

热力学与统计物理

Thermodynamics and Statistical Physics

第0章 导言 CH.0 Preface

刘世东
Shidong Liu

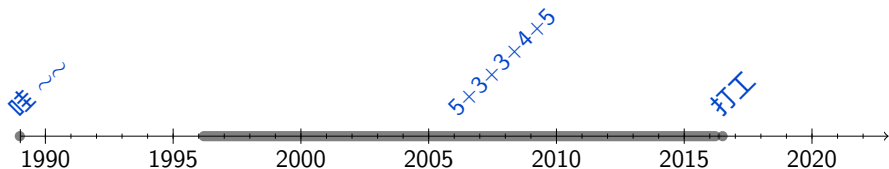
School of Physics and Physical Engineering
Qufu Normal University



April 10, 2023

我的信息

Me



联系方式 办公室: 物理楼 421#

教材, 上课, 作业, 成绩

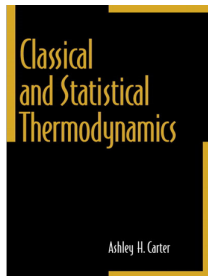
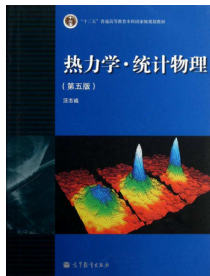
TextBook, Class, HomeWork, and Grade

教材 热力学·统计物理, 汪志诚, 第 5 版, 高教出版社...

上课 多媒体上课 (板书辅助), 72 学时 (含 x 学时习题/答疑)

作业 每章交一次 (可商量, 但我拥有绝对的决定权)

成绩 平时 30% (作业: 考勤 = 1:2) + 期中 20% + 期末 50%



本教材基本框架

本书总共 11 章, 参照教学大纲等文件, 主要学习 8 章 (1-4(部分), 6-9):

第一章 热学知识的复习回顾 (围绕 012 定律), 额外增加两个函数: (赫姆霍兹) 自由能, 吉布斯自由能

第二章 公式推导 (偏微分): 基于三个基本的热力学函数, 特性函数, 麦氏关系

第三章 单元系相变问题

第四章 多元系相变, 热力学第三定律

第六章 统计分布: 玻尔兹曼分布, 费米分布, 玻色分布, 等概率原理

第七章 玻尔兹曼统计, 针对理想气体, 能均分定理, 内能压强熵等状态量的统计表达式, 固体热容的爱因斯坦理论

第八章 玻色统计和费米统计, 热力学量的统计表达式, 玻色-爱因斯坦凝聚, 光子气体-黑体辐射普朗克公式, 自由电子气体

第九章 系综理论: 微正则, 正则, 巨正则, 相关热力学量的统计表达式, 固体热容的德拜理论

自第二章 (尤以统计部分) 较难, 但 k_s 不难 (k_s 不是选拔人才, 准八股)

先行课程或相关知识

- 1 热学 — 热·统可视为热学的高级进阶课程

先行课程或相关知识

- 1 **热学** — 热·统可视为热学的高级进阶课程
- 2 **高等数学** — 微积分 (求导, 偏导数, 积分, 全微分, 雅克比行列式, 概率统计, 概率 (分布) 密度, 拉格朗日乘数法, (泰勒/幂) 级数展开/求和...)

先行课程或相关知识

- 1 热学 — 热·统可视为热学的高级进阶课程
- 2 高等数学 — 微积分 (求导, 偏导数, 积分, 全微分, 雅克比行列式, 概率统计, 概率 (分布) 密度, 拉格朗日乘数法, (泰勒/幂) 级数展开/求和...)
- 3 理论力学/力学 — (广义动量/坐标, 谐振子, 转动惯量)

先行课程或相关知识

- 1 **热学** — 热·统可视为热学的高级进阶课程
- 2 **高等数学** — 微积分 (求导, 偏导数, 积分, 全微分, 雅克比行列式, 概率统计, 概率 (分布) 密度, 拉格朗日乘数法, (泰勒/幂) 级数展开/求和...)
- 3 **理论力学/力学** — (广义动量/坐标, 谐振子, 转动惯量)
- 4 **量子力学** — (量子态, 量子数, 简并 (度), 能级, 波粒二象性)

先行课程或相关知识

- 1 **热学** — 热·统可视为热学的高级进阶课程
- 2 **高等数学** — 微积分 (求导, 偏导数, 积分, 全微分, 雅克比行列式, 概率统计, 概率 (分布) 密度, 拉格朗日乘数法, (泰勒/幂) 级数展开/求和...)
- 3 **理论力学/力学** — (广义动量/坐标, 谐振子, 转动惯量)
- 4 **量子力学** — (量子态, 量子数, 简并 (度), 能级, 波粒二象性)
- 5 **电动力学** — (波, 偏振 <-光学?)

热力学与统计物理的研究任务

What to study?

任务

研究宏观体系¹**热运动** or **热现象**的规律, 以及与热运动有关的物性及宏观物质系统的演化—(寻找各宏观量或状态参量之间的函数关系).

