

# 理论力学

## Lecture 0. 绪论

傅林

Central South University  
物理学院

2025.1

# 目录

- 1 课程说明
- 2 “抛弃”牛顿力学
- 3 新的力学体系

# 目录

- 1 课程说明
- 2 “抛弃”牛顿力学
- 3 新的力学体系

# 课程性质

物理专业本科的核心课程：

- 五小力学：力、热、光、电磁、原子物理，它们亦称普通物理
- 四大力学：**理论力学**、电动力学、量子力学、热力学与统计物理

理论力学是四大力学的开端，是学习更高级物理前所必须掌握的基本语言。

本套网课不是考前突击课，而是从零开始，一步一步构建理论力学的知识体系！每一节课的时间会尽量控制在 30min 内（延续我之前课程的风格），每章末会有一节习题课。

- 我的 E-mail: [foreverlinlin2004@163.com](mailto:foreverlinlin2004@163.com)
- 我的个人网站: [www.brickfu.top](http://www.brickfu.top)

## 书籍推荐

目前国内用的比较多的是周衍柏的《理论力学教程》，但我个人不推荐这本书，因为牛顿力学部分讲得太多，最核心的分析力学反而放在了最后一章。如果是初学者，可参考下面的教材：

- 梁昆森《力学（下册 理论力学）》
- 赵亚溥《力学讲义》
- 鞠国兴《理论力学学习指导与习题解析》

如果想更深入学习理论力学，可参考：

- 高显《经典力学》
- 朗道、栗弗席兹《理论物理学教程第一卷-力学》
- 阿诺尔德《经典力学的数学方法》

# 目录

- 1 课程说明
- 2 “抛弃”牛顿力学
- 3 新的力学体系

# 矢量力学

传统的牛顿力学的理论体系中, **力** (force) 是处于中心位置的物理量. 力是一个矢量, 因此也可以把牛顿力学称为**矢量力学**. 其中所接触的物理量大多都是矢量 (位矢、速度、加速度等), 矢量运算的技巧也是频繁使用.

矢量力学分析问题的一般步骤:

- 分析物理情景, 进行**受力分析**
- 列牛顿第二定律
- 解方程, 得到各物理量

受力分析有时候是一件十分麻烦的事, 特别是当系统受到比较复杂的**约束**时, 我们甚至不能事先知道约束力的大小和方向. 约束会增加牛顿方程中未知数的个数, 从而增大求解难度.

# “力”是一个不必要的概念

牛顿第二定律  $m\ddot{x} = F$ , 或者  $\frac{d}{dt}p = F$ , 本质上是在说:

运动状态的改变  $\leftrightarrow$  力

我们真正关心的是运动状态, 以及决定运动状态变化的规律. 实际上, **牛顿第二定律与其说是一条物理规律, 不如说只是力的定义.**

例如质点处于重力场中, 牛顿第二定律告诉我们  $m\ddot{z} = F$ , 但这个力  $F$  究竟是什么牛顿第二定律本身并没有说, 而是由重力规律告诉我们的:

$$F = -mg$$

因此牛顿第二定律结合重力规律, 才能完整描述质点运动规律:

$$m\ddot{z} = -mg$$

又比如对于弹簧振子, 需要将牛顿第二定律与胡克定律相结合:

$$m\ddot{x} = -kx$$

在我们得到的两个运动方程  $m\ddot{z} = -mg$  和  $m\ddot{x} = -kx$  中, 完全没有“力”的位置, 牛顿第二定律只是人为将方程的右边称为“力”而已.

此外, 如果我们能从某些原理出发, 直接得到力学规律 (例如上面的运动方程), 那“力”的媒介地位也就完全不必要了. 幸运的是, 的确存在这样的更为基本的力学原理.

# 目录

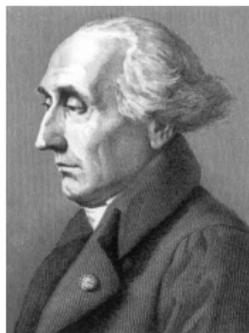
- 1 课程说明
- 2 “抛弃”牛顿力学
- 3 新的力学体系

# 分析力学

拉格朗日和哈密顿建立了不同于牛顿力学的全新的力学体系，称为**分析力学**。在分析力学中，处于核心地位的是**能量**。

- 拉格朗日力学: 拉格朗日量  $L$  Euler-Lagrange 方程
- 哈密顿力学: 哈密顿量  $H$  Hamilton 正则方程

二者间可通过 Legendre 变换联系。



(a) 拉格朗日



(b) 哈密顿

# 分析力学的优点

- 1 在经典力学的范畴内,它与牛顿力学完全等价
- 2 它对经典力学问题的处理更加简洁优美,特别是对于复杂约束的情况
- 3 它能更深刻直接地体现系统的各种对称性以及守恒定律
- 4 它的基本原理具有更广泛的适用范围,能推广到量子力学等其他物理领域