

热力学

问答题、思考题、作图题复习

- 热力学基本概念：平衡 准静态 可逆
- 热一律：开口、闭口系统能量方程
- 理想气体热力性质：定容、定压比热、 u 、 h 、 s
- 热二定律：不同表达形式，熵流、熵产，做功能力损失
- 理想气体热力过程：四种过程，多变过程

第 1 章 基本概念

题 1-1

- 平衡状态与稳定状态有何区别和联系，平衡状态与均匀状态有何区别和联系？

答：

(1) “平衡状态”与“稳定状态”的概念均指系统的状态不随时间而变化，这是它们的共同点；但平衡状态要求的是在**没有外界作用**下保持不变；而稳定状态对于是否有外界作用没有限定。**平衡必定稳定，稳定不一定平衡。**

(2) “均匀状态”指的是系统在**空间**上热力参数一致，而平衡状态指的是系统的状态在没有外界作用下，不随时间而变化。**均匀不是热力学平衡的必然结果，非平衡一定非均匀，但平衡不一定均匀。**

题 1-2

- 倘使容器中气体的压力没有改变，试问安装在该容器上的压力表的读数会改变吗？在绝对压力计算公式

$$P = P_b + P_e \quad (P > P_b); \quad P = P_b - P_v \quad (P < P_b)$$

中，当地大气压是否必定是不变的环境大气压？

答：

(1) 可能会的。因为压力表上的读数为表压力，是工质真实压力与环境介质压力之差。环境介质压力，譬如大气压力，是地面以上空气柱的重量所造成的，它随着各地的纬度、高度和气候条件不同而有所变化，因此，即使工质的绝对压力不变，表压力和真空度仍有可能变化。

(2) “当地大气压”并非就是环境大气压。准确地说，计算式中的 P_b 应是“当地环境介质”的压力，而不是被视为不变的“环境大气压力”。

题 1-3

- 经历一个不可逆过程后，系统能否恢复原来状态？包括系统和外界的系统能否恢复原来状态？

答：

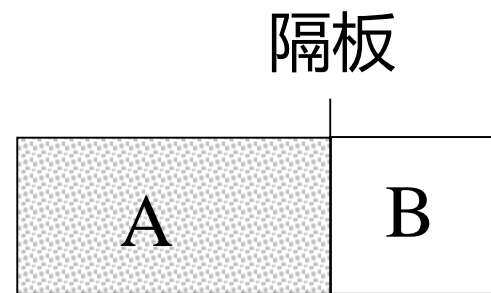
(1) 所谓过程不可逆，是指一并完成该过程的逆过程后，系统和它的外界不可能同时恢复到他们的原来状态，并非简单地指系统不可能回复到原态。

(2) 同理，系统经历正、逆过程后恢复到了原态也并不意味着过程是可逆的；过程是否可逆，还得看与之发生过相互作用的所有外界是否也全都回复到了原来的状态（没有遗留下任何变化）。原则上说来经历一个不可逆过程后系统是可能恢复到原来状态的，只是包括系统和外界在内的整个系统则一定不能恢复原来状态。

第 2、3 章 热力学第一定律

题 2-1

- 刚性绝热容器中间用隔板分为两部分，A中存有高压空气，B中保持真空，如图所示。若将隔板抽去，分析容器中空气的热力学能如何变化？若隔板上有一小孔，气体泄漏入B中，分析A、B两部分压力相同时A、B两部分气体的比热力学能如何变化？



自由膨胀

答:

(1) 定义容器内的气体为系统，这是一个控制质量。由于气体向真空作无阻自由膨胀，不对外界做功，过程功；容器又是绝热的，过程的热量为零。因此，根据热力学第一定律，容器中气体的总热力学能不变，膨胀后当气体重新回复到热力学平衡状态时，其比热力学能亦与原来一样，没有变化；若为理想气体，则其温度不变。

答:

(2) 当隔板上有一小孔, 气体从A泄漏入B中, 若隔板为良好导热体, A、B两部分气体时刻应有相同的温度, 当A、B两部分气体压力相同时, A、B两部分气体处于热力学平衡状态, 情况像上述作自由膨胀时一样, 两部分气体将有相同的比热力学能, 按其容积比分配气体的总热力学能;

若隔板为绝热体, 则过程为A对B的充气过程, 由于A部分气体需对进入B的那一部分气体作推动功, 充气的结果其比热力学能将比原来减少, B部分气体的比热力学能则会比原来升高, 最终两部分气体的压力会达到平衡, 但A部分气体的温度将比B部分的低。

