

高等学校教材

大学物理基础

上册

潘国顺 主编 张旭峰 副主编

兵器工业出版社

0150/19

内容简介

本书根据国家教委颁布的大学专科物理课程教学基本要求编写而成。全书共分上、下两册:上册包括力学、振动和波、热学;下册包括电磁学、光学和近代物理基础。

本书可作为各类工科院校专科物理课教材,可作为成人教育、夜大、函大的工科本科、专科物理教材或教学参考书,亦可作为中学物理教师、科技人员参考书和青年自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理基础/潘国顺,金绍奇主编.-北京:兵器工业出版社,1996.10

ISBN 7-80132-018-2

I. 物… II. ①潘… ②金… III. 物理学 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 08058 号

兵器工业出版社出版发行

(北京市海淀区车道沟 10 号)

各地新华书店经销

蓟县燕山印刷厂印刷

※

开本:787×1092 1/32 印张:8.5 字数 186.732 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数:0001~3000 册 定价:10.00 元

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23号文件精神,中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵总材料编审室成立以来,在广大教师的积极支持和努力下,在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下,已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务,共出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革及提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要,特别是国防现代化培养人才的需要,反映国防科技的先进水平,达到打好基础、精选内容、逐步更新及利于提高教学质量的要求,我们以提高教材质量为主线,完善编审制度、建立质量标准及明确岗位职责,制订了由主审人审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点,成立了十个专业教学指导委员会,以更好地编制兵工类专业教材建设规划,加强对教材的评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系统配套,完善管理制度,加强组织领导”的“八五”教材建设方针。兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上,于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划。共列入教材220种。这些教材

都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的,专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查,认为符合兵工专业培养人才要求,符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套,为教学质量的提高和培养国防现代化人才,为促进兵工类专业科学技术的发展,都将起到积极的作用。

本教材由华北工学院张靖武教授主审、统编,经中国兵器工业总公司兵总教材编审室审定。

限于水平和经验,这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处,希望使用本教材的单位和广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1994年3月

前 言

本书根据国家教委工科物理课程指导委员会制定的《高等学校工程专科物理学课程基本要求》教学基本要求、由兵器工业总公司教材编辑室牵头组织北京理工大学、南京理工大学、华北工学院和重庆工业管理学院等四所院校编写而成，系兵总统编教材。

编者根据自己多年的教学经验，遵照“掌握概念，强化应用，培养技术应用能力为主线”的精神，参考并吸收了其它院校优秀教材的优点编写而成。编写时力求简明扼要、概念清楚、定义严谨；编写中考虑了与中学物理的衔接，注意了与工程技术和兵器专业相结合，加强了高等数学的应用，更新了部分例题，精选了一定数量、难易适度的各类习题。高于基本要求的内容用 * 号标出，以供参考之用。

为贯彻“工程专科物理教学必须加强理论联系实际，强调课程的应用性”，除各篇、章中注重了与工程实际相结合外，还编写了“物理学与技术”专题。

本书可作工程专科各专业的物理课程教材或参考书，也可供电视大学、夜大学和函授大学工程专科物理课程作教材或参考。全书分上、下册，总时数以 72~90 学时为宜。各校可根据专业特点，适当地增、减部分内容后，同样适用于 50~100 学时的教学。

全书编写大纲的制定和内容的安排，是经全体编者共同

讨论后确定的。编写的具体分工如下：南京理工大学潘国顺执笔绪论、一、二、三、四、五章，北京理工大学金绍琦执笔七、八、九章，华北工学院张旭峰执笔六、十三、十四、十五章，重庆工业管理学院李锐锋执笔十、十一、十二章，并请张靖武教授编写了“物理学与技术”专题。

