

中学物理 一题多解

校运丰等

Zhongxuewuliyi ti
duojie

● XIAOYUNFENG DENG
● HEBEIJIAOYUCHUBANSHE

河北教育出版社

中学物理一题多解

校运丰等

河北教育出版社

前 言

长期以来，中学物理教学中存在着难教难学的问题，新编《高中物理课本（乙种本）》（以下简称《乙种本》）虽然为解决这个问题提供了有利条件，但是要使这一条件真正起作用，必须透彻理解教材实质，正确剖析教材的知识结构、逻辑体系和内涵的培养因素，使读者通过对基本知识、基本理论的学习，有效地提高分析问题和解决问题的能力。如何达到这个要求，是当前高中广大师生所关心的问题。我们试图在这个问题上做些工作，撰写了这套《高中物理教材讲析》，希望这套书能成为中学物理教师的有力助手，高中各年级学生和广大自学青年有益的指导书。

全书按《乙种本》的章节体系进行编写，正文的讲析完全以《乙种本》的深度广度为准，文中提到的“课本”、“课文”，或“教材”，都是指《乙种本》；同时考虑到承认差别，因材施教，在内容上分了层次，有些课题在《乙种本》基本要求的基础上引申到《甲种本》的较高要求。还有一些在基础物理的理论和应用上都具有重要意义的课题，如“力的正交分解”、“隔离体法”（讨论联结体运动问题）等，虽然现行教材《乙种本》和《甲种本》均未编入，我们从适应部分读者对提高学习程度的要求着想，在与正文相衔接的前提下，对这些课题也作了介绍和讲析。所有上述超出《乙种本》的内容，都穿插在正文中间用小字体印出，供读

者选学。

这套书按高中三个年级的物理教学进度，分成三本编写。全书共二十章。每一章包含四方面内容：

〔I〕**重点和难点**：概括地指出了该章教材包含的基本概念和基本理论，并简要地分析了前后知识的逻辑联系，在此基础上明确指出全章教材的重点和难点。

〔II〕**内容讲析**：这是本书内容的主体。根据教学大纲的要求，从中学教学实际出发，紧扣教材内容，分单元逐节、逐段对每个基本概念、定律、法则或物理公式作较深入的分析讨论，引导读者剖析概念、抓住要害、掌握实质、攻克难点，力求做到既明确每个概念、每条定律的特殊本质，又弄清知识之间的内在联系；并结合讨论过程，阐明分析问题和研究问题的科学方法和逻辑规律，启示读者逐步培养起研究物理问题的正确观点和方法。

〔III〕**习题分析和例解**：根据每一章习题的命题特点作分类分析，帮助读者弄清每类习题的基本特征，掌握解题依据、线索、要点和关键步骤等一般解算规律，力求达到举一反三、触类旁通的效果。

〔IV〕**参考题**：每一章最后选编了一定数量的参考题。内容也分层次，而且台阶较大，其中既有基本概念题，也有难度较大的综合练习题，读者可根据自己的实际，适当选做。所有参考题在书末附有答案和提示。

本书由陕西教育学院黄迪兴副教授统稿。限于水平，不妥和错误之处在所难免，敬请读者批评指教。

编 者

目 录

第八章 分子运动论 热和功	(1)
〔重点和难点〕	(1)
〔内容讲析〕	(1)
一、分子运动论的基本内容	(2)
1.怎样从物理学的角度建立分子的概念?	(2)
2.怎样正确理解分子的热运动?	(6)
3.怎样正确理解分子之间相互作用的规律?	(9)
二、热现象的本质 热和功	(12)
(一) 内能和热量	(12)
1.内能和热量的联系和区别	(14)
2.内能和温度的联系和区别	(15)
3.热量和温度的联系和区别	(17)
(二) 热和功	(18)
(三) 能的转化和守恒定律	(21)
〔习题分析和例解〕	(22)
〔参考题〕	(32)
第九章 固体和液体的性质	(35)
〔重点和难点〕	(35)
〔内容讲析〕	(35)
一、晶体的宏观特征和微观结构	(36)
(一) 晶体区别于非晶体的宏观特征	(36)
(二) 对晶体特性的微观解释	(37)

