



总主编◎李朝东



修订版

教材

JIAOCAIJIEXI

解析

人教版

高中物理



YZLI0890146609



读者出版集团
D P G C . L
甘肃少年儿童出版社



总主编◎李朝东

教材解析

JIAOCAIJIEXI

本册主编：代松波



高中物理



YZLI0890146609

选修 3-3



读者出版集团
D P G C . L
甘肃少年儿童出版社

图书在版编目(CIP)数据

教材解析:人教版.高中物理.3-3:选修/李朝东总主编.
—兰州:甘肃少年儿童出版社,2011.5

ISBN 978-7-5422-2899-4

I. ①教… II. ①李… III. ①中学物理课-高中-教
学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 074870 号

责任编辑:张玉霞

封面设计:杭永鸿



教材解析·高中物理

选修3-3 人教版

李朝东 总主编

甘肃少年儿童出版社出版发行

(730030 兰州市读者大道568号)

0931-8773255

淄博恒业印务有限公司

开本 880 毫米×1230 毫米 1/16 印张 12 字数 240 千

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~5 000

ISBN 978-7-5422-2899-4 定价:23.00 元



当一道道疑似难题摆在你面前时，是胸有成竹，还是找不着头绪？如果是前者，那么恭喜你，你已经跨越了教材与考试之间的差距；如果是后者，那你也别着急，《经纶学典·教材解析》将在教材与考试间为你搭建一个沟通平台。

不少同学有这样的感觉：教材都熟悉了，课堂上也听懂了，但考试却考不出好成绩。原因在于教材内容与考试要求有差距，课堂教学与选拔性考试有差别。这就需要在教材之上、课堂之外能够得到补充、提升，直至达到高考的选拔要求。本书就是从以下两个方面填补这种差距。

首先是对教材的深度挖掘。教材内容通俗易懂，但里面包含着丰富的信息。我们把教材所包含的信息挖掘出来，并进行系统整理，让知识的内涵和外延、知识间的联系充分展现。

第二是对课堂教学的补充和拓展。本书不是对课堂教学的重复，而是在课堂教学基础上，对课堂教学进行补充、提高，挖掘出那些学生难以理解、难以掌握的内容进行归纳和总结，为学生串起一条规律性的“线”。物理侧重物理现象的过程分析，各种问题的专题归纳，解题模型的建立及思想方法的应用，物理实验的设计与评价等。这些由于课堂教学时间的限制或教师水平发挥的问题，在课堂上并没有全部传授给学生，而这些恰恰就是考试中要考查的，学生拉开差距的所在。

正是本着上述编写理念，本丛书以学生为中心，用最易理解的表现形式呈现学习中难以理解的部分。希望本书为你的成长助力，您若有更好的想法和意见请登录：www.jing-lun.cn。



读者反馈表

尊敬的读者：

您好！感谢您使用《经纶学典·教材解析》！

为了不断提高图书质量，恳请您写下使用本书的体会与感受，我们将真诚地吸纳。在修订时将刊登您的意见，并予以一定的奖励，以表达我们诚挚的谢意。

读者简介	姓名		性别		出生年月	
	所在学校			通讯地址		
	联系方式	(H): 手机:		(O): E-mail:		
本书情况		学科		版本		年级
您对本书栏目的评价： 1. 教材梳理： 全面 ☐ 一般 ☐ 不全面 ☐ 2. 教材拓展： 难 ☐ 合理 ☐ 易 ☐ 3. 典型题解： 全面 ☐ 不全面 ☐ 4. 针对性练习： 难 ☐ 合理 ☐ 易 ☐ 5. 拓展阅读： 需要 ☐ 不需要 ☐ 6. 五年高考回放： 需要 ☐ 不需要 ☐		您对本书体例形式的评价： 1. 栏目设置： 过多 ☐ 适中 ☐ 过少 ☐ 2. 题空： 过大 ☐ 正好 ☐ 过小 ☐ 3. 版式： 美观 ☐ 一般 ☐ 不美观 ☐ 4. 封面： 美观 ☐ 一般 ☐ 不美观 ☐		您的购买行为： 1. 您购买本书的途径： 广告 ☐ 教师推荐 ☐ 家长购买 ☐ 学校统一购买 ☐ 自己购买 ☐ 同学推荐 ☐ 2. 您购买本书的主要原因(可多选)： 广告宣传 ☐ 包装形式 ☐ 内容 ☐ 图书价格 ☐ 封面设计 ☐ 书名 ☐		
您对本书的其他意见： 						

欢迎登录：www.jing-lun.cn

通信地址：南京红狐教育传播研究所(南京市租用16-02#信箱)

邮编：210016



目录

M U I U

第七章 分子动理论

1 物体是由大量分子组成的	1
2 分子的热运动	11
3 分子间的作用力	18
4 温度和温标	26
5 内能	33
本章总结	42
本章测试题	48

第八章 气体

1 气体的等温变化	52
2 气体的等容变化和等压变化	62
3 理想气体的状态方程	74
4 气体热现象的微观意义	85
本章总结	93
本章测试题	100

第九章 固体、液体和物态变化

1 固体	104
2 液体	110
3 饱和汽与饱和汽压	117
4 物态变化中的能量交换	123
本章总结	129
本章测试题	133



目录

M U L U

第十章 热力学定律

1 功和内能	136
2 热和内能	142
3 热力学第一定律 能量守恒定律	149
4 热力学第二定律	158
5 热力学第二定律的微观解释	166
6 能源和可持续发展	171
本章总结	178
本章测试题	184

第七章 分子动理论

1 物体是由大量分子组成的

A 教材梳理

知识点一 分子的大小

1. 分子

分子是能保持物质化学性质的最小微粒。

说明:构成物质的微粒是多种多样的,或是原子,或是离子,或是分子,由于这些粒子做热运动时,遵从相同的规律,所以统称为分子。

2. 分子的大小

(1)尺度大小:多数分子尺度的数量级为 10^{-10} m。

(2)质量大小:一般分子质量的数量级为 10^{-26} kg。

3. 分子大小的估测——油膜法

把一滴油酸(事先测出体积 V)滴在水面上,在水面上形成油膜,认为是单分子油膜,且把分子看成球形,如图所示。油膜的厚度认为是油酸分子的直径 d ,测出油膜面积 S ,则分子直径 $d = \frac{V}{S}$ (类比:取一定量的小米,测出其体积 V ,将米平摊在桌面上,上下不重叠,一粒紧挨一粒,量出米粒占据桌面的面积 S ,得 $d = \frac{V}{S}$)。

说明:(1)测定分子大小的方法有许多种。尽管用不同方法测出的结果有差异,但数量级是一致的,除了一些有机物质的大分子外,多数分子尺寸的数量级为 10^{-10} m。

