



全国高职高专教育“十一五”规划教材

应用物理学

杨砚儒 主编
刘扭参 汤庆国 吴颖 副主编

高等教育出版社



全国高职高专教育“十一五”规划教材

应用物理学

杨砚儒 主编

刘扭参 汤庆国 吴 颖 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是在“以应用为目的,以必需够用为度”的原则指导下,按照1999年《全国高职高专物理课程教学基本要求》(讨论稿)而编写的。本书充分利用了高中物理知识,并注意同中学知识的衔接,避免不必要的重复;在着重阐明物理学基本概念和基本规律的同时,降低了理论要求;既有丰富的、联系工程实际的接口性内容,又有适当渗透近代物理思想观点的窗口性内容,以便学生能尽早地了解物理学原理在工程技术中的应用;在每章后都附有专题选读材料、相关科学家简介,以拓宽学生视野;每章后都有大量习题,并将部分习题参考答案置于书后。

全书内容分为力学、热学、电学、磁学、振动、波动、光学及物理与新技术等几大部分,建议参考教学为60~90学时,部分选修内容以“*”标出。本书适用于应用性、技能型人才培养的各类教育的理工科相关专业,也可供相关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

应用物理学/杨砚儒主编. —北京:高等教育出版社,
2007.8

ISBN 978-7-04-020914-3

I. 应… II. 杨… III. 应用物理学-高等学校:技术学
校-教材 IV. O59

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第109231号

策划编辑 周光海 责任编辑 张海雁 封面设计 杨立新 责任绘图 吴文信
版式设计 余 杨 责任校对 殷 然 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 19
字 数 460 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007年8月第1版
印 次 2007年8月第1次印刷
定 价 23.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20914-00

前 言

本书是在“以应用为目的,以必需够用为度”的原则指导下,按照1999年《全国高职高专物理课程教学基本要求》(讨论稿)而编写的。本书具有如下特点:一、充分利用了高中物理知识,注意同中学知识的衔接,避免不必要的重复;在知识结构、深度、广度、逻辑严密性等方面有很大的提高,更注重知识的层次性,更突出物理概念、物理规律、物理思想及物理学与相关前沿学科、新技术之间的联系,强调物理学对各学科的促进作用,注重扩展学生知识面和提高学生思维能力及应用知识解决问题的能力。二、在着重阐明物理学基本概念和基本规律的同时,适当降低了理论要求,以必需够用为度。三、既有丰富的、联系工程实际的接口性内容,又有适当渗透近代物理思想观点的窗口性内容,以便学生能尽早地了解物理学原理在工程技术中的应用。四、物理新技术部分介绍了物理学原理在不同领域中的应用,可根据不同专业的要求有选择地学习。五、在每章后都附有专题选读材料,以拓宽学生视野,以更紧密地同现代科学技术的发展相联系,并注重将物理学史贯穿其中。部分选修内容以“*”标出。

在内容的选排上坚持了以下原则:

1. 与学生认知能力相适应的原则

要使学习内容能让学生主动学习,教材的内容就要符合学生的认知能力,所以,高职高专物理教材的内容不应该是着重于理论化的、系统化的书本知识,而应降低知识的难度,并注意由易到难,由简到繁。

2. 实用性原则

高职教育主要是培养社会需要的各种技术型人才,必须强调物理知识的实用性。教材的内容要选择那些与当前或将来面对的生产和生活环境有密切联系的,有助于学生认识并解决当前和未来生活和工作中的问题的知识,从学生的发展需要出发考虑设计和把握课程内容,不过多地考虑内容的完整性、系统性,主要是让学生在学物理知识的过程中获得解决问题的能力。

3. 精选经典、突出现代的原则

从发展的趋势来看,经典物理的内容要进一步精选,有些知识的重要性还要逐步提高,现代物理的内容有所加强,当今现代物理科学领域中涌现的大批新成果,要从中吸取一些新的基础知识,构成教材的新内容。学生通过学习这些新的基础知识,不仅可以拓宽知识面,领略现代物理思想与方法,而且对学生将来的发展也是非常有利的。

