

热学

目录

题型一 分子动理论、内能与热力学定律

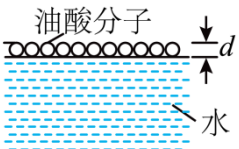
题型二 气体热现象的微观意义、固体和液体

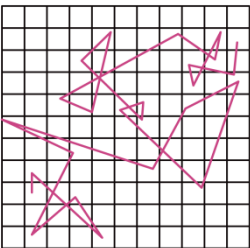
题型三 气体实验定律和理想气体状态方程

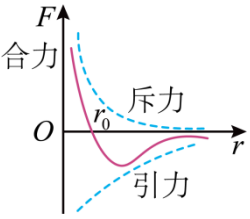
题型四 气体实验定律与图象、热力学第一定律综合应用

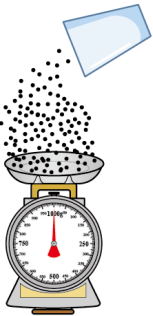
题型一 分子动理论、内能与热力学定律

例 1 (2024 下·北京顺义·高三牛栏山一中校考阶段练习) 下列四幅图分别对应四种说法, 其中正确的是 ()

A.  分子并不是球形, 但可以当做球形处理, 这是一种估算方法

B.  微粒的运动就是物质分子的无规则热运动, 即布朗运动

C.  当两个相邻的分子间距离小于 r_0 时, 它们间相互作用的引力大小大于斥力大小

D.  实验中要尽可能保证每颗玻璃球与电子秤碰撞时的速率相等

【答案】A

【详解】A. 图 A 是油膜法估测分子的大小, 分子并不是球形, 但可以当做球形处理, 这是一种估算方法, 故 A 正确;
 B. 微粒的运动是固体小颗粒的无规则运动, 即布朗运动, 故 B 错误;
 C. 当两个相邻的分子间距离小于 r_0 时, 它们间相互作用力主要表现为斥力, 则引力大小小于斥力大小, 故 C 错误;
 D. 模拟气体压强实验中, 气体分子速率不一定相等, 因此实验中每颗玻璃球与电子秤碰撞时的速率不一定相等, 故 D 错误。
 故选 A。

例 2 (2023 上·天津·高三统考期中) 下列选项不正确的是 ()

- A. 物质由大量的分子组成, 分子间有间隙 B. 所有分子永不停息地做无规则运动
 C. 分子间存在着相互作用的引力和斥力 D. 布朗运动就是分子的运动

【答案】D

【详解】A. 物质是由大量分子组成的, 分子间有间隙, 属于分子动理论的基本内容, 故 A 正确, 不符题意;
 B. 分子在永不停息地做无规则的热运动, 并且温度越高, 分子的无规则运动越剧烈, 属于分子动理论的基本内容, 故 B 正确, 不符题意;
 C. 分子之间存在相互作用的引力和斥力, 并且引力和斥力同时存在, 属于分子动理论的基本内容, 故 C 正确, 不符题意。
 D. 布朗运动是悬浮微粒的运动, 不是分子的运动, 它只是液体分子无规则运动的具体表现, 故 D 错误, 符合题意。
 本题选不正确的, 故选 D。

例 3 (2023 上·上海静安·高三上海市新中高级中学校考期中) 已知某种物质的摩尔质量为 μ , 单位体积的质量为 ρ , 阿伏加德罗常数为 N_A , 那么这种物质单位体积中所含的分子数为 ()

- A. $\frac{N_A}{\rho}$ B. $\frac{N_A}{\mu}$ C. $\frac{\rho N_A}{\mu}$ D. $\frac{N_A}{\mu\rho}$

【答案】C

【详解】单位体积的摩尔数为

$$n = \frac{\rho}{\mu}$$

则单位体积中所含的分子数为

$$N = n \cdot N_A = \frac{\rho}{\mu} \cdot N_A$$

故选 C。

【知识点提炼】

1. 分子动理论

(1) 分子大小

① 分子体积 (或占有空间的体积): $V_0 = \frac{V_{\text{mol}}}{N_A}$ 。

② 分子质量: $m_0 = \frac{M_{\text{mol}}}{N_A}$ 。

③ 油膜法估测分子的直径: $d = \frac{V}{S}$ 。

④ 两种微观模型

a. 球体模型 (适用于固体、液体): 一个分子的体积 $V_0 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{1}{6}\pi d^3$, d 为分子的直径。

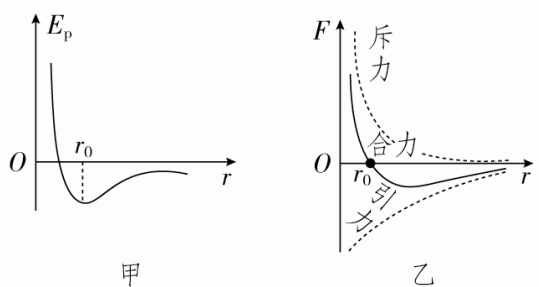
b. 立方体模型 (适用于气体): 一个分子占据的平均空间体积 $V_0 = d^3$, d 为分子间的距离。

