

孙庆元 主编

高等专科学校教学用书

# 普通物理学简明教程

(上册)

天津教育出版社

# 普通物理学简明教程

主 编 孙庆元

副主编 卓振堂 张学龙 杨殿中

王宏义 樊西汉 朱文熙

天津教育出版社

## 内 容 提 要

本书是根据非物理专业的普通物理学教学大纲(综合各专业的教学计划)编写的,内容包括力学、热学、电磁学、光学和近代物理学基础共五篇。

该书精选普通物理学内容,适应非物理各专业的要求,并把狭义相对论单列一章。具有内容简明,概念、定律叙述严谨,例题和习题适量,易教易学等优点。

此书可作为师专、教育学院、电大、职大、夜大、函授的数学、化学等理科专业和机械、电力、电子、化工等工业专科的普通物理学教材或参考书。

## 普通物理学简明教程 (上册)

天津教育出版社出版  
(天津市湖北路27号)  
太安师专印刷厂印刷

850×1168毫米 32开8.25印张 206千字

1989年7月第1版

1989年7月第1次印刷

印数1—9500

ISBN7—5309—0796—4/O·3

定价: 3.30元

## 序

长期以来，高等专科学校非物理专业的普通物理学课程苦于缺乏适当的教材，一般多借用高等师范或高等工科院校本科的普通物理学教材，给教师和学生的教与学带来许多不便。有鉴于此，编者们在研究了上述专业的教学计划和各有关课程的教学大纲的基础上，根据各自的教学经验，编撰了这本教程。本教程内容全面，取材精练，理论联系实际，教材在安排上也比较合理，并备有适量带“\*”号的章节，可供不同专业选用。在各章中对例题的配置和习题的编选上都做了比较深入、全面的考虑。整个教材对概念和原理的阐述力求深入浅出，通俗易懂。希望这本教材的出版能满足各有关专业的要求，为非物理专业的普通物理教学改革作出一定的贡献。

苑之方 林典要

山东师范大学 89. 5

## 前 言

《普通物理学简明教程》是根据非物理专业的普通物理学教学大纲(综合各专业的教学计划),由全国部分师院、师专、教育学院和职工大学的教师共同编写而成。内容包括力学、热学、电磁学、光学和近代物理学基础共五篇,授课90~110学时(包括习题课)。

参加本书编写的有(按姓氏笔划):王宏义(包钢职大)、王秀清(张家口师专)、尹素敏(保定教育学院)、孙庆元(泰安师专)、朱文熙(涪陵师专)、李焯琪(保山师专)、刘明星(聊城师院)、齐洪儒(德州教育学院)、杨兆华(泰安师专)、杨殿中(山东煤炭教育学院)、赵兴富(黑龙江农垦师专)、张学龙(淮阴师专)、郎荣福(黑龙江农垦师专)、卓振堂(湛江教育学院)、胡志荣(金华教育学院)、袁川兰(邯郸师专)、韩立尧(徐州师专)、曹瑞江(石家庄师专)、粟一匡(怀化师专)、樊西汉(泰安师专)。副主编各统部分书稿,主编统定全书。

本书突出的特点是简明。精选普通物理学内容,概念、定律叙述严谨、简明,简化数学推导,加强理论阐述。不带\*号部分理论体系完整,适用于各专业。带\*号部分供各专业的特殊要求选讲。

第二个特点是各篇内容篇幅适当,体现教材更新。以力学、电磁学为重点,热学和光学略减,加强了近代物理学内容。特别是狭义相对论基础单列一章为本书一大特色。它不仅是近代物理学的两大理论基础之一,也是各专业所必须具备的知识。

另外,较多的例题也是本书的一个特点。一方面,有助于内容的理解和深化;另一方面,给应用知识解决问题提供了范例。

每章后附有习题，包括思考题和练习题，练习题按每学时2题左右编排，数量适当，难度适宜，且与内容配合紧密。

根据以上特点，本书可作为师专、教育学院、电大、职大、夜大、函授的数学、化学等理科专业和机械、电力、电子、化工等工业专科的普通物理学教材或参考书。

书稿经山东师范大学物理系苑之方教授和林典要教授审阅，并提出许多宝贵意见，还为本书写了《序》，我们表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正，以便今后修订。

