

应用气体实验定律

解决“三类模型”问题

(一)

先讲解：

一定质量的理想气体三大实验定律

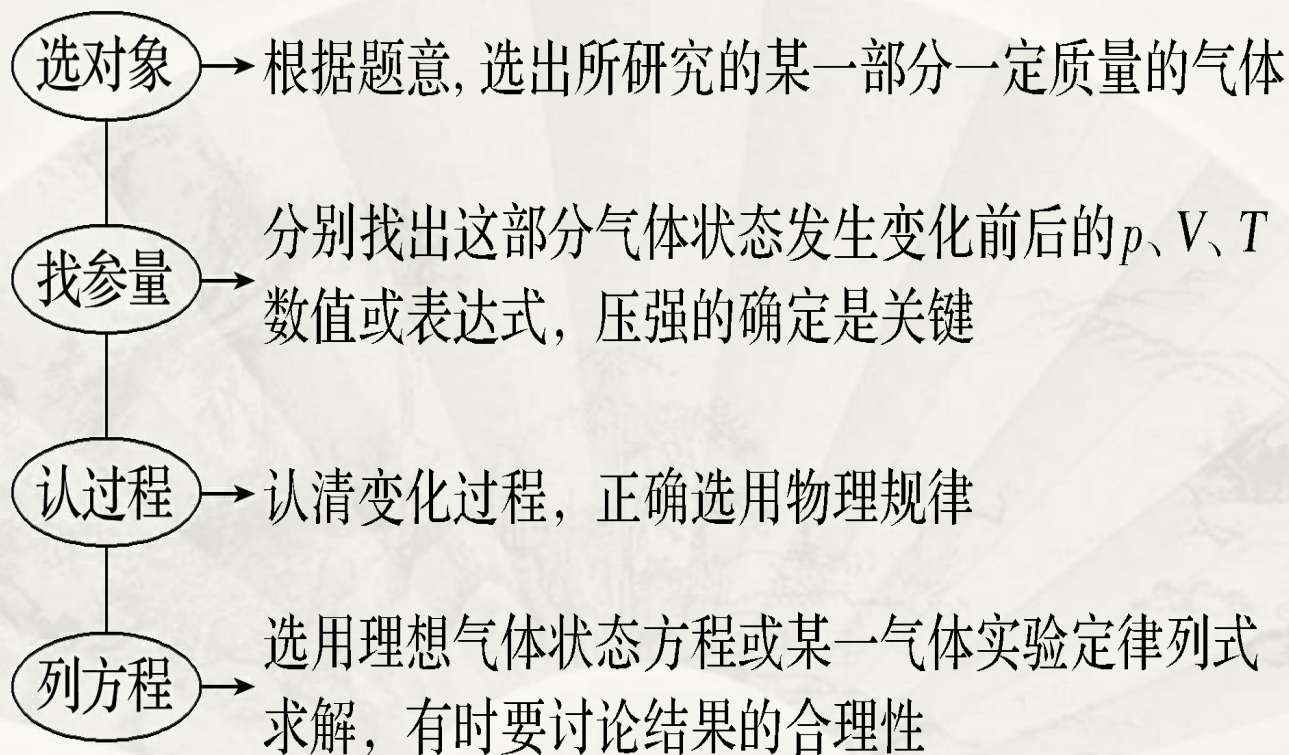
(1)玻意耳定律(等温变化): $p_1V_1 = p_2V_2$ 或 $pV = C$ (常数)。

(2)查理定律(等容变化): $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ 或 $\frac{p}{T} = C$ (常数)。

(3)盖 - 吕萨克定律(等压变化): $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ 或 $\frac{V}{T} = C$ (常数)。

