

## 6. 热力学基础

班级 \_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_

### 一、选择题

$$Q = \Delta E + W$$

1. 对于一定量的理想气体，下列过程中可能实现的是：

$\Delta E$ 为0,  $Q$ 为0,  $W$ 只能是0, 不做功。

$Q$ 为0,  $W$ 为0,  $E$ 只能为0, 温度不变。

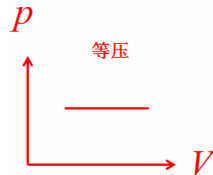
(A) 恒温下绝热膨胀做功；

(B) 绝热过程中体积不变而温度上升；

(C) 恒压下温度不变；

见右图，恒压过程 $T$ 随 $V$ 变化

(D) 吸热而温度不变 例如：等温过程



2. 一定量的理想气体，如果内能的增量  $dE = \frac{M}{\mu} C_V dT$ ，那么它的适用条件是：

(A) 必须温度升高；

(B) 应该是双原子分子气体；

(C) 任何热力学过程；

(D) 必须是等体过程。



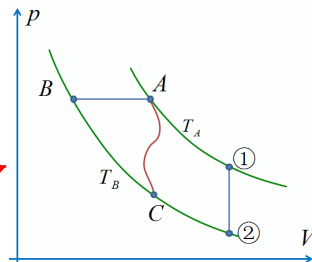
适应于理想气体的一切过程

$$\Delta E_{AB} = \Delta E_{①②} = \Delta E_{AC}$$

总质量

摩尔质量

根据公式中字母的位置判断字母所代表的物理量。



3. 如图所示，一定量理想气体从体积  $V_1$  膨胀到体积  $V_2$  分别经历的过程是：A→B 等压过程；A→C 等

温过程；A→D 绝热过程，其中吸热最多的过程：  $Q = \Delta E + W$

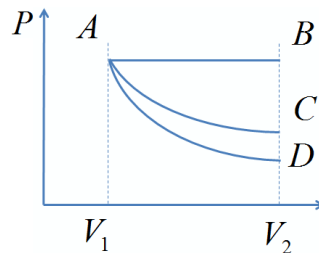
(A) 是 A→B

(B) 是 A→C

由图中D、B、C位置可判断： $T_B > T_C > T_D$  可知  $E$  变化过程线下的面积代表做功，可知 $W$

(C) 是 A→D

(D) 既是 A→B 也是 A→C，两过程吸热一样多。



4. 用下列两种方法：(1) 使高温热源的温度  $T_1$  升高  $\Delta T$ ；(2) 使低温热源的温度  $T_2$  降低同样的  $\Delta T$  值。

代入特殊值容易算 例如： $T_1=500$ ， $T_2=300$ ， $\Delta T=20$

分别可使卡诺循环的效率升高  $\Delta\eta_1$  和  $\Delta\eta_2$ ，两者相比：

(A)  $\Delta\eta_1 > \Delta\eta_2$ ；

(B)  $\Delta\eta_2 > \Delta\eta_1$ ；

(C)  $\Delta\eta_1 = \Delta\eta_2$ ；

(D) 无法确定哪个大。

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \begin{cases} \eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + \Delta T} \\ \eta_2 = 1 - \frac{T_2 - \Delta T}{T_1} \end{cases}$$

5. 一绝热容器被隔板分为两半，一半是真空，另一半理想气体，若把隔板抽出，气体将进行自由膨胀，

达到平衡后：

$$Q = \Delta E + W$$

自由膨胀不做功， $W=0$ ；绝热说明 $Q=0$ ；所以  $E=0$ , 温度不变。

(A) 温度不变，熵增加；

(B) 温度升高，熵增加；

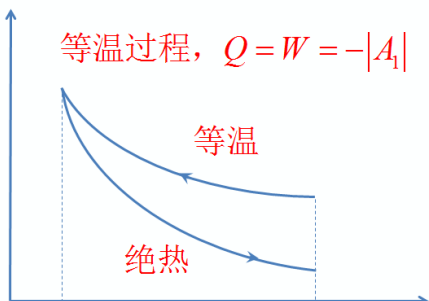
(C) 温度降低，熵增加；

(D) 温度不变，熵不变。

( )

### 二、1

等温过程， $Q = W = -|A_1|$



## 二、填空题

等温过程内能不变，绝热过程做功 $|A_2|$ ，所以内能增加  $-|A_2|$

1. 某理想气体等温压缩到给定体积时对外界气体作功  $|A_1|$ ，又经绝热膨胀返回原来体积时气体对外作功  $|A_2|$ ，则整个过程中气体(1)从外界吸收的热量  $Q = -|A_1|$ ；(2)内能增加了  $\Delta E = -|A_2|$ 。

2. 3mol 的理想气体开始时处在压强  $p_1=6\text{atm}$ 、温度  $T_1=500\text{K}$  的平衡态，经过一个等温过程，压强变为  $p_2=3\text{atm}$ ，该气体在等温过程中吸收的热量为  $Q = 8.64 \times 10^3$  J。等温过程： $Q = W = \nu RT \ln \frac{p_1}{p_2}$

