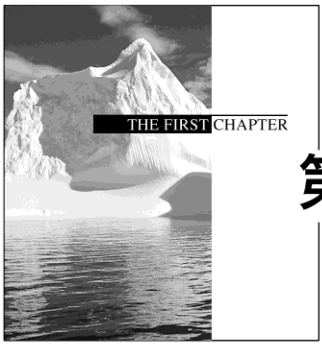

第一章　分子动理论

1　物体是由大量分子组成的

[学习目标]　1.知道物体是由大量分子组成的.2.知道分子的球形模型和分子直径的数量级.3.知道阿伏伽德罗常量的物理意义、数值和单位.4.知道分子之间存在空隙.

知识探究

新知探究　逐点落实

一、分子的大小与模型

[导学探究]　通过初中物理的学习，我们知道组成物体的分子是很小的．成年人做一次深呼吸，大约能吸入 1×10^{22} 个分子．那么分子到底有多小？这么小的分子又是什么形状的呢？

答案　多数分子大小的数量级为 10^{-10} m．一般把分子看做球形或立方体．

[知识梳理]

1．热学中的分子与化学上讲的不同，它是构成物质的分子、原子、离子等微粒的统称，因为这些微粒在热运动时遵从相同的规律．

2．一般分子直径的数量级是 $\underline{10^{-10}}$ m.

3．分子的两种模型

(1)球形模型：固体、液体中分子间距较小，可认为分子是一个挨着一个紧密排列的球体．分子体积 V_0 和直径 d 的关系为 $V_0=\frac{1}{6}\pi d^3$.

(2)立方体模型：气体中分子间距很大，一般建立立方体模型(如图 1 所示)．将每个气体分子看成一个质点，气体分子位于立方体中心，分子占据的空间 V_0 和分子间距离 d 的关系为 $V_0=\underline{d^3}$.

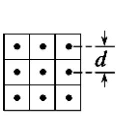

图 1

[即学即用]　判断下列说法的正误．

(1)热力学范围内，原子、分子或离子遵循不同的热运动规律．(　×　)

(2)所有分子直径的数量级都是 10^{-9} m．(　×　)

(3)分子的形状为球形或立方体形状．(　×　)

二、阿伏伽德罗常量

[导学探究]　(1)1 mol 的物质内含有多少个分子？用什么表示？

(2)若某种物质的摩尔质量为 M，摩尔体积为 V，则一个分子的质量为多大？假设分子紧密排列，一个分子的体积为多大？(已知阿伏伽德罗常量为 N_A)

答案　(1)6.02×10^{23} 个　N_A　(2)$\frac{M}{N_A}$　$\frac{V}{N_A}$

[知识梳理]　阿伏伽德罗常量

(1)定义：<u>1 mol</u>的任何物质所含有的分子数．

(2)大小：在通常情况下取 $N_A=\underline{6.02\times10^{23}}$ mol^{-1}，在粗略计算中可以取 $N_A=\underline{6.0\times10^{23}}$ mol^{-1}.

(3)应用

①N_A 的桥梁和纽带作用

阿伏伽德罗常量是联系宏观世界和微观世界的一座桥梁．它把摩尔质量 M_{mol}、摩尔体积 V_{mol}、物体的质量 m、物体的体积 V、物体的密度 ρ 等宏观量，跟单个分子的质量 m_0、单个分子的体积 V_0 等微观量联系起来，如图 2 所示．

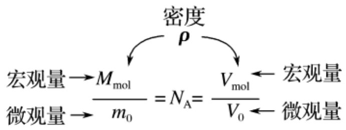

图 2

其中密度 $\rho=\frac{m}{V}=\frac{M_{mol}}{V_{mol}}$，但要切记对单个分子 $\rho=\frac{m_0}{V_0}$是没有物理意义的．

②常用的重要关系式

a．分子的质量：$m_0=\frac{M_{mol}}{N_A}$.

b．分子的体积(或分子所占的空间)

对固体和液体，因为分子间距很小，可认为分子紧密排列，摩尔体积 $V_{mol}=N_AV_0$，则单个分子的体积 $V_0=\frac{V_{mol}}{N_A}=\frac{M_{mol}}{\rho N_A}$.

