

# 第一章 分子动理论

## 第1节 分子动理论的基本内容

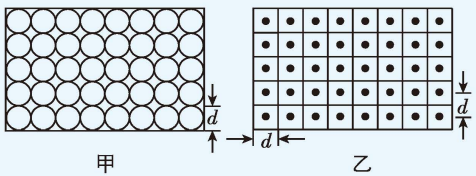
### 刷基础

**1. A** 【解析】将分子看作小球是分子的简化模型,实际上,分子的形状并不真的是小球,故 **A 正确**;一般的分子大小的数量级都是  $10^{-10}$  m,但有一些大分子的数量级会超过  $10^{-10}$  m,故 **B 错误**;“物体是由大量分子组成的”,其中“分子”包括分子,也包括原子和离子,故 **C 错误**;分子的质量是很小的,其数量级一般为  $10^{-26}$  kg,故 **D 错误**.

**2. B** 【解析】由阿伏加德罗常数  $N_A$ 、该固体的摩尔质量  $M$  和密度  $\rho$ ,可求得该固体的摩尔体积  $V_m = \frac{M}{\rho}$ ,可求出单个固体分子的体积,无法求分子总个数, **A 错误**;由阿伏加德罗常数  $N_A$ 、该固体的摩尔质量  $M$  和质量  $m$ ,可求出该固体物质的分子总个数  $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ , **B 正确**;由阿伏加德罗常数  $N_A$ 、该固体的质量  $m$  和体积  $V$ ,可求出该固体的密度  $\rho = \frac{m}{V}$ ,无法求出分子总个数, **C 错误**;由固体的密度  $\rho$ 、体积  $V$  和摩尔质量  $M$ ,可求出该固体的质量  $m = \rho V$ ,摩尔体积  $V_m = \frac{M}{\rho}$ ,无法求出该固体的分子总个数, **D 错误**.

**关键点拨** (1)对于固体和液体,分子间距离比较小,可以认为分子是一个个紧挨着的,可视为球体模型,设分子体积为  $V_0$ ,则分子直径  $d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}}$ ,如图甲所示.

(2)对于气体,分子间距离比较大,处理方法是把气体分子所占据的空间视为立方体模型,体积为  $V_0$ ,两气体分子之间的平均距离  $d = \sqrt[3]{V_0}$ ,如图乙所示.



**3. B** 【解析】地面大气的压强由大气的重力产生,即  $mg = p_0 S = 4\pi R^2 p_0$ , **A 错误**;地球大气层空气分子总数为  $N = \frac{m}{M} N_A = \frac{4\pi R^2 p_0 N_A}{Mg}$ , **B 正确**;大气的体积为  $V = 4\pi R^2 h$ ,每个空气分子

所占空间体积为  $V_0 = \frac{V}{N} = \frac{Mgh}{p_0 N_A}$ , **C 错误**;空气分子之间的平均距离为  $d = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{\frac{Mgh}{p_0 N_A}}$ , **D 错误**.

**易错点:** 由于  $h \ll R$ , 则大气体积不要写作  $V = \frac{4}{3}\pi(R+h)^3 - \frac{4}{3}\pi R^3$

**4. D** 【解析】标准状况下体积为  $V$  的二氧化碳气体的质量  $m = \rho V$ ,二氧化碳的分子数为  $n = \frac{m}{M} N_A$ ,二氧化碳气体变成硬胶体后,硬胶体的体积为  $V_0 = n \cdot \frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^3$ ,解得  $V_0 = \frac{\pi \rho V D^3}{6M} N_A$ ,

**突破点:** 二氧化碳分子可近似看成直径为  $D$  的球体

故选 D.

**方法总结** (1)已知固体和液体(气体不适用)的摩尔体积

$V_{\text{mol}}$  和一个分子的体积  $V_0$ ,则  $N_A = \frac{V_{\text{mol}}}{V_0}$ ;已知摩尔体积  $V_{\text{mol}}$  和  $N_A$ ,亦可估算分子体积的大小.

(2)已知物体(无论液体、固体还是气体均适用)的摩尔质量  $M$  和一个分子的质量  $m_0$ ,则  $N_A = \frac{M}{m_0}$ ;已知摩尔质量  $M$  和  $N_A$  亦可估算分子的质量.

(3)已知物体(无论液体、固体还是气体均适用)的体积  $V$  和摩尔体积  $V_{\text{mol}}$ ,物体的质量  $m$  和密度  $\rho$ ,阿伏加德罗常数  $N_A$ ,则物体含有的分子数  $n = \frac{V}{V_{\text{mol}}} N_A = \frac{m}{\rho V_{\text{mol}}} N_A$ .

