

# 热力学基础

热力学第一定律

热力学第二定律

# 热力学第一定律

$$Q_k = \Delta E + A_k$$

吸热:  $Q_k > 0$

系统

对外  $A_k > 0$

做功:

放热:  $Q_k < 0$

外界

对系  $A_k < 0$

统作  
功:

# 基本概念

过程量 热量:

$$Q_k = \frac{m}{M} C_k (T_2 - T_1)$$

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

$$C_P = C_V + R$$

$$C_T = \infty$$

$$C_Q = 0$$

摩尔热容

自由度

单原子  $i = 3$

双原子  $i = 5$

多原子  $i = 6$

# 基本概念

状态量 内能： 是温度的单值函数

$$\Delta E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$= \frac{m}{M} C_V (T_2 - T_1)$$

适用于一切过程

# 基本概念

过程量 功:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

平衡态方程

一般用于  
等温，等容，等压  
过程

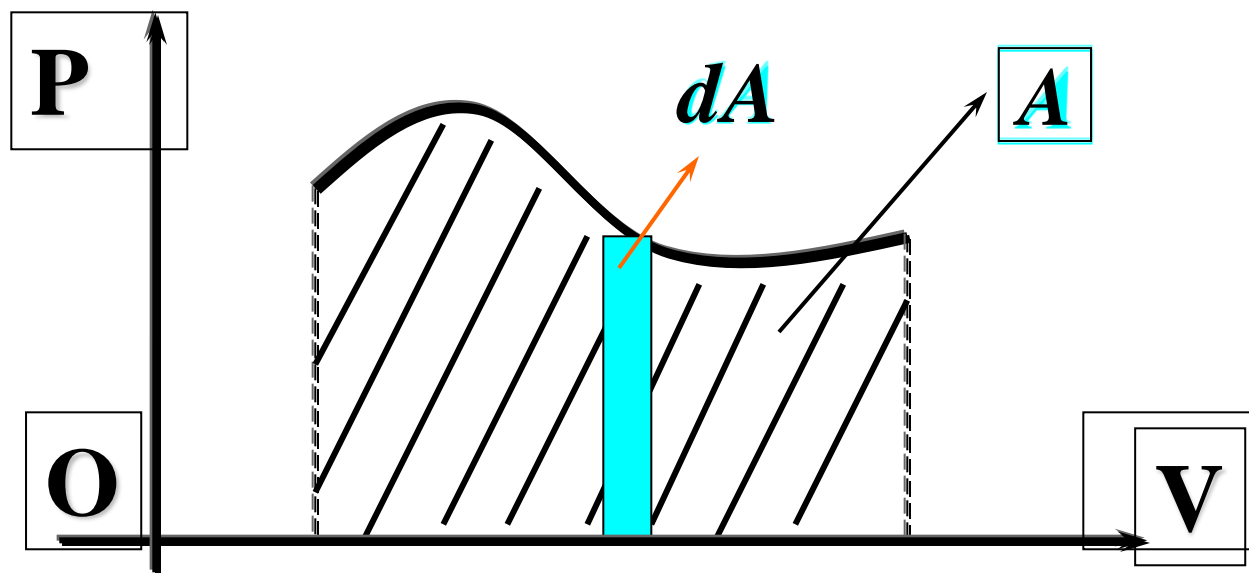
$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

# 基本概念

过程量 功:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

示功图



# 绝热过程

特点

$$Q = 0 \quad dQ = 0$$

过程中P, V, T均变化

绝热方程  $PV^\gamma = \text{恒量}$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}$$

