

气体实验定律与理想气体状态方程的综合应用

目录

模型一 平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体(球)对光路的控制

模型二 光的色散

模型三 光的折射定律和全反射规律的综合应用

模型讲解

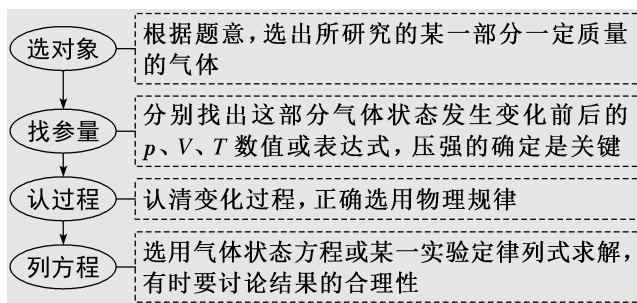
一. 理想气体状态变化的三类模型

1. 理想气体状态方程与气体实验定律的关系

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \begin{cases} \text{温度不变: } p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ (玻意耳定律)} \\ \text{体积不变: } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ (查理定律)} \\ \text{压强不变: } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (盖-吕萨克定律)} \end{cases}$$

[注意] 理想气体状态方程与气体实验定律的适用条件: 一定质量的某种理想气体。

2. 解决理想气体状态变化问题的基本思路



模型一 “活塞 + 汽缸”模型

解决“活塞 + 汽缸”类问题的一般思路

- (1) 弄清题意, 确定研究对象。一般研究对象分两类: 一类是热学研究对象 (一定质量的理想气体); 另一类是力学研究对象 (汽缸、活塞或某系统)。
- (2) 分析清楚题目所述的物理过程, 对热学研究对象分析清楚初、末状态及状态变化过程, 依据气体实验定律或理想气体状态方程列出方程; 对力学研究对象要正确地进行受力分析, 依据力学规律列出方程。
- (3) 注意挖掘题目中的隐含条件, 如几何关系、体积关系等, 列出辅助方程。
- (4) 多个方程联立求解。对求解的结果注意分析它们的合理性。

模型二 “液柱 + 管”模型

解答“液柱 + 管”类问题, 关键是对液柱封闭气体压强的计算, 求液柱封闭的气体压强时, 一般以液柱为研究对象分析受力、列平衡方程, 且注意以下几点:

- (1) 液体因重力产生的压强大小为 $p = \rho gh$ (其中 h 为液面的竖直高度)。
- (2) 不要漏掉大气压强, 同时又要尽可能平衡掉某些大气的压力。
- (3) 有时可直接应用连通器原理 —— 连通器内静止的液体, 同种液体在同一水平面上各处压强相等。
- (4) 当液体为水银时, 可灵活应用压强单位 “ $cmHg$ ” 等, 使计算过程简捷。

模型三 “两团气”模型

处理“两团气”问题的技巧：

- (1) 分析“两团气”初状态和末状态的压强关系。
- (2) 分析“两团气”的体积及其变化关系。
- (3) 分析“两团气”状态参量的变化特点，选取理想气体状态方程或合适的实验定律列方程求解。

二 理想气体的四类变质量问题

模型一 充气问题

在充气时，将充进容器内的气体和容器内的原有气体为研究对象时，这些气体的总质量是不变的。这样，可将“变质量”的问题转化成“定质量”问题。

模型二 抽气问题

在对容器抽气的过程中，对每一次抽气而言，气体质量发生变化，解决该类变质量问题的方法与充气问题类似：假设把每次抽出的气体包含在气体变化的始末状态中，即用等效法把“变质量”问题转化为“定质量”的问题。

模型三 灌气问题

将一个大容器里的气体分装到多个小容器中的问题也是变质量问题，分析这类问题时，可以把大容器中的气体和多个小容器中的气体作为一个整体来进行研究，即可将“变质量”问题转化为“定质量”问题。

