

第四章 地球和月球

地球 地球简介 { 地球の形状和大小 (球, 旋转椭球, 三轴椭球~)
 地球测量简史——地球周长的测量原理*
 大地水准面 (defv, "大地体") ~ 青岛~
 地球の重力 (地心引力与惯性离心力的合力) — 正常 & 异常
 "3+1"种纬度: 地心纬度; 测地纬度
 天文纬度 →; 地理纬度

地球の表层和内部结构 { 陆地和海洋 (seismic waves)
 内部结构の探測 — 地震波*
 地球の内部结构
 莫霍 ~ 地壳
 古登堡 ~ 地幔
 地核

地球の大气: 组成、分层、运动、起源、O₃空洞、温室效应、天蓝色
 演化阶段*: 原始 ~ 还原 ~ 氧化 ~; 大气分子的逃逸*

地球の磁場: 磁偏角 (≈ 1.5°), 磁倾角, 磁場强度及其变化; 磁层;
 * 辐射带 (范艾伦带): 内辐射带、外辐射带; (产生原因)
 * 释因: "Dynamo" 发电机原理* ; 极光 (Aurora)

地球の运动: 公转: (基本参数) (近点年 > 恒星年 > 回归年 365.2422天)
 (离心率变化, 进动, 章动) 自转: 落体偏东; 轨道偏移, 科氏力 $F_c = -2m\omega \times v$
 → 变化 (方向 & 速率) * 傅科摆的原理
 岁差章动: ~ 地轴进动的效应

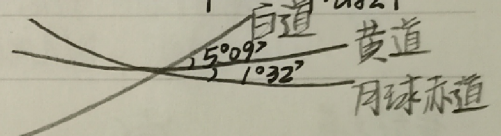
地球の潮汐: { 现象 & 性质, 潮汐力 $F_{tidal} = F - \langle F \rangle$
 → 天文效应: 潮汐摩擦; 地球引力场变化; 垂线偏离; 测站位移

月球

月球概况 { 地月距离: { 三角测量* (利用月球的地平视差) $(\frac{diam}{2\pi \cdot dist} = \frac{ang.diam}{360^\circ})$ P133
 —— 激光测距 (=384401km)

表面&内部结构 { 大小和质量: 半径1738km, 质量 $7.35 \times 10^{22}kg$, 密度 $3340kg/m^3$, $g=1.623m/s^2$
 { 月面地形(月海和月陆等)、物理状况
 { 内部结构: 月震~、壳幔核 *会合周期与恒星周期之关系

月球运动 { 轨道运动 1)要素的变化, 2)不同的月 eg. $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E}$
 { 自转 1)锁定 2)卡西尼定则* 朔望月|恒星月|Earth公转T
 { 天平动 { 现象: 观察到月面边缘摆动
 { 分类 { 物理天平动(2~)
 * 月相&月龄 { 光学天平动(弦~.纬~.周日~)



月球的起源&演化 { 起源: 分裂说、俘获说、同源说、撞击说*
 前46-42亿年 42-39 39-31 31-8 8-今
 { 演化: 前雨海纪、雨海纪、风暴洋纪、爱拉托逊纪、哥白尼纪
 → 朔·峨眉·上弦·凸月·望·凸月·下弦·残月*

食(Eclipse)·日食&月食

交食现象 { 日食 Diamond Ring Effect ; Bailey's Beads
 { 月食

交食的原理* { 日食~ { 条件: 朔日($\lambda_M = \lambda_S$) + $\beta_M \approx \beta_S$; 全球日全食18月/次
 { 影&食: 本影-全; 半影-偏; 伪本影-环~
 $P_M > P_S$ 日全食"=" $P_M = P_S$ 日环食

{ 月食 { 条件: 望日($\lambda_M - \lambda_S = 180^\circ$) $F_{P_M} \approx \beta_S$; 无"月环食"

