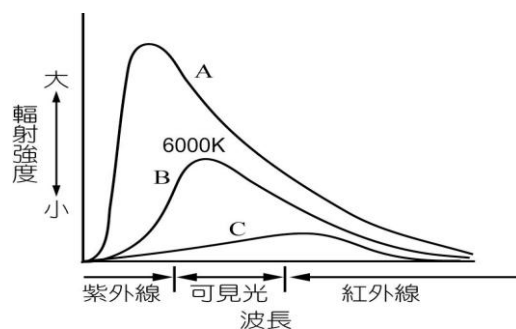
- ( A ) 11. 下列關於太陽輻射出的電磁波敘述，何者正確？ (A)輻射出之波段包括紫外線、可見光及紅外線等 (B)其輻射量最大的波段為可見光之藍光 (C)地球大氣中的溫室氣體，其主要吸收波段為紫外線 (D)紅外線為太陽輻射波段中，較能完整通過大氣、進入地表之波段 (E)太陽輻射出的波段中，能量越強者，其輻射量越多。

【解析】(B)太陽輻射量最多的是可見光之黃光。(C)為紅外線。(D)較能完整通過大氣、進入地表之波段為可見光波段。(E)太陽輻射量最多的是黃光，並非是能量較強、波長較短的 $\gamma$ 射線。

- ( D ) 12. 下列關於距離地球 50 億光年某星系的描述：(甲)50 億年前宇宙爆炸，此星系開始遠離我們；(乙)該星系目前發生的事，地球必須在 50 億年後才看得到；(丙)該星系誕生於 50 億年前；(丁)光線從該星系出發後，歷時 50 億年才能到達地球。上述正確的是 (A)甲、乙、丙、丁 (B)甲、乙 (C)乙、丙 (D)乙、丁。

【解析】(甲)宇宙霹靂爆炸開始於一百多億年前。(丙)不能從距離遠近判斷星系何時形成。

※下圖為恆星單位面積輻射出的能量強度分布圖。依此圖回答 13.~14.題：



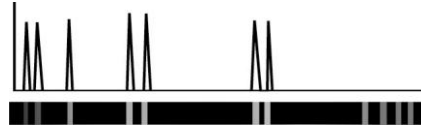
- ( C ) 13. 圖中 A、C 兩個恆星星色各為何？ (A)A：紅、C：黃 (B)A：藍、C：黃 (C)A：藍、C：紅 (D)A：黃、C：藍。

【解析】A 星可見光中藍色輻射較多，呈藍色，C 星可見光中紅色輻射量較多，呈紅色。

- ( A ) 14. 有關此圖的敘述，下列何者是錯誤的？ (A)越高溫的恆星單位面積輻射出的紅外線輻射越少 (B)單位面積輻射出最高能量所對的波長與溫度成反比 (C)A 星輻射出大量的紫外線輻射 (D)C 星，以紅外線觀測最有效。

【解析】愈高溫的恆星，其輻射強度也愈高，所以紅外線輻射比低溫恆星還強。

※下圖為某一光譜，圖中橫座標為波長，縱座標為此波段之含量（上方含量大）：



( C ) 15. 此圖屬於哪一種型式的光譜？ (A)連續光譜 (B)吸收光譜 (C)發射光譜。

【解析】此圖屬於發射光譜。

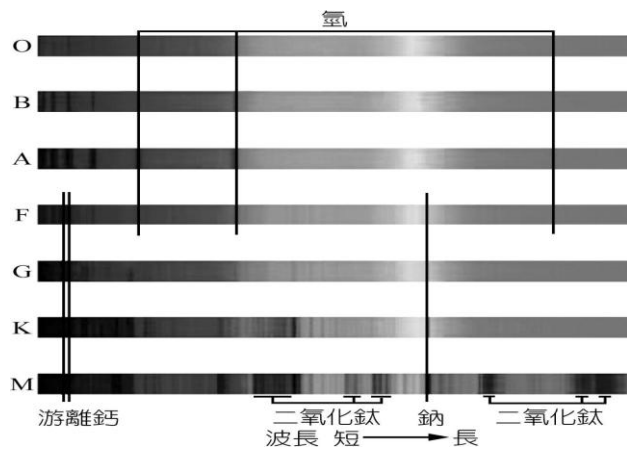
( C ) 16. 此圖為下列哪一種原因所形成的光譜？ (A)恆星的輻射被星際塵埃反射 (B)恆星的輻射通過較低溫氣體時被吸收部分波段 (C)較高溫的氣體中，已發生能階躍遷的電子，其能階下降 (D)恆星的熱輻射被行星吸收後，再以較低溫度輻射出。

