



天文学导论

绪论

天文学简史

古代天文学

中世纪天文学

哥白尼地心说：《天体运行论》

近代力学宇宙体系的确立：

- 第谷
- 开普勒三大定律
- 伽利略惯性定律
- 伽利略制作望远镜
- 牛顿力学创立
- 牛顿力学应用：哈雷彗星；海王星的发现

18、19、20 世纪天文学

天体物理研究的意义和方法

天文学——观测科学

天文学特点

天文学优点

16 世纪的两个主要的观测成就

地心说

星座

星等

1等星亮，6等星暗，差5等星亮度相差100倍.

$$R^5 = 100 \implies R = 2.512$$

两个星体亮度差 R (倍) 和 星等差 Δm 满足

$$R = 2.512^{\Delta m}$$

天球坐标系

基本概念:

赤纬 (DEC) : $-90^\circ \sim 90^\circ$

赤经 (RA): 用恒星时表示, $24\text{h} = 360^\circ$

黄赤交角: 23.5°

赤道对应南北天极

观测点法线与天球交点为天顶和天底, 切面与天球交线为真地平

过天极和天顶的大圆是天子午圈, 恒星轨道与天子午圈相交时的恒星时=赤经.

时间:

- 当地太阳时
- 格林尼治时间 (GMT)
- 时间方程

- 世界时 (UT)
- 原子钟 (Cs)
- 恒星时
- 宇宙时
- 光钟

行星的运动规律

开普勒三大定律：

- 椭圆定律
- 面积定律
- 周期定律

Keplerian 第三定律：两个同中心天体的星体的周期 $T_{1,2}$ 和 轨道半径 $a_{1,2}$ 的关系满足

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

牛顿力学理论 -> Einstein 广义相对论

太阳

太阳系的起源

太阳的属性

- 太阳半径 $R = 1.4 \times 10^7 \text{km}$
- 太阳质量 $M = 2 \times 10^{30} \text{kg}$
- 太阳光度 $E = 3.86 \times 10^{26} \text{W}$
- 太阳表面温度 $T = 5780 \text{K}$

Wein 位移定律：黑体辐射波长峰值 λ_{max} 与黑体温度 T 满足（其中 $b = 2.897 \times 10^{-3} \text{ (SI)}$ ）

$$\lambda_{max} T = b$$

Stefan-Boltzmann 定律：星体光度（辐射功率） E ，表面积 A ，星体温度 T

满足 (其中 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ (SI)}$)

$$E = \sigma AT^4$$

太阳的能量

核聚变 -> p-p 链

p-p 链主体为:



产生能量 26.73MeV, 其中光子 γ 能量 26.20MeV, 剩余部分为中微子 ν

太阳可以燃烧 100 亿年

太阳的大气组分

太阳风

太阳寿命 10^{10} years

日全食与广义相对论

行星

行星的定义

- 绕太阳公转
- 质量足够大, 轨迹接近球形, 流体静力学平衡
- 轨道附近不存在其他质量接近的天体

行星属性的测量

- 行星的质量

行星

- 行星的密度
- 行星的自转周期

探测光波长 f ，多普勒展宽 Δf ，行星自转速度 Δv 满足

$$\Delta v = \frac{c\Delta f}{2f}$$

若已知行星直径 D ，则可求行星自转周期

$$P = \frac{\pi D}{\Delta v}$$

- 行星的温度

行星常数 C ，行星温度 T 满足（其中 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ (SI)，太阳系中行星常数 $C = 1368$ (SI)）

$$T^4 = \left(\frac{C}{4\sigma} \right)$$

- 行星的大气成分
- 行星的反照率

行星的特点

- 水星 (Mercury)
- 金星 (Venus)
- 地球 (Earth)
- 月球 (Moon)
- 火星 (Mars)
- 谷神星 (Ceres) 与小行星
- 木星 (Jupiter)
- 土星 (Saturn)
- 天王星 (Uranus)
- 海王星 (Neptune)
- 冥王星 (Pluto)
- Eris
- 彗星：哈雷彗星、海尔-波普彗星、百武彗星

系外行星

行星的形成

系外行星的搜寻方法

- 动力学方法
 - 视向速度法
 - 脉冲星计时法
 - 天体位置测量法
- 凌日法
- 微引力透镜法
- 直接成像法

宜居带

地球上为什么存在生命：

- 足够长的恒星和行星寿命
- 适宜的恒星光度（行星距离）
- 稳定的低偏心率行星轨道
- 适宜的自转倾斜度
- 合适的行星大气成分
- 具有磁场
- 月球稳定地球自转轴
- 附近存在一个大质量的木星