二、液体的表面现象、浸润与不浸润现象、毛细现象·····	(41)
(一) 什么是表面张力? 液体表面为什么具有收缩趋势? ·····	(41)
(二) 什么是浸润和不浸润? 浸润和不浸润的原因是什么? ·····	(45)
(三) 什么是毛细现象? 为什么会发生毛细现象? ·····	(47)
三、熔解和凝固·····	(49)
1. 熔解热·····	(49)
2. 影响熔点高低的因素·····	(50)
【参考题】·····	(52)
第十章 气体的性质 ·····	(55)
〔重点和难点〕·····	(55)
〔内容讲析〕·····	(55)
一、理想气体的状态方程·····	(56)
(一) 描述气体状态的物理量·····	(56)
(二) 气体实验定律·····	(62)
1. 气体实验定律的内容及应注意的要点·····	(62)
2. 气体实验定律的微观解释·····	(65)
3. 理想气体等温、等容和等压过程的图象·····	(67)
4. 理想气体在等温、等容和等压过程中的内能变化·····	(73)
(三) 理想气体状态方程·····	(77)
1. 推导理想气体状态方程的思想方法·····	(78)
2. 克拉珀龙方程·····	(80)
二、气体性质的习题分析和例解·····	(84)
(一) 应用气体定律和理想气体状态方程时应注意的要点·····	(84)
(二) 常见习题类型的举例分析·····	(87)
三、汽化和液化·····	(101)

(一) 饱和汽和未饱和汽	(101)
1. 饱和汽与未饱和汽的区别	(101)
2. 饱和汽与未饱和汽的转化	(104)
(二) 气体的液化	(105)
(三) 液体的汽化	(106)
1. 蒸发和沸腾在宏观现象上的区别	(106)
2. 用分子运动论的观点对蒸发现象和沸腾现象的解 释	(106)
3. 蒸发致冷和汽化热的微观实质	(108)
(四) 空气的湿度	(110)
〔参考题〕	(112)
第十一章 电场	(116)
〔重点和难点〕	(116)
〔内容讲析〕	(117)
一、电荷之间的相互作用 电场和电场强度	(117)
(一) 库仑定律	(117)
1. 电荷和带电体, 电荷守恒定律	(117)
2. 库仑定律的表达式及其物理意义	(118)
3. 电介质中的库仑定律	(124)
(二) 电场, 电场强度	(124)
1. 电场的物质性	(124)
2. 电场强度的定义和物理实质	(126)
3. 电场的迭加原理	(131)
4. 电力线的物理意义和特征	(133)
二、电场中的导体	(134)
1. 怎样正确理解静电感应现象?	(134)
2. 导体处于静电平衡时有哪些特性?	(135)
3. 怎样正确理解静电屏蔽?	(136)

三、电势 电势差	(137)
(一) 静电力的功, 电势能	(137)
(二) 电势差, 电势	(140)
1. 电势差和电功公式的意义	(140)
2. 电势的定义和物理意义	(142)
3. 关于电势的正负和高低的分析	(143)
4. 电势与电势能的区别与联系	(145)
5. 等势面的意义和特点	(145)
6. 电势差跟电场强度的关系	(146)
(三) 带电粒子在匀强电场中的运动	(150)
1. 带电粒子在电场中的变速直线运动	(150)
2. 带电粒子在匀强电场中的类抛体运动	(152)
3. 示波管	(154)
四、电容器 电容	(156)
1. 正确理解电容的概念	(157)
2. 平行板电容器中的变量和不变量	(159)
3. 电容器的连接	(162)
〔习题分析和例解〕	(166)
〔参考题〕	(176)
第十二章 稳恒电流	(182)
〔重点和难点〕	(182)
〔内容讲析〕	(182)
一、部分电路的基础知识	(183)
(一) 电流、电流强度	(183)
(二) 部分电路欧姆定律	(186)
(三) 电阻定律	(188)
(四) 电功、电功率和焦耳定律	(192)
1. 电功、电功率、焦耳定律的表达式和物理意义	(192)

2.应用电功、电功率和焦耳定律解算问题时应注意的事项.....	(195)
二、电路的分析和计算.....	(201)
(一) 电路的连接.....	(201)
1.串联电路的特点和性质.....	(201)
2.并联电路的特点和性质.....	(202)
(二) 混联电路的分析.....	(203)
(三) 分压电路和分流电路、电流表的改装.....	(212)
三、闭合电路欧姆定律.....	(216)
(一) 电源的电动势.....	(217)
(二) 闭合电路欧姆定律.....	(221)
1.内电压的物理实质.....	(221)
2.从能量转化的观点看闭合电路欧姆定律的意义.....	(224)
3.路端电压随外电阻变化的规律.....	(225)
4.电源的输出功率随负载变化的规律.....	(226)
5.电源的电动势和内电阻的测定.....	(229)
(三) 电池组.....	(231)
(四) 电阻的测量.....	(236)
〔习题分析和例解〕.....	(243)
〔参考题〕.....	(256)
参考题答案和提示.....	(264)

