

高级中学物理(试用)第二册(甲种本)

教学参考书

(上)

上海市中小学教材编写组编

上海教育出版社出版

(上海永嘉路123号)

本书由上海发行所发行 上海市所属四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5 字数 112,000

1985年6月第1版 1985年6月第1次印刷

印数 1—28,700 本

统一书号: 7150·3442 定价: 0.60 元

说 明

本书按《高级中学物理(甲种本)第一册教学参考书(上)》相同的体系编排,但在每一课时的教学建议后面,增加了若干基础练习题。其中“课内用题”系供课堂教学过程中选用;“课末用题”系供课堂小结用;“课后用题”系供布置作业时选用。为了教师教学方便,本书中补充的基础练习题,按书中出现的先后顺序,另汇编成《高中物理基本训练册第二册(上)》,供学生使用,与本书同时出版。

本书由上海市物理特级教师吴孟明主编,吴瑞芳组织。上册由葛起超、施纯、张静甫、沈学彬等编写;下册由张甫楠、袁哲诚(特级教师)、濮思源编写。限于编者的水平和时间比较仓促,难免有不妥和错误之处,希望广大老师在使用中提出宝贵意见。

上海市中小学教材编写组

1984年12月

目 录

第一章	分子运动论基础	1
第二章	内能 能的转化和守恒定律	26
第三章	气体的性质	48
第四章	固体和液体的性质	88
第五章	物态变化	114

第一章 分子运动论基础

一、教材结构

这一章作为热学知识的开始，主要是使学生对物质的微观结构模型有一个比较具体的认识。分子运动论的基本内容是今后研究各种热现象的微观本质的理论基础。

在初中讲授了分子运动论的初步知识，在高中则着重说明分子运动论的实验基础，而且在抽象思维和分析能力方面的要求也较高。从微观的角度来看，物体内部每一个分子都受到其他分子的复杂作用，其运动过程变化多端，具有很大的偶然性。但在总体上，大量分子的无规则运动却遵循着统计规律。正是这种特点，决定了用物质微观结构的观点来研究热现象时采用跟研究机械运动不同的方法：它是对大量分子的无规则运动用统计的方法来得出规律的。本章教材有利于培养学生建立物理模型和分析推理的能力。

本章首先介绍了分子运动论的建立过程，介绍了测定分子大小的实验，确立了分子的简化模型——小球。接着根据分子的大小，算出了阿伏伽德罗常数并求得了分子的质量。这就使学生初步认识到组成物质的分子是大量的，而且分子又是很小的。然后介绍了布朗运动，这是证实分子运动的实验基础。然后又根据分子是在运动着的，说明分子间有空隙，进而阐明分子间存在作用力。最后用分子运动论解释了物态跟温度的关系，使学生初步看到分子运动论对研究热现象的本

质所起的重要作用。

本章的教学目的是：

1. 了解分子运动论的建立和它的实验基础，掌握分子运动论的基本内容。
2. 理解阿伏伽德罗常数的意义。了解分子的大小。
3. 理解布朗运动的意义。
4. 学会如何通过宏观现象的分析、推理，从而认识物质微观结构的思想方法。

二、教学建议

本章教学共 5 课时，分配如下：

课时顺序	教 学 内 容
1	全章引言 一、分子运动论的建立
2	二、物体是由分子组成的
3	物体是由分子组成的(续)
4	三、布朗运动
5	四、分子间的相互作用力

1. 全章引言 《分子运动论的建立》

引言部分先说明了热学所研究的是热现象的规律，描述热现象的一个基本概念是温度。然后介绍了研究热现象的两种方法：一种是从能量的观点来研究，另一种是从物质微观结构的观点来研究。使学生对热学知识的学习方法和内容有所了解。

《分子运动论的建立》这节教材着重回顾了分子运动论从最初提出到逐步完善所经历的历史。然后介绍了分子运动论的基本内容并指出它对研究热学所起的重要指导作用。

本课时教学建议：

(1) 在引言教学时首先可指出：我们虽然掌握了不少力学知识，但还有许多问题不能解释。诸如：为什么物体形变会产生弹力？为什么同种物质会处于不同的物态？为什么物质的许多性质（例如可溶性、导电性）在不同的温度下会发生变化？等等。使学生懂得学习热学知识的重要性。

