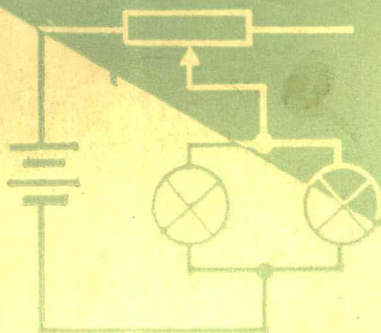


第二册

高中物理辅导员

陈培林 主编



科学普及出版社

高中物理辅导员 第二册

陈 培 林 主 编

科学普及出版社

内 容 提 要

高中物理辅导员共分三册，其顺序与现行高中物理课本（甲种本）相对应。本书对应高中物理课本第二册。内容包括热学、静电和稳恒电流等。为了帮助读者学习，每章都设置了目的要求、疑难解析、课外实验、阅读材料、知识运用和补充练习等栏目。

本书是学习高中物理过程中的自学解难性读物。其目的是促进读者的智力发展，提高智力水平，培养学习能力。可供广大高中学生、中学物理教师和自学考试青年阅读。

高中物理辅导员 第二册

陈 培 林 主 编
责任编辑 朱桂兰
封面设计 周秀璋

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
燕山印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：5 字数：110千字
1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷
印数：1—2410册 定价：2.00元
ISBN 7-110-01007-4/O·41

前 言

高中物理辅导员共分三册，它的顺序与高中物理课本（甲种本）相对应；但内容的深度和广度以新颁布的《大纲》为准。《大纲》中将甲种本第八章，《物质的导电性》因其内容的绝大部分均已删去，故本书也就从简了。

这套书不是复习资料，更不是习题集，而是为读者提供的在日常学习中需要的“辅助性”材料，“指导性”的读物。我们的编写目的是：促进读者的智力发展，提高读者的智力水平，从而培养读者的学习能力。因此，不仅使读者掌握所学知识，而且要使读者掌握怎样去学。

当你看过下列的栏目及其各自的作用之后，对我们的设想也就不难理解了。

目的要求 每章开始，先介绍本章教材的主要内容及其在知识系统中的地位、学习的目的以及应该达到的要求^①。这样，在学习之前有目标可寻，学习之后则检查有据。

疑难解析 主要是对课文中不易理解或容易产生误解之处，作较详尽的解释，对学习中可能发生的疑问进行讲解，以便使读者更好地掌握课本中的知识和介绍获取这些知识的方法。

课外实验 物理学是一门实验科学。从总体上看，物理学的知识无不是建筑在实验之上的。在日常学习中，尽量增加一些使学生动手又动脑的机会，这不仅是学习物理知识、

① 其中带*号的属较高要求。

加深理解、增强记忆之必需，同时也是对学习兴趣和能力的培养大有裨益的。

阅读材料 这一栏内包括有某些课内知识的加深或扩展、有关新知识和学习方法的介绍、科学家简介以及物理学史的介绍等。目的是使读者更好地理解课内知识，开拓读者的知识视野，了解物理学的辩证发展，从中受到辩证唯物主义的教育和历史唯物主义的教育；学习科学家们的科学态度、研究方法以及艰苦奋斗的精神，从而激发学习兴趣，培养学习能力。这些内容虽不作为课内考查内容，但它无疑会对学习课内知识起着有益的作用。

知识运用 通过对一些问题和习题的示范性解答，不仅能使读者了解运用所学知识解决实际问题的思路和方法，同时还会通过解题对所学知识加深理解。所选例题不可能很多，但考虑到它应具有典型性，特别是解后的“说明”是颇具指导意义的，如读者能认真研究、思索，会收到举一反三之效。

补充练习 我们考虑到这套书的特点应该是重在“辅导”，借以理解知识、掌握方法、增长能力，而不应把读者引向“题海”中去，何况课本内习题数量已不算少，所以仅仅选编了有限的、富有启发性的练习题，以作为课内练习的补充，故称为：补充练习。为此，各章题目类型和数量并不强求统一。

