



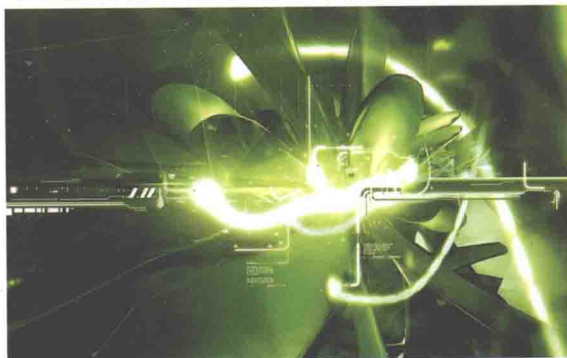
高等职业教育“十二五”规划教材

大学物理

DAXUE WULI

◎主 编 任修红 艾国利

◎副主编 张小芳 田宜驰 郝巧梅



★本书课后习题答案等相关配套资源请在泸州
职业技术学院《大学物理》精品课程网站下载
网址: <http://jpkc.lzy.edu.cn/dxwl>

ISBN 978-7-5640-4555-5



定价: 25.00元

高等职业教育“十二五”规划教材

大学物理

主 编 任修红 艾国利
副主编 张小芳 田宜驰 郝巧梅

内 容 简 介

本书以提升学生科学素养和培养技术应用型人才为目标,遵照理论教学必需够用为度的教学原则,并结合高职生源实际情况编写。本书适用于高等职业技术学院理工科专业所开设的“大学物理”课程教学使用教材,建议教学时数为60~72学时。

在内容上注意与新课程改革后的中学物理的衔接;突出重点,精选内容;重视物理概念及规律,突显物理思想及方法,降低理论要求和缜密论证;加强了物理在工程技术应用知识的介绍;提供了一定量的教学基本要求以外的选学内容。呈现方式上注重由简到难,逐步递进,语言简洁,多用图表,重点提示,因此易于读者阅读理解和抓住重点。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

大学物理 / 任修红, 艾国利主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-5640-4555-5

I. ①大… II. ①任… ②艾… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 092535 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市兆成印刷有限责任公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 243 千字

版 次 / 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑 / 王玲玲

印 数 / 1~4000 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 25.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书可作为高等职业技术学院理工科专业所开设的“大学物理”课程教学使用教材。本教材编写是以高等教育法为专科教育规定的要求“专科教育应当使学生掌握本专业必备的基础理论、专门知识,具有从事本专业实际工作的基本技能和初步能力”为指导,以提升学生科学素养和为专业学习提供必要的理论知识为课程教学总目标,以《高等学校工程专科物理课程教学基本要求》为参考。根据高等职业技术学院培养技术应用型人才目标,结合基础理论课程课时较少(一般为60~72学时)及高职生源基础等实际情况进行编写的。

教材编写者均为教学一线的教师,编写教材时,他们根据教学经验在内容选取、内容呈现及习题编选上精心思考与研讨,以期使教材能够适用于高职类学校的培养目标与学生实际。

本教材在内容选取上,以提升学生的科学素养和培养技术应用型人才为目标,遵照理论教学必需、够用为度的教学原则,突出重点,精练教学内容,篇幅较其他教材小;注意物理学概念的理解、突出物理规律的描述,注意与新课程改革后的中学物理教育的衔接,注重物理研究方法介绍;为增加适应性,加强物理学原理在不同领域中的应用,并注意工程意识的渗透。

本教材在内容呈现上,按运动形式组织知识,并注重由简到难,逐步递进;对物理基本概念与规律不求科学的推导和论证的缜密,注意用简洁直白的语言阐述;尽量多采用图示和参数表,便于理解物理本质和培养工程意识;标有一定量的提示语,突出重点知识和物理思想与方法;为提高适应性和内容的完整性,提供了一定量的教学基本要求以外的选学内容。

本书由任修红拟定编写提纲和初编,负责编写绪论、第2章、第4章和附录及全书的统稿工作,艾国利负责编写第1章和习题的验算及全书的一次校稿工作,张小芳负责编写第3章和全书的二次校稿工作,田宜驰编写第5章第1节和第3节,郝巧梅编写第5章第2节。