编 者

1989年3月

# 绪 论

## 一、物理学的研究对象

我们生活在一个广袤无垠与变化万千的自然界里。千百年来，人们在适应自然和改造自然的实践中，探索了自然界的奥秘，并获得了对自然界的科学抽象，形成了现代的自然科学。自然科学是以认识自然界中物质的基本属性，研究物质的运动规律为对象的。学习自然科学，是为了掌握自然规律，促进自然科学的发展，从而进一步地认识自然和改造自然，使自然规律为人类服务。

一切物质都在永恒地运动着，一切自然现象都是物质运动的表现。物质的运动形态是多种多样的，有物理的、化学的、生物的运动形态等。这些物质运动形态既遵守普遍的规律，又有自己的特殊规律。自然科学的各个分科（物理学、化学、生物学等）就是按不同的物质运动形态划分的。

物理学所研究的是物质最基本最普遍的物理运动形态，包括机械运动、分子热运动、电磁运动、光的运动、原子与原子核以及基本粒子的运动等。按照研究对象的不同层次，物理学可分为经典物理学和近代物理学两大部分。经典物理学是以常速运动的宏观物体为研究对象的；而近代物理学是以高速运动的微观粒子为其研究对象的，把相对论和量子理论作为它的理论基础。按人们对物理运动形态的认识深度不同，物理学又可分为普通物理学和理论物理学两个循环体系。普通物理学包括力学、热学、电磁学、光学和近代物理学基础，是以实验定律为基础建立起来的。

而理论物理学是在普通物理学的基础上，运用现代数学工具，建立起来的物理学理论。

## 二、物理学与其他学科的关系

物理学所研究的物理运动形态，普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动之中，因此，物理学是其他自然科学的基础。物理学中的一些定律、规律是研究化学的、生物的高级、复杂的物质运动形态必须具备的理论基础。各种运动形态都有自己的独特规律，不可能也不应该单纯地用物理规律来解释物质的一切运动形态。但由于在化学（分子的结合和分解）和生物（生命过程、进化过程）等高级、复杂的运动形态中，都包含机械运动、分子热运动、电磁运动、光的运动和原子的运动，所以学好物理学是学习其他自然科学的基础。

物理学与工程技术之间极为密切的关系是大家所熟知的。物理学来自生产实践，反过来，物理学的成就又促进生产技术的进一步发展。物理学是工程技术的理论基础，例如机械工程、热力工程、电力工程和电子技术的理论基础分别是力学、热学和电磁学等。事实上，有许多工程技术就是从物理学派生出来的。任何一个工程技术问题，就其本质而言，都可以分解为一系列最基本的物理问题。因此，物理学理论的重大突破必然导致工程技术上革命性的改革，乃至诱发新的工业革命，极大地促进人类在物质文明和精神文明上的巨大进步。

物理学的发展与数学的发展有密切的相依关系。从物理学的发展史上看，许多数学理论是在解决物理问题中经过普遍抽象而发展起来的，物理学的发展促进了数学的发展；另一方面，数学新理论的发展给物理规律的描述提供更完善的数学工具，数学理论的发展又促进了物理理论的完善。



### 三、物理学研究方法

任何一门科学，都是理论和方法的辩证统一。在物理学的发展过程中，无数科学家在建立物理概念、揭示物理规律的同时，逐渐形成了一整套研究物理学的科学思想和科学方法。每一物理理论的形成都经过从观察、实验、抽象、假设到理论的发展过程，并经过新的实验事实的检验，不断地修改，逐步建立起更完善的新理论。