这套书也可供青年物理教师、自学青年参考。

参加编写本书的有：陈培林、国运之、孙宏业、陈春雷、荣瑛、高志祥同志。

目 录

第一章 分子运动论基础.....	1
目的要求.....	1
疑难解析.....	2
阅读材料.....	3
课外实验.....	7
知识运用.....	9
补充练习.....	10
第二章 内能 能的转化和守恒定律.....	12
目的要求.....	12
疑难解析.....	12
阅读材料.....	15
课外实验.....	16
知识运用.....	16
补充练习.....	19
第三章 气体的性质.....	21
目的要求.....	21
疑难解析.....	22
阅读材料.....	27
课外实验.....	34
阅读材料.....	35
知识运用.....	36
补充练习.....	47
第四章 固体和液体的性质.....	56
目的要求.....	56

疑难解析	56
课外实验	61
知识运用	62
补充练习	62
第五章 物态变化	64
目的要求	64
阅读材料	64
课外实验	67
知识运用	68
补充练习	70
第六章 电场	72
目的要求	72
疑难解析	73
阅读材料	87
知识运用	92
补充练习	103
第七章 稳恒电流	108
目的要求	108
疑难解析	108
阅读材料	118
课外实验	127
知识运用	131
补充练习	136
第八章 物质的导电性	143
目的要求	143
疑难解析	143
补充练习答案	150

第一章 分子运动论基础

物质的性质随温度而变化的现象，叫做热现象。热现象在生活中到处可见：把一壶水放在火上加热可以烧开；夏天我们用棉絮把冰棍盖起来反而不容易熔化；电熨斗切断电源后仍然比较热，但在空气中会逐渐冷却；电冰箱内的空气比箱外的冷……，这些司空见惯的热现象你是否考虑过其中的道理？一个物体由冷变热，到底有没有东西钻进去了？如果你有兴趣的话，这一章可以告诉你热现象的微观本质以及探索微观世界的科学方法。

正确的、科学的思维方法往往比某些科学成果更重要。

目的要求

1. 掌握分子运动论的基本内容，明确它的实验基础，并了解人类的认识进入分子世界的线索。
2. 了解测定分子的大小和阿伏伽德罗常数的方法，认识阿伏伽德罗常数是联系宏观世界和微观世界的桥梁。
3. 认识布朗运动并了解其产生原因。充分认识布朗运动是分子运动论的实验基础。
4. 初步掌握通过测量宏观量进而确定微观量的大小这一探索微观世界的科学方法。

疑 难 解 析

1. 怎样用油膜法测定分子的大小

分子是非常小的粒子，直接测量它的大小很困难。利用油膜法可以估测分子的大小。

使一滴油在水面上扩展成一层单分子油膜，油膜厚度 = 油膜体积 ÷ 油膜面积。实验的成败关键在于选什么液体，如何测量油膜的体积和面积。

(1) 选用油酸。油酸的密度小于水且不溶于水，它的粘滞系数小，和水的摩擦小，容易在水面散开。

(2) 油滴的体积要小，使其在水面散成单分子油膜后面积不致过大，便于测量。可用金属丝沾上一小滴油，利用钢尺测其直径，通过放大镜读数。

(3) 在一个非常浅的水槽（50厘米×40厘米）中放入蒸馏水。待水面平静后，均匀地撒上一层滑石粉。在水面中央轻轻滴上油滴。油滴在水面上迅速散开，把粉末推向四周，形成一个单分子油膜。在槽上放一块玻璃，用笔在玻璃上描绘出油膜形状，测量这个图形的面积即可。

2. 阿伏伽德罗常数的重要意义

很久以来，物质的微观结构对人们来说一直是一个神秘的世界，原因在于组成物质的分子小得看不见、摸不着。但是越是神秘的东西越是有着迷人的魅力。那么如何去探索分子这个微观世界的成员？阿伏伽德罗常数为人们架起了一座桥梁，我们通过它可以从宏观世界进入微观世界这个神秘的殿堂。