鉴于编者学识水平所限,有不妥和错误之处,敬请同行和读者批评、指正。

编 者

目 录

绪 论	1
第 1 章 机械运动及守恒定律	4
1.1 质点运动的描述	4
1.1.1 时间 空间 质点	4
1.1.2 位置矢量 运动学方程	5
1.1.3 位移 速度 加速度	6
1.1.4 法向加速度和切向加速度	8
思考与练习	9
1.2 力的功 保守力	10
1.2.1 变力的功	11
1.2.2 保守力 势能	14
思考与练习	15
1.3 机械能守恒定律	16
1.3.1 动能定理	17
1.3.2 功能原理 机械能守恒定律	17
1.3.3 能量守恒定律	18
思考与练习	19
1.4 动量定理 动量守恒定律	19
1.4.1 动量	20
1.4.2 动量定理	20
1.4.3 动量守恒定律	22
1.4.4 碰撞	23
思考与练习	26
1.5 刚体定轴转动 角动量守恒定律	27
1.5.1 刚体	27
1.5.2 刚体定轴转动的描述	28
1.5.3 刚体转动动能	30
1.5.4 转动惯量	31
1.5.5 力矩及力矩的功	31
1.5.6 刚体定轴转动动能定理	32
1.5.7 刚体定轴转动定律	33
1.5.8 角动量定理	34
1.5.9 角动量守恒定律	34

1.5.10 刚体定轴转动与质点直线运动规律比较	36
思考与练习	37
1.6 *力学守恒定律与航天技术	38
1.6.1 航天技术简介	38
1.6.2 航天技术的物理学原理	40
第2章 振动与波	43
2.1 简谐振动	43
2.1.1 简谐振动概念	43
2.1.2 简谐振子	44
2.1.3 简谐振动的特征量	46
2.1.4 简谐振动的图示法	48
2.1.5 *旋转矢量法表示简谐振动	48
2.1.6 简谐振动的能量	49
思考与练习	50
2.2 简谐振动的合成	51
2.2.1 振动叠加原理	51
2.2.2 同频率、同方向简谐振动的叠加	52
2.2.3 同方向、不同频率简谐振动的合成	53
思考与练习	55
2.3 阻尼振动 受迫振动	55
2.3.1 阻尼振动	56
2.3.2 受迫振动	56
2.3.3 共振	58
思考与练习	60
2.4 波的描述	61
2.4.1 波的几何描述	61
2.4.2 波动的特征量	62
2.4.3 平面简谐波的波函数	64
2.4.4 多普勒效应	66
思考与练习	69
2.5 波的叠加	70
2.5.1 波的独立传播与叠加原理	70
2.5.2 波的干涉	71
2.5.3 *驻波	72
思考与练习	74
2.6 波的能量	75
2.6.1 波强	76
2.6.2 波能量的衰减	78
2.6.3 声波	81

2.6.4 光度学	83
思考与练习	86
第3章 波动光学	88
3.1 光的干涉	88
3.1.1 光波	88
3.1.2 光的相干叠加与非相干叠加	91
3.1.3 双缝干涉	92
3.1.4 光程 光程差	94
3.1.5 光学薄膜	97
3.1.6 等厚干涉	100
思考与练习	103
3.2 光的衍射	105
3.2.1 光的衍射现象	105
3.2.2 单缝衍射	107
3.2.3 圆孔衍射 光学仪器的分辨率	109
思考与练习	112
3.3 光的偏振	113
3.3.1 光的偏振现象	113
3.3.2 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	114
3.3.3 布儒斯特定律	116
思考与练习	117
第4章 热力学定律	118
4.1 热力学第一定律	118
4.1.1 基本概念	118
4.1.2 热力学第一定律	121
思考与练习	122
4.2 理想气体	123
4.2.1 理想气体内能	123
4.2.2 理想气体状态方程	124
4.2.3 理想气体做功	125
4.2.4 摩尔热容	127
4.2.5 理想气体特殊过程	127
思考与练习	130
4.3 循环过程	131
4.3.1 循环	131
4.3.2 热机循环	133
4.3.3 制冷循环	135
思考与练习	137
4.4 热力学第二定律	138