考点一 “玻璃管液封” 模型

1. 解题基本思路



2.玻璃管液封模型

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，要注意：

(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。

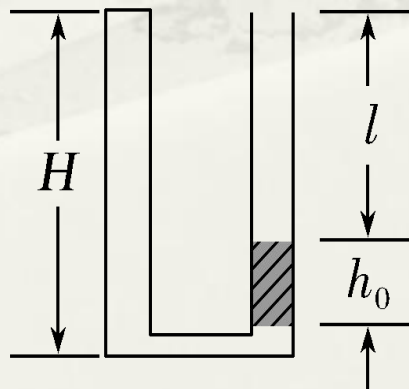
(4)当液体为水银时，可灵活应用压强单位“cmHg”等，使计算过程简捷。

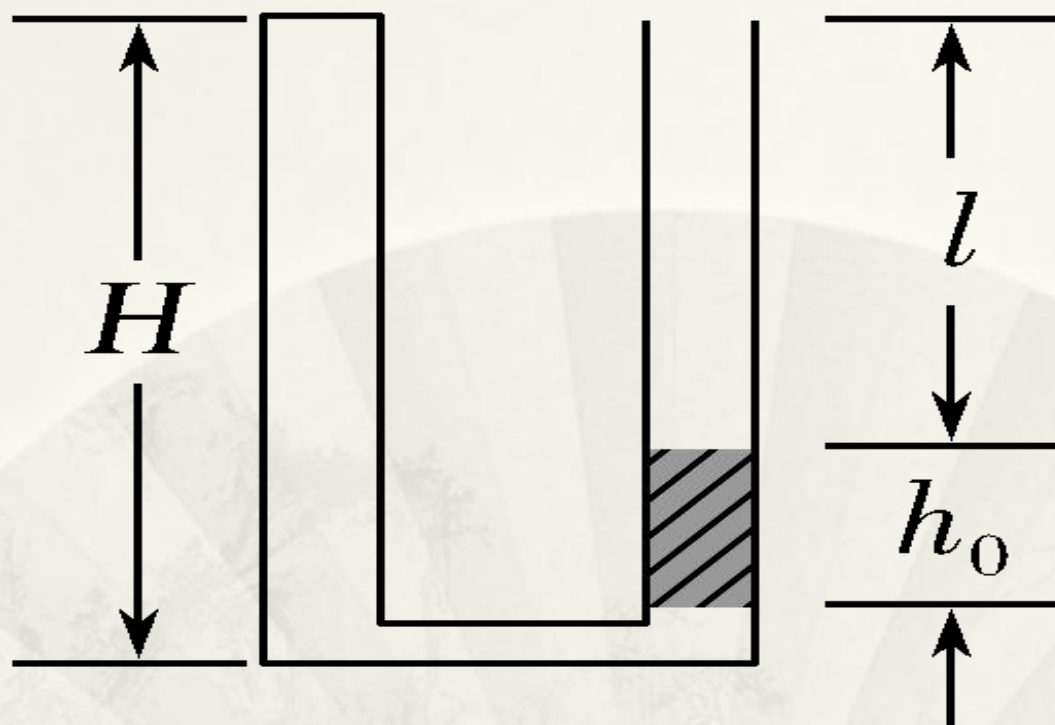
题型1 单独气体问题

【典例1】[2020·全国卷Ⅲ，33(2)]如图，两侧粗细均匀、横截面积相等、高度均为 $H = 18\text{ cm}$ 的U型管，左管上端封闭，右管上端开口。右管中有高 $h_0 = 4\text{ cm}$ 的水银柱，水银柱上表面离管口的距离 $l = 12\text{ cm}$ 。管底水平段的体积可忽略。环境温度为 $T_1 = 283\text{ K}$ ，大气压强 $p_0 = 76\text{ cmHg}$ 。