(4)已知物体(无论液体、固体还是气体均适用)的质量  $m$  和摩尔质量  $M$ ,阿伏加德罗常数  $N_A$ ,则物体含有的分子数  $n = \frac{m}{M} N_A$ .

**5. (1) 56 L (2)  $3 \times 10^{-9}$  m**

**【解析】**(1)设安全气囊的容积为  $V$ ,则有  $V = \frac{nM}{\rho} = \frac{3.4 \times 28 \times 10^{-3}}{1.7} \text{ m}^3 = 56 \text{ L}$ .

(2)气囊中氮气分子的总个数为  $N = nN_A = 3.4 \times 6.0 \times 10^{23} \text{ 个} = 2.04 \times 10^{24} \text{ 个}$ ,气体分子间距较大,可以认为每个分子占据一个棱长为  $r$  的立方体,则有  $r^3 = \frac{V}{N}$ ,代入数据解得  $r = \sqrt[3]{\frac{V}{N}} = \sqrt[3]{\frac{56 \times 10^{-3}}{2.04 \times 10^{24}}} \text{ m} \approx 3 \times 10^{-9} \text{ m}$ .

**易错点:** 易忽略结果保留一位有效数字

**方法总结** 估算法是解答物理问题的一种常用方法,不求精确求解,但要求合理近似.其特点为:

- (1)建立必要的理想模型(如把分子看成球体或立方体);
- (2)寻找估算依据,建立估算式;
- (3)对数值进行合理近似(如  $\pi \approx 3$ ,重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$  等).

**6. A** 【解析】气体、液体、固体之间都可以发生扩散现象,故 **A 错误**;扩散现象是由分子永不停息地做无规则运动产生的,

故 **B 正确**；物体的温度越高，分子的热运动就越剧烈，扩散现象就越剧烈，故 **C 正确**；不同的物质在相互接触时可以彼此进入对方的现象为扩散现象，扩散现象说明分子间存在着间隙，故 **D 正确**。本题选说法错误的，故选 **A**。

**关键点拨** 本题考查有关扩散现象的知识，知道扩散现象是分子的无规则运动的结果以及扩散现象的剧烈程度与哪些因素有关即可解答本题。

**7. C** 【解析】题图甲中，由于扩散现象，二氧化氮气体会运动到上面的瓶中，最终整体呈淡红棕色，**A 正确**；题图乙中墨汁和水彼此进入对方，通过对比知，墨汁在温水中比在冷水中扩散得快，说明扩散快慢与温度有关，**B 正确**；扩散是不同种物质彼此进入对方的现象，不仅存在于液体与液体、气体与液体、气体与气体之间，同样也存在于固体与固体、气体与固体、液体与固体之间，**C 错误**；题图丁说明扩散现象能在固体之间发生，**D 正确**。本题选说法错误的，故选 **C**。

**8. C** 【解析】花粉颗粒做布朗运动的轨迹是无规则的，故 **A 错误**；花粉颗粒越大，布朗运动越不明显，故 **B 错误**；温度越高，花粉颗粒做布朗运动越明显，故 **C 正确**；花粉颗粒做布朗运动是因为花粉颗粒周围水分子的热运动，故 **D 错误**。

易错点：布朗运动间接反映水分子无规则的热运动，而不是花粉分子的热运动

**注意说明** 布朗运动是悬浮颗粒的无规则运动，不是分子的无规则运动，形成的原因是液体分子对悬浮颗粒的无规则撞击。布朗运动的剧烈程度与悬浮颗粒的大小和液体的温度有关。

**9. C** 【解析】炭粒在水中做布朗运动，两图是悬浮在水中的炭粒每隔 30 s 的运动位置连线的图片，并非炭粒的运动轨迹，**A 错误**；炭粒的运动是由于水分子在不停地做无规则运动，与炭粒发生碰撞，炭粒受力不平衡产生的运动，**B 错误**；若水温相同，水分子的热运动剧烈程度相同，则炭粒越小，受力不平衡性越明显，布朗运动越显著，根据图中炭粒的活动范围可知，题图乙中炭粒的运动显著一些，题图乙中炭粒的颗粒较小，**C 正确**；若炭粒大小相同，根据图中炭粒的活动范围可知，题图乙中炭粒的运动显著一些，即题图乙中水分子的热运动较剧烈，**D 错误**。

**教材变式** 本题目由教材 P6 第 4 题演变而来，教材是通过小颗粒每隔一定时间的位置坐标去判断液体分子运动是规则的还是无规则的，本题延伸考查了对布朗运动的理解及布朗运动的影响因素。

**关键点拨** 解决布朗运动问题的关键点

- (1) 运动物体：悬浮小颗粒(或小液滴)(显微镜下才可看到)。
- (2) 产生原因：是由小颗粒(或小液滴)周围的液体(或气体)分子的无规则运动的撞击不平衡性引起的。
- (3) 运动实质：是液体(或气体)分子永不停息地做无规则运动的间接反映。

