

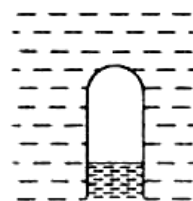
【高三物理 典题训练 09】

气体问题综合分析 答案详解

【题型 1】气体压强与浮力的综合应用

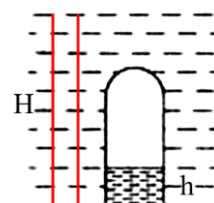
【典例 1】一粗细均匀的玻璃管开口向下，如图所示，竖直全部插入水中，在某深度处恰好保持静止。当外界条件发生变化时，下列判断中正确的是（ ）

- A. 再把玻璃管向下推一点，放手后又回到原位置
- B. 当大气压减小时，玻璃管将向上加速运动
- C. 当水温降低时，玻璃管加速下降
- D. 当减小玻璃管的重力(其他条件不变)，玻璃管静止位置会比原来高



【答案】BC

【解析】根据题意得到如右图的处理结果，设管内水柱长 h ，管底距离水面 H ，大气压强为 P_0 ，气体压强为 $P_{气}$ 。则一方面，气体需满足相关的压强关系；另一方面，气体与管组成的系统悬浮在水中，故平衡条件有两个：



(1) 压强平衡条件： $P_{气} = P_0 + \rho g(H-h)$;

(2) 受力平衡条件： $G_{管} + G_{气} = G_{排} = \rho V g$ ，其中排水体积 V 即为气体体积。

A、如果略有上移，即 H 减小，则第一个平衡打破（非稳定平衡）， $P_{气}$ 减小， V 增大，一些水挤出来，打破第二个平衡，浮力增大，玻璃管上浮。下移的情况类似，玻璃管下沉。A 选项错误。

B、当 P_0 降低时，第一个平衡被打破， $P_{气}$ 减小， V 增大，一些水被排出，打破第二个平衡，浮力增大，玻璃管上浮，B 正确。

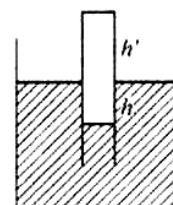
C、当水温降低时，气体温度 T 减小，先导致 $P_{气}$ 降低，第一个平衡被打破，因无法根据 $PV/T = C$ 直接判断体积变化情况，故假设体积 V 不变，由第一个平衡可知， $P_{气}$ 降低，则 h 变大，即更多水被吸入，可知 V 实际上减小。继而打破第二个平衡，管子加速下沉，所以 C 也正确。

D、当瓶子重量减小时，如果仍要求平衡，第二个平衡条件要求气体体积 V 减小（ h 增大），根据 $PV = C$ ，因此 $P_{气}$ 要升高，由第一个平衡条件知只可能为 H 增大，即静止位置会更低，所以 D 错误。

【考点】压强，气体状态方程，平衡条件，浮力。

【典例 2】如图所示，开口向下的小玻璃管封闭一定质量的空气，浸在液体中处于静止状态，管内、外液面高度差为 h ，管外液面以上的管长为 h' ，已知大气压强为 p_0 ，则下面说法中正确的是（ ）

- A. p_0 增大时， h 不变
- B. p_0 增大时， h' 不变
- C. 温度升高时， h 减小
- D. 温度升高时， h' 减小



【答案】A

【解析】A、C：设玻璃管的重力为 G ，横截面积为 S ，液体的密度为 ρ 。玻璃管静止在液体中，受到的浮

力与重力平衡，则有 $\rho gSh = G$ ，得 $h = \frac{G}{\rho gS}$ ，式中 G 、 ρ 、 S 、 g 都不变， h 与大气压强 p_0 和管内

气体、压强温度等均无关，故当大气压强 p_0 增大时， h 不变，温度升高时， h 也不变。故 A 正确，C 错误。

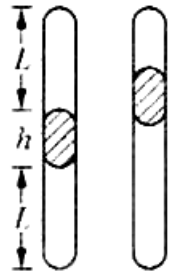
B、当 p_0 增大时，由于 h 不变，根据平衡条件可知管内气体的压强增大，则根据玻意耳定律可知管内气体的体积必减小，即 h' 变小，故 B 错误。