(i) 现从右侧端口缓慢注入水银(与原水银柱之间无气隙)，恰好使水银柱下端到达右管底部。此时水银柱的长度为多少？

(ii) 再将左管中密封气体缓慢加热，使水银柱上表面恰与右管口平齐，此时密封气体的温度为多少？



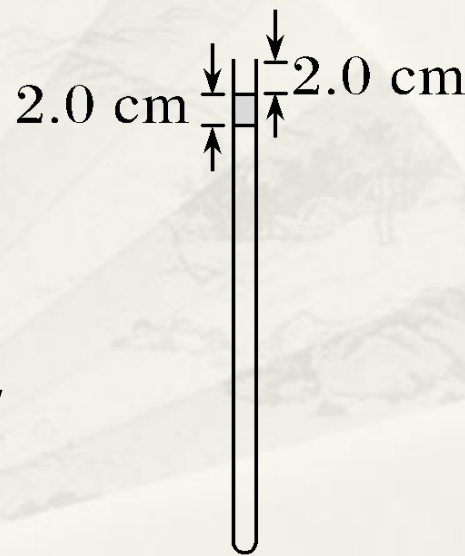


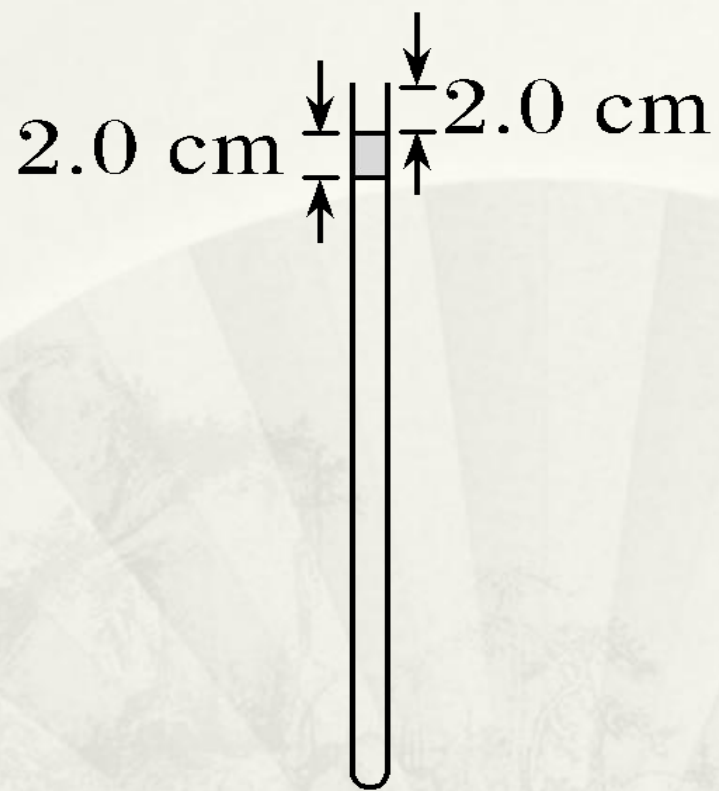
答案 (i) 12.88 cm (ii) 363.5K

【变式1】 [2019·全国卷III, 33(2)]如图, 一粗细均匀的细管开口向上竖直放置, 管内有一段高度为2.0 cm的水银柱, 水银柱下密封了一定量的理想气体, 水银柱上表面到管口的距离为2.0 cm。若将细管倒置, 水银柱下表面恰好位于管口处, 且无水银滴落, 管内气体温度与环境温度相同。已知大气压强为76 cmHg, 环境温度为296 K

(i)求细管的长度;