本书由天津职业大学杨砚儒主编,并编写其中静电场和物理与新技术部分;波动光学由河南纺织高等专科学校刘祖参编写;磁场部分由安徽蚌埠学院汤庆国编写;力学部分由内蒙古乌海职业技术学院吴颖编写;振动和波由天津职业大学王丽华编写;热学部分由天津职业大学高建云编写;几何光学由天津职业大学刘莹莹编写。另外山东滨州职业学院的李炳新,天津工程职业技术学院的向永红,河南平原大学的朱利娜也参与了本书的相关编写工作。

本书承蒙武汉商贸职业学院俞礼钧教授和曾广银副教授审定,他们提出了许多宝贵意见和建议;相关的编写工作得到了高等教育出版社的大力支持;在编写过程中参考了相关同仁的大量

书籍资料,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编 者
2007年7月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传真：(010)82086060

E-mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100011

购书请拨打读者服务部电话：(010)58581115/58581116/58581117/58581118

数码防伪说明：

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至95881280，免费查询所购图书真伪，同时将有资格参加鼓励使用正版图书的抽奖活动，赢取各类奖项，详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

短信反盗版举报：编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至9588128

短信防伪客服电话：(010)58582300/58582301

目 录

绪论	1	4-1 平衡态 理想气体物态 方程	61
第一章 质点力学	4	4-2 准静态过程 功	62
1-1 矢量的基本概念	4	4-3 热力学第一定律 内能	64
1-2 质点 参考系	8	4-4 理想气体的等体过程和等压 过程 摩尔热容	65
1-3 质点的直线运动	10	4-5 理想气体的等温过程和绝热 过程	67
1-4 运动的合成与分解	12	4-6 循环过程 卡诺循环	69
1-5 平面曲线运动	13	4-7 热力学第二定律 熵增 原理	71
选读材料:惯性与惯性系	19	4-8 传导、对流与辐射	73
科学家简介:伽利略	20	选读材料:能源的开发和利用	75
习题	20	科学家简介:玻耳兹曼	77
第二章 力学中的守恒定律	22	习题	78
2-1 质点的动量定理	22	第五章 机械振动	83
2-2 质点系的动量定理	25	5-1 简谐振动	83
2-3 动量守恒定律	26	5-2 描述简谐振动的物理量	85
2-4 碰撞	28	5-3 旋转矢量法	90
2-5 功 功率	31	5-4 简谐振动的能量	93
2-6 保守力的功	34	5-5 简谐振动的合成	94
2-7 质点的动能和动能定理	36	5-6 简谐振动的分解 频谱	95
2-8 机械能守恒定律	38	5-7 阻尼振动 受迫振动 共振	97
选读材料:守恒定律与对称性	39	5-8 振动的利用和防护	100
科学家简介:杨振宁	40	选读材料:我国古代的韵律学	102
李政道	41	科学家简介:胡克	103
习题	41	习题	104
第三章 刚体转动	43	第六章 波动基础	107
3-1 刚体的基本运动	43	6-1 机械波的产生和传播	107
3-2 转动定律	46	6-2 平面简谐波的波函数	111
3-3 转动的动能定理	51	6-3 波的能量 能流密度	115
3-4 角动量守恒定律	53	6-4 惠更斯原理 波的干涉	117
选读材料:转动惯量的测定	56		
线性与非线性	56		
科学家简介:爱因斯坦	57		
习题	58		
第四章 热力学基础	61		