题 2-2

- 热力学第一定律的能量方程式是否可写成

$$q = \Delta u + Pv$$

$$q_2 - q_1 = (u_2 - u_1) + (w_2 - w_1)$$

的形式，为什么？

答：

(1)热力学第一定律的基本表达式是：

过程热量 = 工质的热力学能变化 + 过程功

第一个公式中的 Pv 并非过程功的正确表达，因此该式是不成立；

(2)热量和过程功都是过程量，并非状态的函数，对应于状态1和2并不存在什么 q_1 、 q_2 和 w_1 、 w_2 ；对于过程1-2并不存在过程热量和过程功的差值，因此第二个公式也是不成立的。

题 2-3

- 热力学第一定律解析式有时写成下列两种形式：

$$q = \Delta u + w \quad q = \Delta u + \int_1^2 P dv$$

分别讨论上述两式的适用范围。

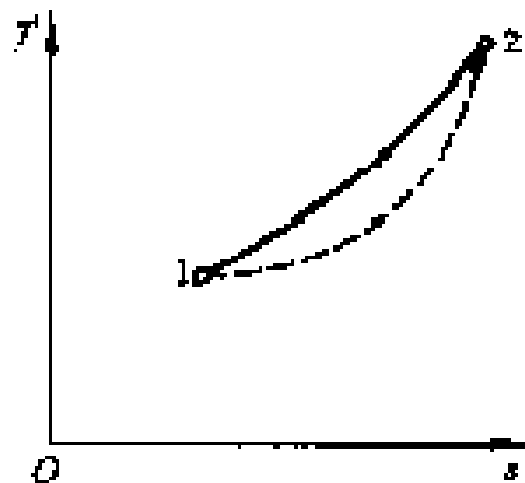
答：

第一个公式为热力学第一定律的最普遍表达，原则上适用于不作宏观运动的一切系统的所有过程；第二个表达式中由于将过程功表达成 $\int_1^2 P dv$ ，这只是对简单可压缩物质的可逆过程才正确，因此该公式仅适用于简单可压缩物质的可逆过程。

第4章 理想气体的热力性质

题 4-1

- 在图所示 $T-s$ 图上任意可逆过程 1-2 的热量如何表示？理想气体在 1 和 2 状态间的热力学能变化量、焓变化量如何表示？若 1-2 经过的是不可逆过程又如何？

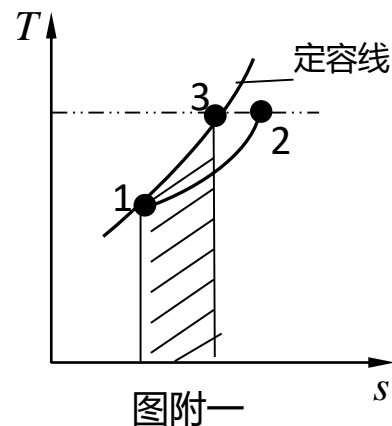


答：

(1) 对于可逆过程1-2，过程热量可用过程曲线与横轴 s 之间所夹的面积来表示；

(2) 由于理想气体的热力学能是温度的单值函数，温度相同时其热力学能相同，图附一中点3与点2温度相同，因此其热力学能相同。又因可逆定容过程的热量等于热力学能增量，因此图中所示定容线1-3下面带阴影线部分的面积代表理想气体过程12的热力学能变化。

作图方法：① 过点1作定容过程线；② 过点2作定温线与定容线交于点3。定容过程13的过程线与横轴 s 间所夹的面积即为过程12的热力学能变化。

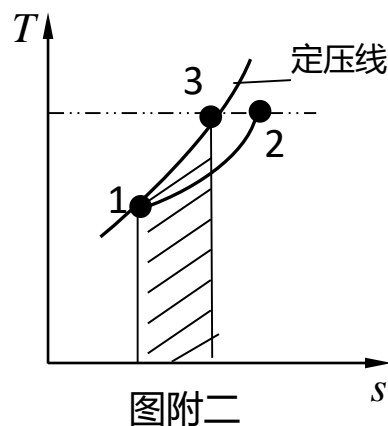


注：由于膨胀或压缩在题干中没有说明，因此示意就行

答：

(3) 由于理想气体的焓是温度的单值函数，温度相同时其焓相同，图附二中点3与点2温度相同，因此其焓相同。又因可逆定压过程的热量等于焓增量，因此图中所示定压线1-3下面带阴影线部分的面积代表理想气体过程12的焓变化。