第八章 分子运动论 热和功

【重点和难点】

本章是热学部分的第一章，首先介绍了分子运动论的基本观点。在此基础上研究了热现象的本质、热和功的关系，最后阐明了包括热现象在内的普遍的能量转化和守恒定律。分子运动论和有关热现象本质的知识是热学的基础；能的转化和守恒定律是支配整个自然界运动、发展、变化的基本规律。所以本章教材在中学物理课中占有重要的地位。

就本章自身体系而言，重点是掌握分子运动论的基本观点；了解热现象的本质，正确建立热量的概念；确切理解能的转化和守恒定律。初学者由于受到知识基础和抽象思维能力发展水平的限制，往往对分子运动论的知识感到抽象难懂，特别是关于分子力的本质和分子间相互作用的规律，以及分子势能的概念，学习起来困难较大，是本章的难点。为此，教学过程中应采用演示实验、形象化说明和比喻等方式，帮助读者想象和理解，尽可能地使抽象概念形象化；同时，读者应注意锻炼自己的抽象思维，通过现象抓本质，逐步培养起正确的思想方法和物理观点。

【内容讲析】

本章教材共分七节。前三节介绍了分子运动论的基本内容；第四、五节讨论了热现象的本质，建立了内能、热量等

概念，研究了热传递和做功过程中内能的变化跟热量和功的关系，最后两节阐明了能的转化和守恒定律的普遍意义，以及能量的利用和能源的开发等问题。下面我们就按上述组成部分，分两个单元进行讨论。

一、分子运动论的基本内容

概括地说，分子运动论包含关于物质微观结构的三个基本观点，即认为：〔Ⅰ〕宏观物体是由大量微观粒子——分子（或原子）组成的；〔Ⅱ〕物体内部的分子都在永远不停地作无规则的运动；〔Ⅲ〕分子之间存在着相互作用力——引力和斥力。下面我们根据教材的论述，针对这三个基本观点的有关实质性问题进行一些分析。

1. 怎样从物理学的角度建立分子的概念？

分子运动论认为一切物体都是由大量分子组成的。那么什么是分子呢？这在化学课中已学过，所谓某种物质的分子就是能保持这种物质化学性质的最小微粒。它可以是单原子分子（即原子），也可以是双原子分子或若干个不同原子组成的多原子分子（如有机物）。总之，分子是构成具有一定化学性质的每种物质的最小粒子的统称。

从物理的角度说，要使分子的概念具体化，除了掌握分子的一般定义外，还需要弄清分子区别于宏观物体的微观特征，树立起关于分子线度的“小”和数量的“多”的具体观念。

（1）描述分子的“小”，可用分子直径的数量级来表

示。课文指出了分子直径的数量级是 10^{-10} 米。对此，应明确以下两点：

第一、什么是数量级？反映分子的大小为什么是用直径的数量级，而不是强调直径的具体数值？数量级是科学上用来反映某个数字大小程度的一种习惯记数法。即把一个很大或很小的数字用带一位整数的小数与10的乘方之积来表示，并把这个10的乘方叫做该数字的数量级。譬如，氧分子的直径约为 3.6×10^{-10} 米，它的数量级就是 10^{-10} 米。显然，知道了某个数字的数量级，就对这个数字的大或小的程度有了一个明确的观念。在物理学中，测定某些极大或极小的物理量时，由于测量方法的不同，所测得的具体数值往往是在同一数量级上相近而并不相同；再说，对于不同物质的某些相同的物理量也往往是在同一数量级上取不同的值，如氧分子的直径约为 3.6×10^{-10} 米，氮分子的直径是 2.2×10^{-10} 米。因此，要反映某个物理量的大小程度，重要的是了解它的数量级。我们说分子直径的数量级是 10^{-10} 米，这就在总体上对分子的大小给定了一个明确的观念，进一步的问题才是具体测定各种分子直径的量值，而这种测量永远只有近似的意义，因为我们把分子看作是一个弹性球，本身就是一种近似的理想模型，分子的实际结构是相当复杂的。所以说，我们描绘分子大小的程度时，首先在于掌握它的直径的数量级。

第二、已知分子直径的数量级是 10^{-10} 米，即一百亿分之一米，那么这个“一百亿分之一米”究竟小到了什么程度呢？为了对此能形成一个形象化的概念，我们不妨用比喻来说明，如果把一个微小的雾滴看作是一个“微观王国”，假定这个王国的人口（分子数）超过地球上全世界人口的二

