

专题 15 热学

考点 59 分子动理论 固体和液体

1. BD 【解析】由题图甲可知,②中速率大的分子占据的比例较大,则说明②对应的平均速率较大,在②状态下分子速率大小的分布范围相对较大,故 A 错误;图甲中两条图线与横轴包围的面积相同,都为 1,故 B 正确;图乙中阴影部分面积表示分子力做功的大小,也等于分子势能差值,势能差值与零势能点的选取无关,故 C 错误;分子势能与分子间距的关系图像中,图线切线斜率的绝对值表示分子间作用力的大小,故 D 正确.

2. BCD 【解析】单晶体表现出各向异性,多晶体表现出各向同性, A 错误;当液体和固体的附着层内的分子间距比较小时,分子力表现为斥力,从而形成浸润现象, B 正确;晶体和非晶体在一定条件下可以相互转化, C 正确;晶体有固定的熔点,在熔化过程中温度不变,吸收的热量破坏了空间点阵结构, D 正确.

考点 60 气体 气体实验定律的应用

1. A 【解析】在潜水器缓慢下潜的过程中,温度降低,分子运动的平均速率减小,由于压强增大,则单位时间内气体分子撞击单位面积器壁的次数增多,故 A 正确;气体压强为 $p = p_0 + \rho gh$,压强与潜水器下潜的深度成一次函数关系,不成正比关系,故 B 错误;根据理想气体状态方程有 $\frac{pV}{T} = C$,结合上述解得 $V = \frac{CT}{p} = \frac{CT}{p_0 + \rho gh}$,可知气体体积与潜水器下潜的深度不成反比,故 C 错误;温度降低,气体分子的平均动能减小,故 D 错误.

2. A 【解析】初态时,对“工”字形活塞整体受力分析有 $p_A S_A + M_{\text{工}} g + p_0 S_B = p_B S_B + p_0 S_A$,对上面汽缸受力分析有 $p_A S_A = p_0 S_A + M_{\text{上缸}} g$;末态时,对“工”字形活塞整体受力分析有 $p'_A S_A + M_{\text{工}} g + p_0 S_B = p'_B S_B + p_0 S_A$,对上面汽缸受力分析有 $p'_A S_A = p_0 S_A + M_{\text{上缸}} g$,联立解得 $p'_A = p_A, p'_B = p_B$. 对 A、B 气体,根据理想气体状态方程可得 $\frac{p_A V_A}{T} = \frac{p'_A V'_A}{T'}, \frac{p_B V_B}{T} = \frac{p'_B V'_B}{T'}$,因温度降低, $p'_A = p_A, p'_B = p_B$,则 $V'_A、V'_B$ 均变小,由于下面汽缸的横截面积大于上面汽缸的横截面积,则活塞下降,上面汽缸下降,才能使 A、B 气体体积均变小, A 正确.

3. BC 【解析】设阀门打开后,活塞 C 向右移动了 x ,最后达到平衡时 A、B 内气体的压强均为 p , A、B 气体初始体积均为 V_0 ,则对 A、B 气体,由玻意耳定律可得 $p_A V_0 = p(V_0 + Sx), p_B V_0 = p(V_0 - Sx)$,解得 $x = \frac{20}{3} \text{ cm} \approx 6.7 \text{ cm}, p = 3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$,故 A 错误, B 正确;因为整个装置均由导热材料制成且环境温度恒定,所以气体温度保持不变,即气体内能不变,即 $\Delta U = 0$,又因为 A 内气体体积变大,对外做功,即 $W < 0$,所以由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 得 $Q > 0$,即 A 内气体要从外界吸热,故 C 正确;若 B 汽缸抽成真空,打开阀门 D 后, A 汽缸

中气体自由膨胀过程对外不做功,又因为气体内能不变,所以 A 内气体既不需要从外界吸热也不向外界放热,故 D 错误.