观察是人们通过感官或仪器，直接对自然现象进行观测研究，是获得研究对象感性材料的基本途径，是检验认识的重要手段。实验是在人为控制或模拟条件下，使某些现象反复重演，借以对该现象进行全面系统的、仔细的、反复的观测研究，并经过分析、概括，找出其规律，从而建立物理定律。物理学是一门实验学科，观察和实验是研究物理学最基本的方法。

抽象（或称理想化方法）是根据研究问题的内容和性质，抓住主要因素，略去次要因素，建立一个与实际情况近似的理想模型来进行研究的方法。力学中的质点、刚体模型和热学中的理想气体模型等就是应用这种方法的实例。

假设是根据已知的科学原理和科学事实对未知的自然现象提出的一种假定性理论。量子假设、光子假设和玻尔假设等都是假设方法的例子。假设在近代物理学的发展中，是一种很重要并且越来越重要的方法。假设并不就是理论，只有在以假设为基础推出的结论能够被实验证实时，才能上升为理论。

还应提及的是，数学是物理学研究中必不可少的工具。物理学的许多重要定律常常是以简洁而精确的数学公式来反映其深刻物理涵义的。可以说，没有数学就没有物理学。

## 四、物理学的学习方法

为学好物理学，应注意以下学习方法。

首先，要准确掌握物理概念。物理概念是反映物理现象和过程本质属性的思维形式。物理理论体系是以物理概念为“基本要素”的。物理学中的定理、定律、原理、公式无一不是反映有关物理概念之间相互联系和数量上依存关系的。而且，概念是思维的起点和依据，只有有了明确的概念，才能进行正确的判断和推理，才有开发智力和提高能力的可能。因此，在学习时一定要十分重视对物理概念的理解和掌握，力图建立起清晰的物理图象。

其次，要切实理解和掌握物理学中的基本规律。物理规律是物理现象、过程在一定条件下发生、发展和变化的必然趋势及其本质联系的反映。它是物理学的精华所在，而且物理学的思想方法及研究方法又集中体现在物理规律的发现和建立之中。因此，我们要努力掌握物理规律（尤其是定理和定律），深刻理解其内涵和外延，并能熟练地运用物理规律分析和解决物理问题。

第三，要注意物理学的科学思想及研究方法的学习。物理学的科学思想（如实验观点、量的观点、统计观点、守恒观点等）及研究方法本身就是富有活力的科学。领悟了研究物理的科学方法，不仅能真正学好物理学，而且移植到其他学科亦有十分重要的意义。在学习中，应重视物理实验，善于观察和分析物理现象，学会抽象思维和理想化方法，并要不断提高运用数学手段（特别是高等数学）分析和解决物理问题的能力。

# 目 录

## (上册)

绪论.....1

### 第一篇 力学

#### 第一章 质点力学

§ 1·1 质点运动的描述..... 1

§ 1·2 直线运动.....11

§ 1·3 平面运动.....16

§ 1·4 力.....25

§ 1·5 牛顿运动定律及其应用.....29

§ 1·6 非惯性系中的惯性力.....37

§ 1·7 动量 动量守恒定律.....41

§ 1·8 功 动能 动能定理.....48

§ 1·9 势能 机械能守恒定律.....55

§ 1·10 碰撞.....62

习题..... 68

#### 第二章 刚体的转动

§ 2·1 刚体的定轴转动.....71

§ 2·2 力矩的功 转动动能.....83

§ 2·3 角动量 角动量守恒定律.....87

习题..... 92

### 第三章 机械振动和机械波

§ 3·1	简谐振动	93
§ 3·2	同方向简谐振动的合成	106
§ 3·3	阻尼振动 受迫振动 共振	111
§ 3·4	机械波的一般概念	117
§ 3·5	平面简谐波方程	124
§ 3·6	波的迭加	120
	习题	137

## 第二篇 热学

### 第四章 气体分子运动论

§ 4·1	状态参量 理想气体的微观模型	139
§ 4·2	理想气体状态方程	145
§ 4·3	理想气体的压强和分子的平均平动能	147
§ 4·4	麦克斯韦速率分布律	152
§ 4·5	能量均分定理 理想气体的内能	161
*§ 4·6	范德瓦尔斯方程	166
	习题	171