作图方法：过点1作定压过程线；过点2作定温线与定压线交于点3。定压过程13的过程线与横轴 s 间所夹的面积即为过程12的焓变化。



注：由于膨胀或压缩在题干中没有说明，因此示意就行

答：

(4) 若1-2过程为不可逆过程，则其热量不能以过程曲线下面的面积来表示，原则上在 $T-s$ 图上表示不出来。不过由于热力学能和焓为状态参数，1、2之间的热力学能和焓的变化量不因过程1-2的性质而改变，因此热力学能和焓的变化表示方法仍如前述。

题 4-2

- 理想气体熵变计算式是由可逆过程导出的，这些计算式是否可用于不可逆过程初、终态的熵变计算？为什么？

答：可以。熵是状态参数，只要初、终状态相同，不论经历何种过程工质的熵变应相同，因此以上计算式对理想气体的任何过程都适用。

第5、6章 热力学第二定律和熵

题 5-1

- 热力学第二定律能否表达为：“机械能可以全部变为热能，而热能不可能全部变为机械能。”这种说法有什么不妥当？

答：热力学第二定律的正确表述应是：热不可能全部变为功而不产生其它影响。所给说法中略去了“其它影响”的条件，因而是妥当、不正确的。

题 5-2

- 自发过程是不可逆过程，非自发过程必为可逆过程，这一说法是否正确？

答：此说法不正确。自发过程具有方向性，因而必定是不可逆的；非自发过程是在一定补充条件下发生和进行的过程，虽然从理论上说来也许可以做到可逆，但事实上实际过程都不可逆，因为不可逆因素总是避免不了的。

题 5-3

- 下述说法是否有错误：
- (1) 熵增大的过程必为不可逆过程； 错
- (2) 使系统熵增大的过程必为不可逆过程； 错
- (3) 熵产 $S_g > 0$ 的过程必为不可逆过程； 对
- (4) 不可逆过程的熵变 ΔS 无法计算； 错
- (5) 如果从同一初始态到同一终态有两条途径，一为可逆，另一为不可逆，则

$$\Delta S_{\text{不可逆}} > \Delta S_{\text{可逆}} \quad S_{f, \text{不可逆}} > S_{f, \text{可逆}} \quad S_{g, \text{不可逆}} > S_{g, \text{可逆}} ;$$

错 错 对

- (6) 不可逆绝热膨胀的终态熵大于初态熵， $S_2 > S_1$ ； 对
 - (7) 不可逆绝热压缩的终态熵小于初态熵 $S_2 < S_1$ ； 错
 - (8) 工质经过不可逆循环有 $\oint \frac{\delta q}{T_r} < 0$ $\oint ds > 0$
- 对 错

第8章 理想气体的热力过程

题 8-1

- 对于理想气体的任何一种过程（定比热），下列两组公式是否都适用：

$$\begin{cases} \Delta u = c_v(t_2 - t_1) \\ \Delta h = c_p(t_2 - t_1) \end{cases} \quad \begin{cases} q = \Delta u = c_v(t_2 - t_1) \\ q = \Delta h = c_p(t_2 - t_1) \end{cases}$$

答：理想气体的热力学能和焓为温度的单值函数，只要温度变化相同，不论经历任何过程其热力学能和焓的变化都会相同，因此，所给第一组公式对理想气体的任何过程都适用；

但是，第二组公式是分别由热力学第一定律的第一和第二表达式在可逆定容和定压条件下导出，因而仅分别适用于可逆的定容或定压过程。第二组公式的前一段而言适用于一般工质的可逆定容和定压过程，但对两公式后一段所表达的关系而言则仅适用于理想气体。

题 8-2

- 在定容过程和定压过程中，气体的热量可根据过程中气体的比热容乘以温差来计算。定温过程气体的温度不变，在定温膨胀过程中是否需对气体加入热量？如果加入的话应如何计算？

答：在气体定温膨胀过程中实际上是需要加入热量的。定温过程中气体的比热容应为无限大，应而不能以比热容和温度变化的乘积来求解，最基本的求解关系应是热力学第一定律的基本表达式： $q = \Delta u + w$ 。