(2)分子并不是球形的,但这里把它们当做球形处理,是一种估算的方法,估算在物理学的学习和研究方面是很有用的。

(3)人们不可能用肉眼直接观察到分子,也无法借助光学显微镜观察到分子,通过离子显微镜可观察到分子的位置,用扫描隧道显微镜(放大数亿倍)可直接观察到单个分子或原子。

知识点二 阿伏加德罗常数

1. 定义:1 mol 的任何物质都含有相同的粒子数,这个数

量为阿伏加德罗常数。通常用符号 N_A 表示,其值为 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

2. 意义:阿伏加德罗常数是一个重要常数。它把摩尔质量、摩尔体积这些宏观物理量与分子质量、分子大小等微观物理量联系起来了,即阿伏加德罗常数 N_A 是联系宏观量与微观量的桥梁。

说明:(1)在粗略计算中,阿伏加德罗常数可取 $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

(2)阿伏加德罗常数很大,具体地说明了物体是由大量分子组成的。

B 教材拓展

拓展点一 实验:用油膜法估测分子的大小

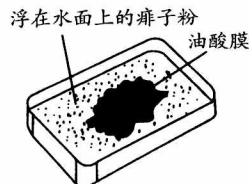
1. 实验目的

(1)用油膜法估测分子的大小。

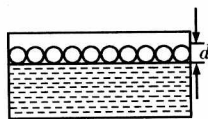
(2)了解可控性是对物理实验的基本要求。

2. 实验原理

实验采用使油酸在水面上形成一层单分子油膜的方法估测分子的大小。油酸的分子式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$,它的一个分子可以看成由两部分组成:一部分是 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ —,另一部分是一 COOH 。其中 COOH 对水有很强的亲和力,当把一滴用酒精稀释过的油酸滴在水面上时,油酸就在水面上散开(其中的酒精溶于水并很快挥发),在水面上形成近似圆形的一层纯油酸薄膜,如图所示。其中 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ —部分冒出水面,而 COOH 部分留在水中,油酸分子直立在水面上,形成一个单分子层油膜,如图所示。实验中如果算出一定体积的油酸在水面上形成的单分子油膜的面积 S ,即可估算出油酸分子直径的大小 $d = \frac{V}{S}$ 。



水面上形成一块油膜



水面上单分子油膜的示意图



3. 实验器材

浅盘、痱子粉、注射器、量筒、坐标纸、玻璃板、水彩笔。

4. 实验步骤

(1) 在浅盘中倒入约 2 cm 深的水, 将痱子粉均匀地撒在水面上。

(2) 用注射器往小量筒中滴入 1 mL 油酸溶液, 记下滴入的滴数 n 。算出一滴油酸溶液的体积 V_0 。

(3) 将一滴油酸溶液滴在浅盘的液面上。

(4) 待油酸薄膜形状稳定后, 将玻璃放在浅盘上, 用水彩笔(或钢笔)画出油酸薄膜的形状。

(5) 将玻璃放在坐标纸上, 算出油酸薄膜的面积 S ; 或者玻璃板上有边长 1 cm 的方格, 则也可通过数方格数, 算出油酸薄膜的面积 S 。计算方格数时, 完整的算一个, 面积大于一半的也算一个, 面积小于一半的舍去。

(6) 根据已配好的油酸酒精溶液的浓度, 算出一滴溶液中纯油酸的体积 V 。

(7) 计算油酸薄膜的厚度 $d = \frac{V}{S}$, 即为油酸分子的直径。

5. 注意事项

(1) 油酸酒精溶液配制后, 不要长时间放置, 以免改变浓度, 产生误差。油酸酒精溶液的浓度以小于 $\frac{1}{1000}$ 为宜。

(2) 注射器针头高出水面的高度应在 1 cm 之内, 当针头离水面很近时(油酸滴下之前), 会发现针头下方的粉层已被排开, 这是由于针头中酒精挥发所致, 不影响实验效果。

(3) 动手做实验之前要训练好滴法, 量取 1 mL 油酸酒精溶液后计量滴数时应尽量使每滴大小相同。

(4) 待测油酸液面扩散后又收缩, 要在稳定后再画轮廓。扩散后又收缩有两个原因: 第一, 水面受油酸液滴冲击凹陷后又恢复; 第二, 酒精挥发后液面收缩。

(5) 从盘的中央加痱子粉, 使痱子粉自动扩散至均匀。这是由以下两种因素所致: 第一, 加痱子粉后水的表面张力系数变小, 水将粉粒拉开; 第二, 粉粒之间的排斥。这样做比将痱子粉撒在水面上的效果好。

(6) 当重做实验时, 水从盘的一侧边缘倒出, 在这侧边缘会残留油酸, 可用少量酒精清洗, 并用脱脂棉擦去, 再用清水冲洗, 这样可保持盘的清洁。

(7) 本实验只要求估算分子的大小, 实验结果的数量级符合要求即可。

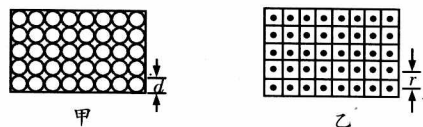
6. 误差分析

本实验误差主要来自: (1) 油酸酒精溶液的实际浓度和理论值间存在偏差; (2) 一滴油酸酒精溶液的实际体积和理论值间存在偏差; (3) 油酸在水面上的实际分布情况和理想

中的“均匀”、“单分子纯油酸层”间存在偏差; (4) 采用“互补法(即不足半个舍去, 多于半个的算一个)”计算获得的油膜面积与实际的油膜面积间存在偏差。

拓展点二 对分子模型的理解

1. 球形模型: 固体和液体可看做一个紧挨着一个的球形分子排列而成的, 忽略分子间空隙, 如图甲所示。



2. 立方体模型: 气体分子间的空隙很大, 把气体分成若干个小立方体, 气体分子位于每个小立方体的中心, 每个小立方体是每个分子平均占有的活动空间, 忽略气体分子的大小, 如图乙所示。

3. 分子大小的估算

(2) 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, 设分子体积为 V , 则分子直径 $d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$, 或 $d = \sqrt[3]{V}$ (立方体模型)。

(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, 从而可计算出两气体分子之间的平均间距 $d = \sqrt[3]{V}$ 。

说明: (1) 理想模型是在一定场合、一定条件下突出客观事物的某种主要因素, 忽略次要因素而建立的。将分子看做球形或者看做立方体, 与力学中的质点、电学中的点电荷一样, 都是理想化模型。这是一种科学的近似处理方法。

(2) 由于建立的模型不同, 得出的结果稍有不同, 但数量级一般是相同的。一般在估算固体或液体分子直径或分子间距离时采用球形模型, 在估算气体分子间的距离时采用立方体模型。

