

5. 气体动理论

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 成绩 _____

一、选择题

不同课本符号不同 m_0 或 m'

1. 按 $PV^2 = \text{恒量}$ 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. $pV = \frac{m_0}{M} RT = \nu RT \rightarrow T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{pV^2}{\nu RV} = \frac{\text{恒量}}{\nu RV}$ ()

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

(A) 1/2; (B) 5/6; (C) 3/2; (D) 1/3.

$$pV = \nu RT \rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$$

$$E = \nu \frac{i}{2} RT \rightarrow \frac{\nu_1 \frac{i_1}{2} RT}{\nu_2 \frac{i_2}{2} RT} = \frac{\nu_1 i_1}{\nu_2 i_2} = \frac{1 \times 5}{2 \times 3} = \frac{5}{6}$$

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 $E \propto T$

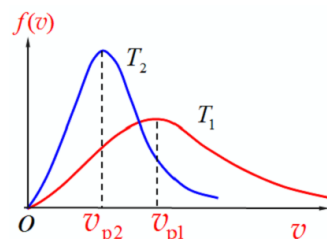


4. 定量理想气体, v_{p1} , v_{p2} 分别是分子在温度 T_1 , T_2 时的最概然速率, 相应的分子速率分布函数的

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 $1.0 \times 10^{-2} \text{ atm}$ 情况下, 密度为 11.39 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 $n=$ $p = nkT$, 氢分子质量 $m=$ $m = \frac{M}{N_A}$ 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} 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 答案在右边 kg s^{-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 _____

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

带“*”的题较难, 可以不看。 详解在后面

* (3) 作用在器壁上的压强 P _____ kg m^{-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。

$$\text{温度相同} \Rightarrow \bar{\varepsilon}_k \text{ 相同} \Rightarrow \frac{1}{2} M_1 \bar{v}_1^2 = \frac{1}{2} M_2 \bar{v}_2^2$$

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

二、3 解:

(1). 分子作用于容器壁的冲量 (一个分子一次碰撞)

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

(2). 单位时间碰在器壁单位面积上的分子数 n_0

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

(3). 作用在器壁上的压强 p $I n_0 = F \Delta t = p S \Delta t$

$$p = I n_0 = 1.2 \times 10^{-22} \times 5 \times 10^{27} = 6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

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 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：

$$\therefore p = \frac{1}{3} n m \overline{v^2} = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m \overline{v^2} = \frac{1}{3} \frac{m'}{V} \overline{v^2} = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2}$$
$$\therefore \rho = \frac{3p}{\overline{v^2}} = 1.90 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

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： $T = P / nk = 3.62 \times 10^2 \text{K}$ ；

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

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： $E_d = i P_1 V_1 / 2 = 2.5 \times 10^6 \text{J}$ ；

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

注意：这里

M ：气体总质量

μ ：摩尔质量

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

(标准状态是：0℃，一个标准大气压)

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

(μ 摩尔质量，很多课本用 M 表示)

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

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

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