易错警示 忽略自由膨胀不做功致错

一定质量的理想气体的内能只与温度有关,气体做功只和体积有关. 对于 D 选项,若 B 汽缸抽成真空,打开阀门 D 后,因为真空中气体自由膨胀过程不做功,如果忽略这一点则会得到气体体积要增大,对外做功,且环境温度恒定,气体温度保持不变,即气体内能不变,所以气体要从外界吸热的错误结论.

4. (1) $\frac{3}{5}$ (2) $\frac{9}{4}h$

【解析】(1) 设汽缸内理想气体的压强为 p_1 , 对系统整体由平衡条件可得 $2mg + mg + mg + p_0 S + p_1 \cdot 2S = p_1 \cdot S + p_0 \cdot 2S$, 结合 $p_0 S = 10mg$, 可得 $p_1 S = 6mg$, $p_1 = \frac{6mg}{S}$, 可得 $\frac{p_1}{p_0} = \frac{3}{5}$.

(2) 轻轻拿走活塞 I 上面放置的物块, 设系统稳定时, 汽缸内气体的压强为 p_2 , 根据平衡条件可得 $mg + mg + p_0 S + p_2 \cdot 2S = p_2 \cdot S + p_0 \cdot 2S$, 可得 $p_2 = \frac{8mg}{S}$, 根据玻意耳定律有 $p_1 V_1 = p_2 V_2$, 解得 $V_2 = \frac{3}{4} V_1$, 根据题意可得 $V_1 = Sh + 2S \times 2h = 5Sh$, 则 $V_2 = \frac{15}{4} Sh$, 设活塞 I 到汽缸连接处的距离为 L , 根据几何知识可得 $2S(3h - L) + SL = \frac{15}{4} Sh$, 解得 $L = \frac{9}{4} h$.

5. AC 【解析】对玻璃管受力分析, 由平衡条件得 $T + pS = mg + p_0 S$, 解得, 细线的拉力为 $T = (p_0 - p) S + mg = \rho gh S + mg$, 即细线的拉力等于玻璃管的重力和管中高出水银面部分水银的重力. 随着环境温度的升高, 管内气体的温度也升高, 由理想气体状态方程可得, 封闭气体的压强增大, 水银柱的高度 h 减小, 故拉力 T 减小, A 正确; 大气压强变大, 水银柱上移, h 增大, 所以拉力 T 增大, B 错误; 向水银槽内注入水银, 封闭气体的压强增大, 平衡时水银柱的高度 h 减小, 故拉力 T 减小, C 正确; 稍降低水平桌面的高度, 使玻璃管位置相对水银槽上移, 封闭气体的体积增大, 压强减小, 平衡时水银柱高度 h 增大, 故拉力 T 增大, D 错误.

6. AC 【解析】保持温度不变, 从竖直管的上端加水银至管口时, 分别对理想气体 I 和 II 由玻意耳定律进行列式, 有 $p_1 V_1 = p'_1 V'_1$, $p_2 V_2 = p'_2 V'_2$, 设玻璃管横截面积为 S , 分别代入数据 $(76 + 14) \text{ cmHg} \cdot 12 \text{ cm} \cdot S = (76 + 24) \text{ cmHg} \cdot l \cdot S$, $(76 + 14) \text{ cmHg} \cdot 8 \text{ cm} \cdot S = (76 + 24) \text{ cmHg} \cdot l' \cdot S$, 解得 $l = 0.108 \text{ m} = 10.8 \text{ cm}$, $l' = 0.072 \text{ m} = 7.2 \text{ cm}$, 则加入水银长度为 $\Delta l = l_1 - l + l_2 - l' + 10 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$, A 正确, B 错误; 使两部分气体升高相同的温度, 当水银面上升至管口时, 分别对理想气体 I 和 II 由理想气体状态方程得 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p'_1 V'_1}{T'_1}$, $\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p'_2 V'_2}{T'_2}$, 且 $T'_1 = T'_2$, $V'_1 - V_1 + V'_2 - V_2 = 10 \text{ cm} \cdot S$, 分别代入数据整理得

$$\frac{(76+14) \text{ cmHg} \cdot 12 \text{ cm} \cdot S}{(273+27) \text{ K}} = \frac{(76+14+10) \text{ cmHg} \cdot L \cdot S}{T_1},$$

$$\frac{(76+14) \text{ cmHg} \cdot 8 \text{ cm} \cdot S}{(273+27) \text{ K}} = \frac{(76+14+10) \text{ cmHg} \cdot L' \cdot S}{T_2}, \text{ 由题意可得}$$

得 $L+L'=30 \text{ cm}$, 联立解得 $T_1=T_2=500 \text{ K}$, C 正确, D 错误.