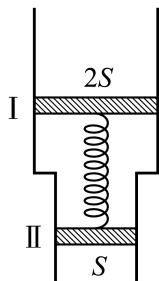
模型四 漏气问题

容器漏气过程中气体的质量不断发生变化，属于变质量问题，如果选容器内剩余气体和漏掉的气体为研究对象，便可使“变质量”转化成“定质量”问题。

案例剖析

例 1 如图，一竖直放置的汽缸由两个粗细不同的圆柱形筒组成，汽缸中活塞 I 和活塞 II 之间封闭有一定量的理想气体，两活塞用一轻质弹簧连接，汽缸连接处有小卡销，活塞 II 不能通过连接处。活塞 I、II 的质量分别为 $2m$ 、 m ，面积分别为 $2S$ 、 S ，弹簧原长为 l 。初始时系统处于平衡状态，此时弹簧的伸长量为 $0.1l$ ，活塞 I、II 到汽缸连接处的距离相等，两活塞间气体的温度为 T_0 。已知活塞外大气压强为 p_0 ，忽略活塞与缸壁间的摩擦，汽缸无漏气，不计弹簧的体积。（重力加速度常量 g ）

- (1) 求弹簧的劲度系数；
- (2) 缓慢加热两活塞间的气体，求当活塞 II 刚运动到汽缸连接处时，活塞间气体的压强和温度。



【答案】(1) $k = \frac{40mg}{l}$; (2) $p_2 = p_0 + \frac{3mg}{S}$, $T_2 = \frac{4}{3}T_0$

【详解】(1) 设封闭气体的压强为 p_1 ，对两活塞和弹簧的整体受力分析，由平衡条件有

$$mg + p_0 \cdot 2S + 2mg + p_1 S = p_0 S + p_1 \cdot 2S$$

解得

$$p_1 = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

对活塞 I 由平衡条件有

$$2mg + p_0 \cdot 2S + k \cdot 0.1l = p_1 \cdot 2S$$

解得弹簧的劲度系数为

$$k = \frac{40mg}{l}$$

(2) 缓慢加热两活塞间的气体使得活塞 II 刚运动到汽缸连接处时, 对两活塞和弹簧的整体由平衡条件可知, 气体的压强不变依然为

$$p_2 = p_1 = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

即封闭气体发生等压过程, 初末状态的体积分别为

$$V_1 = \frac{1.1l}{2} \times 2S + \frac{1.1l}{2} \times S = \frac{3.3lS}{2}, \quad V_2 = l_2 \cdot 2S$$

由气体的压强不变, 则弹簧的弹力也不变, 故有

$$l_2 = 1.1l$$

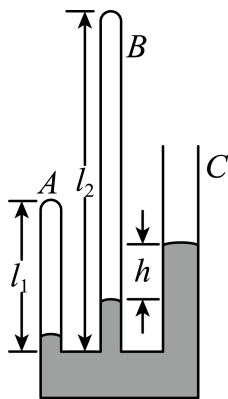
有等压方程可知

$$\frac{V_1}{T_0} = \frac{V_2}{T_2}$$

解得

$$T_2 = \frac{4}{3}T_0$$

例 2 如图, 一玻璃装置放在水平桌面上, 竖直玻璃管 A、B、C 粗细均匀, A、B 两管的上端封闭, C 管上端开口, 三管的下端在同一水平面内且相互连通。A、B 两管的长度分别为 $l_1 = 13.5\text{cm}$, $l_2 = 32\text{cm}$ 。将水银从 C 管缓慢注入, 直至 B、C 两管内水银柱的高度差 $h = 5\text{cm}$ 。已知外界大气压为 $p_0 = 75\text{cmHg}$ 。求 A、B 两管内水银柱的高度差。



【答案】 $\Delta h = 1\text{cm}$

【详解】 对 B 管中的气体, 水银还未上升产生高度差时, 初态为压强 $p_{1B} = p_0$, 体积为 $V_{1B} = l_2 S$, 末态压强为 p_2 , 设水银柱离下端同一水平面的高度为 h_2 , 体积为 $V_{2B} = (l_2 - h_2) S$, 由水银柱的平衡条件有

$$p_{2B} = p_0 + \rho gh$$

B 管气体发生等温压缩, 有

$$p_{1B} V_{1B} = p_{2B} V_{2B}$$

联立解得

$$h_2 = 2\text{cm}$$

对A管中的气体,初态为压强 $p_{1A}=p_0$, 体积为 $V_{1A}=l_1S$, 末态压强为 p_{2A} , 设水银柱离下端同一水平面的高度为 h_1 , 则气体体积为 $V_{2A}=(l_1-h_1)S$, 由水银柱的平衡条件有

