

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 3-3

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 3—3

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社

主 编：杜 敏
副 主 编：刘建成 张 颖
编写人员：朱 琦 徐 锐 刘建成 陈连余
付荣兴 张 颖 苗元秀
责任编辑：付荣兴 金新喜
绘 图：郭 威
版式设计：张万红

图书在版编目(CIP)数据

普通高中课程标准实验教科书物理选修3-3 教师教学用书/人民教育出版社, 课程教材研究所物理课程教材研究开发中心编著. —4 版. —北京: 人民教育出版社, 2012. 4

ISBN 978-7-107-19090-2

I. ①普… II. ①人… ②课… III. ①中学物理课—高中—教学参考资料 IV. ①G633. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 035568 号

人民教育出版社 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京天宇星印刷厂印装 全国新华书店经销

2010 年 5 月第 4 版 2012 年 4 月第 14 次印刷

开本: 890 毫米×1240 毫米 1/16 印张: 9.5 字数: 240 千字

定价: 15.20 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与本社出版二科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

说 明

本书是在《普通高中课程标准实验教科书物理选修3—3教师教学用书》的基础上,根据几年来实验地区的一些反映,修订而成的,旨在帮助教师更好地使用《普通高中课程标准实验教科书物理选修3—3》,为教学提供一些参考。

本书介绍了教科书的特色,新的教学理念和一些新的教学方式、方法,与教科书采取“紧密配合”的方式,逐章逐节进行分析说明。本书的主要结构如下:

课程标准的要求 摘录了《普通高中物理课程标准(实验)》(以下简称《课程标准》)的相关内容,作为教学的依据。

本章教材概述 主要介绍本章教科书的编写意图,主要内容和教材结构的特点,以及在选择内容和讲述方法上的考虑。

教材分析与教学建议 根据课程标准及教科书,对每一节教学内容提出了具体的教学目标,并且对教材内容提出了比较详细的建议,包括教学过程中可能遇到的问题,供选择的教学方法,怎样发展学生的非智力因素,怎样使用教科书中的栏目、插图,怎样以课程理念处理教学问题,如何发展教师自身的教学能力,如何处理数字化教学,如何帮助学生进行探究等。

问题与练习 从练习题“内容分析”和“解答与说明”两部分对教科书“问题与练习”中的问题给出了较为详细的解答。

教学设计案例 主要目的是给实验地区的教师提供一些教学设计方面的参考,包括一些重点难点的分析、把握、处理,整堂课的设计思想、具体安排等。

教学资源库 是与教学内容相关的教学资源,包括“概念、规律和背景资料”“联系生活、科技和社会资料”“实验参考资料”三个部分。课程新理念需要教师进一步提高职业素质,需要教师尽早进入终身学习的轨道,我们在这里围绕教学的需要选择了一些拓展性的内容,为教师的素质发展提供一些线索。

补充习题 教科书由于篇幅所限,不可能编写太多的习题。我们在这里补充了一些习题,供教师们在教学中选用。

本书原编写者还有:张京文、唐挈、王琦、汪维澄。

本书在编写过程中得到北京市、浙江省、江苏省、山东省、重庆市、天津市、安徽省、江西省、辽宁省等全国各地教研室的热情支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

对于书中存在的缺点和错误,欢迎教师和物理教育工作者们及时批评、指正。来函请寄:100081 北京海淀区中关村南大街17号院1号楼 人民教育出版社物理室 收。

人民教育出版社 物理室
2008年4月

目 录

第七章 分子动理论

一、本章教材概述

二、教材分析与教学建议

第1节 物体是由大量分子组成的

第2节 分子的热运动

第3节 分子间的作用力

第4节 温度和温标

第5节 内能

三、教学设计方案例

分子间的作用力

四、教学资源库

(一) 概念、规律和背景资料

(二) 联系生活、科技和社会资料

(三) 实验参考资料

五、补充习题

第八章 气体

一、本章教材概述

二、教材分析与教学建议

第1节 气体的等温变化

第2节 气体的等容变化和等压变化

第3节 理想气体的状态方程

第4节 气体热现象的微观意义

三、教学设计方案例

气体的等温变化

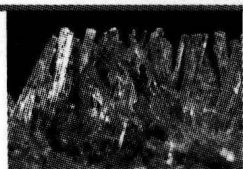
四、教学资源库

(一) 概念、规律和背景资料

(二) 实验参考资料

五、补充习题





第九章 固体、液体和物态变化

- 一、本章教材概述 67
- 二、教材分析与教学建议 69
 - 第1节 固体 69
 - 第2节 液体 73
 - 第3节 饱和汽与饱和汽压 76
 - 第4节 物态变化中的能量交换 80
- 三、教学设计案例 82
 - 液体 82
- 四、教学资源库 85
 - (一) 概念、规律和背景资料 85
 - (二) 联系生活、科技和社会资料 90
 - (三) 实验参考资料 92
- 五、补充习题 93