对气体，因分子间距比较大，故 $V_0=\frac{V_{mol}}{N_A}$只表示每个分子所占有的空间．

③质量为 m 的物体中所含有的分子数：$n=\frac{mN_A}{M_{mol}}$.

④体积为 V 的物体中所含有的分子数：$n=\frac{VN_A}{V_{mol}}$.

[即学即用]　已知阿伏伽德罗常量为 N_A，某气体的摩尔质量为 M，密度为 ρ，请判断下列说

法的正误.

(1)1 m^3该气体中所含的分子数为$\frac{\rho N_A}{M}$.(√)

(2)1 kg 该气体中所含的分子数是$\frac{\rho N_A}{M}$.(×)

(3)一个气体分子的体积是$\frac{M}{\rho N_A}$.(×)

(4)一个气体分子的质量是$\frac{M}{N_A}$.(√)

题型探究

重点难点　各个击破

一、分子的大小与模型

【例 1】 关于分子，下列说法中正确的是(　　)

A．分子看做小球是分子的简化模型，实际上，分子的形状并不真的都是小球

B．所有分子大小的数量级都是 10^{-10} m

C．“物体是由大量分子组成的”，其中“分子”只包含分子，不包括原子和离子

D．分子的质量是很小的，其数量级一般为 10^{-10} kg

答案　A

解析　将分子看做小球是为研究问题方便而建立的简化模型，故 A 选项正确；一些有机物质的分子大小的数量级超过 10^{-10} m，故 B 选项错误；“物体是由大量分子组成的”，其中“分子”是分子、原子、离子的统称，故 C 选项错误；分子质量的数量级一般为 10^{-26} kg，故 D 选项错误.

【例 2】 现在已经有能放大数亿倍的非光学显微镜(如电子显微镜、场离子显微镜等)，使得人们观察某些物质内的分子排列成为可能．如图 3 所示是放大倍数为 3×10^7 倍的电子显微镜拍摄的二硫化铁晶体的照片．据图可以粗略地测出二硫化铁分子体积的数量级为________m^3.(照片下方是用最小刻度为毫米的刻度尺测量的照片情况)

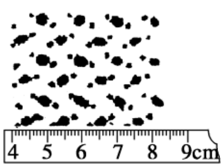

图 3

答案　10^{-29}

解析　由题图可知，将每个二硫化铁分子看做一个立方体，四个小立方体并排边长之和为 $4d'$ ＝4.00 cm, 所以平均每个小立方体的边长 d' ＝1.00 cm.又因为题图是将实际大小放大了 3×10^7 倍拍摄的照片，所以二硫化铁分子的小立方体边长为：$d=\frac{d'}{3\times10^7}=\frac{1.00\times10^{-2}}{3\times10^7}$

$m\approx 3.33\times 10^{-10}$ m

所以测出的二硫化铁分子的体积为：$V=d^3=(3.33\times 10^{-10}\ \text{m})^3\approx 3.7\times 10^{-29}\ \text{m}^3$.

二、阿伏伽德罗常量的应用

【例 3】 水的分子量是 18 g mol^{-1}，水的密度 $\rho=1.0\times 10^3$ kg/m^3，阿伏伽德罗常量 $N_A=6.02\times 10^{23}$ mol^{-1}，则：

(1)水的摩尔质量 $M=$________g mol^{-1} 或 $M=$________kg mol^{-1}，水的摩尔体积 $V_m=$______m^3 mol^{-1}.

(2)水分子的质量 $m_0=$________kg，水分子的体积 $V'=$________m^3.

(3)将水分子看做球体，其直径 $d=$________m(保留一位有效数字)，一般分子直径的数量级是________m.

(4)36 g 水中所含水分子个数 $n=$________个.

(5)1 cm^3 的水中所含水分子个数 $n'=$________个.

答案 (1)18 1.8×10^{-2} 1.8×10^{-5} (2)3×10^{-26} 3×10^{-29} (3)4×10^{-10} 10^{-10}

(4)1.2×10^{24}

(5)3.3×10^{22}

解析 (1)某种物质的摩尔质量用“g mol^{-1}”作单位时，其数值与该种物质的分子量相同，所以水的摩尔质量 $M=18$ g mol^{-1}.如果摩尔质量用国际单位制的单位“kg mol^{-1}”，就要换算成 $M=1.8\times 10^{-2}$ kg mol^{-1}.