### 第五章 热力学定律

§ 5·1	热力学过程 功和热量	173
§ 5·2	热力学第一定律	176
§ 5·3	热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	179
§ 5·4	绝热过程	183
§ 5·5	卡诺循环及其效率	185
§ 5·6	热力学第二定律	190

习题.....	164
---------	-----

### 第三篇 电磁学

#### 第六章 静电场

§ 6·1 库仑定律.....	196
§ 6·2 电场强度.....	200
§ 6·3 高斯定理及其应用.....	206
§ 6·4 电势.....	212
§ 6·5 静电场中的导体.....	220
§ 6·6 电容 电容器.....	226
§ 6·7 静电场中的电介质.....	233
§ 6·8 静电场的能量.....	242
习题.....	245
上册习题答案.....	247

# 第一篇 力学

力学是研究宏观物体的机械运动规律及其应用的学科。所谓机械运动，是指物体间相对位置的变化，它是最简单、最基本的运动形态。各种复杂、高级的运动形态都包含有这种最基本的运动形态。因此，力学是学习物理学的入门向导，也是学习其他自然科学的基础。

力学又是一门古老而精确的学科。它运用严谨的科学方法，通过大量的观察和实验把感性认识上升为理性认识，形成了完整的理论体系，并将完整的力学体系用严密的数学形式表达出来，形成了经典物理学的一大支柱。

在本篇中，我们主要学习以牛顿运动定律为基础的经典力学的基本概念和规律。

## 第一章 质点力学

### §1.1 质点运动的描述

#### 一、质点

任何物体都有一定的大小和形状。在物体运动时，物体上各点的位置变化一般是不同的，所以一个物体的运动状态常常是复杂的。但在某些情况下，物体的形状和大小与所研究的问题无关或所起的作用很小，可以忽略。例如，物体的大小和问题中的其他线度相比甚小，以致在所研究的范围内，物体上各点的运动情

况可看作是基本相同的；如果物体只作平动，其上各点的运动情况都相同，那么任何一点的运动都可以代表其整体的运动。在这些情况下，为了把握主要特点、突出物体运动的主要方面，从而简化对问题的处理，我们可以忽略物体的形状和大小，仅把物体看作是具有质量和占有空间位置的几何点。这种不计大小和形状，把物体合理地抽象成具有整个物体的质量且占有空间位置的几何点，叫做质点。因此，质点具有物体的质量、动量、能量等一切物理属性。

例如，在研究炮弹飞行的大致弹道时，可以把炮弹看作质点。在研究地球绕太阳公转时，因为地球的直径较之它与太阳之间的距离小得多，地球上各点相对于太阳的运动基本上可视为是相同的，即可忽略地球的线度和形状，把地球看作质点。若研究地球的自转，就不可将其视为质点了。可见，一个物体是否可抽象为一个质点，应根据所研究问题的性质而定，并非依物体的大小而定。一般说来，如所研究的问题不涉及物体的转动或变形运动，也不考虑物体各部分的相对运动，就可以忽略它的形状和大小，将它简化为质点来处理。

质点是物理学中最基本、最简单的理想模型。以后我们还将引入刚体、理想气体、点电荷等理想模型。建立了理想模型，就便于物理问题的数学描述。因此，我们应该学会利用理想模型来分析和解决物理问题的方法。

## 二、参照系和坐标系

一切物体都处在永恒的运动之中，大到宇宙天体，小到原子、电子，概无例外。从这个意义上说，运动是普遍的、绝对的，而机械运动却是相对的。例如，在地球上静止着的物体，从太阳上看来是运动着的；在火车上静坐着的乘客，在地面上看来是运动着的。由此可见，一个物体相对于不同的参考标准具有不同的运动状况，这就是说，机械运动是相对运动。

