

# 计算机模拟物理作业 1 (本)

2023 年 09 月 27 日

## 1. 行星运动 (地球绕太阳的运行):

(1) 选择合适的初速度, 使运动为圆周运动。用 Euler-Cromer 方法模拟。用 Euler 方法结果如何?

(2) 如果行星间吸引力不是  $\propto 1/r^2$  而是  $\propto 1/r^{2\pm\delta}$ , 其中  $\delta$  是小量, 取为 0.05。取行星在  $t=0$  时的位置及速度为  $(x, y)_0 = (1, 0)$ ,  $(v_x, v_y)_0 = (0, 5)$ , 什么会发生? 轨道会不会重叠? 说明这不是由  $\Delta t$  的选取所导致。行星会飞离或落入恒星吗?

(3) 如吸引力  $\propto 1/r^3$ , 先分析地确定当  $(x, y)_0 = (1, 0)$ ,  $v_x = 0$  时的  $v_y$  值。 $\Delta t$  必须是多少才能使计算的圆周轨道在数圈内维持圆周? 改变前面所确定的  $v_y$  大小 2%, 所得的轨道有何性质?

(4) 选做: 使用 Euler-Richardson 方法, 重复上面模拟, 并比较分析。

2. Newton 在 1687 年发表了《自然哲学的数学原理》。在书中 Newton 证明了只需几条简单的定律就能够解释天体力学, 其中最重要的就是对 Kepler 三定律的证明。Kepler 三定律说的是:

(1) 椭圆定律: 所有行星绕恒星的轨道都是椭圆, 行星在椭圆的一个焦点上。

(2) 面积定律: 行星和恒星的连线在相等的时间间隔内扫过相等的面积。

(3) 调和定律: 所有行星绕恒星一周的恒星时间( $T$ )的平方与它们轨道长半轴( $a$ )的立方成比例, 即  $T_1^2/T_2^2 = a_1^3/a_2^3$ 。

取恒星质量  $M$  为太阳质量( $1.988 \times 10^{30} \text{kg}$ ), 分别给定行星质量  $m$  为地球质量( $5.9722 \times 10^{24} \text{kg}$ )和木星质量( $1.8986 \times 10^{27} \text{kg}$ )。选择合适的模拟方法模拟行星的运动, 分析的行星的运行是否服从 Kepler 三定律。引力常数  $G = 6.67408 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

3. 预习: 阅读参考资料“An Introduction to Computer Simulation”(M.M. Woolfson, G.J. Pert)第 1.5.2 节 “An orbiting satellite under tidal stress”。理解分析其模拟过程。