6-5 驻波	120	10-4 磁场的能量	204
6-6 声波	122	10-5 电磁波	205
6-7 多普勒效应	127	选读材料:等离子体	208
选读材料:中国古代的喷水鱼洗及 其水面驻波	130	科学家简介:法拉第	211
科学家简介:惠更斯	131	习题	213
习题	133	*第十一章 几何光学	216
第七章 静电场	137	11-1 几何光学基本定律	216
7-1 库仑定律	137	11-2 薄透镜	220
7-2 电场 电场强度	139	11-3 光学仪器	223
7-3 电场中的高斯定理	142	选读材料:几何光学的发展简史	227
7-4 环路定理、电势能和电势	148	科学家简介:牛顿	228
选读材料:关于电势零点选择问题的 讨论	154	习题	229
科学家简介:高斯	156	第十二章 波动光学	236
习题	157	12-1 相干光	237
第八章 静电场中的导体和电介质	161	12-2 杨氏双缝实验	238
8-1 静电场中的导体	161	12-3 光程 光程差	241
8-2 静电场中的电介质	164	12-4 薄膜干涉	242
8-3 电容	165	12-5 光的衍射	247
8-4 电场能量	168	12-6 夫琅禾费单缝衍射	249
选读材料:静电的防止与应用	170	12-7 夫琅禾费圆孔衍射	253
科学家简介:库仑	171	12-8 光栅衍射	255
习题	173	12-9 光的偏振性 马吕斯定律	257
第九章 恒定磁场	175	12-10 反射光和折射光的偏振 旋光现象	260
9-1 磁场 磁感强度	175	选读材料:全息术 光纤通信	262
9-2 磁场的高斯定理和安培环路 定理	178	科学家简介:菲涅耳	266
9-3 磁场对运动电荷的作用	181	夫琅禾费	267
9-4 磁介质	185	习题	268
选读材料:超导电性及其应用	188	*第十三章 物理与新技术	274
科学家简介:安培	191	13-1 空间技术	274
习题	192	13-2 新能源技术	279
第十章 电磁感应及电磁场	196	13-3 新材料技术	282
10-1 法拉第电磁感应定律	196	13-4 现代通信技术	284
10-2 动生电动势和感生电动势	198	13-5 传感器技术	289
10-3 自感和互感	201	部分习题参考答案	292
		参考书目	295

绪 论

一、物理学研究的对象

物理学是一门研究物质的基本结构、相互作用和运动状态的基本规律的科学。它所涉及的范围很广,在自然界中,从简单的位置变动到抽象的思维过程;从人所直接感知的宏观世界,到人所不能直接感知的微观世界和宇宙世界;从物质运动的低速范围到高速范围;从物质运动所表现出的连续性和不连续性等,都是物理学研究的对象和内容。就生命有机体来说,既有表现为机械运动的心脏跳动与血液流动;也有表现为物理变化、化学变化的机体对物质的消化与吸收;还有表现为生物有机体所特有的生命活动。各种不同的物质的运动形式既服从普遍规律,又各自具有独特的规律。

二、物理学的地位和作用

物理学所研究的运动也普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式之中,因此物理学所研究的规律具有极大的普遍性。例如,宇宙间的任何物体,不论其化学性质如何,也不论其有无生命,都遵从物理学的万有引力定律;它们的一切变化和过程,无论它们是否具有化学的、生物的其他特殊性质,都遵从物理学中所发现的能量守恒定律。正是由于物理学所研究的物质运动规律具有的普遍性,物理学才在自然科学中占有极其重要的地位,成为自然科学的重要基础,当代工程技术的重大支柱。

本课程是为实现技术型、应用型人才的培养目标而开设的一门基础课。其教学目的就是,通过本课程的学习,一方面要为学生形成科学世界观打下必要的物理学基础,同时也为学生学习后续课程、形成职业技能和将来从事本职工作,打下必要的物理学基础。其教学目标是:

- (1) 使学生理解物理学的基本规律,了解物理学基本理论在生产技术中的重要应用。
- (2) 使学生在物理思维能力和应用能力方面而受到进一步的训练,培养学生分析问题、解决问题的能力,使学生毕业后在实际的工程技术工作中具有一定的物理基础和对物理知识的应用能力。
- (3) 为学生学习专业知识和参加工程实践打下必要的物理基础。

三、物理学与人类文明

由于物理学研究的范围很广,使得它对近代和现代的物质文明和精神文明都产生了重大而深远的影响,其成果对人类各个活动领域的影响,即使在日常生活中也有着强烈的体现。

18 世纪中期,历史上第一辆蒸汽机车的发明得益于热学的研究。蒸汽机的使用,促进了手工业生产向机械化大生产的转变,并使陆上和海上较大规模的长途运输成为可能,这大大推动了社会的发展。19 世纪后期,在电磁学研究的基础上发展起来的电力的开发和利用,给生产和生活带来深刻的影响,使人类社会进入了电的时代。20 世纪原子核物理学的研究成果,秦山核电站的建

