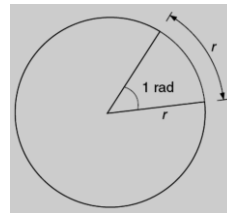


天文學與航天科技

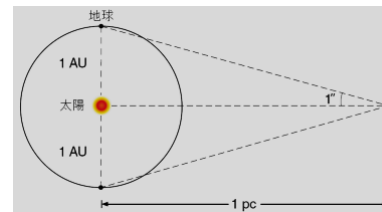
1 不同空間標度下的宇宙面貌

1.1 不同空間標度下的宇宙

- 時間單位：年
1年 ≈ 365.25 日
- 角度單位：度、角分 (arcmin 或 ')、角秒 (arcsec 或 ")、弧度 (rad)
1' = 60"
1° = 60' = 3600"
1rad = 180° / π = 57.3°



- 長度單位：光年 (ly)、天文單位 (AU)、秒差距 (pc)
1 ly = 光在真空行進一年的距離 = 1.50 × 10¹¹ m
1 pc = 1 AU 長度形成 1" 的對角時所延伸的距離
1 pc = 3.26 ly = 3.09 × 10¹⁶ m



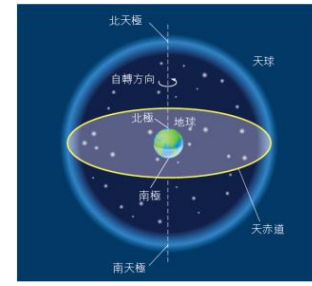
4. 各種天體的大小：

長度 (m)	天體的大約長度
10 ⁷	地球的直徑
10 ⁹	太陽的直徑
10 ¹¹	地球軌道的半徑
10 ¹³	太陽系
10 ¹⁶	與最近的恆星的距離 / 星雲的大小 (含有較高密度的塵埃和氣體團的物體)
10 ¹⁸	星雲的大小 (一組受引力牽引而聚集在一起的恆星)
10 ²¹	星雲的大小 (由恆星、星團、氣體、塵埃, 以及其他物質受引力牽引而組成的龐大系統)
10 ²²	一般星系之間的距離
10 ²⁴	一般超星系的大小
10 ²⁶	人類能觀察到宇宙的大小

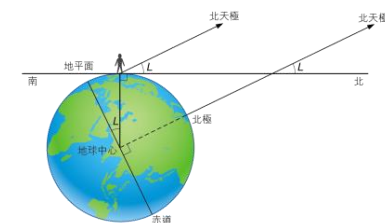
1.2 地球和天空

- 恆星在天空中的視覺運動由地球自轉所引起。地球由西向東自轉, 所以恆星看起來好像從東方升起, 在西方落下。

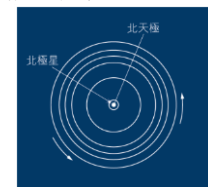
2. 地球的面貌。



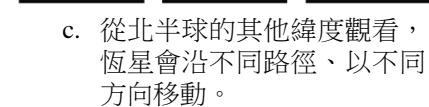
- 我們能看到天空那部份視乎身處的緯度而定。在北半球, 身處地方的緯度是北天極和地平面之間的夾角。



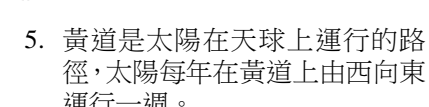
- 從不同緯度觀看恆星, 它們的週日運動會有所不同。
 - 從北極觀看, 所有恆星都圍繞北天極沿圓形路徑移動, 永遠不會上升或下落。這些恆星稱為拱極星。



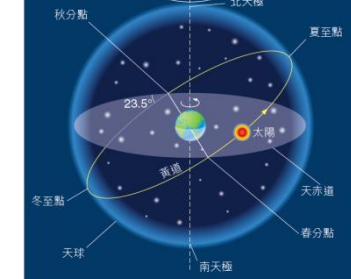
- 從赤道觀看, 所有恆星都圍繞南北軸沿半圓形路徑移動。



- 從北半球的其他緯度觀看, 恆星會沿不同路徑、以不同方向移動。

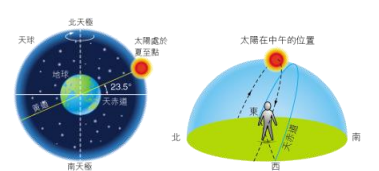


- 黃道是太陽在天球上運行的路徑, 太陽每年在黃道上由西向東運行一週。

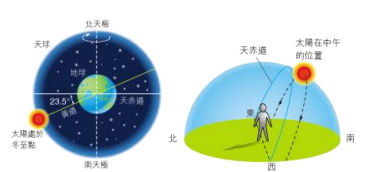


6. 黃道上有四個重要位置。

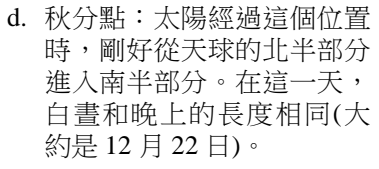
- 夏至點: 太陽沿黃道移動時, 所能到達天赤道上方最北的位置。在這一天的白晝時間是全年最長 (大約是 6 月 21 日)。