(ii)若在倒置前, 缓慢加热管内被密封的气体, 直到水银柱的上表面恰好与管口平齐为止, 求此时密封气体的温度。

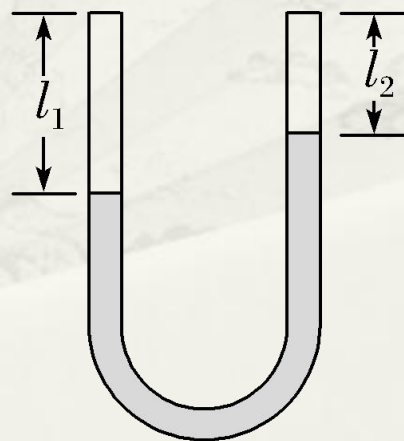


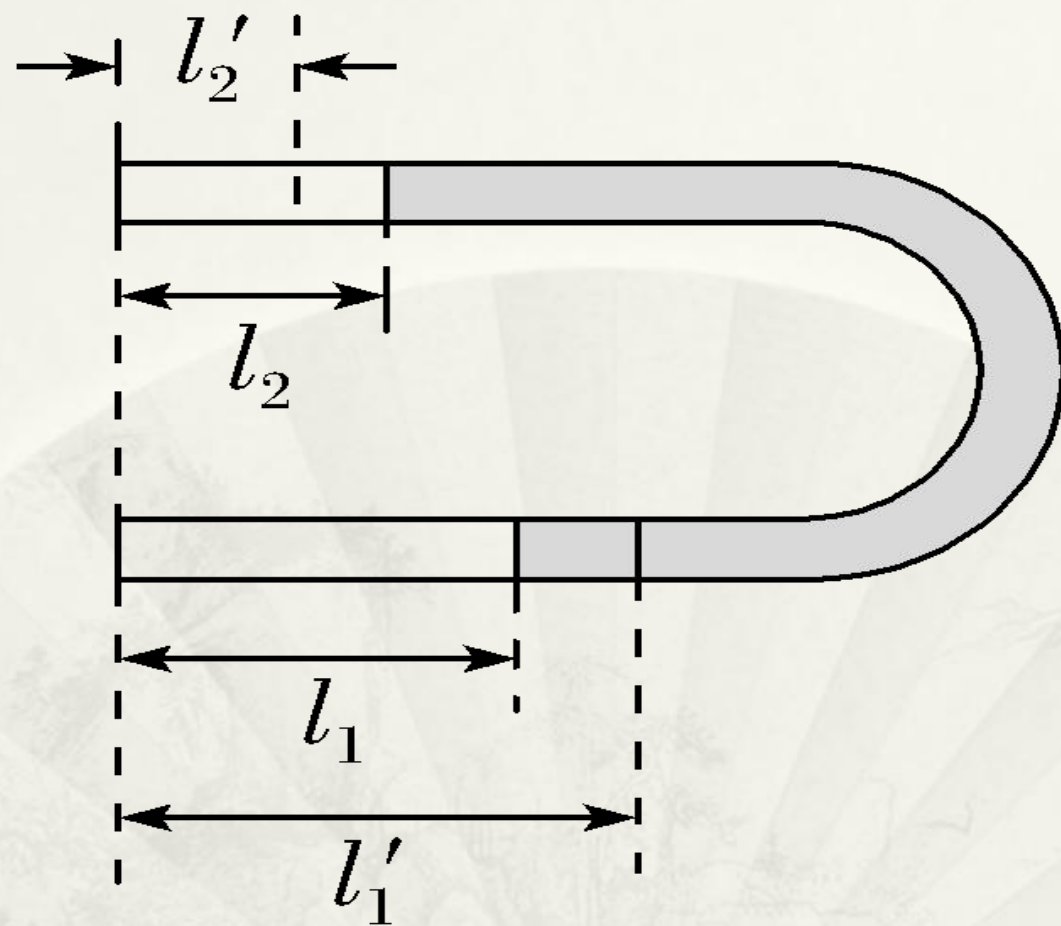


答案 (i) 41 cm (ii) 312 K

题型2 关联气体问题

【典例2】 [2018·全国卷III, 33(2)]如图所示, 在两端封闭、粗细均匀的U形细玻璃管内有一段水银柱, 水银柱的两端各封闭有一段空气。当U形管两端竖直朝上时, 左、右两边空气柱的长度分别为 $l_1 = 18.0 \text{ cm}$ 和 $l_2 = 12.0 \text{ cm}$, 左边气体的压强为 12.0 cmHg 。现将U形管缓慢平放在水平桌面上, 没有气体从管的一边通过水银逸入另一边。求U形管平放时两边空气柱的长度。在整个过程中, 气体温度不变。



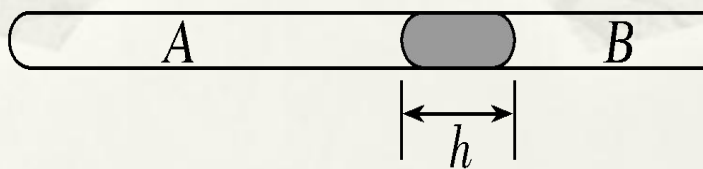


答案 22.5 cm 7.5 cm

【变式 2】 (2020·山东日照市 4 月模拟)如图所示, 一端封闭、内径均匀的细玻璃管长为 $L = 100\text{ cm}$, 中间有长 $h = 15\text{ cm}$ 的水银柱将一部分空气封闭在管内, 水平放置时, A 端空气柱的长度 $l_{A1} = 60\text{ cm}$ 。把玻璃管在竖直平面内缓慢倒转到开口竖直向下后(玻璃管转动过程中水银无泄漏), 再把开口端 B 缓慢插入足够深的水银槽内, 直到 B 端空气柱的长度变为 $l_B = \frac{25}{3}\text{ cm}$ 为止。已知外界大气压为 $p_0 = 75\text{ cmHg}$, 空气柱可视为理想气体, 在整个过程中温度保持不变。求:

(1) 开口竖直向下时 A 端空气柱的长度 l_{A2} ;

(2) 最后平衡时进入玻璃管的水银柱的长度 ΔL 。(可保留分数)