4.4.1 热力学第二定律表述	138
4.4.2 热力学第二定律的本质	139
思考与练习	142
4.5 *热传导	142
4.5.1 热传导	142
4.5.2 对流	145
4.5.3 热辐射	146
4.6 能源的开发和利用	147
第5章 电磁学	152
5.1 静电场	152
5.1.1 电场强度	152
5.1.2 静电场的高斯定理	156
5.1.3 静电场力做功的特点 安培环路定理	161
5.1.4 电势	162
5.1.5 静电场中的导体	165
5.1.6 静电场中的电介质	168
5.1.7 压电效应与压电体	171
思考与练习	172
5.2 稳恒磁场	175
5.2.1 磁感强度	176
5.2.2 磁场的特征	180
5.2.3 磁力	182
5.2.4 霍耳效应	186
5.2.5 磁介质	188
5.2.6 超导	190
思考与练习	192
5.3 电磁感应	195
5.3.1 电动势	196
5.3.2 电磁感应定律	197
5.3.3 自感与互感	201
5.3.4 *磁场的能量	204
5.3.5 *电磁波	204
思考与练习	206
附录	210
附录1 物理学单位	210
附录2 常用物理常量	214
附录3 希腊字母表	215

绪 论

一、物理学

1. 物理学

物理学 (Physics), 简称物理。“物理”一词最先出自希腊文 $\Phi\upsilon\sigma\iota\kappa\varsigma$, 原意是指自然。古时欧洲人称物理学为“自然哲学”。从最广义来说, 即是研究自然现象及规律的学问。

“物理”二字出现在中文中, 是取“格物致理”四字的简称, 即考察事物的形态和变化, 总结研究它们的规律的意思。我国的物理学知识, 早期记载于《天工开物》等书中。

在物理学的领域中, 研究的是宇宙的基本组成要素: 物质、能量、空间、时间及它们的相互作用; 借由被分析的基本定律与法则来完整了解这个系统。物理在经典时代是由与它极相像的自然哲学的研究所组成的, 直到 19 世纪, 物理才从哲学中分离出来成为一门实证科学。亦即物理学是研究物质结构、物质相互作用和运动规律的自然科学, 是一门以实验为基础的自然科学。

2. 物理学的研究对象

(1) 物质世界的空间尺度

现今物理学研究物质世界的最小长度为普朗克长度, 即仍有意义的最小可测长度, 又称“长度的量子”, 它大致等于 10^{-35} m; 最大长度为哈勃半径, 四维时空的曲率半径, 即宇宙大小的距离, 它大致等于 1.29×10^{26} m, 约为 93 亿光年。

(2) 物质世界的时间尺度

现今物理学研究物质世界的最小时间为普朗克长度时间, 其是作为时间量子的最小间隔, 它大致等于 10^{-43} s; 而最大时间为质子衰变时间, 为 10^{37} s, 大爆炸理论推得宇宙年龄是 150 亿年 $\approx 10^{18}$ s。

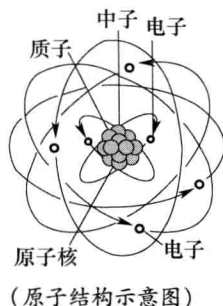
(3) 物质世界的质量尺度

现今物理学研究物质世界的质量物质中最小质量——电子的质量, 为 0.91×10^{-30} kg; 而宇宙质量为 10^{50} kg。

3. 物理学分支

经典力学及理论力学 (Mechanics): 研究物体机械运动的基本规律, 即研究宏观低速运动问题。

电磁学及电动力学 (Electromagnetism and Electrodynamics): 研究电磁现象, 物质的电磁运动规律及电磁辐射规律等。



热力学与统计物理学 (Thermodynamics and Statistical Physics): 研究大量原子、分子组成的系统无规则运动 (热运动) 的统计规律及其宏观表现。

相对论和时空物理 (Relativity): 研究物体的高速运动效应, 相关的动力学规律以及关于时空相对性的规律。

量子力学 (Quantum Mechanics): 研究微观物质运动现象以及基本运动规律。

二、物理学的地位与作用

1. 物理学学科性质

物理学是人们对自然界中物质的运动及变化规律的总结。这种运动和变化规律的总结通过两种方式实现。一是早期人们通过感官直接观测及经验的总结, 二是近代人们通过发明创造供观察测量用的科学仪器, 做实验得出的结果。

物理学研究的运动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, 都遵循万有引力定律; 它们的一切变化和过程, 无论是否具有化学的、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, 成为自然科学和工程技术重要的理论基础。

物理学还是自然科学与工程技术的思想方法基础。诚如诺贝尔物理学奖得主、德国科学家玻恩所言: “与其说是因为我发表的工作里包含了一个自然现象的发现, 倒不如说是因为那里包含了一个关于自然现象的科学思想方法基础。” 物理学之所以是一门重要的科学, 不仅在于它对客观世界的规律作出了深刻的揭示, 还因为它在发展、成长的过程中, 形成了一整套独特而卓有成效的思想方法体系。