3. 单原子理想气体在等压下膨胀所作的功为  $W$ ，则传递给气体的热量是 详解在后面。

4. 对下列过程中各物理量用符号“+，- 或 0”填入表中：

物理量 过程	$\Delta V$	$\Delta P$	$\Delta T$	$\Delta E$	$W$	$Q$
等容升温	0	+	+	+	0	+
等压膨胀	+	0	+	+	+	+
等温压缩	-	+	0	0	-	-
绝热膨胀	+	-	-	-	+	0

5. 在一个孤立系统内，一切实际过程都向着状态概率 增大 的方向进行，这就是热力学第二定律的统计意义，从宏观上说，一切与热现象有关的实际的过程都是 不 可逆的。

## 二、3. 详解

$$\left. \begin{array}{l} p(V_2 - V_1) = W \\ pV = \nu RT \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \nu R(T_2 - T_1) = \nu R\Delta T = W \\ \Delta E = \nu C_{v,m}\Delta T = \nu \frac{3}{2} R\Delta T \end{array} \right\} \Delta E = \frac{3}{2} W$$

$$\therefore Q = \frac{3}{2} W + W = \frac{5}{2} W$$

## 6. 热力学基础参考答案

一、选择题：1、D； 2、C； 3、A； 4、B； 5、A

二、填空题：1、 $-|A_1|, -|A_2|$ ； 2、 $8.64 \times 10^3 \text{ J}$ ； 3、 $5 \text{ W} / 2$ ；

4、

	$\Delta V$	$\Delta P$	$\Delta T$	$\Delta E$	$A$	$Q$
等容升温	0	+	+	+	0	+
等压膨胀	+	0	+	+	+	+
等温压缩	-	+	0	0	-	-
绝热膨胀	+	-	-	-	+	0

5、增大，不

三、计算题：

1、解：(1)  $p \sim V$  图如右图：

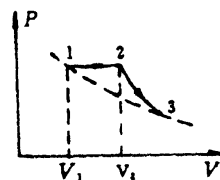
(2)  $T_1 = 273 + 27 = 300 \text{ K}$  由： $V_1/T_1 = V_2/T_2$

得： $T_2 = V_2 T_1 / V_1 = 600 \text{ K}$ ；

所以： $Q = \nu C_{p,m}(T_2 - T_1) = 1.25 \times 10^4 \text{ J}$

(3)  $\Delta E = 0$ ；( $C_{p,m} = 5R/2$ )

(4) 由： $Q = \Delta E + W$  得： $W = Q = 1.25 \times 10^4 \text{ J}$



注： $\nu$  表示物质的量  $\nu = \frac{m'}{M} = \frac{\text{总质量}}{\text{摩尔质量}}$ ，不同课本符号不一致，这里用汉字说明一下。

2、解：在等压过程中： $V_1 = V_0 T_1 / T_0$

又： $\frac{m'}{M} = \frac{p_0 V_0}{RT_0}$ ； $C_v = \frac{5}{2} R$

得： $W_1 = p_0(V_1 - V_2) = 200 \text{ (J)}$ ， $W_2 = \frac{5}{2} \frac{p_0 V_0}{T_0} (T_1 - T_2) = 500 \text{ (J)}$

系统在整个过程中作的功为： $W = W_1 + W_2 = 700 \text{ J}$

3、解：(1) 气体对外作的功： $W = (p_c + p_a)(V_c - V_a) / 2 = 405.2 \text{ (J)}$

(2) 由图中可以看出： $p_a V_a = p_c V_c$ ，所以  $T_a = T_c$ ， $\Delta E = 0$

(3) 由热力学第一定律： $Q = \Delta E + W = 405.2 \text{ J}$

4、解：(1)  $\because \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

$$\therefore \text{在第一个循环中 } Q_1 = \frac{W}{1 - \frac{T_2}{T_1}} = 3.2 \times 10^4 (J)$$

$$\text{又 } \because \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad \therefore Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1} = 2.4 \times 10^4 (J)$$

在第二个循环中  $Q_1' = W' + Q_2 = 1.0 \times 10^4 + 2.4 \times 10^4 = 3.4 \times 10^4 (J)$

注意：此处低温热源  $T_2$  没变， $Q_2$  也没变。

$$\therefore \eta = \frac{W'}{Q_1'} = \frac{1.0 \times 10^4}{3.4 \times 10^4} = 29.4\%$$

$$(2) \because \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1'} = 29.4\% \quad \therefore T_1' = 425 (K)$$

5、解：(1) 过程  $ab$  和  $bc$  为吸热过程，所吸热量为：

$$Q_1 = C_{v,m}(T_b - T_a) + C_{p,m}(T_c - T_b) = 3(P_b V_b - P_a V_a)/2 + 5(P_c V_c - P_b V_b) / 2 = 800 J$$

(2) 循环过程对外所作的功为图中矩形面积：

$$W = P_b(V_c - V_b) - P_d(V_d - V_a) = 100 J$$

(3)  $T_a = P_a V_a / R$ ;  $T_b = P_b V_b / R$ ;  $T_c = P_c V_c / R$ ;  $T_d = P_d V_d / R$ ;

$$T_a T_c = P_a V_a P_c V_c / R = 12 \times 10^4 / R^2 \quad ; \quad T_d T_b = P_d V_d P_b V_b / R = 12 \times 10^4 / R^2$$

$$\therefore T_a T_c = T_b T_d$$