{ 过程 { 日食: 始于西缘右半; 月食: 始于东缘左半

{ 全偏食: 初亏、(食既)、食甚、(生光)、复圆

{ 交食时间&食分: 日全食几分钟, 月小时; P 之比 vs 1

交食の周期&规律: 朔望月与交点月之最小公倍数。

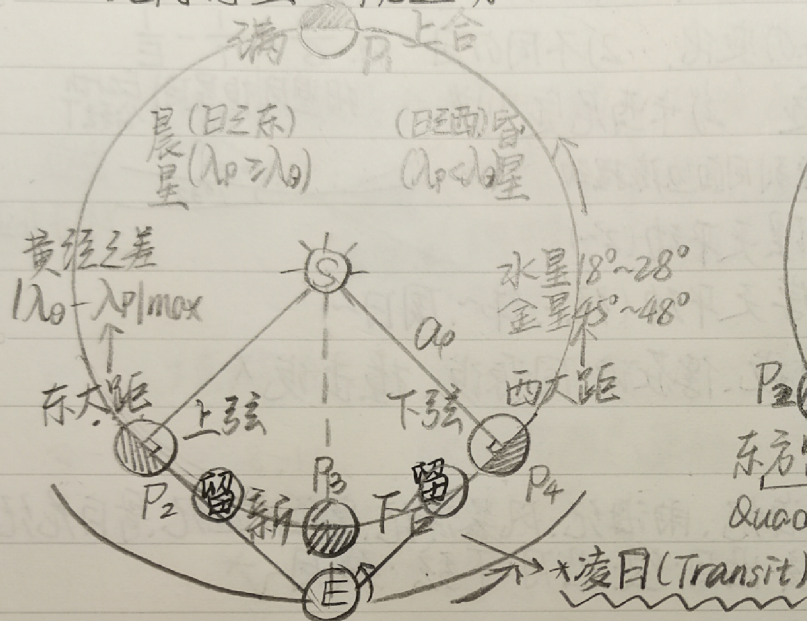
食限、食季&食年: 交食の次数: 日 ≤ 5 } $2 \leq 4 \leq 7$
 月 ≤ 3

第五章天体太阳系

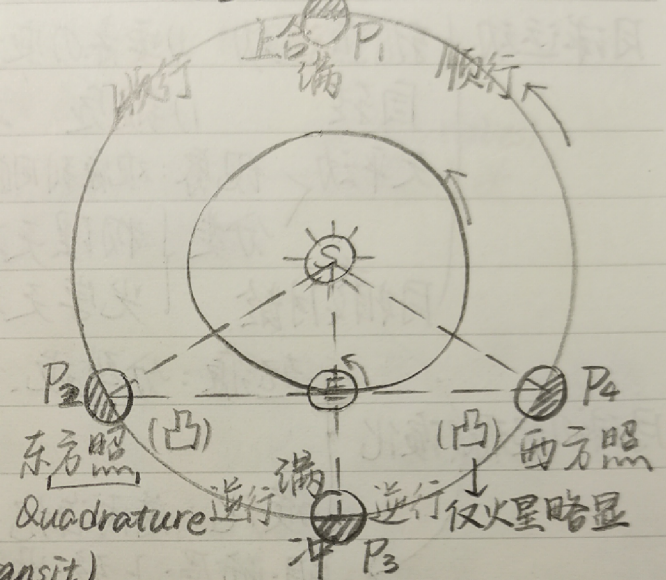
- IAU分类 { 行星: 绕日公转 + "足够大(近球)" + "卓尔不群"
- 矮行星: 绕日公转 + "足够大" + "不卓而群" + 不是卫星
- SS. 小天体: 其它

一、行星的视运动 顺行 & 逆行 (prograde vs retrograde motion)

地内行星的视运动



地外行星的视运动



- 相位不同: 外行星惟有望 & 凸月; 内行星相位 vs 月相
- 外行星与太阳的地心黄经之差 $\sim 0^\circ \sim 360^\circ$; 内行星有范围限制
- Route { 内行星: 上合 晨星 \sim 东大距 亮 留 下合 留 亮 西大距 昏星 \sim 上合
- 外行星: (上)合 \rightarrow 西方照 \rightarrow 留 \rightarrow 冲 \rightarrow 留 \rightarrow 东方照 \rightarrow (上)合

