

你缺少的不是机会，而是变换观点

首席教师

专题小课本

- 小方法大智慧
- 小技巧大成效
- 小单元大提升
- 小课本大讲坛

高中物理 热运动与能量守恒

总主编/钟山



中国出版集团 现代教育出版社

海阔凭鱼跃



方法赢得速度 选择决定未来

FANGFAYINGDESUDU XUANZEJUEDINGWEILAI

高中数学

1. 函数 2. 几何初步 3. 三角函数与三角恒等变换 4. 平面向量 5. 数列 6. 不等式 7. 圆锥曲线与方程 8. 导数及其应用 9. 空间向量与立体几何 10. 常用逻辑、推理与证明 11. 统计与概率 12. 算法、框图与复数 13. 数学思想与方法

高中物理

1. 力和直线运动 2. 曲线运动与机械能 3. **热运动与能量守恒** 4. 波动与相对论 5. 电磁学(上) 6. 电磁学(下) 7. 动量守恒与微观粒子 8. 物理实验与探究 9. 物理思想与方法

高中化学

1. 电解质溶液 2. 化学反应与能量 3. 元素周期律与化学键 4. 化学反应速率与化学平衡 5. 元素与化合物 6. 物质结构与性质 7. 有机化学基础 8. 化学实验基础 9. 化学计算

相信自己是一只雄鹰

一个人在高山之巅的鹰巢里，抓到了一只幼鹰。他把幼鹰带回家，养在鸡笼里。这只幼鹰和鸡一起啄食、嬉闹和休息，它以为自己是一只鸡。

这只鹰渐渐长大，羽翼丰满了。主人想把它训练成猎鹰，可是由于终日与鸡混在一起，它已经变得和鸡完全一样，根本没有飞的愿望了。主人试了各种办法，都毫无效果。最后把它带到山顶上，一把将它扔了出去。

这只鹰像块石头似的，直掉下去，慌乱之中它拼命地扑打翅膀，就这样，它终于飞了起来！

磨练召唤成功的力量。



ISBN 978-7-80196-654-4



9 787801 966544 >

定价：9.80 元

责任编辑：郎咸杰 唐向阳

责任校对：张希燕

封面设计：书友传媒

图书在版编目(CIP)数据

首席教师专题小课本·高中物理·热运动与能量守恒 /
钟山主编. —北京: 现代教育出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-80196-654-4

I. 首… II. 钟… III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第038423号

书 名: 首席教师专题小课本·高中物理—热运动与能量守恒

出版发行: 现代教育出版社

地 址: 北京市朝阳区安华里504号E座

邮政编码: 100011

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司印刷

发行热线: 010-61743009

开 本: 890×1240 1/32

印 张: 5.5

字 数: 230千字

印 次: 2008年4月第1版 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-654-4

定 价: 9.80元

目 录

首席寄语	(1)
单元提升篇	(3)
第一章 分子动理论	(3)
第一单元 物体是由大量分子组成的	(4)
第二单元 分子间作用力 内能	(18)
章末综合提升	(29)
方法·技巧·策略	
油膜法测分子直径(5)/阿伏加德罗常数的应用和有关分子大小的估算方法(6)/布朗运动与扩散的区别和联系(8)/对布朗运动示意图的理解(9)/布朗运动与分子运动的辨析(9)/分子力的特点和规律——图解法分析分子受力(19)/分子平均动能(21)/分子势能与距离、体积的关系(22)/分子力、分子势能(32)	
第二章 气体	(40)
第一单元 气体实验定律	(41)
第二单元 理想气体状态方程	(60)
章末综合提升	(83)
方法·技巧·策略	
气体实验定律解题的一般步骤(41)/ p - V 图象应用(41)/力、热综合题的解题思路(42)/汞柱移动问题的解法(44)/对 p - V 图象的理解(44)/对等容线、等压线的理解(45)/平衡法求压强、受力分析、解决问题(50)/抽气类问题(52)/打气类问题(52)/对理想气体状态方程的理解(60)/气体分子热现象的微观意义(60)/“两团气”问题的一般解法(61)/解决气缸类问题的一般思路(62)/理想气体状态方程应用(64)/气体压强的微观意义(65)/判断气体分子平均动能的方法(66)/温度升高压强增大与体积减小压强增大的区别(67)/气体压强的微观解释(70)/用状态方程解决质量问题(71)/封闭气体类问题(74)/气体压强的计算(84)/液柱移动问题(84)/变质量问题(84)/气缸活塞类问题(85)/气体状态变化图象(86)	
第三章 物态和物态变化	(95)
第一单元 固体和液体	(96)
第二单元 饱和汽和饱和汽压 物态变化中的能量交换	(106)