拓展点三 抓住主要矛盾建立理想模型是物理学中重要的研究方法

在估算分子的大小和推算阿伏加德罗常数时, 就必须建立理想模型, 即将分子视为弹性小球, 并略去分子之间的间隙, 将物体内的分子视为相互紧密地排列着, 于是才出现了分子直径的说法, 及应用球体公式计算分子体积的估算法。当然分子的形状绝非是理想的球形, 分子间有空隙也是客观事实。那么, 在什么条件下也必须允许建立理想模型呢? 就上述问题而言, 物质是由分子组成的, 而分子又属于微观实体, 不可能直接量度它的体积, 分子之间虽然存在空隙, 但它们的平均间距在固体和液体的状态下与分子的直径相差并不悬殊, 因此可以略去分子间距这一次要矛盾进行估算, 同时也必

须懂得理想模型不能到处乱套,例如后面要学习的分子力问题,若还沿用这个理想模型,显然就是无的放矢了。

拓展点四 对物体是由大量分子组成的理解

通过实验的方法估测了分子的大小,估测了阿伏加德罗常数,知道分子直径的数量级是 10^{-10} m,分子质量的数量级为 10^{-26} kg,从而可以全方位地理解物体是由大量分子组成的。

1. 从分子的几何尺寸大小来理解

我们知道,分子直径的数量级是 10^{-10} m,如果能把分子紧密排列成一条单分子直线段,那么多少个分子才能排成长 1 cm 的线段呢?

很容易算出: $1 \text{ cm} \div 10^{-10} \text{ m} = 0.01 \text{ m} \div 10^{-10} \text{ m} = 1 \times 10^8$ (个)。

如果一个人每秒数 3 个,不间断地数下去也得一年多的时间才能数完。可见组成一个物体的分子是多么庞大的数目。

2. 从阿伏加德罗常数去理解

$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$,这只是 18 g 水或 12 g 碳中所含的分子数,如果用上面所提到的方法去数这些分子,全世界 60 多亿人全部都动员起来去数,大约得 10 多万年才能数完。

当然我们还可以由分子质量之小来体会物体是由大量分子组成的含义。不论从哪个角度去体会,都是以我们宏观上见到的较小的物体里所含有庞大的分子数来体现的。

拓展点五 联系宏观量和微观量的桥梁——阿伏加德罗常数的理解及应用

阿伏加德罗常数把摩尔质量、摩尔体积这些宏观物理量与分子质量、分子大小等微观物理量联系起来。设物质的摩尔质量为 M_A (kg/mol),摩尔体积为 V_A (m^3/mol),物体的质量为 m (kg),体积为 V (m^3),密度为 ρ (kg/m^3),该物质 1 个分子的体积为 V_0 (m^3),一个分子的质量为 m_0 (kg),则

$$1. \text{ 分子的质量: } m_0 = \frac{M_A}{N_A} = \frac{\rho V_A}{N_A}.$$

$$2. \text{ 分子的体积: } V_0 = \frac{V_A}{N_A} = \frac{M_A}{\rho N_A}.$$

3. 分子的大小

$$\text{球形模型: 由球体积公式 } V_0 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \text{ 得 } d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}}.$$

$$\text{立方体模型: 由 } V_0 = d^3 \text{ 得 } d = \sqrt[3]{V_0} (d \text{ 为立方体边长}).$$

4. 物质所含的分子数

$$N = nN_A = \frac{m}{M_A}N_A = \frac{V}{V_A}N_A = \frac{m}{\rho V_A}N_A$$

记忆思路:

(1) N_A 是联系宏观与微观的桥梁;

(2) ρ 是联系质量与体积的纽带;

(3) $N = nN_A$ 是记忆的主线。

说明:对于固体、液体来说,分子间隙较小,可近似认为 V_0 为分子体积的大小;而对于气体来说,分子间隙较大, V_0 不再等于气体分子的体积,而是分子所占空间的体积, d 不再指气体分子线度的大小,而是指相邻两气体分子的间距。

C

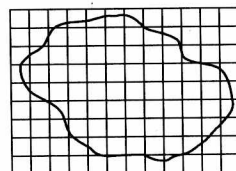
典型题解

►问题一 油膜法估测分子直径

例题 1 (1)某同学在用油膜法估测分子直径的实验中,计算结果明显偏大,可能是由于 ()

- A. 油酸未完全散开
- B. 油酸中含有大量的酒精
- C. 计算油膜面积时舍去了所有不足一格的方格
- D. 求每滴体积时,1 mL 的溶液的滴数多记了 10 滴

(2)在做“用油膜法估测分子大小”实验中,油酸酒精溶液的浓度为 10^4 mL 溶液中有纯油酸 6 mL。用注射器测得 1 mL 上述溶液中有液滴 50 滴。把 1 滴该溶液滴入盛水的浅盘里,待水面稳定后,将玻璃板放在浅盘上,在玻璃板上描出油膜的轮廓,然后把玻璃板放在坐标纸上,其形状如图所示,坐标中正方形小方格的边长为 20 mm。求:



①油酸膜的面积是多少?

②每一滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积是多少?

③根据上述数据,估测出油酸分子的直径是多少?(结果保留两位有效数字)

[解析] 油酸分子直径 $d = V/S$ 。计算结果明显偏大,可能是 V 取大了或 S 取小了。油酸未完全散开,所测 S 偏小, d 偏大, A 正确;油酸中含有大量的酒精,不影响结果, B 错;若计算面积时舍去了所有不足一格的方格,使 S 变小, d 变大,故 C 正确;若求每滴体积时,1 mL 的溶液多记了 10 滴,使 V 变小, d 变小, D 不正确。(2)①用填补法数出在油膜轮廓内的格数(面积大于半个方格的算一个,不足半格的舍去不算)为 58 个,油膜面积约为 $S = 58 \times (20 \times 10^{-3} \text{ m})^2 = 2.32 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 。②因 50 滴油酸酒精溶液的体积为 1 mL,且溶液含纯油酸的浓度为 $\rho = 0.06\%$,故每滴油酸酒精溶液含纯油酸的体积为 $V_0 = \frac{V}{N} \rho = \frac{1}{50} \times 0.06\% \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 1.2 \times 10^{-11} \text{ m}^3$ 。



③把油酸薄膜的厚度视为油酸分子的直径,可估算出油酸分子的直径为

$$d = \frac{V_0}{S} = \frac{1.2 \times 10^{-11}}{0.0232} \text{ m} \approx 5.2 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

[答案] (1)AC (2)① $2.32 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ ② $1.2 \times 10^{-11} \text{ m}^3$
③ $5.2 \times 10^{-10} \text{ m}$

[点评] (1)油膜法估测分子直径应将分子看成球形且紧密排列。实验时形成的油膜(单分子层)厚度即为油酸分子的直径。

(2)油膜法估测分子直径,关键是获得一滴油酸酒精溶液,并由配制浓度求出其中所含纯油酸的体积,再就是用数格子法(对外围小格采用“互补法”即“四舍五入”法)求出油膜面积,再由公式 $d = \frac{V}{S}$ 计算结果。

