

《大学物理》练习题
第四章 热力学和统计物理学

一、判断题

- 1、(√) 容器中的气体处于平衡态时，容器中各处的温度相等。
- 2、(√) 在温度和压强相同的条件下，相同体积中含有的分子数是相等的，与气体的种类无关。
- 3、(×) 传递热量都可以改变物体的内能，做功不能改变物体的内能。
- 4、(×) 气体处于平衡态时，气体中每个分子的动能都相等。
- 5、(×) 每一个分子都具有质量、速度、压强和温度。
- 6、(×) 热力学系统吸收热量，其内能一定增加。
- 7、(×) 在绝热过程中，系统与外界没有热量传递，系统的温度是不变化的
- 8、(×) 某种气体分子的自由度为 i ，则该气体每个分子的动能都应该是 $\frac{i}{2}kT$ 。
- 9、(√) 热学中的一切可逆过程都必须满足能量守恒定律。
- 10、(×) 系统经过一正循环后，系统和外界都没有变化。

二、选择题

- 1、一定量的理想气体若从同一状态分别经绝热、等温和等压过程，膨胀了相同的体积，在这三个过程中理想气体对外所作的功分别为 A_a 、 A_T 和 A_p ，则有[D]
(A) $A_T > A_a > A_p$; (B) $A_p > A_a > A_T$; (C) $A_T > A_p > A_a$; (D) $A_p > A_T > A_a$ 。
- 2、当温度升高 1K 时，0.5 mol 二氧化碳气体内能增加了[B]
(A) 6.3 焦耳; (B) 12.5 焦耳; (C) 20.8 焦耳; (D) 24.9 焦耳。
- 3、在一密闭容器内，储有 A、B、C 三种理想气体，A 气体的分子数密度为 n_1 ，它产生的压强为 p_1 ，B 气体的分子数密度为 $2n_1$ ，C 气体的分子数密度为 $3n_1$ ，则混合气体的压强为 [D]
(A) $3 p_1$ (B) $4 p_1$ (C) $5 p_1$ (D) $6 p_1$
- 4、处于平衡态的一瓶氢气和一瓶氮气的分子数密度相同，分子的平均平动动能也相同，则它们[C]
A. 温度、压强均不相同 B. 温度相同，但氢气压强大于氮气压强
C. 温度、压强都相同 D. 温度相同，但氢气压强小于氮气压强
- 5、两个相同的刚性容器，一个盛有氢气，一个盛有氦气（均视为刚性分子理想气体）。开始时它们的温度和压强都相等，先将 3J 热量传给氦气，使之升高到一定温度。若使氢气也升高同样的温度，则应向氢气传递热量[B]

A. 3J B. 5J C. 6J D. 10J

6、温度为 T 的刚性双原子理想气体平均平动能为 [B]

(A) kT (B) $\frac{3kT}{2}$ (C) $2kT$ (D) $\frac{kT}{2}$

7、一恒温容器内储有某种理想气体，若容器发生缓慢漏气，容器内气体分子的平均平动动能 [C]

(A) 变大 (B) 变小 (C) 不变 (D) 不能确定

8、下列各式中哪一式表示气体分子的平均平动动能？（式中 M 为气体的质量， m 为气体分子质量， N 为气体分子总数目， n 为气体分子数密度， N_A 为阿伏加得罗常量）[A]

(A) $\frac{3m}{2M} pV$ (B) $\frac{3M}{2M_{\text{mol}}} pV$ (C) $\frac{3}{2} npV$ (D) $\frac{3M_{\text{mol}}}{2M} N_A pV$

三、填空题

1、室内生起炉子后，温度从 15°C 上升到 27°C ，设升温过程中，室内的气压保持不变，问升温后室内分子数减少了 4%（填写百分比）

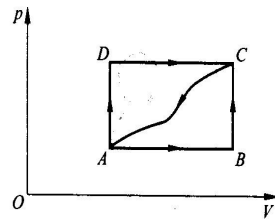
2、氢气的自由度是 5； 1g 氢气温度为 27°C 时所具有的内能是 3120J

3、如图所示，体系由 A 态经 ADC 过程到达 C 态，吸收的热量为 350J ，同时对外做功 126J 。系统内能的增量是 224J；如果沿 ABC 进行，系统对外做功为 42J ，则系统吸收的热量 $Q =$ 266J；

如果系统由 C 出发沿 CA 曲线返回 A ，

外界对系统做功为 84J ，则系统吸热

$Q =$ -308J。



4、设低温热源热力学温度是高温热源的热力学温度的 $\frac{1}{n}$ 倍，则理想气体在一次卡诺循环中，

传给低温热源的热量是从高温热源吸收热量的 $\frac{1}{n}$ 倍。

5、 1mol 某种刚性双原子分子理想气体，在等压过程中温度升高 1K ，内能增加了 20.78J ，则气体对外作的功为 8.31J ，气体吸收热量为 29.09J

