

大学物理学 (上册)

主编 孙厚谦 副主编 俞晓明 史友进

清华大学出版社

内容简介

本书是普通物理学大学分课程教学用书。全书共分两卷，上册为力学、热学、电磁学、光学、原子物理学；下册为波动学、近代物理学。本书可作为理工科大学物理专业及相关专业的教材，也可供从事物理工作的工程技术人员参考。

清华大学出版社 010-62782889 13701121833



大学物理学 (上册)

上册 384千字
印次 2008年2月
ISBN 978-7-302-16000-0
清华大学出版社
印次 2008年2月
ISBN 978-7-302-16000-0

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是以教育部物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》为依据编写的,全书涵盖了基本要求中的核心内容。

本书分为上、下两册,上册包括力学、狭义相对论和电磁学,下册包括热学、振动、波动、光学、量子物理基础和新技术的物理基础。在全书编写过程中,编者充分考虑了应用型本科院校的特点和实际情况,削枝强干、突出重点,加强物理理论中基本概念和重要知识的描述,简约理论论证,注重计算训练。本套教材配有学习指导书,书中对课程的重点和难点作了进一步阐述,对教材中的问题进行了详细、拓展性的解答;本书还配有光盘,光盘内含教材的电子教案和习题解答。

本书可作为高等学校理工科,特别是应用型工科大学非物理类专业大学物理课程的教材或参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册 / 孙厚谦主编. —北京:清华大学出版社, 2009.2
ISBN 978-7-302-19403-3

I. 大… II. 孙… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 012743 号

责任编辑:朱红莲

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:14

字 数:334 千字


版 次:2009 年 2 月第 1 版

印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:23.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:031967-01



前言

大学物理课程是高等学校理工科学生的一门重要基础课,它所阐述的物理学基本概念、基本思想、基本规律和基本方法不仅是学生学习后续专业课程的基础,而且也是培养和提高学生综合素质和科技创新能力的重要内容。在我国高等教育已经进入大众化阶段的新形势下,为达到大学物理课程的教学目的,物理教学工作者面临着许多需要解决的问题。尽管国内外已出版了许多优秀的大学物理教材,但编写适合应用型本科院校培养目标的教材仍需进行大量的工作。本书的编写则在这方面做了积极的尝试。教材涵盖了教育部物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》的核心内容,注意汲取当前国内优秀教材的成果,反映编者多年来的教学经验和体会,积极进行改革尝试,尽量贴合应用型本科院校人才培养要求和学生的实际情况。本教材内容的主要特点如下:

1. 高视点选择经典内容 如在力学、电磁学部分,注意去掉与中学物理重复的内容,强化高等数学知识、矢量知识在物理中的应用,增强学生对大学物理课程的新鲜感。

2. 力求体系和结构的合理性 如在力学部分,将刚体的定轴转动作为质点系动力学的特例,渗透到整个力学的教学中;将相对论纳入力学部分,使牛顿力学与相对论时空观紧密相连,开拓学生视野;在电磁学部分,将“真空中的静电场”、“导体和电介质中的静电场”合为一章,将“恒定电流”、“真空中的恒定磁场”以及“磁介质中的磁场”合为一章,强化场源关系,简化介质问题,去掉中学物理中已讲授的直流电路的内容;在热力学中,关于循环部分,加强对一般循环过程的讲授,而将卡诺循环作为特例介绍;另外,对知识点,尽量以标题列出,便于读者掌握。

3. 注重物理基本概念和基本规律的阐述 教材力求突出主干,削枝强干,对核心内容重点阐明;尽量避免烦琐的叙述和冗长的数学推导,力求阐述准确、简洁、透彻,重点突出,便于读者阅读和理解;对基本概念和公式,以注意、讨论、说明等形式,条目式地加以分析,帮助读者理解;部分内容采用通过归纳、类比等较容易理解的方式,引出一些物理概念和规律;对近代物理内容采用“精选、普化”的方针,还专题式地介绍了一些前沿的、应用特别广泛的高新技术的物理基础,加强学生学习新理论和新知识的基础理论。

