

军队院校工科本科通用教材

大学物理

(上册)

国防科技大学出版社

军队院校工科本科通用教材

大学物理

(上册)

主编 康颖

国防科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理(上册)/康颖主编. —长沙:国防科技大学出版社,
1996. 12

ISBN 7-81024-407-8

I. 大. 大学物理

II. 康颖

III. ①大学物理②教材

IV. O4

责任编辑:戴东宁

责任校对:何 晋

封面设计:陆荣斌

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

长沙市富洲印刷厂印装

*

开本:850×1168 1/32 印张:12.375 字数:310千

1996年12月第1版 2003年1月第7次印刷 印数:27101—32100册

ISBN 7-81024-407-8

O:59 定价:19.00元

内容简介

本书是为了贯彻落实军委新时期军事战略方针,深化教学内容改革而编写的,注意汲取国内外、特别是全军专业技术院校教学改革的经验,符合国家教委关于大学物理课程教学的基本要求。

本书共分三册。第一册为力学、机械振动和机械波、气体动理论和热力学基础;第二册为电磁学;第三册为波动光学、近代物理和现代技术的物理基础。非基本内容冠以“*”号;扩展性内容则用小字排版。增编的现代技术的物理基础由于课时有限,可作为选讲和阅读材料,以提高学员的学习兴趣,扩大科学视野,开阔思路。

本书讲授时数为130学时左右。可作为高等工科院校本科各专业的大学物理课程教材,也可供理科非物理专业的大学物理课程使用,还可作为工程技术人员的参考书。

编审单位及人员

主编单位:海军工程学院

参编单位:军械工程学院

装甲兵工程学院

后勤工程学院

二炮工程学院

主 编:康颖

副主编:刘直承 谢凤仙 李树河 陈祖德 季兆歧

编 写:康 颖 李定国 周 骏 陈祖德 徐 军

王庆国 刘直承 郑成君 王兰芝 朱 霞

谢凤仙 张建祥 季兆歧 费保俊 李树河

彭宏庆 南秀华

参审单位:国防科技大学

通信工程学院

二炮指挥学院

通信指挥学院

特聘评审专家:国家教委前工科物理课程指导委员会副

主任委员、西安交通大学吴伯诗教授

审 查:夏家祚 严欣达 杨俊才 杨建光 吴正邦

陈 浩

序

20 世纪后半半个世纪,物理学在前此建立起来的狭义相对论、量子力学、量子电动力学、统计物理和许多重要物理实验基础上,以前所未有的速度发展着。物理学的许多分支学科,如原子分子物理、核物理、粒子物理、固体物理以及等离子体物理等都得到极大的发展。可以说,物理学和它的主要分支学科的发展和成就决定了 20 世纪后半半个世纪科学技术整个发展进程。

20 世纪后半半个世纪,科学发展的另一个重要特征是学科间相互渗透和交叉综合。物理学和其它学科相互渗透综合产生了一系列交叉学科和边缘学科,如化学物理、生物物理、大气物理、海洋物理以及地球物理等等。物理学的新概念、新理论和新的实验方法向其它学科转移促成各该学科的发展。

20 世纪后半半个世纪,新技术、特别是高新技术发展之快也是前所未有的。高新技术包含的科学知识密集、综合性极高,如航天技术、信息技术、生物技术、激光技术等都涉及到数学、物理学、化学、材料科学、电子学等。但可以说,高新技术无一例外的与物理学的基本概念、基本理论和基本实验方法密切相关,其发展在很大程度上依赖物理学及有关的其它学科的发展。

现代军事科学的科学知识密集性、综合性极高,处于科学技术前沿。海湾战争向人们展示现代化战争在相当大程度上是高新技术的较量!现代军事科学离不开物理学的新成就,如红外制导、红外夜视、激光雷达、声纳、核技术和核武器等都与物理学原理和物理实验技术密切相关。

这一切都表明在科学技术发展的进程中,物理学不但在过去曾处于主导地位,可以预言,21 世纪物理学仍将处于主导地位,而且它的作用将会更加突出。

物理学和科学技术关系如此密切,以致一个高级工程技术人才、一个高级军事科技人才,其物理基础的厚薄、掌握的好坏,将是衡量其科学素质高低的重要标准之一。

大学物理课是一门重要的基础课。高等学校理工科类专业开设大学物理课,其作用一方面在于较系统的为学生打好必要的物理基础,另一方面使学生初步学习科学的思想方法和研究问题的方法,这些都起着增强适应能力、开阔思路、激发探索和创新精神,提高人才科学素质的重要作用。学好大学物理,不仅对学生在校学习十分重要,而且对学生毕业后的工作和在工作中进一步学习新理论、新知识、新技术,不断更新知识,都将产生深远的影响。