(2) 分子热运动的实验基础: 扩散现象和布朗运动

① 扩散现象特点: 温度越高, 扩散越快。

② 布朗运动特点: 液体内固体小颗粒永不停息、无规则地运动, 颗粒越小、温度越高, 运动越剧烈。(反映了液体分子的无规则运动, 但并非液体分子的无规则运动)

(3) 分子势能、分子力与分子间距离的关系



2. 热力学第一定律的灵活应用

(1) 应用热力学第一定律时, 要注意各符号正负的规定, 并要充分考虑改变内能的两个因素: 做功和热传递。不能认为物体吸热 (或对物体做功), 物体的内能一定增加。

(2) 若研究物体为气体, 对气体做功的正负由气体的体积决定, 气体体积增大, 气体对外做功, W 为负值; 气体的体积减小, 外界对气体做功, W 为正值。

(3) 三种特殊情况

① 若过程是绝热的, 则 $Q = 0$, $W = \Delta U$, 外界对物体 (物体对外界) 做的功等于物体内能的增加量 (减少量)。

② 若过程中不做功, 即 $W = 0$, $Q = \Delta U$, 物体吸收 (放出) 的热量等于物体内能的增加量 (减少量)。

③ 若过程的始、末状态物体的内能不变, 即 $\Delta U = 0$, 则 $W + Q = 0$ 或 $W = -Q$, 外界对物体做的功等于物体放出的热量 (物体对外界做的功等于物体吸收的热量)。

【变式演练】

题目 1 (2023 下·北京大兴·高三统考期末) 用油膜法估测油酸分子直径的实验中, 一滴油酸酒精溶液中油酸的体积为 V , 油膜面积为 S , 油酸的摩尔质量为 M , 阿伏伽德罗常数为 N_A , 下列说法正确的是 ()

A. 一个油酸分子的质量为 $\frac{M}{N_A}$

B. 一个油酸分子的体积为 $\frac{V}{N_A}$

C. 油酸的密度为 $\frac{M}{V}$

D. 一滴油酸溶液中油酸分子个数 $\frac{V}{S}N_A$

【答案】A

【详解】A. 一个油酸分子的质量为

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$$

故 A 正确;

BCD. 根据题意可知, 油酸分子的直径为

$$d = \frac{V}{S}$$

则一个油酸分子的体积为

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{\pi V^3}{6S^3}$$

油酸的摩尔体积为

$$V_m = N_A V_0$$

油酸的密度为

$$\rho = \frac{M}{V_m} = \frac{6MS^3}{\pi N_A V^3}$$

一滴油酸溶液中油酸分子个数

$$N = \frac{V}{V_m} \cdot N_A = \frac{6S^3}{\pi V^2}$$

故 BCD 错误。

故选 A。

题目 2 (2023 上·安徽·高三校联考阶段练习) 自嗨锅是一种自热火锅, 加热时既不用火也不插电, 主要利用发热包内的物质与水接触, 释放出热量。自嗨锅的盖子上有一个透气孔, 如果透气孔堵塞, 容易造成爆炸, 非常危险。关于这种自嗨锅, 下列说法正确的是 ()

- A. 自嗨锅爆炸的瞬间, 盒内气体吸收热量
- B. 自嗨锅爆炸的瞬间, 盒内气体温度降低
- C. 自嗨锅爆炸的短时间内, 单位时间单位面积上撞击容器壁的次数增多
- D. 如果气孔没有堵塞, 能够闻到自嗨锅内食物的香味是因为分子的布朗运动

【答案】B

【详解】AB. 在自嗨锅爆炸的瞬间, 盒内气体对外做功, 且来不及与外界进行热量交换, 根据热力学第一定律可知, 盒内气体内能减少, 温度降低, 故 A 错误, B 正确;

C. 爆炸短时间内, 温度迅速降低, 分子平均速率减小, 气体体积迅速膨胀, 分子数密度减小, 故单位时间单位面积上分子撞击容器壁的次数减小, 故 C 错误;

D. 如果气孔没有堵塞, 能够闻到火锅的香味是因为分子热运动导致的扩散现象, 故 D 错误。

故选 B。

题目 3 (2024·安徽安庆·统考一模) 我们在实验室用酒精进行实验时, 整个实验室很快就闻到了刺鼻的酒精气味, 这是一种扩散现象。以下有关分析错误的是 ()

- A. 扩散现象只发生在气体、液体之间
- B. 扩散现象说明分子在不停息地运动
- C. 温度越高时扩散现象越剧烈
- D. 扩散现象说明分子间存在着间隙

【答案】A

【详解】A. 气体、液体、固体之间都可以发生扩散现象, 故 A 错误;