第十章 热力学定律

- 一、本章教材概述 96
- 二、教材分析与教学建议 100
 - 第1节 功和内能 100
 - 第2节 热和内能 104
 - 第3节 热力学第一定律 能量守恒定律 105
 - 第4节 热力学第二定律 110
 - 第5节 热力学第二定律的微观解释 115
 - 第6节 能源和可持续发展 117
- 三、教学设计案例 118
 - 热力学第二定律的微观解释 118
- 四、教学资源库 122
 - (一) 概念、规律和背景资料 122
 - (二) 联系生活、科技和社会资料 134
 - (三) 实验参考资料 138
- 五、补充习题 141



第七章 分子动理论

课程标准的要求

1. 认识分子动理论的基本观点，知道其实验依据。知道阿伏加德罗常数的意义。
2. 理解内能的概念。

一、本章教材概述

本章介绍分子动理论的基本观点，它的主要内容是：物体是由大量分子组成的，分子在做永不停息的无规则运动，分子之间存在着引力和斥力。

热学研究的内容包括两个方面，一方面是关于热现象的宏观理论，它研究热现象的一般规律；另一方面是关于热现象的微观理论，从分子运动的角度研究宏观热现象的规律。分子动理论是热现象微观理论的基础。

分子动理论的观点贯穿在本模块的各章之中。在第八章，认识大量分子的运动遵从一定的统计规律之后，用分子动理论的基本观点对气体的温度、体积、压强及其相互关系进行了微观解释；在第九章，用物质的微观结构解释晶体和非晶体的性质，根据分子间的相互作用力的特点解释液体的表面张力现象，用分子的运动说明液体饱和汽的形成；在第十章，根据分子的无规则运动，对热力学第二定律进行了微观解释。因此，本章是学习第八、九、十章的基础。

本章内容可以分为两个单元：第一单元为分子动理论的基本内容，由前三节组成；第二单元介绍温度和内能的概念，由后两节组成。分子动理论是对热现象进行微观分析的基础；而温度和内能，是热学的基础概念。本章的内容对整个热学模块的学习起基础性作用。

在编写本章时，有以下思考。

1. “实验”栏目重视对实验思路和方法的陈述

实验“用油膜法估测分子的大小”，教科书对其陈述，没有采用以实验操作步骤作为行文线索的做法，而是按照该实验的思路从设计逻辑上概括为几个需要解决的问题。

●怎样估算油酸分子的大小？

油酸分子直径等于单分子油膜的厚度

$$\text{油膜厚度 } d = \frac{1 \text{ 滴极小油酸的体积 } V}{\text{该单分子油膜的面积 } S}$$

●如何获得很小的 1 滴油酸？怎样测量它的体积？

●如何测量油膜的面积？

教科书以这三个问题作为行文的线索，不仅有利于学生理解这个实验的原理，而且让学生看到了本实验的具体方案是怎样构思出来的，有利于培养学生设计实验的能力。

在课堂教学时，教师在介绍用测量油膜厚度的办法来估算油酸分子直径的思路之后，“如

何获得很小的1滴油酸”“怎样测量它的体积”以及“怎样测量该滴油酸的单分子油膜面积”这三个问题，可以让学生自主思考和讨论。教科书把实验原理和步骤融入在几个需要解决的问题中，为学生自主学习和相互交流创造了条件。

2. 让学生经历分析问题和解决问题的过程

为在课堂教学中实现“过程与方法”目标，促进学生在课堂中自主学习，教科书设计了一系列让学生分析问题和解决问题的活动，为教师设计教案提供了思路。教学中，教师可以借鉴教科书上的实例对教学过程进行再创造。

学生通过实验了解分子的大小是可以估测的及其数量级之后，教科书安排了让学生自己估算阿伏加德罗常数的过程。估算所需要的知识基础都是学生所具备的，学生经历了这一过程之后，增强了对阿伏加德罗常数的理解，也就不会觉得它很神秘了。

在“分子间的作用力”这节，教科书分析了分子间的斥力和引力随分子间距离增大而减小的不同特点后，让学生在分子间斥力、引力与分子距离关系的图象（教科书图7.3-2）中，作出分子间的合力随分子距离关系的图象。学生在作出这条曲线的过程中，不仅知道了分子间的相互作用力在分子间距离的不同范围内具有不同变化特点这一结论，重要的是加深了对分子间相互作用力（合力）的理解，学会如何用图象来表示某个变化的量，这对提高学生用函数图象表达、分析物理问题的能力是很有帮助的。让学生亲自作出分子间合力与分子间距离的关系图象主要是让学生更好地领会该图象的物理含义，精确的图象将在教科书第5节图7.5-1中给出。

3. 进一步认识初中学过的物理概念

应该说，选修本模块的学生不仅具有一定的物理学基础知识，而且有兴趣和能力学习较深的物理知识。在这种情况下，本章就有条件比较系统、准确地建立相关物理学概念。在“温度和温标”这一节中，教科书引入了系统、状态参量、平衡态、热平衡等一系列概念，并根据热平衡来定义温度。此时学生对温度这个物理量的理解就比初中“冷热的程度”这一说法深刻了很多，但又与初中的说法是一致的。学生在初中学习中知道用温度计测量温度的操作过程，而现在根据热平衡定律，明确了这一操作过程的物理原理。初中学习的许多热学现象，现在都可以用新的概念来重新认识。例如，教科书第4节后面练习题的第1题，学生用“平衡态”“热平衡”的概念来认识“测定金属块的比热容”的实验过程，可以对实验过程的理解上升一个层次。

