

物理学院



大学物理·热力学基础

主讲教师：李华

热力学和统计物理的区别

1 方法

(1) 统计物理研究方法

微观+力学规律+统计

(2) 热力学研究方法

实验+逻辑推理

2 研究对象的侧重

(1) 统计物理研究对象

平衡态

(2) 热力学研究对象

过程

第 8 章 热力学基础 章结构

(1) 热力学第一定律

8.1 热力学第一定律与典型热力学过程

8.2 循环过程与卡诺循环

(2) 热力学第二定律

8.3 热力学第二定律

8.4 热力学第二定律的数学表述——熵、熵增加原理

8.5 热力学第二定律的统计意义



8.1 热力学第一定律与典型热力学过程

本节的研究内容

- | | | |
|---------------------------|---|--------|
| • 8.1.1 基本概念 | } | Part 1 |
| • 8.1.2 热运动与其它运动形式之间的能量转换 | | |
| • 8.1.3 典型热力学过程能量转换的案例分析 | | Part 2 |

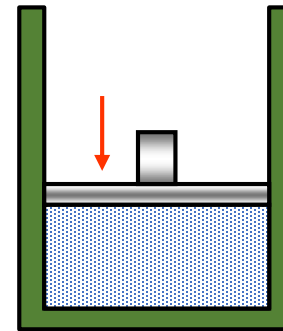
8.1.1 基本概念

(1) **热力学过程**：热力学系统的状态随时间发生变化称为热力学过程



(2) **非静态过程**：热力学过程的中间状态是非平衡态的过程

(3) **准静态过程**：热力学过程的中间状态为准平衡态的过程



缸内气体受压

说明

- 准静态过程为理想过程
- 弛豫时间 (τ)：系统的平衡态被破坏后再恢复到新的平衡态所需要的时间
- 准静态过程的必要条件：两平衡态转化所经历的时间远大于弛豫时间

例1：发动机气缸压缩气体的时间(10^{-2} 秒)

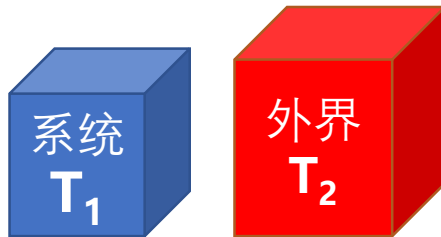


视为准静态过程

气缸中气体压强的弛豫时间(10^{-3} 秒或更小)