其次，可将本章在研究对象和方法上的特点与力学作简要对比，使学生一开始就注意去适应新的学习方法。第一，力学研究的是宏观物体（系统）的机械运动；而本章研究的是大量分子的无规则运动，这远比研究一个物体做机械运动的规律要复杂得多。因此我们只能研究大量分子集体行为的宏观表现，这就要有一个统计的观点。第二，力学问题一般都可以通过直接观察分析得到解决；而分子和分子运动都是看不见的，所以往往用间接的方法通过观察、想象和分析才能得出结论。第三，描述机械运动要用位置、速度和加速度等概念；而描述热现象则要用温度、体积和压强等概念。

(2) 可向学生指出研究热现象虽然有两种不同的方法，但它们之间并不是毫不相关而是相辅相成的。用分子运动论对热现象本质所作的研究，需要从能量的观点加以验证；从能量的观点得出的热现象规律，也需要从物质微观结构的观点加以解释。

(3) 指导学生认真阅读课文中有关建立分子运动论的历史过程，从而懂得：①人类对物质微观结构的认识是有一个漫长的过程的。每个科学理论的建立都要通过提出假说，利用假说解释现象，并不断用客观事实加以检验，才能不断完善起来。科学上的成就乃是人类长期实践经验的积累。②分子运动论的建立，对指导生产和科学研究起了巨大的作用，从而认识理论和实践的辩证关系。

(4) 要引导学生认识, 在本章的讲述中突出以实验为基础的研究方法, 除了说明分子运动论不是空想出来的外, 还为了使学生知道人类是怎样逐步认识分子运动的, 从而培养学生探索分析问题的能力。这样就能更有目的地学习以后各节。

作业布置: 基础练习题(6)、(7)。

基础练习题

课内用题

(1) 例举几个热现象, 说明它跟温度有关。

课末用题

(2) 描述热现象的一个基本概念是_____。凡是跟_____有关的现象都叫做热现象。 [温度; 温度]

(3) 研究热现象有两种不同的方法: 一种是从_____的观点来研究; 另一种是从_____的观点来研究。

[能量; 物质微观结构]

(4) 分子运动论的基本内容是: ①物体是由_____分子组成的, ②分子永不停息地做_____运动, ③分子之间存在着相互作用的_____和_____。 [大量; 无规则; 引力, 斥力]

课后用题

(5) 回忆一下, 初中时是用哪些实验来证明分子在运动、分子间存在相互作用力的?

(6) 给你一只盛有水的量筒, 要测一块石子的体积, 该怎么办? 根据你的几何知识, 用一根约一人高的竹竿和一把米尺。要测操场上旗杆的高度(不可爬上去), 该怎么办? 通过这两个小实验, 体会一下什么是间接测量。[分别读出石子浸入量筒里的水内前和后量筒内水面的读数, 差值即为石子体积。]

将竹竿竖在旗杆前方, 人再后退适当的距离, 蹲下后观察, 使眼睛、竹竿顶端和旗杆顶端在一直线上。测出人眼睛离

地高度、竹竿的高度、人到竹竿和旗竿的距离。根据相似三角形对应边成比例的性质，即可算出旗杆高度]

2. 《物体是由分子组成的》

本节阐述分子运动论的第一个要点：物体是由大量分子组成的。教材首先介绍了用油膜法来粗略地测定分子大小的方法，得出了分子直径的数量级。并指出把分子看作小球是分子运动论中对分子的简化模型。然后在化学知识的基础上，讲述了根据已知的水分子直径来测定阿伏伽德罗常数的方法，并由此进一步介绍了分子质量的计算方法和它的数量级。最后阐述了阿伏伽德罗常数在研究微观世界中的重要意义。

