



1

解 由题知

$$dV = \frac{\partial V}{\partial T} dT + \frac{\partial V}{\partial p} dp$$

$$V = \alpha V dT - \kappa_T V dp$$

故

$$\frac{dV}{V} = \alpha dT - \kappa_T dp$$

$$\ln V = \int (\alpha dT - \kappa_T dp)$$

代入  $\alpha = \frac{1}{T}, \kappa_T = \frac{1}{p}$  得

$$\ln V = \ln \frac{Tp_0}{pT_0}$$

$$V = \frac{Tp_0}{pT_0}$$

2

解

$$pV^n = C$$

$$npV^{n-1} dV + V^n dp = 0$$

$$np dV + V dp = 0$$

$$pV = \nu RT$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

联立两式, 消去  $V dp$  得

$$p dV = \frac{\nu R dT}{1 - n}$$

又由热力学第一定律

$$= \bar{d}Q - p dV$$

$$C_V dT = \bar{d}Q - p dV$$

$$\frac{\bar{d}Q}{dT} = C_V + \frac{\nu R}{1 - n}$$



$$\begin{aligned}\frac{\bar{d}Q}{dT} &= \frac{\nu R + (1-n)C_V}{1-n} \\ \frac{\bar{d}Q}{dT} &= \frac{C_p - nC_V}{1-n} \\ \frac{\bar{d}Q}{dT} &= \frac{n-\gamma}{n-1}C_V\end{aligned}$$

3

解 选取厚度为  $dz$  的一层气体进行研究, 上下压力差与其所受重力抵消, 故有

$$p = -\rho g dz$$

又绝热过程满足

$$\begin{aligned}pV^\gamma &= C \\ \gamma pV^{\gamma-1}dV + V^\gamma dp &= 0 \\ \gamma \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} &= 0\end{aligned}$$

又

$$\begin{aligned}pV &= \nu RT \\ V &= \frac{\nu RT}{p} \\ \frac{dV}{V} &= \frac{dT}{T} - \frac{dp}{p}\end{aligned}$$

故

$$\begin{aligned}\gamma\left(\frac{dT}{T} - \frac{dp}{p}\right) + \frac{dp}{p} &= 0 \\ \frac{dT}{T} &= \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{1}{p} dp \\ \frac{dT}{dz} &= \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{T}{p} \frac{dp}{dz} \\ \frac{dT}{dz} &= \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{T}{p} (-\rho g)\end{aligned}$$

又因为

$$\begin{aligned}pV &= \nu RT \\ pM &= \rho RT \\ \frac{T}{p} &= \frac{M}{\rho R}\end{aligned}$$



故

$$\frac{dT}{dz} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{M}{\rho R} (-\rho g)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{1 - \gamma}{\gamma} \frac{Mg}{R}$$

代入  $\gamma = 1.4$ ,  $M = 29\text{g/mol}$ ,  $g = 9.8\text{m/s}^2$ ,  $R = 8.31\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  得

