

理论力学

赵鹏巍

课程信息

- 教师：赵鹏巍 pwzhao@pku.edu.cn
- 时间：每周一1-2节、周四3-4节、理教407
- 助教：姜晓飞、潘斯语

助教



潘斯语

物理学院 2021 级研究生

专业：凝聚态物理

邮箱：2101110208@stu.pku.edu.cn



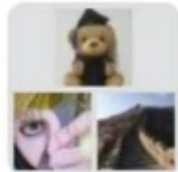
姜晓飞

物理学院 2021 级研究生

专业：粒子物理与原子核物理

邮箱：jiangxiaofei@pku.edu.cn

助教



赵老师理论力学 2022 秋



该二维码7天内(9月9日前)有效, 重新进入将更新

教材和参考书

北京大学电子教参服务平台

- 刘川 理论力学，北京大学出版社，2019
- Herbert Goldstein, Classical Mechanics, 3rd ed.
- 戈德斯坦, 经典力学（中文版）, 2nd ed.
- 胡慧玲、林纯镇、吴惟敏，理论力学基础教程，1986
- L. D. Landau, and E. M. Lifshitz, Mechanics, 1999年

课程表

1	9月5日	9月8日
2	9月12日	9月15日
3	9月19日	9月22日
4	9月26日	9月29日
5	10月3日	10月6日
6	10月10日	10月13日
7	10月17日	10月20日
8	10月24日	10月27日
9	10月31日	11月3日
10	11月7日	11月10日
11	11月14日	11月17日
12	11月21日	11月24日
13	11月28日	12月1日
14	12月5日	12月8日
15	12月12日	12月15日
16	12月19日	12月22日

32次课

- 3次放假
- 1次期中
- 3次习题?

成绩评定

- 作业：~20%

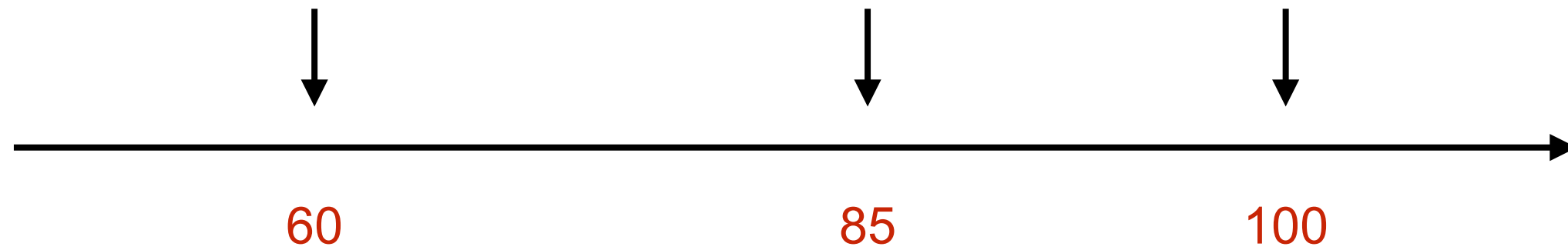
[<https://zhaopw33.github.io/teaching.html>]

一定要按时交作业！ 助教要批改作业！

- 期中：~30%

- 期末：~50% (2023.01.02 上午)

成绩评定



- 务必重视作业题、例题、思考题
- 成绩预公布，在约定时间内允许查分
- 优秀率

力学

Mechanics: A branch of physical science that deals with energy and forces and their effect on bodies.
(Webster's)

- 力学

物体的运动状态：速度与加速度

改变运动状态的原因：力与能

- 物体运动，但不改变其内禀性质

理想质点与刚体

质量与转动惯量

- 牛顿 (Newton) 三定律

相信大家还没有忘记

《自然哲学的数学原理》1687

理论力学

- 现代物理：20世纪以来的物理

量子力学

相对论

- 17世纪到20世纪的物理？

经典与量子；非相对论与相对论；力学与场论

- 为什么要学习17世纪到20世纪的“过时”的物理？

理论力学：非相对论（或相对论）经典力学

为什么要学习理论力学？

- 与现代物理体系的紧密相关

掌握好理论力学可以更好地理解量子力学

- 掌握必要的数学工具

对更进阶的理论物理学习非常重要

- 采用新的视角对已知物理定律的再诠释

更具一般性与普适性； It's just cool!

为什么要学习理论力学？

- 与现代物理体系的紧密相关

掌握好理论力学可以更好地理解量子力学

- 掌握必要的数学工具

对更进阶的理论物理学习非常重要

- 采用新的视角对已知物理定律的再诠释

更具一般性与普适性； **It's just cool!**

我们首先从17世纪的牛顿力学谈起.....