- 行星的会合周期 (synodic period) $\left\{ \begin{array}{l} \text{内: } \frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_p} - \frac{1}{T_E} \\ \text{外: } \frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_E} - \frac{1}{T_p} \end{array} \right.$
- 恒星周期 (sidereal period)

二、行星卫星的轨道运动 & 自转

- 轨道运动的特征 { 同向性: 公转"自西向东"自转 (Venus X) 近圆性 (水星 X) 公转 (冥王星 X) exo.
- 行星 { 共面性: 与黄道面夹角 (冥王星 X) $\leq 3^\circ$; 与"不变平面"夹角更小
- 提丢斯-波得定则: $a_n = 0.4 + 0.3 \times 2^{n-2}$ (或 $\frac{a_{n+1}}{a_n} = \beta$)
- 卫星: 规则: (与上类似); 不规则 \sim

行星、卫星の自转

天体自转周期の測定方法×4: 特征: 磁場; 光変曲线; 多普勒(已知)

PAT: 自转周期+赤道面对轨道面の傾角; 类地+Pluto 刚体自转

(类木~: 纬向较差自转&径向较差自转.

傾角: 水、木很小; 金、天、冥=90°(反于地球), 金逆、天顺.

角动量&动能: $\omega = \frac{v}{r}, v = \omega R \cos \phi, \vec{L} = J\omega, J = \alpha_p MR^2; E = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}L\omega$

卫星自转: 多数为潮汐锁定下的同步自转~*

行星の分类: 视运动—地外⇌地内; 位置(小行星帯)内⇌外

特征—类地⇌类木; 起源: 类地、巨~、远日~

三. 开普勒三定律&万有引力定律. 1. 概念

2. 轨道根数 行星运动方程

$$\begin{cases} \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{G(m_1+m_2)}{r^3} \vec{r} \\ r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos(\theta-\omega)} \end{cases}$$

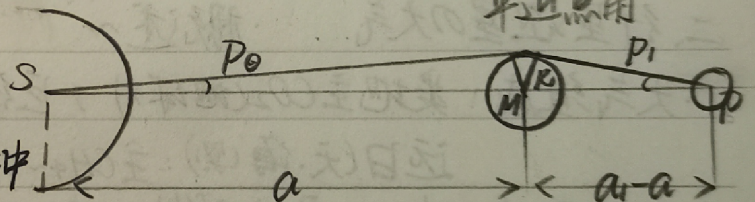
→ a, e, \tilde{i} (轨道面傾角),

Ω (升交点黄经), ω (近日点角距), T (过近日点时刻) ← E/M/f

3. 日地距离—天文单位

· 太阳视差的測定原理(图)

1672 卡西尼火星大冲; 1931 IAU 爱神星大冲!



4. 活力公式&逃逸速度

$$v^2 = \mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right), \mu = G(M+m)$$

近日点: $r = a(1-e)$

远日点: $r = a(1+e)$

5. 能量&角动量

$$E = \frac{1}{2} m_2 v^2 - \frac{G(M+m_2)m_2}{r} = -\frac{G(M+m_2)m_2}{2a}$$

$$J = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{G(M+m_2)a(1-e^2)}$$

6. 引力作用范围: 引力范围、希尔范围、作用范围

7. 洛希密度&洛希极限

四. 太阳系的起源&演化 Main contents & Summary (略)

第六章 行星科学

一、内部结构 · 约束 — 直接 (P, $\frac{I}{MR^2}$) & 间接 (磁场, 热流, 星震...)