B. 扩散现象本身就是由分子不停地做无规则运动产生的, 故 B 正确;

C. 物体的温度越高, 分子的热运动就越快, 扩散就越快, 故 C 正确;

D. 不同的物质在相互接触时可以彼此进入对方属于扩散现象, 扩散现象说明分子间存在着间隙, 故 D 正确。

本题选错误的, 故选 A。

题目 4 (2023 下·湖北恩施·高三校联考期中) 下列说法错误的是 ()

- A. 分子势能随着分子间距离的增大, 可能先减小后增大
- B. 分子间的相互作用力随着分子间距离的增大, 一定先减小后增大
- C. 在真空、高温条件下, 可以利用分子扩散向半导体材料掺入其他元素
- D. 显微镜下观察到墨水中的小炭粒在不停地做无规则运动, 这反映了液体分子运动的无规则性

【答案】B

【详解】A. 由于 $r=r_0$ 时分子势能最小, 若分子之间距离开始时小于 r_0 , 则随着分子距离的增大, 分子势能先减小后增大, 故 A 正确;

B. 当 $r < r_0$ 时, 分子间的相互作用力随着分子间距离的增大而减小; 当 $r=r_0$ 时, 分子力为零; 当 $r > r_0$ 时, 分子间的相互作用力随着分子间距离的增大而先增大后减小, 故 B 错误;

C. 分子之间存在间隙, 在真空、高温条件下, 可以利用分子扩散向半导体材料掺入其他元素, 故 C 正确;

D. 布朗运动是固体颗粒的运动, 反映液体分子的运动, 故显微镜下观察到墨水中的小炭粒在不停地做无规则运动, 这反映了液体分子运动的无规则性, 故 D 正确。

本题选错误的, 故选 B。

题目 5 (2023 上·重庆渝中·高三重庆巴蜀中学校考阶段练习) 有关热现象, 下列说法错误的是 ()

- A. 在生产半导体器件时, 需要在纯净半导体材料中掺入其他元素, 这一过程是利用高温条件下分子的扩散来完成的
- B. 在显微镜下可以观察到煤油中小粒灰尘的布朗运动, 这说明灰尘分子在做无规则运动
- C. 若容积一定的某封闭容器中气体分子的平均速率越大, 单位面积上气体分子与器壁的碰撞对器壁的作用力就越大
- D. 在一个密闭容器内有一滴 15°C 的水, 过一段时间后, 水滴蒸发变成了水蒸气, 温度还是 15°C , 则该水内能增加了

【答案】B

【详解】A. 在扩散现象中,温度越高,分子运动越剧烈,扩散进行得越快,故A正确;

B. 在显微镜下可以观察到煤油中小粒灰尘的布朗运动,这说明煤油分子在做无规则运动,而不是灰尘分子在做无规则运动,故B错误;

C. 若容积一定的某封闭容器中气体分子的平均速率越大,单位面积上气体分子与器壁的碰撞对器壁的作用力就越大,故C正确;

D. 同温度的水吸热后变成同温度的水蒸气,温度是分子平均动能的标志,温度未发生改变则分子平均动能不变,由于分子数未发生改变,故总动能不变,而密闭容器内不考虑外界做功,因此此过程中吸收热量用于增大分子势能,该水的内能增加,故D正确。

本题选错误项,故选B。

题型二 气体热现象的微观意义、固体和液体

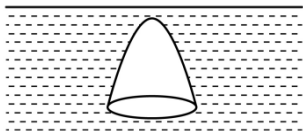
例 1 对于一定质量的理想气体,下列论述中正确的是 ()

- A. 若单位体积内分子个数不变,当分子热运动加剧时,压强一定变大
- B. 若单位体积内分子个数不变,当分子热运动加剧时,压强可能不变
- C. 若气体的压强不变而温度降低时,则单位体积内分子个数一定增加
- D. 若气体的压强不变而温度降低时,则单位体积内分子个数可能不变
- E. 若气体体积减小,温度升高,单位时间内分子对器壁的撞击次数增多,平均撞击力增大,因此压强增大

【答案】ACE.

【解析】:气体压强的大小与气体分子的平均动能和单位体积内的分子数两个因素有关.若单位体积内分子数不变,当分子热运动加剧时,决定压强的两个因素中一个不变,一个增大,故气体的压强一定变大,A正确,B错误;若气体的压强不变而温度降低时,气体的体积一定减小,故单位体积内的分子个数一定增加,C正确,D错误;由气体压强产生原因知,E正确.