$$p_{2A}=p_0+\rho g(h+h_2-h_1)$$

A管气体发生等温压缩, 有

$$p_{1A}V_{1A}=p_{2A}V_{2A}$$

联立可得

$$2h_1^2-191h_1+189=0$$

解得

$$h_1=1\text{cm} \text{ 或 } h_1=\frac{189}{2}\text{cm} > l_1 \text{ (舍去)}$$

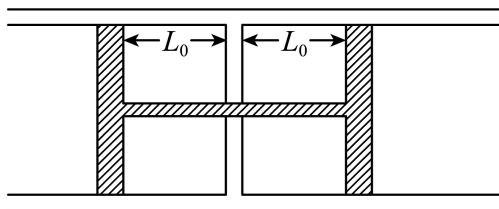
则两水银柱的高度差为

$$\Delta h=h_2-h_1=1\text{cm}$$

例 3 水平放置的气体阻尼器模型截面如图所示, 汽缸中间有一固定隔板, 将汽缸内一定质量的某种理想气体分为两部分, “H”型连杆活塞的刚性连杆从隔板中央圆孔穿过, 连杆与隔板之间密封良好。设汽缸内、外压强均为大气压强 p_0 。活塞面积为 S , 隔板两侧气体体积均为 SL_0 , 各接触面光滑。连杆的截面积忽略不计。现将整个装置缓慢旋转至竖直方向, 稳定后, 上部气体的体积为原来的 $\frac{1}{2}$, 设整个过程温度保持不变, 求:

(i) 此时上、下部分气体的压强;

(ii) “H”型连杆活塞的质量 (重力加速度大小为 g)。



【答案】 (1) $2p_0, \frac{2}{3}p_0$; (2) $\frac{4p_0S}{3g}$

【详解】 (1) 旋转前后, 上部分气体发生等温变化, 根据玻意尔定律可知

$$p_0 \cdot SL_0 = p_1 \cdot \frac{1}{2}SL_0$$

解得旋转后上部分气体压强为

$$p_1 = 2p_0$$

旋转前后, 下部分气体发生等温变化, 下部分气体体积增大为 $\frac{1}{2}SL_0 + SL_0 = \frac{3}{2}SL_0$, 则

$$p_0 \cdot SL_0 = p_2 \cdot \frac{3}{2}SL_0$$

解得旋转后下部分气体压强为

$$p_2 = \frac{2}{3}p_0$$

(2) 对“H”型连杆活塞整体受力分析, 活塞的重力 mg 竖直向下, 上部分气体对活塞的作用力竖直向上, 下部分气体对活塞的作用力竖直向下, 大气压力上下部分抵消, 根据平衡条件可知

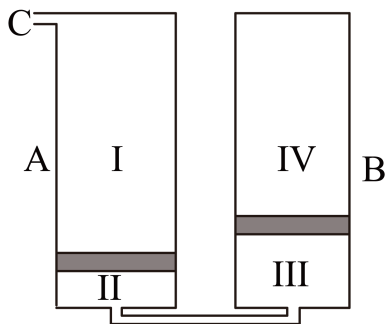
$$p_1S = mg + p_2S$$

解得活塞的质量为

$$m = \frac{4p_0S}{3g}$$

例 4 如图,容积均为 V_0 、缸壁可导热的 A 、 B 两汽缸放置在压强为 p_0 、温度为 T_0 的环境中;两汽缸的底部通过细管连通, A 汽缸的顶部通过开口 C 与外界相通;汽缸内的两活塞将缸内气体分成 I、II、III、IV 四部分,其中第 II、III 部分的体积分别为 $\frac{1}{8}V_0$ 和 $\frac{1}{4}V_0$ 、环境压强保持不变,不计活塞的质量和体积,忽略摩擦。

- (1) 将环境温度缓慢升高,求 B 汽缸中的活塞刚到达汽缸底部时的温度;
- (2) 将环境温度缓慢改变至 $2T_0$,然后用气泵从开口 C 向汽缸内缓慢注入气体,求 A 汽缸中的活塞到达汽缸底部后, B 汽缸内第 IV 部分气体的压强。



