

# 热学

## 第0讲 课程简介

黄志琦

教材：《热学》第二版，赵凯华，罗蔚茵，高等教育出版社  
课件下载 [https://github.com/zqhuang/SYSU\\_TD](https://github.com/zqhuang/SYSU_TD)

# 评分方案

- ▶ 作业20% (三个班不同)
- ▶ 期中考试20% (三个班相同)
- ▶ 期末考试60% (三个班相同)

期中考试时间：4月13日（第8周）；覆盖内容：第一章和第二章

期末考试时间：待定（学校统一安排）；覆盖内容：全部

## 作业计分方式（仅限1班）

- ▶ 如发现抄袭作业，全部作业分记为零分。
- ▶ 每周留若干作业题。第3周课间交第1，2周留的作业；第5周交3，4周留的作业，以此类推直至第17周，总计八次作业。
- ▶ 如不能按时完成请和助教协商补交，但不得迟于发作业或者公布答案时间。
- ▶ 每道作业题评分范围为0-5星。
- ▶ 举手抢答课堂问题也可以计入评分（0-5星）。
- ▶ 期末统计总星数 $N_{\star}$ ，换算为作业分

$$\min \left( \frac{1}{2} \text{ceil} \left( \frac{N_{\star}}{5} \right), 20 \right) .$$

# 作业计分方式（仅限1班）

上述作业计分公式

$$\min \left( \frac{1}{2} \text{ceil} \left( \frac{N_{\star}}{5} \right), 20 \right),$$

其中 $\text{ceil}(x)$ 指不小于 $x$ 的最小整数,  $\min(x, y)$ 指 $x, y$ 中的较小者。

请举手抢答：要不低于20分至少要答多少道题？

# 知识细则符号约定

- ▶ 黑色：要求定量地掌握，理解概念，会定量计算
- ▶ 蓝色：要求定性地掌握，理解概念，会数量级估计
- ▶ 青色：因没有学习相应的基础知识（如量子力学），只要求大致了解课本中的唯象描述或结论（这类知识点会在括号里更细致地说明需了解的内容）
- ▶ 绿色：课外阅读内容，旨在拓宽视野，不要求掌握

