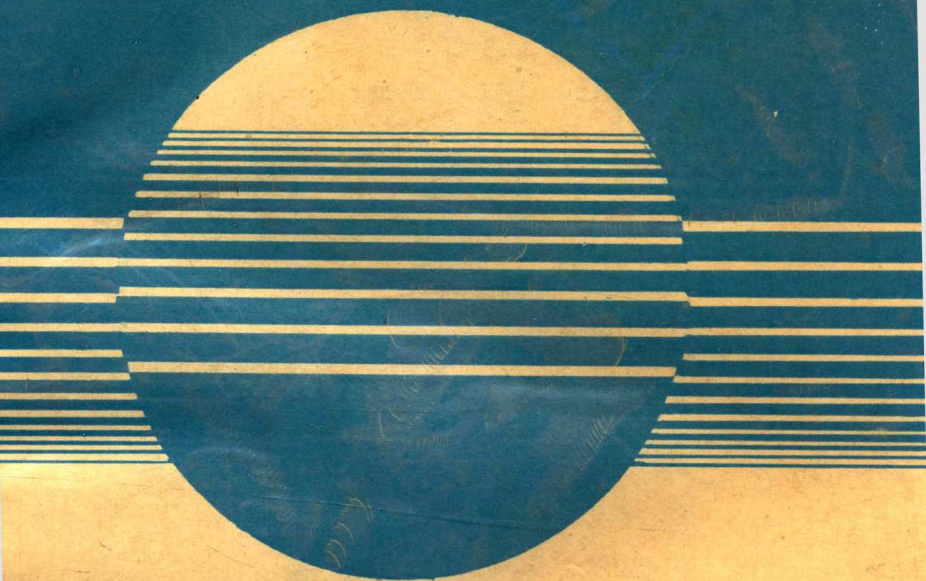


● 高等学校试用教材 ●

电子科技大学出版社



尧世斌 许海波 主编

基础物理学

前 号 010 字 登 录 【 川 】

高等 学校 试用 教材

基 础 物 理 学

主 编： 尧世斌 许海波

副主编： 郭胜利 张 莹 汤跃明

刘玉芳 侯新杰

编 委：（按姓氏笔划为序）

马世豪 牛文学 毕小群

刘玉芳 尧世斌 许海波

汤跃明 张 莹 侯新杰

郭胜利

电子 科技 大学 出版 社

【川】新登字 016 号

内容提要

本书结合非物理专业的特点, 简明系统地阐述了物理学的基本概念和基本规律, 并收编了一定数量的例题和习题。内容包括: 质点力学、刚体力学、狭义相对论基础、气体动理论与热力学基础、真空中的静电场、静电场中的导体与电介质、稳恒电流与电路、真空中的稳恒磁场、物质的磁性、电磁感应与暂态过程、交流电、波动概论、波动光学、量子物理基础等十四章。

本书可作为高等院校非物理专业基础物理学课程的试用教材, 也可供有关教师和学生参考。

高等学校试用教材

基础物理学

主 编 尧世斌 许海波

责任编辑 靖 芳

电子科技大学出版社出版发行

(成都建设路二段四号 610054)

河南省新乡市印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 16 印张 390 千字

1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—3, 000 册

ISBN7-81043-447-0/O·41

定价 17.80 元

前 言

本书是受河南师大、华中师大、天津师大、辽宁师大等十所高等师范院校计算机系教材编审组的委托,根据十所院校教材教学研讨会的精神,参照理科学院校非物理专业和各类专科学校物理课程教学大纲,在河南师大计算机系、化学系使用的《基础物理学》讲义的基础上编写而成的。

本书吸收了河南师大、华中师大、安阳师专等院校多年从事基础物理教学、具有丰富教学经验的教师参加编写。在编写过程中,广泛参阅了国内、外的物理教材,力图博采众家之长,又有自己的特色。在保持科学性、系统性的基础上,对大学物理内容进行了精心处理。作为教材改革的一种尝试,对传统教材进行了科学的取舍,形成合理的教材结构体系。与传统教材相比,体系新颖、重点突出,语言简练,避免重复。为了适应不同层次和专业学生的需求,在内容上作了弹性安排,讲授部分自成体系,约需 90 学时,打 * 号的章节为选讲内容,约需 15 学时。

本书由尧世斌、许海波担任主编,负责统稿。参加编写的有:尧世斌(绪论,第三章、第八章)、许海波(第一章、第二章)、牛文学(第四 § 1、§ 2、§ 3、§ 4、§ 5)、侯新杰(第四章 § 6、§ 7、第五章)、张莹(第六章、第七章)、毕小群(第九章、第十二章的 § 1、§ 2、§ 3)、汤跃明(第十章)、马世豪(第十一章),刘玉芳(第十二章的 § 4、§ 5、第十三章)、郭胜利(第十四章)。