【答案】(1) $T = \frac{4}{3}T_0$; (2) $p = \frac{9}{4}p_0$

【详解】(1) 因两活塞的质量不计,则当环境温度升高时,IV 内的气体压强总等于大气压强,则该气体进行等压变化,则当 B 中的活塞刚到达汽缸底部时,由盖吕萨克定律可得

$$\frac{\frac{3}{4}V_0}{T_0} = \frac{V_0}{T}$$

解得

$$T = \frac{4}{3}T_0$$

(2) 设当 A 中的活塞到达汽缸底部时 III 中气体的压强为 p ,则此时 IV 内的气体压强也等于 p ,设此时 IV 内的气体的体积为 V ,则 II、III 两部分气体被压缩的体积为 $V_0 - V$,则对气体 IV

$$\frac{p_0 \cdot \frac{3V_0}{4}}{T_0} = \frac{pV}{2T_0}$$

对 II、III 两部分气体

$$\frac{p_0 \left(\frac{V_0}{8} + \frac{V_0}{4} \right)}{T_0} = \frac{p(V_0 - V)}{2T_0}$$

联立解得

$$\begin{aligned} V &= \frac{2}{3}V_0 \\ p &= \frac{9}{4}p_0 \end{aligned}$$

例 5 负压救护车,又被称为“最强口罩”,是救护车的一种,主要用于危重感染患者的转运与抢救,利用技术手段,使车内气压低于外界大气压,所以带病毒的空气只能由车外流向车内,经过无害化处理后再排出,从而限制病毒传播,最大程度减少交叉感染。一般负压值(车外与车内气压差)为 $20 \sim 40p_a$ 时效果比较理想。

假设有一负压救护车,开放状态时,车内外的气压均为 p_0 ,温度均为 T_0 ;正常工作时,车内温度为 $\frac{6}{5}T_0$,负压值为大气压的万分之四。空气可视为理想气体,车外环境温度保持不变。求:

- (1) 若车在处于开放状态时,使车内密闭,将车内温度升高到 $\frac{6}{5}T_0$ 时,求此时车内气体的压强;
- (2) 车内由开放状态变为正常工作状态,需抽取出的气体质量与原来气体质量的百分比 η 为多少? (保留

三位有效数字)



【答案】(1) $\frac{6}{5}p_0$; (2) 16.7%

【详解】(1) 对车内气体,由查理定律得

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{\frac{6}{5}T_0}$$

解得

$$p_1 = \frac{6}{5}p_0$$

(2) 对于车内气体,设正常工作状态下抽取出的气体体积为 ΔV ,由理想气体的状态方程得

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{(p_0 - \frac{4}{10000}p_0)(V_0 + \Delta V)}{\frac{6}{5}T_0}$$

需抽取的气体质量与原来气体质量的百分比

$$\eta = \frac{\Delta V}{V_0 + \Delta V} \times 100\%$$

解得

$$\eta = 16.7\%$$

例 6 甲、乙两个储气罐储存有同种气体(可视为理想气体)。甲罐的容积为 V ,罐中气体的压强为 p ;乙罐的容积为 $2V$,罐中气体的压强为 $\frac{1}{2}p$ 。现通过连接两罐的细管把甲罐中的部分气体调配到乙罐中去,两罐中气体温度相同且在调配过程中保持不变,调配后两罐中气体的压强相等。求调配后:

(i) 两罐中气体的压强;

(ii) 甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比。

【答案】(i) $\frac{2}{3}p$; (ii) $\frac{2}{3}$

【详解】(i) 气体发生等温变化,对甲乙中的气体,可认为甲中原气体有体积 V 变成 $3V$,乙中原气体体积有 $2V$ 变成 $3V$,则根据玻意尔定律分别有

$$pV = p_1 \cdot 3V, \frac{1}{2}p \cdot 2V = p_2 \cdot 3V$$

则

$$pV + \frac{1}{2}p \cdot 2V = (p_1 + p_2) \times 3V$$

则甲乙中气体最终压强

$$p' = p_1 + p_2 = \frac{2}{3}p$$

(ii) 若调配后将甲气体再等温压缩到气体原来的压强为 p ,则

$$p'V = pV'$$

计算可得

$$V' = \frac{2}{3}V$$

由密度定律可得,质量之比等于

$$\frac{m_{\text{现}}}{m_{\text{原}}} = \frac{V'}{V} = \frac{2}{3}$$

例 7 容器内装有 1kg 的氧气,开始时,氧气压强为 $1.0 \times 10^6 \text{Pa}$,温度为 57°C ,因为漏气,经过一段时间后,容器内氧气压强变为原来的 $\frac{3}{5}$,温度降为 27°C ,求漏掉多少千克氧气?