牛顿力学

- 原则上，基于受力，**牛顿运动方程**可以预言任意体系的运动规律
我们仅需要一个足够强大的计算机...

- **然而，现实却很残酷**

计算机那时还没有发明

很多情况下、受力可能是不能完全清楚的

受力可能依赖于时间、位置，甚至速度；

处理复杂系统时存在困难，“三体问题”

- 因此，需要利用**更强大的数学工具**进行描述



广义运动方程

- 牛顿力学描述物体的位置

目标：求解 $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$

N个物体涉及3N个坐标

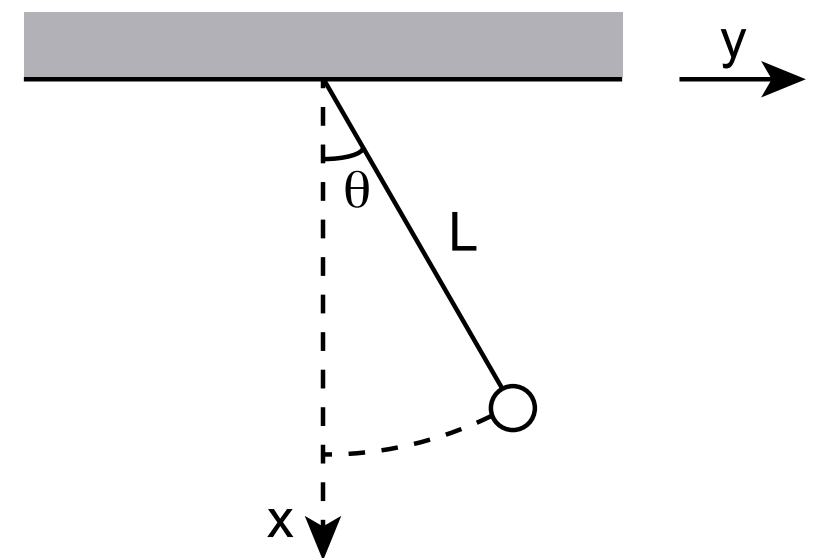
- 原则上，有无穷多种描述物体运动的方法

如，描述一个单摆 $x = L \cos \theta, y = L \sin \theta, z = 0, \theta = \theta(t)$

自由变量的个数可能不是3N **(约束)**

不妨将新变量称为**广义坐标**

- 广义坐标对应的运动方程是什么？



拉格朗日力学 Lagrangian

- 牛顿运动方程是关于力的方程 $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

从描述系统中每个物体的受力出发 $\mathbf{F} = \mathbf{F}(x, t)$

关于 $3N$ 个坐标的 $3N$ 个函数

- 引入拉格朗日量

$$L = L(q, \dot{q}) \quad \text{广义坐标} q \text{ 及其时间导数}$$

以及拉格朗日方程

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0$$

所有关于系统运动的信息均
包含在一个标量函数中

- 拉格朗日力学不依赖于坐标系的选取

哈密顿原理 Hamilton's Principle

- 基于哈密顿原理，可导出拉格朗日方程

$$\delta \int_1^2 L dt = 0$$

一个真实物理系统选取运动路径使拉格朗日量L的时间积分为极值。

- 牛顿定律是通过大量实验观测归纳得到的

“It is so because it agrees with many observations”

从一原理中推导出牛顿定律意味着 why it is so

给出了更深层次的原因，最终会与费曼路径积分有联系

- 当然，变分法也是非常有用的数学工具

哈密顿力学 Hamiltonian

- 哈密顿方程

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p}, \quad \dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q}$$

(p, q) 是正则变量, H 是一个函数, 称为哈密顿量

- 正则变量: 位置与动量 $p = mv = m\dot{x}$?

- 位置与动量被作为独立变量

比拉格朗日力学允许更广泛的变量变换

公式更简洁、更对称、更酷

与量子力学里的不确定关系具有相似性

失败中的成功

- 求解三体问题的尝试失败了

除计算机数值求解之外



- 副产品(Lagrangians/Hamiltonians) 却成为建立量子力学的基石

量子力学的发展是类比拉格朗日力学和哈密顿力学建立的

量子力学的先驱们是学习经典力学成长起来的

- 经典力学是牛顿与薛定谔之间缺失的联系

充分领会量子力学

课程安排

- 拉格朗日方程，哈密顿原理

有心运动

刚体运动

小振动

狭义相对论？

- 哈密顿方程，正则变换

- 哈密顿-雅可比 (Hamilton-Jacobi) 方程

经典场论？