本节教学共2课时，建议本课时可讲完“分子的大小”和阅读材料：离子显微镜的部分内容。

本课时教学建议：

(1) 在讲解测定分子大小的两个实验（用离子显微镜测铯原子直径的原理在阅读材料中介绍）时，要引导学生了解微观世界的许多数据是如何通过实验加以分析、推理而间接测定的，以培养学生的抽象思维能力。为了说明油膜法的原理，可先举这样一个例子：如果用一把厘米刻度尺测量盛在方盒里的绿豆的直径，但又规定不允许把豆排成一排测总长，那该怎么测量呢？可引导学生设想如果先量出盛在方盒中绿豆的总体积，然后将豆倒在桌上紧密地铺成一层（不要重迭，跟液面形成单分子油膜相类似），并测得其面积，由于绿豆总体积不变，所以将原先测出的体积除以面积就应等于绿豆的直径。讲解这个例子时也可将绿豆带到教室，测量办法由学生讨论后得出，并当堂操作。这对理解用油膜法测分子直径的原理，培养科学的思想方法是有益的。

关于用油膜法测油酸分子大小的实验，建议在有条件的班级中当堂或课外作演示。具体方法见参考资料。

关于用离子显微镜测钨原子直径的方法，只要让学生有所了解就可以了。目的在于说明，用不同的方法测出的分子大小虽不完全相同，但分子直径的数量级是相符的。离子显微镜的构造和原理详见参考资料。

(2) 本节教材介绍了数量级的概念，可向学生作这样的说明：数量级是量度或估计物理量大小常用的一种概念。例如地球的半径是 6400 千米，可以写成 6.4×10^3 千米，于是我们说地球半径的数量级是 10^3 千米；真空中的光速是 3×10^8 米/秒，光速的数量级就是 10^8 米/秒；又如铜箔的厚度是 5.0×10^{-5} 米，它厚度的数量级就是 10^{-5} 米。

学生对很大、很小的数量级是缺乏想象的。为了使学生对分子的微小程度有一个比较形象的认识，可举以下的例子：一滴露水中约含 2.0×10^{16} 个水分子。如果让 10 万个人同时来数这些分子，假定每人每秒钟能数 10 个水分子，那么这 10 万个人要一刻不停地数 630 年，才能数完这滴露水中的所有分子。

作业布置：练习一(1)~(3)。其中(3)只要求回答分子个数的数量级。

基础练习题

课内用题

(1) 下面一组数据表示某些物体的长度。试分别说出它们的数量级，并指出哪些长度的数量级是相同的。① 3.5×10^{-6} 米；② 3.5×10^{-5} 米；③ 3.5×10^{-6} 厘米；④ 3.5×10^6 米；⑤ 1.8×10^{-6} 米。 [①、⑤相同]

(2) 头发丝的直径约为 7×10^{-5} 米，如果将水分子一个

挨着一个排成一列，要多少个水分子才能排成 7×10^{-5} 米这个长度？
[18万个]

课末用题

(3) 自然界里一切物体都是由____分子组成的。分子有复杂的内部结构，在分子运动论中分子的简化模型是把分子看作____。一般分子直径的数量级都是____米。

[大量，小球， 10^{-10}]

3. 《物体是由分子组成的》(续)

本课时主要讲述阿伏伽德罗常数。

本课时教学建议：

(1) 对“摩尔”这个单位只要复习一下“它是物质的量的单位”就可以了。对“摩尔质量”和“摩尔体积”可利用学生已有的化学知识，结合讨论基础练习题(1)~(3)加以复习。

(2) 为了使学生对分子的“多”、“小”和“轻”理解得更具体实在，可举下面例子来帮助学生想象阿伏伽德罗常数是怎样大的一个数。

已知每斤稻谷约有 2×10^4 粒。那么 6.02×10^{23} 粒稻谷的重量就有 1.5×10^{16} 吨，将这些稻谷平分给十亿人口，那么，每人可得 1500 万吨。

头发直径约为 7×10^{-5} 米，如果有 6.02×10^{23} 根头发紧密地并排铺开，则可绕地球 1 万亿圈以上，或者可从地球到太阳之间铺设 1 亿 4 千万个来回。