大学物理课是在低年级开设的课程,它在使学生树立正确的学习态度,掌握科学的学习方法,培养独立获取知识的能力,以尽快适应大学学习规律等方面的作用也是十分重要的。

大学物理课在培养学生辩证唯物世界观、科学的时空观等方面也起着一定的作用。

总参谋部军训部组织海军工程学院等五所院校编写的这本大学物理教材,总结了教师们多年来从事大学物理课教学经验,并汲取了国内外一些物理教材的优点,我看后觉得其主要特点有:

一、参照国家教委颁布的高等工业学校《大学物理课程教学基本要求》,精选了内容;编写中注意了和中学物理的衔接,避免了不必要的重复、适当地提高了起点,全书内容安排、教学要求切合我国当前大学物理教学实际。

二、这本教材的一个重要特点是加强了现代技术的物理基础,特别是联系军事科学技术的物理基础,全书重视理论联系实际。教材第二十章中介绍了涉及红外、激光、空间技术等广泛领域的现代科技知识,每一部份除简要介绍相应的物理基础理论外,对实际应用都有较详尽的介绍。这些内容的引入对激发学生学习物理的兴趣,开拓学生视野,提高学生科学素质来说显然是很有益的;对进

一步探索大学物理教材改革和研究适用于培养面向 21 世纪科技人才的大学物理教材等都是有启迪作用的。

三、这本教材编写中注重物理概念的阐述;定理、定律等表述准确、清楚、简洁、文字流畅,易读、易学。

四、精选了例题、习题。例题求解过程注意引导、培养学生科学思维方法和分析问题解决问题的能力;习题与理论配合较好,有难有易,数量适中。

综上所述,我认为这本教材是一部注重改革、富有新意、利于教学使用的好教材。

吴伯诗

西安交通大学

1996 年 11 月 30 日

前 言

为了贯彻军委新时期军事战略方针,深化全军专业技术院校《大学物理》课程的教学内容改革,进一步提高《大学物理》课程的教学质量,以适应培养打赢现代条件下特别是高技术条件下局部战争的合格人才的需要,从 1995 年起,由总参军训部组织海军工程学院、军械工程学院、装甲兵工程学院、后勤工程学院、第二炮兵工程学院等院校,由海军工程学院担任主编院校,在对地方大学和全军专业技术院校《大学物理》教材及教学改革进行充分分析研究的基础上,进行了编写工作。经讨论提纲、分头撰写、主编统稿、汇稿几个阶段,几易其稿。

为了确保教材质量,在广泛征求意见的基础上,总参军训部邀请了国家教委工科物理课程教学指导委员会和国防科技大学、通信工程学院、二炮指挥学院、通信指挥学院的军内外专家,成立由吴伯诗、夏家祚、严欣达、杨俊才、杨建光、吴正邦、陈浩组成的专家组,召开了为期 3 天的审稿会,对书稿进行了全面深入的审查。会后,根据专家组的意见,主编又做了进一步的修改。

本书符合国家教委和总参军训部对《大学物理》课程教学的基本要求,以我军专业技术院校大学物理课程多年教学改革的经验为基础,注意吸收国内外同类教材的优点。在搞好与中学物理衔接的基础上,提高了部分内容的起点;在保证经典内容的基础上,注意了近代物理知识的渗透,并且增编了现代技术的物理基础及其应用,力求内容现代化;在保证基本理论体系的系统性、完整性、科学性的基础上,注意精选内容、例题、习题,重点突出;说理透彻;注意突出高等数学在物理中的应用,加强物理规律在实际中的运用,特别是在军事上的应用;全书采用国际单位制(SI),并使用全国自

然科学名词审定委员会 1989 年公布的物理学名词。

本书第一册由康颖、李定国、周骏、陈祖德、徐军编写；第二册由王庆国、刘直承、郑成君、王兰芝、朱霞编写；第三册由谢凤仙、张建祥、季兆歧、费保俊、李树河、刘直承、彭宏庆、南秀华编写。最后由康颖统稿。

本书在使用一段时间后，总参军训部将组织专家进一步修改完善，因此，希望各院校在使用过程中，积极提出宝贵意见，以便再版时修订。

《大学物理》编写组

1996 年 6 月 30 日

目 录

第一章 质点运动学	(1)
§ 1-1 参考系 质点.....	(1)
§ 1-2 描述质点运动的物理量.....	(3)
§ 1-3 运动学的两类问题.....	(8)
§ 1-4 直角坐标系的运用	(10)
§ 1-5 自然坐标系的运用	(19)
§ 1-6 参考系的变换	(29)
本章内容提要	(33)
习 题	(34)
第二章 质点动力学	(38)
§ 2-1 牛顿运动定律及其应用	(38)
§ 2-2 物理量的单位和量纲	(54)
§ 2-3 非惯性系 惯性力	(55)
§ 2-4 功 动能定理	(63)
§ 2-5 保守力 势能	(72)
§ 2-6 功能原理 机械能守恒定律	(78)
§ 2-7 冲量 动量定理	(87)
§ 2-8 动量守恒定律	(95)
*§ 2-9 质心 质心运动定理	(98)
§ 2-10 碰 撞	(104)
§ 2-11 系统内质量流动问题	(111)
§ 2-12 质点的角动量与角动量守恒定律	(115)
本章内容提要	(120)
习 题	(122)