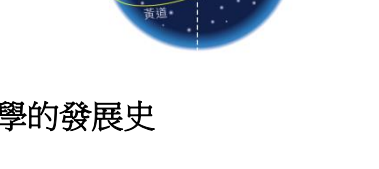
- 冬至點: 太陽沿黃道移動時, 所能到達天赤道下方最南的位置。在這一天的白晝時間是全年最短 (大約是 12 月 22 日)。



- 春分點: 太陽經過這個位置時, 剛好從天球的南半部分進入北半部分。在這一天的白晝和晚上的長度相同 (大約是 3 月 21 日)。



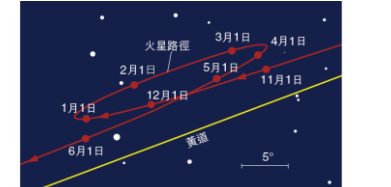
- 秋分點: 太陽經過這個位置時, 剛好從天球的北半部分進入南半部分。在這一天的白晝和晚上的長度相同 (大約是 12 月 22 日)。



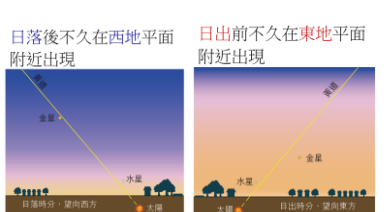
2 天文學的發展史

2.1 行星運動模型

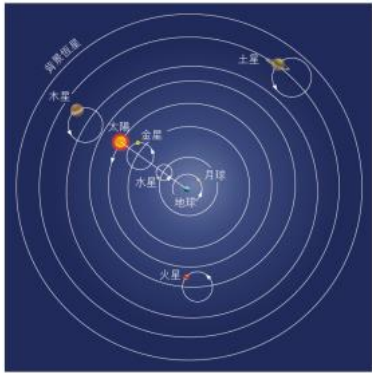
- 行星的運動有別於恆星, 這令過去的天文學家十分疑惑。那些異常運動包括:
 - 行星的逆行



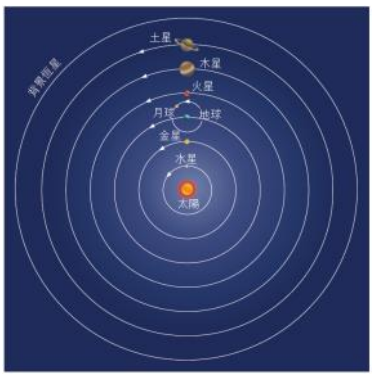
- 從地球觀察, 水星和金星從不遠離太陽。它們總是昏星或晨星。



2. 托勒密的地心模型是 15 個世紀以來最具影響力的一個。根據這個模型，地球是宇宙的中心，其他的星體全都圍繞地球運行。



3. 後來，哥白尼提出日心模型。根據這個模型，地球和其他行星都圍繞太陽運行。



4. 兩個模型都能解釋行星的運動，但亦有不足之處。

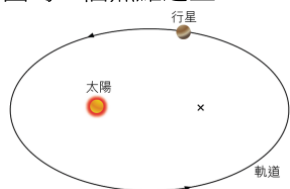
2.2 現代天文學的曙光

1. 伽利略作出多項支持日心說的天文發現，包括：

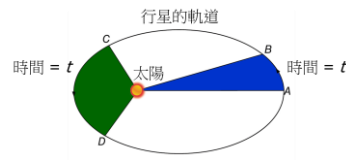
發現	意義
月球表面有山脈，山谷和隕石坑。	月球不是平滑的球體，這和當時一般人所相信的並不一樣。
太陽表面有黑斑(太陽黑子)，它們顯示太陽在自轉。	太陽並不完美；地球也可能會自轉。
木星有四顆圍繞它運行的衛星。	地球不是萬物的中心。它也可能圍繞別的星體運行。
金星有完整的相位週期。	這個觀察結果與托勒密模型並不吻合，唯一解釋是金星圍繞太陽運行，這正好是支持日心說的有力證據。