(3) 在讲解分子质量的测定，可引导学生认识由于热学中研究的不是一个分子的运动状态，而是大量分子集体行为的宏观表现，因此只有用一种微粒集体作物质的量的单位，才具有实际的意义，这个量就是摩尔。正是阿伏伽德罗常数，把分子质量、分子大小和分子数这些无法直接测量的微观量

跟摩尔质量、摩尔体积和摩尔物质的粒子数这些易于测量的宏观量联系起来。这样就为用分子运动论定量地研究热现象提供了条件。

(4) 可引导学生对物理常数有一个正确的认识。回顾一下在第一册里学过万有引力恒量，现在又学了阿伏伽德罗常数，以后还将学习普适气体恒量、法拉第恒量、普朗克恒量等等。要使学生认识在自然界中物理常数的数值是客观存在的，但它不可能通过一次测定就完成，而要用各种方法经反复多次测定才能越来越接近它的真实数值。譬如阿伏伽德罗常数还有许多种不同途径的测定方法。今后随科学技术的发展，这些常数将会测得越来越精确。从而让学生懂得人类对自然的认识是没有穷尽的。

作业布置：练习一(4)~(7)。

基础练习题

课内用题

(1) 氢气的分子量是 2，那么 1 摩尔氢气质量就是____克，它含有____个氢分子，每个氢分子的质量是____克。

[2, 6.02×10^{23} , 3.32×10^{-24}]

(2) 0.5 摩尔氢气含有：①0.5 个氢分子；②1 个氢原子；③ 3.01×10^{23} 个氢分子；④ 3.01×10^{12} 个氢分子。[③]

(3) 标准状态下 1 摩尔任何气体的体积是____升，其中每 1 厘米³ 的气体含有____个气体分子。

[22.4, 2.7×10^{19}]

课末用题

(4) 阿伏伽德罗常数是联系微观世界和宏观世界的桥梁。它把摩尔质量或摩尔体积这种____观物理量跟分子质量或分子大小这种____观物理量联系起来了。 [宏,微]

课后用题

(5) 对于液体和固体来说,如果用 μ 表示摩尔质量, m 表示分子质量, ρ 表示物质密度, V 表示摩尔体积, v 表示分子体积, N 表示阿伏伽德罗常数,那么反映这些量之间关系的下列各式中,哪些是正确的?

- ① $N = v/V$; ② $N = V/v$; ③ $V = \mu/\rho$; ④ $V = \rho\mu$; ⑤ $m = \mu/N$;
⑥ $m = \rho V$ 。 [②、③、⑤]

4. 《布朗运动》

本节讲述布朗运动,这是分子运动论的第二个要点,是分子永不停息地做无规则运动理论的实验基础。教材在介绍了实验现象之后,阐述了布朗运动的产生原因。从而证实分子是永不停息地做无规则运动的,而且这种运动的激烈程度跟温度有关。

本课时教学建议:

(1) 做好布朗运动的演示实验是上好这节课的关键,这样才能使学生从布朗运动现象来认识分子热运动的特点,实验的具体方法见参考资料。

(2) 要使学生正确地理解布朗运动,要区分微粒的布朗运动和分子的运动。从观察到的微粒的无规则运动,引导学生由表及里地想象、推理,从而得出液体分子在永不停息地作无规则运动的结论,使学生认识到:微粒的运动状态完全是由液体分子的运动状况所决定的。液体分子的无规则运动就造成了它们与微粒的无规则撞击,从而迫使微粒做无规则运动。因此布朗运动间接地证实了液体分子热运动的特点。而液体分子本身的运动,显微镜下是观察不到的。为了加深对布朗运动的理解,还可组织学生讨论练习二(3)、(4)。