4. 重视联系学生生活、联系现代科技

本章所研究的“分子动理论”比较抽象，教科书注意把抽象的理论跟学生的生活进行联系。例如，在介绍扩散现象时，教科书中放了一幅酱油在熟鸡蛋中扩散的彩色照片，把生活中经常见到的现象形象地展示在学生的面前，不仅能使学生对抽象的理论产生亲近感，而且有利于增强学生理论联系实际意识。在学习“温度计与温标”之后，教科书安排了一个“科学漫步”栏目，设置了“形形色色的温度计”这个主题，把生活中的玻璃—水银温度计、玻璃—酒精温度计，生产中的双金属温度计、压力表温度计、半导体热敏温度计、热电偶温度计，科学研究中的铂电阻温度计，以及学生倍感新鲜的磁温度计、声速温度计、频率温度计等各种温度计，以测温物质的相关性质为线索，对各种温度计的制作原理和特点简要地做了介绍。从这个栏目的内容中，学生不但可以知道温度计总是根据物质某种跟温度有关的性质来制作的知识，同时还感受到物理学跟现实生活、现代科技的紧密联系。



5. 利用练习题来解读教科书

练习题通常被认为是用来巩固、检测所学知识的。本章教科书中的练习题，有的还肩负着解读教科书的功能。本章第1节实验“用油膜法估测分子的大小”，由于强调实验的原理和思路，行文是按照实验需解决问题的逻辑关系展开的。为了让学生经历一次按实验步骤进行思考的过程，并且以具体的操作方法和实验数据来理解实验的原理和思路，教科书在本节内容中设计了一个练习题（第2题），通过这个练习题，达到解读教科书的目的。

又例如，在第2节“分子的热运动”中，教科书阐述布朗当时观察悬浮在水中的花粉时，认为花粉的无规则运动不是外界因素引起的，但教科书并没有对该结论的判断根据作进一步说明。在本节的练习题中，教科书设计了一个题目（第3题），让学生根据实验现象自己分析出布朗运动并不是因为环境温度的变化、实验场所振动等外部因素引起的，这个题目，除了可以发展学生的分析、判断能力，也起到了解读教科书的作用。

课时安排建议

第1节	物体是由大量分子组成的	2课时
第2节	分子的热运动	1课时
第3节	分子的作用力	1课时
第4节	温度和温标	1课时
第5节	内能	1课时

二、教材分析与教学建议

第1节 物体是由大量分子组成的

1. 教学目标

- (1) 知道物体是由大量分子组成的。
- (2) 知道油膜法测分子大小的原理，并能进行测量和计算。通过油膜法实验使学生知道科学研究中的一种方法：利用宏观量求微观量。
- (3) 知道分子的球形模型，知道分子直径的数量级。初步认识到微观世界是可以认知的，人类探究微观世界经历了漫长的过程，而且意识到这种探索还将持续下去。
- (4) 知道阿伏加德罗常数的物理意义、数值和单位。

2. 教材分析与教学建议

教科书对“物体是由大量分子组成的”这一知识，是从组成物体的分子数目的“大量”和分子的“微小”两个角度来说的。通过阿伏加德罗常数的计算，使学生体会组成物体的分子数的“巨大”。通过用油膜法估测分子的直径，利用对宏观量的测定求出微观量分子的大小，并进一步体会每个分子的“微小”。

(1) 分子的大小

分子大小的数量级是本节教学的重点之一，教学中可以给一个能够让学生想象的实例：跟

细菌差不多的 $1\text{ }\mu\text{m}$ 大小的水珠中含有的分子数为地球人口的好几倍，这么小的一滴水却含有如此之大数量的分子，可以想象分子有多小。通过这个实例使学生初步了解我们现在研究的是极小的分子。有兴趣的学生由此也可以估算一下分子大小的数量级。还可以通过投影叶子在放大不同倍数情况下的图片（见图 7-1），让学生体会组成物质的分子是很小的，不但用肉眼不能直接看到它们，就是用光学显微镜也看不到它们。

