

物理学院



# 大学物理·热学

主讲教师：李华

# 第 7 章 统计物理学初步

## 7.1 热力学系统的理想模型与描述参量

## 7.2 平衡态下理想气体压强、温度的微观实质

## 7.3 自由度 能量按自由度均分定理

## 7.4 麦克斯韦气体分子速率分布律

## 7.5 玻尔兹曼分布

## 7.6 理想气体的平均自由程



## 7.1 热力学系统的理想模型与描述参量

本节的研究内容

- 建立理想模型
- 引入描述参量

### 7.1.1 基本概念

- (1) **热力学系统**：由大量微观粒子（摩尔量级 $10^{23}$ ）所组成的物理对象
- (2) **外界**：系统以外且与系统存在相互作用的物理对象
- (3) **热力学系统分类**：

- **开放系统**——与外界既有质量交换又有能量交换的系统
- **封闭系统**——与外界没有质量交换但有能量交换的系统
- **孤立系统**——与外界完全隔绝的系统



## 7.1.2 建立模型

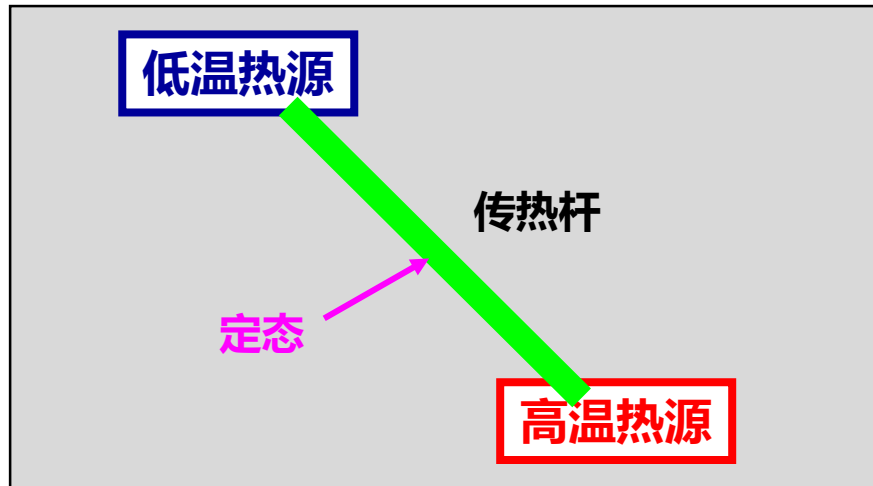
### (1) 平衡态模型

**平衡态：**不受外界影响，系统所有宏观参量不随时间变化的状态

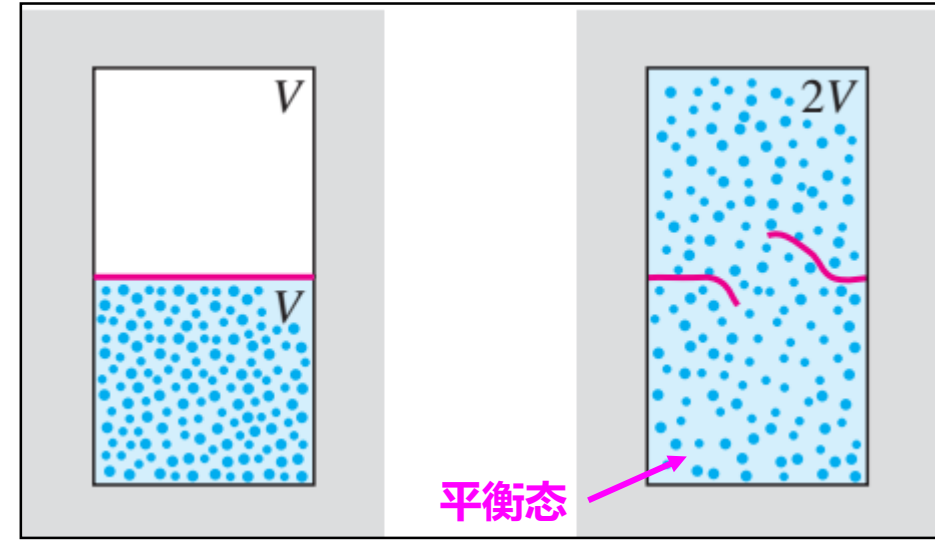
- **不受外界影响：**系统与外界无质量和能量的交换
- **稳定态与平衡态：**平衡态是稳定态；存在流的稳定态不是平衡态
- **动态平衡：**微观粒子在做无规则运动
- **涨落现象：**平衡态的内禀属性；孤立系统存在涨落



