

期末公式记忆

Chpt. 1

流体静力平衡方程 $\frac{dp}{dr} = -\frac{GM}{r^2}\rho$ 质量方程 $dm = 4\pi r^2 \rho dr$

物态方程 $p = f(\rho, T)$ 转动惯量方程 $\frac{dJ}{dr} = \frac{2}{3}\pi r^4 \rho$

Ex 1 求 $p(r)$ $dp = -\frac{GM}{r^2}\rho dr = -\frac{G\rho}{r^2} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 dr = -\frac{4\pi}{3}G\rho^2 r dr$

$$p(r) = \int_R^r dp = \frac{2\pi}{3}G\rho^2 (R^2 - r^2)$$

Ex 2 求引力势能 U $du = -\frac{GMdm}{r} = -\frac{G}{r} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \rho \cdot 4\pi r^2 \rho dr = -\frac{16\pi^2}{3}\rho^2 G r^4 dr$

$$U = \int_0^R du = -\frac{16}{15}\pi^2 \rho^2 G R^5 \quad \rho = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3}{4}\frac{GM}{R^3}$$

惯量矩系数 $d = \frac{I}{MR^2}$ 扁率 $\varepsilon = \frac{a-b}{a} \approx \frac{a_c}{g}$ a_c : 离心加速度

反照率 邦德反照率 $A = pq$ p 几何反照率 q 相角积分

行星绝对星等 $V(1,0) = M_0 - 2.5 \lg p \frac{R^2}{a^2}$

会合周期 $\frac{1}{P_a} = \frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2}$

行星热辐射平衡温度 $T = T_0 \left(\frac{1-A}{2}\right)^{1/4} \left(\frac{R_0}{r}\right)^{1/2}$ 慢自转 $T = T_0 \left(\frac{1-A}{4}\right)^{1/4} \left(\frac{R_0}{r}\right)^{1/2}$

吸积作用积累热能 $\Delta T = \frac{\Delta U}{Mc} = \frac{3}{5}\frac{GM}{Rc}$ C : 热容

成核温度变化 $\Delta T = (1-f) f \Delta p \frac{GM}{3R\rho c}$ f : 核由行星质量比 Δp : 核幔界面差 ρ : 平均密度

Toy model $dT = \frac{P_0}{3K} r dr$ 即 $T = T_{\text{surface}} + \frac{P_0}{6K} (R^2 - r^2)$

Chpt. 6

维里定理 自引力与压强平衡 $M_J = Z \left(\frac{T}{\rho}\right)^{1/3}$

Chpt. 5

轨道根数  a, e, i 轨道根数, ω 近心点角距, Ω 升交点经度, t 过远点时刻

活力公式 $v^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$ 总角动量 $J = \frac{mM}{m+M} \sqrt{G(M+m)a(1-e^2)}$

傅科摆 $\omega = 150^\circ \sin\varphi / h$ φ : 纬度

洛希限 $d = \left(\frac{2M}{m}\right)^{1/3} r = 1.26 R \left(\frac{\rho_m}{\rho_M}\right)^{1/3}$ 刚体 $d \approx 2.44 R \left(\frac{\rho_m}{\rho_M}\right)^{1/3}$ 流体

希尔半径 $R_H = a(1-e) \left(\frac{m}{3M}\right)^{1/3}$

Chpt. 4

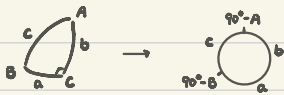
各光学参数 相对口径 $A = D/F$ (成像能力 $\propto A^2$) 放大率 $G = F_{物}/F_{像}$ 底片比例尺 $\psi = 1/F$
 分辨率 $\theta = 1.22\lambda/D$ 人眼 $\theta'' = 140''/D$ 照相 $\theta'' = 110''/D$
 视场 $\tan W = \tan W'/G$ 照相 $\tan W = L/F$
 贯穿本领 $m_v = 2.1 + 5 \lg D$ D (mm)