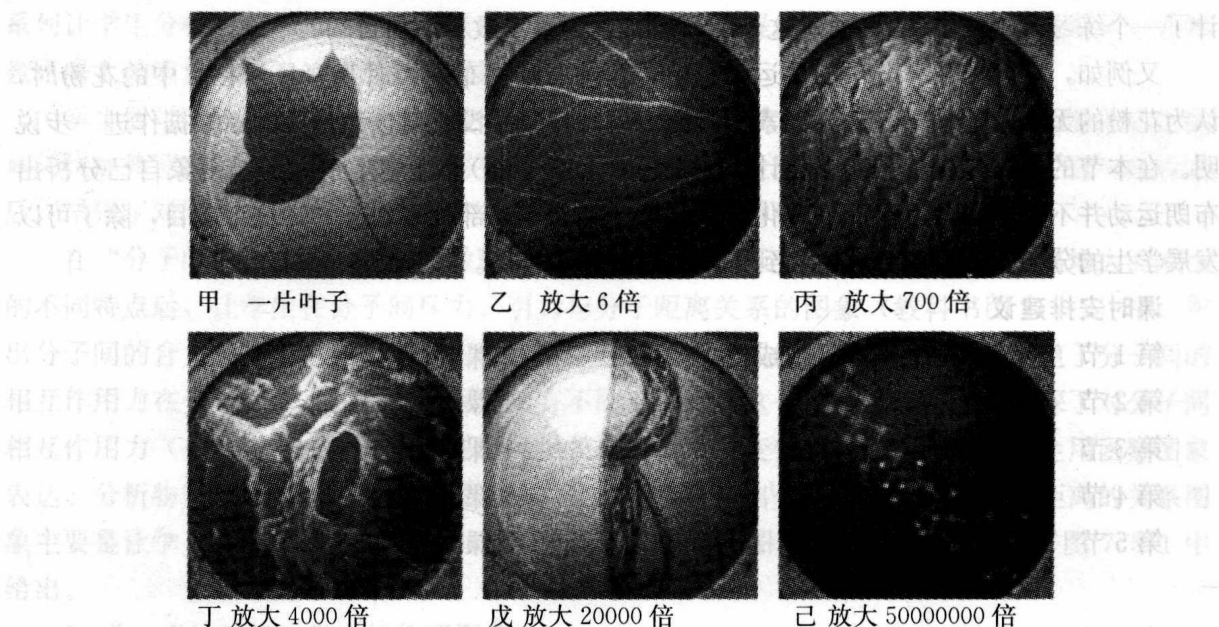


图 7-1

然后展示教科书图 7.1-3 用扫描隧道显微镜拍摄的石墨表面原子的照片。通过这幅照片，学生看到客观存在的分子（原子），为形成科学的物质观和后续热学的学习打下一定的基础。教学时，让学生了解图上亮斑是碳原子的像就可以了。关于扫描隧道显微镜的工作原理不必给学生做过多介绍，但可以告诉学生扫描隧道显微镜不仅可以拍摄分子、原子的照片，它在当前许多科技领域都起着重要的作用，受到科学工作者的密切关注。通过照片，学生会清楚地看到，分子（原子）并不是一个个的小球。把分子看做小球，是对分子建立的一种简化模型。在教学中注意说明模型在物理学中的意义，使学生理解模型都是人们根据研究的问题建立的，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。将分子看做小球，与力学中的质点、电学中的点电荷一样，都是理想化模型。实际上分子的结构是很复杂的，分子并不真是小球，分子间也存在着空隙，因此，我们所计算出的分子直径、分子大小，只是一个粗略的数量级概念，反映了分子所占的空间大小。在研究分子内部结构和运动时，则需要较复杂的分子结构模型了。

(2) 油膜法测分子直径

油膜法测分子直径是早期测定分子大小的方法，是高中阶段学生第一次利用对宏观量的测定求出微观量大小的实验。用单分子油膜法测定分子大小的原理，理解和学会用单分子油膜法估算分子大小（直径）的方法是本节的重点与难点。我们在讲油膜法估测分子大小的实验之前，可以引导学生想办法估测 1 粒绿豆的直径。教师在学生所设计的方法基础上，引导出如下方法：应先用量筒测出一定量绿豆的体积 V ，将这些绿豆平摊在水平桌面上，不要重叠，测出所占的面积 S ，则绿豆的直径 $d = \frac{V}{S}$ ，并引导学生总结出“测绿豆直径的办法是通过测量较大量来研究较小量”。这种油膜法估测分子大小的实验方法有利于学生的科学思维方法的培养；

有利于学生深化对微观世界的认识,提高学生的实验技能、技巧。因此,可以充分利用这一教学资源,引导学生大胆设想,提出各种实验方案,筛选出最佳方案,理清实验的设计思想,把握住关键步骤进行实验探究,收集实验数据,得出实验结论。让学生在学习物理知识与技能的同时,提高科学探究的能力。

油酸分子的特性为用油膜法测分子直径奠定了基础。油酸的分子式为 $C_{17}H_{33}COOH$, 在常温下为液态, 它的分子是长形的, 一端是具有亲水性的羧基 $COOH$, 另一端是具有憎水性的羟基 $C_{17}H_{33}$ 。当油酸在水面上形成有自由边界的油膜时, 每个分子都是直立的, 羟基在油膜表面, 成为一个单分子层, 如图 7-2 所示。通过实验测出油膜的体积和面积, 可以算出膜的厚度, 就是单个油酸分子的长度 d 。教师在介绍这个方法时要注意一些细节问题, 如: 油酸的特性、体积的测量、油膜的扩散(油酸滴下之前, 用嘴轻轻把粉层吹开, 再滴油酸, 油滴扩散效果比较好)、散开后的面积测量等。