4. 强化知识的综合运用能力的训练 在一个主要知识点或基本计算方法讲授后,从把握物理思想、理解基本公式、对典型问题举一反三、知识的综

合应用与引申等角度,设计多层次讨论题,体现引导式、研究型学习理念;着眼于培养学生学习能力,精选例题和习题。

本教材适用于 128 学时。教材中带“*”的章节,教师可自行取舍。

本书由俞晓明编写第 1 章至第 4 章,史友进编写第 5 章、第 12 章和第 15 章,孙厚谦编写第 6 章、第 11 章、第 13 章和第 16 章,吴兆丰编写第 7 章,成海英编写第 8 章,刘雨龙编写第 9 章和第 10 章,郝玉华编写第 14 章。孙厚谦负责全书的修改和定稿工作。南京理工大学李相银教授、陆建教授和南京航空航天大学施大宁教授认真审阅了全书,提出了宝贵的指导性意见,在此表示衷心感谢。

由于编者学识有限,书中不当之处和错误在所难免,加之时间匆忙,教材内容选择的适当性、广泛性仍需改进,竭诚欢迎读者和同行专家指正。

编者

2008 年 10 月

常用基本物理常量表

(2006 最佳值)


物 理 量	符 号	数 值
真空中的光速	c	299 792 458 m/s(精确)
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ N/A ² 12.566 370 614 $\times 10^{-7}$ N/A ² (精确)
真空电容率	ϵ_0	$8.854 187 817 \times 10^{-12}$ F/m(精确)
万有引力常量	G	$6.674 28(67) \times 10^{-11}$ m ³ /(kg · s ²)
普朗克常量	h	$6.626 069 3(11) \times 10^{-34}$ J · s
	$\hbar = h/2\pi$	$1.054 571 686(18) \times 10^{-34}$ J · s
阿伏伽德罗常量	N_A	$6.022 141 79(30) \times 10^{23}$ /mol
普适气体常量	R	$8.314 472(15)$ J/(mol · K)
玻耳兹曼常量	k	$1.380 650 4(24) \times 10^{23}$ J/K
斯特藩-玻耳兹曼常量	σ	$5.670 400(40) \times 10^{-8}$ W/(m ² · K ⁴)
摩尔体积(理想气体 $T=273.15$ K, $p=101 325$ Pa)	V_m	$22.414 10(19)$ L/mol
维恩位移定律常量	b	$2.897 768 5(51) \times 10^{-3}$ m · K
元电荷	e	$1.602 176 487(40) \times 10^{-19}$ C
电子静质量	m_e	$9.109 382 15(45) \times 10^{-31}$ kg
质子静质量	m_p	$1.672 621 637(83) \times 10^{-27}$ kg
中子静质量	m_n	$1.674 927 211(84) \times 10^{-27}$ kg
电子荷质比	e/m_e	$1.758 820 12(15) \times 10^{11}$ C/kg
电子磁矩	μ_e	$-9.284 763 77(23) \times 10^{-24}$ J/T
质子磁矩	μ_p	$1.410 606 662(37) \times 10^{-26}$ J/T
中子磁矩	μ_n	$-0.966 236 41(23) \times 10^{-24}$ J/T
电子康普顿波长	λ_C	$2.426 310 217 5(33) \times 10^{-12}$ m
磁通量子 $h/2e$	ϕ	$2.067 833 72(18) \times 10^{-15}$ Wb
玻尔磁子 $e\hbar/2m_e$	μ_B	$9.274 009 15(23) \times 10^{-24}$ J/T
核磁子 $e\hbar/2m_p$	μ_N	$5.050 783 24(13) \times 10^{-27}$ J/T
里德伯常量	R_∞	$10 973 731.568 527(73)m^{-1}$
玻尔半径	a_0	$0.529 177 208 59(36) \times 10^{-10}$ m
经典电子半径	r_e	$2.817 940 289 4(58) \times 10^{-15}$ m
原子质量常量	μ	$1.660 538 86(28) \times 10^{-27}$ kg