# 第一章 热学基本概念和物质聚集态

## §1 温度

### 1.1 温度计和温标

### 1.2 热力学第零定律

### 1.3 理想气体状态方程和理想气体温标

### 1.4 温度大观

## §2 热量及其本质

### 2.1 量热学 热质说与热动说

### 2.2 原子论

### 2.3 分子力与分子运动

## §3 物质聚集态随状态参量的转化与共存

### 3.1 闭合系的 $p$ - $V$ - $T$ 曲面

### 3.2 等温线 多相共存

### 3.3 $p$ - $T$ 三相图

# 第一章 热学基本概念和物质聚集态

## §4 气体

4.1 气体的微观模型和温度的微观意义

4.2 理想气体压强公式

4.3 理想气体定律的推导

4.4 实际气体

## §5 固体

5.1 晶体结构

5.2 非晶态(短程有序长程无序)与准晶态

5.3 固体中分子的热运动

# 第一章 热学基本概念和物质聚集态

## §6 化学键

### 6.1 离子键

### 6.2 共价键(两个原子共享价电子)

### 6.3 金属键(外层电子被所有原子共有化并可在晶体内自由移动)

### 6.4 范德瓦尔斯键

### 6.5 氢键

## §7 液体

### 7.1 液体——稠密的实际气体(分子力和分子运动势均力敌)

### 7.2 液体——濒临瓦解的晶格(短程有序长程无序)

### 7.3 表面张力的由来



## 第二章 热平衡态的统计分布律

### §1 麦克斯韦速度分布律

#### 1.1 麦克斯韦速度分布律

#### 1.2 速度空间与速度分布函数

#### 1.3 麦克斯韦分布律的导出

#### 1.4 方均根速率

#### 1.5 平均速率

#### 1.6 泄流速率

### §2 玻尔兹曼密度分布

#### 2.1 等温气压公式

#### 2.2 玻尔兹曼密度分布律

#### 2.3 麦克斯韦-玻尔兹曼密度分布律

## 第二章 热平衡态的统计分布律

### §3 能均分定理与热容量

#### 3.1 自由度

#### 3.2 能量按自由度均分定理

#### 3.3 理想气体的热容量

#### 3.4 固体的热容量

### §4 量子气体中粒子按能级的分布

#### 4.1 能级与量子态(能量只能取一系列离散值)

#### 4.2 麦克斯韦-玻尔兹曼分布(细致平衡条件2.49式和MB分布2.52式。推导过程不要求掌握)

#### 4.3 H定理(只讲经典粒子版本, H函数非平衡态时单调下降, 达到细致平衡不再变化; 推导过程不要求掌握)

#### 4.4 能级的离散性对热容量的影响(能级离散 $\Rightarrow$ 低温下某些自由度不被激发)

#### 4.5 玻色-爱因斯坦分布和费米-狄拉克分布

## 第二章 热平衡态的统计分布律

§5 费米气体

§6 玻色气体

§7 宏观的概率和熵

7.1 宏观态的概率(热平衡态是包含微观态数目最多, 即出现概率最大的宏观态)

7.2 玻尔兹曼熵关系式(了解 $S = \ln \Omega = -kH$ , 不要求掌握推导)

7.3 信息熵与遗传密码

# 第三章 热力学第一定律

## §1 从能量守恒到热力学第一定律

### 1.1 能量守恒定律的建立

### 1.2 广义功

### 1.3 内能是个态函数

### 1.4 热力学第一定律的数学描述

### 1.5 准静态过程

## §2 气体的热容量 内能和焓

### 2.1 热容量 焓

### 2.2 焦耳实验及其改进

### 2.3 焦耳-汤姆孙效应

### 2.4 节流膨胀液化气体

### 2.5 化学反应热和生成焓

# 第三章 热力学第一定律

## §3 热力学第一定律对理想气体的应用

### 3.1 等温过程

### 3.2 绝热过程

### 3.3 大气的垂直温度梯度

### 3.4 多方过程

## §4 循环过程和卡诺循环

### 4.1 循环过程

### 4.2 理想气体卡诺循环及其效率

# 第四章 热力学第二定律

## §1 热力学第二定律的表述和卡诺定理

### 1.1 自然现象的不可逆性

### 1.2 热力学第二定律的语言表述

### 1.3 卡诺定理

### 1.4 热力学温标

### 1.5 历史性回顾

## §2 卡诺定理的应用

### 2.1 内能和状态方程的关系

### 2.2 克拉珀龙方程及其在相变问题上的应用

## 第四章 热力学第二定律

### §3 克劳修斯不等式与熵定理

3.1 热力学第二定律的数学表述——克劳修斯不等式

3.2 熵是态函数

3.3 熵的计算

3.4 熵增加原理

3.5 热力学熵与玻尔兹曼熵的统一(克劳修斯熵和玻尔兹曼熵都正比于宏观状态概率的对数)

### §4 关于热力学第二定律的若干诘难和佯谬

# 第四章 热力学第二定律

## §5 热平衡与自由能

### 5.1 孤立系的热平衡判据

### 5.2 定温定体条件下的热平衡判据 亥姆霍兹自由能

### 5.3 定温定压条件下的热平衡判据 吉布斯自由能

### 5.4 物体系内各部分之间的平衡条件

### 5.5 范德瓦尔斯气液相平衡

### 5.6 混合气体的化学平衡

## §6 连续相变 超流



# 第五章 非平衡过程

- §1 近平衡态弛豫和输运过程
- §2 涨落 关联 布朗运动
- §3 分形
- §4 线性不可逆过程热力学
- §5 耗散结构
- §6 生命与生态环境
- §7 热宇宙模型