D、由于 p_0 和 h 不变，根据平衡条件可知管内气体压强不变，当温度升高时，根据盖吕萨克定律可知管内气体体积必增大，即 h' 变大，故 D 错误。

【考点】压强，气体状态方程，平衡条件，浮力。

【题型 2】系统加速度问题

[典例 3] 如图所示为两端封闭的均匀直玻璃管，竖直放置，内用高 h 的汞柱把管内空气分为上、下两部分，静止时，两段空气柱的长均为 L ，上端空气柱压强为 $p_1 = 2\rho gh$ (ρ 为水银的密度)。当玻璃管随升降机一起在竖直方向上做匀变速运动时，稳定后发现上端空气柱长减为 $2L/3$ ，则下列说法中正确的是 ()



- A. 稳定后上段空气柱的压强大于 $2\rho gh$
- B. 稳定后上下两段空气柱的压强差小于 ρgh
- C. 升降机一定在加速上升
- D. 升降机可能在匀减速上升

【答案】C

【解析】A、对上段空气柱，在玻璃管随升降机一起在竖直方向上做匀变速运动时，上段空气柱作等温变

化。初态： $p_1 = 2\rho gh$ ， $V_1 = LS$ ；末态： p_2 未知， $V_2 = \frac{2}{3}LS$ 。

根据玻意耳定律 $p_1V_1 = p_2V_2$ 得： $p_2 = \frac{p_1V_1}{V_2} = 3\rho gh > 2\rho gh$ ，故 A 正确。

B、对下段空气柱，在玻璃管随升降机一起在竖直方向上做匀变速运动时，上段空气柱作等温变化。初态： $p_1' = 2\rho gh + \rho gh = 3\rho gh$ ， $V_1' = LS$ ；末态： p_2' 未知， $V_2' = \frac{4}{3}LS$ 。

根据玻意耳定律 $p_1'V_1' = p_2'V_2'$ 得： $p_2' = 2.25\rho gh < 3\rho gh$ ，故 B 正确。

C、D，取竖直向下为正方向，对水银柱受力分析。

根据牛顿第二定律得： $\rho ghS + p_1S - p_1'S = \rho hSa$ 。

代入得： $\rho ghS + 3\rho ghS - 2.25\rho ghS = \rho hSa$ ，解得 $a = 1.75g > 0$ 。

则知升降机的加速度竖直向下，升降机可能减速上升，也可能加速下降，故 C 错误，D 正确。

本题选错误的，故选：C。

【考点】气体压强，汞柱压强，气体状态方程，平衡条件，牛顿第二定律。

【典例 4】左端封闭、右端开口的粗细均匀的 U 型玻璃管，倒置时如图，其中斜线部分为水银。若此管保持竖直状态做自由落体运动，则与释放前相比（ ）

- A. 气柱 I 长度将增大
- B. 气柱 II 的压强不变
- C. 右管中水银面相对玻璃管将上移
- D. 左管中水银柱 A 相对玻璃管将上移



【答案】 BC

【解析】由图示可知，气柱 I 的压强 $P_1 = P_0 - h$ ，气柱 II 的压强 $P_2 = P_1 + h = P_0$ ；当 U 型管做自由落体运动时，管中水银对气柱不产生压强。

A、C，气柱 I 的压强 P 变大，温度 T 不变，由 $PV/T = C$ 可知，气体体积 V 减小，气柱长度将减小，I 上部水银向下移动，右管中水银面相对玻璃管将上移，故 A 错误，C 正确；

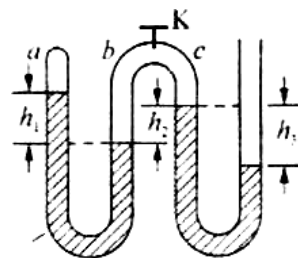
B、D，U 型管自由下落时，气柱 II 的压强 P 不变，温度 T 不变，由 $PV/T = C$ 可知，气体体积 V 不变，左管中水银柱 A 相对玻璃管不动，故 B 正确，D 错误；故选 BC。

【考点】 气体压强，汞柱压强，气体状态方程。

【题型 3】汞柱、活塞的运动与平衡问题

【典例 5】如图所示，竖直放置的弯曲管 a 管封闭，d 管开口，b、c 管连接处有一关闭的阀门 K。液体将两段空气封闭在管内，管内各液面间高度差是 $h_3 > h_1 > h_2$ ，且 $h_3 < 2h_2$ 。现将阀门 K 打开，则会出现的情况是（ ）