第三章 刚体的定轴转动	(131)
§ 3-1 刚体的运动.....	(131)
§ 3-2 刚体定轴转动定律.....	(133)
§ 3-3 定轴转动中的功能关系.....	(146)
§ 3-4 刚体的角动量与角动量守恒定律.....	(152)
*§ 3-5 回转仪 旋进.....	(159)
本章内容提要	(163)
习 题	(164)
第四章 机械振动	(170)
§ 4-1 简谐运动.....	(170)
§ 4-2 微振动的简谐近似.....	(180)
§ 4-3 简谐运动的能量.....	(183)
§ 4-4 旋转矢量图示法.....	(188)
§ 4-5 简谐运动的合成.....	(193)
*§ 4-6 阻尼振动 受迫振动 共振.....	(202)
本章内容提要	(209)
习 题	(211)
第五章 机械波	(216)
§ 5-1 机械波的一般概念.....	(216)
§ 5-2 平面简谐波的表达式.....	(222)
§ 5-3 波的能量 能流密度.....	(231)
§ 5-4 惠更斯原理.....	(237)
§ 5-5 波的干涉.....	(240)
§ 5-6 驻 波.....	(246)
§ 5-7 声 波.....	(255)
§ 5-8 多普勒效应.....	(259)
本章内容提要	(263)
习 题	(265)

第六章 气体动理论	(270)
§ 6-1 热力学系统 平衡态.....	(270)
§ 6-2 理想气体的压强公式.....	(275)
§ 6-3 理想气体的温度公式.....	(280)
§ 6-4 麦克斯韦速率分布律.....	(283)
§ 6-5 玻耳兹曼分布律.....	(291)
§ 6-6 能量按自由度均分定理.....	(294)
§ 6-7 分子碰撞 平均自由程.....	(299)
*§ 6-8 气体内的输运过程.....	(302)
*§ 6-9 实际气体的范德瓦耳斯方程.....	(306)
本章内容提要	(310)
习 题	(312)
第七章 热力学基础	(316)
§ 7-1 热力学第一定律.....	(316)
§ 7-2 热力学第一定律对理想气体的应用.....	(321)
§ 7-3 理想气体的绝热过程和多方过程.....	(328)
§ 7-4 循环过程 卡诺循环.....	(334)
§ 7-5 热力学第二定律.....	(342)
§ 7-6 熵 熵增加原理.....	(346)
本章内容提要	(355)
习 题	(357)
附 录	(362)
习题答案	(367)

第一章 质点运动学

在物质多种多样的运动形式中,最简单而又最基本的运动是物体之间或物体各部分之间相对位置的变化,称为机械运动。机器的运转、宇宙飞船的航行、水的流动等都是机械运动。力学就是研究机械运动的规律及其应用的学科,它是许多学科的基础。

研究力学,我们采取由表及里、从现象到本质的步骤。先描述物体的位置如何随时间变化,这部分内容称为运动学。然后进一步研究物体间的相互作用及其对运动状态的影响,这部分内容称为动力学。本章研究质点运动学。

§ 1-1 参考系 质点

一、参考系

一棵树对地面来说是静止的,对前进着的车辆来说它在向后运动。在匀速前进的车厢中自由下落的小球,对车厢来说是沿直线运动的,对地面来说它的运动轨迹却是曲线。因此要描述物体的运动,首先必须指明是相对哪一个物体才有意义。被事先选定的标准物体称为参考系。以参考系为标准,就是将参考系当作是“静止”的,来研究物体相对于参考系的运动。例如我们可以将飞行中的飞机当作是“静止”的,研究乘客相对于飞机的运动。这里,飞机就是研究乘客运动的参考系。参考系的选择可以是任意的,主要看问题的性质和研究起来是否方便。讨论地面上物体的运动时,通常选地球为参考系;要研究宇宙飞船的运动,当运载火箭刚发射时,一般选地球为参考系,当飞船绕太阳运行时,则可选太阳为参考系。事

实上,地球以大约 $3.0 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度绕太阳运动,而太阳在银河系中也以约 $3.0 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度运动着。因此,运动本身是绝对的,对运动的描述是相对的。