【答案】 $\Delta m = 0.34\text{kg}$

【详解】 设容器体积为 V ,没有漏气前有

$$\begin{aligned} P_1 &= 1.0 \times 10^6 \text{Pa} \\ T_1 &= (273 + 57)\text{K} = 330\text{K} \\ V_1 &= V \end{aligned}$$

漏气后

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{3}{5}P_1 = 6.0 \times 10^5 \text{Pa} \\ T_2 &= (273 + 27)\text{K} = 300\text{K} \\ V_2 &\text{待求} \end{aligned}$$

以全部气体为研究对象,由理想气体状态方程得

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

解得

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{50}{33}V$$

则漏掉的气体体积为

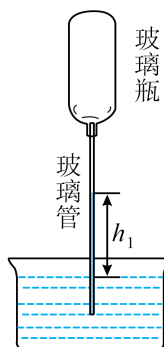
$$\Delta V = V_2 - V = \frac{17V}{33}$$

漏掉的气体质量为

$$\Delta m = \frac{\Delta V}{V_2} \times m = 0.34\text{kg}$$

综合应用

题目 1 (2024·湖南长沙·统考模拟预测) 某同学自制了一个气温计,他将一根透明玻璃管插入一个薄玻璃瓶,接口处密封。将加热后的玻璃瓶倒置,再把玻璃管插入装有红墨水的水槽中,固定好整个装置,如图所示。当瓶内气体温度降至室温 T 时,管内外水面的高度差为 h_1 。设红墨水的密度为 ρ ,重力加速度为 g ,管内气体的体积与瓶的容积相比可忽略不计,室内气压保持 p_0 不变,以下操作过程中,玻璃管内水面一直在水槽水面之上。下列说法正确的是 ()



- A. 若室温降低,玻璃瓶中的气体将发生等压变化
 B. 若室温升高,管内外水面的高度差将增大
 C. 当管内外水面的高度差为 h_2 时,室温为 $\frac{p_0 - \rho g h_2}{p_0 - \rho g h_1} T$
 D. 将装置带至温度恒定的低压舱,舱内气压越低,管内外水面的高度差越大

【答案】C

【详解】A. 管内气体的体积与瓶的容积相比可忽略不计,室温降低,玻璃瓶中的气体将发生等容变化,故 A 错误;

B. 玻璃管内水面一直在水槽水面之上,玻璃瓶中的气体将发生等容变化,室温升高,玻璃瓶中的气体压强增大,管内外水面的高度差将减小,故 B 错误;

C. 室温 T 时,玻璃瓶中的气体压强

$$p_1 = p_0 - \rho g h_1$$

当管内外水面的高度差为 h_2 时,玻璃瓶中的气体压强

$$p_2 = p_0 - \rho g h_2$$

玻璃瓶中的气体将发生等容变化

$$\frac{p_1}{T} = \frac{p_2}{T_2}$$

当管内外水面的高度差为 h_2 时,室温为

$$T_2 = \frac{p_0 - \rho g h_2}{p_0 - \rho g h_1} T$$

故 C 正确;

D. 根据

$$p_1 = p_0 - \rho g h_1$$

可得

$$h_1 = \frac{p_0 - p_1}{\rho g}$$

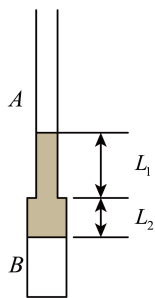
玻璃管内水面一直在水槽水面之上,将装置带至温度恒定的低压舱,舱内气压越低,管内外水面的高度差越小,故 D 错误。

故选 C。

题目 2 (2024 上·湖南·高三校联考阶段练习) 如图所示, 竖直放置的玻璃管由管径不同的 A、B 两段管组成, A 管的横截面积是 B 管的一半, 管内空气被一段水银柱隔开。水银柱在两管中的长度分别为 $L_1 = 10\text{cm}$ 、 $L_2 = 5\text{cm}$ 。B 管中封闭气柱的长为 10cm , A 管水银液面到管口的距离为 20cm , 环境温度为 300K , 大气压为 75cmHg 。

(1) 若将环境温度缓慢升高, 使 B 管中水银全部进入 A 管中, 环境温度至少要升高到多少;