· 圈层结构: 核、幔、壳

模型结构: 球对称分布の同心球层

流体静力学方程: $\frac{dp}{dr} = -G \frac{M(r)}{r^2} \rho(r)$; 质量方程: $\frac{dm}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r)$

物态方程: $p(r) = f(p, T)$; 转动惯量方程: $\frac{dJ}{dr} = \frac{8}{3} \pi r^4 \rho(r)$

→ 类地行星 (水、金、火)

→ 类木行星 (木、土 & 天王、海王)

→ 大卫星

→ 行星の反照率 & 表面温度 A (albedo) = 反射光强 / 入射光强

· 计算: $F_{\text{发}} / F_{\text{吸}} = (1-A) / A$ ($F_{\lambda} = \pi R^2 L_0 / 4\pi r^2$)

1° 行星自转^快且导热良好: $F_{\text{发}} = 4\pi R^2 \sigma T_1^2 \doteq F_{\text{吸}} = (1-A) R^2 L_0 / 4r^2$

2° ~ 自转慢且导热 X (eg. 月球): $2\pi R^2 \sigma T_2^2 \doteq (1-A) R^2 L_0 / 4r^2$

二、行星 & 卫星の大气 · 概述 ~

· 大气组成: 类地主 CO_2 (地球 X); 巨行星 (木、土) 浓密: $\text{H}_2, \text{He}, \text{CH}_4, \text{N}_2, \dots$

远日 (天、海、冥): 主 CH_4 ~; 卫星: 木卫六 $\sqrt{(\text{N}_2, \text{Ar}, \text{CH}_4)}$, 木卫一 → 海卫一 → 冥三

· 气压定律: $-\frac{dh}{h} = \ln \frac{P}{P_0}$ 或 $\frac{\rho T_0}{P_0 T} = e^{-\frac{h}{H}}$; 已知大气压力 / 密度随高度变化, 可得大气平均分子量

→ 类地行星 (水、金地、月、火)

→ 外行星 ← 木星、土星の云层 ~: NH_3 (150K), NH_4HS (200K), H_2O (200K)

天王星、海王星 ~: CH_4 (75K), 深层类似木、土?

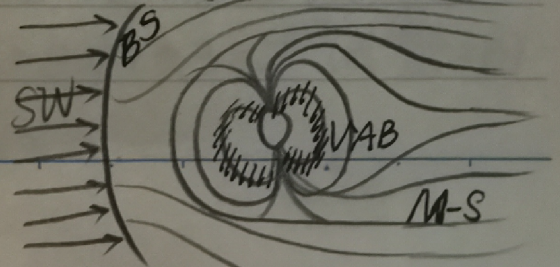
· ~ の热结构 (温度-高度曲线 ~)

三、行星の磁场 & 磁层 (一) 磁层条件: 1) ^(液态) 金属内核, 2) 快速自转.

· 磁层の起源: 1. 遗迹 → 固态岩石 (eg. 磁铁矿) 2. 发电机"原理" 3. 太阳风激发

(二) 磁层 (基本概念): 行星磁层; 磁层顶;

"磁尾" ("中性片, 等离子片); 弓形激波; 辐射带



四. 卫星: 类地较少, 地-火二; 类木较多, 土星为最

2 基勒

五. 行星的环系 — 历史 (伽利略-惠更斯-卡西尼-拉普拉斯-麦克斯韦)

(一) 土星环 (主要: DCB (卡缝) A (洛缝-F~G-~~~E))

→ 形成: 1. 洛希限, 卫星 (~) 撕碎; 2. 土星原星云 → ~

(二) 木星环 (光环, 主环 + 薄纱 (蛛网) 环 × 2)

(三) 天王星的环 (× 13, $\epsilon \checkmark$) (四) 海王星的环 (× 5) ← 年轻

(五) 概述: (粒子系) 非常圆, 非常平, 赤道面 \checkmark (环 ~)

环 s. 缝 s. & 共振 (Resonances) eg. Mercury's 3:2 \Rightarrow Pluto & Neptune's 3:2

Stay → "Shepherd Moons": eg. 土星 F 环两侧: 潘多拉 (外), 普罗米修斯 (内)