►问题二 阿伏加德罗常数的理解与应用

例题 2 利用单分子油膜法可以粗略地估测分子的大小和阿伏加德罗常数。如果已知体积为 V 的一滴油滴在水面上散开形成的单分子油膜的面积为 S ,求这种油分子的直径表达式;如果这种油的摩尔质量为 M ,密度为 ρ ,再写出阿伏加德罗常数的表达式。

[解析] 本题已明确告诉我们油膜已充分展开成单分子油膜,因此油膜的厚度即为油分子的直径。仍须注意的是:油分子的微观结构被“模型化”为紧密排布式。设油分子的直径为 d ,则 $d = V/S$ 。阿伏加德罗常数是联系微观物理量和宏观物理量的桥梁,设一个油分子的质量为 m ,一个油分子的体积为 $V_{\text{分}}$,则阿伏加德罗常数 $N_A = M/m = V_0/V_{\text{分}}$, V_0 是油的摩尔体积。

由于 $V_{\text{分}} = \pi d^3/6 = \pi V^3/6S^3$, $V_0 = M/\rho$,

则 $N_A = V_0/V_{\text{分}} = (M/\rho)/(\pi V^3/6S^3)$ 。

整理得 $N_A = 6MS^3/\rho\pi V^3$ 。

另解: $m = \rho V_{\text{分}} = \frac{\rho\pi d^3}{6}$,

$$N_A = \frac{M}{m} = \frac{6M}{\rho\pi d^3} = \frac{6MS^3}{\rho\pi V^3}.$$

[答案] V/S $6MS^3/(\rho\pi V^3)$

[点评] 油膜法既可以估算分子的大小又可以求出阿伏加德罗常数,但在分析此类问题时应注意理解并运用以下两点:一是理解和掌握油膜法测分子直径的原理和方法;二是明确阿伏加德罗常数是联系宏观量与微观量的“桥梁”。

例题 3 某种物质的摩尔质量为 M (kg/mol),密度为 ρ (kg/m³),若用 N_A 表示阿伏加德罗常数,则:

(1)每个分子的质量是_____kg;

(2)1 m³ 的这种物质中包含的分子数目是_____;

(3)1 mol 的这种物质的体积是_____m³;

(4)平均每个分子所占据的空间是_____m³。

[解析] 本题考查的是宏观量和微观量的计算,解决本知识点的关键是理解宏观量和微观量的物理意义,灵活运用阿伏加德罗常数解决问题。

(1)每个分子的质量等于摩尔质量与阿伏加德罗常数的比值,即 $m_0 = \frac{M}{N_A}$ 。

(2)1 m³ 的物质中含有的分子的物质的量为 $n = \frac{1}{\rho} =$

$\frac{\rho}{M}$ 。故 1 m³ 的物质中含有的分子数为 $nN_A = \frac{\rho N_A}{M}$ 。

(3)1 mol 物质的体积即摩尔体积为 $V_A = \frac{M}{\rho}$ 。

(4)平均每个分子所占据的空间是摩尔体积与阿伏加德罗常数的比值,即 $V_0 = \frac{V_A}{N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$ 。

[答案] (1) $\frac{M}{N_A}$ (2) $\frac{\rho N_A}{M}$ (3) $\frac{M}{\rho}$ (4) $\frac{M}{\rho N_A}$

[点评] 阿伏加德罗常数是联系宏观量与微观量的“桥梁”,在宏观量与微观量的有关计算中要充分利用阿伏加德罗常数的“桥梁”作用。

例题 4 若以 μ 表示水的摩尔质量, V 表示在标准状态下水蒸气的摩尔体积, ρ 为在标准状态下水蒸气的密度, N_A 为阿伏加德罗常数, m 、 ΔV 分别表示每个水分子的质量和体积,下面四个关系式:

$$\textcircled{1} N_A = \frac{V\rho}{m} \quad \textcircled{2} \rho = \frac{\mu}{N_A \Delta V} \quad \textcircled{3} m = \frac{\mu}{N_A} \quad \textcircled{4} \Delta V = \frac{V}{N_A}$$

其中正确的是 ()

- A. ①和② B. ①和③
C. ③和④ D. ①和④

[解析] 对于气体,宏观量 μ 、 V 、 ρ 之间的关系式仍适用,有 $\mu = \rho V$,宏观量与微观量之间的质量关系也适用,有 $N_A = \mu/m$,所以 $m = \mu/N_A$,③式正确; $N_A = \mu/m = \frac{\rho V}{m}$,①式正确。由于气体的分子间有较大的距离, $\frac{V}{N_A}$ 求出的是一个气体分子平均占有的空间,一个气体分子的体积远远小于该空间,所以④式不正确。气体密度公式不适用于单个气体分子的计算,故②也不正确。

[答案] B

[点评] 在解此类问题时,找出宏观量与微观量的关系式(通过 N_A 相联系)是关键,还须注意摩尔体积与阿伏加德



常数之比对于固、液体而言是一个分子的体积,而对于气体只表示一个分子平均占有的空间,不是气体分子大小。

►问题三 分子微观量的估算

例题 5 已知金刚石的密度是 $3.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 在一块体积是 $6.4 \times 10^{-8} \text{ m}^3$ 的金刚石内含有多少个碳原子? 一个碳原子的直径大约是多少? (碳的摩尔质量 $M_A = 12 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$)

[解析] 金刚石的质量 $m = \rho V = 3.5 \times 10^3 \times 6.4 \times 10^{-8} \text{ kg} = 2.24 \times 10^{-4} \text{ kg}$ 。

设碳原子数为 n , 则 $n = \frac{m}{M_{\text{mol}}} N_A = 1.1 \times 10^{22}$ 个。

把碳原子看做是球体模型且一个个紧密排列, 则一个原子的体积为:

$$V = \frac{M_{\text{mol}}}{\rho \cdot N_A},$$

$$\text{又 } V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 = \frac{1}{6} \pi d^3.$$

$$\text{所以 } d = \sqrt[3]{\frac{6M_{\text{mol}}}{\rho N_A \cdot \pi}} = 2.2 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

也可建立碳原子立方体模型, 则有 $d = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{mol}}}{\rho N_A}} = 1.8 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

[答案] 1.1×10^{22} 个 $2.2 \times 10^{-10} \text{ m}$ 或 $1.8 \times 10^{-10} \text{ m}$

[点评] (1) 分子的大小、体积、质量属微观量, 直接测量它们的数值非常困难, 可以借助较易测量的宏观量(摩尔体积、摩尔质量等)来估算这些微观量。阿伏加德罗常数是联系宏观量和微观量的桥梁。

(2) 在微观量的计算中, 正确建立模型是解题的关键。在处理问题时, 我们认为分子是一个小球或一个小立方体。且对于固体、液体分子是一个一个紧密排列, 分子间距等于小球的直径或立方体的边长, 且由两种模型求得分子直径的大小稍有不同, 但数量级相同。而气体分子不是一个一个紧密排列的, 它们分子间的距离很大, 所以气体分子的大小不等于分子所占有的平均空间, 此时每个分子占有的体积视为边长为 d 的立方体, 所以体积为 d^3 , 而不能把它视为球体模型, 用 $\frac{4}{3} \pi R^3$ 来求体积。

例题 6 1 cm^3 的水和标准状况下 1 cm^3 的水蒸气中各有多少个分子? 在上述两种状态下, 相邻两个水分子之间的间距各是多少?

