

第 11.2 节 固体、液体和气体

{INCLUDEPICTURE"第十一章 2.TIF"}

要点一 固体、液体的性质 {INCLUDEPICTURE"自主悟透型.tif"}

1. 晶体和非晶体

- (1) 单晶体具有各向异性, 但在各种物理性质上都表现出各向异性。
- (2) 只要是具有各向异性的物体必定是晶体, 且是单晶体。
- (3) 只要是具有确定熔点的物体必定是晶体, 反之, 必是非晶体。
- (4) 晶体和非晶体在一定条件下可以相互转化。

2. 液体表面张力

(1) 形成原因:

表面层中分子间的距离比液体内部分子间的距离大, 分子间的相互作用力表现为引力。

(2) 表面特性:

表面层分子间的引力使液面产生了表面张力, 使液体表面好像一层绷紧的弹性薄膜。

(3) 表面张力的方向:

和液面相切, 垂直于液面上的各条分界线。

(4) 表面张力的效果:

表面张力使液体表面具有收缩趋势, 使液体表面积趋于最小, 而在体积相同的条件下, 球形的表面积最小。

[多角练通]

1. 液体与固体具有的相同特点是()
 - A. 都具有确定的形状
 - B. 体积都不易被压缩
 - C. 物质分子的位置都确定
 - D. 物质分子都在固定位置附近振动
2. (多选) 人类对物质属性的认识是从宏观到微观不断深入的过程, 以下说法正确的是()
 - A. 液晶的分子势能与体积有关
 - B. 晶体的物理性质都是各向异性的
 - C. 温度升高, 每个分子的动能都增大
 - D. 露珠呈球状是由于液体表面张力的作用

要点二 气体压强的产生与计算 {INCLUDEPICTURE"师生共研型.tif"}

1. 产生的原因: 由于大量分子无规则运动而碰撞器壁, 形成对器壁各处均匀、持续的压力, 作用在器壁单位面积上的压力叫做气体的压强。
2. 决定因素

(1)宏观上：决定于气体的温度和体积。

(2)微观上：决定于分子的平均动能和分子的密集程度。

3. 平衡状态下气体压强的求法

(1)液片法：选取假想的液体薄片(自身重力不计)为研究对象，分析液片两侧受力情况，建立平衡方程，消去面积，得到液片两侧压强相等方程，求得气体的压强。

(2)力平衡法：选取与气体接触的液柱(或活塞)为研究对象进行受力分析，得到液柱(或活塞)的受力平衡方程，求得气体的压强。

(3)等压面法：在连通器中，同一种液体(中间不间断)同一深度处压强相等。液体内深 h 处的总压强 $p=p_0+\rho gh$ ， p_0 为液面上方的压强。

4. 加速运动系统中封闭气体压强的求法

选取与气体接触的液柱(或活塞)为研究对象，进行受力分析，利用牛顿第二定律列方程求解。

[典例] 如图 11-2-1 所示，一气缸水平固定在静止的小车上，一质量为 m ，面积为 S 的活塞将一定量的气体封闭在气缸内，平衡时活塞与气缸底相距 L 。现让小车以一较小的水平恒定加速度向右运动，稳定时发现活塞相对于气缸移动了距离 d 。已知大气压强为 p_0 ，不计气缸和活塞间的摩擦；且小车运动时，大气对活塞的压强仍可视作 p_0 ；整个过程温度保持不变。求小车加速度的大小。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-12.TIF"}

图 11-2-1

[针对训练]

1. 如图 11-2-2 所示, 光滑水平面上放有一质量为 M 的气缸, 气缸内放有一质量为 m 的可在气缸内无摩擦滑动的活塞, 活塞面积为 S 。现用水平恒力 F 向右推气缸, 最后气缸和活塞达到相对静止状态, 求此时缸内封闭气体的压强 p 。(已知外界大气压为 p_0)

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-13.TIF"}

图 11-2-2

2. 若已知大气压强为 p_0 , 在图 11-2-3 中各装置均处于静止状态, 图中液体密度均为 ρ , 求被封闭气体的压强。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-14.TIF"}

图 11-2-3

要点三 气体实验定律的应用

[典例 1] 如图 11-2-4, 两气缸 A 、 B 粗细均匀、等高且内壁光滑, 其下部由体积可忽略的细管连通; A 的直径是 B 的 2 倍, A 上端封闭, B 上端与大气连通; 两气缸除 A 顶部导热外, 其余部分均绝热。两气缸中各有一厚度可忽略的绝热轻活塞 a 、 b , 活塞下方充有氮气, 活塞 a 上方充有氧气。当大气压为 p_0 、外界和气缸内气体温度均为 $7\text{ }^\circ\text{C}$ 且平衡时, 活塞 a 离气缸顶的距离是气缸高度的 $\frac{1}{4}$, 活塞 b 在气缸正中间。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-16.TIF"}

图 11-2-4

(1) 现通过电阻丝缓慢加热氮气, 当活塞 b 恰好升至顶部时, 求氮气的温度;

(2) 继续缓慢加热, 使活塞 a 上升。当活塞 a 上升的距离是气缸高度的 $\frac{1}{6}$ 时, 求氧气的压强。

[典例 2] 一定质量的理想气体被活塞封闭在竖直放置的圆柱形气缸内。气缸壁导热良好，活塞可沿气缸壁无摩擦地滑动。开始时气体压强为 p ，活塞下表面相对于气缸底部的高度为 h ，外界的温度为 T_0 。现取质量为 m 的沙子缓慢地倒在活塞的上表面，沙子倒完时，活塞下降了 $h/4$ 。若此后外界的温度变为 T ，求重新达到平衡后气体的体积。已知外界大气的压强始终保持不变，重力加速度大小为 g 。