**10. D** 【解析】气溶胶微粒越大，同时撞击的分子数越多，各个方向的撞击作用越接近平衡，运动越不明显，**A 错误**；温度升高，气溶胶微粒的平均速度变快，不是每个微粒的速度都变快，**B 错误**；气溶胶微粒的运动属于布朗运动，不是分子的热运动，**C 错误**，**D 正确**。

易错点：温度影响的是平均速度

**关键点拨** 解答本题的关键是抓住“气溶胶微粒是悬浮在大气中的肉眼不可见的固态或液态颗粒”这个信息，结合分子动理论即可选出正确选项。

**11. C** 【解析】布朗运动是悬浮在液体中的微小颗粒(而非液体分子本身)的无规则运动，故 **A 错误**；扩散现象的快慢不仅与温度有关，还与物质种类、浓度差等因素有关，故 **B 错误**；题图甲所示布朗运动是由于液体分子不停地撞击悬浮微粒所引起，故 **C 正确**；扩散现象的根本原因是分子不停地进行无规则热运动，而非分子间存在斥力，故 **D 错误**。

**12. D** 【解析】PM<sub>2.5</sub> 在空气中的运动是微粒的运动，不是分子的热运动，故 **A 错误**；若温度不变，PM<sub>2.5</sub> 的直径越小，其受无规则运动气体分子的撞击不平衡性越明显，则其无规则运动越剧烈，故 **B 错误**；地面附近 PM<sub>2.5</sub> 所处的环境与高空位置 PM<sub>2.5</sub> 所处的环境在温度、空气密度、风力等方面都不同，所以 PM<sub>2.5</sub> 在地面附近的无规则运动不一定比在高空位置剧烈，故 **C 错误**；PM<sub>2.5</sub> 受大量空气分子的无规则碰撞，并且受气流影响，从而形成不规则的运动轨迹，故 **D 正确**。

13. D

**题图剖析**

分子间作用力与分子间距离的关系

①  $r=r_0$ ,  $F=0$   
②  $r>r_0$ ,  $F$  表现为引力，从  $r_0$  开始，分子间作用力随分子间距离的增大，先增大后减小  
③  $r<r_0$ ,  $F$  表现为斥力，从  $r_0$  开始，分子间作用力随分子间距离的减小而增大  
④  $r>10r_0$ ，斥力和引力都比较小，分子间作用力可忽略不计

**【解析】**当  $r<r_0$  时，从  $r_0$  开始，随着  $r$  的减小，斥力、引力均增大，合力表现为斥力且在增大，**A、C 错误**；根据图像可知，当  $r>r_0$  时，合力表现为引力，从  $r_0$  开始，随着  $r$  的增大，斥力、引力均减小，合力先增大后减小，**B 错误**，**D 正确**。

突破点：分子力是引力和斥力的合力

**教材变式** 本题目由教材 P6 第 5 题演变而来，教材考查了分子间距离增大或减小时，分子间的作用力表现为引力还是斥力，本题延伸考查了分子间距离增大或减小时，合力的大小变化情况。



**关键点拨** 要注意分子间的距离  $r=r_0$  时,引力和斥力都为零且相互平衡,无论  $r>r_0$  还是  $r<r_0$ ,引力和斥力都随分子间距离的增大而减小,且斥力变化得快。

**14. D** 【解析】分子间的引力和斥力同时存在,但它们的大小与分子间的距离有关,距离较大时表现为引力,距离较小时表现为斥力;两个接触面平滑的铅柱压紧后,铅柱间分子引力大于斥力,分子力表现为引力,这个力与下面铅柱和钩码的重力平衡,故下面的铅柱不脱落,与万有引力及分子扩散无关,故选 D。

**15. A** 【解析】在  $F-r$  图像中,在  $r=r_0$  附近,随着分子间距离的增大,斥力比引力减小得快,可知  $ab$  为引力曲线, $cd$  为斥力曲线,题图中两曲线交点  $e$  对应  $r=r_0$ ,即  $e$  点横坐标的数量级为  $10^{-10}$  m,此时分子间引力和斥力的合力为零,但分子间引力和斥力同时存在,综上可知 **A 正确**。

**关键点拨** 解答题的关键是要知道分子间的作用力有斥力和引力, $r>r_0$ ,分子力表现为引力; $r<r_0$ ,分子力表现为斥力。

**16. D** 【解析】分子在永不停息地做无规则运动,0℃的物体中的分子也不例外,故 **A 错误**。布朗运动是固体小颗粒受到不同方向的液体分子或气体分子无规则运动产生的撞击作用的不平衡性引起的,间接证明了液体分子或气体分子永不停息地做无规则运动,故 **B 错误**。磁铁吸引铁屑是磁场力的作用,不是分子间的引力作用,故 **C 错误**。当分子间距离小于平衡距离时,分子力表现为斥力,距离增大,分子力减小;当分子间距离大于平衡距离时,分子力表现为引力,在一定范围内距离增大,分子力增大,超过该范围,距离增大,分子力减小,所以当分子间距离增大时,分子力不一定随之增大,故 **D 正确**。