[解析] 1 cm^3 的水中水分子的个数为: $N = \frac{M}{M_A} N_A = \frac{\rho V}{M_A} = \frac{1 \times 10^3 \times 6.02 \times 10^{23}}{18} = 3.3 \times 10^{22}$ (个)。设相邻两个水分子的间距

距为 d , 视水分子为球形, 则有 $V_0 = \frac{V}{N} = \frac{1}{6} \pi d^3$, 所以 $d =$

$$\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi N}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 10^{-6}}{3.14 \times 3.3 \times 10^{22}}} \text{ m} = 3.9 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

1 mol 的任何气体在标准状况下, 体积都是 22.4 L , 则 1 cm^3 水蒸气内含有的分子数 $N' = \frac{V'}{V_A} \cdot N_A = \frac{1 \times 10^{-3}}{22.4} \times 6.02 \times 10^{23} = 2.7 \times 10^{19}$ (个)。

设水蒸气分子所占据的空间为正方体, 分子间距为 d' , 则有 $V'_0 = \frac{V'}{N'} = d'^3$, 所以 $d' = \sqrt[3]{\frac{V'}{N'}} = \sqrt[3]{\frac{1 \times 10^{-6}}{2.7 \times 10^{19}}} \text{ m} =$

$3.3 \times 10^{-9} \text{ m}$ 。

[答案] 3.3×10^{22} 个 2.7×10^{19} 个 $3.9 \times 10^{-10} \text{ m}$ $3.3 \times 10^{-9} \text{ m}$

[点评] (1) 计算物质所含分子数常用以下方法

$$N = \frac{M}{M_A} \cdot N_A = \frac{V}{V_A} \cdot N_A = \frac{\rho V}{M_A} \cdot N_A = \frac{M}{\rho V_A} \cdot N_A.$$

(2) 在计算分子间距或大小时, 要注意两方面的问题: 一是分子模型的选择, 二是每个分子所占的体积。固体、液体分子要看成球体, 分子间距离即为两球的距离或小球的直径; 在气体分子的估算中, 两分子间距离要比分子直径大 10 倍左右, 通常把气体分子看成立方体。

►问题四 与阿伏加德罗常数有关的综合问题

例题 7 α 粒子与金原子核发生对心碰撞时, 能够接近金原子核中心的最小距离为 $2.0 \times 10^{-14} \text{ m}$ 。已知金原子的摩尔质量为 0.197 kg/mol , 阿伏加德罗常数为 $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 试估算金原子核的平均密度。

[解析] 本题考查与阿伏加德罗常数相关公式的拓展应用。

1 mol 的任何物质, 都含有 N_A (阿伏加德罗常数) 个分子 (或原子), 其摩尔质量 M_A 恒等于 N_A 个分子 (或原子) 质量的总和, 据此可求出一个分子 (或原子) 的质量 $m_0 = \frac{M_A}{N_A}$ 。

把上述思路用于本题, 一个金原子的质量为

$$m_0 = \frac{M_A}{N_A} = \frac{0.197}{6.0 \times 10^{23}} \text{ kg} \approx 3.3 \times 10^{-25} \text{ kg}.$$

金原子核几乎集中了金原子的全部质量, 故可认为金原子核的质量 $m_{\text{核}}$ 近似等于金原子的质量 m_0 , 如果把金原子核想象成一个球体, 由 α 粒子能够接近金原子核中心的最小距离可推知, 金原子核的半径 r 不会大于这一最小距离。综合上述两点, 便可求出金原子核的平均密度 ρ 不会小于的值。

$$\text{即 } \rho = \frac{m_{\text{核}}}{\frac{4}{3} \pi r^3} = \frac{3.3 \times 10^{-25}}{\frac{4}{3} \times 3.14 \times (2.0 \times 10^{-14})^3} \text{ kg/m}^3 \approx 9.9 \times 10^{15} \text{ kg/m}^3.$$

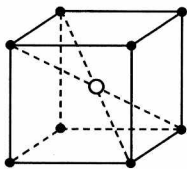


[答案] $9.9 \times 10^{15} \text{ kg/m}^3$

[点评] (1)忽略分子间的间隙,建立理想化的微观结构模型,这是估算一个固体或液体分子(或原子)的体积和直径数量级的基础。

(2)阿伏加德罗常数是1 mol任何物质中所含的粒子数,因此它与摩尔质量和摩尔体积相对应。不论是根据宏观量求微观量,还是根据微观量求宏观量,都要通过阿伏加德罗常数作为联系量。

例题 8 已知氯化铯的摩尔质量为 168.5 g/mol ,其分子结构如图所示,氯原子(白色)位于立方体的中心,铯原子(黑色)位于立方体的八个顶角上,这样的立方体紧密地排列成氯化铯晶体。已知两个氯原子的最近距离为 $4 \times 10^{-10} \text{ m}$,则氯化铯的密度为多少?



[解析] 已知 M ,求密度 ρ ,必须求出氯化铯的摩尔体积。已知氯化铯的分子结构,可以求出一个氯化铯分子的体积 V_0 ,再通过阿伏加德罗常数 N_A 就可以求出氯化铯的摩尔体积,从而求出其密度 ρ 。

由题意可知,相邻两个氯原子之间的距离 $d = 4 \times 10^{-10} \text{ m}$,

氯化铯分子是立方体模型,故所占的体积 $V_0 = d^3$ 。

方法一:1 mol 氯化铯的体积 $V = N_A V_0$,

$$\begin{aligned} \text{故 } \rho &= \frac{M}{V} = \frac{M_A}{N_A \cdot d^3} = \frac{1.685 \times 10^{-1}}{(4 \times 10^{-10})^3 \times 6.02 \times 10^{23}} \text{ kg/m}^3 \\ &= 4.4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

方法二:已知氯化铯分子的结构,可以求出一个分子的体积 V_0 ,再根据氯化铯的摩尔质量 M ,利用阿伏加德罗常数 N_A 可求出一个氯化铯分子的质量 m_0 ,从而也可以求出密度 ρ 。

$$\text{因为 1 个氯化铯分子的质量 } m_0 = \frac{M}{N_A},$$

$$\text{所以 } \rho = \frac{m_0}{V_0} = \frac{M}{N_A \cdot d^3} = 4.4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