要定量描述物体的运动,就要精确定位物体的位置,这就需要建立坐标系。应当明确,坐标系是固连在参考系上的。实际上,坐标系就是由参考系抽象而成的数学框架。常用的坐标系是直角坐标系,根据需要,也可选用其它坐标系,如极坐标系、自然坐标系等,选取适当的坐标系可以简化问题的处理。

二、时间和时刻

任何物体的运动都是在时间和空间中进行的,运动不能脱离空间,也不能脱离时间。因此要定量描述物体的运动还应当建立时间的“坐标轴”,时间轴上的点表示时刻,它与物体的某一位置相对应,两个时刻之间的间隔表示时间,它与物体位置的某一变化过程相对应。

三、质 点

有了时空坐标,就能定量描述物体的运动了。但是,任何物体都有形状、大小和质量,它的运动可能是平动、转动或更复杂的运动。因此,要定量研究物体的运动不是一件容易的事。例如从枪口射出的子弹,似乎在空中只向前飞行,实际上子弹还在绕自身的轴线旋转,而且,其轴线的取向也在不断变化。如果不分主次地考虑重力、空气阻力、风速等所有因素的影响,那就连弹道曲线也难以得到。如果忽略次要因素,把子弹的运动简化为只在重力作用下一个具有质量的点的运动,就容易找到其运动规律。尽管结果是近似的,但可以在此基础上再逐步深入地进行研究。突出主要因素,选取适当的模型代替实际物体,这不仅对于学习物理学,而且对于学习一切科学技术,都是极为重要的方法。

质点是物理学中引入的一个理想模型。把物体视为质点,就是把实际物体看作是一个具有一定质量的几何点。一个物体能否被视为质点并不取决于它的实际大小,而是取决于所要研究的问题的性质。如果在所研究的问题中、物体上各点运动的差异可以忽略时,那就能把它视为质点。如研究地球绕太阳公转时,由于地球至太阳的距离远大于地球的半径,地球上各点相对太阳的运动可以认为是相同的,因此能把地球视为质点。但在研究地球自转时,地球上各点的情况就大不相同,这时就不能把地球视为质点。当物体不能视为质点时,可以把整个物体看成是由许多质点组成的,分析这些质点的运动就可弄清整个物体的运动。因此,研究质点的运动是研究实际物体复杂运动的基础。

§ 1-2 描述质点运动的物理量

描述质点的运动,就是描述质点的空间位置随时间变化的各种情况。通常用位置、位移、速度和加速度等物理量来描述质点的运动。

一、位置矢量

位置矢量 要描述一个质点的运动,首要问题是如何确定质点相对于参考系的位置。为此,取固定于参考系上的一点 O ,称之为原点,从原点 O 到质点所在位置 P 的有向线段 $\vec{r}$ 能唯一地确定质点相对于参考系的位置。如图 1-1 所示, $\vec{r}$ 的指向说明 P 点相对参考系的方位, $\vec{r}$ 的大小 $|\vec{r}|$ 记为 r ,它表明 P 点到原点的距离。 $\vec{r}$ 称为位置矢量,简称位矢,也叫径矢。



图 1-1

位置矢量的单位与长度单位相同,其SI(国际单位制)单位为米(m)。

运动方程 质点运动时,其位置要随时间变化。这一变化一般用下述函数形式表示

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-1)$$

$\mathbf{r}$ 的端点描绘出质点运动的轨迹。式(1-1)包含有质点如何运动的全部信息,称之为运动方程或位矢方程。

二、位移矢量

位移是描述质点位置变动大小和方向的物理量。

设质点在时刻 t 和 $t + \Delta t$ 分别通过 P_1 点和 P_2 点,其位置矢量由 $\mathbf{r}_1$ 变为 $\mathbf{r}_2$,如图 1-2 所示。在 Δt 这段时间内,由初位置 P_1 指向末位置 P_2 的有向线段 $\Delta \mathbf{r}$ (即 $\overrightarrow{P_1 P_2}$) 可以确切而简明地表示质点位置变化的大小和方向,称之为位移矢量。由矢量加法,有

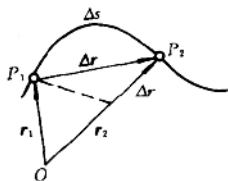


图 1-2

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \quad (1-2)$$

上式表明,质点在某段时间内的位移等于同段时间内位矢的增量。

位移的单位也是米(m)。

需要指出的是,位移的大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 仅由 Δt 这段时间内质点的始末位置间的直线距离决定,与质点经历的实际路径 Δs 无关;量值 $|\Delta \mathbf{r}|$ 不能写为 Δr ,因为 $\Delta r = |\mathbf{r}_2| - |\mathbf{r}_1|$,是位矢的大小在这段时间内的增量,如图 1-2 所示。一般来说, $|\Delta \mathbf{r}| \neq \Delta r$ 。

三、速度矢量

速度是描述质点位置随时间变化的快慢和方向的物理量。