由于机械运动具有相对性，为了确切说明一个物体的位置及其变化，就必须明确是相对于另外哪一个物体或物体群（这群物体之间无相对位置的变化）。这种为描述其他物体的位置或运动情况而被选来作为参照的物体或物体群，称为参照系或参考系。只有在选定了参照系之后，对物体的位置及运动的描述才具有实际意义。因此，一谈及物体的机械运动，就必须首先指明参照系。

在运动学中，参照系的选择是任意的。但在实际应用中，既要考虑所研究问题的性质和需要，又要力求对运动的描述简单、明晰。例如，一个宇宙火箭刚发射时，主要研究它相对于地面的运动，可以选择地球为参照系；当此火箭进入绕太阳运行的轨道时，以太阳作为参照系将会更方便。我们在研究地面上物体作机械运动时，如果不特别指明，就是以地球为参照系。

确定参照系之后，某物体的运动就是该物体相对于参照系的位置变化。为了定量地说明一个质点相对于此参照系的位置及其变化情况，还应在此参照系上建立固定的坐标系。通常多用直角坐标系，有时也用极坐标系或球面坐标系。至于选用什么坐标系，坐标原点设在哪里，坐标轴的方向如何，只是描述运动所用的参数不同而已，但对物体运动的性质并无影响。不过坐标系选择得当，可以简化计算或便于描述。

### 三、位移矢量 位移

1. 位置矢量 要研究质点的运动情况，首先要定量地描写质点的位置。为此，应在选取的参照系上建立坐标系。在直角坐标系（见图 1-1）中，质点 $P$ 的位置可由三个坐标 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 来确定，或者用从原点 $O$ 到 $P$ 点的有向线段 $OP$ 来表示，这条有向线段便同时给出了质点相对于坐标原点（即参考点）的距离和方向。空间任意一点的位置都可以由坐标原点引向该点的有向线段——矢量来表示。因为这个矢量能够确切地描述质点的位置，故称为



**位置矢量**，简称**位矢**，也叫**矢径**，通常记作  $r$ 。位矢的端点就是质点的位置。位矢在坐标轴上的投影分别为  $x$ 、 $y$ 、 $z$ ，因此，位矢  $r$  在直角坐标系中表示为

$$r = xi + yj + zk,$$

式中  $i$ 、 $j$ 、 $k$  分别为  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴方向上的**单位矢量**， $x$ 、 $y$ 、 $z$  称为质点的位置坐标。位矢的大小为

$$r = |r| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

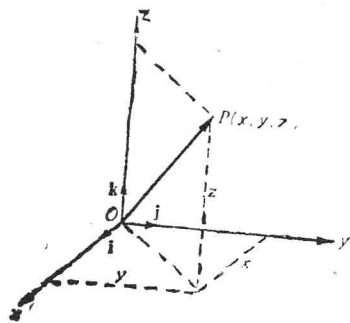


图 1-1

位矢的方向余弦为

$$\cos\alpha = \frac{x}{r}, \quad \cos\beta = \frac{y}{r}, \quad \cos\gamma = \frac{z}{r},$$

式中  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  分别是  $r$  与  $x$  轴、 $y$  轴和  $z$  轴正向间的夹角，叫做**方向角**。

2. **运动方程和轨道** 质点运动时，对应于每个时刻都有一个确定的位置，质点作机械运动就是它的空间位置随时间变化的过程。因此，质点的机械运动可以用位矢随时间变化的函数来定量描述，称为质点的**运动方程**。其位矢形式为

$$r = r(t) = xi + yj + zk, \quad (1)$$

$$\text{式中 } x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t), \quad (2)$$

为质点运动方程的**分量形式**。

运动方程表示质点的运动规律。知道了运动方程，就能确定任一时刻质点的位置，从而确定质点的运动。力学的任务之一就在于找出各种具体运动所遵循的运动规律。

质点运动方程中的函数必须是单值、连续、可微的，因为在任一时刻质点只能在空间占据一个位置，而质点的位置又不可能