例 2 (2023上·江苏南通·高三统考期中)潜水钟是一种水下作业工具。将潜水钟的大铁罩倒扣在水面后使之下沉,如图是潜水钟缓慢下沉的示意图,不计下沉过程中水温的变化,关于潜水钟内封闭的气体说法正确的是 ()



- A. 单位体积内分子数保持不变
- B. 气体分子间斥力变大
- C. 气体分子速率分布规律不变
- D. 该过程气体对外界做功

【答案】C

【详解】A. 下潜过程中,随着深度的增加,钟内气体体积减小,则单位体积内分子数增大,故A错误;

- B. 气体分子间距相较于分子直径相比相差很远,故不考虑分子作用力,气体分子间斥力不变,故 B 错误;
- C. 不计下沉过程中水温的变化,则温度不变,故气体分子速率分布规律不变,故 C 正确;
- D. 不计下沉过程中水温的变化,气体体积减小,该过程外界对气体做功,故 D 错误。
- 故选 C。

例 3 (2023 上·上海普陀·高三校考期中) 关于固体、液体、气体和物态变化,下列说法中正确的是 ()

- A. 晶体一定具有各向异性的特征
- B. 毛细现象就是浸润液体在细管中的上升和不浸润液体在细管中的下降
- C. 0°C 的铁和 0°C 的铜,它们的分子平均速率相同
- D. 一定质量的某种理想气体状态改变时,内能一定改变

【答案】B

【详解】A. 多晶体具有各向同性的特征,故 A 错误;

B. 毛细现象就是浸润液体在细管中的上升和不浸润液体在细管中的下降,故 B 正确;

C. 温度是平均动能的标志,温度相同的铁和铜,分子平均动能相同,但分子质量不同,则平均速率不同,故 C 错误;

D. 一定质量的某种理想气体的内能由温度决定,状态改变时,温度不一定变化,如:压强增大而体积减小,故 D 错误。

故选 B。

【知识点提炼】

1. 气体温度和压强的微观意义

(1) 温度

① 气体分子的速率分布特点: 气体分子数随速率的增大呈“中间多、两头少”的分布, 温度越高, 速率小的分子数减少, 速率大的分子数增多, 但某个分子的速率可能变小。

② 温度是分子平均动能的标志, 相同温度下不同物体的分子平均动能相同, 但分子平均速率一般不同。

③ 温度越高, 分子的平均动能越大, 内能不一定越大。

(2) 气体压强

① 产生原因: 大量气体分子由于做无规则热运动, 频繁撞击容器壁而产生。

② 气体压强的影响因素:

a. 从气体压强产生的原理的角度: 单位时间撞击到容器壁单位面积上的分子数 N , 以及每个分子对容器壁的平均撞击力 \bar{F} 。

b. 从气体微观状态量角度: 气体的分子数密度 n , 以及气体分子的平均动能 \bar{E}_k 。注意 N 和 n 是不同的物理量。

2. 固体和液体

(1) 对晶体、非晶体特性的理解

- ①只有单晶体才具有各向异性。
- ②各种晶体都具有固定熔点,熔化时吸收的热量全部用于增加分子势能。
- ③晶体与非晶体在一定条件下可以相互转化。
- ④有些晶体属于同素异形体,比如金刚石和石墨。

(2) 液晶

液晶是一种特殊的物质,既具有流动性,又在光学、电学物理性质上表现出各向异性。

(3) 对液体表面张力的理解

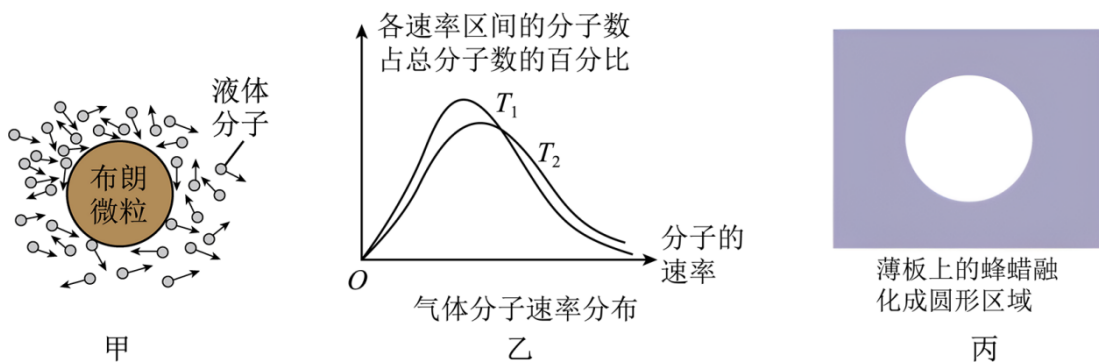
- ①使液体表面有收缩到最小的趋势,表面张力的方向跟液面相切。
- ②一种液体是否浸润某种固体,与这两种物质的性质都有关系,浸润和不浸润也是分子力的表现。
- ③毛细现象是浸润液体在细管中上升、不浸润液体在细管中下降的现象。

(4) 饱和汽压与相对湿度

- ①液体的饱和汽压与温度有关,温度越高,饱和汽压越大,且饱和汽压与饱和汽的体积无关。
- ②相对湿度是某温度时空气中水蒸气的压强与同一温度时水的饱和汽压的百分比。即: $B = \frac{p}{p_s} \times 100\%$ 。
- ③影响蒸发快慢以及影响人们对干湿的感受的是相对湿度,不是绝对湿度。