易错警示

不能正确选取研究对象导致错误

求解液柱封闭的双气体问题, 必须对两部分气体分别进行分析, 千万不能把两部分气体看成一个整体一起处理, 应该对每一部分气体分别确定其初、末状态参量, 找出不变量和变化量, 然后再结合理想气体状态方程等列方程求解.

7. (1) $p_0+\rho l g$ (2) $p_0 S l+k T_0+\rho S g l^2$

【解析】(1) 由题意可知管内封闭气体的压强为 $p=p_0+\rho l g$.

(2) 缓慢加热管内气体, 使气体膨胀, 直至水银柱的上端与玻璃管口平齐, 此时封闭气体的压强不变, 发生等压变化, 由盖-吕萨克定律可得

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}, \text{ 解得 } T = \frac{V}{V_0} T_0 = \frac{2lS}{lS} T_0 = 2T_0, \text{ 此时封闭气体的}$$

内能 $U=kT=2kT_0$, 封闭气体对外做功 $W=-(p_0+\rho g l) S \cdot l$, 由热力学第一定律可得气体从外界吸收的热量为 $Q=\Delta U-W=2kT_0-kT_0+(p_0+\rho g l) S \cdot l=p_0 S l+k T_0+\rho S g l^2$.

8. C 【解析】根据 $pV=nRT$ 可知, 罐内气体的质量减小, 式中 n 减小, 温度不变, 剩余气体的体积一定, 可知罐内剩余气体的压强减小, A 错误; 温度不变, 气体分子运动的平均速率不变, 剩余气体的体积不变, 气体的质量减小, 气体分子分布的密集程度减小, 则单位时间内撞击在煤气罐单位面积上的分子数减少, B 错误; 漏气过程中, 气体膨胀对外界做功, 根据 $\Delta U=W+Q$, 温度不变, 气体内能不变, 可知, 罐内剩余气体从外界吸收热量, C 正确; 罐内气体的温度不变, 气体分子的平均速率不变, D 错误.

9. C 【解析】设至少充气 n 次才能使球内气体的压强达到 $p=1.300 \times 10^5 \text{ Pa}$, 赛前球内气体的压强为 $p_1=1.100 \times 10^5 \text{ Pa}$, 体积为 $V_0=5 \text{ L}$, 每次充入气体的压强为 $p_2=1.000 \times 10^5 \text{ Pa}$, 体积为 $V=0.23 \text{ L}$; 根据一定质量理想气体状态方程“分态式”可得 $p_1 V_0 + n p_2 V = p V_0$, 代入数据解得 $n \approx 4.35$ 次, 所以赛前至少充气 5 次. 故选 C.

10. D 【解析】设取水器下压 n 次后, 桶中的水才能从出水口流出. 以原来桶中空气和打入的空气为研究对象, 设开始时压强为 p_1 、体积为 V_1 , 则 $p_1=p_0=1 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1=[(20-12) \times 10^3 + 300n] \text{ cm}^3$, 设桶中空气和打入的空气后来的体积为 V_2 , 压强为 p_2 , 则 $V_2=(20-12) \times 10^3 \text{ cm}^3$, 由玻意耳定律得 $p_1 V_1 = p_2 V_2$, 要使桶中的水能从出水口流出, 则有 $p_2 > p_0 + \rho g h$, 联立各式解得 $n > \frac{4}{3}$, 所以取水器至少按压 2 次后, 桶中的水才能从出水口流出,

A、B 错误; 水桶高度 $h_0 = \frac{0.02}{0.02} \text{ m} = 1 \text{ m}$, 装满水时, 水面距离出水

口高度 $\Delta h = 50 \text{ cm} - \frac{20-12}{20}h_0 = 50 \text{ cm} - 40 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$, 再压出 4