所得到的规律一般不能外推至小体系和无限大体系 (如宇宙)!

热运动

大量微观粒子的一种永不停息地无规则运动².

热力学 与 统计物理的研究任务相同, 但是方法和侧重点有较大差异.

¹1 mol 量级

²机械运动—力学, 电磁运动—电动力学, 生命运动—???

热力学?

Thermodynamics?

热力学的理论是一种**宏观唯象理论**(Phenomenological Theory)³:

描述系统的宏观性质之间的关系或规律, 而这些宏观性质大都可以直接实验测量, 据实验而得的关系或规律也大都是经验或者半经验.

核心框架

热力学三大定律 (First, Second, Third).

经典力学的框架: 牛顿定律.

核心概念

温度 T : 区别热 (力) 学与其他学科的一个基本量或者特征量

其他, 例如光速 c , 元电荷 e , 万有引力常量 G , 玻尔兹曼常数 k , 普朗克常数 h or \hbar

³闭环反馈修正: 实验 \rightarrow 规律 \rightarrow 严密逻辑演绎 \rightarrow 预言 \rightarrow 实验

热力学的优点及局限性 (缺点)

Advantages and Disadvantages of Thermodynamics

热力学因其‘唯象’特征, 导致给人一种并不那么严谨的感觉, 可能也正因如此, 热力学才有兼容并包的美.

优点

简单, 可靠性好, 普适性强, ‘开放’——与之类似的现象都可以套用.

ALBERT EINSTEIN on thermodynamics: “*A theory is more impressive the greater the simplicity of its premises, the more different are the kinds of things it relates, and the more extended its range of applicability. Therefore, the deep impression which classical thermodynamics made on me. It is the only physical theory of universal content, which I am convinced, that within the framework of applicability of its basic concepts will never be overthrown*”.

局限性 (缺点)

无法对观察的现象或结论给出本质原因或提供内在机理性的描述.

统计物理?

Statistical Physics?

统计物理又称统计力学 (Statistical Mechanics), 是一种**微观理论** (Microscopic Theory)⁴.

统计物理学的出发点

以物质的微观结构—物质由大量分子组成作为出发点, 认为宏观性质是大量微观粒子性质的集体体现—宏观物理量是微观物理量的统计平均....

统计物理从微观角度弥补热力学的局限性, 即能够解释宏观现象的内在本质或机理.

然而可是但是却, 统计物理的数学处理复杂, 实际应用时都会采用一些简化的假设模型, 因此其结论的普适性和可靠性没有热力学高⁵.

⁴在一定意义上可认为它是为了解决热力学的局限性而来, 实际是某些人爱思考导致: 基本假设
→ 理论规律 → 热力学

⁵我们能感受到的唯一缺点: 难, 让人厌学!

热力学与统计物理的发展

Development of Thermodynamics and Statistical Physics

工业革命 (the Industrial Revolution) 期间, 热转化为机械功的效率变得非常重要, 这是促使热力学发展的客观因素.

经典热力学的发展历程并不像我们想的那样逻辑鲜明:

- 热力学第零定律—定义温度, 是其他三定律之基础
- 热力学第一定律—本质能量守恒
- 热力学第二定律—可逆与不可逆
- 热力学第三定律—存在一个极限...

热力学与统计物理的发展

Development of Thermodynamics and Statistical Physics

工业革命 (the Industrial Revolution) 期间, 热转化为机械功的效率变得非常重要, 这是促使热力学发展的客观因素.

经典热力学的发展历程并不像我们想的那样逻辑鲜明:

- 热力学第零定律—定义温度, 是其他三定律之基础
 - 1939 年, 否 (福) 勒 (Fowler) 提出
- 热力学第一定律—本质能量守恒
 - 19 世纪 40 年代末迈耶 (Mayer), 焦耳 (Joule), 赫姆霍兹 (Helmholtz) 等
- 热力学第二定律—可逆与不可逆
 - 1824 年, 卡诺 (Carnot) 提出卡诺定理, 可视为 2nd 定律的雏形, 后 1850/1851 年克劳修斯 (Clausius) 和开尔文 (William kelvin) 先后单独提出
- 热力学第三定律—存在一个极限...
 - 1923 年, 能斯特 (Nernst) 提出

热力学到统计力学

From Thermodynamics to Statistical Mechanics

至 19 世纪末, 物质的原子性质被认识, 发展出 (麦克斯韦 Maxwell) 气体分子动理论 (Kinetic Theory of Gases), 可以认为是初级的统计力学.

慢慢地, 克劳修斯, 玻尔兹曼 (Boltzmann) 和吉布斯 (Gibbs) 等将气体动理论发展成为更为系统的统计力学或者统计热力学.

20 世纪 30 年代, 量子统计力学, 近些年来研究热点为非平衡态热力学.

热力学 (宏观理论) 与统计力学 (微观理论) 之间的联系: 宏观量是对应微观量的统计平均, 二者相辅相成, " 涨落 " 地齐步前进.