Chpt. 3

辐射关系 F 能流 (过一个 S 的 P) L 光度 (P) E 照度 (dF/dS)
 $L = 4\pi R^2 E$ $m_2 - m_1 = -2.5 \lg(E_2/E_1)$ $F = \sigma T^4$
 星等问题 星亮 $\alpha \ll 1$ $m_{\alpha} = m - \alpha$ $m - M = 5 \lg r - 5$
 大气消光 $m = m_0 + kX$ $X = 1/\cos z$

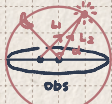
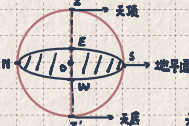


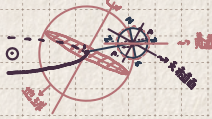








Chpt. 2

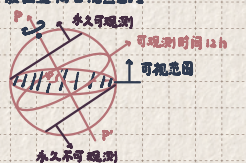
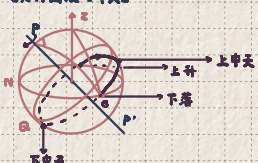
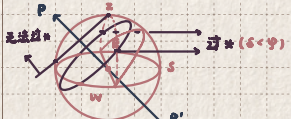
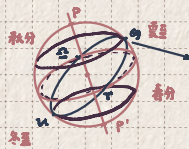

直角球面三角形 每个元素正弦 = 相邻正切之积 = 相对余弦之和







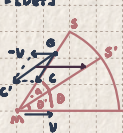
直边球面三角形 正弦 = 邻正切之积 = 对余弦之积

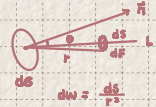




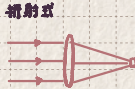


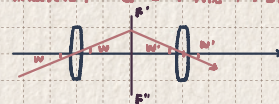
Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录
<p>§ 关于天球</p>	<p>> [站星天球] ① 天球中心: 观测者所在点 ② 视线是赤: 地面上不同点看同一天体的视线方向平行 ③ 距离: 地物距离</p> <p>$L_1 // L_2$ 日月距离: cd</p>  <p>> [建立坐标系]</p>  <p>天顶 天底 N S 地平圈 天子午圈</p>  <p>P: 北天极 P': 南天极 PP': 天轴 PP' // 地球轴 天赤道 天赤道</p>  <p>Nanjing</p> <p> 具象理解</p>   <p>看分点</p>  <p>看</p>  <p>体现在天球上</p> <p>*: 南界 ○: 天子午圈 ⊙: 天赤道圈</p> <p>由平行关系 天球坐标系中高度角与视高对应为 黄赤交角 $\epsilon = 23^\circ 26' 21''$ 纬度 φ</p>	
<p>Summary 总结</p>	<p>> [不同坐标系]</p> <p>地平坐标系 (A, h)</p>  <p>赤道坐标系 (α, δ)</p>  <p>时角坐标系 (t, δ)</p>  <p>$t \in (-12, 12) \text{ h}$</p> <p>赤道坐标系 (α, δ)</p>  <p>看分点时间 = 恒星时 $S = \alpha + t$</p>  <p>[坐标变换图]</p>	

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录 / / / / /
<p>§ 周日视运动</p>	<p>【一般位置周日视运动】</p>  <p>【天体出没与中天】</p>  <p>记下落点 (t, δ)</p> $Z_0 = 90^\circ - P_0 = 90^\circ - \delta$ $P_2 = 90^\circ - \varphi$ $\angle P = t \quad \angle Z = 360^\circ - A$ $\Rightarrow \begin{cases} \cos t = -\tan \varphi \tan \delta \\ \cos A = \sin \delta / \cos \varphi \end{cases}$	
<p>§ 周年视运动</p>	<p>【过赤道与大距】</p>  <p>【太阳视轨道】</p> 	
<p>Summary 总结</p>		

