

# 天文物理导论笔记

GasinAn

2021 年 11 月 15 日

Copyright © 2021 by GasinAn

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, in any form or by any means, without permission in writing from the publisher, except by a BNUser.

The author and publisher of this book have used their best efforts in preparing this book. These efforts include the development, research, and testing of the theories, technologies and programs to determine their effectiveness. The author and publisher make no warranty of any kind, express or implied, with regard to these techniques or programs contained in this book. The author and publisher shall not be liable in any event of incidental or consequential damages in connection with, or arising out of, the furnishing, performance, or use of these techniques or programs.

Printed in China

# 目录

第一章 天球	
The Celestial Sphere	5
第二章 天体力学	
Celestial Mechanics	7



# 第一章 天球

## The Celestial Sphere

会合周期 (synodic period)  $S$ .

$$1/S = |1/P - 1/P_{\oplus}|.$$

通过定义自己推推就推出来了嘛~

赤经 (right ascension)  $\alpha$ , 赤纬 (declination)  $\delta$ .

$$(\Delta\theta)^2 = (\Delta\alpha \cos \delta)^2 + (\Delta\delta)^2$$

记忆方法: 当成勾股定理. 懒得写了, 自己想.

北天极的高度角等于地理纬度, 由此自己推算在天体上中天时刻, 天体赤纬, 天体天顶距和地理纬度的关系<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>这是本宝宝留给你们的作业题! 哼!



## 第二章 天体力学

# Celestial Mechanics

看我 PPT.

圆锥曲线 (conic section) 统一方程

$$r = \frac{ed}{1 + e \cos \theta}.$$

椭圆 (ellipse),  $ed = a(1 - e^2)$ . 抛物线 (parabola),  $ed = 2p$ . 双曲线 (hyperbola),  $ed = a(1 + e^2)$ .

半长轴长 (semimajor axis)  $a$ , 半短轴长 (semiminor axis)  $b$ , 离心率 (eccentricity)  $e$ .

焦点 (focal point), 近??点 (perihelion), 远??点 (aphelion).

椭圆面积  $A = \pi ab$ . 证明: 把单位圆横轴方向拉长  $a$  倍, 纵轴方向拉长  $b$  倍.

逃逸速度 (escape velocity)  $v_{\text{esc}}$ .

$$v_{\text{esc}} = \sqrt{2GM/r}.$$

第二宇宙速度 11.2 km/s.

质心 (center of mass)  $\mathbf{R}$ .

$$\mathbf{R} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \mathbf{r}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}.$$

折合质量 (reduced mass)  $\mu$ .

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

二体问题, 把坐标系建在其中一个天体上, 将其质量强行定为  $M = m_1 + m_2$ , 另一天体质量强行定为  $\mu$ , 把日地系统的 Kepler 三定律, 和日地系统中地球

的机械能和角动量的表达式中的  $M_{\odot}$  都换成  $M$ ,  $M_{\oplus}$  都换成  $\mu$ , 就能得到二体问题的 Kepler 三定律和两天体的总机械能和角动量.

一些有用的表达式.

$$ed = \frac{1}{GM} \frac{L^2}{\mu^2}.$$

$$dA = \frac{1}{2} \frac{L}{\mu} dt$$

$$k = \frac{4\pi^2}{GM}.$$

完蛋了, 把 Kepler 三定律直接给出来了... 第一式推导: 计算 perhelion 处的  $L$ ,  $r$  有了,  $v$  用机械能的表达式算. 第二式推导: 三角形面积是两条边的叉乘的长度的二分之一. 第三式推导: 假装轨道是圆的.

(老师没讲但很重要!) 总机械能  $E$ .

$$E = \begin{cases} -\frac{GM}{2a} & \text{椭圆,} \\ 0 & \text{抛物,} \\ \frac{GM}{2a} & \text{双曲.} \end{cases}$$

维里定理 (virial theorem): 系统, 平均总动能  $\langle T \rangle$ , 平均总势能  $\langle V \rangle$ , 平均总机械能  $\langle E \rangle$ ,

$$2\langle T \rangle + \langle V \rangle = 0,$$

$$\langle E \rangle = \frac{1}{2} \langle V \rangle.$$

推论: 系统稳定, 平均总机械能必小于 0.