

第十五章

热学

专题强化二十 变质量问题 理想气体的图像问题 关联气体问题



栏目导航

核心考点·重点突破

考点 1

变质量问题

(能力考点·深度研析)

1. 理想气体状态方程的推论

(1) 把一定质量的气体分成几部分

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_1V_1}{T_1} + \frac{p_2V_2}{T_2} + \dots + \frac{p_nV_n}{T_n}$$

(2) 几部分气体合为一体

$$\frac{p_1V_1}{T_1} + \frac{p_2V_2}{T_2} + \dots + \frac{p_nV_n}{T_n} = \frac{pV}{T}$$

2. 气体密度与压强、温度关系式的推导

$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ 公式两边同除气体的质量 m 可得 $\frac{p_1}{\rho_1 T_1} = \frac{p_2}{\rho_2 T_2}$, 即 $\frac{p}{\rho T} = c$

注意: (1) $\frac{p}{\rho T}$ 对同种气体才适用

(2) 无论气体质量是否一定, $\frac{p}{\rho T} = c$ 均成立



3. 常见的四种变质量问题

类别	对象
打气问题	选择原有气体和即将充入的气体作为研究对象
抽气问题	将每次抽气过程中抽出的气体和剩余气体作为研究对象
灌气问题	把大容器中的剩余气体和多个小容器中的气体整体作为研究对象
漏气问题	选容器内剩余气体和漏出气体整体作为研究对象



►考向1 气体密度的计算

例^① (2023·全国甲卷)一高压舱内气体的压强为1.2个大气压，温度为17 °C，密度为1.46 kg/m³。

(1)升高气体温度并释放出舱内部分气体以保持压强不变，求气体温度升至27 °C时舱内气体的密度；

(2)保持温度27 °C不变，再释放出舱内部分气体使舱内压强降至1.0个大气压，求舱内气体的密度。

[解析] (1)由摄氏度和开尔文温度的关系可得

$$T_1 = 273 + 17 \text{ K} = 290 \text{ K}, \quad T_2 = 273 + 27 \text{ K} = 300 \text{ K}$$

理想气体状态方程 $pV = nRT$ 可知 $nR = \frac{pV}{T}$

其中 n 为封闭气体的物质的量, 即理想气体的 $\frac{pV}{T}$ 正比于气体的质量,

$$\text{则 } \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{m_1}{V}}{\frac{m_2}{V}} = \frac{\frac{p_1 V}{T_1}}{\frac{p_2 V}{T_2}}$$

其中 $p_1 = p_2 = 1.2p_0$, $\rho_1 = 1.46 \text{ kg/m}^3$, 代入数据解得 $\rho_2 = 1.41 \text{ kg/m}^3$ 。

(2)由题意得 $p_3=p_0$, $T_3=273+27\text{ K}=300\text{ K}$ 同理可得 $\frac{\rho_2}{\rho_3}=\frac{\frac{m_2}{V}}{\frac{m_3}{V}}=\frac{\frac{p_1 V}{T_2}}{\frac{p_3 V}{T_3}}$

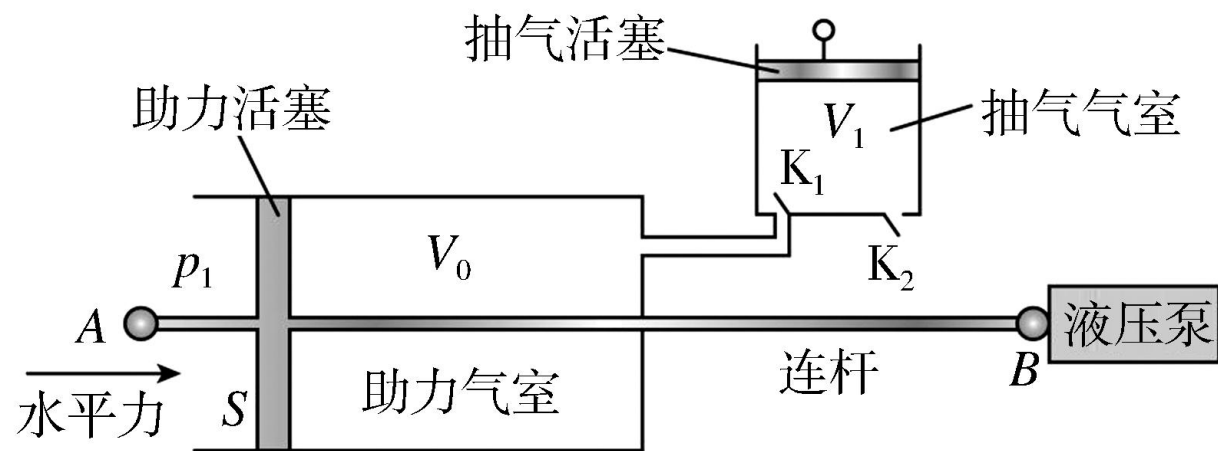
解得 $\rho_3=1.18\text{ kg/m}^3$ 。

[答案] (1) 1.41 kg/m^3 (2) 1.18 kg/m^3

►考向2 抽气、打气和灌气分装问题

例^② (2023·湖南卷)汽车刹车助力装置能有效为驾驶员踩刹车省力。如图,刹车助力装置可简化为助力气室和抽气气室等部分构成,连杆 AB 与助力活塞固定为一体,驾驶员踩刹车时,在连杆 AB 上施加水平力推动液压泵实现刹车。助力气室与抽气气室用细管连接,通过抽气降低助力气室压强,利用大气压与助力气室的压强差实现刹车助力。每次抽气时, K_1 打开, K_2 闭合,抽气活塞在外力作用下从抽气气室最下端向上运动,助力气室中的气体充满抽气气室,达到两气室压强相等;然后, K_1 闭合, K_2 打开,抽气活塞向下运动,抽气气室中的全部气体从 K_2