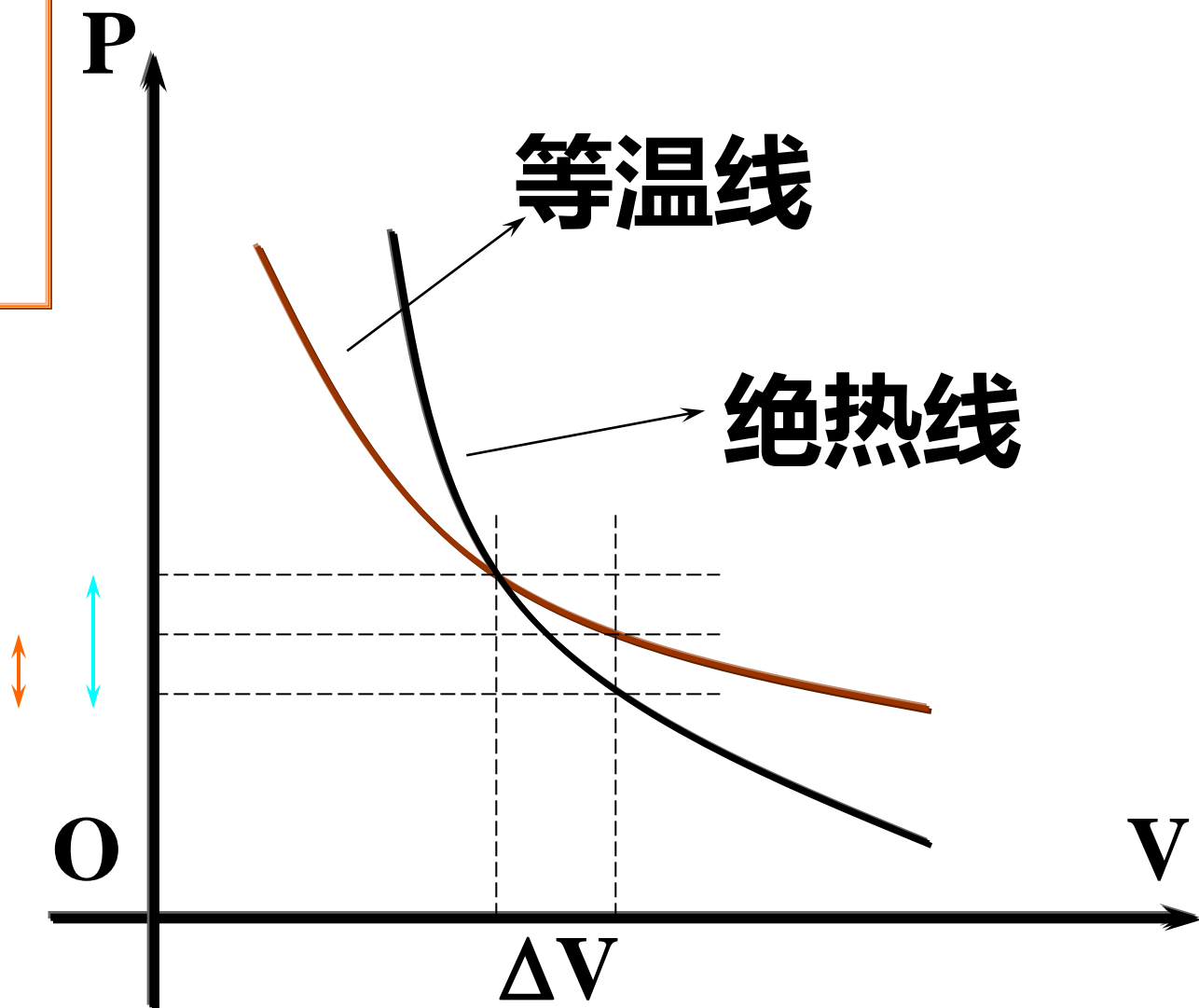
$$V^{\gamma-1}T = \text{恒量}$$

$$P^{\gamma-1}T^\gamma = \text{恒量}$$