(3) 在讲解温度对布朗运动的影响时,要指出温度是宏

观量，它反映了物体内大量分子无规则运动(热运动)的激烈程度，为以后理解温度的微观含义作准备。

由于布朗运动随温度的升高而越加激烈的现象不易观察清楚，因此建议可用不同温度下扩散现象快慢程度的不同的演示实验来加以说明。演示方法见参考资料。

(4) 要提醒学生注意课本图 1-5 所画的“微粒的运动路线”并不是指微粒实际运动的轨迹，而是记录了一个微粒每隔 30 秒钟所在位置的变化，所谓运动路线是指这一系列位置变化的连接线。如果时间间隔取得更短，那么每一小段直线将被更复杂的折线所代替。

作业布置：练习二(1)、(3)、(4)。要求学生独立地用简明的文字将讨论结果整理在作业本上，以训练学生的书面表达能力。

基础练习题

课内用题

(1) 把一块铅和一块金表面磨光后紧压在一起，在常温下放置四、五年，结果铅和金就连接在一起了，它们互相渗入达 0.5~1 厘米深。我们知道，在室温下铅和金是不会溶解的，那么这个现象又是怎样产生的呢？ [扩散]

课末用题

(2) 分子的无规则运动可以通过微粒在液体中作布朗运动来间接地证实。只要微粒足够____，在任何液体中都可以观察到布朗运动，而且布朗运动决不会停止。从微粒的布朗运动永不停息反映了液体分子运动____；而从微粒布朗运动的无规则性反映了液体分子运动的____；微粒的布朗运动随温度升高而愈加激烈的现象反映了液体分子运动随温度升高而____。通常把分子的无规则运动叫做____运动。

[小,永不停息,无规则性,愈加激烈,热]

课后用题

(3) 在鱼池中撒下一些面包碎块,它就静止地浮在水面上。可是当一群小鱼游来争食的时候,却看见面包碎块都在水面做毫无规则的运动。解释一下面包碎块为什么会发生这种运动? [小鱼争食时撞击面包碎块的速度不规则,因此面包碎块受到的各个方向上的撞击作用不平衡,这就引起面包碎块的无规则移动]

5. 《分子间的相互作用力》

本节阐述分子运动论的第三个要点:分子间存在着相互作用的引力和斥力。教材首先通过实验说明分子间有空隙。接着根据分子间虽有空隙,大量分子却能聚集成固体,推断出分子间存在引力。进而再根据分子间既有引力又有空隙,推断出分子间还存在斥力。然后用图线阐明了引力和斥力随分子间距离变化的关系。最后,教材通过分子运动和分子间作用力这对矛盾的分析,解释了物态跟温度间的关系。

本课时教学建议:

(1) 本节是从实验事实出发,通过分析推理,得出分子间存在引力和斥力的结论,并用事实作证明的。教学中可组织学生讨论基础练习题(1),从而引导学生学习这种以实验事实为依据进行逻辑推理,得出合理结论的思想方法。

(2) 水和酒精混合后总体积减小的演示。说明了分子间有空隙,这是推出分子间存在相互作用的根据。这个实验是不难做成的,但应使学生对这个现象有一正确的认识。这是由于酒精(C_2H_5OH)和水(H_2O)混合时,酒精分子跟水分子之间形成了氢键,生成水合分子($C_2H_5OH \cdot H_2O$)。分子的重新分布,使得占据的空间变小,所以总体积减小。因此注意不要

把总体积减小的原因简单解释为水分子嵌在酒精分子之间。关于演示方法见参考资料。

(3) 课本图 1-7 甲的图线不易理解, 建议分以下三层次引导学生认识:

① r 轴以上和以下两条虚线分别表示两个分子间斥力和引力随距离变化的情形。可见斥力和引力都随距离增大而减小。

② 如果过 r 轴上任一点(r) 作一条跟 f 轴平行的直线与两虚线分别相交, 这两个交点的纵坐标分别代表当分子间距离为这一特定值 r 时的斥力和引力的大小, 它们的代数和即为平行线与实线交点的纵坐标的数值, 也就是代表两个分子间的距离为特定值 r 时它们间斥力和引力的合力大小。所以课本说: “实线表示引力和斥力的合力即实际表现出来的分子力随距离变化的情形。”