在本书的编写过程中,得到了华中师大计算机系主任,十所师范院校教材编审组主任冯刚教授,河南师大物理系主任鲁公儒教授,河南师大计算机科学系副主任杨百智副教授的大力支持,并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，错误之处，在所难免，竭诚欢迎广大教师和读者批评指正。

编 者

1995年12月

目 录

绪 论	(1)
-----------	-------

第一章 质点力学

§ 1 运动的描述	(5)
§ 2 速度和加速度的分量表示	(10)
§ 3 牛顿运动定律及其应用	(18)
§ 4 力学的相对性原理 非惯性系中的动力学规律*	(27)
§ 5 动量定理 动量守恒定律	(32)
§ 6 功和能	(38)
§ 7 势能 机械能守恒定律	(42)

第二章 刚体力学

§ 1 刚体运动学	(54)
§ 2 转动定律	(57)
§ 3 刚体转动的动能定理	(63)
§ 4 刚体的角动量 角动量守恒定律	(66)

第三章 狭义相对论基础

§ 1 狭义相对论的基本原理	(72)
§ 2 狭义相对论的时空观	(79)
§ 3 狭义相对论的动力学基础	(83)

第四章 气体动理论与热力学基础

§ 1 基础概念	(92)
----------------	--------

§ 2	气体动理论的基本规律	(96)
§ 3	麦克斯韦速率分布定律	(107)
§ 4	热力学第一定律	(113)
§ 5	热力学第一定律对理想气体的运用	(119)
§ 6	循环过程与热机效率	(128)
§ 7	热力学第二定律	(133)

第五章 真空中的静电场

§ 1	电荷 库仑定律	(143)
§ 2	电场 电场强度	(146)
§ 3	高斯定理	(155)
§ 4	静电场力的功 电势	(161)

第六章 静电场中的导体与电介质

§ 1	静电场中的导体	(175)
§ 2	电容 电容器	(179)
§ 3	静电场中的电介质	(185)
§ 4	电位移矢量 电介质中的高斯定理	(190)
§ 5	静电场的能量	(193)

第七章 稳恒电流与电路

§ 1	稳恒电流	(201)
§ 2	电阻 欧姆定律	(205)
§ 3	电流的功 焦耳——楞次定律	(209)
§ 4	金属导电的经典微观理论	(210)
§ 5	电动势 含源电路的欧姆定律	(213)

§ 6	基尔霍夫定律及应用	(218)
-----	-----------------	-------

第八章 真空中的稳恒磁场

§ 1	磁场 磁感应强度	(226)
§ 2	毕奥——萨伐尔定律	(232)
§ 3	稳恒电流磁场的基本方程	(240)
§ 4	磁场对电流的作用	(248)
§ 5	带电粒子在均匀磁场中的运动	(254)

第九章 物质的磁性

§ 1	磁介质的磁化 磁化强度矢量	(269)
§ 2	磁场强度 介质磁场的基本方程式	(272)
§ 3	铁磁质及其应用 *	(276)
§ 4	磁路定律 *	(283)

第十章 电磁感应与暂态过程

§ 1	电磁感应	(289)
§ 2	动生电动势和感生电动势	(294)
§ 3	自感 互感 磁能	(299)
§ 4	电路的暂态过程 *	(308)
§ 5	电磁场理论的基本概念	(316)

第十一章 交流电

§ 1	简谐交流电	(332)
§ 2	三种理想电路	(336)
§ 3	简谐交流电的矢量图解法	(341)
§ 4	简谐交流电的复数解法 *	(351)