[答案] $4.4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

[点评] 两种方法的基本出发点不同,这说明密度这个概念,不论是在宏观量中还是在微观量中,它总是质量与对应体积的比值。在求微观量的计算中,要注意密度所起的作用。解本题的关键是要理解两个氯原子之间的距离就是氯化铯分子立方体的边长。

D 针对性练习

[基础训练]

- 油膜法粗略测定分子直径的实验基础是 ()
 - 把油酸分子视为球体,其直径即为油膜的厚度
 - 让油酸在水面上充分散开,形成单分子油膜
 - 油酸分子的直径等于滴到水面上的油酸体积除以油膜的面积
 - 油酸分子直径的数量级是 10^{-15} m
- 关于分子,下列说法正确的是 ()
 - 分子是组成物质的最小粒子
 - 分子是保持物质化学性质的最小粒子
 - 分子是具有物质物理性质的最小粒子
 - 分子是假想的物质粒子
- 关于分子,下列说法中正确的是 ()
 - 把分子看做小球是对分子的简化模型,实际上,分子形状并不真的都是小球
 - 所有分子的直径都相同
 - 不同分子的直径一般不同,但数量级基本一致
 - 测定分子大小的方法有多种,油膜法只是其中的一种方法
- 从下列哪一组数据可以算出阿伏加德罗常数 ()
 - 水的密度和水的摩尔质量
 - 水的摩尔质量和水分子的体积
 - 水分子的体积和水分子的质量
 - 水分子的质量和水的摩尔质量
- 用油膜法测出油分子的直径后,要测定阿伏加德罗常数,只需要知道油滴的 ()
 - 摩尔质量
 - 摩尔体积
 - 体积
 - 密度

[综合提升]

- 只要知道下列哪一组物理量,就可以估算出气体分子间的平均距离 ()
 - 阿伏加德罗常数、该气体的摩尔质量和质量
 - 阿伏加德罗常数、该气体的质量和体积
 - 阿伏加德罗常数、该气体的摩尔质量和密度
 - 该气体的密度、体积和摩尔质量
- 已知水银的摩尔质量为 M ,密度为 ρ ,阿伏加德罗常数为 N_A ,则水银分子的直径是 ()
 - $\left(\frac{6M}{\pi\rho N_A}\right)^{\frac{1}{3}}$
 - $\left(\frac{3M}{4\pi\rho N_A}\right)^{\frac{1}{3}}$
 - $\frac{6M}{\pi\rho N_A}$
 - $\frac{M}{\rho N_A}$



显微镜已经观察到分子,并且用实验的方法能测出分子的大小,因此D是错的。根据物质的化学性质可知B正确。

3. ACD 解析:将分子看做球形是为研究问题而建立的简化模型,故A选项正确。不同分子直径一般不同,但数量级差不多,故B错,C正确。油膜法只是一种粗略地测定分子直径的方法,D正确。

4. D 解析:A项中,无论设水的体积、水的物质的量还是水的质量,都不能将 ρ 、 M_{mol} 与 N_A 联系起来,故无法求出 N_A 。同理可判断B、C两项均不能求出 N_A 。对D项,设取 n mol水为研究对象,则其质量 $m = nM_{\text{mol}}$,水的分子总数 $N = \frac{m}{m_0} = \frac{nM_{\text{mol}}}{m_0}$,故 $N_A = \frac{N}{n} = \frac{M_{\text{mol}}}{m_0}$,其中 m_0 为水分子质量。

5. B 解析:假设油分子为球形,则每个分子的体积 $V = \frac{4}{3}\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3$,则 $N_A = V_{\text{mol}}/V$ 。由以上两式可求出 N_A ,故应选B。

6. C 解析:由气体的立方体模型可知,每个分子平均占有的活动空间为 $V_0 = r^3$, r 是气体分子间的平均距离,摩尔体积 $V = N_A V_0 = \frac{M}{\rho}$ 。因此,要计算气体分子间的平均距离 r ,需要知道阿伏加德罗常数 N_A 、摩尔质量 M 和该气体的密度 ρ 。

7. A 解析:水银的摩尔体积 $V = \frac{M}{\rho}$,水银分子的体积 $V_0 = \frac{V}{N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$,把水银分子看成球形,根据 $V_0 = \frac{1}{6}\pi d^3$ 得水银分子直径 $d = \left(\frac{6V_0}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{6M}{\pi\rho N_A}\right)^{\frac{1}{3}}$ 。

8. D 解析:1 m³铜所含有的原子数为 $n = \frac{m}{\mu} \cdot N_A = \frac{\rho \cdot V}{\mu} \cdot N_A = \frac{\rho N_A}{\mu}$,A正确。一个铜原子的质量为 $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$,B正确。一个铜原子所占的体积为 $V_0 = \frac{V}{N_A} = \frac{\mu}{\rho N_A}$,C正确。1 kg铜所含原子数目为 $n = \frac{1}{\mu} \cdot N_A = \frac{N_A}{\mu}$,D错误。

9. ACD 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 $V' = \frac{V}{N_A}$ 计算分子体积,这样算得的应是该气体每个分子所占据的一个小立方体空间的体积, $\sqrt[3]{V'}$ 即为相邻分子之间的平均距离,C、D正确;每个分子的质量显然可由 $m' = \frac{M_A}{N_A}$ 估算,A正确。

10. B 解析:测一滴油酸酒精溶液的体积时,滴数是准确的,误差主要是出在从量筒中读出几滴溶液的体积,如果不是整滴数,那么估读的体积误差就大了,应数出量筒里每增加一个整滴数(量筒的最小分度)所滴入的滴数,故A错。浅盘水平放置,且水面离盘口的距离较小,使玻璃板上画出的轮廓更精确,且与油膜平行,轮廓的面积更接近油膜面积,B对。多滴几滴确实对测量形成油膜的面积更准确些,但是滴多了滴数以后会使油膜的面积增大,可能使不规则的一部分油膜与浅盘壁相接触,这样油膜就不是单分子油膜(做实验的浅盘的面积都不大),C错。用牙签拨弄是不可取的,这一方面会使油膜分开,使膜有空隙,还会带走少量的油酸,D错。