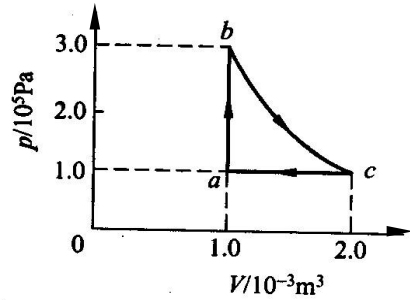
（ $R=8.31\text{J/mol}\cdot\text{K}$ ）

6、一卡诺热机的低温热源温度为 300K ，效率为 40% ，若将其效率提高到 50% ，则高温热源的温度提高了 100K 。

四、计算题：

1、1mol 双原子分子理想气体，做如图所示的循环，图中 bc 代表绝热过程。试求：

- (1) 一次循环过程中，体系从外界吸收的热量；
- (2) 一次循环过程中，系统向外界放出的热量；
- (3) 循环的效率。



解：a-b 过程吸热： $Q_1 = C_v \Delta T = C_v (T_b - T_a) = 2C_v T_a$

c-a 过程放热： $Q_2 = C_p \Delta T = C_p (T_c - T_a) = C_p T_a$

$$\text{循环的效率: } \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_p T_a}{2C_v T_a} = 30\%$$

$$(\text{双原子分子理想气体 } C_p = \frac{7}{2}R, C_v = \frac{5}{2}R)$$

2、将 400J 的热量传给标准状况下的 2mol 氢气，求：

- (1) 若温度不变，氢气的压强、体积各变为多少？
- (2) 若压强不变，氢气的体积、温度各变为多少？
- (3) 若体积不变，氢气的压强、温度各变为多少？

解：（标准状态是 0 摄氏度，1 标准大气压，即 273K，101000Pa，22.4L*2）

$$(1) Q = W = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1} = 2 \times 8.31 \times 273 \times \ln \frac{V_2}{V_1} = 400J$$

$$V_2 = 28.93 \times 10^{-3} m^3, P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 = 1.007 \times 10^5 Pa$$

$$(2) Q = \nu C_p \Delta T = 2 \times 3.5 \times 8.31 \times (T_2 - 273) = 400J$$

$$T_2 = 279.9K, V_2 = \frac{V_1}{T_1} T_2 = 45.9 \times 10^{-3} m^3$$

$$(3) Q = \nu C_v \Delta T = 2 \times 2.5 \times 8.31 \times (T_2 - 273) = 400J$$

$$T_2 = 282.6K, P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 = 1.05 \times 10^5 Pa$$

3、1mol 的氧气，温度由 300K 升到 350K,若温度的升高是在下列三种不同情况下发生的：

(1)体积不变, (2)压强不变, (3)绝热, 问它们的内能各增加了多少？系统各吸收了多少热量？

解：(1) $Q = \Delta E = \nu C_V \Delta T = 1 \times 2.5 \times 8.31 \times (350 - 300) = 1038.75 J$

$$(2) \Delta E = \nu C_V \Delta T = 1 \times 2.5 \times 8.31 \times (350 - 300) = 1038.75 J$$

$$Q = \nu C_p \Delta T = 1 \times 3.5 \times 8.31 \times (350 - 300) = 1454.25 J$$

$$(3) \Delta E = \nu C_V \Delta T = 1 \times 2.5 \times 8.31 \times (350 - 300) = 1038.75 J$$

$$Q = 0 J$$

4、假定室外温度为 310K，室内温度为 300K，没开空调时，每天由室外传向室内的热量为

$2.51 \times 10^8 J$ 。为使室内温度维持 300K，则所使用的空调机（致冷机）每天耗电多少焦耳？

空调机的功率要多大？（假定空调机的致冷系数为卡诺致冷机的致冷系数的 60%）

解：卡诺致冷机的致冷系数： $e = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{300}{310 - 300} = 30$

$$\text{空调机的致冷系数: } e = \frac{Q_2}{W} = 30 \times 60\% = 18$$

$$\text{空调机（致冷机）每天耗电: } W = \frac{Q_2}{18} = \frac{2.51 \times 10^8}{18} = 1.39 \times 10^7 J$$

$$\text{空调机的功率: } \frac{W}{t} = \frac{1.39 \times 10^7}{24 \times 60 \times 60} = 1.61 \times 10^2 w$$

5、一定量的单原子分子理想气体，从初态 A 出发，经历如图循环过程，求：

(1) **AB, BC, CA** 各过程中系统对外作的功、内能的变化和吸收的热量。

(2) 该循环的效率

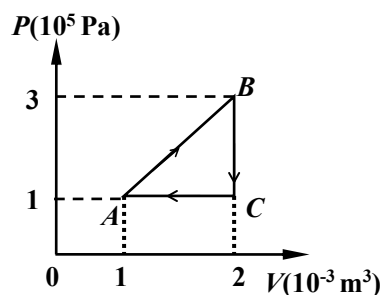
解：(1) **AB** 过程：

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} \Delta P \Delta V + P_1 \Delta V (\text{按面积计算}) \\ &= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3} + 1 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3} \\ &= 200 J \end{aligned}$$

