

## Quiz 5

学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 序号\_\_\_\_\_ (8分)

2024年6月18日

选择题（每小题2分。请从题中所给的四个选项中选出最佳的一个选项。）

1 有关平衡态的描述，下列说法错误的是：

- A. 在给定的环境条件下，平衡态是系统的最稳定状态
- B. 不考虑不均匀外势场和边界效应，处于平衡态的系统的所有强度性质在宏观上处处相等
- C. 定义封闭系统的平衡态时不用考虑环境，仅需考虑系统即可
- D. 当一个系统达到平衡态后，只要不改变环境，将永远停留在这个特殊状态

解 C。真正的平衡态必须包括环境在内，如果只是系统内部满足平衡态条件，称这样的状态为“系统内平衡态”。

2 对于常见的几种平衡态，下列说法正确的是：

- A. 压强和体积是衡量力学平衡是否存在的标度
- B. 熵是衡量热平衡是否存在的标度
- C. 化学势是衡量化学平衡是否存在的标度
- D. 满足力学平衡的系统也满足热平衡

解 C。衡量某一种平衡是否存在的标度是该平衡对应共轭变量组中的强度性质，对应于压强衡量力学平衡，温度衡量热平衡，化学势衡量化学平衡。力学平衡和热平衡并无直接关系。

3 有关可逆过程和自发过程，相关说法错误的是：

- A. 自发过程是非平衡态到平衡态的过程，一定是不可逆的
- B. 可逆过程中的每一小步均处于准平衡态
- C. 可逆过程中的每一小步均满足系统内平衡
- D. 过程中的某一段时间内系统内部温度不处处相等，该过程一定是不可逆过程

解 A。存在可逆的自发过程，如经典的沙子和活塞案例。可逆过程中的每一小步都是准平衡态，而准平衡态要求满足系统内平衡，且系统和环境之间仅存在微小的不平衡（对任意强度性质  $B$  二者仅相差  $dB$ ）。如果过程中某一段时间系统内部温度不处处相等，那么该段时间内系统不满足系统内平衡，该过程一定是不可逆过程。

4 某封闭理想气体经历一个环路过程（不考虑发生相变或化学反应），并且没有非体积功，有热力学第一定律  $dU = dw + dq$ ，分别代表环路过程系统的内能变化，环境对系统的体积功以及环境对系统的传热。下列选项及解释最合适的是：

- A.  $\oint dS = \oint \frac{dq}{T} = 0$ ，系统的熵是状态函数，环路过程系统熵变为零。

- B.  $\oint dS_{\text{环}} = - \oint \frac{dq}{T} = - \oint \frac{dU + P dV}{T}$ , 环过程环境熵变不一定为零。
- C.  $\oint dS_{\text{环}} = - \oint \frac{dq}{T_{\text{环}}} = - \oint \frac{dU + P dV}{T_{\text{环}}}$ , 环过程环境熵变不一定为零。
- D.  $\oint dS = \oint \frac{dU + P dV}{T} = 0$ , 系统的熵是状态函数, 环过程系统熵变为零。

解 D。值得注意的是, 如果物理量没有写明环境下标, 那么该物理量代表系统的物理量。两正确而完整的写法应该是:  $\oint dS = \oint \frac{dq_{\text{rev}}}{T} = \oint \frac{dU + P dV}{T} = 0$ , 系统的熵是状态函数, 环过程系统熵变为零。  $\oint dS_{\text{环}} = - \oint \frac{dq}{T_{\text{环}}} = - \oint \frac{dU + P_{\text{环}} dV}{T_{\text{环}}} \neq 0$ , 环过程环境熵变不一定为零。

5 一个封闭系统内含理想气体初始状态为  $(n, V_1, T_1)$ , 经过某一过程后 (不考虑相变或化学反应) 到达终末状态  $(n, V_2, T_2)$ , 有关系统熵变计算公式  $\Delta S = C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$ , 下列说法正确的是:

- A. 该计算公式要求该过程可逆, 这样系统的  $dq = dq_{\text{rev}}$ , 才能由  $dS = \frac{dq_{\text{rev}}}{T} = \frac{dq}{T}$  计算熵变
- B. 该计算公式要求过程中系统压强和环境压强每时每刻仅相差一个  $dP$
- C. 该计算公式要求在过程中系统  $C_V$  不随温度变化而变化
- D. 该计算公式要求过程中系统温度和环境温度每时每刻仅相差一个  $dT$

解 C。计算系统熵变时的可逆热和真实发生的过程无关, 在该公式的推导过程中:  $\Delta S = \int_{\text{state1}}^{\text{state2}} \frac{dq_{\text{rev}}}{T} = \int_{\text{state1}}^{\text{state2}} \frac{C_V dT + P dV}{T} = C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$  中, 只有在最后一步对温度积分的过程中要求  $C_V$  不随温度变化而变化。

6 下列关于熵和热力学第二定律的公式一定正确的是

- A.  $S = \frac{dq_{\text{可逆}}}{dT}$       B.  $dS \geq \frac{dq}{T}$       C.  $dS_{\text{环}} = \frac{dq_{\text{环}}}{T_{\text{环}}}$       D.  $\frac{dq_{\text{可逆}}}{T} + \frac{dq}{T_{\text{环}}} \geq 0$

解 B 或 C。A 选项不合理, 理想气体绝热可逆膨胀是一个例子。熵由  $dS = \frac{dq_{\text{可逆}}}{T}$  定义。B 选项正确。想象始态经过一个 (任意的) 微小过程达到终态, 热为  $dq$ , 熵变为  $dS$ 。始态经过第一个微小过程达到终态后, 再经过微小可逆过程回到始态, 这个微小环路的热  $dq_{\text{环路}} = dq - T dS$ , 这一定是小于等于零的。否则如果  $dq_{\text{环路}} > 0$ , 整个环路  $dS_{\text{环路}} = 0$ ,  $dS_{\text{环, 环路}} = -\frac{dq_{\text{环路}}}{T_{\text{环}}} < 0$ , 环路的总熵变  $dS_{\text{环路}} + dS_{\text{环, 环路}}$  小于零, 就违反了热力学第二定律。C 选项正确,  $dS_{\text{环}} = \frac{dq_{\text{环, 可逆}}}{T_{\text{环}}}$ , 而环境的热总是可逆的。D 选项错误, 理想气体定容可逆升温是一个例子。  $\frac{dq_{\text{可逆}}}{T} - \frac{dq}{T_{\text{环}}} \geq 0$  是正确的。

7 理想气体不可逆定温膨胀 (压缩) 和不可逆定容升温 (降温) 都是不可逆过程, 但它们之间有异同。下列说法对两者都正确的是

- A.  $dS + dS_{\text{环}} > 0$       B.  $dS \neq \frac{dq}{T}$       C.  $dS_{\text{环}} \neq -\frac{dq}{T}$       D.  $dS_{\text{环}} \neq -\frac{dq}{T_{\text{环}}}$

解 A。A 选项是热力学第二定律, 是正确的。B 选项等价于  $dq \neq dq_{\text{可逆}}$ , 这对不可逆升温不正确。C 选项等价于  $T \neq T_{\text{环}}$ , 这对定温膨胀不正确。D 选项等价于  $dq \neq -dq_{\text{环}}$ , 这对两个过程都不正确。

8 理想气体 He 发生绝热可逆膨胀, 下列说法正确的是

- A. 基态能增加      B. 热能减少      C. 内能不变      D. 焓增加

解 B。绝热可逆膨胀, 温度降低, 体积增加。体积增加将导致基态能减少; 温度降低将导致热能、内能和焓减少。

9 自发过程\_\_\_\_不可逆过程, 可逆过程\_\_\_\_非自发过程。

- A. 一定是; 可能是      B. 可能不是; 一定是      C. 一定不是; 可能不是      D. 可能是; 一定不是

解 D。所有(满足热力学第一定律的)可能的过程分为自发过程和非自发过程, 自发过程分为可逆过程和不可逆过程。

A 卷: 1、2、3、5、6、8。答案: CCACCB。

B 卷: 1、2、4、5、7、9。答案: CCDCAD。