1. 摩尔的任何物质所含有的微粒数都是 6.02×10^{23} 个，

这个数就是阿伏伽德罗常数。通过这个常数可以利用物体的宏观质量求得分子的质量；可以利用物体的体积求得某种物质分子的体积和分子的排列情况。今后还会学到可以利用气体的温度求得气体分子的平均平动动能等等。总之，有了阿伏伽德罗常数，我们可以运用宏观量的测量探知微观量的大小。

借助于直接观察去探索新的知识领域是个重要的方法；但是在已有知识的基础上，通过人的科学的思维和推理去开辟新的知识领域同样是重要甚至是更重要、更有效、更简捷的方法。通过阿伏伽德罗常数去认识微观世界就是采用的这种方法。

阅 读 材 料

1. 关于统计规律

研究物质必须深入到物质内部去研究分子的状态；但是组成物质的分子数目之大、分子运动之剧烈，使我们逐个研究所有分子是无法想象的。如果一个科学家每分钟可研究一个分子的运动状态（位置和速度），那么他研究1摩尔物质需要 10^{18} 年！这就提出一个严肃的问题：研究由分子这类非常大量的事件所组成的整体应该采用什么方法？

让我们先观察伽耳顿板实验：

在一块竖直放置的木板上部有规则地钉许多钉子，下半部用竖直的隔板隔成许多等宽的狭槽。从板顶的漏斗形入口处可以投入小球，板前用玻璃覆盖使小球留在狭槽内（如图1-1）。

将小球从入口处投入，小球在下落过程中先后与铁钉碰

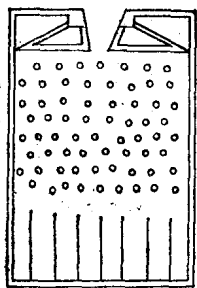


图 1-1

撞，最后落入某一个狭槽内。用一个小球重复投入几次，可以发现小球最终落入哪一个狭槽内完全是偶然的。

投入的小球如果是大量的，那么落入各狭槽内小球数目不等，中央槽内小球多，越远离中央的槽内小球数目越少。多次重复实验，只要满足小球的数目足够多这一条件，小球的分布情况大致是相同的。这个实验就是伽耳顿板实验。

实验结果表明，尽管单个小球落在何处是偶然的，但是大量的小球在狭槽内的分布情况是确定的。

这种大量的偶然事件的整体遵从一定的规律，这就是统计规律。统计规律是对大量的偶然事件的整体起作用的规律，它表现了这些事物整体的本质和必然的联系。统计规律在生活中也随时可见。6个人玩扑克，某一张牌（例如红桃A）被谁拿去完全是偶然的，但是玩的次数如果足够多，那么这张牌到每个人手里的次数大约是全部次数的 $1/6$ 。

大数量的偶然事件的整体具有一定的稳定性。这个整体的特性与个别事件的特性不同，这个整体是一个在本质上与个别事件不同的体系。对于这个体系，统计规律所决定

的稳定性是它的本质。正如恩格斯指出的：“被断定为必然的东西，是由纯粹的偶然性构成的，所谓偶然的東西，是一种有必然性隐藏在里面的形式”。

由于组成物体的分子是大量的，而每个分子的运动状态都是偶然的事件，因此大量分子组成的整体必遵循一定的统计规律。这是整体的特性和本质，不同于个别分子的特性。所以，我们学习和研究分子运动论，不是着眼于个别的分子的运动状态的考察，而是研究大量分子所遵从的统计规律。例如，温度、压强、分子数密度等这些宏观量就是统计平均值。这是我们探索微观世界的重要方法，即统计的方法。

采用统计的方法，找出大量分子的统计规律，是研究微观世界的正确途径，也是研究大量的偶然事件的常用方法。

2. 布朗运动和涨落现象

统计规律的一个重要特点是在一定的宏观条件下，大量量的现象具有稳定性；另一个特点是永远伴随着涨落现象。

从分子运动论的观点看来，一切与热现象有关的宏观量的数值都是统计平均值。但是在任一给定的瞬间或在宏观系统内任一给定的局部范围内，我们所观测的宏观量的实际数值一般说来与统计平均值有偏差，这个偏差可大可小、有正有负。我们称这种现象为围绕统计平均值的涨落（起伏）。