成和使用,向人们展示了新的能源——核能。

物理学的成果不仅已渗透到所有自然科学和工程科学,而且逐渐渗透到人文科学,甚至对哲学、艺术和宗教屡屡造成强大的冲击。所以,我们说物理学是人类文化的精彩篇章,也是现代文明生活中不可缺少的基础知识,任何有志于切实提高科学素养的人,都有必要学会鉴赏这一篇章。

四、物理学与工程技术

物理学研究的重大突破均导致生产技术的飞跃进展,17、18 世纪,由于牛顿力学和热力学的发展,蒸汽机应运而生,引起了第一次工业革命;19 世纪电流磁效应和电磁感应规律的发现,很快促成了商用发电机、电动机的发明和创造,人类终于迎来了电气时代,这是第二次工业革命;世界的面貌因之发生了迅速的改变。另外,声波和光波是人们传递、获得信息的基本媒介,电磁波的发现和随后的应用,极大地丰富了信息传递的手段,电、磁、声、光四种信号之间可转换性的陆续发现,导致了电话、广播、电视、传真、光纤等一系列技术的应用。

半导体理论的成果则导致微电子技术和信息处理技术的长足进步;再加上计算机自动、高速、准确的信息处理功能,终于造就了现代信息产业的高度繁荣,以及机器人产业的崛起,迎来了第三次工业革命。所以迄今为止的大多数工程技术,包括卓有成效的航空航天技术都是以经典物理学为基础的。反过来说,技术进步又推动着物理学的发展。因此,要掌握现代生产技术,就必须具备一定的物理知识,对于高等工程专科的学生来说,物理知识又是学习专业课程所必需的基础。

五、物理学的研究方法

深入地观察现象,从现象的复杂因素中选择少数主要因素进行实验,对观测结果进行分析、综合,提出必要的假设,建立恰当的模型,然后应用数学工具形成理论,并在实践中检验和修正理论,这就是物理学的实验方法,实际上也是人们公认的科学研究的**方法,物理学的实验方法的逻辑论证和数学分析,在其他科学领域和工程实践中,常常被当作典范而加以模仿。

跟实验一样,物理模型本质上也是一种简化,它以客观原型为依据,只是突出地反映原型中对所研究问题起决定作用的因素,完全忽略了其他因素,因而具有广泛的适用性。

物理学始终贯彻着实事求是的精神,在它的发展过程中,总是不断根据新的观测事实,或者提出新的模型或者对原有模型进行修改扩充甚至淘汰。学习物理知识的同时还要学习体现于物理学中的科学态度和研究方法,正确的态度和方法,可以使人受益终生。

六、如何学好物理学

(1) 物理学的每一分支,都是一系列的概念和规律组成的,物理概念是物理知识体系的基础,它们都有严格的定义。物理规律(原理、定理、定律)是物理理论的核心,它反映了物理状态或物理过程所涉及的物理概念之间的必然联系,通常原理、定律的依据是实验,而定理则是原理、定律的推论。学习物理学,必须明确认识其中的概念和规律的物理意义,并能够应用于分析和解决实际问题。

(2) 做好练习。

(3) 要重视观察和实验。

总之,物理学已经成为基础科学中发展最快,影响最深的一门科学.高等职业教育的目标是培养高级应用型人才,为了将来能够在科学技术更新越来越快的情况下适应社会的需要,就必须加强基础理论的学习.大学物理是一门工科专业重要的基础课,我们应该牢固掌握物理学的基本理论和基础知识,深刻理解物理规律的意义,并在实验技能与运算能力以及独立思维能力等方面受到严格训练,为今后专业知识及近代科学技术的学习打下必要的物理基础.