2. 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, 牛顿力学完善到热力学研究的发展, 催生了以蒸汽机为代表一系列的机械的产生, 从而引起了 18 世纪中叶到 19 世纪的第一次工业革命; 19 世纪电流磁效应规律的发现, 很快促成发电机、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; 20 世纪初, 电磁波发现与应用, 20 世纪中期半导体理论成果则促使微电子技术和信息处理技术长足进步; 再加上计算机自动、高速、准确的信息处理功能, 造就了现代信息产业的高度繁荣, 以及机器人行业的崛起, 迎来了第三次工业革命。因此, 要掌握现代生产技术, 就必须具备一定的物理知识, 对于高等职业学院学生来说, 物理知识又是学习专业课程的基础。

3. 物理学与人类文明

物理是一门历史悠久的自然学科,物理科学作为自然科学的重要分支,不仅对物质文明的进步和人类对自然界认识的深化起了重要的推动作用,而且对人类的思维发展也产生了不可或缺的影响。从亚里士多德时代的自然哲学,到牛顿时代的经典力学,直至现代物理中的相对论和量子力学等,都是物理学家科学素质、科学精神以及科学思维的有形体现。

随着科技的发展,社会的进步,物理已渗入人类生活的各个领域。例如,牛顿力学、能量和熵的概念、守恒定律、相对论和量子力学,被称为“震撼宇宙的思想”。因为这些概念、规律和理论,能够给人们提供理解自然界的思想框架。而且物理学的成果不仅已渗透所有自然科学和工程科学,而且逐渐渗透人文科学,甚至对哲学、艺术和宗教屡屡造成强大的冲击。例如,参考系的观念已被一些社会科学采用作为思维模式;量子力学引起了对因果性的重新思考;哈勃望远镜、大爆炸宇宙等已成为新闻话题。

物理学是人类智慧的结晶,是文明的瑰宝。

三、物理学教学目标

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。高等职业教学的目标是培养高级应用型技术人才。为适应专业学习及迅速发展的社会的需要,就必须加强基础理论的学习,大学物理是工科专业一门重要的基础课,其担负着提升学生的科学素养,为专业学习及今后的工程实践打下必要的理论基础的任务。因此本课程的教学目标主要是:

通过理论学习与实验训练,掌握必要的物理学理论知识及其在生产技术中的重要应用,掌握必要的科学实验方法,获得基本实验技能。

通过培养物理思维能力和实验能力,培养分析问题、解决问题的能力,开启智慧,获得科学的思想、方法、精神和态度的熏陶。

学习欣赏自然规律美,形成科学思想观念及正确的科学发展与价值观,提高科学文化品位。

思考：除机械能守恒、动量守恒和角动量守恒定律外，还有哪些物理量守恒定律？

第1章 机械运动及守恒定律

机械能守恒定律、动量守恒定律、角动量守恒定律是自然界最基本的规律，它们都反映了一定自然现象的秩序和规律性，在自然中具有最广泛的普遍性，其对从宏观到微观的各种复杂现象研究均有重大的价值，从而有助于人类更好地了解自然界。

守恒定律是解决实际问题的有力工具。在某些物理过程中，过程往往相当复杂，难以测定，利用守恒定律，可不涉及过程，直接确定或预测过程的某些结果。

运动是绝对的，运动的描述是相对的。

1.1 质点运动的描述

本节知识目标

本节为过渡节，起承上启下的作用。学习的主要任务为复习并深化理解运动的概念。

1. 理解时间、空间、质点概念
2. 掌握抓住本质简化问题的理想化方法
3. 理解参考系、坐标系、质点等概念
4. 掌握用位矢、速度、加速度等物理量描述运动方法
5. 理解直线运动与曲线运动的运动学方程

宇宙中所有物质都在不停地运动着，绝对静止的物质是不存在的，这就是运动的绝对性。为研究某物体的运动，必须选取其他物体作为标准，选取的标准物不同，对物体运动情况的描述不同，这就是运动描述的相对性。