例如，某中学学生食堂包了大量的饺子，饺子馅中肉与菜的质量比为1:1。这个比值是大量饺子馅中肉菜比的统计平均值。每个饺子中的该项比值大小完全是偶然的，但是可以充分相信大部分饺子的这项比值在1:1左右，极大或极小的只占极少数，这就是统计规律。如果取出有限的几个饺子，这项比值可能比统计平均值大或小，这就是涨落。

统计规律与涨落现象是不可分割的。涨落现象正是事件的偶然性的反映，统计规律是大量偶然事件的集体的特性和规律，是必然性的表现。统计规律和涨落现象正反映了必然性和偶然性之间相互依存的辩证关系。

应用统计规律的涨落理论可以对布朗运动进行中肯的、令人信服的分析。

从统计规律的角度来分析液体中的分子，分子朝各个不同方向运动的机会是均等的。但是由于涨落现象，在某一时刻的某一个极小的局部，分子的运动又是有涨落的；即在某一瞬间的某一个极小的局部区域，分子向不同方向运动的机会是不均等的。那么布朗微粒在液体内受到的碰撞作用有涨落；在任一瞬间，微粒可能受到的来自某一个方向的碰撞机会较多而被推动，另一瞬间又可能被推向另一方向，在显微镜下观察，可以看到微粒的布朗运动。如前所述，涨落现象只有在很小的局部才较为明显。当微粒较大时，在较大的局部内涨落现象不明显，微粒受到的来自各个方向的碰撞机会是均等的，所以就看不到布朗运动。

布朗运动是分子运动论的实验基础，它充分说明了物质的分子是在不停地无规则运动之中。

3. 布朗运动和爱因斯坦

罗伯特·布朗(1773—1858)是英国的植物学家。他在物理学上的贡献是发现了悬浮在液体中的微小粒子所作的无规则运动——布朗运动。

布朗最初是观察了花粉粒子在水中作无规则运动，进而又观察了玻璃、花岗石等粉末在液体中的无规则的运动。他的细心观察是认识世界、探索新的科学领域的第一步，离开了观察很难在科学上前进。但是只有观察还是不够的。布朗

最初误认为花粉粒子的运动是植物的分子保留生命力的缘故。无机物的粒子的运动又找不出真正的原因。尽管如此，布朗发现的布朗运动在分子运动论的发展中仍然是个重要的成果。

德国物理学家艾伯特·爱因斯坦(1879—1955)在布朗观察的基础上，经过科学的思维，对布朗运动的真正原因给予了科学的解释，并推导出布朗微粒作无规则运动中两个时刻间位移的平方的平均值与液体的温度、微粒的直径和液体的粘滞系数的关系，从而有力地证明了布朗所观察的微粒虽然不是分子，但是说明了分子的无规则运动，为分子运动论奠定了实验基础。