【解析】高溫、低密度氣體的光譜是由特定波長的亮紋組成。

( D ) 17. 恆星的光譜，可分類成 O-B-A-F-G-K-M 等，從 O 型星到 M 型星乃依照哪個物理量排序？ (A)發現的先後順序 (B)譜線的強弱 (C)氫氣含量 (D)表面溫度。

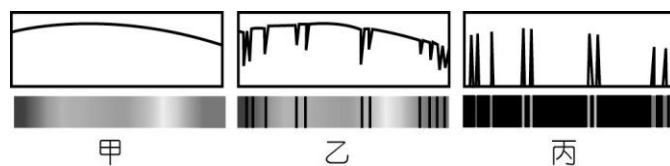
【解析】恆星的光譜是依表面溫度分類

( D ) 18. 參考下方天體各光譜型圖，下列哪一種天體的金屬譜線（如鈣離子、氧化鈦、硫等）較強？ (A)A (B)O (C)G (D)M。



【解析】圖中 M 型之金屬譜線（如鈣離子、氧化鈦、硫等）最寬，較強。

※光譜學是遙測技術的一種，我們不需要直接取得天體的物質，就可以知道它們的組成，因為每種元素都有自己的光譜。請利用下圖甲乙丙三種光譜回答 19.~20.題：



( A ) 19. 有關光譜的敘述，何者正確？ (A)甲為連續光譜 (B)乙為發射光譜 (C)丙為吸收光譜 (D)丙為暗線光譜。

【解析】甲為連續光譜；乙為吸收光譜，又稱暗線光譜；丙為發射光譜（亮線光譜）。

( B ) 20. 若有一顆恆星所發射的星光，通過一低溫的氣體雲來到地面時，我們所看到的光譜會接近哪一種？ (A)甲光譜 (B)乙光譜 (C)丙光譜。

【解析】光線因受低溫的氣體雲吸收部分能量，故會形成吸收光譜。

( E ) 21. 太陽表面溫度約為 6000K，主要發出可見光。人體溫度約為 310K，主要發出紅外線。宇宙間的溫度約為 3K，所發出的輻射稱為「3K 背景輻射」。若要進行「3K 背景輻射」的觀測，應該選擇下列哪一個波段？ (A)γ 射線 (B)X 光 (C)紫外線 (D)可見光 (E)無線電波。

【解析】韋恩定律： $\lambda_{\max} = 0.29/T = 0.29/3 = 0.1$  公分。因題目無附圖，無法由圖查知波長 0.1 公分為何種，只能由發現背景輻射的歷史判定，或由題目所述：人體 310K 為紅外線，而 3K 應該是波長更長的無線電波。

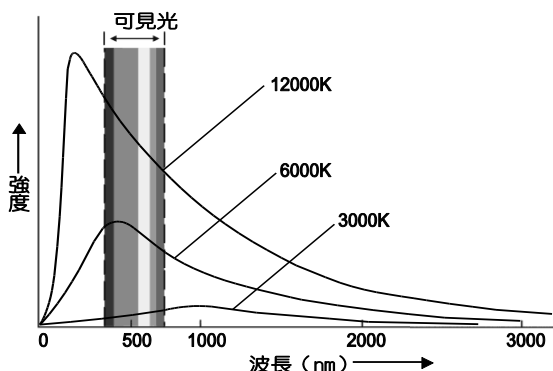
# 習作

## 第十章 燦爛的星空

### 牛刀小試

#### ★ 10-1

- ( C ) 1. 下圖是黑體輻射在特定溫度下，不同波段所輻射出的能量強度曲線，由圖中可以得到哪個推論？ (A)溫度增加，發光物體輻射總能量會減少 (B)高溫和低溫的物體輻射總能量相同 (C)輻射強度最大的波長，在高溫時會向波長短的方向移動 (D)溫度 3000K 時，物體放出的紫外線波段強度比紅外線波段強度要大。