(2) 若将管口封闭,用抽气机将A管中气体缓慢抽出,当B管中水银刚好全部进入A管中时,A中抽出气体质量占原来A中气体质量的百分比为多少。



【答案】(1)475K; (2)73.3%

【详解】(1)B中气体,开始时压强中

$$p_1 = 90 \text{ cmHg}$$

当B中水银全部进入A中时,B中气体的压强

$$p_2 = 95 \text{ cmHg}$$

根据理想气体状态方程

$$\frac{p_1 h_2 S_2}{T_1} = \frac{p_2 h_2' S_2}{T_2}$$

其中 $T_1 = 300 \text{ K}$, $h_2 = 10 \text{ cm}$, $h_2' = 15 \text{ cm}$

解得

$$T_2 = 475 \text{ K}$$

(2) 当B中水银刚好全部进入A中时,设B中气体压强为 p_3 ,对B中气体

$$p_1 h_2 S_2 = p_3 h_2' S_2$$

解得

$$p_3 = 60 \text{ cmHg}$$

这时A管中气体压强

$$p_4 = (60 - 20) \text{ cmHg} = 40 \text{ cmHg}$$

气柱长为 $h_1' = 10 \text{ cm}$,原来气柱长 $h_1 = 20 \text{ cm}$

对A中原来气体

$$p_0 h_1 S_1 = p_4 h_1' S_1$$

解得

$$h = 37.5 \text{ cm}$$

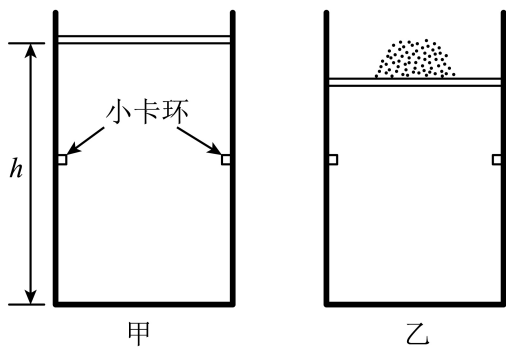
则A中抽出气体质量占原来A中气体质量的百分比为

$$\eta = \frac{h - h_1'}{h} \times 100\% = 73.3\%$$

题目 3 (2024·吉林·校联考模拟预测) 如图甲所示,一个质量不计的活塞将一定质量的理想气体封闭在上端开口的直立圆筒形导热气缸内,气体温度 $T_1 = 400 \text{ K}$,气柱的高度为 $h = 24 \text{ cm}$,在气缸内壁有固定的小卡环,卡环到气缸底的高度差为 10 cm 。现在活塞上方缓慢堆放细沙,直至气柱长度减为 $h_1 = 16 \text{ cm}$ 时停止堆放细沙,如图乙所示。之后对气体缓慢降温至 $T_2 = 100 \text{ K}$ 。已知大气压强为 $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$,气缸的横截面积为 $S = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 。求:

(1) 堆放细沙的质量 m ;

(2) 温度降为 T_2 时气体的压强。



【答案】(1)0.5kg; (2) 6×10^4 Pa

【详解】(1) 乙状态的平衡方程

$$p_0 S + mg = p_1 S$$

从甲状态到乙状态经历等温过程

$$p_0 h S = p_1 h_1 S$$

得

$$m = 0.5 \text{kg}$$

(2) 从甲状态到活塞刚与小卡环接触时有

$$\frac{h S}{T_1} = \frac{h' S}{T'}$$

解得

$$T' \approx 167 \text{K}$$

而 $167 \text{K} > 100 \text{K}$, 则说明 100K 时活塞已经与卡环接触, 则从甲状态到末状态, 由理想气体状态方程得

$$\frac{p_0 h S}{T_1} = \frac{p_2 h' S}{T_2}$$

得

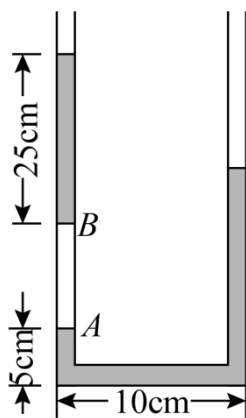
$$p_2 = 6 \times 10^4 \text{Pa}$$

题目 4 (2024·全国·高三专题练习) 如图所示, 两端开口、粗细均匀的长直 U 形玻璃管内由两段水银柱封闭着

长度为 15cm 的空气柱, 气体温度为 300K 时, 空气柱在 U 形管的左侧。已知大气压强 $p_0 = 75 \text{cmHg}$ 。

①若保持气体的温度不变, 从左侧开口处缓慢地注入 20cm 长的水银柱, 管内的空气柱长为多少?