1.1.1 时间 空间 质点

1. 时间和空间

物体的运动不能脱离时间和空间，任何物体的运动都是在一定的时间和空间中进行的，时间与空间是研究运动的基本问题。

人类对时间和空间认识，即“时空观”。随着科学技术的发展，时空观也在不断演进，从牛顿的绝对时空观，到爱因斯坦的相对时空观，到正在发展的新宇宙学的宇宙时间观。

时空观是哲学的基本问题，也是物理学的基本问题。

以牛顿运动定律为基础的经典力学,是宏观物体在低速(远小于光速)范围内运动规律的总结。牛顿力学的时空观,即绝对时空观,认为物体的运动虽然在时间和空间中进行,但是**时间和空间的性质与物质的运动彼此没有任何联系**。正如牛顿所说:“绝对的、真正的和数学的时间自己流逝着。”同样,“绝对空间,就其本性而言,与外界任何事物无关,而永远是相同的和不动的”。

狭义相对论是研究物体在宏观高速运动时的规律性。相对论中对时间和空间的**认识称为相对时空观**,其与绝对时空观是完全不同的,它认为时空具有相对性,且是与运动相关的。

时间本身具有单向性,是一维的。描述运动需建立时间坐标,坐标原点即计时起点。1960年第十一届国际计量大会通过了国际单位制(SI),时间的单位秒为七个基本单位之一,用符号s表示。1967年,CIPM(国际计量大会)规定:秒是 Cs^{133} 基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9 192 631 770个周期所持续的时间。

空间反映物质运动的广延性。物体在三维空间里的位置可由三个相互独立的坐标轴来确定。空间中两点之间的距离称为长度。在SI中,长度的单位米为七个基本单位之一,用符号m表示。1983年10月,第十七届国际计量大会通过了米的新定义:“米是光在真空中1/299 792 458秒的时间间隔内所经路程的长度。”

2. 质点

物体的运动是复杂的,因此,根据研究的需要,找出其中最本质的内容(或问题),忽略一些次要因素,建立一个与实际情况差距不大的“**理想模型**”,用来进行研究是非常重要的。质点是物理学中最基本最重要的一个理想模型,也是牛顿力学最基本的研究对象。若物体的大小和形状在所研究的问题中可以忽略,就可把物体当做是有一定质量的一个点,即质点。质点保留了实际物体的两个主要特征:物体的质量和物体的空间位置。

物体能否被视为质点,要视研究的问题而定。以下两种情况可以把物体当做质点对待:一是物体做平动,平动时物体各点具有相同的轨迹、相同的速度和加速度,因而只需研究物体上的一点的运动情况,就足以认识其全貌;二是物体的几何尺寸比观察它运动的范围小许多,其形状和大小可以忽略。

如果所研究的物体不能当做一个质点处理,可以把它看成是由许多质点或质元组成,这些质点或质元的组合,称为质点系。

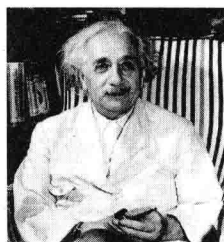
1.1.2 位置矢量 运动学方程

1. 位置矢量

为了描述质点的运动,首先要确定质点位置,为此,引入位置矢



(英国物理学家牛顿——绝对时空观的提出者)



(德国物理学家爱因斯坦——相对时空观的提出者)

理想化方法是物理学最重要的研究方法之一。

用理想化的方法忽略问题的次要方面(或矛盾)使被研究的问题变得简单可行。同时,因它保留了主要方面,使研究结果具有充分的价值。

物理学理想化方法的应用包括理想模型、理想过程、理想实验等。

描述质点位置的坐标系除了直角坐标系外,极坐标系、自然坐标系等也是常用的坐标系。

量。如图 1.1-1 所示,从坐标原点 O 画一个指向质点 P 所在位置的有向线段。这种可以用来确定质点所在位置的矢量,称为位置矢量,简称位矢 $\boldsymbol{r}$ 。

如果质点在空间运动,可用直角坐标系来确定它的坐标。直角坐标系有三个互相垂直的坐标轴 Ox 、 Oy 、 Oz 。质点 P 在三个坐标轴上的投影点的坐标分别为 x 、 y 、 z 。于是,位置矢量 $\boldsymbol{r}$ 就可表示成直角坐标形式

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k} \quad (1.1-1a)$$

式中, $\boldsymbol{i}$ 、 $\boldsymbol{j}$ 、 $\boldsymbol{k}$ 分别为坐标轴 Ox 、 Oy 、 Oz 正方向的单位矢量。