第一章 质点力学

知识目标

1. 了解质点、参考系、坐标系的概念。
2. 理解矢量和标量的定义、特点和性质。
3. 掌握位置矢量、位移、速度、加速度的定义,质点运动的基本规律。

力学是整个物理学大厦中最先营建和早已落成的重要组成部分. 17 世纪形成了以牛顿力学为基础的经典力学,其理论体系在 19 世纪上半叶即告完成,成为物理学其他分支研究的基础和起点,并广泛地用来指导生产和实际. 例如,设计房屋、桥梁,制造轮船、飞船,发射人造地球卫星等等,都要以力学原理为基础.

力学是研究物体机械运动规律及其应用的学科. 自然界中的一切物体都处于永恒的运动中,物质的运动形式多种多样,其中最简单、最基本的运动形式是机械运动. 机械运动是指一个物体相对另一个物体(或一个物体的某部分相对于其他部分)位置的变化.

质点力学是研究质点运动规律的,本章从矢量知识入手,来阐述质点运动学和动力学的基本知识.

1-1 矢量的基本概念

本课程中有些物理量,如速度、加速度、力、动量等都是矢量,而且有些重要的物理定律,如牛顿运动定律、转动定律等,也都是以矢量式给出的. 因此先学一点矢量的基本概念,奠定一个良好的数学基础,这对学好本课程很有好处.

一、矢量和标量

我们有一个既有大小又有方向且加法遵守平行四边形定则的量称之为矢量,而只有大小没有方向的量称为标量. 例如位移、速度、加速度等物理量都是矢量,而时间、质量、功、温度等物理量都是标量.

二、矢量的表示法

一个矢量,可以用字母表示,也可以用线段表示. 我们规定,矢量用带有箭头的字母(如 $\vec{A}$)或黑体字母(如 $\mathbf{A}$)表示,而用白体字母(如 A)表示矢量的大小. 例如,力是矢量,用 $\vec{F}$ 或 $\mathbf{F}$ 表示,而 F 表示力的大小;同样速度是矢量,用 $\vec{v}$ 或 $\mathbf{v}$ 表示,而 v 表示速度的大小. 用线段表示矢量时,如图 1-1 所示,线段的长度表示矢量的大小,箭头表示矢量的方向.

例 1 用有向线段确定一个点在 Oxy 平面上的位置.

图 1-1 用有向线段表示矢量

解:如图1-2所示,有向线段的长度 OP 表示 P 点离坐标原点 O 的距离,而线段的箭头确定了 P 点所在方位,这样有向线段 $\overrightarrow{OP}$ 就确定了 P 点在 Oxy 平面上所处的位置。

为了方便,矢量 $\overrightarrow{OP}$ 用符号 r 表示(r 称为位置矢量,简称位矢,详见1-2节)。

$$\text{位矢 } r \begin{cases} \text{大小 } r = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \text{方向 } \tan \alpha = \frac{y}{x} \end{cases}$$

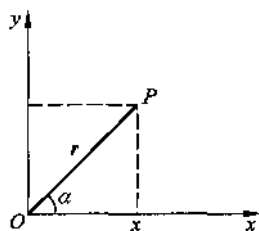


图1-2 矢量的坐标表示

三、矢量的模 单位矢量

1. 矢量的模

对矢量取绝对值,即为矢量的大小,称为矢量的模,例如位矢 r 的模表示为 $|r| = r$ 。

2. 单位矢量

如果矢量的模等于1,则称为单位矢量。引入单位矢量概念,可以把矢量的两个重要特征:大小、方向,用文字同时表示出来,例如 $v = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} e_t$,式中 e_t 表示沿切线方向单位矢量。用 e_n 表示法线方向单位矢量。

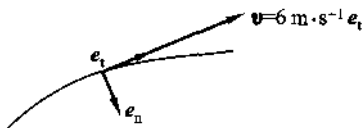


图1-3 矢量的方向

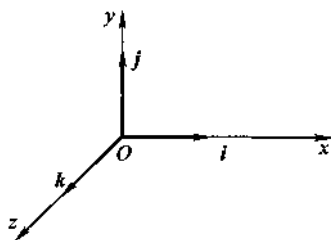


图1-4 单位矢量

如图1-3所示,这样 $v = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} e_t$,就清晰地告诉我们物体运动速度大小是 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,方向沿曲线切线方向,可见 e_t 的方向随时间变化。如图1-4所示,用符号 i 、 j 、 k 分别表示沿 x 轴、 y 轴、 z 轴方向的单位矢量。在空间直角坐标系中,坐标轴 x 、 y 、 z 方向固定不变,所以单位矢量 i 、 j 、 k 的方向与时间无关。