11. (1)18 (2) 1.8×10^{-2} (3) 3.0×10^{-26} (4) 3.0×10^{-29} (5) 3.9×10^{-10} 10⁻¹⁰ 解析:(1)某种物质的摩尔质量用“g/mol”作为单位时其数值与该物质的相对分子质量相同,所以水的摩尔质量为18 g/mol或 1.8×10^{-2} kg/mol。(2)水的摩尔体积 $V = \frac{M}{\rho} = \frac{1.8 \times 10^{-2}}{1.0 \times 10^3} \text{ m}^3/\text{mol} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ 。(3)一个水分子的质量 $m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{1.8 \times 10^{-2}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ m}^3 = 3.0 \times 10^{-26} \text{ kg}$ 。(4)一个水分子的体积 $V_0 = \frac{V}{N_A} = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ m}^3 = 3.0 \times 10^{-29} \text{ m}^3$ 。(5)将水分子视为球体模型,有 $\frac{\pi}{6} \cdot d^3 = V_0$,水分子的直径 $d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 3.0 \times 10^{-29}}{3.14}} \text{ m} = 3.9 \times 10^{-10} \text{ m}$,其数量级为10⁻¹⁰ m。

12. 待油膜稳定后,将玻璃板放在浅盘上,用笔画出油酸薄膜的外围形状 $\frac{5n}{Nm} \times 10^{-4}$ 解析:C内容为待油膜稳定后,将玻璃板放在浅盘上,用笔画出油酸薄膜的外围形状。纯油酸的体积 $V = \frac{n}{N} \times 10^{-6} \times 0.05\% = \frac{5n}{N} \times 10^{-10} \text{ m}^3$ 。油酸薄膜的面积 $S = m \times 10^{-4} \text{ m}^2$ 。故油酸分子的直径为 $d = \frac{V}{S} = \frac{\frac{5n}{N} \times 10^{-10}}{m \times 10^{-4}} \text{ m} = \frac{5n}{Nm} \times 10^{-6} \text{ m} = \frac{5n}{Nm} \times 10^{-4} \text{ cm}$ 。

13. (1)形成单分子油膜 (2) $6.3 \times 10^{-10} \text{ m}$ ($6.2 \times 10^{-10} \text{ m} \sim 6.4 \times 10^{-10} \text{ m}$ 都对) (3) $N_A = \frac{6MS^3}{\pi\rho V^3}$ 解析:(1)为使油膜在水面上形成单分子油膜。(2)由题图可知油膜覆盖方格数约为120个,设油酸分子的直径为 d ,则有 $\frac{1}{80} \times$

$$\frac{0.6}{1000} \times 10^{-6} \text{ m} = 120 \times 1 \times 10^{-4} d, \text{ 解得 } d = 6.3 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

(6.2 × 10⁻¹⁰ m ~ 6.4 × 10⁻¹⁰ m 都对)

(3) 设阿伏加德罗常数 N_A

$$\text{每个分子的体积 } V_0 = \frac{1}{6} \pi \left(\frac{V}{S} \right)^3,$$

$$\text{由 } N_A \rho V_0 = M, \text{ 得 } N_A = \frac{6MS^3}{\pi \rho V^3}.$$

14. (1) 9.6 × 10¹⁶ kg (2) 1.92 × 10⁴² 个 解析: (1) 大气压

可看成是由空气的重力产生的, 则 $p_0 = \frac{M_{\text{总}} g}{S}$, 得 $M_{\text{总}} =$

$$\frac{p_0 S}{g} = \frac{1.0 \times 10^5 \times 9.6 \times 10^{12}}{10} \text{ kg} = 9.6 \times 10^{16} \text{ kg}.$$

$$(2) \text{分子总数 } n_{\text{总}} = \frac{M_{\text{总}}}{M_0} \cdot N_A = \frac{9.6 \times 10^{16}}{3.0 \times 10^{-22}} \times 6.0 \times 10^{23} = 1.92 \times 10^{42} \text{ (个)}.$$

E 课后答案点拨

[思考与讨论(第4页)]

1. 一个水分子的体积 $V_0 = \frac{1}{6} \pi d^3 = \frac{1}{6} \times 3.14 \times (4 \times 10^{-10})^3 \text{ m}^3 \approx 3 \times 10^{-29} \text{ m}^3$.

$$2. 1 \text{ mol 水所含的分子数 } N = \frac{V}{V_0} = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-29}} = 6 \times 10^{23} \text{ (个)}.$$

估算结果与化学课本中的阿伏加德常数比较近似相等。

解析: 既然是估算, 算出数量级就可以了, 估算时往往只关注数量级是完全可以的。因此水分子的直径可按小立方体的边长计算。

[问题与练习(第4页)]

1. 1.5 × 10⁻³ m 解析: 由 $V = Sh$ 和 $V = \frac{m}{\rho}$ 得

$$h = \frac{m}{S\rho} = \frac{3.6 \times 10^{-2}}{200 \times 10^{-4} \times 1.2 \times 10^3} \text{ m} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}.$$

2. (1) 8 × 10⁻¹² m³ (2) 1.16 × 10⁻² m² (3) 油酸分子的直径约为 7 × 10⁻¹⁰ m

$$\text{解析: (1) 1 mL 油酸溶液中含纯油酸体积 } V_1 = \frac{6}{10^4} \times 1 \text{ mL}.$$

$$1 \text{ 滴油酸溶液中含纯油酸体积 } V = \frac{V_1}{75} = \frac{6}{10^4 \times 75} \text{ mL} = 8 \times 10^{-6} \text{ mL} = 8 \times 10^{-12} \text{ m}^3.$$

$$(2) \text{小方格的面积 } S_1 = 10^{-2} \times 10^{-2} \text{ m}^2,$$

小方格的个数 $n = 116$ 个,

$$\text{油膜的面积 } S = nS_1 = 1.16 \times 10^{-2} \text{ m}^2.$$

$$(3) \text{油酸分子的直径 } d = \frac{V}{S} = \frac{8 \times 10^{-12} \text{ m}^3}{1.16 \times 10^{-2} \text{ m}^2} \approx 7 \times$$

10⁻¹⁰ m.

3. 2.8 × 10⁻¹⁰ m 解析: 由 $m = \rho V$ 得铜的摩尔体积 $V = \frac{6.4 \times 10^{-2}}{8.9 \times 10^3} \text{ m}^3 = 7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$.

$$\text{每个铜分子的体积 } V_0 = \frac{V}{N_A} = 1.2 \times 10^{-29} \text{ m}^3,$$

$$\text{而 } V_0 = \frac{4}{3} \pi r^3,$$

$$\text{所以铜分子的直径 } d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}} = 2.8 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

4. 3.3 × 10⁻⁹ m 解析: $d = \sqrt[3]{\frac{V}{N_A}} = \sqrt[3]{\frac{2.24 \times 10^{-2}}{6.02 \times 10^{23}}} \text{ m} \approx 3.3 \times 10^{-9} \text{ m}.$