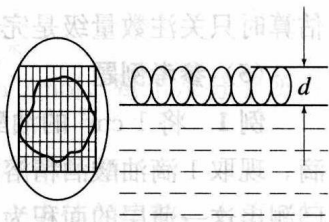


图 7-2

在用油膜法测出分子直径后指出: 分子间有空隙, 认为分子是球形是一种近似模型, 是为了简化地处理问题。实际分子结构很复杂, 但通过估算分子大小的数量级, 对分子的大小会有较深入的认识。

用油膜法估测分子大小的实验误差主要来自: 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。

本实验的操作要领: ①油酸酒精溶液配制比例恰当; ②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; ③往水面上洒滑石粉时要适量、均匀; ④要在滴入溶液稳定后再画轮廓; ⑤计数面积时要耐心细致。

(3) 阿伏加德罗常数

阿伏加德罗常数是联系微观量和宏观量的桥梁, 是一个重要的常数。通过用阿伏加德罗常数计算每个分子的大小和质量, 可以使学生对一个分子大小和质量的数量级有大概的认识, 同时也使学生进一步理解这个常数的意义。用阿伏加德罗常数进行有关计算或估算的方法是本节教学的重点。在化学课中, 学生已经学过, 1 mol 物质所含有的分子数都是相同的, 用阿伏加德罗常数 N_A 来表示。为了得到更精确的阿伏加德罗常数, 科学家用各种方法测量它, 1986 年用 X 射线法测得的阿伏加德罗常数 $N_A = 6.0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。通常可取 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 在粗略计算中可取 $N_A = 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

为了帮助学生理解阿伏加德罗常数是一个很大的量, 可举出下列事例: ① 1 cm^3 水中含有的分子数约为 3.3×10^{22} 个。假如全世界 60 亿人不分男女老少都来数这些分子, 每人每秒数 1 个, 也需要将近 17 万年的时间才能数完; ② 1 cm^3 的酒精滴入 100 亿立方米的水库中, 分布均匀后, 每立方厘米水中仍有 100 万个以上的酒精分子; 等等。

在利用阿伏加德罗常数进行有关计算或估算时, 常常用到“数量级”的概念。记住一些特殊的数量级对考虑问题或粗略检查自己估算是否出现了错误有一定的帮助。例如, 记住分子直径的数量级、记住分子质量的数量级, 等等。应注意, 我们书中说的分子直径的数量级是 10^{-10} m , 主要是指无机物分子, 有些有机物分子比 10^{-10} m 大得多。

(4) 关于“思考与讨论”

教科书“思考与讨论”栏目中的问题要给学生一定的时间，尽量让学生独立思考完成。既然是估算，算出数量级就可以了。例如，每个水分子的体积可以按照边长为水分子直径的正方体计算，与用球体积公式算出的数量级是一样的，估算出阿伏加德罗常数的误差也不大，所以估算时只关注数量级是完全可以的。

(5) 参考例题

例1 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 的溶液有 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 ，由此估测油酸分子的大小。

解析：设油酸分子为球形。根据题目知道， 1 cm^3 油酸酒精溶液中油酸的体积

$$V = \frac{1}{200} \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

1 滴油酸酒精溶液中油酸体积

$$V_{\text{油酸}} = \frac{V}{50} = \frac{10^{-6}}{200 \times 50} \text{ m}^3$$

则油酸分子的直径

$$d = \frac{V_{\text{油酸}}}{S} = \frac{10^{-6}}{200 \times 50 \times 0.2} \text{ m} = 5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

点评：本题的关键是知道分子的球形模型，理解用油膜法测分子直径的原理，运用公式 $d = \frac{V}{S}$ 进行计算，并注意单位的统一。

例2 已知金刚石的密度为 $\rho = 3.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，现有一小块体积为 $4.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3$ 的金刚石，它含有多少个碳原子？假如金刚石中的碳原子是紧密地挨在一起，试估算碳原子的直径。（保留两位有效数字）

解析：这块金刚石的质量

$$m = \rho V = 3.5 \times 10^3 \times 4.0 \times 10^{-8} \text{ kg} = 1.4 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

这块金刚石所含的碳原子数

$$n = \frac{m}{M} N_A = \frac{1.4 \times 10^{-4}}{12 \times 10^{-3}} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ 个} = 7.0 \times 10^{21} \text{ 个}$$

一个碳原子的体积为

$$V_0 = \frac{V}{n} = \frac{4.0 \times 10^{-8}}{7.0 \times 10^{21}} \text{ m}^3 = 5.7 \times 10^{-30} \text{ m}^3$$

分子直径大约为

$$d = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{5.7 \times 10^{-30}} \text{ m} = 1.8 \times 10^{-10} \text{ m}$$

点评：由宏观量去计算微观量，或由微观量去计算宏观量，都要通过阿伏加德罗常数建立联系。所以说，阿伏加德罗常数是联系宏观量与微观量的桥梁。由物体体积计算分子的大小，可视分子为立方体。这是估算分子大小通用的方法。

例3 水的相对分子质量是 18，水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，阿伏加德罗常数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。在标准状况下，水蒸气的摩尔体积是 $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$ ，则水蒸气分子的平均间距大约是水分子直径的（ ）