例2 解读下式的物理意义:

$$v = -2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} i$$

解:上式左边符号 v ,表示速度是矢量,有大小,有方向。等式右边符号 i 表示速度方向沿 x 轴正方向的单位矢量,式中负号表示 v 与 i 反向,故 $v = -2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} i$ 表示物体运动速度的大小是 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,方向沿 x 轴负方向。注意:只有大小相等、方向相同的两个矢量才能相等。若 $v = -2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} i$ 写成 $v = -2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} i$ 或 $v = -2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 那就错了,因为矢量与标量是不能相等的。

四、矢量运算

1. 用作图法求两个矢量的和

如图 1-5 所示,已知 F_1 、 F_2 ,求合力 F 。

根据平行四边形定则求。作图时,可将平行四边形定则简化成三角形定则,方法如下:



图 1-5 矢量的作图表示

方法一:平移 F_1 ,使 F_1 与 F_2 首尾相连,则有向线段 F 即为所求合力,如图 1-6(a)所示。

方法二:平移 F_2 ,使 F_2 与 F_1 首尾相连,则有向线段 F 即为所求合力,如图 1-6(b)所示。

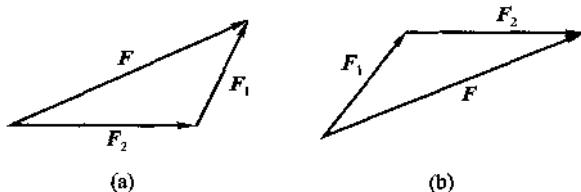


图 1-6 用图示表示矢量的加法

作图结果可知 $F = F_1 + F_2 = F_2 + F_1$,可见,矢量加法遵从交换律。

2. 用作图法求两个矢量的差

由图 1-6 所示,可得到用作图法求两个矢量差的简易方法。平移其中一个矢量,使两矢量首端相连,连接两矢量的尾端,画箭头指向被减者即为所求,如图 1-7 所示。

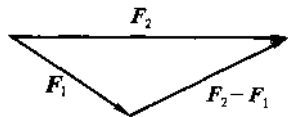


图 1-7 用图示表示矢量的减法

如在图 1-6(a)中, $F_1 = F - F_2$; 如在图 1-6(b)中, $F_2 = F - F_1$ 。

五、矢量的加减运算

矢量运算不同于标量的运算,下面举例说明。

例 3 今有 $F_1 = 8 \text{ Ni}$, $F_2 = -2 \text{ Ni}$, $F_3 = 7 \text{ Ni}$ 三个力同时作用于 P 点,求合力。

解法一: 合力 $F = F_1 + F_2 + F_3 = (8 - 2 + 7) \text{ Ni} = 13 \text{ Ni}$

$$\text{矢量 } F \begin{cases} \text{大小: } |F| = 13 \text{ N} \\ \text{方向: 沿 } x \text{ 正方向.} \end{cases}$$

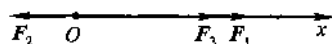


图 1-8 例 3 图

解法二: 由题意知,三个力的作用线在同一直线上,故可建立

一维坐标,将矢量式转换为标量式(代数式)进行计算.如图1-8所示,式中与 x 轴正方向一致的力取“+”,反方向的力取“-”,于是有 $F = 8\text{ N} - 2\text{ N} + 7\text{ N} = 13\text{ N}$.

答案为“+”,表示合力的方向与 x 轴正方向一致.若 $F < 0$,即式中答案为“-”,表明力的方向沿 x 轴负向.力是矢量,求出量值后一定要指明方向.

例4 如图1-9(a)所示,有 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_N$ 几个力共面作用于 P 点,求合力.