倍，譬如是一百亿个。那么根据水分子的直径进行计算，这个雾滴的体积约为 3×10^{-18} 米³，其直径只不过十分之一微米，小得肉眼根本看不到，只有把它放在光学显微镜下才能观察到。由此可以想见，分子的直径和体积小到了何种程度，它与任何一个实际被观测的宏观物体的尺寸是不能比较的。物理学中区别“微观”粒子与“宏观”物体的界限之一就是看它们的线度大小能不能与分子、原子相比较（被考察对象的长度、宽度、直径等尺寸，统称为线度）。凡是线度的大小能与分子、原子的直径相比较的物质微粒都叫做微观粒子，而其线度比起分子、原子的直径来大得不能比较的物质实体，都是宏观物体，即使是一个在光学显微镜下才能观察到的微粒，由于它仍然含有亿万个分子，因此还是一个宏观粒子。

（2）物质分子的另一个微观特征恰恰体现在“多”字上。这个“多”可用一摩尔物质的分子数来反映，这个分子数叫做阿伏伽德罗常数。课文给出了它的数值：

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ 摩}^{-1}$$

这表明一摩尔物质的分子数的数量级达到 10^{23} 之多。这个数字之大已无法用千、万、亿等数目字把它读出来，为了形象地反映物体中分子数之多，课文已讲了一些生动的比喻。为了同时反映分子或原子的“小”和“多”相结合的微观特征，我们不妨再举一个例子：一立方厘米的铜约含有铜原子 8.4×10^{22} 个，假定这些铜原子是一个紧挨一个排列成正立方体的，那么可以估算出铜原子的线度约为 2.3×10^{-10} 米。若把这些铜原子一个接一个联成一条铜原子长链，则其长度将达190亿公里，可环绕地球赤道47万转。由此可见，物体

内部的分子、原子是何其小，而又何其多。

从物理的角度建立分子的概念，必须对分子线度的“小”和数量的“多”有个明确的观念，借以确切地分清“微观世界”与“宏观世界”的界限。

课文粗略地介绍了用油膜法测定分子直径的数量级，再估算出阿伏伽德罗常数。其实现代科技有好多精确的实验方法去测定分子的直径和阿伏伽德罗常数。因超出了高中教材的范围，这里不介绍了。但要指出一点，各种测量方法是相辅相成的，互相印证的。通过某种方法测出了某一个量，就可以根据联系这个量与其它有关物理量的公式，计算出另外一个量。例如：测得了阿伏伽德罗常数 N_A ，且已知某种物质的摩尔质量，就可以计算出这种物质分子的直径。譬如，水的摩尔质量是 $M=18\times 10^{-3}$ 千克/摩尔，密度是 $\rho=1.0\times 10^3$ 千克/米³，则1摩尔水的体积是

$$V_0 = \frac{M}{\rho} = \frac{18\times 10^{-3}\text{千克/摩尔}}{1.0\times 10^3\text{千克/米}^3} = 18\times 10^{-6}\text{米}^3/\text{摩尔}$$

已测得阿伏伽德罗常数为 $N_A=6.02\times 10^{23}$ 摩尔⁻¹。则可计算出每立方米水含有的分子数为

$$n = \frac{N_A}{V_0} = \frac{6.02\times 10^{23}\text{摩尔}^{-1}}{18\times 10^{-6}\text{米}^3/\text{摩尔}} = 3.3\times 10^{28}\text{米}^{-3}$$

我们假设这些水分子是紧紧挨在一起的，那么每个水分子的体积为

$$v = \frac{1}{n} = \frac{1}{3.3\times 10^{28}\text{米}^{-3}} = 3\times 10^{-29}\text{米}^3$$

于是根据球体积公式 $v = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3$ ，可得水分子的直

径为

$$d = \sqrt[3]{\frac{6v}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 3 \times 10^{-29} \text{米}^3}{\pi}} \approx 4 \times 10^{-10} \text{米}$$

实际上水分子不是紧密排列的，其直径应该小于这个值。

反之，若先测得某种分子的直径，那么也可以计算出阿伏伽德罗常数，课文已举了这样的例子。

2. 怎样正确理解分子的热运动？

分子运动论的第二个基本观点是认为物体内部的分子，在永远不停地作无规则的运动。这种观点并不是物理学家凭空臆造出来的，而是对大量实验事实抽象概括的结果。课文介绍了扩散现象、布朗运动等实验现象，这里不再重述这些实验过程了，只是着重谈谈分析这些实验时应注意的几个要点。