# 绝热过程

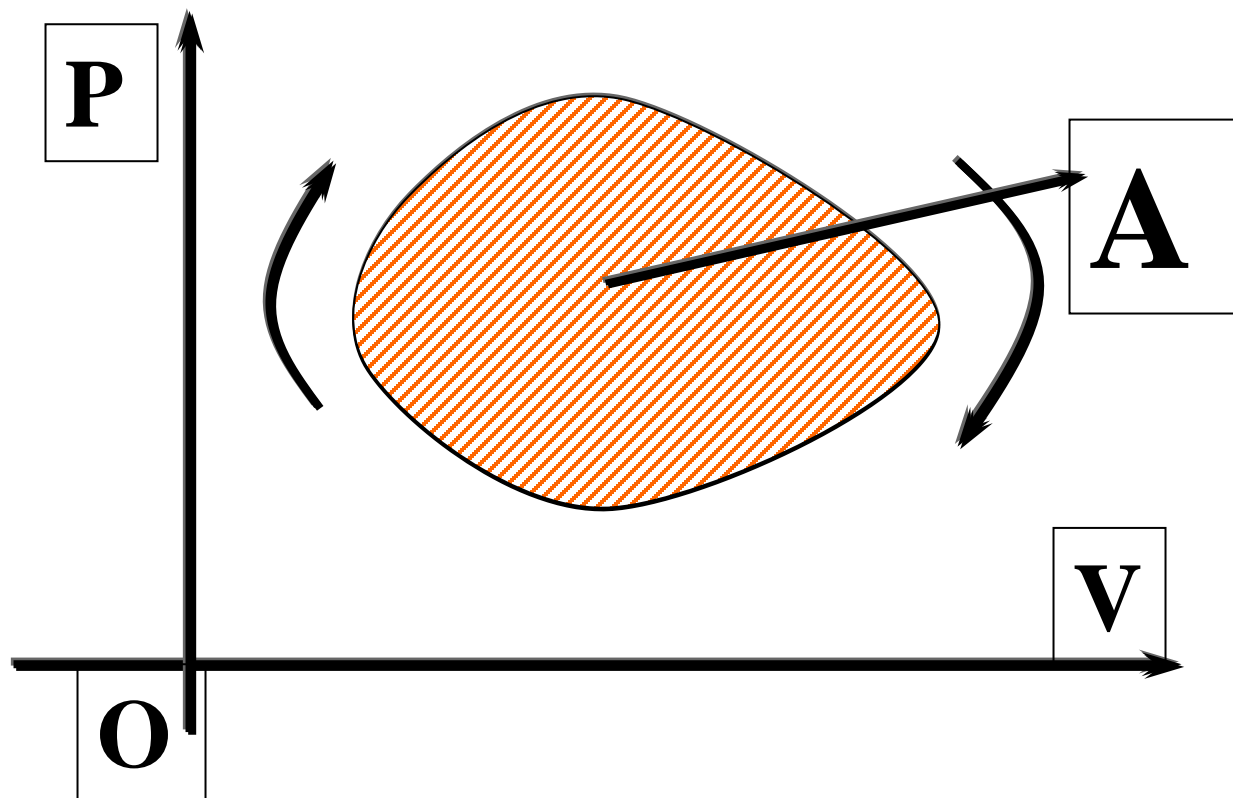
## 绝热线与等温线的比较

$\Delta P$ 不同





# 热机效率



特点:

$$\Delta E = 0$$

# 热机效率

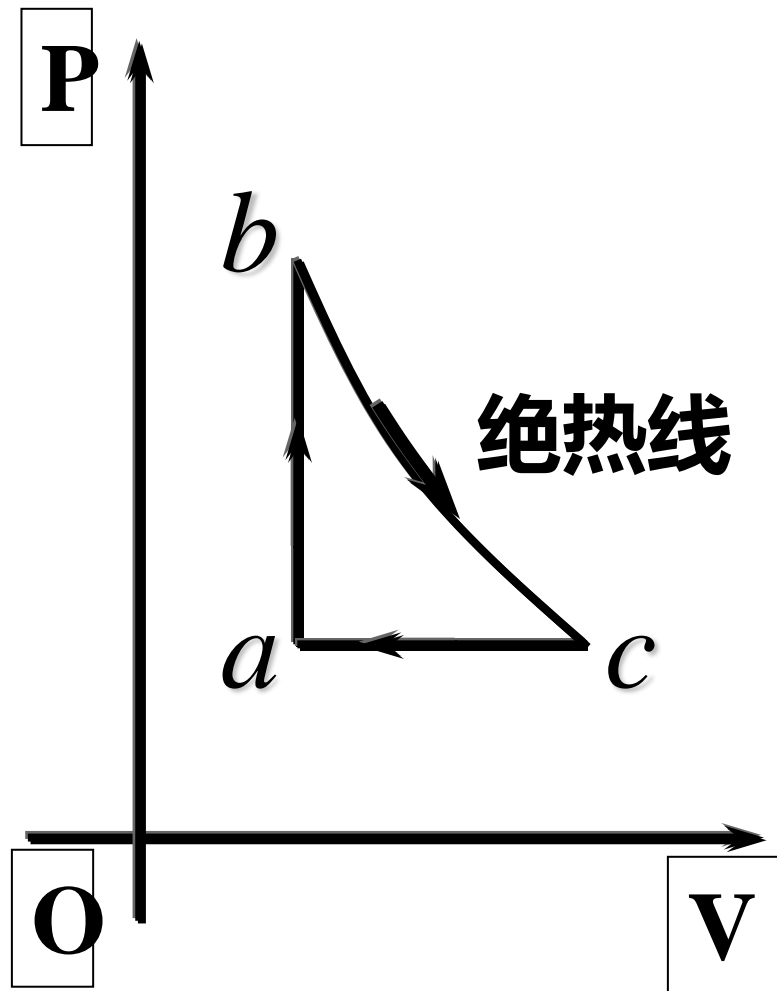
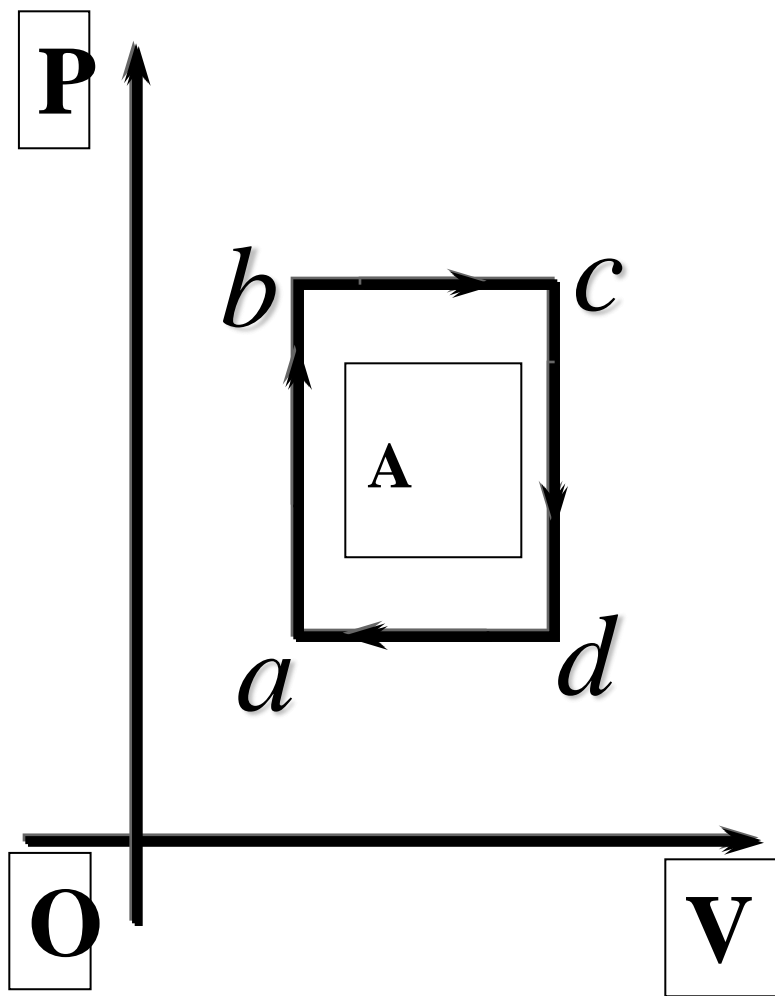
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \left(1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}\right) \times 100\%$$