全书由张靖武教授统稿审定。张靖武教授对初稿提出了许多指导性的宝贵建议和具体的修改意见，在此一并致以由衷的感谢。

由于编者水平有限，缺点错误在所难免，热诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

1996 年 4 月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 力学的物理基础

第一章 质点运动学	5
-----------	---

1.1 质点运动学的基本概念	5
----------------	---

1.2 抛体运动 圆周运动	20
---------------	----

习题	31
----	----

第二章 质点动力学	34
-----------	----

2.1 牛顿运动定律	34
------------	----

2.2 动量 动量定理 动量守恒定律	46
--------------------	----

2.3 功 动能定理	54
------------	----

2.4 势能 机械能守恒定律	62
----------------	----

习题	73
----	----

物理学与技术	80
--------	----

I 火箭技术	80
--------	----

II 同步卫星	84
---------	----

第三章 刚体的转动	88
-----------	----

3.1 刚体的运动 转动定律	88
----------------	----

3.2 角动量原理 角动量守恒定律	99
-------------------	----

3.3 定轴转动动能定理	104
--------------	-----

习题	110
----	-----

物理学与技术	115
--------	-----

III 惯性制导技术——陀螺与惯性加速度计	115
-----------------------	-----

第二篇 机械振动与机械波

第四章 机械振动	118
4.1 简谐振动	119
4.2 谐振动的合成	130
4.3 阻尼振动 受迫振动 减振原理	136
习题.....	141
第五章 机械波	145
5.1 机械波的产生与传播 波速 波长及波的频率	145
5.2 平面简谐波的波动方程 波的能量	150
5.3 惠更斯原理 波的干涉	158
5.4 多普勒效应	168
习题.....	173
物理学与技术.....	177
IV 超声波断层成像技术——“B超”.....	177

第三篇 热学基础

第六章 气体动理论与热力学基础	181
6.1 气体动理论的基本概念	183
6.2 理想气体的状态方程	185
6.3 理想气体的压强公式和温度公式	190
6.4 能量均分定理 理想气体的内能	198
6.5 麦克斯韦速率分布定律	203
6.6 热力学第一定律	211
6.7 热容量	218
6.8 热力学第一定律对理想气体的应用	221

6.9 循环过程 卡诺循环	232
6.10 热力学第二定律及其统计意义	242
6.11 熵 熵增加原理	250
习题	252
物理学与技术	258
V 致冷技术	258
上册习题答案	262

绪 论

物理学的研究对象

认识物质世界的基本属性,研究物质运动的基本规律,是自然科学的研究对象和基本任务。学习自然科学的目的,在于认识和掌握自然规律,促进自然科学的发展,从而达到利用自然、改造自然,使自然规律为人类服务。

物理学是自然科学的一个重要分支,也是现代工程技术的重要基础。

自然界所有的客观实在都是物质,整个自然界就是由形形色色、各种各样运动着的物质所组成,大至宇宙,小至基本粒子。宇宙已探知部分的线度约为 10^{26}m ,基本粒子的线度为 10^{-15}m 以下,两者有 10^{41} 倍的数量级差别,真可谓天壤之别。实物和场是物质存在的两种基本形式。实物是由大量的分子、原子等粒子组成的客观实体,其表现形式有固态、液态、气态、等离子态和高密度态(高密度态常又分为超固态和中子态),在一定的条件下它们可以互相转化;场是物质存在的另一种形式,人们熟知的电场、磁场和引力场等都是物质。

一切物质都处于永不停息的运动之中,自然界的一切现象正是物质运动的表现。运动是物质的存在形式,也是物质的固有属性,它包括宇宙中发生的一切变化,从简单的位置变动到复杂的思维。各种不同的运动形态,既服从普遍的规律,又具有各自独特的性质,自然科学的各个分科就是这样产生的。

物质间存在着相互作用。物理学中的相互作用形式通常

分成四类：(1)万有引力作用。这是一种长程力作用，存在于具有质量的一切物体之间，在天体运动中起着主要作用。(2)电磁作用。这也是一种长程力作用，存在于电荷之间、电流之间、电磁场之间，在分子和原子领域中，电磁相互作用起着支配的作用。(3)强相互作用。它是一种短程力作用($10^{-14} \sim 10^{-16}$ m)，存在于原子核的核子之间，在原子核内这种作用占有支配地位。(4)弱相互作用。它也是一种短程力作用($< 10^{-17}$ m)，存在于基本粒子之间，常被电磁作用和强相互作用所掩盖。

物理学研究的是物质的基本结构、物质间的相互作用、物质运动最基本最普遍的形式，包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内部的运动等。这是一门人类认识自然、利用自然的最为活跃的学科领域。事实上，物理学研究的物质运动，普遍存在于其他高级的复杂的物质运动形式之中。因此，物理学在自然科学中占有极重要的地位，它是其他自然科学和工程技术的重要基础。

物理学的研究方法

人类认识客观世界的法则是实践—认识—实践。物理学的研究方法同样遵循这个法则。具体来说，物理学的理论是通过观察、实验、抽象、假说等研究方法，通过实践的检验而建立起来的，又经过多次反复而不断地发展与完善。实践是检验真理的唯一标准。