章末综合提升..... (114)

方法·技巧·策略

辨析比较:晶体和非晶体(96)/关于晶体的各向异性(96)/晶体微观结构假说(96)/晶体与非晶体的辨别(97)/晶体的微观结构(98)/对晶体熔点的理解(99)/对液体表面张力的理解(100)/液晶的应用(100)/浸润和不浸润(101)/毛细现象(101)/蒸发与沸腾的区别和联系(106)/蒸发与沸腾的条件(107)/相对湿度的计算(108)/熔化热与汽化热问题(108)/单晶体、多晶体、非晶体的判断(114)/联系实际分析液体的有关现象(115)

第四章 热力学定律..... (121)

第一单元 热力学第一定律 能量守恒定律..... (122)

第二单元 热力学第二定律..... (134)

章末综合提升..... (146)

方法·技巧·策略

改变内能的两种方式的比较(122)/绝热过程中内能的变化(123)/热力学第一定律的解题技巧(124)/能量守恒定律的应用(125)/学科内知识的综合应用(126)/热力学第二定律与热力学第一定律的关系(135)/如何理解熵的概念(135)/能量耗散(136)/对热力学第二定律的理解(136)/热力学第二定律的微观意义(137)/第二类永动机与热力学第二定律(138)/能源与可持续发展(139)/做功与热传递的区别与联系(147)/应用热力学第一定律解题的方法(147)/对能量守恒定律的理解及解题思路(148)/热力学第二定律及其微观解释(150)

专题提升篇..... (157)

第一单元 专题思想方法..... (157)

第二单元 专题高考热点..... (165)

附录:专题速记图解..... (170)

方法·技巧·策略

适当选取物理模型巧解估算类问题的方法(157)/热和功的有关问题(158)/求气体压强的方法(159)/热力学定律、能量、功的综合(159)/分子大小、数目的估算(165)/气体实验定律(165)/能量守恒定律(166)/专题速记图解(170)



首席寄语

■ 专题导引

煤油的奇异特性:使用过煤油灯(图1)的人,大概都有过这样一种经验:把煤油灯装满煤油,把它的外壁擦干净,如果煤油灯加油口的盖子没有旋紧,过一段时间,就会发现它的外壁有煤油.这个现象说明煤油有一种“爬行”的特性.如果你想避免煤油的这一种麻烦,就得将盖子尽可能旋紧.因煤油的这一特性,使用煤油(或石油)作燃料的轮船让人感到非常头痛.在这种轮船上,假如不采取适当的措施,除了运煤油或石油,将无法运载其他货物,因为这种液体透过看不见的间隙“爬”出来以后,不但流遍了油箱的外面,还会到处渗开,甚至渗到乘客的衣服上.而与这种恶作剧做斗争的许多尝试却常常是没有效果的.



图1

纳米“大力神杯”:中国科学院物理研究所的曹则贤教授和同事在进行应力工程的研究时,用电子显微镜对制取的各种硅纳米结构拍摄了照片,当照片被拿出来看时,曹教授注意到一个硅纳米结构酷似大力神杯的结构(图2):圆锥形的基座上安放一只圆球,顶部酷似地球和足球的部位是银颗粒.该“大力神杯”内部为银,外面包裹着一层二氧化硅.在冷却过程中,表面应力导致了酷似足球花纹的形成.这个“大力神杯”只有10微米,只有在电子显微镜下才能看到.



图2

以上现象与分子热运动、表面张力有关.要想从本质上理解这些知识,我们就要学好本专题.

本专题的主要内容有:(1)分子动理论;(2)物体的内能;(3)固体、液体;(4)气体实验定律;(5)理想气体状态方程;(6)热力学定律.这些知识是选考内容,高考中占有一定比重,比较容易得分.

■ 高考命题规律

本专题的命题热点多集中在分子动理论、估算分子大小、气体实验定律、热力学定律等.这些高考题对能力的要求只限于理解能力——理解物理概念和物理规律的确切含义,理解物理规律的适用条件及应用.题型多为选择题、计算题.气体实验定律是高考重点考查的问题之一,虽然强调不做繁琐的计算,避免出现“繁”“难”的试题,但在2005年的上海高考题计算题的第21题出现了与现行教材相适应的应用气体实验定律解题的计算题.纵观近几年的高考题热力学定律也是考查的重点.

此部分内容在新课改地区为选考内容,因而出题形式不尽相同,如山东地区将以非选择题形式出现.