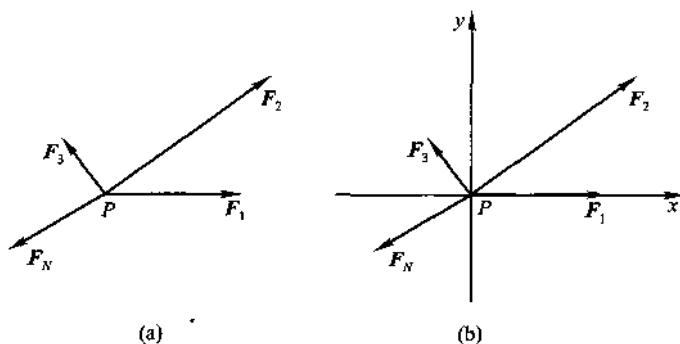


图1-9 例4图

解: 求两个、三个力的合力,用平行四边形定则求解是很方便的,要求 n 个力的合力,需作 $n-1$ 个平行四边形,显然很不方便,尤其当 n 趋近于无限大时,平行四边形方法将变得无能为力了.在数学上采用正交坐标法,巧妙地解决了这个问题.如图1-9(b)所示,过 P 点建立直角坐标系,其中任一力在 x 轴上分量 F_{ix} ,在 y 轴上的分量 F_{iy} ,与坐标轴正向一致的力取正,反之取负.如此,可求出

$$F_x = \sum_{i=1}^n F_{ix}, F_y = \sum_{j=1}^n F_{jy}$$

于是有,矢量 F $\begin{cases} \text{大小: } |F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ \text{方向: } \alpha = \arctan \frac{F_y}{F_x} \end{cases}$

用正交分解法求合力,是一种十分有用的解题方法.在磁场中,求任意形状载流导线所受安培力,在电学中,求由带电体产生的电场强度等,尽管各物理量含义完全不同,但它们都是矢量,用正交分解法求合矢量的数学运算方法是一致的.

六、两个矢量的乘积——标积、矢积

在力学、电磁学中,有时两个矢量相乘的结果是一个标量;有时两个矢量相乘结果是一个矢量.在数学上,将前者称为标积,后者称为矢积.

1. 标积

在数学上,把两个矢量相乘得到标量定义为矢量点乘,用符号表示为 $A \cdot B$ (读作 A 点乘 B),其值为

$$A \cdot B = AB \cos \theta \quad (1-1)$$

点乘满足交换律,即

$$A \cdot B = B \cdot A = AB \cos \theta$$

2. 矢积

在数学上,把两个矢量相乘得到的矢量定义为叉乘,用符号表示为 $A \times B$ (读作 A 叉乘 B), 其值为

$$A \times B = C \quad (1-2)$$

矢量 C $\left\{ \begin{array}{l} \text{大小: } |C| = AB \sin \theta, \text{ 式中 } \theta \text{ 为 } A, B \text{ 的夹角.} \\ \text{方向: 由右手螺旋定则确定.} \end{array} \right.$