$$\Delta E = \frac{m}{M} C_V (T_B - T_A) = \frac{m}{M} \frac{3}{2} R (T_B - T_A) = \frac{3}{2} (P_B V_B - P_A V_A) = 750 J$$

$$Q = W + \Delta E = 950 J$$

BC 过程



$$W = 0J$$

$$\Delta E = \frac{m}{M} C_V (T_C - T_B) = \frac{m}{M} \frac{3}{2} R (T_C - T_B) = -\frac{3}{2} (P_B V_B - P_C V_C) = -600J$$

$$Q = W + \Delta E = -600J$$

CA 过程

$$\Delta E = \frac{m}{M} C_V (T_A - T_C) = \frac{m}{M} \frac{3}{2} R (T_A - T_C) = \frac{3}{2} (P_A V_A - P_C V_C) = -150J$$

$$W = -P\Delta V (\text{按面积计算})$$

$$= -1 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}$$

$$= -100J$$

$$Q = W + \Delta E = -250J$$

$$(2) \text{ 整个过程: } Q_1 = 950J, Q_2 = 850J$$

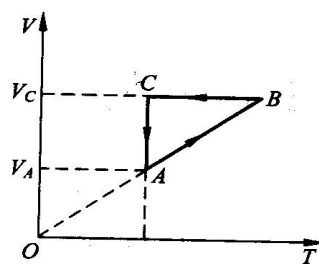
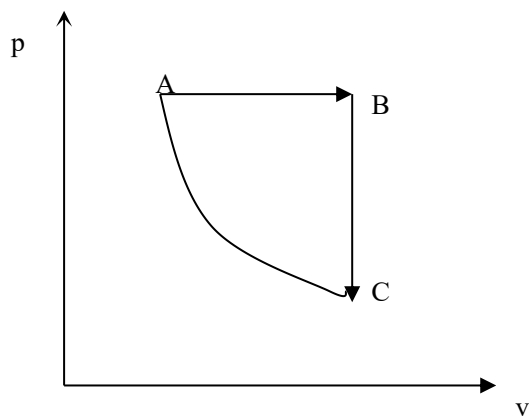
$$\text{该循环的效率 } \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{850}{950} = 10.5\%$$

6、下图为某理想气体的一个循环过程。该气体的 $C_{p,m} = 2.5R$, $C_{v,m} = 1.5R$, $V_C = 2V_A$ 。

试证明：(1) 此循环是正循环；(2) 此循环的效率要低于 15%

解：

(1) 将 V-T 图改为 P-V 图。



可见为正循环

$$(2) \text{ AB 过程吸热: } Q_1 = \nu C_p (T_B - T_A)$$

$$\text{BC、CA 过程放热: } Q_2 = \nu C_v (T_B - T_c) + \nu R T_C \ln \frac{V_C}{V_A}$$

而 $C_{p,m} = 2.5R$, $C_{v,m} = 1.5R$, $V_C = 2V_A$, $T_A = T_C$

$$\begin{aligned} \text{该循环的效率: } \eta &= 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\nu C_v(T_B - T_C) + \nu RT_C \ln \frac{V_C}{V_A}}{\nu C_p(T_B - T_A)} \\ &= 1 - \frac{1.5 + \ln 2}{2.5} < 15\% \end{aligned}$$

7、已知一定质量的双原子分子理想气体，体积为 V_0 ，压强为 P_0 。对它加热并压缩，使其温度从 27°C 升高到 177°C ，体积减少到一半。求：

- (1) 气体压强变为多少？
- (2) 气体分子的平均平动动能变化多少？
- (3) 气体的内能发生变化多少？

$$\text{解: (1) } \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$P_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{T_0 V_1} = \frac{2 \times 450}{300} P_0 = 3P_0$$

$$(2) \bar{\varepsilon}_K = \frac{3}{2} KT$$

$$\Delta \bar{\varepsilon}_K = \frac{3}{2} K \Delta T = 1.5 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 150 = 3.105 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$(3) E = \nu C_v T$$

$$\Delta E = \nu C_v \Delta T = \frac{5}{2} (P_1 V_1 - P_0 V_0) = 1.25 P_0 V_0$$

五、辨析题

1、由公式 $p = \frac{2}{3} n \overline{\varepsilon_k}$ ，可以实验测出 n 、 m 、 $\overline{v^2}$ ，计算出压强 p ；或者可以实验测出 p 、 m 和气体体积，而估算出分子的平均平动动能 $\overline{\varepsilon_k}$ 。

2、因为自然界的过程都遵守能量守恒定律，所以遵守能量守恒定律的过程都可以在自然界中出现。

答：1、速率平方的平均值为统计平均数，无法通过实验测出，因此第一点不可行。

p 、 m 和气体体积可以通过实验测出，第二点可行。

2、能量守恒定律作为自然界的基本定律，自然界的过程都遵守能量守恒定律。

但遵守能量守恒定律的过程不一定可以在自然界中出现。如功可以完全通过摩擦转化为热，而热全部转化为功是不可行的。