应用应试策略

分析历年高考试题,结合分子热运动考查特点和《考试大纲》要求,学习时应注意以下几方面:

1. 深刻理解基本概念与规律

(1) 建立宏观量与微观量的对应关系

对于一个确定的物体来说,其分子动能与物体的温度对应;其分子势能与物体的体积对应;物体的内能与物体的温度、体积、质量对应;物体内能的改变与做功或热传递的过程对应。

(2) 强化基本概念与规律的记忆

通过学习,在理解的基础上记住本专题的基本概念与规律,并能灵活地运用于解题中。例如:热现象、阿伏加德罗常数、布朗运动、热运动、分子动能、温度、分子势能、物体的内能、热传递等基本概念。再例如:分子动理论的三个要点、估测分子直径的油膜法、分子直径与分子质量数量级、阿伏加德罗常数的意义、布朗运动与什么因素有关、分子力的特点及分子间距离变化的规律、分子动能与温度的关系、分子势能随分子间距离的变化关系、气体压强的微观意义等基本规律。

(3) 加强新增考点的学习

2. 加强贴近高考的典型题训练

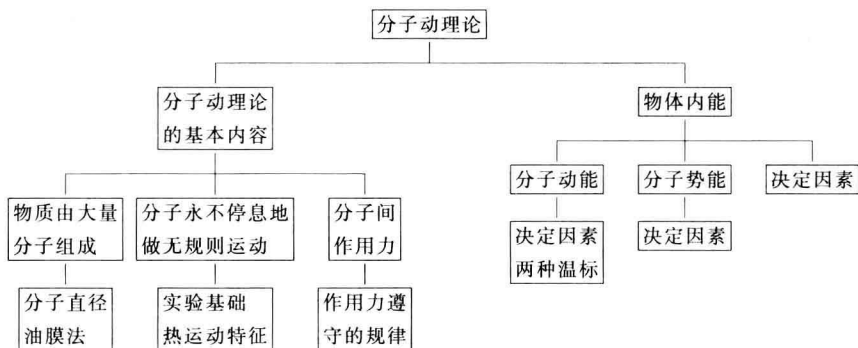
精选一组符合《考试大纲》、贴近高考热点的选择题,通过对这组题目的强化训练,巩固本专题的基本概念与规律,提高分析问题、解决问题的能力。

[单元提升篇]

第一章 分子动理论



本章概念图示



课程标准要求

序号	内容	要求	说明
1	分子动理论的基本观点和实验依据	I	定性了解
2	阿伏加德罗常数	I	
3	气体分子运动速率的统计分布	I	
4	温度是分子平均动能的标志 内能	I	

第一单元

物体是由大量分子组成的

知识清单精解

一、分子大小

数量级	大小: 10^{-10} m 质量: 10^{-26} kg
分子模型	球体模型、立方体模型
测定分子直径	油膜法

二、阿伏加德罗常数

意义	1 mol 任何物质中含有的分子数
大小	$6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
与 N_A 有关的计算	分子质量 $m_0 = \frac{M_A}{N_A} = \frac{\rho V_A}{N_A}$
	分子体积 $V_0 = \frac{V_A}{N_A} = \frac{M_A}{\rho N_A}$
	物质所含分子数 $N = n N_A = \frac{M}{M_A} N_A = \frac{V}{V_A} N_A$

三、分子热运动

1. 扩散现象

(1) 物质处于固态、液态和气态时均能发生扩散现象,只是气态物质的扩散现象最显著;常温下处于固态时扩散现象不明显.

(2) 在两种物质一定的前提下,扩散现象发生的显著程度与物质的温度有关,温度越高,扩散现象越显著.这表明温度越高,分子运动得越剧烈.

(3) 扩散现象发生的显著程度还受到“已进入对方”的分子浓度的限制,当进入对方的分子浓度较低时,扩散现象较为显著;当进入对方的分子浓度较高时,扩散现象发生得就较缓慢.

2. 布朗运动

① 布朗运动是悬浮的固体微粒运动,不是单个分子的运动,但是布朗运动证实了周围液体分子的无规则运动.

②固体微粒的运动是极不规则的. 图 1-1-1 所示并非固体微粒的运动轨迹, 而是每隔 30 s 微粒位置的连线.

③任何固体微粒悬浮在液体内, 在任何温度下都会做布朗运动.

(2)对布朗运动的理解

布朗运动是大量液体分子对固体微粒撞击的集体行为的结果. 个别分子对固体微粒的碰撞不会产生布朗运动. 影响布朗运动的因素有二, 即颗粒的大小和液体温度的高低.