水的摩尔体积 $V_m=\dfrac{M}{\rho}=\dfrac{1.8\times 10^{-2}}{1.0\times 10^3}$ m^3 mol$^{-1}=1.8\times 10^{-5}$ m^3 mol^{-1}.

(2)水分子的质量 $m_0=\dfrac{M}{N_A}=\dfrac{1.8\times 10^{-2}}{6.02\times 10^{23}}$ kg$\approx 3\times 10^{-26}$ kg

水分子的体积 $V'=\dfrac{V_m}{N_A}=\dfrac{1.8\times 10^{-5}}{6.02\times 10^{23}}$ m$^3\approx 3\times 10^{-29}$ m^3.

(3)将水分子看做球形就有$\dfrac{4}{3}\pi(\dfrac{d}{2})^3=V'$，

水分子直径

$d=\sqrt[3]{\dfrac{6V'}{\pi}}=\sqrt[3]{\dfrac{6\times 3\times 10^{-29}}{3.14}}$ m$\approx 4\times 10^{-10}$ m，这里的“10^{-10} m”称为数量级，一般分子直径的数量级就是这个值.

(4)36 g 水中所含水分子的个数

$n=\dfrac{m}{M}N_A=\dfrac{36\times 6.02\times 10^{23}}{18}$个$\approx 1.2\times 10^{24}$ 个.

(5)1 cm^3 的水中水分子的个数为

$n'=\dfrac{V}{V_m}N_A=\dfrac{10^{-6}\times 6.02\times 10^{23}}{1.8\times 10^{-5}}$个$\approx 3.3\times 10^{22}$ 个.

总结提升

(1)分子的大小：一般分子大小的数量级是 10^{-10} m，质量的数量级是 10^{-26} kg.

(2)分子的两种模型

①球体模型：固体、液体分子可认为是一个挨着一个紧密排列的球体，由 $V_0=\frac{V}{N_A}$及 $V_0=\frac{1}{6}\pi d^3$可得：$d=\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi N_A}}$.

②立方体模型：气体中分子间距很大，一般建立立方体模型．将每个气体分子看成一个质点，气体分子位于立方体中心，如图 4 所示．则立方体的边长即为分子间距．由 $V_0=\frac{V}{N_A}$及 $V_0=d^3$可得：$d=\sqrt[3]{\frac{V}{N_A}}$.

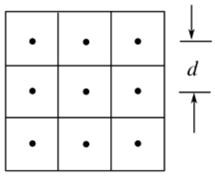

图 4

针对训练　已知氧气分子的质量 $m=5.3\times10^{-26}$ kg，标准状况下氧气的密度 $\rho=1.43$ kg/m^3，阿伏伽德罗常量 $N_A=6.02\times10^{23}$ mol^{-1}，求：(结果均保留两位有效数字)

(1)氧气的摩尔质量；

(2)标准状况下氧气分子间的平均距离；

(3)标准状况下 1 cm^3 的氧气中含有的氧气分子的个数．

答案　(1)3.2×10^{-2} kg/mol　(2)3.3×10^{-9} m

(3)2.7×10^{19} 个

解析　(1)氧气的摩尔质量为 $M=N_Am=6.02\times10^{23}\times5.3\times10^{-26}$ kg/mol≈3.2×10^{-2} kg/mol.

(2)标准状况下氧气的摩尔体积 $V=\frac{M}{\rho}$，所以每个氧气分子所占空间 $V_0=\frac{V}{N_A}=\frac{M}{\rho N_A}$.而每个氧气分子占有的空间可以看成是棱长为 a 的立方体，即 $V_0=a^3$，则 $a^3=\frac{M}{\rho N_A}$，$a=\sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}=\sqrt[3]{\frac{3.2\times10^{-2}}{1.43\times6.02\times10^{23}}}$ m≈3.3×10^{-9} m.

(3)1 cm^3 氧气的质量为

$m'=\rho V'=1.43\times1\times10^{-6}$ kg$=1.43\times10^{-6}$ kg

则 1 cm^3 氧气中含有的氧气分子的个数

$N=\frac{m'}{m}=\frac{1.43\times10^{-6}}{5.3\times10^{-26}}$ 个≈2.7×10^{19} 个.