- A. 1 倍 B. 10 倍 C. 100 倍 D. 1 000 倍

解析：水的摩尔体积

$$V_{\text{mk}} = \frac{M}{\rho} = \frac{18 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^3} = 18 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$$

一个水分子的体积为 $V_{\text{水}} = \frac{V_{\text{mk}}}{N_A}$ 。

把水分子看成一个紧挨一个排列的球体，其直径大约为 $d_{\text{水}} = \sqrt[3]{V_{\text{水}}}$ 。

水蒸气是气体，在标准状况下的摩尔体积是 $V_{\text{m汽}} = 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$ ，每个水分子所占体积（包括水分子和它的周围空间的体积）为 $V_{\text{汽}} = \frac{V_{\text{m汽}}}{N_A}$ 。

把每个分子和它所占空间看成一个小立方体，分子间距等于每个立方体的边长，水蒸气的分子间距为 $d_{\text{汽}} = \sqrt[3]{V_{\text{汽}}}$ 。

$$\frac{d_{\text{汽}}}{d_{\text{水}}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{汽}}}{V_{\text{水}}}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{m汽}}}{V_{\text{mk}}}} = \sqrt[3]{\frac{22.4 \times 10^{-3}}{18 \times 10^{-6}}} \approx 10$$

即水蒸气分子的平均间距大约为水分子直径的 10 倍。

答案：B。

点评：固体和液体分子是紧密排列的，分子间距可看成分子直径；而气体分子间的距离远大于分子直径，在标准状况下，用摩尔体积除以阿伏加德罗常数，得到的是一个分子占有周围空间的体积，而不是一个分子的体积。分割气体空间时必须分割成紧密相连的立方体，而不应该是球体。

3. 问题与练习

1. 内容分析

本题通过计算塑料薄膜的厚度让学生体会用单分子油膜法估算分子大小（直径）的思维方法。

解答与说明

设薄膜的质量为 m 、密度为 ρ_1 、面积为 S 、厚度为 d ，盐水的密度为 ρ_2 ，薄膜在盐水中悬浮，表明薄膜和盐水的密度相等， $\rho_1 = \rho_2$ 。又因为 $\rho_1 = \frac{m}{V} = \frac{m}{Sd}$ ，所以

$$d = \frac{m}{\rho_1 S} = \frac{36 \times 10^{-3}}{1.2 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-2}} \text{ m} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

2. 内容分析

通过本题的计算，帮助学生进一步理解用单分子油膜法估算分子大小（直径）的原理与实验方法。

解答与说明

(1) 设一滴油酸酒精溶液中所含纯油酸的体积为 V ，则

$$V = \frac{1}{75} \times \frac{6}{10^4} \text{ mL} = 8 \times 10^{-6} \text{ mL}$$

(2) 由教科书图 7.1-4 中可知，油酸大约占 108 个小格，故油酸面积

$$S = 108 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 1.08 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

(3) 油酸分子的直径

$$d = \frac{V}{S} = \frac{8 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{1.08 \times 10^{-2}} \text{ m} \approx 7.4 \times 10^{-10} \text{ m}$$



3. 内容分析

通过用阿伏加德罗常数计算每个分子的大小,使学生对一个分子大小的数量级有进一步认识,同时也使学生进一步理解这个常数的意义。体会用阿伏加德罗常数进行有关估算的方法。培养学生的科学素养。

解答与说明

根据铜的密度 $\rho = 8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 铜的摩尔质量为 $6.4 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}$, 可知 1 m^3 铜的分子数是

$$n = \frac{m}{M} N_A = \frac{8.9 \times 10^3 \text{ kg}}{6.4 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 8.37 \times 10^{28}$$

假设铜原子为球形,其直径为 d , 则1个铜原子所占的体积大约为 d^3 。此有 $nd^3 = 1$, 铜原子直径

$$d = \sqrt[3]{\frac{1}{n}} = \sqrt[3]{\frac{1}{8.37 \times 10^{28}}} \text{ m} \approx 2.3 \times 10^{-10} \text{ m}$$

4. 内容分析

通过用阿伏加德罗常数计算分子间的距离,使学生进一步认识分子间有间距,同时也使学生进一步理解阿伏加德罗常数的意义。体会用阿伏加德罗常数进行有关估算的方法。培养学生的科学素养。

解答与说明

设在标准状态下, 1 mol 氧气所占的空间为 V , 分子间的平均距离为 r 。所以,一个氧气分子所占的空间

$$V_0 = \frac{V}{N_A}$$

分子间的平均距离

$$r = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{\frac{V}{N_A}} = \sqrt[3]{\frac{2.24 \times 10^{-2}}{6.02 \times 10^{23}}} \text{ m} \approx 3.34 \times 10^{-9} \text{ m}$$

第2节 分子的热运动

1. 教学目标

- (1) 了解扩散现象是由于分子的热运动产生的。
- (2) 知道什么是布朗运动,理解布朗运动产生的原因。通过实验和分析、逻辑推理的过程,使学生知道扩散现象与布朗运动,理解布朗运动的成因。培养学生注重理论联系实际、勤于观察、勇于探究、善于思考的良好学习习惯。
- (3) 知道什么是热运动及决定热运动激烈程度的因素。