►说明

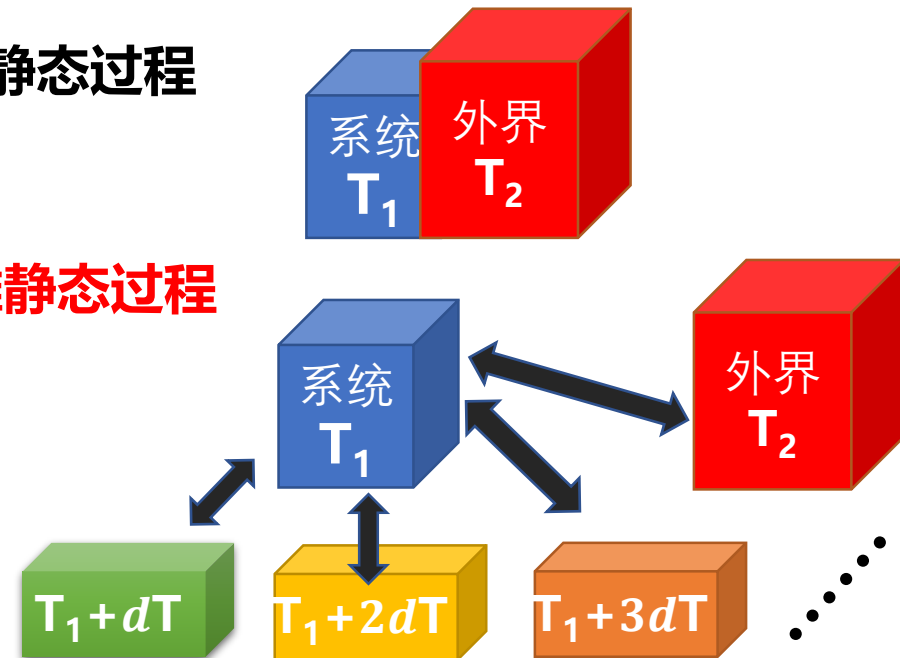
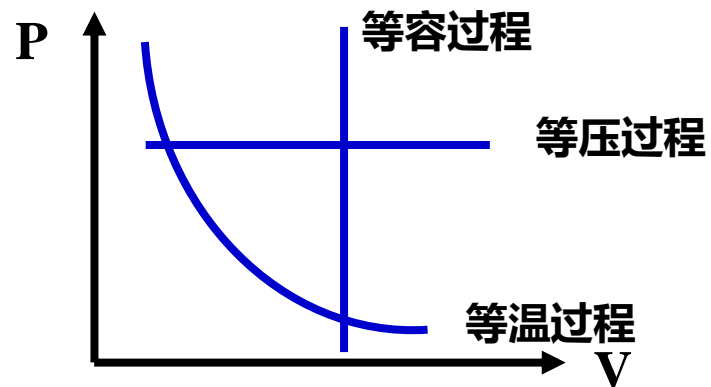
例2：系统（初温 T_1 ）从外界吸热到末态（末温 T_2 ），（ $T_2 - T_1 = \Delta T$ ）



• 直接接触——非静态过程

• 逐级升温——准静态过程

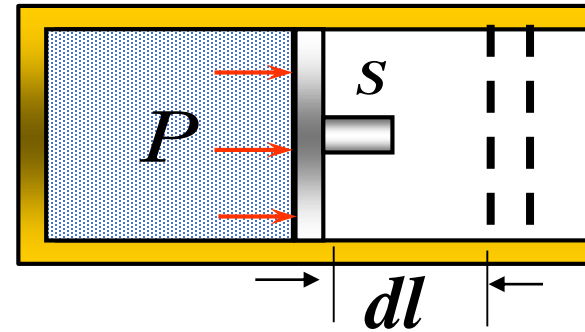
• 准静态过程可以用宏观参量图给予表示



8.1.2 热运动与其它运动形式之间的能量转换

(1) 热力学系统对外界做功

对无摩擦**准静态过程** $dA = p(s \cdot dl) = p dV$

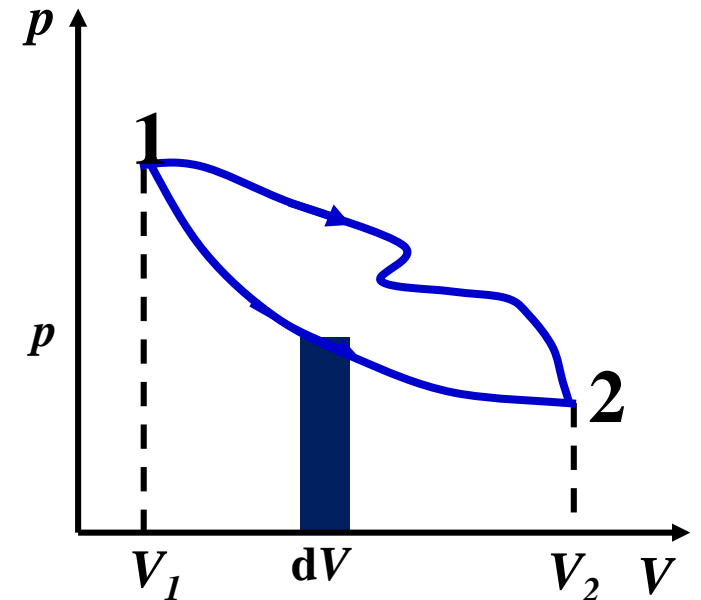


说明

- 是准静态过程中的功
- 功正负符号规定：体积膨胀时，系统对外作正功，反之亦然
- 在p-V图上, 功是曲线下的面积

曲线下的面积 = $\int_{v_1}^{v_2} p dv = A$ (气体对外作的功)