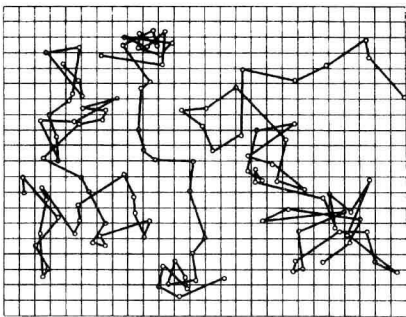


图 1-1-1



一、油膜法测分子直径

(1)分子模型

实际分子的结构是很复杂的, 可以把单个分子看做一个立方体, 也可以看做一个小球, 通常情况下把分子当做一个球体处理. 球的体积 $V = 4\pi R^3/3$, R 为球半径.

不同的物质形态其分子的排布也有区别, 对固体和液体而言, 可以认为分子是一个挨着一个排列的. 我们可以用不同的方法测出分子的大小.

气体分子间距离较大, 通常是分子线度的十倍、百倍等, 常把分子占据的空间视为立方体, 以此来估算分子间的平均距离.

(2)用油膜法测分子的直径

估测分子的大小通常采用油膜法. 取 1 mL 的油酸, 并精确地测出它的体积, 用无水酒精按 1:500 的体积比稀释油酸, 使油酸在酒精中充分溶解. 用滴管提取 1 mL 稀释后的油酸, 并测算出滴管中滴出一滴的体积, 在盛水盘中装入约 1 cm 深的蒸馏水, 为便于观测油膜的面积, 可在水面上轻撒一层痱子粉, 在水盘中央滴一滴油酸酒精溶液, 于是油酸在水面上迅速散开. 到油膜面积不再扩大时, 用一块玻璃盖在盘上并描出油膜的轮廓图. 把这块玻璃放在方格纸上, 数出油膜面积所占的格数, 然后计算出油膜的面积. 于是, 油膜的厚度 ($D = \frac{V}{S}$) 便可测算出来.

油酸在水面上形成单分子层油膜. 油酸分子的一端对水有很强的亲合力, 被水吸引在水中, 另一端对水没有亲合力, 便冒出水面. 油酸分子都是直立在水中的, 单分子油膜的厚度等于油酸分子的长度. 若把分子当成小球, 油膜的厚度也就等于分子的直径. 其直径的数量级为 10^{-10} m.

例 将 1 cm^3 的油酸溶于酒精, 制成 200 cm^3 的油酸酒精溶液. 已知 1 cm^3 溶液有 50 滴, 现取 1 滴油酸酒精溶液滴到水面上, 随着酒精溶于水, 油酸在水面上形成

一单分子薄层,已测出这一薄层的面积为 0.2 m^2 .由此可估算油酸分子的直径为多大?

分析:把油酸分子看做球体模型,只要求出油酸的体积,再除以面积即可得油酸分子的直径.

解:1滴油酸酒精溶液的体积为 $V' = \frac{1}{N} \text{ cm}^3$,式中 $N=50$,为总的滴数.

由于取用的油酸酒精溶液的浓度为 $\frac{1}{200} = 0.5\%$,故1滴溶液中油酸的体积为

$$V = V' \times 0.5\% = \frac{1}{N} \times 0.5\% \text{ cm}^3 = \frac{1}{N} \times 0.5\% \times 10^{-6} \text{ m}^3.$$

已知油酸薄层的面积为 $S=0.2 \text{ m}^2$,所以油酸分子的直径为

$$d = \frac{V}{S} = \frac{\frac{1}{N} \times 0.5\% \times 10^{-6}}{S} = \frac{1}{50 \times 0.2} \times 0.5\% \times 10^{-6} \text{ m} = 5 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

答案: $5 \times 10^{-10} \text{ m}$

例 2 油酸酒精溶液的浓度为每 1 000 mL 油酸酒精溶液中

有油酸 0.6 mL,用滴管向量筒内滴 50 滴上述溶液,量筒中的溶液体积增加 1 mL.若把一滴这样的溶液滴入盛水的浅盘中,由于酒精溶于水,油酸在水面展开,稳定后形成单分子油膜的形状如图 1-1-2 所示.

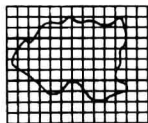


图 1-1-2

(1)若每一小方格的边长为 30 mm,则油酸薄膜的面积为 _____ m^2 ;

(2)每一滴油酸酒精溶液含有纯油酸的体积为 _____ m^3 ;

(3)根据上述数据,估算出油酸分子的直径为 _____ m.