§ 5 交流电的功率和功率因数	(356)
-----------------------	-------

§ 6 谐振电路与 Q 值	(362)
-----------------------	-------

第十二章 波动概论

§ 1 波的基本概念	(371)
------------------	-------

§ 2 平面简谐波	(375)
-----------------	-------

§ 3 波的能量	(379)
----------------	-------

§ 4 惠更斯原理 波的干涉	(382)
----------------------	-------

§ 5 驻波*	(389)
---------------	-------

第十三章 波动光学

§ 1 光的干涉	(394)
----------------	-------

§ 2 光的衍射	(405)
----------------	-------

§ 3 光的偏振	(413)
----------------	-------

第十四章 量子物理基础

§ 1 光的量子性	(425)
-----------------	-------

§ 2 玻尔的氢原子理论	(431)
--------------------	-------

§ 3 量子力学的建立	(435)
-------------------	-------

§ 4 薛定谔方程	(441)
-----------------	-------

§ 5 薛定谔方程的应用	(444)
--------------------	-------

§ 6 激光	(450)
--------------	-------

§ 7 全息术*	(455)
----------------	-------

参考答案

习题解答	(461)
------------	-------

绪 论

物理学本身精密的实验测量、一切自然科学都是以认识物质世界的基本属性，研究物质运动规律为对象的。

自然界是物质的；运动是物质的存在形式、物质的固有属性；物质在空间和时间中存在着、运动着。物质运动的形式是多种多样的，它们既服从普遍的规律，又各自有其独特的规律，对各种不同的物质运动形式的研究，形成了自然科学的各个分科。物理学是研究物质的基本结构、运动形态、相互作用规律及时间、空间性质的一门科学。具体的研究对象是机械运动、热运动、电磁运动、原子和原子核的运动、基本粒子的运动等最低级和最基本的运动形式。这些最基本的运动形式普遍地存在于其它的、高级的、复杂的运动形式（如化学运动、生命运动等）之中。由于物理学所研究的物质运动规律具有极大的普遍性，因此它是一切自然科学的基础。

物理学是最为古老而同时又是最发达的一门科学，它的发展从古希腊的自然哲学开始至今约有 2600 年的历史，然而物理学迅速发展，并成为一门系统科学，是从十六世纪开始的，在十六世纪前，黑暗的宗教统治笼罩了整个欧洲，亚里士多德的动力学的影响统治了西方经院学派近二千年。直到十五世纪文艺复兴后，欧洲人才不断在思想上获得解放。随着人们对自然现象认识的深化和拓宽，对于大幅度增长的自然科学知识，不宜再用“自然哲学”来概括。从此，物理学才逐渐从哲学中分化出来，而成为人类文明发展的主要力量。从 1600 年到现在近 400 年，物理学的发展可以分为两个重要时期：经典物理学时期（16 世纪到 19 世纪末）和现代物理学时期（20 世纪）。十五世纪末叶，越来越先进的研究手段以及先进的生产技术促进了自然科学的迅速发展，系统的观察实验和严密的数学推导相结合的研究方法，被引进物理学中，导致了十七世

纪主要在天文学和力学领域的“科学革命”。牛顿力学体系的建立，标志着经典物理学的诞生。经过十八世纪的准备，物理学在十九世纪获得了迅猛和主要的发展，终于在十九世纪末叶，热力学与统计物理、经典电磁场理论为支持，达到了它的顶峰。十九世纪末叶一系列重大发现使经典物理学体系遇到了严重的危机，揭开了现代物理学革命的序幕。这场革命的结果导致了相对论和量子力学的建立，使人类认识世界的范围不断扩展，从低速发展到高速，从宏观发展到微观，并促进了天体物理学、现代宇宙学、原子核物理学、粒子物理学以及相互作用统一理论的研究，这方面的研究仍在继续发展。

纵观科技发展史，物理学对全世界三次大的技术革命起了非常关键的作用。十七、十八世纪牛顿力学以及热力学的发展，直接促进了以蒸汽机应用为标志的第一次技术革命，使人类步入了机械化时代。十九世纪，电磁现象和电磁学理论的重大突破，促成了以电力广泛应用和无线电通讯的实现为标志的第二次技术革命，使人类步入了电气化时代。本世纪初诞生的相对论和量子力学揭露的新的概念和事实，令人振奋地刷新了世界的面貌，促进了原子能、电子计算机、激光等的广泛应用。原子能的利用，使人类掌握了新的能源；半导体科学技术的发展，导致了计算技术和自动控制系统的革命；激光的出现焕发了经典光学的青春；凝聚态物理学的发展使人类不断创造出许多高性能的新型材料；掀起了第三次技术革命的浪潮。物理学与高新技术密切相关。物理学的研究成果不断地被应用于发展的高新技术中。而高新技术的发展对物理学又提出层出不穷的研究课题，如：开辟新能源，寻找能量转换的新途径，研究巨量信息存储、提取的新方法，发明新型材料和原器件。未来的生产技术，将继续从现代物理学的这块沃土中吸取营养，并结出硕果。

随着科学技术的发展，学科日趋综合、相互依赖、相互渗透已成为时代特点。而且各门学科的发展也要求物理学提供新的概念，新的方法和新的研究手段。为适应二十一世纪人才培养的需要，面