**A：** 表示整个循环过程中系统对外作的净功

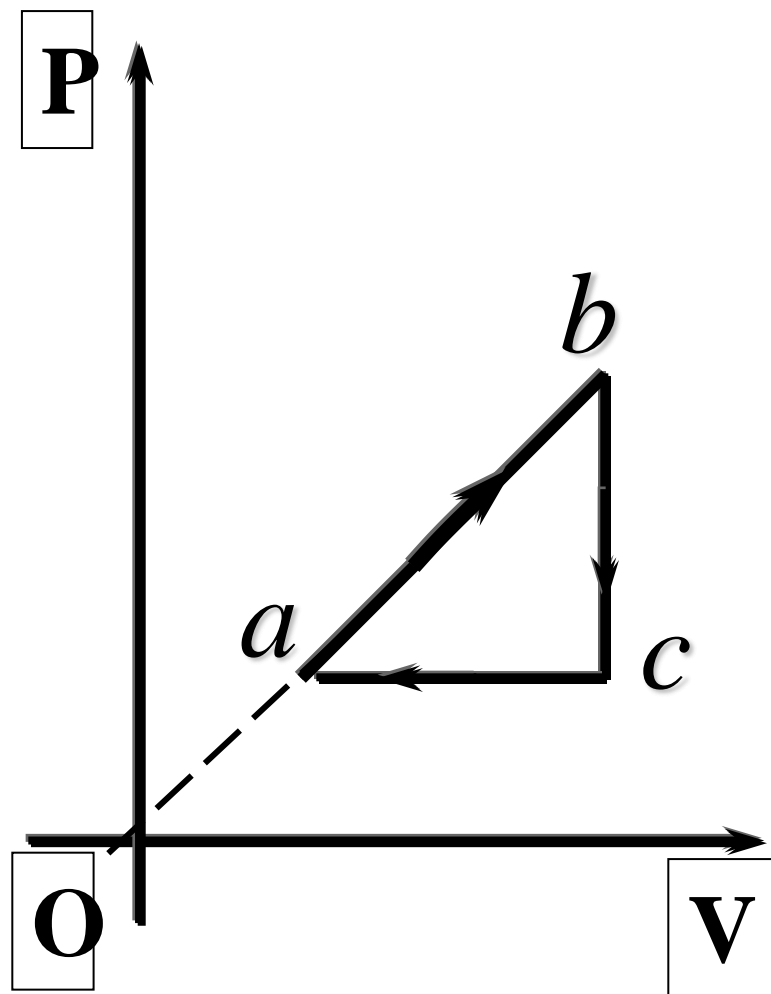
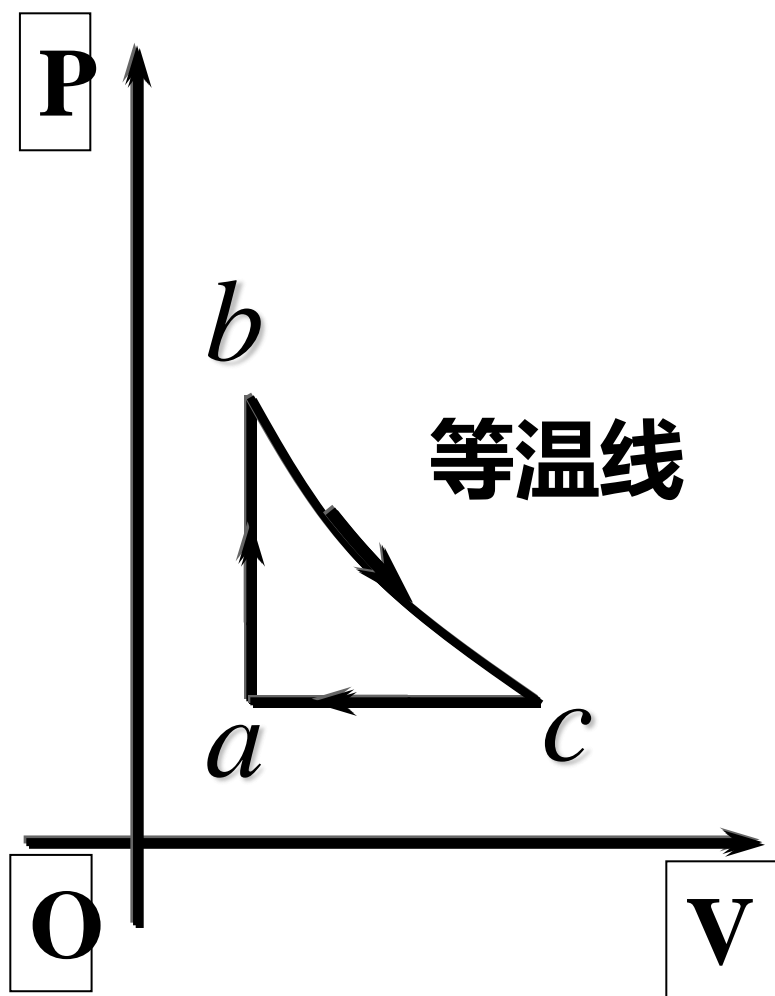
**$Q_1$ ：** 表示整个循环过程中吸收热量