如果质点在平面上运动,那么在该平面上取平面直角坐标系 xOy , 就可确定质点的位置,即

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} \quad (1.1-1b)$$

如果质点沿一直线运动,那么在该直线上选定坐标的原点和正方向设为 Ox 轴,就可以确定质点的位置。

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} \quad (1.1-1c)$$

2. 运动学方程

质点 P 若在运动,那么它的位置矢量 $\boldsymbol{r}$ 将随时间变化,每一时刻对应一个位置,也就是说位矢 $\boldsymbol{r}$ 是时间 t 的函数。

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) \quad (1.1-2)$$

位矢 $\boldsymbol{r}$ 随时间 t 变化的函数式称为质点的运动学方程。这时质点的坐标 x 、 y 、 z 也是时间 t 的函数。

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1.1-3)$$

中学物理学习的平抛运动就可分解为水平 (x 轴方向) 匀速直线运动和竖直 (y 轴方向) 自由落体运动,其运动学方程

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = y_0 - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

上式表明,质点的曲线运动可分解为两个(平面上质点运动)或三个(空间质点运动)直线运动。可见,直线运动是分析曲线运动的基础。

1.1.3 位移 速度 加速度

1. 位移

如图 1.1-2 所示,若质点在空间运动,从 t 到 $t + \Delta t$,质点由位置 A 沿一曲线移动到位置 B 。作从 A 指向 B 的矢量表示质点的位置变化,称为位移(矢量) $\Delta \boldsymbol{r}$ 。可见位移是描述一段时间 Δt 内(或某个

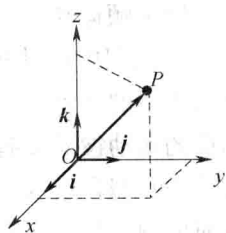


图 1.1-1 位置矢量

运动过程) 质点位置变化的物理量, 它同时指出质点位置变化的大小和方向, 是矢量, 仅与始末位置有关, 与运动路径无关。位移等于始末位置矢量之差, 即

$$\begin{aligned}\Delta \mathbf{r}_{AB} &= \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \\ &= \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} + \Delta z \mathbf{k} \quad (1.1-4)\end{aligned}$$

式中

$$\begin{cases} \Delta x = x_B - x_A \\ \Delta y = y_B - y_A \\ \Delta z = z_B - z_A \end{cases} \quad (1.1-5)$$

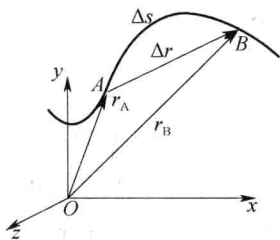


图 1.1-2 位移矢量

分别是 Δt 时间内质点各坐标的增量。

2. 速度

为了描述质点运动的方向和快慢, 可用质点在 Δt 时间内的平均速度 $\bar{\mathbf{v}}$ 表示, 其等于单位时间内位移变化的平均值, 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad (1.1-6)$$

平均速度 $\bar{\mathbf{v}}$ 是矢量, 其方向与位移 $\Delta \mathbf{r}$ 方向相同, 其大小反映了 Δt 时间内质点运动平均快慢程度。显然它不能反映质点在各个时刻的运动情况, 用它来描述运动是粗略的。 Δt 越小, $\bar{\mathbf{v}}$ 越能反映该时间内的运动情况。

若令 $\Delta t \rightarrow 0$, 则得到

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1.1-7)$$

$\mathbf{v}$ 称为质点在时刻 t 或质点在 A 点的瞬时速度, 简称速度。它是矢量, 它的方向与 $\Delta \mathbf{r}$ 在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限方向相同。当质点做曲线运动时, 它在某一点的速度方向就是沿该点曲线的切线方向。在 SI 中, 速度的单位是米/秒, 用符号 m/s 表示。

在空间直角坐标系中, 若质点的位移为

$$\Delta \mathbf{r}_{AB} = \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} + \Delta z \mathbf{k}$$

由速度定义得

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} \quad (1.1-8)$$

其中

$$\begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases} \quad (1.1-9)$$

分别为速度沿 Ox 、 Oy 、 Oz 三个轴的分量。根据这三个速度分量, 可

矢量与标量的不同在于, 标量只有大小, 矢量是既有大小又有方向的物理量; 矢量的运算法则与标量的运算法则不同, 矢量加减不能用代数加减, 而是平行四边形法则。

为了使矢量便于表示和计算, 采用三维坐标分量的表示方法。坐标分量可视为标量, 同一坐标分量的运算与标量运算一样。