分析:(1)用填补法数出在油膜范围内的格数(面积大于半个方格的算一个,不足半个方格的舍去不算)为 55 个,油膜面积约为

$$S = 55 \times (3.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 4.95 \times 10^{-2} \text{ m}^2.$$

(2)因 50 滴酒精油酸溶液的体积为 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中含纯油酸的体积为

$$V_0 = \frac{V}{N} \rho = \frac{1}{50} \times 0.06\% \text{ cm}^3 = 1.2 \times 10^{-11} \text{ m}^3$$

(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

$$d = \frac{V_0}{S} = \frac{1.2 \times 10^{-11}}{4.95 \times 10^{-2}} \text{ m} = 2.4 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

答案:(1) 4.95×10^{-2} (2) 1.2×10^{-11} (3) 2.4×10^{-10}

规律总结:准确计算油膜所占的面积是解决此类问题的关键,计算格子数时,不足半格的舍去,多于半格的计一格,方格边长越小,这种方法精确度越高.

二、阿伏加德罗常数的应用和有关分子大小的估算方法

阿伏加德罗常数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$,其物理意义是 1 mol 任何物质中含有的微粒数都为 6.02×10^{23} 个.

阿伏加德罗常数 N_A 是联系宏观物理量和微观物理量的桥梁.在实际应用和估

算中,必须明确如下几点:

(1)微观物理量有:分子质量 m 、分子体积 V_0 和分子直径 d (或分子间的距离 L)。

(2)宏观物理量有:物质的质量 m_0 、摩尔质量 M_m 、物体的体积 V 、摩尔体积 V_m 、物质的密度 ρ 。

(3)相互间的关系式:

$$\textcircled{1} \text{ 分子的质量: } m = \frac{M_m}{N_A} = \frac{\rho V_m}{N_A}, \quad \textcircled{2} \text{ 分子平均占有的体积: } V_0 = \frac{V_m}{N_A} = \frac{M_m}{\rho N_A}.$$

$$\textcircled{3} \text{ 分子的直径: 球体直径 } d = \sqrt{\frac{6V_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{6V_m}{\pi N_A}}; \text{ 立方体模型 } d = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{\frac{V_m}{N_A}}.$$

$$\textcircled{4} \text{ 物质所含的分子数: } n = \frac{m_0}{M_m} N_A = \frac{V}{V_m} N_A = \frac{\rho V}{M_m} N_A = \frac{m_0}{\rho V_m} N_A.$$

例 3 只要知道下列哪一组物理量,就可以估算出气体中分子间的平均距离(至少有一个选项正确)()

- A. 阿伏加德罗常数,该气体的质量和摩尔质量
 B. 阿伏加德罗常数,该气体的摩尔质量和密度
 C. 阿伏加德罗常数,该气体的质量和体积
 D. 该气体的密度、体积和摩尔质量

分析:问题的关键是:要估算出气体分子间的平均距离,就要先算出气体中一个

$$\text{分子平均占有的体积 } V_n, \text{ 有 } V_n = \frac{N \text{ 个分子占有的总体积}}{\text{分子数 } N} = \frac{V}{\frac{m_0}{M_m} N_A} = \frac{M_m}{\rho N_A}.$$

可见选项 A 中缺少体积 V ,选项 C 中缺少气体的摩尔质量 M_m ,选项 D 中缺少阿伏加德罗常数 N_A ,只有 B 选项正确.因满足 $V_n = \frac{M_m}{\rho N_A}$,由此可估算出分子间平均距离 $L = \sqrt[3]{V_n}$. **答案:** B

规律总结:解此类题的关键在于正确理解阿伏加德罗常数的含义,掌握它与其他相关的微观量和宏观量之间的关系,真正理解其所起到的“桥梁”作用。

例 4 已知铜的密度为 $8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,铜的相对原子质量为 64,质子和中子质量均为 $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$,则铜块中平均每个铜原子所占的空间体积约为 _____ m^3 .

分析:解法 1:由题可知铜的摩尔质量为 0.064 kg ,可得其摩尔体积

$$V_m = \frac{0.064}{8.9 \times 10^3} \text{ m}^3 = 7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3.$$

$$\text{故每个铜原子所占的空间体积为: } V_0 = \frac{V_m}{N_A} = \frac{7.2 \times 10^{-6}}{6.02 \times 10^{23}} \text{ m}^3 = 1.2 \times 10^{-29} \text{ m}^3.$$

解法 2:铜原子的核子数为 64,电子质量不计,所以铜原子的质量为

$$m = 64 \times 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.1 \times 10^{-25} \text{ kg}.$$

故每立方米的铜原子个数为： $n = \frac{8.9 \times 10^3}{1.1 \times 10^{-25}}$ 个 $= 8.1 \times 10^{28}$ 个。

所以每个铜原子所占的空间体积为： $V_0 = \frac{1}{n} = \frac{1}{8.1 \times 10^{28}} \text{ m}^3 = 1.2 \times 10^{-29} \text{ m}^3$ 。