$$\frac{dT}{dz} = -0.00977136\text{K}/\text{m}$$

4

解

$$\frac{C_p}{C_V} = \frac{C_V + \nu R}{C_V}$$

$$\gamma(T) = 1 + \frac{\nu R}{C_V}$$

$$= -p dV$$

$$C_V dT = -p dV$$

$$C_V dT = -\frac{\nu RT dV}{V}$$

$$C_V \frac{dT}{T} = -\frac{\nu R dV}{V}$$

$$\frac{\nu R}{\gamma - 1} \frac{dT}{T} = -\frac{\nu R dV}{V}$$

$$\frac{1}{\gamma - 1} \frac{dT}{T} = -\frac{dV}{V}$$

$$\ln F(T) = -\ln V$$

$$F(T) = \frac{C}{V}$$

5

解 水的熵变为

$$\Delta S_1 = \int \frac{\bar{d}Q}{T}$$

$$= \int_{273.15}^{373.15} \frac{cm dT}{T}$$

$$= 1303.99\text{J/K}$$

热源熵变为

$$\Delta S_2 = \frac{Q}{T}$$



$$= \frac{-cm\Delta T}{T}$$

$$= -1120.19\text{J/K}$$

故总熵变为

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$= 183.80\text{J/K}$$

欲使  $\Delta S = 0$ , 可以使用温度在零到一百摄氏度之间的无限个热源。

6

解 物体的熵变为

$$\Delta S_1 = (S_1 - S_2)$$

热源的熵变为

$$\Delta S_2 = \frac{Q - W}{T_2}$$

由熵增原理知

$$(S_1 - S_2) + \frac{Q - W}{T_2} \geq 0$$

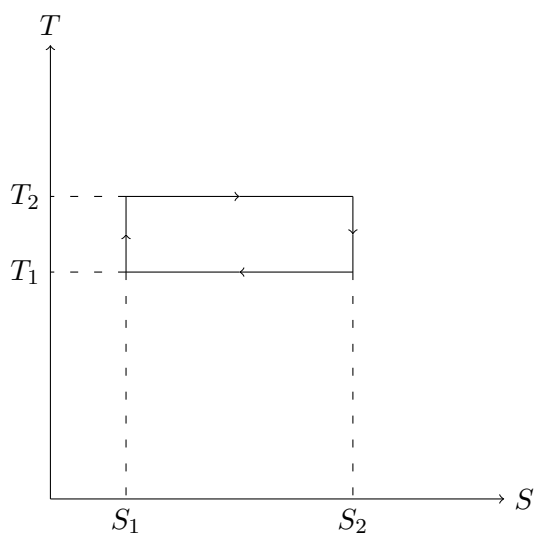
$$W \leq Q - T_2(S_1 - S_2)$$

故

$$W_{max} = Q - T_2(S_1 - S_2)$$

7

解



$$W = (S_2 - S_1)(T_2 - T_1)$$

$$Q = T_2(S_2 - S_1)$$

$$\eta = \frac{W}{Q} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

7  
解

热力学与统计物理第一章思维导图

chapt01.pdf

PDF 14.6kB

你想一位物理系本科生，正在上热力学与统计物理课程。这是课程第一章的课件，请你根据这份课件生成第一章的思维导图

需 已完成思考 (用时 29 秒)

嗯，用户给了我一份热力学与统计物理第一章的课件内容，需要我根据这个生成思维导图。首先，我需要仔细阅读课件的内容，理解各个章节的结构和重点。看起来课件分为多个小节，从热力学的概念开始，逐步介绍平衡态、状态参量、物态方程、功、热力学第一定律、热容、热、理想气体的内能、绝热过程、卡诺循环、热力学第二定律、熵、自由能和吉布斯函数等等。  
  
首先，我应该确定主要的一级主题。从课件内容来看，第一章的主要部分包括：热力学系统、热力学平衡态及其描述、热平衡定律与温度、物态方程、准静态过程与功、热力学第一定律、热容与热、理想气体的内能和绝热过程、卡诺循环、热力学第二定律、熵、自由能与吉布斯函数等等。  
  
接下来，每个一级主题下需要细分二级和三级主题。例如，在“热力学系统”下，可以分为孤立系统、闭系、开系；在“热力学平衡态”下，可能包括相变时间、热平衡、涨落定理、准热平衡等概念。需要特别注意课件中的定义、公式和重要定律，比如热力学第零定律（热平衡定律）、物态方程的不同形式（理想气体、范德瓦耳斯方程、昂内斯方程）、准静态过程中功的计算、热力学第一定律的数学表达式、热的定义、卡诺定理及其效率计算、熵的定义与计算、自由能和吉布斯函数的引入与应用等。  
  
同时，需要注意课件中的例子和实验，如焦耳实验、气体自由膨胀实验、卡诺循环的模拟步骤。这些可能需要作为子节点或放在相关的主题下。公式部分，如体胀系数、压缩系数、等温压缩系数的表达式，以及相关的计算方法，都应该在思维图中体现出来。  
  
另外，用户是物理系本科生，可能需要结构清晰、重点突出的思维导图，帮助复习和理解知识点。因此，思维导图应该层次分明，使用简洁的关键词，并适当使用符号或颜色区分不同的概念类型（如定义、公式、定律等）。需要确保没有遗漏重要的概念，并且逻辑连贯，便于理解和记忆。

内容仅供参考，不作为法律依据。 内容由AI生成，仅供参考。 内容由AI生成，仅供参考。 内容由AI生成，仅供参考。 内容由AI生成，仅供参考。

以下为 ai 生成

# 第一章热力学的基本规律

## 1 热力学系统

- 定义：大量微观粒子构成的宏观物质系统
- 分类：
  - 孤立系统（无物质/能量交换）
  - 闭系（无物质交换，有能量交换）
  - 开系（有物质/能量交换）
- 特点：
  - 粒子数宏观有限，微观等效无穷大
  - 粒子持续无规则热运动

## 2 热力学平衡态

- 定义：孤立系统的宏观性质长时间不变
- 关键概念：
  - 弛豫时间（达到平衡的特征时间）
  - 热动平衡（忽略涨落）
  - 准热平衡（非孤立系统近似）

## 3 热平衡定律（第零定律）

- 内容：若 A 与 C、B 与 C 热平衡，则 A 与 B 热平衡
- 温度定义：态函数  $T$ ，通过温标量化
- 温标类型：

– 理想气体温标:

$$T = 273.16 \lim_{p_i \rightarrow 0} \frac{p}{p_t} \quad (1)$$

– 热力学温标 (K)

– 摄氏温标:  $t = T - 273.15$

## 4 物态方程

• 基本形式:

$$f(p, V, T) = 0 \quad (2)$$

• 关键方程:

– 理想气体:

$$pV = nRT \quad (3)$$

– 范德瓦耳斯方程:

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad (4)$$

– 昂内斯方程 (位力展开):

$$P = \frac{nRT}{V} \left[1 + \frac{n}{V}B(T) + \dots\right] \quad (5)$$

• 热力学系数:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad (6)$$

$$\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T \quad (7)$$

$$\alpha = \kappa_T \beta p \quad (8)$$

## 5 准静态过程与功

• 定义: 无限缓慢的过程, 中间态均为平衡态

• 功的计算:

– 流体:

$$W = - \int_{V_A}^{V_B} p dV \quad (9)$$

– 表面薄膜:

$$dW = \sigma dA \quad (10)$$

– 电介质:

$$dW = V E dP \quad (11)$$

– 磁介质:

$$dW = \mu_0 V \mathcal{H} d\mathcal{M} \quad (12)$$

• 广义形式:

$$dW = \sum Y_i dy_i \quad (13)$$