2. 開普勒行星運動定律：

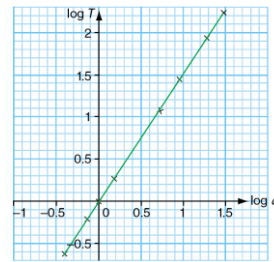
第一定律：行星沿橢圓軌道圍繞太陽運行，太陽位於橢圓的一個焦點之上。



第二定律：連接恆星和太陽的直線在同相等時間內，掃過相等的面積。(越接近太陽，運行速率越高)



第三定律：行星軌道週期的平方與半長軸(或行星與太陽之間的平均距離)的立方成正比。如果星體圍繞太陽運行，則： $T^2 = a^3$ (分別以地球年及 AU 為單位)



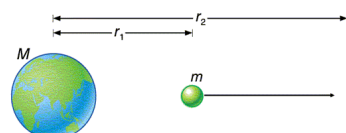
3 重力下的軌道運動

3.1 認識軌道運動

- 引力可以維持行星沿太陽運行。
萬有引力方程： $F = GMm/r^2$
- 如果天體 A 沿半徑為 r 的圓周軌道圍繞天體 B 運行，A 的運行速率是 $v = \sqrt{\frac{GM_B}{r}}$ 。其中 M_B 是 B 的質量。
- 開普勒第三定律應用於圓周軌道時，得出 $T^2 \propto r^3$ 結果。這也可從牛頓萬有引力定律推導出來。
- 開普勒第三定律應用於橢圓軌道時，得出 $T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM}$ 。因此， $T^2 \propto a^3$ 。
- 太空人乘坐太空船運行時，會感到表觀的失重。這現象由重力加速度造成，而重力加速度的大小與太空人和太空船的質量無關。

3.2 軌道運動中的能量守恆

- 重力勢能 U 是(由外力)把物體從無限遠處移動至 r 時，因抵抗引力所作的功。



$$U = -GMm/r$$

- 機械能守恆：

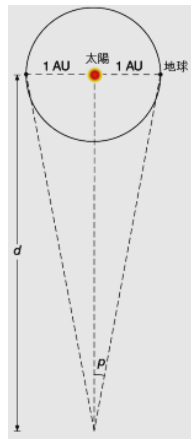
$$K + U = \frac{1}{2}mv^2 - GMm/r = \text{常數}$$

- 天體的逃逸速度： $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

4 恆星和宇宙

4.1 量度恆星的距離

- 鄰近恆星的距離可用視差法量度。
- 以上方法帶出秒差距 (pc) 這個單位的定義：與地球相距 1 秒差距的恆星，視差就是一角秒。
- $1 \text{ pc} = 206\,265 \text{ AU} = 3.26 \text{ ly}$ ； $d = 1/p$ (分別以秒差距及角秒為單位)



4.2 星光和恆星分類

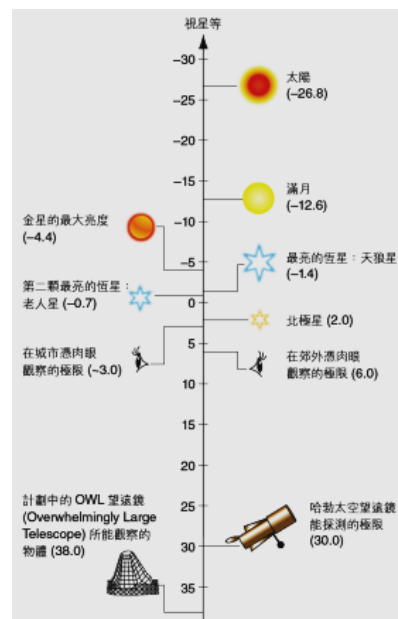
- 根據眼睛從一個光源所接收的強度 I，能描述恆星的亮度。

$$\text{接收強度} = \frac{\text{接收的能量}}{\text{面積} \times \text{時間}}$$

強度的單位是 Wm^{-2} 。

- 天文學家用視星等 m 來描述恆星及其他天體的亮度。兩個星體的強度比可用以下公式表示：

$$\frac{I_B}{I_A} = 100^{\frac{1}{5}(m_A - m_B)} = 2.512^{(m_A - m_B)}$$

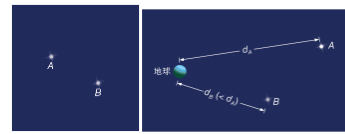


- 恆星的光度 L 是它每秒放射的光能量值。

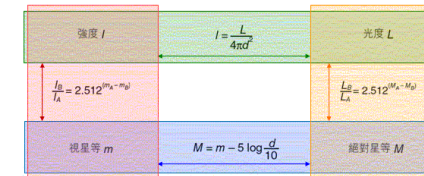
$$\text{光度} = \frac{\text{向所有方向放射的總能量}}{\text{時間}}$$