2. 教材分析与教学建议

“分子永不停息地做无规则的热运动”是分子动理论的核心内容。本节是通过一些生活中的实例和实验来说明这一观点的。本节实验和逻辑推理的过程比较多,但是学生对所涉及的内容并不陌生,可以采取在学生阅读的基础上,教师指导讨论的教学方式。教师要抓住教科书中

的关键词句使学生展开讨论,让学生体会到自然科学书籍该如何阅读,培养学生的表达能力和逻辑思维能力。本节课也可以设计成探究性的课型,首先设计一些研究固体、液体、气体的扩散现象以及影响它们的因素的实验,例如:①将一个装有无色空气的广口瓶倒扣在装有红棕色二氧化氮气体的广口瓶上,抽去中间玻璃板,过一段时间发现上面瓶中气体变成了淡红棕色,下面气体的颜色变浅了,最后上下两瓶气体颜色一致;②放在房间一角落里的香水,打开瓶塞后,房间中任何位置的人都能嗅到香味。

教学时还可以向冷水和热水中各滴入一滴红墨水,会观察到热水很快变成红色,而冷水变成红色稍慢。让学生从对客观现象的认识中,体会分子的无规则运动与温度的关系。

(1) 扩散现象

扩散现象是本节的重点之一。通过实例说明:①物质处于固态、液态和气态时均能发生扩散现象,只是在短时间内,气态物质的扩散现象最显著,固态物质的扩散现象非常不明显。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,分子无规则运动得越剧烈。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。教学时应强调扩散现象不是外界作用引起的,而是分子无规则运动的直接结果,是分子无规则运动的宏观反映。

(2) 布朗运动

布朗运动是本节另一重点。布朗运动虽然不是分子的运动,但它却是分子运动的宏观反映。分析布朗运动产生的原因是本节的重点之一,让学生看懂教科书中图 7.2-6 很重要。布朗运动的成因也可以用仪器模拟或计算机软件模拟。显微镜下看到的微小悬浮颗粒是固体,而液体分子是看不到的,因为液体分子太小了。液体中许许多多做无规则运动的分子不断地撞击微小悬浮颗粒,当颗粒足够小时,受到来自各个方向的液体分子的撞击作用是不平衡的,而且温度越高,分子无规则运动得越剧烈,对悬浮微粒撞击的频率及强度越高,微粒无规则运动得越剧烈。因此布朗运动看到的是固体颗粒无规则的运动,它是液体分子的无规则运动引起的。因此,布朗运动间接地证实了液体分子的无规则运动。

在布朗那个年代,对悬浮在液体中的固体微粒做永不停息的无规则运动,是不能解释其原因的。但布朗精于观察和实验,肯定了这种运动的客观存在。他发现问题,并把观察到的现象做了详尽的记录,为后人的进一步研究做出了开拓性的贡献。在 70 多年后,即 20 世纪初,爱因斯坦发表了论文《热分子运动论所要求的静液体中悬浮粒子的运动》,从能量均分定理出发,得出了布朗运动的完整理论,同一时期法国物理学家佩兰完成了布朗运动的定量实验,他们的工作把原来看不见的微观运动和可以看见的宏观运动联系了起来,为研究物理现象提供了一个重要的、科学的方法。

(3) 分子在永不停息地做无规则运动

分子永不停息地做无规则运动也是教学的重点之一。对它的理解,应从两个方面展开,一是“永不停息”,二是“无规则”。

“永不停息”是从对实验现象的推理来认识的。通过对布朗运动的观察可以发现,只要液体不干涸,这种运动就不会停下来。这种运动不分白天和黑夜,不分季节永远进行着。

所谓分子的“无规则运动”,是指由于分子之间的相互碰撞,每个分子的运动速度无论是方向还是大小都在不断地变化。标准状况下,一个气体分子在 1 s 内与其他气体分子的碰撞达到 65 亿次之多,这种频繁的碰撞运动是无规则的。

“无规则”不是“无规律”。在任一时刻，物体内既具有速率大的分子，也具有速率小的分子。速率很大和速率很小的分子的个数所占的比例相对较少，大多数分子的速率和某一平均速率相差很小。通常所说分子运动的速率，均指它们的平均速率而言。分子的平均速率是很大的，且和物体的温度以及分子的种类有关。通常情况下，气体分子热运动的平均速率的数量级为 10^2 m/s。单个分子的运动是无规则的，但大量分子的运动是有规律性的，体现在大量分子的运动遵循统计规律。

(4) 参考例题

例 关于布朗运动的正确说法是 ()