【解析】溫度越高，總輻射量越大。溫度在3000K時，物體放出的紅外線強度大於紫外線的強度。

- ( A ) 2. 恆星可以發出各種波段的電磁波，但若想觀測高溫的恆星，則下列各波段中應該使用哪一種較合適？

(A)紫外線 (B)紅外線 (C)無線電波 (D)可見光。

【解析】高溫的恆星發出的最強電磁波波長越偏向短波長，故選紫外線。

- ( B ) 3. 已知由韋恩定律  $\lambda_{\max}(\text{cm}) = 0.29/T$ ，可得知物體溫度與發出電磁波波段之間的關係，人體溫度約310K，則人體所發出的電磁波最強的波段為

(A)紫外線 (B)紅外線 (C)無線電波 (D)可見光。

【解析】由韋恩定律  $\lambda_{\max}(\text{cm}) = 0.29/T = 0.29/310 = 9.35 \cdot 10^{-4} \text{cm} = 9350 \text{nm}$ ，屬於紅外線。

- ( D ) 4. 泰宇觀看星空時，發現有些星是藍色，有些星是紅色，這些不同顏色的恆星，其顏色主要是由哪項性質所控制？

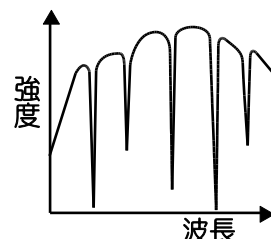
(A)恆星的體積大小 (B)恆星的發光強度 (C)恆星距地球的遠近 (D)恆星的表面溫度。

【解析】溫度越高越偏藍色，溫度越低越偏紅色。

- ( B ) 5. 右圖為一不同波長電磁波與強度關係的光譜型式，此圖是屬於哪一種形式的光譜？

(A)連續光譜 (B)吸收光譜 (C)發射光譜 (D)折射光譜。

【解析】此圖為連續光譜中的某些波段被吸收。



- ( A ) 6. 天文學家將恆星分成 O、B、A、F、G、K、M 七種主要類型，這是根據哪一依據來做分類的？ (A)恆星光譜特徵 (B)恆星大小 (C)恆星距離地球的遠近 (D)恆星的亮度。【解析】O、B、A、F、G、K、M 七種恆星類型是由恆星光譜分類。

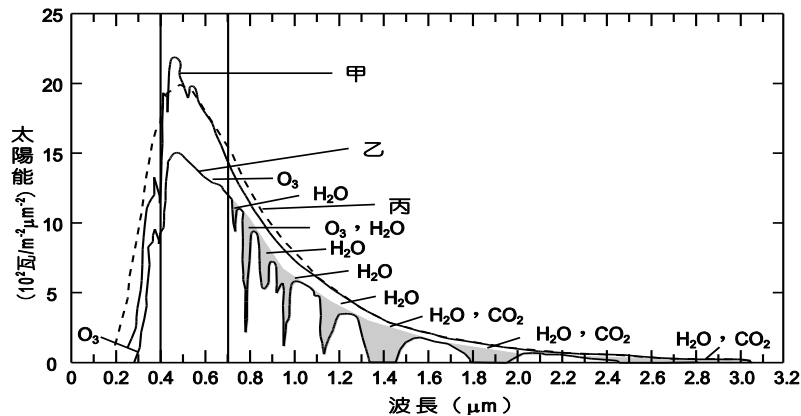
( B ) 7. 現今天文學家得知太陽成分以氫為主，氦次之，也可得知太陽表面的溫度，這些訊息是如何得知的？ (A)利用溫度計測量 (B)分析太陽光的光譜而得知 (C)與其他和地球不同距離的恆星比較 (D)利用太陽的亮度判斷。**【解析】**分析太陽光譜可以得知太陽 (G2 型) 的表面溫度約 5800K，由吸收光譜可以得知太陽表面氣體的組成和含量。

