

(1) 研究化学的过程及其化学变化的物理过程中的能量转换关系  
系热力学过程中普遍存在的规律。

2.1.1 热力学研究的基本内容 (1) 研究对象是大量的物质的结合体。研究宏观性质、所处结论  
方程、方法等。

(2) 只考虑宏观后的结果，不考虑微粒的微观状态。

2.1.2 热力学的方法和局限性 (3) 热力学能定量地表达宏观的性质，但不能说明微观的机理。

局限性：不能描述微观的机理、速率和微观性质，只讲可能性、不确定性和随机性。

(1) 温度具有绝对性，两个系统的温度只能通过不同的方法比较。

(2) 温度表示的是系统、物体的宏观性质，但没有直接的物理意义。

2.2.1 温度的概念 比较两个系统的温度时必须找一个中间的温度来平衡，以这两个系统的温度和外环境的温度建立一个平衡的热力学温标。

2.2.2 热力学第一定律 定律：在热力学研究中先确定对称，一部分物质与其余部分分离，形成一个以实验的、也是理想的、这种纯粹的研究对象为对象的体系，称为热力学系统。

2.3 热力学的一些基本概念 环境：与体系密切相关、互相作用影响所能及的部分称为环境。

敞开系统：既与环境交换、又能分离。

封闭系统：无与环境交换、又能分离。

广义性质（质量性质）：数值与体系的量成正比，具有加和性，如体积、质量、熵、热力学能等。

强弱性质：数值不与体系自身的性质，与体系的量无关，不具有加和性，如温度、压力、密度、摩尔浓度等。

2.3.4 热力学平衡态 热平衡：体系各部分温度相等。

力学平衡：体系各部分的静止平衡，边界不能移动，如果有微小存在，盖双方压强不等，但也保持力学平衡。

化学平衡：反应系统中各组分的量不再随时间而变化。

相平衡：多组分共存，各自的组成或浓度不再随时间而变化。

状态函数：体系的一组性质，其值仅取决于体系所处的状态，而与体系的史无关，即它的变化仅取决于体系的状态和性质，而与变化的过程无关。

2.3.5 状态函数 性质：对称性、可逆性、单值性、确定性、函数性质。

2.3.6 状态方程 理想气体状态方程： $pV=nRT$

过程：在一给定条件下，系统发生了一个从始态到终态的变化，称为系统发生了一个热力学过程。

途径：从始态到终态的可能步骤或途径。

(1) 等温过程  $T_1=T_2=T_3$

(2) 等压过程  $p_1=p_2=p_3$

(3) 恒温过程  $p_1=p_2=p_3$

(4) 等容过程  $V_1=V_2=V_3$

(5) 绝热过程  $\int dU=0$

(6) 等温过程  $dV=0$

热：J (集耳) 热力学系统与环境的相互作用  $Q < 0$  热力学系统与环境的相互作用  $Q > 0$

功：J (集耳) 热力学功与热力学机器的功用  $W < 0$  热力学功与热力学机器的功用  $W > 0$

2.3.8 热和功 在一个热容器中有三个有热量、温度不同的分子，它们的大小、形状、质量都不相同，如果它们的大小、形状、质量都相同，则它们的热力学能也相同。

(1) 热力学能  $Q = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kT$

(2) 热力学能  $H = Q + U = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kT + \frac{1}{2}mc^2$

(3) 以容积内所有分子为系统  $Q = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}kT + \frac{1}{2}mc^2$

(4) 以单位体积内所有分子为系统  $Q = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}kT + \frac{1}{2}mc^2$

2.4.1 能量守恒定律 物质都有能量

基本内容：任何形式的能量，当它由一种形式转化为另一种形式时，总能量不变。

热力学能：热力学能是物质的固有属性，是物质的宏观性质。

分子运动论：分子内部动能、振动能、电子能、核能

分子间相互作用能：分子间吸引能、排斥能

状态函数：广义性质（摩尔热力学能为强度性质）

公式： $U = Q + W = Q + (We + W)$  第一动量是不可转移的

体现能量守恒与转化规律

基本内容： $U_i = Q_i + W_i$   $W_i$  的正负号

$Q_i = 0$  热力学能

$W_i = 0$  对外做功

$ΔU_i = 0$  热力学能

$ΔU_i = 0$  热力学能

2.4.2 热力学第一定律 分子运动论

热力学能  $U$  (单位：J) 由于热力学第一定律应用的系统，整体运动、转动、声、热力学能

分子运动论：分子内部动能、振动能、电子能、核能

分子间相互作用能：分子间吸引能、排斥能

状态函数：广义性质（摩尔热力学能为强度性质）

公式： $U = \frac{U}{n}$   $U_m = \frac{U}{m}$   $U_m$  单位： $J \cdot mol^{-1}$

2.5 准静态过程与可逆过程  $δW_p = -F_d dU = -p_d dV$  (膨胀功)