- 功是过程量





(2) 热力学系统与外界热量交换

系统与外界热量交换满足 $Q = cm(T_2 - T_1)$ or $dQ = cmdT$

➤说明

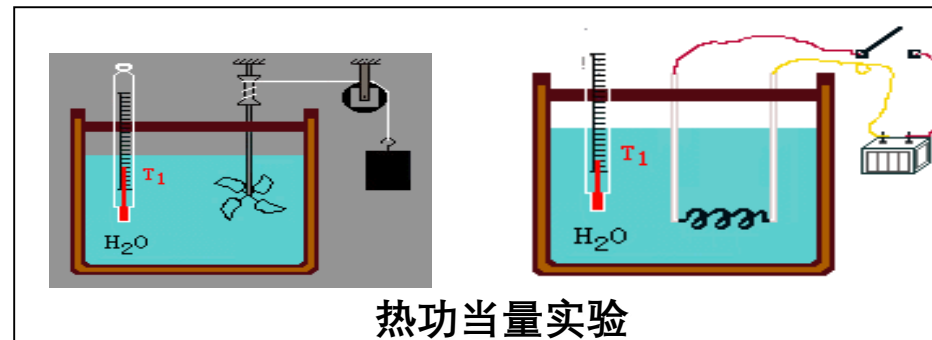
- 通常比热 c 不是常量，且与过程有关 $Q = m \int_{T_2}^{T_1} cdT$, 仅当 c =常数, $Q = cm(T_2 - T_1)$
- 热量是过程量
- 热量正负符号规定：系统吸收热量为正，放出热量为负

(3) 理想气体内能

气体分子动理论表明热力学系统内能： $E = E_k + U$

内能还可从热力学方法引进

焦耳实验表明：只要系统的初态和末态是一定的，则各种不同方式的绝热过程中，实验测得的功的数值都相等。绝热过程的功与过程所经历的路径无关，完全由初、末状态的状态参量确定



类似力学中保守力作功与路径无关而引入势能，也引入一个系统的态函数——内能

$$E_2 - E_1 = A_{\text{绝热}}$$

——两个确定状态之间内能的增量，等于系统从初态经任意绝热过程到末态，外界对系统所作的功

➤说明：理想气体的内能只与温度有关，是热力学系统的状态量

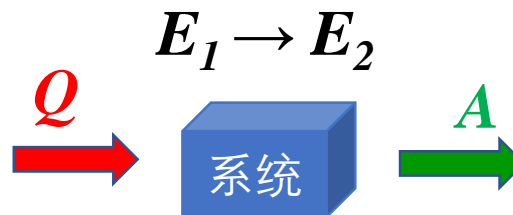
cf. 理想气体内能 $E = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT$

(4) 热力学第一定律

$$Q - A = E_2 - E_1$$



$$Q = E_2 - E_1 + A$$



Q 和 A ：过程量

说明

- 物理意义：系统吸收的热量一部分用于改变系统的内能,另一部分用于系统对外做功
- 物理实质：能量守恒定律
- 符号规定：热量 Q ： 正号——系统从外界吸收热量，反之亦然
功 A ： 正号——系统对外界做功，反之亦然
内能 ΔE ： 正号——系统内能增加，反之亦然
- 热力学第一定律表明：第一永动机是不可实现的

►说明

•对于微小过程: $dQ = dE + dA$

•对理想气体的准静态过程: $dQ = dE + dA = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R dT + p dV$



物理学院

谢谢大家!