( B ) 8. 下表是某些恆星的一些物理性質，則這四顆恆星中哪一顆的顏色和太陽最類似？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。

恆星	視星等	光譜型	距離 (光年)
甲	0.9	B	60 光年
乙	-1.5	G	40 光年
丙	0.1	O	700 光年
丁	0.5	M	500 光年

**【解析】**太陽是 G2 型恆星，故要選 G 型的恆星。

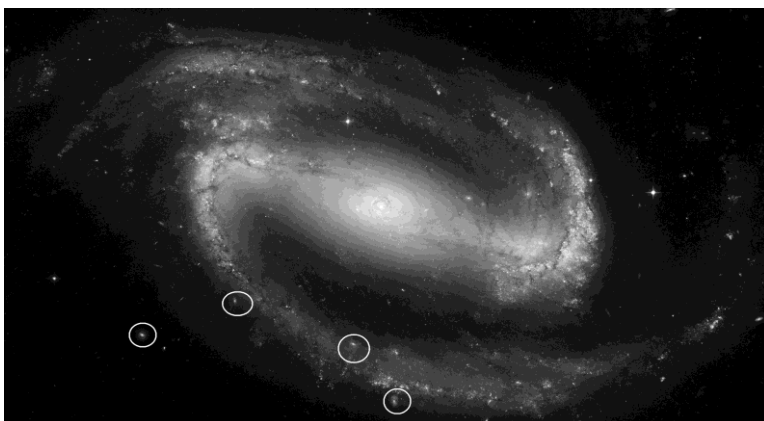
( D ) 9. 下圖為太陽的輻射曲線圖，包含理想的太陽輻射曲線、海平面上的太陽輻射曲線和大氣層外的太陽輻射曲線，對於此圖，以下哪一敘述是正確的？ (A)甲是理想的太陽輻射曲線 (B)乙是大氣層外的太陽輻射曲線 (C)丙是在海平面上的太陽輻射曲線 (D)乙曲線在波長大於  $0.7\mu\text{m}$  以上的部分某些波段能量減少是因被  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  分子等吸收。



**【解析】**甲是大氣層外的太陽輻射曲線，乙是在海平面上的太陽輻射曲線，丙是太陽輻射曲線的理想值，太陽光進入大氣後，某些波段的電磁波被大氣分子吸收，如紅外線被水分子、二氧化碳分子吸收。

### ★ 10-2

( D ) 10. 下圖是由哈柏太空望遠鏡所拍攝的 NGC1300 星系的照片，NGC1300 為圖中主要的棒旋狀星系，但在此一照片周圍，可以看到有其他的星系，如圖中四個圈圈所指，對於圈圈中所指的星系和 NGC1300 星系的敘述，以下哪一項正確？ (A)NGC1300 星系實際大小一定比圈圈中的星系大 (B)NGC1300 星系和圈圈中所指的星系和地球的距離一樣遠 (C)NGC1300 位於銀河系中 (D)若圈圈中的星系和 NGC1300 星系體積一樣大，則 NGC1300 星系和圈圈中的星系處於不同時代的狀態。

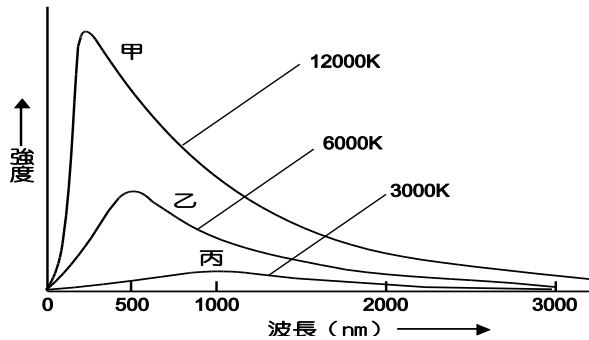




【解析】圖中四個圈起來的星系和 NGC1300 星系相比離地球較遠，實際上是和 NGC1300 星系差不多大小的星系，但因距離較遠，看起來較小。因為其距離較遠，發出的星光要經過較久的時間才能到達地球，雖然和 NGC1300 星系在同一張照片上，但實際上是處在不同時代的狀態。