**$Q_2$ ：** 表示整个循环过程中放出热量

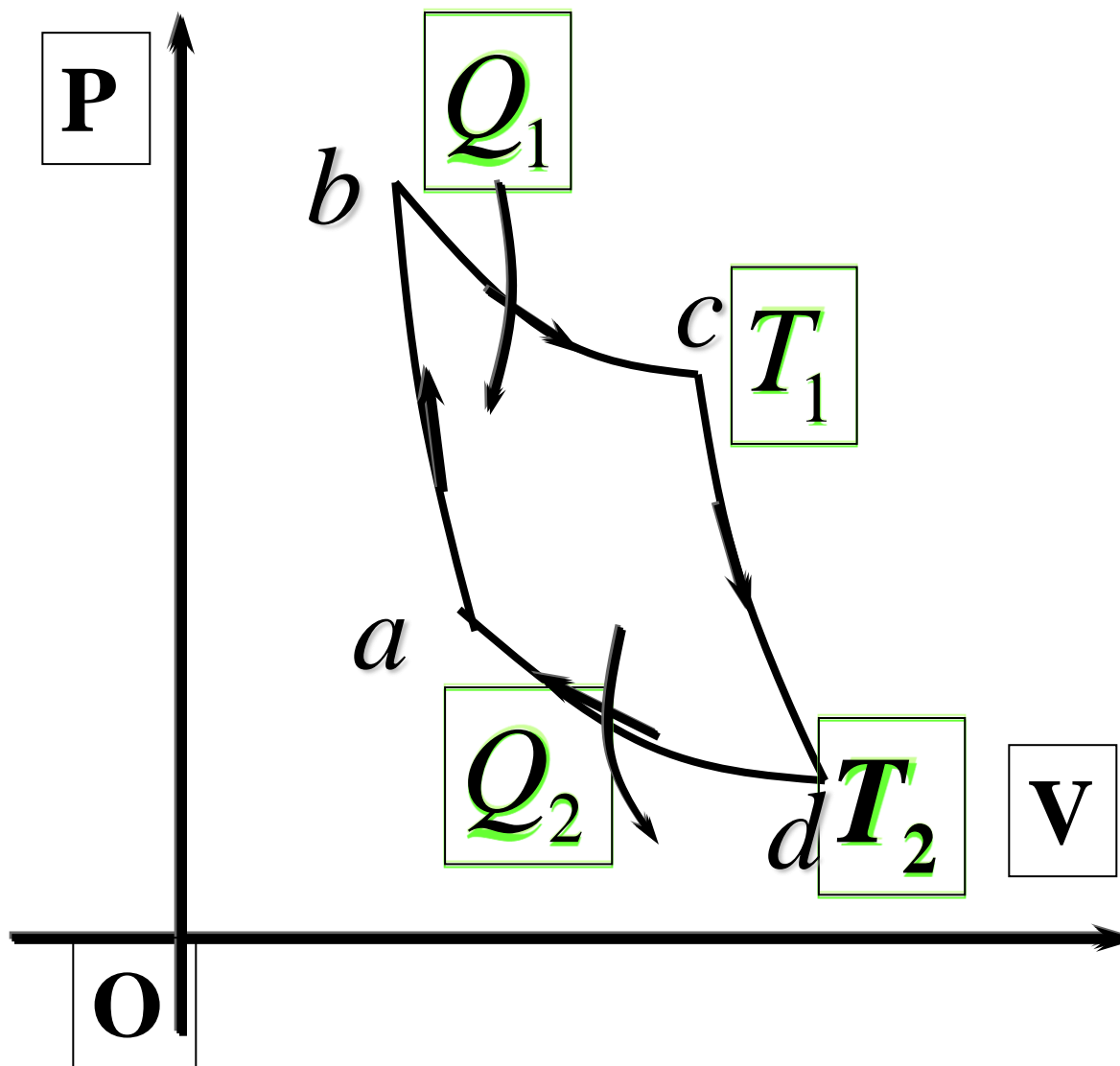
# 典型的循环过程图



# 典型的循环过程图



# 理想的卡诺热机循环



热机的极限效率

热机效率

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta < 1$$

# 热力学第二定律

两种表述

相关知识

热力学第二定律定量描述

# 热力学第二定律的两种表述

## 开尔文表述：

不可能制造一种循环动作的热机，只从一个热源吸收热量，使之完全变为有用功，而其他物体不发生任何变化。

或者说，功变热过程是不可逆的。

或者说，第二类永动机是不可能造成的。

# 热力学第二定律的两种表述

## 克劳修斯表述：

热量不能自动地从低温物体传向高温物体。

或者说，热传导过程是不可逆的。



# 相关知识

## 可逆过程与不可逆过程：

可逆过程：理想的准静态过程

不可逆过程：自然的实际过程

## 热力学第二定律的实质：

一切与热现象有关的宏观  
实际过程都是不可逆的

# 相关知识

## 卡诺定理：

1. 在相同的高温热源与相同的低温热源之间工作的一切可逆机，无论用什么工作物质，效率相等，都等于

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

2. 在相同的高温热源与相同的低温热源之间工作的一切不可逆机的效率小于一切可逆机效率，即：

$$\eta \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

# 熵的原理 - 无序度

## 熵增加原理：

在绝热过程中，系统的熵永不减少；  
对于可逆绝热过程，系统的熵不变。

$$dS \geq 0$$