数学表达： $B' = B'' = B''' = \dots$  (总功)

积分过程  $We = -\int (p - p')dV = 0$  ( $IV = 0$ )

边的过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

可逆过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

功与过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

准静态过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

可逆过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

理学过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

准静态过程  $We = -\int (p - p')dV = -\int (p - p')dV = -\Delta V(p - p')$

特点：可能有摩擦、电阻、非弹性形变等耗散在

可逆过程：任何的任一个过程都可以从正、逆两个方面进行

体系的热力学性质：零时可逆过程中，体系对外做最大功，环境对体系做最小功

过程参数：体系的热力学性质

过程示例：电池的电动势几乎等于充电电能

系统与环境在压力几乎相同时才能做功

2.6 热力学第一定律  $δU = δH - δW$   $δH = δU + δW$   $δU = δH - δW$  (膨胀功)

等容过程  $δU = C_V dT$   $δH = C_H dT$   $δW = -PdV$   $δU = C_V dT$   $δH = C_H dT$   $δW = -PdV$

等压过程  $δU = \frac{1}{2}nR(T_2 - T_1)$   $δH = nRT_2 - nRT_1$   $δW = -P(V_2 - V_1)$   $δU = \frac{1}{2}nR(T_2 - T_1)$   $δH = nRT_2 - nRT_1$   $δW = -P(V_2 - V_1)$

等温过程  $δU = 0$   $δH = nRT_2 - nRT_1$   $δW = -P(V_2 - V_1)$   $δU = 0$   $δH = nRT_2 - nRT_1$   $δW = -P(V_2 - V_1)$

2.7 热与热容  $δU = C_V dT$   $δH = C_H dT$   $δW = -PdV$

等容热容  $C_V = \frac{1}{2}nR$   $C_V = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}C_n$   $C_V = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}C_n$

等压热容  $C_p = \frac{1}{2}nR + \frac{1}{2}P$   $C_p = \frac{1}{2}C_V + \frac{1}{2}P$   $C_p = \frac{1}{2}C_V + \frac{1}{2}P$

等温热容  $C_n = \frac{1}{2}nR$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$

等温热容  $C_n = \frac{1}{2}nR$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$

2.8 热力学第一定律对理想气体的应用  $ΔU = C_V dT$   $ΔH = C_H dT$   $ΔW = -PdV$

理想气体的CP与CV  $C_p = \frac{1}{2}nR + \frac{1}{2}P$   $C_V = \frac{1}{2}nR$   $C_p = \frac{1}{2}C_V + \frac{1}{2}P$

等温热容  $C_n = \frac{1}{2}nR$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$

等温热容  $C_n = \frac{1}{2}nR$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$   $C_n = \frac{1}{2}C_p - \frac{1}{2}P$

2.9 卡诺循环  $ΔU = C_V dT$   $ΔH = C_H dT$   $ΔW = -PdV$

卡诺循环的具体过程  $ΔU = C_V dT$   $ΔH = C_H dT$   $ΔW = -PdV$

卡诺循环的热效率  $η = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$   $η = \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1}}$   $η = \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1}}}$

卡诺循环的热效率  $η = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$   $η = \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1}}$   $η = \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1}}}$

卡诺循环的热效率  $η = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$   $η = \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1}}$   $η = \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1}}}$

2.10 热力学第一定律对实际气体的应用  $ΔU = C_V dT$   $ΔH = C_H dT$   $ΔW = -PdV$

焦-汤系数  $γ = \frac{C_p}{C_V}$   $γ = \frac{C_p}{C_V}$   $γ = \frac{C_p}{C_V}$

决定  $P_{\text{外}} \cdot T$  值的因素  $P_{\text{外}} = \frac{1}{2}nR \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$   $P_{\text{外}} = \frac{1}{2}nR \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$   $P_{\text{外}} = \frac{1}{2}nR \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$

气体内能  $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}nR(T_1 - T_2)$   $E = \frac{1}{2}$