右手螺旋定则: 伸开右手, 四指指向矢量 A 的方向, 然后沿小于 180° 角转向 B , 则大拇指所指的方向即为矢量 C 的方向, 如图 1-10 所示。

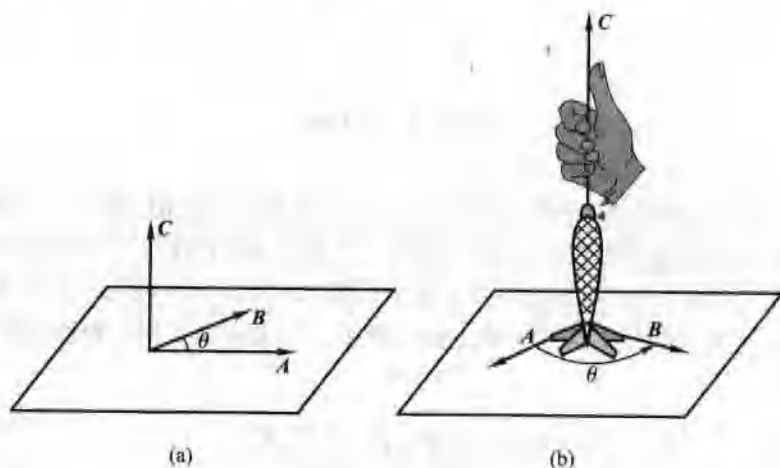


图 1-10 矢量的矢积

由右手螺旋定则知, $A \times B = -B \times A$, 故矢量叉乘不满足交换律。

1-2 质点 参考系

一、质点

在自然界, 物体所做的机械运动都是比较复杂的, 例如抛射物体在空中受重力、空气阻力作用, 既有平动又有转动; 又如一个小小的乒乓球, 运动员利用胶板发出上旋、下旋、侧旋、前冲等怪球, 使得乒乓球在空中的运动变得相当复杂。但在所研究的问题中, 例如地球绕太阳的行星运动, 地球自转仅为次要因素, 可忽略不计。

一个物体, 当它的转动可以略去不计时, 可认为物体仅做平动。物体做平动时, 物体各部分运

动状态相同,此时,可将物体的全部质量看成集中在物体的中心点上,这一点称为质点,或者说,若观察者离物体的距离 R 远比物体的线度 L (物体的最长部分) 大得多,即 $R \gg L$ 时,可将物体的形状、大小忽略去,把物体视为质点. 综上所述,当一个物体的转动可以略去不计时,这个物体就可看作质点.

质点运动是研究物体运动的基础,在不能把物体看作质点时,可把整个物体看作由许多质点组成,弄清这些质点的运动,就可以了解整个物体的运动.

二、参考系

自然界中,所有物体都在不停地运动着,绝对静止不动的物体是不存在的. 要描述一个物体的运动情况,例如它在某时刻的位置以及位置随时间的变化,总要选取其他物体作为参考标准. 被选作参考标准的物体或相对位置不变的物体组合称为参考系. 不同的参考系对同一物体运动的描述是不同的. 例如在匀速行驶的火车中,静止乘客相对于车厢的速度为零,而对于路边的树林,乘客和火车一起做匀速运动,这就是运动描述的相对性. 因此,在描述某一物体的运动状态时,必须指明它的参考系.

参考系的选取是任意的,一般要根据问题的性质和研究问题的方便来选取. 例如,研究物体在地面上的运动时,选取地面作为参考系最方便;而研究地球绕太阳运动时,则要选取太阳作参考系.

为了定量地描述物体的位置及其变化,需要在参考系上确定一个坐标系,目前最常用的是直角坐标系. 此外,根据需要还可选用其他坐标系,例如球坐标系和柱坐标系等. 坐标系实际上是参考系的几何抽象. 物体各点的空间位置,除用坐标值表示外,还常采用矢量法表示.

三、位置矢量

为了更好地描述物体各点的空间位置,我们引入物体位置矢量(简称位矢). 如图 1-11 所示, P 点在空间的位置可用自坐标原点 O 至 P 点所引的矢量 r 来表示. 矢量 r 叫做该点的位置矢量,它的大小为该点到坐标原点距离 r ,方向由 O 指向 P . 从图上可以看出,位置矢量在 x, y, z 轴上的投影(即点 P 坐标)为 x, y, z . 因此位置矢量 r 可表示为

$$r = xi + yj + zk \quad (1-3)$$

式中 i, j, k 分别为 x, y, z 轴正方向的单位矢量. 位置矢量的大小为

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

位置矢量的方向余弦为

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

式中 α, β, γ 分别为 r 与 x, y, z 轴之间的夹角. 质点 P 运动时,位置矢量 r 将随时间而变化,即

$$r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k \quad (1-4)$$

位置矢量 r 随时间 t 变化的函数式(1-4)称为质点的运动方程.

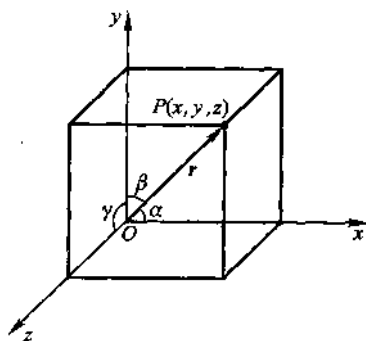


图 1-11 位置矢量