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录 / / / / /
<p>§. 时间计量</p>	<p>▶ [UT 世界时]</p> <p>真太阳时: 太阳连续两次在一地上中天 的时间间隔为 1 天 平太阳时: 恒星时?</p> <p>▶ [ET 历书时]</p> <p>起点: 以公元 1900 年初太阳几何平黄经为 $x = x_0$ 瞬间为历书时 1900 年 1 月 0 日 12 时正</p> <p>▶ [ATI 原子时]</p> <p>定义: 1 原子时 = 位于海平面上 Cs^{133} 基态 2 超精细结构能级间 ΔE 跃迁辐射振荡 \times 角</p> <p># 时间计量系统</p> <p>▶ [真太阳时] 太阳视圆面中心两次上中天为 1 真太阳日 $1/24/160/160$ 其值 > 地球自转周期</p> <p>[平太阳时] 平太阳连续 2 次上中天时间间隔为 1 平太阳日</p> <p>[恒星日] 春分点连续 2 次上中天时间间隔为 1 恒星日 恒星时 $S = \tau t$</p> <p>[地方平时 $\hat{=}$ 区时]</p> <p>N 时区, λ 经度 T_N 区时 m 地方平时: $m = T_N + (\lambda - N^h)$ $N: 东 + 西 -$</p> <p>[地方平时 $\hat{=}$ 世界时 (0 时区)]</p> <p>N, λ, m, T_N, M 世界时: $m = M + \lambda$ $T_N = M + N^h$</p> <p>[不同地点地方恒星时之差]</p> <p>$\lambda_A, \lambda_B, S_A, S_B \Rightarrow \Delta S = \Delta \lambda$</p> <p>[恒星时与平时] 恒星日 < 平太阳日</p>  <p>$1 \text{ 平太阳日} = (1 + \frac{1}{365.2422}) \text{ 恒星日}$</p> <p>$1 \text{ 恒星日} = (1 - \frac{1}{366.2422}) \text{ 平太阳日}$</p> <p>$S, m: S = m + S_0 + (m - \lambda)\mu$ S_0: 世界时 0^h 格林尼治恒星时</p>	
<p>Summary 总结</p>		

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录 / / / / /
<p>§. 视差</p>	<p>> [Def]  原先观察者在O' 观测 后位移到O 观测同一物体</p> <p>p: 星子O和O' 两点视差</p> $\sin p = \frac{d}{\Delta'} \sin AOS = \frac{d}{\Delta} \sin AO'S'$ <p> [周日视差] P₀: 赤道地平视差</p> $\sin p_0 = \frac{a}{\Delta}$ <p>p_{max} 周日地平视差</p> <p>$p = p_0 \sin \delta$</p> <p>进心视差: 同一恒星视线方向与进心方向之差</p> <p>O: 进心 M: 观测点</p> <p>[周年视差]  $\sin p = \frac{r}{\Delta} \sin \theta' = \frac{r}{\Delta} \sin \theta \sin \epsilon$</p> <p>[秒差距]  定义 $\sin \alpha = \frac{a}{\Delta}$ α: 恒星周年视差</p> <p>$\alpha = 1''$ 时 $\Delta = 1 \text{ pc} \approx 3.26 \text{ ly}$</p>	
<p>§. 光行差</p>	<p>> [Def]  $\sin \alpha = \frac{v}{c} \sin \theta'$</p> <p>$\rightarrow \alpha = \frac{v}{c} \sin \theta$</p>	
<p>Summary 总结</p>		

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录 / / / / /
§. 光度	<p>> [Def] 辐射流 F / 瓦: 单位时间经过某面的辐射能量 每 $P ds$ 光度 $L = \int_{4\pi} P(\lambda) d\lambda$ $L_{\odot} = 3.845 \times 10^{26} W$ 辐射流量 I: 单位面积 法线方向 单位立体角内 发出的辐射流 $I = \frac{dF}{\cos\theta d\Omega dA}$ 照度 E: λ 射到单位面积的辐射流 $E = \frac{L}{4\pi R^2}$</p>	
§. 星等	<p>> [视星等] $m \sim -2.5 \lg E \rightarrow m_2 - m_1 = -2.5 \lg (E_2 / E_1)$ 估算 A 星“变光”α 后 m 变化 $\alpha \ll 1$ $m_{\alpha} \approx m - \alpha$</p> <p>> [星等系统] UBV 星等系统 B 星等 m_B 照相星等 m_p</p>	
§. 大气消光	<p>> [大气消光] 天顶距不太大时 消光系数 k 厚度 z: 单位厚度 $m(z) = m_0 + k \frac{z}{\cos z}$</p> <p>> [消光系数] 同一颗星在不同波段测光星等之差 $C = m_p - m_v$ / $B - V$ / $V - B$ 由 C 可推出恒星表面温度</p> <p>> [绝对星等] $E = \frac{L}{4\pi R^2} \rightarrow \frac{E_{10pc}}{E_{(10pc)}} = \left(\frac{10pc}{r}\right)^2$ 则 r 处 $m - M = -5 \lg \frac{r}{10pc} = 5 \lg r - 5$</p>	
Summary 总结		