[针对训练]

1. 一种水下重物打捞方法的工作原理如图 11-2-5 所示。将一质量 $M=3\times 10^3\text{ kg}$ 、体积 $V_0=0.5\text{ m}^3$ 的重物捆绑在开口朝下的浮筒上。向浮筒内充入一定量的气体，开始时筒内液面到水面的距离 $h_1=40\text{ m}$ ，筒内气体体积 $V_1=1\text{ m}^3$ 。在拉力作用下浮筒缓慢上升。当筒内液面到水面的距离为 h_2 时，拉力减为零，此时气体体积为 V_2 ，随后浮筒和重物自动上浮。求 V_2 和 h_2 。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-17.TIF"}

图 11-2-5

已知大气压强 $p_0=1\times 10^5\text{ Pa}$ ，水的密度 $\rho=1\times 10^3\text{ kg/m}^3$ ，重力加速度的大小 $g=10\text{ m/s}^2$ 。不计水温变化，筒内气体质量不变且可视为理想气体，浮筒质量和筒壁厚度可忽略。

2. 如图 11-2-6 为一种减震垫,上面布满了圆柱状薄膜气泡,每个气泡内充满体积为 V_0 , 压强为 p_0 的气体,当平板状物品平放在气泡上时,气泡被压缩。若气泡内气体可视为理想气体,其温度保持不变,当体积压缩到 V 时气泡与物品接触面的面积为 S ,求此时每个气泡内气体对接触面处薄膜的压力。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-18.TIF"}

图 11-2-6

要点四 理想气体状态方程的应用

[典例] 如图 11-2-7 所示,有两个不计质量的活塞 M 、 N 将两部分理想气体封闭在绝热气缸内,温度均是 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。 M 活塞是导热的, N 活塞是绝热的,均可沿气缸无摩擦地滑动,已知活塞的横截面积均为 $S=2\text{ cm}^2$,初始时 M 活塞相对于底部的高度为 $H=27\text{ cm}$, N 活塞相对于底部的高度为 $h=18\text{ cm}$ 。现将一质量为 $m=400\text{ g}$ 的小物体放在 M 活塞的上表面上,活塞下降。已知大气压强为 $p_0=1.0\times 10^5\text{ Pa}$,

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-19.tif"}

图 11-2-7

(1)求下部分气体的压强多大;

(2)现通过加热丝对下部分气体进行缓慢加热,使下部分气体的温度变为 $127\text{ }^{\circ}\text{C}$,求稳定后活塞 M 、 N 距离底部的高度。

[针对训练]

1.如图 11-2-8 所示，透热的气缸内封有一定质量的理想气体，缸体质量 $M=200\text{ kg}$ ，活塞质量 $m=10\text{ kg}$ ，活塞面积 $S=100\text{ cm}^2$ 。活塞与气缸壁无摩擦且不漏气。此时，缸内气体的温度为 $27\text{ }^\circ\text{C}$ ，活塞位于气缸正中，整个装置都静止。已知大气压恒为 $p_0=1.0\times 10^5\text{ Pa}$ ，重力加速度为 $g=10\text{ m/s}^2$ 。求：

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-20.tif"}

图 11-2-8

(1)缸内气体的压强 p_1 ；

(2)缸内气体的温度升高到多少 $^\circ\text{C}$ 时，活塞恰好会静止在气缸缸口 AB 处？

2.如图 11-2-9 所示, 在一端封闭的 U 形管中用水银柱封闭一段空气柱 L , 当空气柱的温度为 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 左管水银柱的长度 $h_1=10\text{ cm}$, 右管水银柱长度 $h_2=7\text{ cm}$, 气柱长度 $L=13\text{ cm}$; 当空气柱的温度变为 $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, h_1 变为 7 cm 。求: 当时的大气压强和末状态空气柱的压强(单位用 cmHg)。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-21.tif"}

图 11-2-9

要点五 气体状态变化的图像问题

[典例] (多选)一定质量理想气体的状态经历了如图 11-2-10 所示的 ab 、 bc 、 cd 、 da 四个过程, 其中 bc 的延长线通过原点, cd 垂直于 ab 且与水平轴平行, da 与 bc 平行, 则气体体积在()

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-26.tif"}

图 11-2-10

- A. ab 过程中不断增加
- B. bc 过程中保持不变
- C. cd 过程中不断增加
- D. da 过程中保持不变

[针对训练]

1. 图 11-2-11 为一定质量理想气体的压强 p 与体积 V 关系图像, 它由状态 A 经等容过程到状态 B , 再经等压过程到状态 C , 设 A 、 B 、 C 状态对应的温度分别为 T_A 、 T_B 、 T_C , 则下列关系式中正确的是_____。(填选项前的字母)

{INCLUDEPICTURE"14LZFJ14.tif"}

图 11-2-11

- A. $T_A < T_B$, $T_B < T_C$
- B. $T_A > T_B$, $T_B = T_C$
- C. $T_A > T_B$, $T_B < T_C$
- D. $T_A = T_B$, $T_B > T_C$

2. 某同学利用 DIS 实验系统研究一定质量理想气体的状态变化, 实验后计算机屏幕显示如图 11-2-12 所示的 p - t 图像。已知在状态 B 时气体的体积 $V_B = 3 \text{ L}$, 求:

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-28.TIF"}

图 11-2-12

- (1) 气体在状态 A 的压强;
- (2) 气体在状态 C 的体积。