- 案例分析：试判断下面两个热力学系统所处的状态是否是平衡态？



(a) 稳定状态下的传热杆



(b) 容器中的气体

- 结论：(a) 传热杆所处的稳定状态不是平衡态  
(b) 容器中的气体达到稳定状态时所处的状态是平衡态



## (2) 理想气体模型

理想气体状态方程:  $PV = \frac{M}{M_{mol}} RT$

**理想气体**：严格遵守理想气体状态方程的气体

- **自由弹性质点假设**：忽略相互作用 (除碰撞瞬间外)；弹性碰撞假设；忽略分子尺寸
- **统计假设**：分子数密度处处相等；分子沿任一方向运动的概率是相等的，即

$$n = \frac{dN}{dV} = \frac{N}{V} = \text{const}, \quad \overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2}$$

**思考**

。。。。如何对理想气体状态方程进行修正用于实际气体？

(提示：考虑分子的大小以及分子间的相互作用)



### 7.1.3 引入参量

目的：宏观物理量的微观实质

#### (1)描述热力学系统的参量

**微观参量：**描述微观粒子运动状态的物理量( 如：位置 $r$ 、动量 $p$  )

**宏观参量：**描述热力学系统宏观性质的物理量

- **力学参量：**压强 $P$ 、内能 $E$
- **化学参量：**质量 $M$ 、摩尔质量 $\mu$ 、粒子数密度 $n$
- **几何参量：**体积 $V$
- **热学参量：**温度 $T$

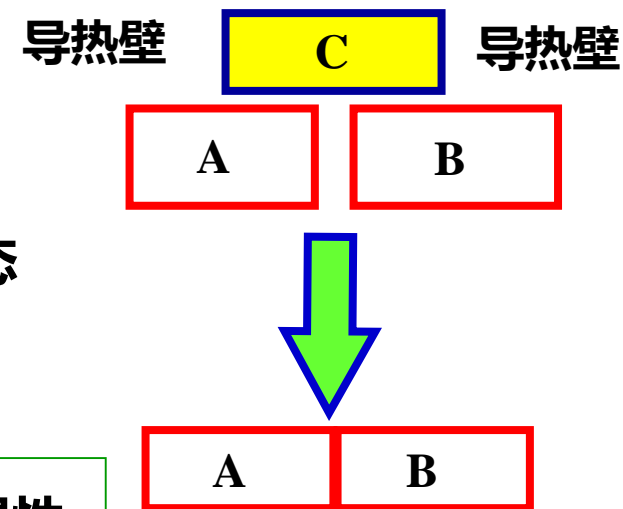
## (2) 热力学第零定律与温度

### I 热力学第零定律

**热力学第零定律：**若系统A、B与C均处于平衡态，则A与B也处于平衡态

➤说明：

- 一个系统处于某一平衡态，就具有由其内部机制所决定的一种内禀属性
- 两个或多个热力学系统处于同一平衡态，表示它们具有共同的内禀属性



### II 温度参量

**温度：**描述系统平衡态内禀属性的热学参量

➤ **参考教材：**李椿编《热学》第33页(人民教育出版社，1978年)



### III 温标:

**温标:** 温度的数值表示方法

- **建立温标的三个要素:** 测温物质、测温属性、固定点
- **常见的温标**

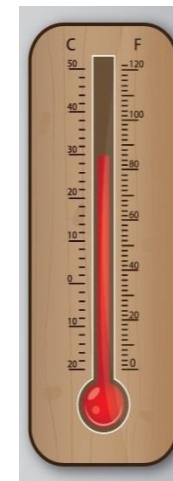
**经验温标:** 由特定的测温物质、测温量所确定的温标, 比如摄氏温标、华氏温标

**热力学温标:** 由开尔文提出以卡诺循环为基础建立的温标, 与任何物质及其属性无关

**理想气体温标:** 不依赖任何气体的个性所建立的温标, 可以复现热力学温标

第18届国际计量大会规定, 热力学温标为最基本的温标, 热力学温度(符号为 $T$ )是基本物理量, 单位是开尔文(K)

➤ **参考教材:** 李椿编《热学》第11页(人民教育出版社, 1978年)







物理学院

# 谢谢大家!