方法总结

对于涉及微观量和宏观量的计算时，一定注意用阿伏伽德罗常量这个桥梁联系起来，即 $N_A=\frac{V}{V_0}=\frac{M}{m_0}$，$V$、$M$ 分别为摩尔体积和摩尔质量，V_0、m_0 分别为单个分子的体积(分子平均占有空间)和质量.

达标检测

当堂检测　巩固反馈

1．关于分子，下列说法中正确的是(　　)

A．分子的形状要么是球形，要么是立方体

B．所有分子的直径都相同

C．不同分子的直径一般不同，但数量级基本一致

D．密度大的物质，分子质量一定大

答案　C

解析　分子的结构非常复杂，它的形状并不真的都是球形或立方体，分子的直径不可能都相同，但大多数分子直径数量级是一致的，所以 C 正确，A、B 错误；密度大指相同体积质量大，但分子个数不确定，无法比较分子质量大小，D 错误.

2．纳米材料具有很多优越性，有着广阔的应用前景．边长为 1 nm 的立方体，可容纳液态氢分子(其直径约为 10^{-10} m)的个数最接近于(　　)

A．10^2 个　　B．10^3 个

C．10^6 个　　D．10^9 个

答案　B

解析　1 nm＝10^{-9} m，则边长为 1 nm 的立方体的体积 $V=(10^{-9})^3\ \text{m}^3=10^{-27}\ \text{m}^3$；将液态氢分子看做边长为 10^{-10} m 的小立方体，则每个氢分子的体积 $V_0=(10^{-10})^3\ \text{m}^3=10^{-30}\ \text{m}^3$，所以可容纳的液态氢分子的个数 $N=\frac{V}{V_0}=10^3$ 个.

3. 已知某气体的摩尔体积为22.4 L/mol，摩尔质量为18 g/mol，阿伏伽德罗常量为$6.02\times10^{23}\ \text{mol}^{-1}$，由以上数据不可以估算出这种气体(　　)

A．每个分子的质量

B．每个分子的体积

C．每个分子占据的空间

D．分子之间的平均距离

答案　B

解析　实际上气体分子之间的距离远比分子本身的线度大得多，即气体分子之间有很大空隙，

故不能根据 $V_0=\frac{V_m}{N_A}$计算分子体积，这样算得的应是该气体每个分子所占据的空间；可认为每个分子平均占据了一个小立方体空间，$\sqrt[3]{V_0}$即为相邻分子之间的平均距离；每个分子的质量显然可由 $m_0=\frac{M}{N_A}$估算，故答案选 B.

4．已知金刚石的密度为 $\rho=3.5\times10^3$ kg/m^3，现有体积为 4.0×10^{-8} m^3 的一小块金刚石，它有多少个碳原子？假如金刚石中的碳原子是紧密地挨在一起的，试估算碳原子的直径.（结果保留两位有效数字）

答案　7.0×10^{21} 个　2.2×10^{-10} m

解析　金刚石的质量：

$m=\rho V=3.5\times10^3\times4.0\times10^{-8}\ \text{kg}=1.4\times10^{-4}\ \text{kg}$

这块金刚石所含碳原子的摩尔数：

$n=\frac{m}{M}=\frac{1.4\times10^{-4}\ \text{kg}}{12\times10^{-3}\ \text{kg/mol}}\approx1.17\times10^{-2}\ \text{mol}$

这块金刚石所含的碳原子数：

$N=nN_A=1.17\times10^{-2}\times6.02\times10^{23}$ 个$\approx7.0\times10^{21}$ 个

碳原子的体积：

$V_0=\frac{V}{N}=\frac{4.0\times10^{-8}}{7.0\times10^{21}}\ \text{m}^3\approx5.7\times10^{-30}\ \text{m}^3$

把金刚石中的碳原子看成球体，则由公式 $V_0=\frac{\pi}{6}d^3$ 可得碳原子直径：

$d=\sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}}=\sqrt[3]{\frac{6\times5.7\times10^{-30}}{3.14}}\ \text{m}\approx2.2\times10^{-10}\ \text{m}.$