【变式演练】

题目 1 (2023 上·江苏扬州·高三统考阶段练习) 关于下列三幅图的说法正确的是 ()

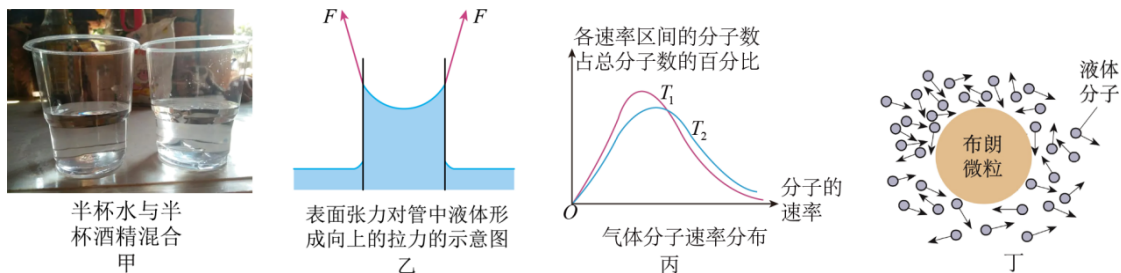


- A. 图甲中微粒越小,单位时间内受到液体分子撞击次数越少,布朗运动越明显
- B. 图乙中峰值大的曲线对应的气体温度较高
- C. 图丙中实验现象说明蜂蜡是非晶体
- D. 图丙中实验现象说明薄板材料各向同性,一定是非晶体

【答案】A

【详解】A. 图甲中微粒越小,单位时间内受到液体分子撞击次数越少,则微粒越趋于不平衡,则布朗运动越明显,选项 A 正确;
 B. 图乙中峰值大的曲线“腰细”,中等分子占据的比例较小,则对应的气体温度较低,选项 B 错误;
 CD. 图丙中,实验现象表明材料具有各向同性,则说明薄板材料可能是多晶体,也有可能是非晶体,故 CD 错误。
 故选 A。

题目 2 (2023 下·辽宁锦州·高三统考期末) 关于下列各图,说法正确的是 ()



- A. 甲图中半杯水与半杯酒精混合之后的总体积要小于整个杯子的容积,说明液体分子之间有间隙
- B. 图乙中液体和管壁表现为不浸润
- C. 图丙中 T_1 对应曲线为同一气体温度较高时的速率分布图
- D. 图丁中微粒越大,单位时间内受到液体分子撞击次数越多,布朗运动越明显

【答案】A

【详解】A. 甲图中半杯水与半杯酒精混合之后的总体积要小于整个杯子的容积,说明液体分子之间有间隙,故 A 正确;

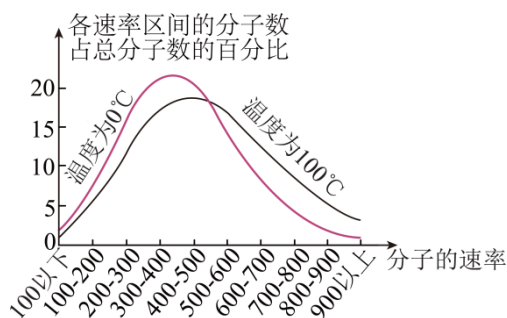
B. 图乙中液体和管壁接触面中的附着层中的液体分子间表现为斥力效果,可知液体和管壁表现为浸润,故 B 错误;

C. 图丙中,当温度升高时,分子速率较大的分子数占总分子数的百分比增大,可知 T_1 对应曲线为同一气体温度较低时的速率分布图,故 C 错误;

D. 图丁中微粒越小,微粒受到液体分子撞击越不平衡,布朗运动越明显,故 D 错误。

故选 A。

题目 3 (2023 下·广东中山·高二中山市华侨中学校考阶段练习) 概率统计的方法是科学研究中的重要方法之一,以下是某一定质量的氧气(可看成理想气体)在 0°C 和 100°C 时统计出的速率分布图像,结合图像分析以下说法正确的是 ()



- A. 其中某个分子, 100°C 时的速率一定比 0°C 时要大
- B. 100°C 时图线下对应的面积比 0°C 时要小
- C. 如果两种情况下气体的体积相同,则 100°C 时单位时间内与容器壁单位面积碰撞的分子数比 0°C 时多
- D. 如果两种情况下气体的压强相同,则 100°C 时单位时间内与容器壁单位面积碰撞的分子数比 0°C 时多

【答案】C

【详解】A. 温度越高气体分子的平均动能越大,同种气体分子的平均速率越大,但某个分子的速率不一定

大,故A错误;