光度的單位是 W。

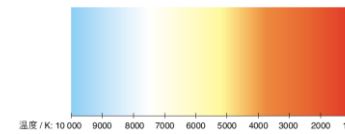
- 恆星的絕對星等 M，定義為該恆星在 10pc 的距離所顯現的視星等。



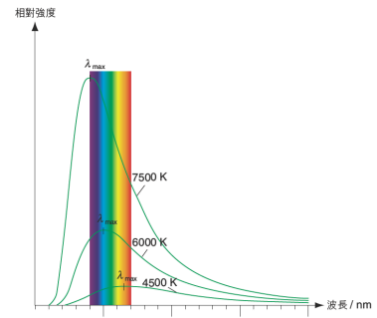
- 視星等和絕對星等的關係： $M = m - 5 \log(d/10)$



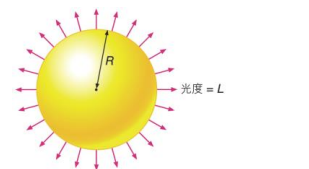
- 黑體輻射曲線的最高點會隨著溫度上升而向波長較短的位置移動： $T \uparrow \Rightarrow \lambda_{\text{max}} \downarrow$



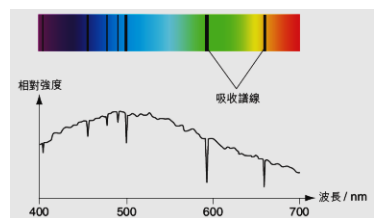
- 斯特藩定律：放射的強度 $I = \sigma T^4$ ；其中 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$



- 恆星的光度、半徑和表面溫度之間的關係： $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$



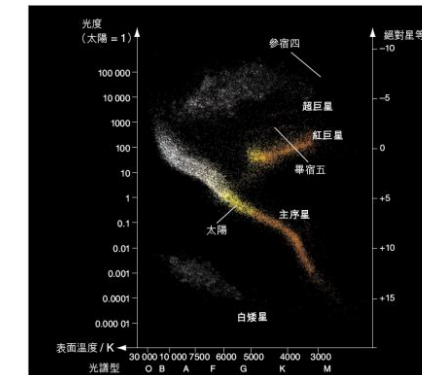
- 恆星的光譜會出現光譜線(吸收譜線)。



- 恆星可分類為不同的光譜型。
- 在赫羅圖中，縱軸代表恆星的光度，橫軸代表它的表面溫度(或光譜型)。

光譜型	近似的表面溫度 / K
O	40 000
B	20 000
A	10 000
F	7500
G	5500
K	4500
M	3000

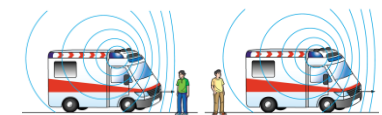
- 恆星在赫羅圖上形成幾個群組：主序星、紅巨星和白矮星。



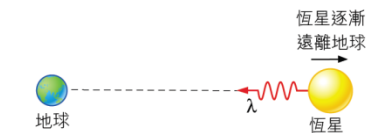
- 根據赫羅圖，可以用公式 $R = \sqrt{L/T^2}$ (量值以太陽單位計算)求得恆星的半徑。

4.3 天體的多普勒效應

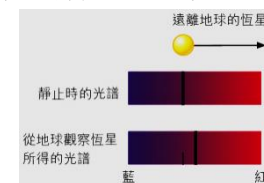
- 多普勒效應：波源和觀察者之間有相對運動，因此觀察者所觀察到的波的頻率(和波長)出現變化。



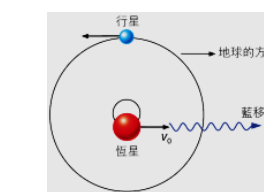
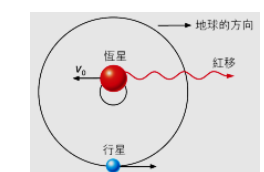
- 光的多普勒效應：



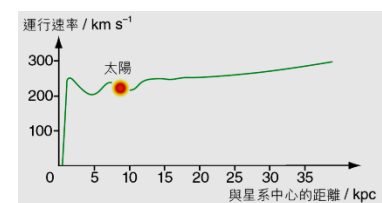
恆星移近 => 藍移
恆星離開 => 紅移



- 波長的變化： $\Delta \lambda / \lambda_0 \approx v_r / c$
- 恆星的徑向速度曲線可用來推斷太陽系外是否有行星存在。



- 星系的旋轉曲線反映有暗物質的存在。



- 星系的紅移顯示宇宙正在膨脹。