③ 通过组织讨论练习四(2)引导学生认识: 当分子间距离等于 r_0 时, 引力和斥力平衡, 所以合力为零。因此 r_0 就相当于正常情况下分子间的距离。当分子距离小于 r_0 时, 随距离减小斥力增加得比引力快, 所以合力表现为斥力, 并且随距离的减小斥力将越来越大; 当分子距离大于 r_0 时, 随距离增大斥力减小得比引力快, 所以合力表现为引力, 并且随距离的增大引力先是增大而后又是迅速减小; 当分子距离的数量级大于 $10r_0$ 时, 由于斥力和引力都已十分微弱, 所以可以忽略不计了。

在上述基础上可组织学生讨论基础练习题(2), 培养解决实际问题的能力。

作业布置: 练习三(3)、(4)。其中(4)可供课堂讨论。基础练习题(4)、(5)。

基础练习题

课内用题

(1) 仔细阅读本节课文,试列出一条线索,说明教材是怎样从分子的无规则运动出发,逐步推理得出分子间存在引力和斥力的结论的。

(2) 在演示分子间存在引力的铅棒实验中,如果铅棒的结合面不清洁或有凹凸不平,铅棒就不会粘合在一起,这是为什么?这个演示为什么选择较软的材料铅来做容易成功?

[不清洁,不平,两端面的分子间距离就太大。超出分子间引力作用范围。材料软,端面易压得吻合。]

课末用题

(3) 分子间同时存在着引力和斥力,它们的大小都随分子间距离的增大而____,它们的合力就是实际表现出来的分子力。当分子间距离等于____时,分子力为零。 r_0 的数量级约为____米。当分子间距离____时,分子力表现为斥力,当分子间距离____时,分子力表现为引力。当分子间距离的数量级____米时,分子力已微弱到可以忽略不计的程度了。

[减小, r_0 , 10^{-10} , 小于 r_0 , 大于 r_0 , 大于 10^{-9}]

课后用题

(4) 1厘米³的水中所含水分子个数的数量级是 10^{22} 个,在标准状态下1厘米³的氧气中所含氧分子个数的数量级是 10^{19} 个。那么1厘米³水中的分子数是标准状态下同体积氧气中分子数的几倍?并由此解释为什么气体分子间的作用力远小于液体分子间的作用力。

[10^3 倍,气体分子间的距离远大于液体分子间的距离]

(5) 液体和固体也能被压缩,但十分困难。例如每增加

1 标准大气压，水的体积只减小约二万分之一。而压缩气体就比压缩液体和固体容易得多。试分析这是什么原因？[气体分子间的距离远大于液体和固体分子间的距离。]

三、参 考 资 料

1. 摩尔(单位符号 mol)

摩尔是国际单位制(SI 制) 中的基本单位之一。1971 年第十四届国际计量大会决议中关于摩尔的定义是：

“摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的结构粒子数与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等。在使用摩尔时，结构粒子应予指明，可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子，或是这些粒子的特定组合。”

0.012 千克碳-12 中所含的原子数目是一定的，这个数叫做阿伏伽德罗常数 N ，现在测得的阿伏伽德罗常数的精确值是 $N = 6.022045 \times 10^{23} \text{ 摩}^{-1}$ ，通常取 $N = 6.02 \times 10^{23} \text{ 摩}^{-1}$ 。所以摩尔具有双重涵义；它既能表示一种物质的量，又能表示该物质所包含的结构粒子数。1 摩尔代表 6.02×10^{23} 个粒子。例如

1 摩尔碳原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子；

1 摩尔氧分子含有 6.02×10^{23} 个氧分子；

1 摩尔氯离子含有 6.02×10^{23} 个氯离子；

1 摩尔电子含有 6.02×10^{23} 个电子。

1 摩尔物质的质量叫做该物质的摩尔质量，单位是千克/摩尔。如果以克/摩尔为单位时，那么，任何原子的摩尔质量数值上等于该种原子的原子量；任何分子的摩尔质量数值上等于该种分子的分子量。例如

铁的原子量是 55.85，铁的摩尔质量就是 55.85 克/摩尔；