答案： 1.29×10^{-29}

规律总结：解法 1 是常规解法，也容易理解，但需要记住阿伏加德罗常数（也可由 $N_A = \frac{\text{摩尔质量}}{\text{铜的相对原子质量}}$ 计算出）。解法 2 中要明确相对原子质量即核子总数，也可以理解为摩尔质量，掌握了这一点，解决问题就不难了。

例 5 已知空气摩尔质量 $M = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ，则空气分子的平均质量多大？成年人做一次深呼吸，约吸入 450 cm^3 的空气，所吸入的空气分子数约为多少？（取两位有效数字）

分析：设空气分子的平均质量为 m_0 ，阿伏加德罗常数用 N_A 表示，则

$$m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{29 \times 10^{-3}}{6.0 \times 10^{23}} \text{ kg} \approx 4.8 \times 10^{-26} \text{ kg}.$$

要估算成年人吸入的空气分子数，先应估算出吸入空气的物质的量 n ，我们可以近似看成吸入的是标准状态下的空气，则

$$n = \frac{V}{22.4 \times 10^{-3}} \text{ mol} = \frac{450 \times 10^{-6}}{22.4 \times 10^{-3}} \text{ mol} \approx 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

因此，吸入的空气分子数为 $N = nN_A = 2.0 \times 10^{-2} \times 6.0 \times 10^{23} \text{ 个} = 1.2 \times 10^{22} \text{ 个}$ 。

所以空气分子的平均质量是 $4.8 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，成年人一次深呼吸吸入的空气分子数约为 1.2×10^{22} 个。 答案： 1.2×10^{22} 个

规律总结：本题是一道利用阿伏加德罗常数 N_A 进行估算的问题。 N_A 是联系微观世界与宏观世界的桥梁，是解答本题的关键。

三、布朗运动与扩散的区别和联系

布朗运动与扩散是不同的现象，但也有相同之处。首先它们反映了分子永不停息地做无规则运动；其次，扩散和布朗运动都随温度的升高表现得越来越明显。

扩散是两种不同物质接触时，没有受到外力影响而能彼此进入到对方里面去的现象。气体、液体、固体都有扩散现象，扩散快慢除和温度有关外，还和物体的密度差、溶液的浓度有关。物体的密度差（或浓度差）越大，温度越高，扩散进行得越快。而布朗运动是悬浮在液体中的微粒所做的无规则运动，其运动的激烈程度与微粒大小和液体的温度有关，这是二者的不同之处。

例 6 下列有关扩散现象与布朗运动的叙述中，正确的是（ ）

- A. 扩散现象与布朗运动没有本质的区别
- B. 扩散现象突出说明了物质的迁移规律，布朗运动突出说明了分子运动的无规则性规律
- C. 扩散现象与布朗运动都与温度有关

D. 以上说法都不正确

分析:扩散是物质分子的迁移,布朗运动是宏观颗粒的运动,是两种完全不同的运动,则 A 错.两个实验现象说明了分子运动的两个不同侧面的规律,则 B 正确.两种运动随温度的升高而加剧,所以都与温度有关,C 正确. **答案:**BC

规律总结:准确理解扩散现象和布朗运动的实质是作出正确选择的关键.

四、对布朗运动示意图的理解

实际上图中每个拐点记录的是微粒每隔一段时间(如 30 s)的位置,实际中可采用闪光照相的办法记录,两位置所画直线是人为画上的.在这 30 s 内,微粒做的仍是无规则运动,由此不能将示意图中的折线当做粒子的运动轨迹,每一段直线也不可认为是对应这段时间的匀速直线运动轨迹,其实在这段时间内运动还是很复杂的.

例 7 图 1-1-3 所示是做布朗运动小颗粒的运动路线记录的放大图,以小颗粒在 A 点开始计时,每隔 30 s 记下小颗粒的一个位置,得到 B、C、D、E、F、G 等点,则小颗粒在第 75 s 末时的位置,以下叙述中正确的是()

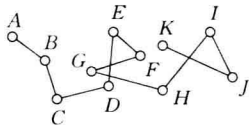


图 1-1-3

- A. 一定在 CD 连线中点
- B. 一定不在 CD 连线的中点
- C. 可能在 CD 连线上,但不一定在 CD 连线的中点
- D. 可能在 CD 连线以外的某点上

解析:小颗粒在 30 s 内的运动仍是很复杂的,图中是两位置的连线而不是轨迹.因此,第 75 s 末,小颗粒可能在 CD 连线上,但不一定在 CD 连线的中点,也可能在 CD 的连线之外的位置,因此,正确选项应为 C、D. **答案:**CD

规律总结:本题明显错误是将连线视为运动轨迹,从而错选 A 或 B,这是对布朗运动的无规则性认识不足.其实,由于液体分子运动的无规则性,小颗粒在任意短暂时间内的运动都可能是毫无规则的、无定向的.