## 刷易错

★易错点 混淆分子间作用力与速度变化间的关系

**17. A** 【解析】由题意, $F<0$  时两分子之间表现为引力,乙分子从  $a$  到  $c$  的过程中,乙分子一直受引力的作用,引力与运动方向相同,分子间的作用力对乙一直做正功,则乙分子一直加速,到  $c$  点时速度最大,动量最大,故 **A 正确**,**B、C、D 错误**。

**易错分析** 本题需注意的是乙分子从  $a$  到  $c$  过程中力的变化并不代表速度的变化,力变小并不等于速度变小。本题需明确受力情况,且需根据加速和减速运动的条件以及做功情况,确定乙分子的运动情况和分子力对乙做功正负的情况。

## 第2节 实验:用油膜法估测油酸分子的大小

### 刷基础

**1. (1) ABD (2) B (3) C**

【解析】(1) 计算分子直径是根据油酸的体积与油膜的面积之比,所以需将油膜看成单分子层油膜,故 **A 正确**;不考虑各

油酸分子间的间隙,认为分子紧密排列,这样油膜的面积才可以近似看作所有分子紧密排列组成的面积,便于计算分子大小,故 **B 正确**;各油酸分子间的相互作用力对分子大小的估算并无直接影响,不是该实验的理想化假设,故 **C 错误**;将油酸分子看成球形,才能根据油滴体积和油膜面积,利用相应的公式计算分子的直径,故 **D 正确**。

(2) 实验中使用到油酸酒精溶液,其中酒精溶液的作用是对油酸起到稀释作用,酒精稀释油酸是为了进一步减小油酸的面密度,使油酸分子尽可能少的在竖直方向上重叠,更能保证其形成单层分子油膜,故 **A、C、D 错误**,**B 正确**。

→ **突破点**: 酒精溶液对油酸起到稀释作用

(3) 1 滴油酸酒精溶液中含有的纯油酸体积为  $V = \frac{1}{5\,000} \times \frac{1}{80} \text{ mL} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ mL}$ ,油膜轮廓的面积为  $S = 0.5 \times 0.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 140 = 3.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ,故油酸分子直径为  $d = \frac{V}{S} \approx 7 \times 10^{-10} \text{ m}$ ,故选 C。

→ **突破点**: 大于等于半格的算一格,小于半格的舍去

10<sup>-10</sup> m,故选 C。

**关键点拨** 掌握估算油膜面积的方法:所围的方格中,面积大于等于半格按一格算,小于半格的舍去。在用油膜法估测分子大小的实验中,将一定体积的油酸酒精溶液滴在水面上形成单分子油膜,估算出油膜面积,从而求出分子直径。

**2. (1) 264  $8 \times 10^{-10}$  (2) BD (3)  $\sqrt[3]{\frac{6M}{\pi \rho N_A}}$   $3 \times 10^{-10}$**

【解析】(1) 数油膜所占的正方形格数,大于等于半格的算一格,小于半格的舍去,得到油膜的面积  $S = 66 \times 2 \times 2 \text{ cm}^2 = 264 \text{ cm}^2$ 。两滴油酸酒精溶液中含纯油酸的体积  $V = 2 \times \frac{1}{100} \times \frac{0.25}{250} \text{ mL} = 2 \times 10^{-5} \text{ mL} = 2 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ ,油酸分子的直径  $d = \frac{V}{S} = \frac{2 \times 10^{-5} \text{ cm}^3}{264 \text{ cm}^2} \approx 8 \times 10^{-8} \text{ cm} = 8 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

(2) 为能形成单分子油膜,油酸浓度应适当小些;绘制油膜轮廓图应在油酸扩散稳定后进行,故 **B、D 正确**。

(3) 单个铁原子的体积为  $V_0 = \frac{M}{\rho N_A} = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{d}{2} \right)^3$ ,可得  $d = \sqrt[3]{\frac{6M}{\pi \rho N_A}}$ ,代入数据得  $d \approx 3 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

**3. (1) CBDA (2) CDF A**

【解析】(1) 由实验原理可知,用油膜法估测油酸分子的大小的实验步骤为:①为计算一滴油酸酒精溶液的体积,应记录滴油酸酒精溶液的滴数;②待水面稳定后将适量的痱子粉均匀地撒在水面上;③往浅盘中滴油酸酒精溶液;④描绘油膜轮廓。故实验步骤为 CBDA。