升水后桶内液面与出水口的高度差为 $h_2 = \frac{20-12+4}{20}h_0 + \Delta h =$

70 cm , 则有 $p_3 = p_0 + \rho gh_2$, 解得 $p_3 = 1.07 \times 10^5 \text{ Pa}$, 由于外界温度保持不变, 根据玻意耳定律有 $n'p_0V_0 + p_1V'_1 = p_3V'_2$, 其中 $V_0 = 0.3 \text{ L}$, $V'_1 = (20-12) \text{ L} = 8 \text{ L}$, $V'_2 = (20-12+4) \text{ L} = 12 \text{ L}$, 解得 $n' \approx 16.1$, 可知, 若要再压出 4 升水, 至少需按压 17 次, C 错误, D 正确.

11. (1) $3.3p_0$ (2) 43 次

【解析】(1) 对汽缸 B 部分气体, 设初状态压强为 p_1 , 末状态压强为 p_2 , 由玻意耳定律有 $p_1V_1 = p_2V_2$, 可知 $p_1 \times \frac{3}{4}V = p_2 \times \frac{1}{4}V$, 初状态时对活塞有 $p_1S = p_0S + 0.1p_0S$, 联立解得 $p_2 = 3.3p_0$.

(2) 把 A 部分气体和 n 次打进的气体作为整体, 末状态时 A 部分汽缸中的压强为 p , 末状态时对活塞有 $p_2S = pS + 0.1p_0S$, 由玻意耳定律有 $p_0 \times \frac{1}{4}V + np_0 \times 0.05V = p \times \frac{3}{4}V$, 联立解得 $n = 43$ 次.

考点 61 气体实验定律与热力学定律的综合应用

1. A 【解析】在刚开始的很短时间内, 火罐内部气体体积不变, 由于火罐导热性良好, 所以火罐内的气体温度迅速降低, 根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可知, 气体压强减小, 在外界大气压的作用下火罐“吸”在皮肤上, 故 A 正确, B 错误; 因气体的体积不变, 则 $W = 0$, 而温度迅速降低, 则气体内能减小即 $\Delta U < 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$, 可得 $Q < 0$, 即气体向外放热, 故 C 错误; 因气体的体积不变, 则单位体积内的分子数不变, 而气体的温度降低, 则分子的平均动能减小, 气体分子的平均速率变小, 则火罐内气体分子单位时间内撞击火罐底部的次数变少, 故 D 错误.

2. D 【解析】从 $a \rightarrow b$, 气体发生等压变化, 气体的压强不变, 温度升高, 内能增大, 故 A、B 错误; 从 $b \rightarrow c$, 气体发生等容变化, 气体不做功, 温度降低, 内能减小, 气体放出热量, 故 C 错误; 从 $c \rightarrow a$, 气体的温度不变, 气体分子的平均动能不变, 故 D 正确.

3. B 【解析】理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$. A 到 B 过程, 压强不变, 温度升高, 可知体积变大, 气体对外界做功, 故 A 错误; B 到 C 过程, 温度不变, 则内能不变, 压强降低, 可知体积增大, 气体对外界做功, 由热力学第一定律知气体吸收热量, 故 B 正确; C 到 D 过程, 压强不变, 温度降低, 则体积变小, 外界对气体做功, 故 C 错误; D 到 A 过程, 温度升高, 内能增大, 故 D 错误.

4. A 【解析】由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$, 可得 $p = CT \frac{1}{V}$ (关键点: 解决图像问题时常找出横、纵坐标的关系). 当 $p - \frac{1}{V}$ 图像是经过坐标原点的一条倾斜直线时, 其斜率 $k = CT$ 是定值, 结合 C 为常

数,可得 T 是定值,则气体从状态 A 到状态 B 发生等温变化, A 正确;从状态 A 到状态 B ,内能不变,体积减小,外界对气体做功,气体放热, B 错误;气体从状态 B 到状态 C 发生等压变化,体积减小,温度降低, C 错误;气体从状态 C 回到状态 A ,过 $p-\frac{1}{V}$ 图像的点与坐标原点的倾斜直线的斜率逐渐增大,则温度逐渐升高, D 错误.