系外行星的发现空间

发现系外行星的望远镜

宜居地外行星与地外文明

望远镜

早期和近代望远镜类型、各波段的代表望远镜

Newton 望远镜与 Cassegrain 望远镜

物镜焦距 F ，物镜口径 D ，焦比 f 满足

$$f = \frac{F}{D}$$

若已知像平面（焦平面）与望远镜中心轴距离 K ，可以求次镜短轴

$$d_{min} = \frac{DK}{F}$$

长轴 $d_{max} = \sqrt{2}d_{min}$

望远镜的光学原理

天文台选址

望远镜的分辨率、放大率、视场

- 望远镜放大率

望远镜放大率 F ，物镜焦距 f_o ，目镜焦距 f_e 满足

$$F = \frac{f_o}{f_e} V_B$$

其中 V_B 为 Barlow 透镜放大率，若无则取 1

- 视场

视场角直径 θ ，光阑直径 d ，望远镜放大率的数据满足

$$\theta = \frac{d}{f_o V_B}$$

- 分辨率

望远镜口径 D ，光波长 λ ，分辨率 $\Delta\theta$ 满足

$$\Delta\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

宇宙线和引力波的观测

恒星的特性

光度

- 本征光度：所有频率辐射能量的总和
- 视光度（视星等）：依赖恒星的距离
- 绝对星等：10pc 处恒星的视星等

恒星距离 d ，恒星光度 R ，视星等 m ，绝对星等 M 满足（其中 d 单位为秒差距 pc.）

$$M = m - 2.5 \log_{10} R = m - 2.5 \log_{10} \left(\frac{d}{10} \right)^2$$

距离

三角视差法

轨道半径 A ，视差 θ ，距离 d 满足

$$d = \frac{A}{\theta}$$

地球上观察天体的视差 θ ，距离 d 满足

$$d = \frac{1''}{\theta} \text{pc}$$

分光视差法：假设同一类型的恒星的绝对光度（绝对星等 M ）一致

已知恒星的距离 d_0 ，比临近的未知恒星暗 R 倍，未知恒星距离 d 满足

$$d = d_0 \sqrt{R}$$

若已知为星等差 Δm ，则可先计算 $R = 2.512^{\Delta m}$

若已知绝对星等 R ，则 $d = 10\sqrt{R}$

颜色、表面温度

亮度与恒星半径的平方成正比，与温度的四次方成正比

Stefan-Boltzmann 定律：星体光度（辐射功率） E ，表面积 A ，星体温度 T 满足（其中 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ (SI)}$ ）

$$E = \sigma AT^4$$

光谱及分类

OBAFGKM

赫罗图

表面温度、光度、绝对星等之间的关系

大小、质量、密度

大小

直接测量

光学干涉

双星掩食

掩食时间 t ，周期 T ，距离大恒星 D ，大恒星直径 d 满足

$$d = D \times \frac{\pi t}{T}$$

利用 Stefan-Boltzmann 公式先求出表面积 A

质量

双星系统

质量-光度图

寿命

恒星质量越大，寿命越短

恒星的演化

小质量恒星

中等质量恒星

变星

行星状星云

星云形成时间 t ，半径 R ，膨胀速度 v 满足

$$t = \frac{R}{v}$$

白矮星

大质量恒星

超新星、中子星、黑洞

星系与大尺度结构

银河系

疏散星团、球状星团、星际介质 (ISM) 和发射星云
银河系的大小和形状、结构

河外星系

椭圆星系、旋涡星系
星系质量的估计

星系半径 r ，星系边缘的旋转速度 v （氢原子谱线的半宽度），星系质量 M 满足

$$M = \frac{rv^2}{G}$$

不规则星系

星系的分类

星系距离

造父变星：量天尺（一般已知光度 m ），同周期造父变星绝对光度 M 相等.

星爆星系与活动星系核

更大尺度结构

超大质量黑洞附近发射线区域尺度

区域尺度 L ，发射线区域（辐射区域）的光变周期 t 满足（其中 c 为光速）

$$L = ct$$

宇宙学

宇宙模型

宇宙膨胀

大爆炸理论

暗物质与暗能量

宇宙的命运

常用数据

物理常数 (SI)

$$G = 6.67 \times 10^{-11}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-23}$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$$

$$c = 3 \times 10^8$$

单位换算

$$1\text{AU} = 1.5 \times 10^8\text{km}$$

$$1\text{ly} = 9.46 \times 10^{12}\text{km}$$

$$1\text{pc} = 3.26\text{ly} = 206265\text{AU} = 3.08 \times 10^{13}\text{km}$$