A. 因为布朗运动的激烈程度跟温度有关，所以布朗运动也可以叫做热运动

B. 布朗运动反映了分子的热运动

C. 在室内看到的尘埃不停地运动是布朗运动

D. 用显微镜观察悬浮在水中的小炭粒，小炭粒在不停地做无规则运动

解析：布朗运动是悬浮在液体中的小颗粒受到液体分子的作用而做的无规则运动，它反映了液体分子的无规则运动，所以不能说它就是热运动，所以 A 错误而 B 正确。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，这种微粒用肉眼不能直接观察到，必须借助于显微镜。室内尘埃的运动不是布朗运动，而是尘埃在空气气流作用下所做的宏观运动，因为它的运动并不是无规则运动。只有悬浮的微小的颗粒（肉眼看不到）才能做布朗运动。综上所述，正确答案为 B、D。

点评：弄清什么是布朗运动、布朗运动的特点以及布朗运动产生的条件和原因，是分析判断此类问题的关键。

3. 问题与练习

1. 内容分析

本题要求学生善于观察生活中的物理现象，并能对所看到的现象进行归纳总结，使学生进一步理解扩散现象的特点：温度越高，扩散现象越明显。

解答与说明

将 1 滴红墨水分别滴入等量的冷水和热水中，你会发现，热水变为一杯均匀的红水的速度快。也可向等量的冷水和热水中加入等量的红糖，如不加搅动，热水会较快变甜。这些现象说明温度越高，分子运动越激烈。

2. 内容分析

本题考查学生对布朗运动、布朗运动的特点以及布朗运动产生的条件和原因的理解。

解答与说明

(1) 错误。

解析：布朗运动是固体微粒在流体（液体或气体）分子的频繁碰撞下所做的一种无规则运动。这些固体微粒虽然要在光学显微镜下才能看到，但它们也是由大量分子组成的，属于宏观粒子，通过固体微粒的无规则运动可反映出液体分子运动的无规则性，但布朗运动本身不是分子运动，在光学显微镜下是看不到分子的运动。

(2) 错误。

解析：布朗运动是固体小颗粒的运动，做布朗运动的每个固体小颗粒是由大量分子组成的，这些小颗粒在液体分子的频繁碰撞下做无规则运动，通过小颗粒的无规则运动间接反映了

液体分子的无规则运动。根据分子动理论可以知道, 尽管组成固体小颗粒的分子在做无规则运动, 但是, 通过布朗运动我们无法推断出组成固体小颗粒的分子是否在做无规则运动。

(3) 错误。

解析: 胡椒粉是由于热水的对流而运动的, 而对流是靠宏观流动而实现的热传递过程, 在对流过程中伴有大量分子的定向运动。胡椒粉的翻滚是有一定规律的, 它不是布朗运动。因此, 此例不能说明温度越高, 布朗运动越明显。

(4) 正确。

解析: 在显微镜下观察到煤油中小粒灰尘的布朗运动, 是小粒灰尘受到煤油分子不停地碰撞的结果。通过小粒灰尘运动的无规则性可以推知, 煤油分子在做无规则运动。

3. 内容分析

本题进一步考查学生对布朗运动的理解, 以及图中折线的产生原因。深入理解分子热运动。

解答与说明

解析: 小李的观点是错误的。教科书图 7.2-7 中的折线, 并非细微粉笔颗粒的运动轨迹, 而是每隔一定时间细微粉笔颗粒所在位置的连线, 即使在这段时间内, 细微粉笔颗粒的运动也是极不规则的, 绝不是沿折线运动的, 我们根本不能画出细微粉笔颗粒运动的轨迹。正因为细微粉笔颗粒在水分子不停的碰撞下所做的运动是无规则的, 才能使我们认识到水分子运动的无规则性。

第 3 节 分子间的作用力

1. 教学目标

(1) 知道分子间存在空隙。

(2) 知道分子之间同时存在着引力和斥力, 其大小与分子间距离有关。

(3) 知道分子间的距离 $r < r_0$ 时, 实际表现的分子力为斥力, 这个斥力随 r 的减小而迅速增大。知道分子间的距离 $r > r_0$ 时, 实际表现的分子力为引力, 这个引力随 r 的增大而减小。

2. 教材分析与教学建议

(1) 分子间的作用力

学生很难理解大量分子的相互作用是什么样子的, 所以做好教科书中的两个实验很重要, 可以使学生体会分子之间有空隙、分子间有相互作用力, 而且相互作用力的大小与分子间的距离有关。教学中还可以把“问题与练习”的第 4 题设计为一个学生分组实验。为了便于实验, 可以用吸盘吸在玻璃板的中心位置, 用弹簧测力计的挂钩钩住吸盘的挂钩来替代教科书中描述的“玻璃板吊在橡皮筋的下端”。还应让学生举出生活中的实例。根据所学分子力的有关知识, 结合实际, 勤于观察、善于思考, 能解释一些实际现象。如固、液体难以被压缩, 常温下破碎玻璃难以复原, 再如高温铸造、电焊等, 生活中这样的例子不胜枚举。

在做“酒精和水混合”的实验时, 先把红色的水灌进试管中, 而后将酒精沿管壁缓慢注入, 在试管上用红线做个记号。将它们混合之后发现, 混合后的体积明显变小。混合前酒精与水的体积之比为 52 : 48, 实验效果较好, 水和酒精混合后体积小于原来的体积之和, 就是由