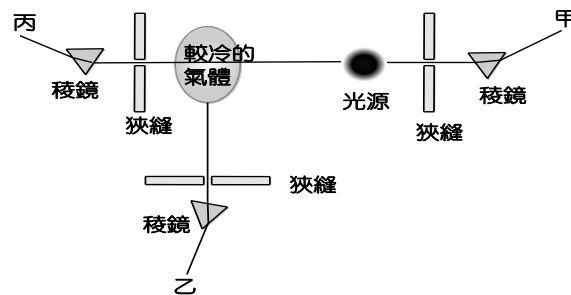
## 活學活用

※下圖是三個恆星不同波長的電磁波輻射能量分布圖，根據此圖回答 1.~4.題：

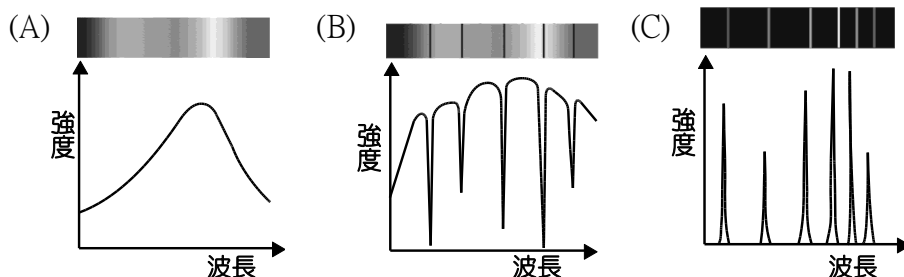


- ( C ) 1. 哪一個恆星單位時間單位面積內輻射的總能量最弱？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)無法得知。【解析】圖中可看出輻射總量（曲線下的面積）最小的是丙。
- ( D ) 2. 丙恆星看起來可能是哪一種顏色？ (A)藍 (B)白 (C)黃 (D)紅。【解析】丙的溫度低，而其輻射曲線最大強度在 1000nm，在可見光範圍 (400~700nm) 紅光比其他波段強，肉眼看起來呈紅色。
- ( B ) 3. 哪一顆恆星的輻射曲線和太陽的輻射曲線最相像？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)無法得知。【解析】乙的溫度 6000K，和太陽最接近，故選乙。
- ( C ) 4. 哪一顆星可能屬於 M 型恆星？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)無法得知。【解析】M 型恆星溫度約 3000K，故選丙。

※一白熾光源分別通過三組不同的狹縫和稜鏡，如下圖所示，得到甲、乙、丙三種光譜，根據此示意圖回答 5.~7.題：

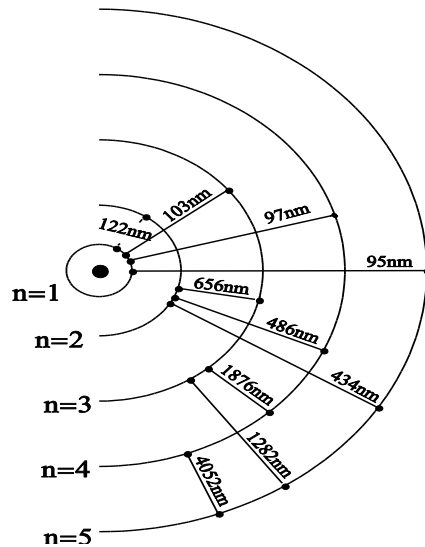


- ( A ) 5. 甲屬於哪一種光譜？ (A)連續光譜 (B)吸收光譜 (C)發射光譜 (D)折射光譜。【解析】白熾光源發出連續光譜。
- ( C ) 6. 乙屬於哪一種光譜？ (A)連續光譜 (B)吸收光譜 (C)發射光譜 (D)折射光譜。【解析】乙為較冷的氣體吸收能量後再放出的電磁波，故為發射光譜。
- ( B ) 7. 丙光譜的波長和強度關係圖應該類似下列哪一種？