课 外 实 验

1. 关于统计规律实验

目的：初步了解统计规律。

器材：正六面体的骰子一个，各面分别标上1、2、3、4、5和6。一张白纸上画有A和B两个正方形。六张小纸片，每个小纸片上标有1至6的编号。

步骤：

(1) 将1至6六张小纸片都放在正方形A内。

(2) 投掷一次骰子，骰子的上面的标号是几就把标有同样号码的小纸片从一个正方形移到另一个正方形内（从A移至B或从B移至A）。

(3) 重复步骤(2)，大约投掷60—70次将纸片在A和B内的各种分布情况出现的次数记录在表内。

(4) 设投掷的总次数为 N ，每种分布情况出现的次数为

ΔN ，计算 ΔN 和 N 的比值。以某一个正方形(例如 A)内的纸片数为横坐标，以 $\Delta N/N$ 为纵坐标，画出纸片分布的曲线。

(5) 将实验重复一至二次，观察纸片的分布曲线。

记录：

纸片分布情况	A_0B_0	A_1B_1	A_2B_2	A_3B_3	A_4B_4	A_5B_5	A_6B_6
ΔN							

思考题：

(1) 每投掷一次骰子，那个纸片移动是必然的还是偶然的？

(2) 多次投掷骰子，多次移动纸片，纸片的分布情况有什么规律？

(3) 在什么条件下可使几次实验结果即纸片的分布曲线大致相同？

(4) 通过这个实验，你能初步了解什么是统计规律吗？

2. 分子间存在着空隙的实验

目的：物质的分子之间存在着空隙。

器材：一根一端封闭的细长玻璃管，水和酒精。

步骤：先将水注入玻璃管，大约占玻璃管容积的一半。再注入酒精直至装满。用手堵住开口，将管倒置使水和酒精混合后再把管倒回来。

观察：水和酒精混合后管内出现了空隙。

结论：水和酒精混合后的总体积小于原有的体积之和，说明一种物质的分子进入了另一种物质内部，可见物质的分子之间一定存在着空隙。

思考题：在口袋里装入部分大米，在大米上再装入小

米，总体积为 V_1 。用手在口袋内搅拌后，口袋内大米和小米的总体积是 V_2 ， V_1 ， V_2 的大小如何？为什么？

知 识 运 用

〔例题1〕 设气体的温度为 0°C ，压强为 101325Pa 。若每个分子都处在相同的一个小立方体的中心，求这些小立方体的边长。取分子的直径为 3.0×10^{-10} 米，试将小立方体的边长与分子的直径相比较。

分析 在标准状况下，1摩尔的气体的体积是 22.4×10^{-3} 米³，这是个宏观量。题目所求的是有关分子大小的微观量，联系宏观量和微观量的桥梁是阿伏伽德罗常数。

〔解〕 设气体的量是1摩尔，根据阿伏伽德罗常数可知其分子数为

$$N = 6.02 \times 10^{23}$$

在标准状况下，其体积

$$V = 22.4 \times 10^{-3} \text{米}^3$$

平均每个分子占有体积

$$V' = \frac{V}{N} = \frac{22.4 \times 10^{-3} \text{米}^3}{6.02 \times 10^{23}} = 3.72 \times 10^{-26} \text{米}^3$$

小立方体的边长

$$l = \sqrt[3]{V'} = \sqrt[3]{3.72 \times 10^{-26}} = 3.34 \times 10^{-9} (\text{米})$$

分子直径 $d = 3.0 \times 10^{-10}$ 米， l 与 d 比较，气体分子间的平均距离大约是分子直径的10倍。

注意： $l = 3.34 \times 10^{-9}$ 米是个统计平均值。具体到每两个分子间的实际距离不一定就是这个数值，或大些或小些，这就是围绕统计平均值的涨落现象。

〔例题2〕 设水的分子是紧密排列的，试估算1厘米长度上排列有多少个水分子，并估算两个相邻水分子间的距离。

分析：因为水分子是紧密排列的，所以相邻的两个水分子间的距离即为水分子的直径。

〔解〕 研究1摩尔的水，其质量 $m = 18$ 克，

$$\text{体积 } V = \frac{m}{\rho} = \frac{18 \times 10^{-3} \text{ 千克}}{1.0 \times 10^3 \text{ 千克/米}^3} = 18 \text{ 厘米}^3$$

1厘米³内的水分子数

$$n = \frac{N}{V} = \frac{6.02 \times 10^{23}}{18 \text{ 厘米}^3} = 3.34 \times 10^{22} / \text{厘米}^3$$

1厘米长度上的分子数为

$$\sqrt[3]{n} = \sqrt[3]{3.34 \times 10^{22}} = 3.2 \times 10^7 / \text{厘米}$$

$$\text{水分子的直径 } d = \frac{1}{3.2 \times 10^7 / \text{厘米}} = 3.1 \times 10^{-10} \text{ 米}$$

由于水分子紧密排列，所以相邻两个分子间的距离为 3.1×10^{-10} 米。

补充练习

1. 假如把1克水的分子均匀地分布在地球表面，问地球表面上每平方厘米有多少个水分子？（取地球半径为 $R = 6370$ 千米）

2. 1摩尔的水的体积是18厘米³，设水分子处在相同的小立方体的中心，求出每个小立方体的边长并和分子的直径（ 3.0×10^{-10} 米）相比较。

3. 取几百个壹分硬币，将它们放在盒内摇均匀，撒在