F 拓展阅读

阿伏加德罗与阿伏加德罗常数

阿伏加德罗于 1776 年 8 月 9 日出生于意大利都灵。1792 年他进入都灵大学学习法律, 并于 1796 年获得博士学位, 从事律师工作多年。1800 ~ 1805 年他又学习数学和物理学。1809 ~ 1819 年他被聘为维切利皇家学院的数学和物理学教授, 这是他一生中最重要的十年, 分子假说就是在这期间孕育和形成的。1822 年他成为意大利的数学物理首席教授, 又受政府的委托, 兼任气象、度量衡等方面的公职。他一生从不追求名誉地位, 默默地埋头于科学研究工作。1811 年他被选为都灵科学院院士。阿伏加德罗的杰出贡献是他在盖-吕萨克实验基础上进行合理的推论, 把“分子”概念引入道尔顿的原子论, 提出分子假说, 促使道尔顿原子论发展成为原子—分子学说。

英国化学家道尔顿(1766 ~ 1844)的原子论开创了“化学中的新时代”。但是, 道尔顿认为, 相同元素原子之间只有排斥, 不会结合。因此认为氧气的符号是 O, 水的化学式是 HO。1805 年, 法国科学家盖·吕萨克(1778 ~ 1850)对气体反应进行研究, 发现了气体反应体积等比定律, 即在相同温度和压强下, 气体反应中各自体积互成简单整数比。例如: 二体积氢气和一体积氧气化合, 生成二体积水蒸气; 一体积氢气和一体积氯气化合, 生成二体积氯化氢气体, 等等。盖-吕萨克试图用刚建立的原子论加以解释: 很可能是由于化合时存在原子的整数比, 才造成了相应体积的整数比。若这样, 可推导出一条“定律”: 在同温同压下的各种气体, 在相同体积内含有相同数目的原子。

但是, 道尔顿反对这个推论, 他认为不同气体的原子的体积并不相同, 在同温同压下相同体积的各种气体所含的原子



数是不同的。如果按照盖·吕萨克的观点,相同体积中不同气体的原子数相同,那么在由一体积氮气与一体积氧气化合生成二体积一氧化氮气体中,每个一氧化氮都只能是由半个原子的氮和半个原子的氧所组成,这与原子不可分割的观点直接对立。

对此,阿伏加德罗于1811年提出了一个新假设,对盖·吕萨克的设想作了重要的修正。他在法国《物理杂志》上发表了《论测定物体中原子相对质量及其进入化合物中数目比例的一种方法》的论文,首次系统地提出分子假说,其要点是:

(1)无论是单质还是化合物,在不断被分割的过程中都有一个“分子”的阶段,分子是具有一定特性的物质组成的最小单位(微粒);

(2)单质分子是由相同元素的原子组成,化合物的分子则由不同元素的原子组成。化学变化是不同物质的分子间原子的重新组合;

(3)在同温同压下,同体积的气体,无论是单质还是化合物,都含有同样数目的分子(即为后来所称的阿伏加德罗定律)。

阿伏加德罗还把分子分为“综合分子”“组合分子”和“基本分子”,前面两个相当于现今所称的化合物分子和单质分子,后一个相当于现今所称的原子。

1814年2月,他在《物理杂志》上发表了第二篇论述分子假说的论文,题目为《论单质的相对分子量,推测气体的密度和某些化合物的构造》。作为论文的补充,1821年2月,他又在都灵科学院作了《关于测定化合物中比例和测定物体分子量理论的新见解》的报告。

阿伏加德罗的假说为正确确定元素的原子量提供了一条途径。从实验中测出水中氧与氢的质量比是8:1。如按道尔顿那样将水的分子式写成HO,设氢的原子量为1,氧的原子量就为8。而阿伏加德罗写出的水的分子式是 H_2O ,这样,氧的原子量就为16。

但遗憾的是,阿伏加德罗的卓越见解长期得不到化学界的承认,反而遭到了包括盖尔顿在内的不少科学家的反对,被冷落了将近半个世纪。直到1864年阿伏加德罗理论才获得了普遍的公认。

1856年7月9日,阿伏加德罗在都灵病故。人们为了纪念阿伏加德罗,把1 mol任何物质中含有的微粒数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$,称为阿伏加德罗常数。

G

五年高考回放

- 1 (2008·北京)假如全世界60亿人同时数1 g水的分子个数,每人每小时可以数5 000个,不间断地数,则完成任务所需时间最接近(阿伏加德罗常数 N_A 取 $6 \times$

$$10^{23} \text{ mol}^{-1})$$

A. 10年 B. 1千年 C. 10万年 D. 1千万年

[解析] 1 g水的物质的量 $= \frac{1}{18} \text{ mol}$, 1 g水的分子数 $= \frac{1}{18} N_A$

$$\text{完成任务所需时间 } t = \frac{\frac{1}{18} \times 6 \times 10^{23}}{60 \times 10^8 \times 5\,000 \times 24 \times 365} \text{ 年} \approx 10^5 \text{ 年}$$

故C正确,A、B、D错误。

[答案] C

- 2 (2008·上海)体积为 V 的油滴,落在平静的水面上,扩展成面积为 S 的单分子油膜,则该油滴的分子直径约为_____。已知阿伏加德罗常数为 N_A ,油的摩尔质量为 M ,则一个油分子的质量为_____。

[解析] 分子直径 $d = \frac{V}{S}$; 一个油分子的质量 $m = \frac{M}{N_A}$ 。

[答案] $\frac{V}{S}$ $\frac{M}{N_A}$

- 3 (2008·江苏)设想将1 g水均匀分布在地球表面上,估算 1 cm^2 的表面上有多少个水分子。(已知1 mol水的质量为18 g,地球的表面积约为 $5 \times 10^{14} \text{ m}^2$,结果保留一位有效数字)

[解析] 1 g水的分子数 $N = \frac{m}{M} N_A$, ①

$$1 \text{ cm}^2 \text{ 的分子数 } n = N \frac{S}{S_0}, \quad ②$$

由①②得 $n \approx 7 \times 10^3$ 个。

[答案] 7×10^3 个

- 4 (2009·江苏)已知气泡内气体的密度为 1.29 kg/m^3 ,平均摩尔质量为 0.029 kg/mol 。阿伏加德罗常数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$,取气体分子的平均直径为 $2 \times 10^{-10} \text{ m}$,若气泡内的气体能完全变为液体,请估算液体体积与原来气体体积的比值。(结果保留一位有效数字)

[解析] 气泡内的气体能完全变为液体,分子数目不变。

设气体体积为 V_0 ,液体体积为 V_1 ,平均摩尔质量 $m = 0.029 \text{ kg/mol}$ 。

气体分子数(等于液体分子数) $n = \frac{\rho V_0}{m} N_A$,按分子的球形

模型得:液体体积 $V_1 = n \frac{\pi d^3}{6}$ (或按分子的立方体模型得: $V_1 =$

$n d^3$),则 $\frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{6m} \pi d^3 N_A$ (或 $\frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{m} d^3 N_A$),解得 $\frac{V_1}{V_0} = 1 \times 10^{-4}$ 。

[答案] 1×10^{-4} ($9 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4}$ 都算对)