(1) 既然物体内部的分子是运动着的，那么分子间必然存在着空隙。因为，如果所有分子之间都是不留空隙地紧挨在一起的，那么分子就失去了运动的前提。为了证明这一点，课文举了一个水和酒精相混合的实验。实验结果表明，水和酒精混合后的总体积比两者原来的体积之和减小了，从而说明水分子之间和酒精分子之间都存在着空隙。为什么由这个实验可得出这样的结论呢？对此可以这样理解：由于分子间存在着空隙，于是当两种不同的物质分子混合时，就会出现相互填补空隙的现象，犹如一升黄豆和一升小米混合时，小米将填补黄豆之间的空隙，结果总体积减小了，混合后的总体积将小于二升。水和酒精混合后总体积减小的现象与此完全相类似，它直接反映了水分子之间和酒精分子之间

都存在着空隙。

(2) 为什么说分子的运动是无规则的呢？这是因为物体内部分子数目非常之大，在它们运动的过程中必然要发生频繁的碰撞，就拿通常状态下的空气分子来说，由理论计算的结果可知，平均地说，每个分子在一秒钟内要与其它分子碰撞约65亿次之多。正因为分子在运动过程中如此频繁地相互碰撞，使得所有分子速度的大小和方向时刻都在变化，所以分子的运动总是表现为混乱的无规则的。实验事实也充分说明了这一点，例如：扩散现象既反映了分子是不停地运动着的，也反映了分子在运动过程中要受到其它分子的频繁碰撞，从而是迂回曲折地缓慢地由近及远扩散出去的。譬如，根据理论计算，在常温下气体分子运动的速度约为每秒几百米，可是在教室中揭开一瓶乙醚的瓶盖，只有附近的同学能很快闻到乙醚的气味，而教室后边相距较远的同学，要经过相当长的时间后才能闻到轻微的乙醚气息。这表明乙醚分子并不是以每秒几百米的速度直接飞向远处的，而是在频繁的碰撞中迂回曲折地行进的。这种频繁碰撞就决定了分子运动的混乱性和无规则性。应用分子运动论解释各种热现象时，必须考虑到这种分子之间的碰撞作用，事实上正是由于分子间的频繁碰撞，决定了分子热运动的特殊规律。

(3) 布朗运动的实验充分反映了分子的无规则运动，这个实验对建立分子运动论起了重要的作用。关于布朗运动的解释应注意以下几点：

第一，布朗粒子本身并不是分子或其它微观粒子。如前所述，一个在光学显微镜下能观察到的最小微粒，内部也含有大约100亿个分子。所以说，布朗粒子仍然是一个由大量

分子组成的宏观粒子，因此，我们在布朗实验中观察到的粒子的无规则运动，仅仅是间接地反映了周围液体的分子在作无规则运动，而不是直接看到了分子的运动。

第二、一个悬浮在液体中的宏观上足够小的颗粒——布朗粒子为什么能不停地作无规则的运动呢？显然，促使布朗粒子运动的外界作用只能是周围液体的分子施予的，所以对于布朗运动的起因，只能用存在于布朗粒子周围的大量液体分子对它的撞击来说明。具体地说，因布朗粒子周围存在着大量作无规则运动的液体分子，它们不停地对布朗粒子进行撞击。由于液体分子运动的无规则性，在任一瞬时，从各个方向撞击布朗粒子的分子数各不相同，碰撞的冲击力也不一样。有时可能某一方向的撞击较强，于是促使粒子朝这一方向运动；下一瞬时，可能沿另一方向的撞击较强，于是使粒子改变原来运动的方向，从而使布朗粒子作混乱的无规则的运动。

那么为什么悬浮在液体中的较大的颗粒不能发生布朗运动呢？对这个问题的解释不能单纯从力学的观点去考虑。如果单纯认为由于颗粒的质量大了，所以液体分子的撞击不足以推动它运动了，那是很不确切的。正确的解释应该是这样：较大的颗粒具有较大的外表面，于是任一瞬时从四面八方，乱七八糟撞击它的液体分子数都很多，这种“乱”与“多”、“无规则”与“大量”的结合，恰恰体现出一种特殊的规律性，使得一个较大的颗粒每个瞬时从各个方向上受到的液体分子的撞击作用基本上趋向平衡。对此，也可以用个比喻来说明：如果我们站在繁华闹市区的十字街口去作统计，看看某段时间内向东去的人数和向西去的人数各有多