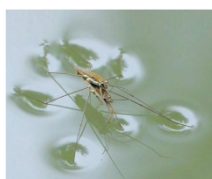
B. 速率分布曲线的面积意义就是将每个单位速率的分子占分子总数的百分比进行累计,累加后最终的结果都等于1,即面积相等,故B错误;

C. 如果两种情况下气体的体积相同,而由于 100°C 时气体分子的平均速率大于 0°C 时气体分子的平均速率,则 100°C 时单位时间内与容器壁单位面积碰撞的分子数比 0°C 时得多,故C正确;

D. 如果两种情况下气体的压强相同,而由于 100°C 时气体分子的平均速率大于 0°C 时气体分子的平均速率,则 100°C 时单位时间内与容器壁单位面积碰撞的分子数比 0°C 时的少,故D错误。

故选C。

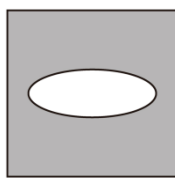
题目 4 (2023上·天津和平·高三天津一中校考开学考试) 关于液体和固体的一些现象,下列说法正确的是 ()



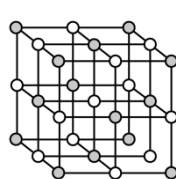
图(1)



图(2)



图(3)



图(4)

- A. 图(1)中水蛭停在水面上是因为浮力作用
- B. 图(2)中水银在玻璃上形成“圆珠状”的液滴说明水银不浸润玻璃
- C. 图(3)中固体薄片上涂蜡,用烧热的针接触薄片背面一点,蜡熔化的范围如图丙空白所示,说明固体薄片是多晶体
- D. 图(4)中食盐晶体的原子是按照一定的规则排列的,具有空间上的周期性,因此每个原子都是静止不动的

【答案】B

【详解】A. 图(1)中水蛭停在水面上是因为表面张力的作用,故A错误;

B. 图(2)中水银在玻璃上形成“圆珠状”的液滴说明水银与玻璃的接触面具有收缩趋势,水银不浸润玻璃,故B正确;

C. 图(3)中固体薄片上涂蜡,用烧热的针接触薄片背面一点,蜡熔化的范围如图丙空白所示,说明固体薄片是多单晶体,故C错误;

D. 图(4)中食盐晶体的原子是按照一定的规则排列的,具有空间上的周期性,每个原子都在平衡位置附近振动,故D错误。

故选B。

题目 5 (2023上·宁夏中卫·高三中卫中学校考阶段练习) 关于晶体和非晶体,下列说法中正确的是 ()

- A. 可以根据各向同性或各向异性来鉴别晶体和非晶体
- B. 一块均匀薄片,沿各个方向对它施加拉力,发现其强度一样,则此薄片一定是非晶体
- C. 一个固体球,如果沿其各条直径方向的导电性不同,则该球一定是单晶体

D. 一块固体,若其各个方向的导热性相同,则这块固体一定是多晶体

【答案】C

【详解】A. 物理性质表现为各向同性的可以是多晶体,也可以是非晶体,故不能根据各向异性或各向同性来鉴别晶体和非晶体,故 A 错误;

B. 沿各个方向对一块均匀薄片施加拉力,发现其强度一样,表现出各向同性,可能是非晶体,也可能是多晶体,故 B 错误;

C. 一个固体球,如果沿其各条直径方向的导电性能不同,即具有各向异性,则该球一定是单晶体,故 C 正确;

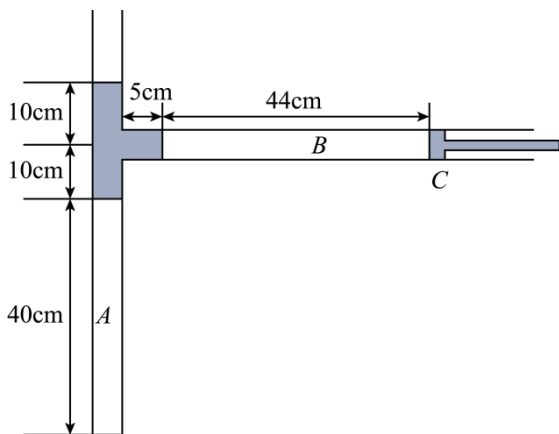
D. 一块固体,若其各个方向的导热性能相同,表现出各向同性,可能是多晶体,故 D 错误。

故选 C。

题型三 气体实验定律和理想气体状态方程

例 1 (2023 上·浙江·高三校联考阶段练习) 如图所示,内径相同,导热良好的“T”形细玻璃管上端开口,下端封闭,管中用水银封闭着 A、B 两部分理想气体, C 为轻质密闭活塞,各部分长度如图。现缓慢推动活塞,将水平管中水银恰好全部推进竖直管中,已知大气压强 $p_0 = 75\text{cmHg}$, 设外界温度不变。水平管中水银恰好全部推进竖直管中时,求:

- (1) 气体 A 的压强;
- (2) 气体 A 的气柱长度;
- (3) 活塞移动的距离为多大?