五、布朗运动与分子运动的辨析

(1)研究对象不同:布朗运动的研究对象是固体小颗粒;分子运动的研究对象是分子.布朗微粒中也含有大量分子,这些分子也在做永不停息的无规则运动.

(2)布朗运动的特点:①永不停息;②无规则;③颗粒越小,现象越明显;④温度越高,运动越剧烈.

(3)布朗运动的产生原因是由于液体分子无规则运动,布朗运动的无规则性反映了液体分子运动的无规则性;布朗运动与温度有关,表明液体分子的运动与温度有关,温度越高越剧烈.

(4)布朗运动不仅能在液体中发生,也能在气体中发生.

例 8 在较暗的房间里,从射进来的阳光中,可以看到悬浮在空气中的微粒在不停地运动,这些微粒的运动()

A. 是布朗运动

B. 不是布朗运动

C. 是自由落体运动

D. 是由气流和重力引起的运动

分析: 这些用肉眼可以看到的微粒是较大的, 某时刻它们受到的各方向空气分子碰撞的合力几乎为零, 这么微小的合力对相当大的微粒来说, 是不能使它做布朗运动的, 这些微粒的运动是气流和重力作用引起的. 答案: BD

规律总结: 对指定物体的运动性质进行判定时, 主要根据其运动特征、性质及对运动过程进行剖析, 按照有关概念作出判断.

例 9 (1) 大风天常常看到风沙弥漫、尘土飞扬, 这就是布朗运动. (2) 布朗运动是由于液体分子对固体小颗粒的撞击引起的, 固体小颗粒的体积越大, 液体分子对它的撞击越多, 布朗运动就越显著. 以上两种说法是否正确? 为什么?

分析: 考查布朗运动及其成因, 影响布朗运动剧烈程度的因素. 能力层次: 理解、会解释现象.

(1) 能在液体或气体中做布朗运动的微粒都是很小的, 一般数量级在 10^{-6} m, 这种微粒肉眼是看不到的, 必须借助于显微镜. 大风天看到的沙尘土都是较大的颗粒, 它们的运动不能称为布朗运动, 另外它们的运动基本上属于在气流作用下的定向移动, 而布朗运动是无规则运动.

(2) 布朗运动的确是由液体(或气体)分子对固体微粒的碰撞引起的, 但只是在固体微粒很小, 各个方向的液体分子对它的碰撞不均匀才引起它做布朗运动. 因此正确的说法是: 固体微粒体积越小, 布朗运动越显著, 如果固体微粒过大, 液体分子对它的碰撞在各个方向上是均匀的, 就不会做布朗运动了. 答案: 见分析

规律总结: 布朗运动是液体(或气体)分子无规则运动的反映. 通过宏观的布朗运动现象, 找到微观分子做无规则运动的本质.



一、理解和推理能力

能力点津: 求解与阿伏加德罗常数有关的计算类问题时, 要找出宏观量与微观量的关系式(通过 N_A 相联系), 利用题目给出的条件求解.

考例 1 (2004·全国) 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 是阿伏加德罗常数, m 、 Δ 分别表示每个水分子的质量和体积, 下面是四个关系式:

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

其中正确的是()

A. ①和②都是正确的

B. ①和③都是正确的

C. ③和④都是正确的

D. ①和④都是正确的

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. $\frac{\rho}{N_A \Delta}$ 表示水的密度, 而 ρ 是水蒸气的密度, 故②式错误. 答案: B

规律总结: 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罗常数之比对于固体、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.

考例 2 (2005·江苏) 某气体的摩尔质量为 M , 摩尔体积为 V , 密度为 ρ , 每个分子的质量和体积分别为 m 和 V_0 , 则阿伏加德罗常数 N_A 可表示为()

A. $N_A = \frac{V}{V_0}$ B. $N_A = \frac{\rho V}{m}$ C. $N_A = \frac{M}{m}$ D. $N_A = \frac{M}{\rho V_0}$

解析: 据题设条件和阿伏加德罗常数定义 $N_A = \frac{M}{m} = \frac{\rho V}{m}$, 即 B、C 正确; 而气体分子之间距离太大, 气体分子的体积与分子所占据的空间体积相差太大, 所以 A 错. 同理 ρ 为气体的密度, ρV_0 并不等于分子的质量, 所以 D 错. 答案: BC

题后小结: 理解阿伏加德罗常数, 知道这一联系宏观世界与微观世界的桥梁, 对解决实际问题起着决定作用. 同时还应明确气体分子的体积与气体分子所占空间体积相差很大.