(2) 配制好的油酸酒精溶液放置太久,酒精挥发使油酸浓度

## 高中必刷题 物理

增大,计算时仍按原来的浓度,纯油酸的体积测量值偏小,根据  $d = \frac{V}{S}$  可知分子直径测量值偏小,A 选项偏小;在浅盘中倒入清水时倒入的水量不影响实验结果,故 B 选项无影响;测定每滴油酸酒精溶液的体积时,溶液少记了 10 滴,则每滴油酸体积测量值大于真实值,分子直径测量值偏大,故 C 选项偏大;痱子粉过厚阻碍油膜展开,导致测得面积  $S$  偏小,分子直径测量值偏大,故 D 选项偏大;数格数的正确做法是不足半格的舍去,E 选项是正确的实验操作,故 E 选项无影响;未等油膜充分展开就开始描绘轮廓,测得的  $S$  偏小, $d$  偏大,故 F 选项偏大.

**教材变式** 本题目由教材 P9 第 3 题演变而来,教材考查了估算油酸分子的大小,本题延伸考查了导致测得的分子直径偏大和偏小的操作.

### 4. (3) $8 \times 10^{-4}$ (4) $3.3 \times 10^{-6}$ 4.1 (5) 大

**【解析】**(3) 已知坐标纸最小方格边长为 1 mm,总格数 800 格,则油膜总面积  $S = NS_0 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .

(4) 15 滴稀释后的磷脂乙醇溶液的体积为 0.050 mL,而磷脂乙醇溶液稀释 1 000 倍,所以每滴磷脂乙醇溶液中含磷脂的体积  $V = \frac{0.050 \text{ mL}}{15} \times \frac{1}{1\,000} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ mL} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ cm}^3$ ,可将

油膜视为单分子层,则  $d = \frac{V}{S} \approx 4.1 \times 10^{-9} \text{ m} = 4.1 \text{ nm}$ .

(5) 若油膜未完全展开(存在重叠区域),测量的油膜面积  $S$  偏小, $V$  不变,根据  $d = \frac{V}{S}$  可知,计算出的分子长度  $d$  会偏大.

## 第 3 节 分子运动速率分布规律

### 刷基础

1. **D** **【解析】**分子永不停息地做无规则运动,与静置时间长短无关,故 **A 错误**;分子做无规则运动,速率有大有小,各个分子的动能也有大有小,而且在不断改变,故 **B、C 错误**;由于容器密闭,所以气体体积不变,则分子的密集程度保持不变,故 **D 正确**.

2. **C** **【解析】**随着温度的升高,氧气分子中速率大的分子所占的比例增大,**A 错误**;温度升高使得氧气分子的平均速率增大,不是每一个氧气分子的速率都增大,**B 错误**;同一温度下,中等速率的氧气分子数所占的比例较大,即氧气分子呈现“中间多、两头少”的分布规律,**C 正确**;温度升高后,氧气分子的平均速率变大,**D 错误**.

**关键点拨** 解答气体分子运动特点的问题时,关键是认识到单个或少量分子的运动是“个别行为”,具有不确定性. 气体分子的运动特点是对大量分子而言的,大量分子的运动是“集体行为”,遵循“中间多、两头少”的规律.

3. **B** **【解析】**温度越高,分子热运动越剧烈,速率大的分子所占的比例越大,由题图可知,曲线 2 速率大的分子所占的比

例比曲线 1 速率大的分子所占的比例大,故  $T_2 > T_1$ ,**A 错误**;曲线 1 和曲线 2 有一个交点,交点对应的速率区间的分子数占比相同,**B 正确**;气体分子速率分布规律曲线与横轴围成的面积均为 1,即曲线 1、曲线 2 以及将  $T_1$ 、 $T_2$  温度下的氧气混合后对应的曲线与横轴围成的面积都为 1,**C 错误**;将  $T_1$ 、 $T_2$  温度下的氧气混合后,混合气体的温度介于  $T_1$  和  $T_2$  之间,曲线的峰应介于曲线 1 和 2 之间,不可能为题图中的虚

线,**D 错误**.

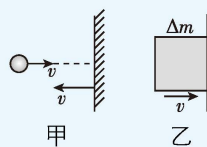
**关键点拨** 气体分子速率分布规律曲线的特点:(1)温度升高,速率大的分子所占比例变大;(2)中间多,两头少;(3)曲线与横轴围成的面积为 1;(4)高温气体分子曲线的峰对应的速率值大,百分比低.

**教材变式** 本题目由教材 P11 图 1.3-2 演变而来,教材展示了在  $0^\circ$  和  $100^\circ$  时氧气分子的速率分布和各速率区间的分子数占总分子数的百分比,本题不仅考查了不同曲线对应的温度高低关系,还考查了曲线与横轴围成的面积关系.