答案 (1)75 cm (2) $\frac{50}{3}$ cm

解析 (1)设玻璃管的横截面积为 S ，对 A 端气体，初始时 $p_{A1}=75$ cmHg， $l_{A1}=60$ cm

转过 90° ，插入水银槽之前，对 A 端气体：

$$p_{A2}=p_0-h=60 \text{ cmHg}$$

此过程为等温变化，所以有 $p_{A1}\cdot l_{A1}S=p_{A2}\cdot l_{A2}S$

$$\text{解得 } l_{A2}=75 \text{ cm}$$

(2)开口竖直向下时， B 气柱长度 $l_{B2}=L-h-l_{A2}=10$ cm，压强

$$p_{B2}=75 \text{ cmHg}$$

玻璃管插入水银槽之后，对 B 端气体 $l_{B3}=l_B=\frac{25}{3}$ cm

由 $p_{B2} \cdot l_{B2} S = p_{B3} \cdot l_{B3} S$

解得 $p_{B3} = 90 \text{ cmHg}$

此时 $p_{A3} = p_{B3} - h = 75 \text{ cmHg}$

可知 $l_{A3} = 60 \text{ cm}$

可得进入玻璃管的水银柱长度为

$$\Delta L = L - h - l_{B3} - l_{A3} = \frac{50}{3} \text{ cm}$$

考点二 “汽缸活塞类” 模型

1.一般思路

(1)确定研究对象，一般地说，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)挖掘题目的隐含条件，如几何关系等，列出辅助方程。

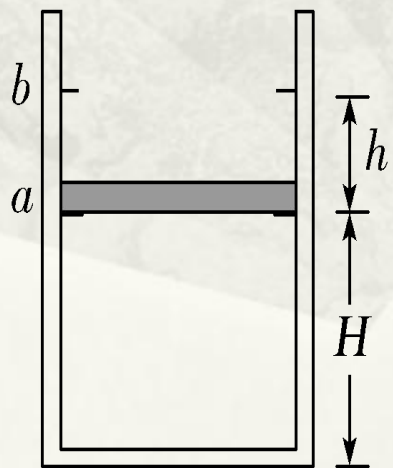
(4)多个方程联立求解。对求解的结果注意检验它们的合理性。

2.常见类型

- (1)气体系统处于平衡状态，需综合应用气体实验定律和物体的平衡条件解题。
- (2)气体系统处于力学非平衡状态，需要综合应用气体实验定律和牛顿运动定律解题。
- (3)两个或多个汽缸封闭着几部分气体，并且汽缸之间相互关联的问题，解答时应分别研究各部分气体，找出它们各自遵循的规律，并写出相应的方程，还要写出各部分气体之间压强或体积的关系式，最后联立求解。

题型1 单独气体问题

【典例3】 [2018·全国卷Ⅱ，33(2)]如图，一竖直放置的汽缸上端开口，汽缸壁内有卡口 a 和 b ， a 、 b 间距为 h ， a 距缸底的高度为 H ；活塞只能在 a 、 b 间移动，其下方密封有一定质量的理想气体。已知活塞质量为 m ，面积为 S ，厚度可忽略；活塞和汽缸壁均绝热，不计它们之间的摩擦。开始时活塞处于静止状态，上、下方气体压强均为 p_0 ，温度均为 T_0 。现用电热丝缓慢加热汽缸中的气体，直至活塞刚好到达 b 处。求此时汽缸内气体的温度



解析 开始时活塞位于 a 处，加热后，汽缸中的气体先经历等容过程，直至活塞开始运动。设此时汽缸中气体的温度为 T_1 ，压强为 p_1 ，根据查理定律有

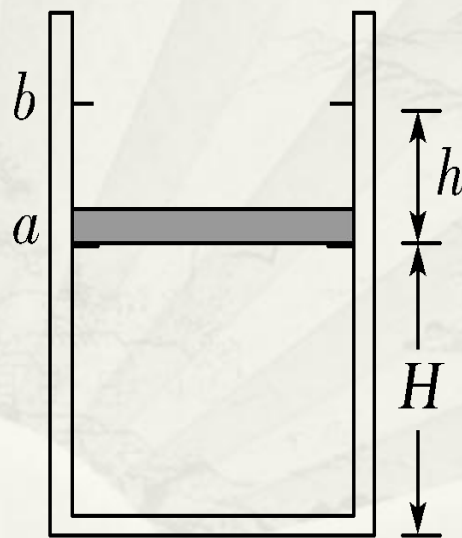
$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1} \text{①}$$

根据力的平衡条件有

$$p_1 S = p_0 S + mg \text{②}$$

联立①②式可得

$$T_1 = \left(1 + \frac{mg}{p_0 S}\right) T_0 \text{③}$$



此后，汽缸中的气体经历等压过程，直至活塞刚好到达***b***处，设此时汽缸中气体的温度为***T*₂**；活塞位于***a***处和***b***处时气体的体积分别为***V*₁**和***V*₂**。根据盖—吕萨克定律有

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{④} \quad \text{式中 } V_1 = SH \text{⑤} \quad V_2 = S(H+h) \text{⑥}$$

$$\text{联立③④⑤⑥式解得 } T_2 = \left(1 + \frac{h}{H}\right) \left(1 + \frac{mg}{p_0 S}\right) T_0 \text{⑦}$$