考例 3 (2006·江苏) 从下列哪一组物理量可以算出氧气的摩尔质量()

- A. 氧气的密度和阿伏加德罗常数 B. 氧气分子的体积和阿伏加德罗常数
C. 氧气分子的质量和阿伏加德罗常数 D. 氧气分子的体积和氧气分子的质量

解析: 由氧气分子的质量乘以阿伏加德罗常数可得氧气的摩尔质量, 故 C 正确.

答案: C

题后小结: 理解阿伏加德罗常数, 知道什么是摩尔和摩尔质量, 就能作出准确的判断.

二、应用数学知识处理问题

能力点津: 本部分内容对数学运算能力要求虽然不高, 但计算时先弄清题目所给物理量的意义, 例如原子量为 Y , 即 1 mol 该物质的质量为 Y g 或 $Y \times 10^{-3}$ kg, 若单位错误则计算一定会出错. 因此计算中要搞清楚各物理量的单位及含义.

考例 4 (全国高考) N_A 代表阿伏加德罗常数, 下列说法正确的是()

- A. 在同温同压时, 相同体积的任何气体单质所含的原子数目相同
B. 2 g 氢气所含原子数目为 N_A
C. 在常温常压下, 11.2 L 氮气所含的原子数目为 N_A
D. 17 g 氨气所含电子数目为 $10N_A$

解析: 由于构成单质分子的原子数目不同, 所以同 T 、 p 下同体积单质气体所含原子数目不一定相同, A 错. 2 g 氢气所含原子数目为 $2N_A$, B 错. 在常温常压下 11.2 L 氮气的物质的量不能确定, 则所含原子数目不能确定, C 错. 17 g 氨气即 1 mol 氨气, 其所含质子数为 $(7+3)$ mol, 即 $10N_A$. 答案: D

考例 5 (全国高考) 已知铜的密度为 8.9×10^3 kg/m³, 相对原子质量为 64, 通过

估算可知铜中每个铜原子所占的体积为()

- A. $1 \times 10^{-28} \text{ m}^3$ B. $1 \times 10^{-29} \text{ m}^3$ C. $1 \times 10^{-26} \text{ m}^3$ D. $8 \times 10^{-24} \text{ m}^3$

解析 铜的摩尔体积 $V = \frac{M}{\rho} = \frac{64 \times 10^{-3}}{8.9 \times 10^3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$, 每个铜原子所占的体积

$$V_1 = \frac{V}{N_A} = \frac{64 \times 10^{-3}}{8.9 \times 10^3 \times 6.0 \times 10^{23}} \text{ m}^3 \approx 1 \times 10^{-29} \text{ m}^3, \text{B 项正确.} \quad \text{答案: B}$$

题后小结:铜的相对原子质量是 64, 意思是 1 mol 铜质量是 $64 \text{ g} = 64 \times 10^{-3} \text{ kg}$. 一些同学将单位搞错, 导致错误.



一、高考命题规律

高考题命题的热点之一即为本单元中的估算分子大小和数目, 高考题对能力的要求主要在于“理解能力”——理解物理概念和物理规律的确切含义, 以及简单应用. 题目多数只要求定性分析, 以考查阿伏加德罗常数的计算(或估算)和油膜法测分子直径为主.

二、应试策略技巧

1. 对微观量估算的模型的建立

对液体、固体来说, 微观模型是: 分子紧密排列, 将物质的摩尔体积分成 N_A 等份, 每一份就是一个分子; 在估算分子直径时, 设想分子是一个一个紧挨的小球; 在估算分子间距离时, 设想每一个分子是一个立方体, 立方体的棱长即为分子间距离.

气体分子不是紧密排列的, 所以上述模型对气体不适用, 但上述模型可以用来估算分子间平均距离.

例 1 (广东高考) 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 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 m_0 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 $m_0 = \frac{M_A}{N_A} =$

$\frac{0.197}{6.0 \times 10^{23}} \text{ kg} = 3.3 \times 10^{-25} \text{ kg}$. 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 $m_{核}$ 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, 便可求出金原子的平均密度 ρ 不会小于的值. 即 $\rho = \frac{m_{核}}{\frac{4}{3}\pi r^3} =$

$$\frac{3.3 \times 10^{-25}}{\frac{4}{3} \times 3.14 \times (2.0 \times 10^{-14})^3} \text{ kg/m}^3 = 9.8 \times 10^{15} \text{ kg/m}^3. \quad \text{答案: } 9.8 \times 10^{15} \text{ kg/m}^3$$