

## 5. 气体动理论

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

不同课本符号不同 $m_0$  或  $m'$

### 一、选择题

1. 按  $PV^2 =$  恒量规律膨胀的理想气体，膨胀后的温度为：

(A) 升高； (B) 不变； (C) 降低； (D) 无法确定。  $pV = \frac{m_0}{M} RT = \nu RT \longrightarrow T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{pV^2}{\nu RV} = \frac{\text{恒量}}{\nu RV}$  ( )

2. 标准状态下，若氧气和氦气的体积比  $V_1/V_2=1/2$ ，则其内能  $E_1/E_2$  为：

(A) 1/2； (B) 5/6； (C) 3/2； (D) 1/3。

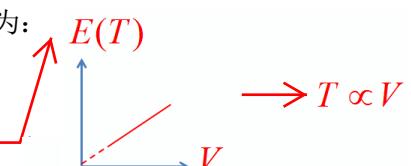
$$pV = \nu RT \longrightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$$

$$E = \nu \frac{i}{2} RT \rightarrow \frac{v_1 \frac{i_1}{2} RT}{v_2 \frac{i_2}{2} RT} = \frac{v_1 i_1}{v_2 i_2} = \frac{1 \times 5}{2 \times 3} = \frac{5}{6}$$

3. 如图为定量理想气体内能  $E$  随体积  $V$  的变化关系，则此直线表示的过程为：

(A) 等压过程； (B) 绝热过程； (C) 等温过程； (D) 等容过程。

理想气体内能就是分子动能之和，而动能仅与T有关，即  $E \propto T$

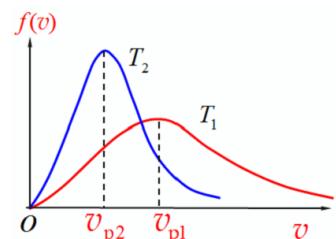


4. 定量理想气体， $v_{p1}$ ， $v_{p2}$  分别是分子在温度  $T_1$ ， $T_2$  时的最概然速率，相应的分子速率分布函数的最大值分别为  $f(v_{p1})$  和  $f(v_{p2})$ ，当  $T_1 > T_2$  时，

(A)  $v_{p1} > v_{p2}$ ， $f(v_{p1}) < f(v_{p2})$ ； (B)  $v_{p1} < v_{p2}$ ， $f(v_{p1}) < f(v_{p2})$

(C)  $v_{p1} > v_{p2}$ ， $f(v_{p1}) > f(v_{p2})$ ； (D)  $v_{p1} < v_{p2}$ ， $f(v_{p1}) > f(v_{p2})$

曲线下的面积代表100%，面积是一个定值



5. 汽缸内盛有一定量的理想气体，当温度不变，压强增大一倍时，该气体分子的平均碰撞次数  $\bar{Z}$  和平均自由程  $\bar{\lambda}$  的变化情况是：

(A)  $\bar{Z}$  和  $\bar{\lambda}$  都增大一倍； (B)  $\bar{Z}$  和  $\bar{\lambda}$  都减为原来的一半；

(C)  $\bar{Z}$  增大一倍而  $\bar{\lambda}$  减为原来的一半； (D)  $\bar{Z}$  减为原来的一半而  $\bar{\lambda}$  增大一倍。

( )

$p = nkT$

$$\bar{Z} = \sqrt{2} \pi d^2 \bar{v} n$$

$$= \sqrt{2} \pi d^2 \bar{v} \frac{p}{kT}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{\bar{Z}} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 p}$$

二、填空题  $pV = \frac{m_0}{M} RT \longrightarrow p = \frac{\rho}{M} RT \longrightarrow M = \frac{\rho}{p} RT$

1. 已知，某理想气体在摄氏温度 27°C 和压强  $1.0 \times 10^{-2}$  atm 情况下，密度为  $11.39 \text{ g/m}^3$ ，其摩尔质量为

**28** [克/摩尔]。(摩尔气体常量  $R=8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

2. 一容器内储有氢气，若实验测得其压强  $p=2.0 \text{ atm}$ ，温度为  $t=37^\circ\text{C}$ ，则容器中每立方厘米内的分子数  $n = \frac{p = nkT}{m = \frac{M}{N_A}}$ ，氢分子质量  $m = \frac{M}{N_A}$  kg。 $(N_0=6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})$

3. 某容器内储有分子质量为  $2 \times 10^{-25} \text{ kg}$ ，分子数密度为  $10^{26} \text{ m}^{-3}$  的气体，设其中  $1/6$  分子以速率  $v = 300 \text{ ms}^{-1}$  垂直向容器一壁运动，其余  $5/6$  分子离开此壁或平行此壁方向运动，且分子与容器壁的碰撞为完全弹性碰撞，则：

**二、3 解：**

(1) 一个分子一次碰撞，作用于器壁的冲量  $I$  \_\_\_\_\_  $\text{kgs}^{-1}$ ;

**(1). 分子作用于容器壁的冲量 (一个分子一次碰撞)**

\*(2) 单位时间碰在器壁单位面积上的分子数  $n_0$  \_\_\_\_\_  $I = 2mv = 2 \times 2 \times 10^{-25} \times 300 = 1.2 \times 10^{-22} \text{ kgms}^{-1}$

\*(3) 作用在器壁上的压强  $P$  \_\_\_\_\_  $\text{kgm}^{-2}$ 。

**只算平动能** ↗

**各种动能** ↗

4. 如果氢和氦的温度相同，摩尔数相同，那么这两种气体的平均平动动能 **相等**，平均动能 **不相等**，内能 **不相等** (填相等，不相等)。**动能包括平动、转动、振动**