- A. h_1 、 h_2 和 h_3 均为零
- B. h_1 减小， h_2 和 h_3 均为零
- C. h_1 增大， h_2 和 h_3 均为零
- D. h_1 增大， h_3 为零， h_2 不为零

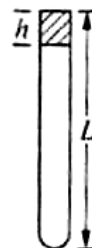


【答案】 D

【解析】d 管开口与空气连通，则其压强为一个大气压，可以判断 a 管及 b、c 管内气体压力小于一个大气压。打开阀门 K，由 b、c 管处与大气相通，则压强会变为一个大气压，又 $P_c = P_0 - \rho gh_3$ ，由此判断，一定有 $h_3 = 0$ ；说明阀门 K 打开后，bc 部分气体压强从小于 P_0 变成等于大气压强 P_0 ，b、c 的压强增大了。假设 h_1 不变，则 a 部分气体要缩小，水银柱 h_1 要上升，所以 h_1 增大，所以 AB 错误；由于 $h_3 > h_1 > h_2$ ，即 $h_3 + h_1 > 2h_2$ ，若 $h_2 = 0$ ，则必要满足以下关系： $h_2 - h_3/2 = h_1/2$ ，即： $h_3 + h_1 = 2h_2$ ，与 $h_3 + h_1 > 2h_2$ 矛盾，故 h_2 不能等于 0，所以 C 错误，D 正确；故选 D。

【考点】 气体压强，汞柱压强，气体状态方程。

【典例 6】粗细均匀的玻璃管长 90cm，下端封闭，上端开口，竖直放置，有一段 $h = 8\text{cm}$ 的水银柱，封闭了一部分气体，水银面正好与管口相平，外界大气压 $p_0 = 76\text{cmHg}$ 。用吸管从管口缓慢地向外吸出水银，要使气体不因膨胀过大而导致水银外溢，最多能吸出多少原来的水银？



【答案】 2 cm

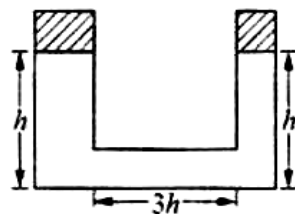
【解析】设吸出 $x\text{cmHg}$ 后，空气柱长度增加 $y\text{cm}$ ，则水银不溢出的条件是 $y \leq x$ 。

$$P_1 = 84\text{cmHg}, V_1 = 82 \cdot S\text{cm}^3; P_2 = (84 - x)\text{cmHg}, V_2 = (82 + y) \cdot S\text{cm}^3, \text{ 根据 } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{得 } y = \frac{84 \times 82}{84 - x} - 82, \text{ 又 } y \leq x, \text{ 解得: } x \leq 2\text{cm}。$$

【考点】气体状态方程，水银溢出问题。

【典例 7】如图所示为两端开口向上的 U 形气缸，内充有空气，在其筒口将质量相同的两个活塞用向上拉力使它们维持在同一高度 h ，左筒横截面积为 $2S$ ，右筒及水平管横截面积均为 S ，底部长为 $3h$ ，筒内空气压强等于大气压强 p_0 。初始位置时，活塞下表面与筒门平齐，求当活塞质量 m 满足什么条件时，放开活塞后气缸中空气不会漏出？（不计活塞与筒壁的摩擦，且左、右筒活塞厚度均大于水平管的直径，筒内空气的温度保持不变）



【答案】当活塞质量 $m \geq \frac{2p_0 S}{5g}$ 时，放开活塞后气缸中空气不会漏出

【解析】初状态：未放开活塞时， $p_1 = p_0$ ， $V_1 = 2Sh + 3Sh + Sh = 6Sh$

末状态：放开活塞后，气缸中空气不漏出，

对左活塞： $p_2 \cdot 2S - p_0 \cdot 2S - mg = 0$ ；

对右活塞： $p_2 \cdot S - p_0 \cdot S - mg = 0$ 。

两式不可同时成立，所以末状态时右活塞位于容器底部，左活塞不能再上升

所以 $V_2 \leq 3Sh + 2Sh = 5Sh$ ，所以 $p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$ ，得 $p_2 \geq \frac{6}{5} p_0$ 。

由 $p_2 \cdot 2S = p_0 \cdot 2S + mg$ ，得 $m \geq \frac{2p_0 S}{5g}$ 。

【考点】气体状态方程，平衡方程。