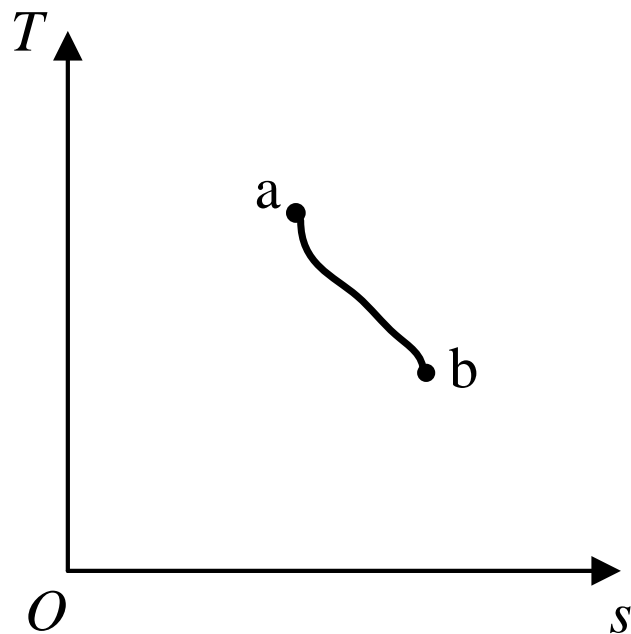
题 8-3

- 过程热量 q 和过程功都是过程量，都和过程的途径有关。由理想气体定温过程热量公式 $q = p_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$ ，可见，只要状态参数 p_1 、 v_1 和 v_2 确定了， q 的数值也确定了，是否 q 与途径无关？

答：否。所说的定温过程热量计算公式利用理想气体状态方程、气体可逆过程的过程功 $dw = p dv$ ，以及过程的定温条件获得，因此仅适用于理想气体的定温过程。式中的状态1和状态2，都是指定温路径上的状态，并非任意状态，这本身就确定无疑地说明热量是过程量，而非与过程路径无关的状态量。

题 8-4

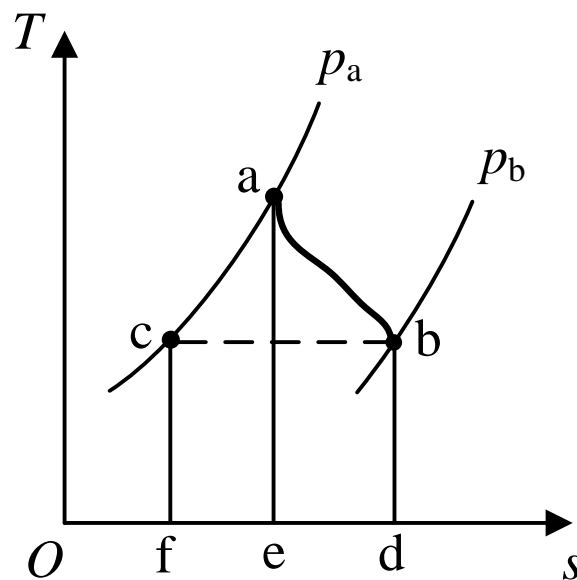
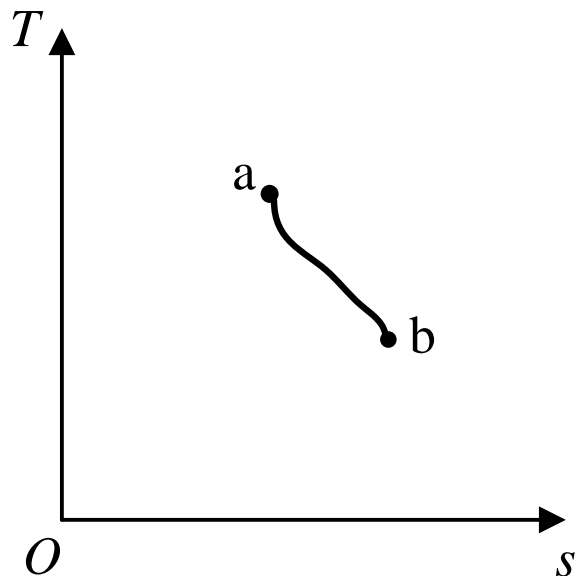
某理想气体经历可逆过程a-b，试在 T - s 图上用面积表示该理想气体在a-b过程的焓差和技术功的大小



$h_b - h_a$ 的大小?

$w_{t, a-b}$ 的大小?