对高新技术的挑战，物理学作为大学理工科各专业的基础课是毋庸置疑的。这不仅为同学们提供后继专业课必备的物理学知识，而且物理学本身精密的实验测量、严谨的抽象思维、周密的逻辑推理、严格的数学分析等研究问题的方法，必然吸引有理想、有抱负的大学生渴望从物理学的角度去了解大自然，探索宇宙的奥妙，掌握前沿的科学知识，攀登科学技术的高峰。同时，物理学研究问题的方法和特点，必将为培养同学们透澈地分析问题，敏捷地思维和解决问题的能力打下坚实的基础。总之，物理学作为自然科学的一门基础课，在促进各个学科领域的发展，在培养社会主义现代化建设需要的各类优秀人才方面起着越来越重要的作用。

研究力学，首先要研究质点运动学，然后研究动力学。在物理学中，为了研究问题的方便，往往把研究对象抽象为一定形状的模型。在很多实际问题中，物体的形状和大小与所研究的问题无关或者所起的作用很小，我们就可以把它看作一个几何点，而不必考虑它的形状和大小。它的质心可以认为就集中在这个点上。这种抽象化的模型称为质点。质点是研究力学问题的基础。对于不能抽象为质点的物体，可以看成许多质点组合而成的质点系。本章主要讨论质点力学的发展。

第一章 质点运动学

1.1 质点运动学的任务、研究对象

物体具有质量、力和空间位置，而且除自身运动外还受到外界的作用。物体运动，是它的运动状态和位置随一定的时间而变化的过程。因此，力学是研究物体运动问题的出发点。力学认为“绝对静止的质点是不存在的，是相对的”。从质点而言，是永远地运动着，具有某种运动规律。“绝对静止的质点”而言，是与任何外界事物无关的，它从不运动，而且永远不变”。这就是经典力学的研究

第一章 质点力学

力学是研究机械运动的基础理论学科。所谓机械运动，就是物体的空间位置随时间变化的现象。它是物质运动最简单、最基本的运动形式，几乎在物质的一切运动形式中都包含有这种最基本的运动形式。因而，力学是其它物理学的入门向导，也是近代工程技术的理论基础。

研究力学，首先要研究描述机械运动现象的运动学，然后再进一步研究机械运动应当遵循哪些规律的动力学。在物理学中，为了研究问题的方便，往往把研究的对象抽象为一定的理想模型。在很多实际问题中，物体的形状和大小与所研究的问题无关或者所起的作用很小。我们就可以把它看作一个几何点，而不必考虑它的形状和大小。它的质量可以认为就集中在这个点上。这种抽象化的模型称为质点。质点是研究力学问题的基础，对于不能抽象为质点的物体，可以看成许多质点组合而成的质点系。本章主要介绍质点力学的规律。

§ 1 运动的描述

1.1 经典力学的时空观 参考系

物体总是占据一定的空间位置，而且随着时间的推移而发生空间位置的变化。也就是说，一定的运动过程总是和一定的空间和时间相联系的。因此，时空观是我们研究问题的出发点。牛顿认为“绝对的真实的时间，就其本质而言，是永远均匀地流逝着，与任何外界事物无关”。“绝对空间就其本质而言，是与任何外界事物无关的，它从不运动，而且永远不变”。这就是经典力学的时空

观，也称为绝对时空观。按照这种观点，时间和空间是彼此独立、互不相关，并且独立于物质和运动之外的客观实在。这种时空观可以形象地比喻为：把空间比作盛有宇宙万物的一个无形的永不运动的框架，而把时间比作独立的不断流逝着的流水。实际上，正是物体运动的广延性体现了空间，运动的持续性体现了时间。本世纪初确立的相对论表明，当物质运动速度接近光速时，时间和空间都是相对物理量，时间的长短、空间的大小都与物质的运动有关。因此，脱离物质客体的运动就谈不上时间和空间，绝对时空的观点是不正确的，与客观事实相违背。但是，日常生活中，我们所遇到的物体，其运动速度远小于光速，由绝对时空观所引起的误差很小，完全可以忽略不计。经典力学的研究对象正是这些低速运动的物体，所以，质点力学的研究仍采取这种观点。

由于运动具有相对性，为了确切描述一个物体的运动，就必须选择其它物体作为标准。描述运动时选作标准的物体（可以是一个不变的物体或若干无相对运动的物体），称为参考系。对于同一物体的运动，由于参考系的不同，运动的描述也就不同。

为了定量地描述物体相对于一定参考系的运动，还需要在参考系上固定一种坐标系。这样就把相对参考系的运动转化为相对坐标系的运动，坐标系是参考系的数学抽象。本章主要介绍直角坐标系和平面自然坐标系。