观察和实验是物理学及一切自然科学研究的基本方法。观察是对自然界发生的某些现象，按照自然的客观情况，原样地进行观察研究；实验是在人为控制的条件下使现象重现，再进行观察研究。实验中常将复杂的条件加以简化，突出主要因

素,排除或忽略次要因素,这是一种非常重要的研究方法。

抽象是根据问题的内容和性质,抓住主要的基本因素,忽略次要的、局部的和随机的因素,建立一个与实际情况基本相符的理想模型来进行研究。例如,“质点”和“刚体”都是物体的理想模型,前者忽略了物体的大小和形状,而紧紧抓住了“质量”和“点”这个主要因素;后者忽略了物体的形变,而抓住了形状、大小和质量分布这个主要因素。理想模型的抽象,在物理学研究中占有极其重要的地位。

假说是在观察和实验的基础上提出的,是为了说明物理现象的本质与所遵循的规律而提出的说明方案或基本论点。多次反复的实验对所作的假说进行检验,凡正确的假说上升为理论(定律或基本原理);凡不符合实际的假说,则予以否定或修正。在科学认识的发展过程中,假说至关重要,甚至是不可缺少的。

从观察、实验、抽象、假说到理论的形成,并不是物理学研究的终结,理论还须继续受到检验,不断修正,不断补充,不断完善,不断地向前发展。

物理学与工程技术科学的关系

物理学是现代科学技术和工程技术的基础,它对其他科学技术的发展总是起着推动和促进作用。

早在 17 世纪,牛顿力学已经成为天文学的基础,它也是近代一切机械、建筑和交通运输等工程技术的基础。进入 18 世纪,随着热力学的发展,蒸汽机得到广泛的应用,极大地改变了工业生产的面貌,标志着人类历史上第一次工业革命的诞生。19 世纪,在麦克斯韦电磁场理论的推动下,人们成功地

制成了发电机、电器电讯设备,实现了工业电气化,产生了人类历史上第二次工业革命。20世纪以来,由于相对论和量子力学的诞生,人们对原子结构本质的了解日益深化,推动了第三次工业革命,人类跨入了原子能技术、电子计算机技术、激光技术、空间科学等新技术的时代。随着科学技术的不断发展,虽然这个时代正在逐步让位于信息时代,但可以预料,随着物理学和其他自然科学的进一步发展,必将进一步带动技术科学的重大突破和迅速发展。

当然科学技术和生产力的进步,势必为物理学的研究提供更为先进的设备,从而又推动和加速物理学的研究和发展。

中国要实现现代化,人才的培养、全民族科学文化素质的提高、科学技术的现代化等是关键。为此,在高等学校中必须重视和加强物理教学,不断提高教学质量。物理学是大学理工科各专业的一门重要的基础课,学生应该掌握物理学的一些基本理论和基础知识,了解物理学前沿发展的某些动态,并在实验技能和运算能力以及独立钻研能力等诸方面,受到较为严格的训练,为今后学习专业知识和近代科学技术打下基础。

第一篇 力学的物理基础

力学研究的对象是物体机械运动的规律。机械运动是物体之间或物体各部分之间的相对位置随时间的变化。它是一种最简单而又最基本的物质运动形态。

描述机械运动位置变化规律的物理量,常用位移、速度和加速度等。研究机械运动规律,即位移、速度和加速度等随时间的变化关系,若不涉及引起这种变化原因的,称为运动学;若要涉及相互作用对物体运动影响的,称为动力学。本篇主要讨论质点运动学、质点动力学和刚体的定轴转动。

第一章 质点运动学

1.1 质点运动学的基本概念

运动的绝对性和描述运动的相对性 自然界中一切物质

都处于永恒不停的运动中,小至微观世界的分子、原子、质子、中子,大至日月星辰,乃至整个宇宙。运动与物质是密切相连,不可分割的。运动是物质存在的形式,物质运动独立于人们的意识之外,这就是运动本身的绝对性。但在描述物体运动时,相对于不同的参照物,所得的结论可以截然不同。例如高速运动航天飞机内的宇航员相对于该飞机是静止的,但相对于地球则是高速运动的。又如地面上的建筑物,相对于地面是静止的,但相对于太阳则是运动的。这就是描述运动的相对性。

参照系和坐标系 描述物体的运动必须指明相对于哪一个物体,这个被选作参考的物体,称为参照系。参照系不同,对物体运动的描述也不同。从描述运动的角度来看,参照系的选取有一定的任意性,视问题的性质和具体的要求而定。

