

## 第 11.1 节 分子动理论 内能

{INCLUDEPICTURE"111.TIF"}

### 要点一 微观量的估算

#### 1. 两种分子模型

物质有固态、液态和气态三种情况，不同物态下应将分子看成不同的模型。

(1) 固体、液体分子一个一个紧密排列，可将分子看成球形或立方体形，如图 11-1-1 所示，分子间距等于小球的直径或立方体的棱长，所以  $d = \sqrt[3]{\frac{4}{3}\pi V}$  (球体模型) 或  $d = \sqrt[3]{V}$  (立方体模型)。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-1.TIF"}

图 11-1-1

(2) 气体分子不是一个一个紧密排列的，它们之间的距离很大，所以气体分子的大小不等于分子所占有的平均空间。如图 11-1-2 所示，此时每个分子占有的空间视为棱长为  $d$  的立方体，所以  $d = \sqrt[3]{V}$ 。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-2.tif"}

图 11-1-2

#### 2. 宏观量与微观量的转换桥梁

作为宏观量的摩尔质量  $M_{\text{mol}}$ 、摩尔体积  $V_{\text{mol}}$ 、密度  $\rho$  与作为微观量的分子直径  $d$ 、分子质量  $m$ 、每个分子的体积  $V_0$  都可通过阿伏加德罗常数联系起来。如下所示。

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

(1) 一个分子的质量:  $m = \frac{M_{\text{mol}}}{N_A}$ 。

(2) 一个分子所占的体积:  $V_0 = \frac{V_{\text{mol}}}{N_A}$  (估算固体、液体分子的体积或气体分子平均占有的空间)。

(3) 1 mol 物质的体积:  $V_{\text{mol}} = \frac{M_{\text{mol}}}{\rho}$ 。

(4) 质量为  $M$  的物体中所含的分子数:  $n = \frac{M}{M_{\text{mol}}} N_A$ 。

(5) 体积为  $V$  的物体中所含的分子数:  $n = \frac{\rho V}{M_{\text{mol}}} N_A$ 。

**[典例]** 空调在制冷过程中，室内空气中的水蒸气接触蒸发器(铜管)液化成水，经排水管排走，空气中水份越来越少，人会感觉干燥。某空调工作一段时间后，排出液化水的体积  $V = 1.0 \times 10^3 \text{ cm}^3$ 。已知水的密度  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、摩尔质量  $M = 1.8 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}$ ，阿伏加德罗常数  $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。试求：(结果均保留一位有效数字)

(1) 该液化水中含有水分子的总数  $N$ ；

(2) 一个水分子的直径  $d$ 。

## [针对训练]

1. 冬天到了, 很多人用热水袋取暖。现有一中号热水袋, 容积为  $1\,000\text{ cm}^3$ , 正常使用时, 装水量为 80%, 请估算该热水袋中水分子的数目约为多少个? (计算结果保留 1 位有效数字, 已知  $1\text{ mol}$  水的质量为  $18\text{ g}$ , 水的密度取  $1.0\times 10^3\text{ kg/m}^3$ , 阿伏加德罗常数取  $6\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ )

2. 已知潜水员在岸上和海底吸入空气的密度分别为  $1.3\text{ kg/m}^3$  和  $2.1\text{ kg/m}^3$ , 空气的摩尔质量为  $0.029\text{ kg/mol}$ , 阿伏加德罗常数  $N_A=6.02\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ 。若潜水员呼吸一次吸入  $2\text{ L}$  空气, 试估算潜水员在海底比在岸上每呼吸一次多吸入空气的分子数。(结果保留 1 位有效数字)

3. 已知汞的摩尔质量  $M=0.20\text{ kg/mol}$ , 密度  $\rho=1.36\times 10^4\text{ kg/m}^3$ , 阿伏加德罗常数  $N_A=6.0\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ , 将体积  $V_0=1.0\text{ cm}^3$  的汞变为  $V=3.4\times 10^3\text{ cm}^3$  的汞蒸气, 则  $1.0\text{ cm}^3$  的汞蒸气所含的分子数为多少?