Keywords 关键词	Notes 笔记	Review 复习记录
§. 光学望远镜	<p>【主要功能】 增强光 提高分辨率 定位和跟踪 【系统构成】 光学系统 + 机械装置 + 电控设备</p> <p>// 支架系统 赤道式 两根垂直轴 赤经轴 + 极轴 (赤经轴) // 赤道面 // 地球自转轴  // 周日运动的方向和速度 绕极轴匀速转动 抵消地球自转影响</p> <p>地平式  对应地平坐标系</p> <p>// 光学系统 折射式  反射式  折反射 </p> <p>口径 物镜有效通光直径 D 收集星光能力 $\propto \pi D^2/4$ 相对口径 A (光力) $A = D/F$ (F: 焦距) $\frac{F}{D}$: 焦比 成像亮度 $\propto A^2$ Ex 人眼 $d = 5\text{mm}$ 望远镜 $D = 1\text{m}$ $\left(\frac{D}{d}\right)^2 = 4 \times 10^4$ $m_1 - m_2 = -2.5 \log 4 \times 10^4 = -11.5$</p> <p>分辨率 望远镜刚好可分辨的两个点光源角距 $\theta = 1.22 \lambda / D$ 目视极限角 $\lambda = 0.55 \mu\text{m}$ D 以 mm 为单位 $\theta'' = 140'' / D$ 相机 $\lambda = 0.4 \mu\text{m}$ $\theta'' (\text{camera}) = 110'' / D$</p> <p>放大率 角放大倍率 $G = F_{\text{物镜}} / F_{\text{目镜}}$ 等瞳孔放大率 $G_0 = D/d_0$</p>  <p>底片比例尺 底片中成像 1mm 所对应星空角距 $\psi = w/A'B' = 1/F = \left[\frac{180^\circ}{\pi} \times 3600'' \right] / F = 206265'' / F (\text{mm})$</p> <p>视场 光轴附近成像良好的区域 对应星空角距“工作视场” 工作视场 $2w'$ 实际视场 $2w$ $\tan w = \tan w' / G$ 照相 $\tan w = L/F$ (L: 底片边长 F: 物镜焦距)</p> <p>极限角视 望远镜可以观测到最暗天体的能力 $M_v = 2.1 + 5 \lg D (\text{mm})$</p> <p>// 现代望远镜 主动光学系统 改变主镜镜面的形状 自适应光学 控制 补偿 大气湍流引起的快速波阵畸变</p>	

§. 射电望远镜



【系统构成】 天线系统 + 接收系统 + 记录系统

// 性能描述

• 射电辐射亮度 B (辐射强度) 流量密度 S

$$S = \iint_{4\pi} B(\theta, \psi) d\Omega \quad \theta, \psi: \text{角度 } \Omega: \text{立体角}$$

能量单位 "瓦" $1 \text{ f.u.} = 10^{-26} \text{ W / (m}^2 \cdot \text{Hz)}$

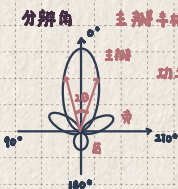
• 射电源亮温度 T_b 亮度 B 对应等效绝对黑体温度

$$B = 2k T_b / \lambda^2 \quad S = \frac{2k}{\lambda^2} \iint T_b(\theta, \psi) d\Omega$$

灵敏度 可探测的最小流量 S_{\min}

$$S_{\min} = \frac{2k T_s}{A \sqrt{\Delta\nu}} \quad T_s(k): \text{系统噪声温度 } A(\text{m}^2): \text{天线有效面积}$$