要定量描述物体相对于参照系的位置,还需要在参照系上选用一个固定坐标系。坐标系的选取也是任意的,视问题的方便程度而定。常用的坐标系有直角坐标系,球坐标系和柱面坐标系。

质点 质点是运动物体的一种理想模型。任何物体都有一定的形状和大小,物体运动时,物体上各点的位置变化一般不完全相同,若要精确、详细地描述是很复杂的。但在某些问题中,当物体的形状和大小不起作用或影响甚小而可以忽略时,就可以将它看作没有形状和大小而具有质量的点,称为质点。物体是否可以视为质点不是绝对的,是由问题的具体性质所决定的。例如地球绕太阳的公转,由于地球的半径(约6370km)比公转的轨道半径(约 $1.5 \times 10^8 \text{km}$)小得多,地球上各点相对于太阳的运动,可以认为是相同的,因此在研究公转问题时,地球的形状和大小可以忽略不计,当作质点来处理。

但在研究地球自转时,再将地球作为质点显然是不合适的。

矢径 矢径是描述质点位置的物理量。描述任一时刻质点的空间位置,首先选取参照系,建立坐标系,如图 1-1 所示。确定空间一点 P 的位置,可从原点 O 向 P 点引一有向线段 $\vec{r}$ (即 $\vec{OP}$), 矢量 $\vec{r}$ 称为矢径 (也称位置矢量)。 $\vec{r}$ 在三坐标轴上的投影 (x, y, z) 称为矢径 $\vec{r}$ 的三个分量,即坐标。令 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 分别

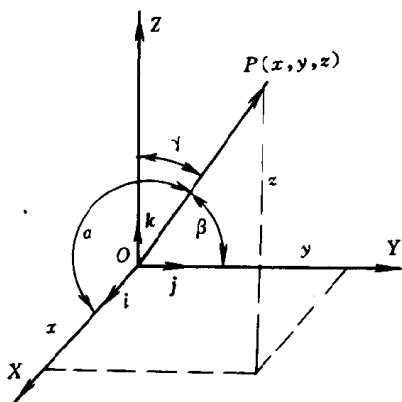


图 1-1 矢径

表示 X, Y, Z 轴方向上的单位矢量,则矢径 $\vec{r}$ 可表示为

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad (1-1)$$

其量值为

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

矢径的方向余弦为

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

其中 α, β, γ 分别为矢径 $\vec{r}$ 与 X, Y, Z 轴间的夹角。

运动方程 质点的运动,实际上是指质点的空间位置随时间的变化过程。这时质点的矢径 $\vec{r}$ 和坐标 x, y, z 都是时间 t 的函数,写作

$$\vec{r} = \vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k} \quad (1-1a)$$

或分量式

$$x=x(t), \quad y=y(t), \quad z=z(t) \quad (1-1b)$$

式(1-1a)或(1-1b)称为质点的运动方程。

当质点在平面 XOY 内运动时,运动方程简化为

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

或

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

当质点沿一直线运动时,运动方程可简化为

$$x=x(t)$$

知道质点的运动方程,就能确定任一时刻质点的位置。质点运动学的主要任务之一,便是根据具体条件,求质点的运动方程。

质点经历的空间路径称为轨道。若质点的轨道为直线时,称为直线运动;若质点的轨道为曲线时,称为曲线运动。直线运动是一般曲线运动的特例。由运动方程的分量式(1-1b)中消去时间参数 t ,即得到质点运动轨道方程 $f(x,y,z)=0$ 。例如一质点的运动方程为

$$\mathbf{r} = R\cos\omega t\mathbf{i} + R\sin\omega t\mathbf{j}$$

其分量式为

$$x = R\cos\omega t, \quad y = R\sin\omega t$$

消去 t 后可得轨道方程为

$$x^2+y^2=R^2$$

这是平面 XOY 内以原点 O 为圆心,以 R 为半径的圆周。

位移 位移是描述质

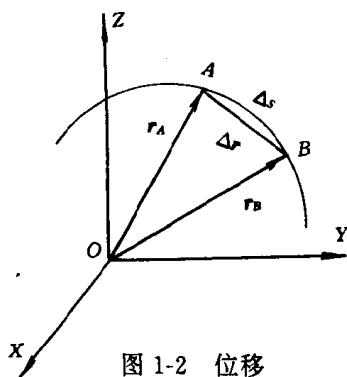


图 1-2 位移