②为了使空气柱的长度恢复到 15cm, 且回到原位置, 可以向 U 形管内再注入一些水银, 并改变气体的温度, 应从哪一侧注入长度为多少的水银柱? 气体的温度变为多少?



【答案】(1)12.5cm; (2) 右侧注入 20cm 360K

【详解】(1) 由于气柱上面的水银柱的长度是 25cm, 所以右侧水银柱的液面的高度比气柱的下表面高 25cm, 所以右侧的水银柱的总长度是

$$l = 25\text{cm} + 5\text{cm} = 30\text{cm}$$

试管的下面与右侧段的水银柱的总长 45cm,所以在左侧注入 25cm 长的水银后,设有长度为 x 的水银处于底部水平管中,则

$$50\text{cm} - x = 45\text{cm}$$

解得

$$x = 5\text{cm}$$

即 5cm 水银处于底部的水平管中,末态压强为

$$p_2 = (75 + 25 + 25 - 5)\text{cmHg} = 120\text{cmHg}$$

由玻意耳定律

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

代入数据,解得

$$L_2 = 12.5\text{cm}$$

(2) 由水银柱的平衡条件可知需要也向右侧注入 20cm 长的水银柱才能使空气柱回到 A 、 B 之间。这时空气柱的压强为

$$p_3 = (75 + 45)\text{cmHg} = 120\text{cmHg}$$

由查理定律,有

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_3}$$

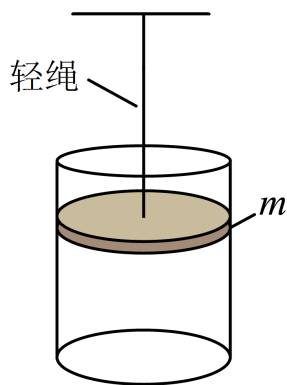
解得

$$T_3 = 360\text{K}$$

题目 5 (2024·山西晋城·统考一模) 如图所示,圆柱形导热汽缸开口向上并竖直固定在桌面上,用质量 $m = 10\text{kg}$ 、截面积 $S = 20\text{cm}^2$ 的活塞封闭一定质量的理想气体,活塞与汽缸壁间无摩擦。测得环境的热力学温度 $T = 300\text{K}$ 。外界大气压强恒为 $p_0 = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$,取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

(1) 求汽缸内气体的压强 p_1 ;

(2) 现用一轻绳悬挂该活塞,初始时,轻绳恰好伸直,且不受拉力,现逐渐降低环境温度,已知轻绳能承受的最大拉力 $F = 200\text{N}$,求轻绳不被拉断时,环境的最低热力学温度 T_2 。



【答案】(1) $1.5 \times 10^5\text{Pa}$; (2) 100K

【详解】(1) 对活塞进行分析,根据平衡条件有

$$p_1 S = p_0 S + mg$$

解得

$$p_1 = 1.5 \times 10^5\text{Pa}$$

(2) 轻绳上的拉力最大时,环境温度最低,此时对活塞进行分析,根据平衡条件有

$$p_2 S + F = p_0 S + mg$$

缸内气体做等容变化,根据查理定律有

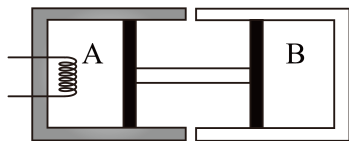
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

解得

$$T_2 = 100K$$

题目 6 (2024 上·内蒙古包头·高三统考期末) 如图,绝热气缸 A 与导热气缸 B 均固定于地面,由刚性杆连接的横截面积相同的绝热活塞与两气缸间均无摩擦。两气缸内装有处于平衡状态的理想气体,开始时体积均为 V_0 、温度均为 T_0 。缓慢加热 A 中气体,停止加热达到稳定后, A 中气体压强为原来的 1.6 倍。设环境温度始终保持不变,求:

- (1) 气缸 B 中气体的体积 V_B ;
- (2) 气缸 A 中气体温度 T_A 。



【答案】(1) $\frac{5}{8}V_0$; (2) $\frac{11}{5}T_0$

【详解】(1) 开始时两气缸中压强相等均为 p_0 ,缓慢加热 A 中气体,停止加热达到稳定后,两气缸中气体压强满足

$$p_B = p_A = 1.6p_0$$

气缸 B 温度保持不变有

$$p_0 V_0 = 1.6p_0 V_B$$

解得

$$V_B = \frac{5}{8}V_0$$

(2) 停止加热达到稳定后,气缸 A 中的气体体积为

$$V_A = 2V_0 - \frac{5}{8}V_0 = \frac{11}{8}V_0$$

则有

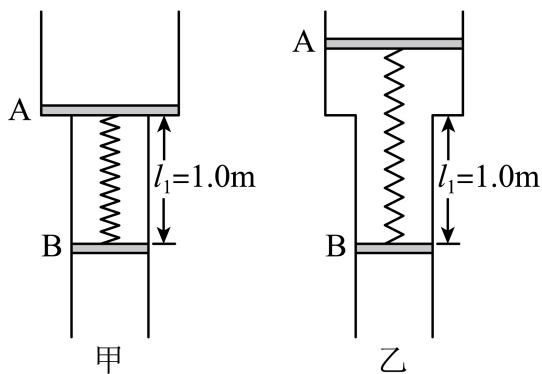
$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{1.6p_0 V_A}{T_A}$$

解得气缸 A 中气体温度为

$$T_A = \frac{11}{5}T_0$$

题目 7 (2024 上·湖南张家界·高三统考期末) 一直立的汽缸内用截面积分别为 $S_A = 100\text{cm}^2$ 、 $S_B = 50\text{cm}^2$ 的活塞 A、B 封闭一定质量的理想气体,两活塞之间用原长 $l_0 = 0.7\text{m}$ 的轻质弹簧连接,起初封闭气体的压强等于外部大气压 $p_0 = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$,热力学温度 $T_0 = 300\text{K}$,弹簧的长度 $l_1 = 1.0\text{m}$,如图甲所示;现对封闭气体缓慢加热,活塞 B 先向下运动,后向上运动,最后回到原来位置,如图乙所示,此时封闭气体的压强 $p_1 = 1.1 \times 10^5\text{Pa}$ 。已知弹簧的劲度系数 $k = 100\text{N/m}$,弹簧始终处于弹性限度内,汽缸内壁光滑。取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$,求:

- (1) 活塞 A 的质量 m_A ;
- (2) 图乙中封闭气体的热力学温度 T 。



【答案】(1)2kg; (2)660K

【详解】(1) 设活塞B的质量为 m_B , 有

$$k(l_1 - l_0) = m_B g$$

$$m_A g + m_B g = (p_1 - p_0)(S_A - S_B)$$

解得

$$m_A = 2\text{kg}$$

(2) 活塞A上升过程中, 封闭气体的压强不变, 设活塞A上升的高度为 l , 有

$$m_A g + k(l_1 + l - l_0) = (p_1 - p_0)S_A$$

$$\frac{p_0 l_1 S_B}{T_0} = \frac{p_1 (l_1 S_B + l S_A)}{T}$$

解得

$$l = 0.5\text{m}, T = 660\text{K}$$

题目 8 (2024 上·河北沧州·高三泊头市第一中学校联考期末) 生活中常见到这样的现象: 给热水瓶灌上开水并用软木塞将瓶口盖紧, 过一会儿, 软木塞会蹦起来, 再塞紧软木塞, 经过一段时间后, 要拔出软木塞又会变得很吃力。如图所示, 一热水瓶的容积为 $2L$, 现倒入温度为 90°C 的热水 $1.5L$, 盖紧瓶塞, 设塞住瓶口瞬间封闭空气的温度为 57°C , 压强等于外界大气压。已知大气压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$, 瓶口的截面积 $S = 10\text{cm}^2$, 瓶塞与热水瓶间的最大静摩擦力为 $f_m = 11\text{N}$ 。瓶塞密封良好不漏气且重力忽略不计, 瓶中气体可视为理想气体, 不考虑瓶内水蒸气的影响。

(1) 若热水温度保持不变, 通过计算判断瓶塞会不会蹦起来?

(2) 当瓶内气体的温度降至 24°C 时, 至少要用多大的力才能将瓶塞拔出?



【答案】(1) 瓶塞不会蹦起来; (2) $F = 21\text{N}$

【详解】(1) 设瓶中气体温度升至 90°C , 依题意有

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1}$$

其中

$$T_0 = (273 + 57)\text{K} = 300\text{K}$$

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/298057132110006040>