### 4. A

#### 模型构建

气体分子撞击器壁后,以原速率弹回,可建立如图甲所示的模型,可得  $F\Delta t = 2\Delta m v$ , $\Delta m$  与  $\Delta t$  对应. 对于  $\Delta m$ ,需要构建如图乙所示的模型.



**【解析】**由题设可知,一个气体分子每与器壁碰撞一次,对器壁的冲量大小  $\Delta I = 2mv$ ,以器壁上面积为  $S$  的部分为底、 $v\Delta t$  为高构成正方体,其内有  $\frac{1}{6}$  的气体分子在  $\Delta t$  时间内与该正方体的底发生碰撞,碰撞的分子数  $N = \frac{1}{6}nSv\Delta t$ ,则  $\Delta t$  时间内

**突破点:** 气体分子与器壁各面碰撞的机会均相等

气体分子对正方体底部的冲量大小  $I = N \cdot \Delta I = \frac{1}{3}nSmv^2\Delta t$ ,

正方体底部受到的压力大小  $F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{1}{3}nSmv^2$ ,则气体对器壁

的压强  $p = \frac{F}{S} = \frac{1}{3}nmv^2 = \frac{2}{3}nE_k$ ,故 **A 正确**.

### 刷易错

★**易错点** 对单位时间内与单位面积器壁碰撞的分子数的错误理解

5. **C** **【解析】**一定质量的气体,单位时间内与单位面积器壁碰撞的分子数取决于分子数密度和分子的平均速率,即与体积



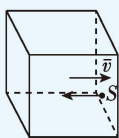
和温度都有关系,故 A、B 错误;压强取决于单位时间内与单

→ **关键点:** 影响  $N$  的因素不止一个,在判断  $N$  的变化时要注意控制变量

位面积器壁碰撞的分子数及分子的平均速率,在压强不变的情况下,温度变化表明气体分子的平均速率发生变化,即分子每次撞击器壁的作用力大小变化,压强不变,则单位时间内与单位面积器壁碰撞的分子数必然改变,故 C 正确, D 错误.

**易错分析** 本题有两个易错点:一是一个物理量变化时,易忽略另一个物理量的变化情况;二是对单位时间内与单位面积器壁碰撞的分子数理解错误.

**方法总结** 设有一正方体密闭容器(如图),容器内有一定质量的气体(设由单原子气体分子构成),它的压强为  $p$ ,气体分子质量为  $m$ ,单位体积内分子数为  $n$ ,平均速率为  $\bar{v}$ ,气体分子在单位时间内与单位面积器壁撞击的分子数为  $N$ .以容器右侧面为研究对象,设右侧面面积为  $S$ .我们尽量把模型简化,根据统计规律,气体分子将各有  $\frac{1}{6}$  分别向上、下、左、右、前、后六个方向运动.



设在极短时间  $\Delta t$  内,气体分子向右运动的平均距离为  $L$ ,则  $L = \bar{v}\Delta t$ ,  $\Delta t$  时间内撞击容器右侧面的分子数为  $\Delta N = \frac{n\Delta V}{6} = \frac{nLS}{6} = \frac{n\bar{v}\Delta t \cdot S}{6}$ ,故单位时间内撞击单位面积器壁的分

子数为  $N = \frac{\Delta N}{\Delta t \cdot S} = \frac{n\bar{v}}{6}$ .在  $\Delta t$  时间内,气体分子撞击器壁后反弹,气体分子速度大小不变、方向相反,故速度变化量大小为  $2\bar{v}$ ,由动量定理与牛顿第三定律可得,气体分子对右侧器壁的冲量  $I = F\Delta t = \Delta N \cdot 2m\bar{v} = \frac{nm\bar{v}^2 \Delta t \cdot S}{3}$ ,则气体分子对

器壁的作用力  $F = \frac{nm\bar{v}^2 S}{3}$ ,气体分子对器壁的压强  $p = \frac{F}{S} =$

$$\frac{nm\bar{v}^2}{3} = \frac{2}{3} nE_k = 2m\bar{v}N.$$

## 第 4 节 分子动能和分子势能

### 刷基础

1. C 【解析】温度是分子平均动能的标志,温度相同的氢气和氧气,氢气分子和氧气分子的平均动能相同,但是两分子的质量不同,则两分子的平均速率不同, A 错误;内能是物体内部所有分子动能与分子势能的总和,与物体的重力势能和动能无关, B 错误;内能不同的物体,温度可能相同,则它们分子热运动的平均动能可能相同, C 正确;温度是分子平

→ **易错点:** 内能不仅与温度有关,还与物质的多少有关

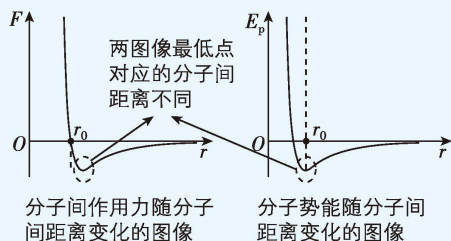
均动能的标志,不是系统中某个分子动能大小的标志,而是

所有分子动能的平均值大小的标志,是大量分子的统计结果,通过两个分子的动能比较温度没有意义, D 错误.