5. A 【解析】 $D \rightarrow A$ 过程为绝热压缩,外界对气体做功,根据热力学第一定律可知,气体的内能增加,温度升高, A 正确; $B \rightarrow C$ 为绝热膨胀过程,由图可知,气体对外做功,根据热力学第一定律可知,内能减小,温度降低,则气体分子的平均动能减小, B 错误; $C \rightarrow D$ 过程为等温压缩,体积变小,分子密度变大,单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数增多, C 错误;一定质量的理想气体,内能只与温度有关, $A \rightarrow B$ 为等温膨胀过程,所以内能不变, D 错误.

6. A 【解析】气泡在上升过程中温度不变,由等温变化 $pV=C$ 可知,气泡内的气体压强减小时,体积增大,气体对外做功,即 $W < 0$,理想气体的内能只跟温度有关,所以气泡在上升过程中内能不变,即 $\Delta U = 0$,由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可知, $Q > 0$,所以气泡在上升过程中要吸收热量,故 A 正确;由于注射器导热性能良好,所以注射器内的气体温度不变,又因为温度是气体分子平均动能大小的标志,所以在压缩过程中,气体分子的平均动能不变,故 B 错误;设单位刻度的气体体积为 V_0 ,由 $p_0 \times 8V_0 = \frac{4}{3}p_0 \times V_c$,解得 $V_c = 6V_0$,则泄漏气体的质量为 $\Delta m = \frac{6-4}{6}m = \frac{1}{3}m$,故 C 错误;温度相同时,理想气体的内能与分子数有关,可知泄漏气体的内能是注射器内存留气体的内能的一半,故 D 错误.

7. B 【解析】对活塞受力分析,由平衡条件有 $mg + p_0S = p_1S$,代入数据可得,活塞的质量为 $m = \frac{p_0S}{5g}$, A 错误;对体积为 $0.5Sh$ 、压强为 $1.6p_0$ 的气体,由玻意耳定律有 $1.6p_0 \times 0.5Sh = 1.2p_0 \cdot \Delta V$,对全部气体,由玻意耳定律有 $1.2p_0 \cdot Sh + 1.2p_0 \cdot \Delta V = p \cdot Sh$,联立解得 $p = 2p_0$,即缸内气体的压强变为 $2p_0$, B 正确;对封闭气体由玻意耳定律有 $1.2p_0 \cdot Sh = p' \cdot S\left(h - \frac{3}{5}h\right)$,解得缸内气体压强变为 $p' = 3p_0$, C 错误;由于环境温度不变且汽缸是导热的,所以在活塞下移的过程中气体做等温变化,气体的内能不变, $\Delta U = 0$,由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$,如果气体的压强不变,则外界对气体做功为 $W = 1.2p_0 \cdot S \times \frac{3}{5}h = \frac{18}{25}p_0Sh$,解得 $Q = -\frac{18}{25}p_0Sh$,由于将活塞缓慢下移的过程中压强增大,所以,气体向外界放出的热量大于 $\frac{18}{25}p_0Sh$, D 错误.

8. (1) $2.25T_0$ (2) $\Delta U + \frac{3}{4}p_0SH$

【解析】(1) 初态: $p_1 = p_0, T_1 = T_0, V_1 = SH$, 末态: 对活塞分析, 根据

受力平衡可得 $p_2 = p_0 + \frac{G}{S} = \frac{3}{2}p_0, V_2 = \left(H + \frac{H}{2}\right)S = \frac{3}{2}HS$, 根据理

想气体状态方程得 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T}$, 解得 $T = 2.25T_0$.

(2) 全过程外界对气体做的功 $W = -p_2 S \cdot \frac{H}{2} = -\frac{3}{4}p_0 SH$, 由热力

学第一定律有 $\Delta U = Q + W$, 解得 $Q = \Delta U + \frac{3}{4}p_0 SH$.