$T_s(f): \text{信号检测积分时间 } \Delta\nu(\text{Hz}): \text{等效噪声带宽}$



分辨率 主瓣半功率点的夹角 $2\theta_0$

$$2\theta_0 = 1.02 \lambda / D \quad \lambda: \text{工作波长 } D: \text{天线直径}$$

功率方向图主瓣中功率降到主瓣最大值一半的两点张角

// 射电干涉仪

记录同一辐射在不同天线的接收信号 改变天线位置 (或随地球自转)

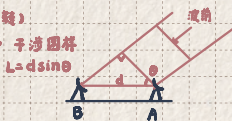
辐射对各天线 相位差, 入射方向改变 \Rightarrow 光程差 相位差改变 \Rightarrow 干涉图样

干涉仪的等效口径 相当于天线间距 L (基线长度)

$$\text{若 } L = 2n \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ 同相累加 } L = (2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ 反相抵消}$$

θ 不断改变 \Rightarrow 周期性变化干涉图

$$\text{分辨率 } \phi = \lambda / d$$



§. 辐射分析探测

【天线波束】

通射率曲线 波束通过特定波长的能力

平均波长 对通过波长的加权平均值 通带带宽 通射率达到最大值一半时对应波长范围

【摄谱仪】 准直系统 + 色散系统 + 摄谱系统



色散度 摄谱仪分解各波长光的能力

线色散度 光栅上单位波长间隔的光被色散长度 $\frac{d\lambda}{dt}$ (mm / Å)

$$f, \text{ 屏片与照相光轴夹角 } \phi \quad \frac{d\lambda}{d\lambda} = \frac{d\phi}{d\lambda} \frac{f}{\sin\phi} \quad \frac{d\phi}{d\lambda} = -\frac{\lambda \sin(A/2)}{d [1 - \lambda^2 \sin^2(A/2)]} \quad \frac{e}{(\lambda - \lambda_0)^2}$$

n 玻璃折射率, c, λ 玻璃的常数, A 棱镜顶角

角色散度 单位波长的光被分解开的角度 $d\theta/d\lambda$

对于反射光栅 $\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{b \cos \theta}$ m 光栅光栅级 b 光栅常数 θ 衍射角

// Interlude 光栅

透射光栅



$$d \sin \theta = \begin{cases} m\lambda & \text{透} \\ (m-\frac{1}{2})\lambda & \text{暗} \end{cases}$$

反射光栅



$$d \sin \theta_i - d \sin \theta_r = \begin{cases} m\lambda \\ (m-\frac{1}{2})\lambda \end{cases}$$

光程差 $d \sin \theta$ 相位差 $2\pi d \sin \theta / \lambda$

干涉时宽度 $\Delta(\sin \theta) \approx \theta = \frac{\lambda}{Nd}$

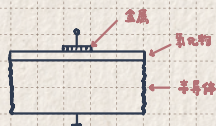
分辨率 分辨出最小的波长差 $\Delta\lambda$ 的能力 $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$
 棱镜 $R = \frac{D}{\Delta\lambda}$ 光栅 $R = Nm$ N 是刻槽数

§. CCD

【结构】光敏单元 + 电荷存储 + 电荷转移

// 光敏单元 光信号 \rightarrow 电信号

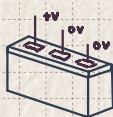
范围: 近红外 \rightarrow 软 X 射线 本质: MOS 电容器



// 电荷存储 光敏单元光照后产生电荷 - 极间用 MOS 电容收集、储存
 电荷转移 通常使用电荷耦合的方法

曝光结束: 电子 $\rightarrow V_{max}$ 势阱
 开始输出: 所加电压循环 电子转移

三相 CCD



每三个电荷中只有一个电子存储电荷
 控一定规律依次改变各电极电压

// 性能描述

量子效率 探测器对某一波长实际探测光子数与入射光子数之比

带宽 感光设备能探测的光谱频率范围

电荷转移效率 被转移的电荷与总收集到的电荷量的比值

Summary 总结