【解析】丙為白熾光源的光經過較冷氣體被吸收後的光譜，故要選吸收光譜的形式。

※下圖是一氫原子結構示意圖， $n$  的數字代表氫原子不同的能階，不同的能階間的數字代表電子在不同能階間躍遷時發出或放出的電磁波波長，已知可見光波長範圍約  $390\text{nm} \sim 750\text{nm}$ ，回答 8.~11.題：



- ( B ) 8. 哪些能階之間的變化產生的光是人眼可見的？ (A)  $n=3 \rightarrow n=1$  (B)  $n=3 \rightarrow n=2$  (C)  $n=4 \rightarrow n=3$  (D)  $n=5 \rightarrow n=1$ 。

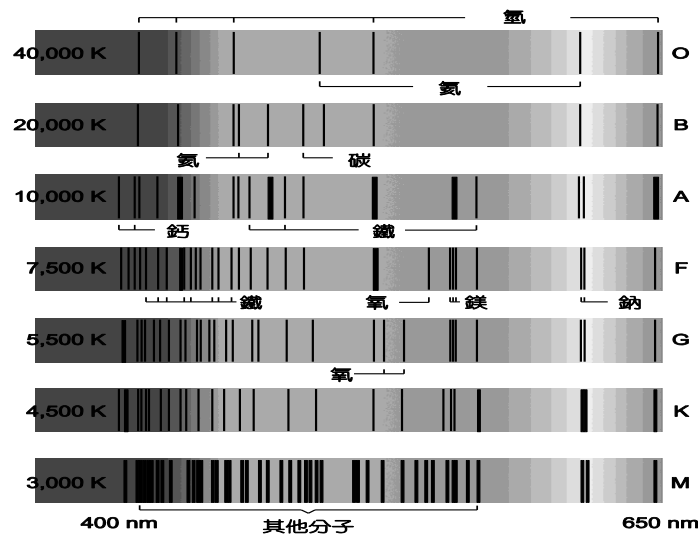
【解析】可見光波長範圍約  $390\text{nm} \sim 750\text{nm}$ ，在此區間內的波長只有  $n=3 \rightarrow n=2$  的  $656\text{nm}$ ，故選(B)。

- ( B ) 9. 當電子從  $n=1$  躍遷至  $n=2$ ，此時在光譜上所產生的譜線稱為 (A)連續譜線 (B)吸收譜線 (C)發射譜線 (D)折射譜線。【解析】電子從  $n=1$  躍遷至  $n=2$  必須吸收能量，故為吸收譜線。

- ( C ) 10. 當電子從  $n=5$  掉回至  $n=2$  的能階時，此時輻射的電磁波波長屬於 (A)紅外光 (B)紅光 (C)藍紫光 (D)紫外線。【解析】電子從  $n=5$  掉回至  $n=2$ ，此時發出的電磁波波長為  $434\text{nm}$ ，屬於可見光的藍紫光。

- ( D ) 11. 當電子在以下哪兩能階間變化時放出的電磁波能量最大？ (A)  $n=3 \rightarrow n=1$  (B)  $n=3 \rightarrow n=2$  (C)  $n=4 \rightarrow n=3$  (D)  $n=5 \rightarrow n=1$ 。【解析】電磁波的能量與頻率成正比，係數為普朗克常數。即頻率越高，波長越短，能量越大。此四個選項以(D)的  $95\text{nm}$  最短，故其能量最大。

※下圖是不同種類的恆星光譜分類圖，根據此圖回答 12.~14.題：



- ( A ) 12. 哪一種恆星的溫度最高？ (A)O (B)B (C)G (D)M。【解析】此四顆恆星溫度高低為  $O > B > G > M$ 。
- ( B ) 13. 氫原子譜線在哪一類型的恆星光譜最強？ (A)O (B)A (C)K (D)M。【解析】氫原子譜線最強烈主要是在 A 型星。
- ( D ) 14. 下列哪一種恆星具有較強的金屬譜線？ (A)O (B)B (C)G (D)M。【解析】M 型星的金屬譜線較其他三顆強。