题 8-4 解答



思考，能否通过a点作等温线？

$$h_b = h_c$$

$$h_b - h_a = h_c - h_a$$

$$q_{a-c} = \Delta h_{a-c} = h_c - h_a \longrightarrow \text{面积a-c-f-e-a}$$

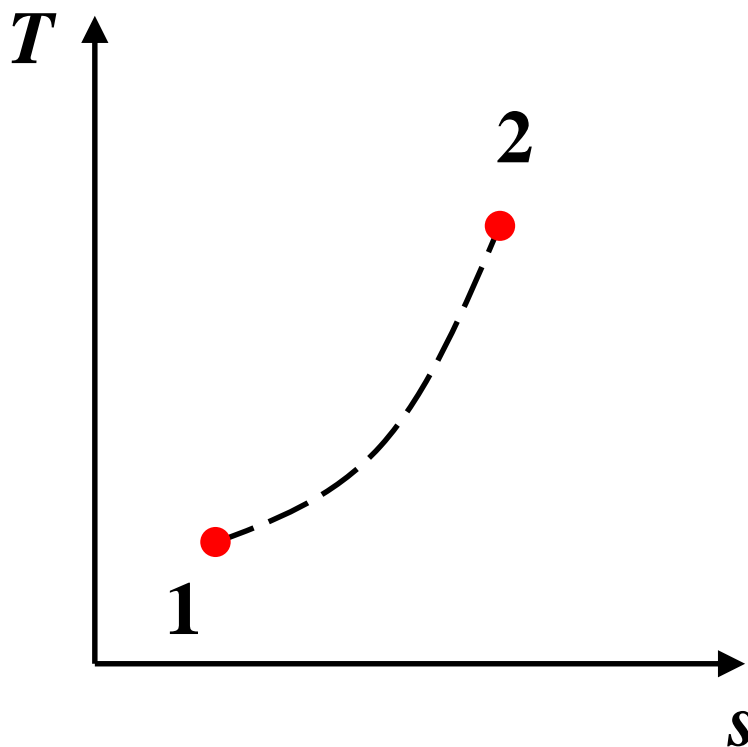
$$w_{t, a-b} = q_{a-b} - \Delta h_{a-b} = q_{a-b} + (h_a - h_b) = q_{a-b} + (h_a - h_c)$$



面积a-b-d-f-c-a

题 8-4 引申

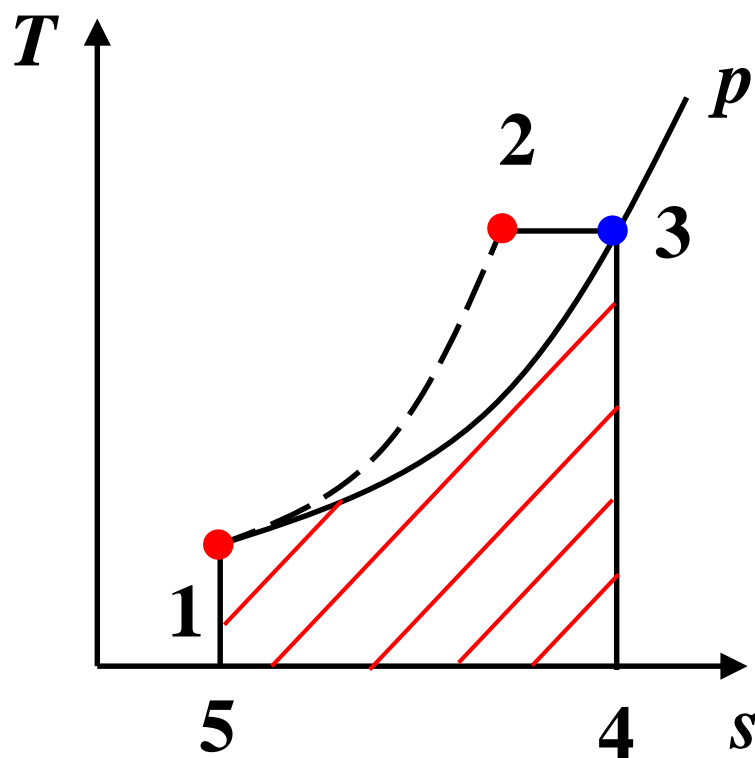
试在 T - S 图上画出不可逆绝热压缩过程1-2的技术功。



题 8-4 引申的解答1

试在 T - S 图上画出不可逆绝热压缩过程1-2的技术功。

压缩过程： $p_2 > p_1$



题 8-4 引申的解答2

试在 T - S 图上画出不可逆绝热膨胀过程1-2的技术功。

膨胀过程: $p_2 < p_1$