**要点二 布朗运动与分子热运动**

1. 下列关于布朗运动的说法，正确的是( )
  - A. 布朗运动是液体分子的无规则运动
  - B. 液体温度越高，悬浮粒子越小，布朗运动越剧烈
  - C. 布朗运动是由于液体各个部分的温度不同而引起的
  - D. 布朗运动是由液体分子从各个方向对悬浮粒子撞击作用的不平衡引起的
2. 做布朗运动实验，得到某个观测记录如图 11-1-3 所示。图中记录的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-4.TIF"}

图 11-1-3

- A. 分子无规则运动的情况
  - B. 某个微粒做布朗运动的轨迹
  - C. 某个微粒做布朗运动的速度—时间图线
  - D. 按等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线
3. 下列叙述正确的是( )
    - A. 扩散现象说明了分子在不停地做无规则运动
    - B. 布朗运动就是液体分子的运动
    - C. 分子间距离增大，分子间作用力一定减小
    - D. 物体的温度较高，分子运动越激烈，每个分子的动能都一定越大

**要点三 分子力、分子势能与分子间距离的关系**

分子力  $F$ 、分子势能  $E_p$  与分子间距离  $r$  的关系图线如图 11-1-4 所示(取无穷远处分子势能  $E_p=0$ )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-5.tif"}

图 11-1-4

- (1)当  $r > r_0$  时，分子力为引力，当  $r$  增大时，分子力做负功，分子势能增加。
- (2)当  $r < r_0$  时，分子力为斥力，当  $r$  减小时，分子力做负功，分子势能增加。
- (3)当  $r = r_0$  时，分子势能最小。

[典例] (多选)两个相距较远的分子仅在分子力作用下由静止开始运动，直至不再靠近。

在此过程中，下列说法正确的是( )

- A. 分子力先增大，后一直减小
- B. 分子力先做正功，后做负功
- C. 分子动能先增大，后减小
- D. 分子势能先增大，后减小
- E. 分子势能和动能之和不变

**[针对训练]**

1. 下列四幅图中，能正确反映分子间作用力  $f$  和分子势能  $E_p$  随分子间距离  $r$  变化关系

的图线是( )

{INCLUDEPICTURE"15WL3-3-6.TIF"}

图 11-1-5

2.(多选)两分子间的斥力和引力的合力  $F$  与分子间距离  $r$  的关系如图 11-1-6 中曲线所示, 曲线与  $r$  轴交点的横坐标为  $r_0$ 。相距很远的两分子在分子力作用下, 由静止开始相互接近。若两分子相距无穷远时分子势能为零, 下列说法正确的是( )

{INCLUDEPICTURE"15WR11-13.tif"}

图 11-1-6

- A. 在  $r > r_0$  阶段,  $F$  做正功, 分子动能增加, 势能减小
- B. 在  $r < r_0$  阶段,  $F$  做负功, 分子动能减小, 势能也减小
- C. 在  $r = r_0$  时, 分子势能最小, 动能最大
- D. 在  $r = r_0$  时, 分子势能为零
- E. 分子动能和势能之和在整个过程中不变

#### 要点四 物体的内能

[典例] 下列说法中正确的是( )

- A. 物体温度降低, 其分子热运动的平均动能增大
- B. 物体温度升高, 其分子热运动的平均动能增大
- C. 物体温度降低, 其内能一定增大
- D. 物体温度不变, 其内能一定不变

#### [针对训练]

1. (多选)下列各种说法中正确的是( )

- A. 温度低的物体内能小
- B. 分子运动的平均速度可能为零, 瞬时速度不可能为零
- C. 液体与大气相接触, 表面层内分子所受其他分子的作用表现为相互吸引
- D.  $0^\circ\text{C}$  的铁和  $0^\circ\text{C}$  的冰, 它们的分子平均动能相同
- E. 气体分子单位时间内与单位面积器壁碰撞的次数与单位体积内的分子数和温度有关

2. (多选)对于分子动理论和物体内能的理解, 下列说法正确的是( )

- A. 温度高的物体内能不一定大, 但分子平均动能一定大
- B. 外界对物体做功, 物体内能一定增加
- C. 温度越高, 布朗运动越显著
- D. 当分子间的距离增大时, 分子间作用力就一直减小
- E. 当分子间作用力表现为斥力时, 分子势能随分子间距离的减小而增大