2. D 【解析】两分子间距为  $r_0$  时,两分子既受到引力也受到斥力,但引力和斥力等大反向,合力为 0,故 A 错误;由题图 2 可知, B 从无限远处向 A 靠近过程,分子势能先减小后增大,两分子间距为  $r_0$  时, B 受到的分子间作用力为 0,分子势能最小,故 B 错误, D 正确;在  $r > r_0$  阶段,分子力  $F$  表现为引力, B 向 A 靠近时,  $F$  做正功,在  $r < r_0$  阶段,分子力  $F$  表现为斥力, B 向 A 靠近时,  $F$  做负功,故 C 错误.

**教材变式** 本题目由教材 P15 图 1.4-2 演变而来,教材展示了  $F-r$  图像和  $E_p-r$  图像的对比,本题延伸考查了分子 B 从无限远处向分子 A 靠近时,分子力对分子 B 做功的情况.

**易错分析** 注意区分  $F-r$  图像和  $E_p-r$  图像最低点的含义



**注意说明** 当分子间的距离等于平衡距离时,分子间作用力为零,分子势能最小;分子间作用力做正功,分子势能减小,分子间作用力做负功,分子势能增大.

3. D 【解析】物体的内能与物体的运动速度无关,故 A 错误;分子势能与宏观物体的高度无关,故 B 错误;一定质量的物体,内能由物体的温度和体积共同决定,故 C 错误, D 正确.
4. C 【解析】一定质量的  $0^\circ\text{C}$  的冰熔化成  $0^\circ\text{C}$  的水时,温度不变,分子的平均动能不变,则分子的动能之和不变,故 A、B 错误;  $0^\circ\text{C}$  的冰熔化成  $0^\circ\text{C}$  的水时,需要吸收热量,所以其内能增加,而其分子总动能不变,则分子的势能之和变大,故 C 正确, D 错误.

### 刷易错

★易错点 分子势能为系统共有

5. D 【解析】由题图乙可知,分子间距离为  $r_0$  时,两分子之间的分子势能最小,分子间作用力为 0,则两个完全相同的分子从题图甲所示位置由静止释放后,在相互作用的斥力下,分子 A 向左运动,分子 B 向右运动,运动的加速度大小相同,当分子 B 到达坐标  $r_0$  时,分子 A 向左运动相同的距离,两分子之间的距离大于  $r_0$ ,分子之间作用力不为 0, A 错误;整个运动过程中除分子间的作用力外不考虑其他外力,分子动能和分子势能的总和不变,可得分子间距离为  $r_0$  时,两分子间的作用力为 0,分子势能最小,分子动能最大,此时减小的分子势能为  $\Delta E_p = E_1 - (-E_0) = E_1 + E_0$ ,减小的分子势能转化为两

个分子的动能,则分子  $B$  的最大动能为  $E_{kb} = \frac{E_1 + E_0}{2}$ , **B 错误**;

由题图乙可知,两分子从静止释放到相距无限远的过程中,它们之间的分子势能先减小后增大, **C 错误**;当两分子间距无限远时,设分子  $A$  和  $B$  的速度大小为  $v$ ,则有  $E_1 = 2 \times \frac{1}{2}mv^2$ ,解得  $v = \sqrt{\frac{E_1}{m}}$ , **D 正确**.

第二章 气体、固体和液体

第 1 节 温度和温标

刷基础

**1. A** 【解析】金属块放在沸水中加热足够长的时间,其状态参量稳定不变,系统处于平衡态,故 **A 正确**;刚刚放在教室中的一杯热水和一杯加较多冰块的可乐,两者状态参量都是不稳定的,不是平衡态,故 **B 错误**;突然被压缩的气体温度升高,压强变大,故其不处于平衡态,故 **C 错误**;开空调 2 min 内教室内的气体温度有变化,故其不处于平衡态,故 **D 错误**.