1.2 位置矢量和运动方程

为了表示运动质点的位置，应该选取一个参考系，并在参考系上选定坐标系的原点和坐标轴。质点相对坐标系的位置可由坐标系原点指向质点所在位置的矢量 $\mathbf{r}$ 表示， $\mathbf{r}$ 为位置矢量，简称位矢。如图 1-1 所示。

在直角坐标系中，位置矢量与质点空间坐标的关系可表示为：

$$\mathbf{r} = \overrightarrow{OP} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \quad (1.1)$$

其中 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别为 X 、 Y 、 Z 轴方向的单位矢量。

位置矢量的大小由下式决定:

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1.2)$$

位置矢量的方向余弦为:

$$\begin{aligned} \cos\alpha &= \frac{x}{r}, \quad \cos\beta = \frac{y}{r}, \\ \cos\gamma &= \frac{z}{r} \end{aligned} \quad (1.3)$$

质点运动的每一时刻均有一定的位置矢量与之对应, 即位置矢量 $\mathbf{r}$ 为时间 t 的函数:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1.4)$$

称为质点的运动方程。它给出

任意时刻质点的位置。运动学的主要任务之一就是要找出各种具体运动所遵循的运动方程, 知道了运动方程, 质点的整个情况也就确定了。

(1.4)式在直角坐标系的分量式为:

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$$

我们称

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1.5)$$

为质点运动方程的标量形式。

质点运动所经各点连成的曲线, 称为质点的运动轨迹或轨道。从数学角度来看, 运动方程是以 t 为参数的轨迹方程, 消去 t 即可得轨迹方程。

设质点在平面上运动, 则其运动方程为:

$$x = x(t), \quad y = y(t)$$

消去 t , 得:

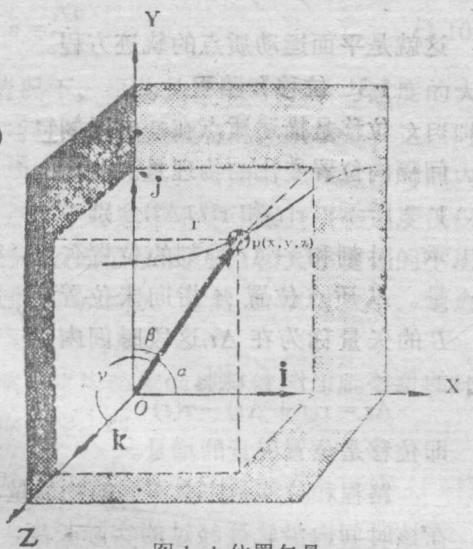


图 1-1 位置矢量

$$y = y(x)$$

这就是平面运动质点的轨迹方程。

1.3 位移和路程

位移是描述质点在一定时间间隔内位置变化的物理量。如图 1-2 所示, $\mathbf{r}(t)$ 和 $\mathbf{r}(t+\Delta t)$ 分别表示 t 时刻和 $t+\Delta t$ 时刻的位置矢量。从质点位置 A 指向末位置 B 的矢量称为在 Δt 这段时间内的位移, 记作 $\mathbf{r}$, 则:

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) \quad (1.6)$$

即位移是位置矢量的增量。

路程和位移是完全不同的物理量。某段时间内的路程是指质点在该时间内沿轨迹经过的实际长度, 路程是标量。如果用 Δs 表示 $t \rightarrow t+\Delta t$ 这段时间内的路程, 由图 1-2 看出, 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与 Δs 之间有以下关系:

$$|\Delta \mathbf{r}| \leq \Delta s \quad (1.7)$$

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 位移元与相应的路径重合。即

$$|d\mathbf{r}| = ds \quad (1.8)$$

1.4 速度

质点的位置或位移是随时间变化的, 为了描述质点位置或位移随时间变化的快慢, 引入速度的概念。

当运动质点在 Δt 时间内的位移为 $\Delta \mathbf{r}$ 时, 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与时间 Δt 的比值称为质点在这段时间内的平均速度, 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (1.9)$$

平均速度是矢量, 其方向与位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的方向相同。在国际单位制(代号 SI) 中单位是米·秒⁻¹($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

当运动质点在 Δt 时间内, 通过的路程为 Δs 时, 路程 Δs 与时

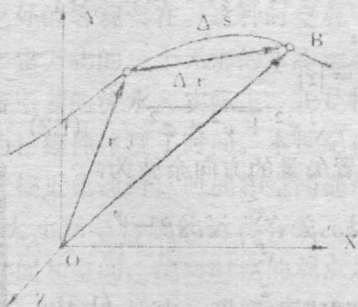


图 1-2 位移和路程