排出，完成一次抽气过程。已知助力气室容积为 V_0 ，初始压强等于外部大气压强 p_0 ，助力活塞横截面积为 S ，抽气气室的容积为 V_1 。假设抽气过程中，助力活塞保持不动，气体可视为理想气体，温度保持不变。



- (1) 求第1次抽气之后助力气室内的压强 p_1 ；
- (2) 第 n 次抽气后，求该刹车助力装置为驾驶员省力的大小 ΔF 。

[解析] (1)以助力气室内的气体为研究对象，则初态压强 p_0 ，体积 V_0 ，第一次抽气后，气体体积 $V=V_0+V_1$

根据玻意耳定律 $p_0V_0=p_1V$

$$\text{解得 } p_1 = \frac{p_0V_0}{V_0+V_1}.$$

(2)同理第二次抽气 $p_1V_0=p_2V$

$$\text{解得 } p_2 = \frac{p_1V_0}{V_0+V_1} = \left(\frac{V_0}{V_0+V_1}\right)^2 p_0$$

以此类推……



则当 n 次抽气后助力气室内的气体压强

$$p_n = \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1} \right)^n p_0$$

则刹车助力系统为驾驶员省力大小为

$$\Delta F = (p_0 - p_n)S = \left[1 - \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1} \right)^n \right] p_0 S。$$

[答案] (1) $\frac{p_0 V_0}{V_0 + V_1}$ (2) $\left[1 - \left(\frac{V_0}{V_0 + V_1} \right)^n \right] p_0 S$



【跟踪训练】

1 (打气问题) 自行车是一种绿色出行工具。某自行车轮胎正常骑行时其气压范围为 $2p_0 \sim 2.5p_0$ ， p_0 为标准大气压。一同学测得车胎气压为 $1.5p_0$ ，随后用如图所示的打气筒给车胎打气，每打一次都把体积为 V_0 、压强为 p_0 的气体打入轮胎内。已知车胎体积为 V ，忽略打气过程车胎体积和其内气体温度的变化，求：



- (1)为使自行车能正常骑行，给自行车打气的次数范围；
- (2)若车胎气体初始温度为 T_0 ，骑行一段时间后车胎气体温度上升 ΔT ，则骑行前允许给自行车最多打气几次。

[答案] (1) $\frac{V}{2V_0} \leq x \leq \frac{V}{V_0}$ (2) $y = \frac{2.5T_0V}{(T_0 + \Delta T)V_0} - \frac{3V}{2V_0}$

[解析] (1)设给自行车打气的次数为 x ，由玻意耳定律有

$$1.5p_0V + x_{\min}p_0V_0 = 2p_0V$$

$$x_{\min} = \frac{0.5V}{V_0}$$

$$1.5p_0V + x_{\max}p_0V_0 = 2.5p_0V$$

$$x_{\max} = \frac{V}{V_0}$$

综上给自行车打气的次数范围是

$$\frac{V}{2V_0} \leq x \leq \frac{V}{V_0}。$$



(2) 设允许给自行车最多打气 y 次

由理想气体状态方程得

$$\frac{1.5p_0V + yp_0V_0}{T_0} = \frac{2.5p_0V}{T_0 + \Delta T}$$

$$\text{解得 } y = \frac{2.5T_0V}{(T_0 + \Delta T)V_0} - \frac{3V}{2V_0}.$$





(灌气分装)某市医疗物资紧缺，需要从北方调用大批大钢瓶氧气(如图)，每个钢瓶内体积为40 L，在北方时测得大钢瓶内氧气压强为 $1.2 \times 10^7 \text{ Pa}$ ，温度为 7°C ，长途运输到该市医院检测时测得大钢瓶内氧气压强为 $1.26 \times 10^7 \text{ Pa}$ 。在医院实际使用过程中，先用小钢瓶(加抽气机)缓慢分装，然后供病人使用，小钢瓶体积为10 L，分装后每个小钢瓶内氧气压强为 $4 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，要求大钢瓶内压强降到 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时就停止分装，不计运输过程中和分装过程中氧气的泄漏，求：



- (1) 在该市检测时大钢瓶所处环境温度是多少摄氏度；
(2) 一个大钢瓶可分装多少小钢瓶供病人使用。

[答案] (1) $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2) 124

[解析] (1) 大钢瓶的容积一定，从北方到该市对大钢瓶内气体，有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ 解得 $T_2 = 294\text{ K}$ ，故 $t_2 = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 设大钢瓶内氧气由状态 p_2 、 V_2 等温变化为停止分装时的状态 p_3 、 V_3 ，
则 $p_2 = 1.26 \times 10^7 \text{ Pa}$ ， $V_2 = 0.04 \text{ m}^3$ ，

$$p_3 = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

根据 $p_2 V_2 = p_3 V_3$

得 $V_3 = 2.52 \text{ m}^3$

可用于分装小钢瓶的氧气

$$p_4 = 2 \times 10^5 \text{ Pa},$$

$$V_4 = (2.52 - 0.04) \text{ m}^3 = 2.48 \text{ m}^3$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/425301142322012013>