**关键点拨** 把握住平衡态的定义,即系统内与外界不发生能量的转移,是判断是否是平衡态的关键.

**2. D** 【解析】两个系统处于热平衡时,一定具有相同的温度,内能还与质量、状态等因素有关,温度相同内能不一定相同,故 **A 错误**;热平衡时,轮胎内气体的温度与室内气体的温度相同,则轮胎内气体分子的平均动能与室内气体分子的平均动能相同,故 **B 错误**;根据分子运动速率分布规律可知,在不同温度下,各种速率的分子都存在,不能说室内气体每个分子的速率比室外气体所有分子的速率大,故 **C 错误**;热平衡后,轮胎

内气体的温度升高,分子的平均动能变大,轮胎内气体分子单位时间内与单位面积器壁的平均作用力比热平衡前的大,故 **D 正确**.

**关键点拨** 热平衡定律(热力学第零定律):如果两个系统分别与第三个系统达到热平衡,那么这两个系统彼此之间也必定处于热平衡.

**3. D** 【解析】根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知  $27^\circ\text{C}$  相当于  $(27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$ ,故 **A 正确**;根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知  $100^\circ\text{C}$  相当于  $(100 + 273.15) \text{ K} = 373.15 \text{ K}$ ,故 **B 正确**;根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知  $0^\circ\text{C}$  相当于  $(0 + 273.15) \text{ K} = 273.15 \text{ K}$ ,  $100^\circ\text{C}$  相当于  $(100 + 273.15) \text{ K} = 373.15 \text{ K}$ ,可知水从  $0^\circ\text{C}$  升高到  $100^\circ\text{C}$ ,用热力学温度表示即为从  $273.15 \text{ K}$  升高到  $373.15 \text{ K}$ ,故 **C 正确**;根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知摄氏温度为  $t$  相当于  $T_1 = (t + 273.15) \text{ K}$ ,摄氏温度  $2t$  相当于  $T_2 = (2t + 273.15) \text{ K}$ ,可知  $T_2 \neq 2T_1$ ,故温度由摄氏温度  $t$  升至  $2t(t > 0^\circ\text{C})$ ,对应的热力学温度不是由  $T$  升至  $2T$ ,故 **D 错误**.

**易错分析** 分子势能是分子  $A$ 、 $B$  组成的系统所共有的,系统在只有分子间作用力做功的情况下,分子动能和分子势能的总和保持不变,系统的势能减少多少,两个分子的总动能就增加多少;另外,本题还需要注意,分子势能最小时,分子力为 0.

本题选说法错误的,故选 D.

关键点拨 热力学温度与摄氏温度

对于热力学温度和摄氏温度的关系,易出现以下两点错误:

(1) 单位混淆.

(2) 错用公式  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,把物体的温度和物体升高的温度混淆,认为摄氏温度升高  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ,热力学温度升高  $\Delta T = \Delta t + 273.15 \text{ K}$ ,从而出错.

弄清二者关系,一要强化二者的单位,二要明确热力学温标和摄氏温标表示的温差相同,即  $\Delta T = \Delta t$ .

**4. C** 【解析】根据热力学温度与摄氏温度的关系  $T = t + 273 \text{ K}$ ,可得今天最高气温是  $25^\circ\text{C}$ ,用热力学温度来表示即为  $298 \text{ K}$ ,故 **A 错误**;今天最低气温是  $283 \text{ K}$ ,用摄氏温度来表示即为  $t = (283 - 273)^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$ ,故 **B 错误**;今天从早晨到中午,气温上升了  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ ,由于数值上  $\Delta T = \Delta t$ ,所以用热力学温度来表

示即上升  $10 \text{ K}$ ,故 **C 正确**,**D 错误**.

5. A

思路导引

由题图甲可得  $R = R_0 + kt$  }  $R$  和  $T$  的表达式  
 $T = t + 273.15 \text{ K}$  }  $\Rightarrow$  A 选项

题图甲  $R = R_0 + kt$  }  $t$  和  $I$  的表达式  
题图乙  $E = I(R_A + R + r)$  }  $\Rightarrow$  B 选项

**【解析】**由题图甲可得  $R = R_0 + kt$ ,又  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,联立可得  $R = (R_0 - 273.15k) + kT$ ,由此可知该电阻  $R$  与热力学温度  $T$  是线性关系, **A 正确**;由闭合电路欧姆定律可得  $I = \frac{E}{R_A + R + r}$ ,

代入  $R = R_0 + kt$ ,整理得  $t = \frac{E}{kI} - \frac{R_0 + R_A + r}{k}$ ,可知摄氏温度与电流不是线性关系, **B 错误**;由题图甲可知,温度越高,  $R$  的阻值越大,由闭合电路欧姆定律知,回路中的电流越小,根据  $P = EI$  可知,电源的总功率越小, **C 错误**;由题图甲可知,  $t_A$  对应的电阻阻值小于  $t_B$  对应的电阻阻值,结合闭合电路欧姆定律可知,阻值小时电流大,故  $t_A$  应标在电流较大的刻度上, **D 错误**.