【答案】(1) 100cmHg ; (2) 38cm ; (3) 6.5cm

【详解】(1) 水平管中水银恰好全部推进竖直管中时, 气体 A 的压

$$p'_A = p_0 + p'_h = 75\text{cmHg} + (10 + 10 + 5)\text{cmHg} = 100\text{cmHg}$$

(2) 初状态, 气体 A 的压强

$$p_A = p_0 + p_h = 75\text{cmHg} + (10 + 10)\text{cmHg} = 95\text{cmHg}$$

设玻璃管横截面积为 S , 初状态气体 A 的体积

$$V_A = 40Scm^3$$

设末状态气体 A 的体积为 V'_A , 对气体 A 由玻意耳定律得

$$p_A V_A = p'_A V'_A$$

解得

$$V'_A = 38 \text{ Scm}^3$$

末状态气体 A 的长

$$L = \frac{V'_A}{S} = 38 \text{ cm}$$

(3) 气体 A 的长度减少量

$$\Delta L = (40 - 38) \text{ cm} = 2 \text{ cm}$$

初状态气体 B 的压强

$$p_B = p_0 + p_{h1} = 75 \text{ cmHg} + 10 \text{ cmHg} = 85 \text{ cmHg}$$

末状态气体 B 的压强

$$p'_B = p_0 + p_{h2} = 75 \text{ cmHg} + (10 + 5 - 2) \text{ cmHg} = 88 \text{ cmHg}$$

初状态气体 B 的体积

$$V_B = 44 \text{ Scm}^3$$

设活塞移动的距离为 $x \text{ cm}$, 末状态气体 B 的体积

$$V'_B = (44 + 5 - x) \text{ Scm}^3 = (49 - x) \text{ Scm}^3$$

对气体 B 由玻意耳定律得

$$p_B V_B = p'_B V'_B$$

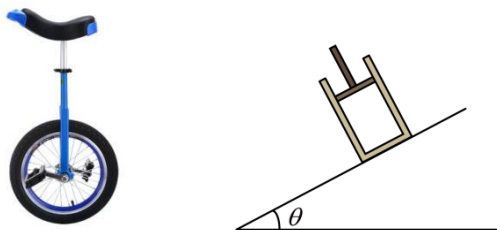
带入数据解得

$$x = 6.5 \text{ cm}$$

例 2 (2023 上·江西赣州·高三校联考阶段练习) 骑行是一种健康自然的出行方式。一辆单车, 一个背包即可出行, 简单又环保。某品牌自行车的气压避震装置主要由活塞、气缸组成, 该自行车共有 4 个完全相同的避震器。为研究其减震效果可将其简化成如图所示结构, 在与水平面成 $\theta = 37^\circ$ 夹角的斜坡上运动员正匀速向上骑行, 自行车车架和运动员总质量为 M , 通过支架连接活塞, 气缸底部固定安装在车轴上, 上坡时气缸内气体的体积为 V_1 。(已知活塞横截面积为 S , 质量不计, 重力加速度为 g , 外界大气压强为 p_0 , $\cos 37^\circ = 0.8$, 活塞内气体视为理想气体且温度不变, 4 个避震器可视为等高且与斜坡垂直, 不计一切摩擦。)

(1) 求上坡时气缸内气体的压强 p_1 ;

(2) 当自行车行驶至水平路面时, 求此时避震器气缸内的气体体积 V_2 。



【答案】 (1) $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{5S}$; (2) $V_2 = \frac{20p_0S + 4Mg}{20p_0S + 5Mg} V_1$

【详解】(1) 对活塞受力分析可知

$$\frac{1}{4}Mg\cos 37^\circ + p_0S = p_1S$$

解得

$$p_1 = p_0 + \frac{Mg}{5S}$$

(2) 当自行车行驶至水平路面时,对活塞分析可知

$$\frac{1}{4}Mg + p_0S = p_2S$$

$$p_2 = p_0 + \frac{Mg}{4S}$$

根据玻意耳定律可得

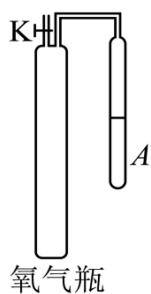
$$p_1V_1 = p_2V_2$$

解得

$$V_2 = \frac{20p_0S + 4Mg}{20p_0S + 5Mg} V_1$$

例 3 (2023 上·江西·高三校联考阶段练习) 医院用的氧气瓶(导热性良好)如图所示,氧气瓶通过细管和右边封闭的均匀玻璃直管(导热性良好,且其容积相对氧气瓶的容积可以忽略不计)相连,玻璃直管内用一很薄的水银片(质量和厚度不计)在玻璃管下方封闭了一段空气柱 A,开始时瓶内氧气的压强为 10 个标准大气压,封闭的空气柱 A 的长度为 8cm,随着氧气的使用,一段时间后发现水银片上升了 12cm(未到达玻璃管顶部),使用过程中环境的热力学温度变成了原来的 $\frac{3}{4}$,已知一个标准大气压为 76cmHg ,氧气与空气均视为理想气体。求:

- (1) 此时氧气瓶内的压强;
- (2) 此时瓶内剩余氧气的质量占原来氧气总质量的百分比。



【答案】(1) 228cmHg ; (2) 40%

【详解】(1) 对封闭的空气柱 A,初始时

$$p_1 = 760\text{cmHg}$$

$$L_1 = 8\text{cm}$$

热力学温度为 T_1 ,末态时

$$L_2 = L_1 + 12\text{cm} = 8\text{cm} + 12\text{cm} = 20\text{cm}$$

热力学温度

$$T_2 = 0.75T$$

设玻璃管的横截面积为 S , 根据理想气体方程有

$$\frac{p_1 L_1 S}{T_1} = \frac{p_2 L_2 S}{T_2}$$

解得

$$p_2 = 228 \text{ cmHg}$$

(2) 设氧气瓶的容积为 V , 设剩下的氧气被压缩到 10 个标准大气压、热力学温度为 T_1 , 状态下的体积为 V_2 , 根据理想气体方程有

$$\frac{p_2 V}{0.75 T_1} = \frac{p_1 V_2}{T_1}$$

解得

$$V_2 = 0.4V$$

因此瓶内剩余氧气的质量占原来氧气总质量的百分比为

$$\frac{m_2}{m} \times 100\% = \frac{V_2}{V} \times 100\% = 40\%$$

【方法提炼】

(1) 气体问题中汽缸活塞类模型的处理思路

① 弄清题意, 确定研究对象。一般地说, 研究对象分为两类: 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、活塞等)。

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 $\frac{pV}{T} = \text{恒量}$, 列出式子; 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) 在“充气、抽气”模型中可以假设把充进或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恒定质量的问题。

① 充气中的变质量问题

设想将充进容器内的气体用一个无形的弹性口袋收集起来, 那么当我们取容器和口袋内的全部气体作为研究对象时, 这些气体状态不管怎样变化, 其质量总是不变的。这样, 就将变质量的问题转化成质量一定的问题了。

② 抽气中的变质量问题

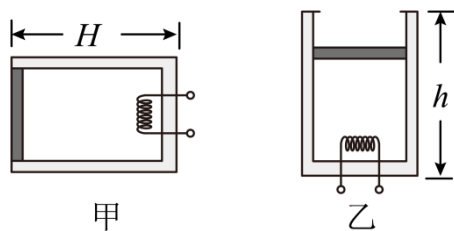
用抽气筒对容器抽气的过程中, 对每一次抽气而言, 气体质量发生变化, 其解决方法和充气问题类似, 取剩余气体和抽出的气体作为研究对象, 这些气体不管怎样变化, 其质量总是不变的。

【变式演练】

题目 1 (2024·安徽·校联考模拟预测) 如图甲所示, 高为 H 圆柱形气缸底部安装有电热丝 (体积可忽略), 可以

通过加热来改变缸内的温度。气缸口有固定卡销。气缸内用质量为 $m = \frac{3p_0S}{2g}$ 、横截面积为 S 的活塞封闭了一定质量的理想气体，此时活塞刚好在气缸口，此时气缸内气体温度为 T_0 ，压强为 p_0 。大气压强恒为 p_0 ，重力加速度为 g 。不计活塞及固定卡销厚度，活塞可沿气缸壁无摩擦滑动且不漏气。求：

- (1) 保持气体温度不变，将气缸竖直放置如图乙所示，求活塞距缸底的距离 h ；
- (2) 在气缸竖直放置时，接通气缸底部的电热丝缓慢给气体加热，一直到气体温度升高到 $4T_0$ 。求此时气缸内气体的压强。



【答案】(1) $h = 0.4H$; (2) $p_3 = 4p_0$

【详解】(1) 初始时，对封闭气体，压强为

$$p_1 = p_0$$

体积为

$$V_1 = SH$$

竖直放置时，压强为

$$p_2 = p_0 + \frac{mg}{S} = 2.5p_0$$

体积为

$$V_2 = Sh$$

由玻意耳定律，有

$$p_0SH = 2.5p_0Sh$$

解得

$$h = 0.4H$$

(2) 假设活塞刚好到达气缸口时，气体温度为 T' ，由盖—吕萨克定律，有

$$\frac{Sh}{T_0} = \frac{SH}{T'}$$

解得

$$T' = 2.5T_0 < 4T_0$$

此后气体体积不再变化，由查理定律，得

$$\frac{p_2}{T'} = \frac{p_3}{4T_0}$$

解得

$$p_3 = 4p_0$$

题目 2 (2023 上·贵州贵阳·高三校联考阶段练习) 如图所示，在一端封闭、粗细均匀的 U 形细玻璃管内有一

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/437001064113006030>