5. 在容积为  $V$  的容器内，同时盛有质量为  $M_1$  和  $M_2$  的两种单原子分子的理想气体，设混合气体处于平衡状态时它们的内能相等，且均为  $E$ ，则混合气体压强  $p =$  **下图详解**，两种分子的平均速率之比

$\bar{v}_1 / \bar{v}_2$  \_\_\_\_\_。

**二、5**

$$E = \nu_1 \frac{3}{2} RT = \nu_2 \frac{3}{2} RT \rightarrow \nu_1 = \nu_2 = \frac{2E}{3RT}$$

$$pV = (\nu_1 + \nu_2)RT$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{V} = \frac{4E}{3V}$$

**两种单原子气体混合后，物质的量相加，跟同一种气体完全一样。**

**因为理想气体分子都可以看成质点。**

温度相同  $\rightarrow \bar{e}_k$  相同  $\rightarrow \frac{1}{2} M_1 \bar{v}_1^2 = \frac{1}{2} M_2 \bar{v}_2^2$

$$\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

**二、3 解：**

**(1). 分子作用于容器壁的冲量 (一个分子一次碰撞)**

$$I = 2mv = 2 \times 2 \times 10^{-25} \times 300 = 1.2 \times 10^{-22} \text{ kgms}^{-1}$$

**(2). 单位时间碰在器壁单位面积上的分子数  $n_0$**

$$n_0 = \frac{1}{6} n sv dt / s dt = \frac{1}{6} nv = 5 \times 10^{27} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

**(3). 作用在器壁上的压强  $p$**   $In_0 = F \Delta t = p s \Delta t$

$$p = In_0 = 1.2 \times 10^{-22} \times 5 \times 10^{27} = 6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

## 5. 气体动理论参考答案

一、选择题：1、C； 2、B； 3、A； 4、A； 5、C

二、填空题：1、 $28 \text{ g/mol}$ ； 2、 $n=4.7 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ， $0.33 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ；

3、 $1.2 \times 10^{-22} \text{ kg/s}$ ， $5 \times 10^{27} / \text{m}^2\text{s}$ ， $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ ； 4、相等、不相等、不相等；

5、 $4E / 3V$ 、 $(M_2 / M_1)^{1/2}$

三、计算题：

1、解：

$$\because p = \frac{1}{3} n m \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \frac{m'}{V} \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$$

$$\therefore \rho = \frac{3p}{\bar{v}^2} = 1.90 \text{ (kg/m}^3)$$

2、解：(1) 由  $E = \frac{m'}{M} \frac{i}{2} RT$ ；  $PV = \frac{m'}{M} RT$

得到气体的压强： $P = 2E / iV = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$

(2) 分子的数密度： $n = N / V$ ，则气体的温度为： $T = P/nk = 3.62 \times 10^2 \text{ K}$ ；

分子的平均平等能为： $\bar{\epsilon}_k = 3kT / 2 = 7.49 \times 10^{-21} \text{ J}$

3、解：由  $pV = \frac{m'(H_2)}{M(H_2)} RT$  和  $pV = \frac{m'(He)}{M(He)} RT$

得： $m'(H_2)/m'(He) = M(H_2)/M(He) = 1/2$

由  $E(H_2) = \frac{m'(H_2)}{M(H_2)} \times \frac{5}{2} RT = \frac{5}{2} pV$

$E(He) = \frac{m'(He)}{M(He)} \times \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} pV$

得： $E(H_2)/E(He) = 5/3$

注意

$m$ ：分子质量

$m'$ ：气体总质量

注意：

原  
题  
符  
号  
不  
标  
准

$m'$ ：气体总质量

$M$ ：摩尔质量

4、解：(1) 所求温度为： $T_a = P_2 V_1 / \frac{M}{\mu} R = 361\text{K}$ ；

$$(2) \because E = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT, \quad PV = \frac{M}{\mu} RT; \quad \therefore E = \frac{i}{2} PV$$

所以： $E_d = iP_1 V_1 / 2 = 2.5 \times 10^6 \text{J}$ ；

对等温过程有： $P_1 V_2 = P_2 V_1$ ；

所以： $V_2 = P_2 V_1 / P_1$ ；

所以： $E_b = iP_2 V_2 / 2 = i P_2^2 V_1 / 2P_1 = 2.25 \times 10^7 \text{J}$ 。

注意：这里  
 $M$ : 气体总质量  
 $\mu$ : 摩尔质量

5、解：(1)  $n = P/kT = 1.013 \times 10^{-3} / 1.38 \times 10^{-23} \times 273 = 2.69 \times 10^{25} \text{m}^{-3}$

(标准状态是：0℃，一个标准大气压)

$$(2) \bar{v} = 1.60 \sqrt{RT / \mu} = 1.60 \sqrt{8.31 \times 273 / 29 \times 10^{-3}} = 448 \text{ m/s}$$

( $\mu$  摩尔质量，很多课本用  $M$  表示)

$$(3) \bar{Z} = \sqrt{2\pi d^2 n \bar{v}} = 1.41 \times 3.14 \times (3.5 \times 10^{-10})^2 \times 2.69 \times 10^{25} \times 448 = 6.54 \times 10^9 / \text{s}$$

$$(4) \bar{\lambda} = \bar{v} / \bar{z} = 448 / 6.54 \times 10^9 = 6.85 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$(5) \bar{\varepsilon}_k = (3/2)kT = (3/2) \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273 = 5.65 \times 10^{-21} \text{ J}$$