本书中物理量的名称、符号和单位

量的名称	符号	单位名称	单位符号	量纲	备注
长度	l	米	m	L	
面积	S	平方米	m^2	L^2	
体积	V	立方米	m^3	L^3	1 L(升) = $10^{-3} m^3$
时间	t	秒	s	T	
位移	Δr	米	m	L	
速度	v, u	米每秒	m/s	LT^{-1}	
加速度	a	米每二次方秒	m/s^2	LT^{-2}	
角位移	$\Delta\theta$	弧度	rad	1	
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	T^{-1}	
角加速度	α	弧度每二次方秒	rad/s^2	T^{-2}	
质量	m	千克(公斤)	kg	M	
力	F	牛[顿]	N	LMT^{-2}	1 N = $1 kg \cdot m/s^2$
重力	G	牛[顿]	N	LMT^{-2}	
功	W	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	1 J = $1 N \cdot m$
能量	$E, (W)$	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
动能	E_k	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
势能	E_p	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
功率	P	瓦[特]	W	L^2MT^{-3}	1 W = $1 J/s$
摩擦因数	μ	—	—	—	
动量	p	千克米每秒	$kg \cdot m/s$	LMT^{-1}	
冲量	I	牛[顿]秒	$N \cdot s$	LMT^{-1}	
力矩	M	牛[顿]米	$N \cdot s$	L^2MT^{-2}	
转动惯量	J	千克二次方米	$kg \cdot m^2$	L^2M	
角动量(动量矩)	L	千克二次方米每秒	$kg \cdot m^2/s$	L^2MT^{-1}	
电流	I	安[培]	A	I	
电荷量	Q, q	库[仑]	C	TI	
电荷线密度	λ	库[仑]每米	C/m	$L^{-1}TI$	
电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2	$L^{-2}TI$	
电荷体密度	ρ	库[仑]每立方米	C/m^3	$L^{-3}TI$	
电场强度	E	伏[特]每米	V/m	$LMT^{-3}I^{-1}$	1 V/m = $1 N/C$
电场强度通量	Φ_E	库[仑]	C	$L^3MT^{-3}I^{-1}$	
电势	V	伏[特]	V	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	
电势差、电压	U	伏[特]	V	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	
电容率	ϵ	法[拉]每米	F/m	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	
真空电容率	ϵ_0	法[拉]每米	F/m	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	
相对电容率	ϵ_r	—	—	—	
电偶极矩	p, p_e	库[仑]米	$C \cdot m$	LT I	
电极化强度	P	库[仑]每平方米	C/m^2	$L^{-2}TI$	
电极化率	x_e	—	—	—	
电位移	D	库[仑]每平方米	C/m^2	$L^{-2}TI$	

续表

量的名称	符号	单位名称	单位符号	量纲	备注
电位移通量	Φ_D	库[仑]	C	TI	
电容	C	法[拉]	F	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	1 F = 1 C/V
电流密度	j	安[培]每平方米	A/m ²	$L^{-2}I$	
电动势	\mathcal{E}	伏[特]	V	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	
电阻	R	欧[姆]	Ω	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	1 Ω = 1 V/A
电导	G	西[门子]	S	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	1 S = 1 A/V
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot m$	$L^3MT^{-3}I^{-2}$	
电导率	γ	西[门子]每米	S/m	$L^{-3}M^{-1}T^3I^2$	
磁感应强度	B	特[斯拉]	T	$MT^{-2}I^{-1}$	1 T = 1 Wb/m ²
磁导率	μ	亨[利]每米	H/m	$LMT^{-2}I^{-2}$	
真空磁导率	μ_0	亨[利]每米	H/m	$LMT^{-2}I^{-2}$	
相对磁导率	μ_r	—	—	—	
磁通[量]	Φ_M	韦[伯]	Wb	$L^{-2}MT^{-2}I^{-1}$	1 Wb = 1 V · s
磁化强度	M	安[培]每米	A/m	$L^{-1}I$	
磁化率	x_m	—	—	—	
磁场强度	H	安[培]每米	A/m	$L^{-1}I$	
线圈的磁矩	m	安[培]平方米	A · m ²	L^2I	
自感	L	亨[利]	H	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	
互感	M	亨[利]	H	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	1 H = 1 Wb/A
电场能量	W_e	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
电场能量密度	w_e	焦[耳]每立方米	J/m ³	$L^2M^{-2}T^{-2}$	
磁场能量	W_m	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
磁场能量密度	w_m	焦[耳]每立方米	J/m ³	L^2MT^{-2}	
坡印亭矢量	S	瓦[特]每平方米	W/m ²	MT^{-3}	



目 录

绪论 1

第一篇 力 学

第 1 章 运动学 5

1.1 位矢 位移 速度和加速度的矢量表示 5

1.2 位矢 位移 速度和加速度的直角坐标表示 9

1.3 曲线运动的描述 13

1.4 运动学中的两类基本问题 17

1.5 相对运动 21

1.6 质点系 质心 刚体运动的描述 23

习题 26

第 2 章 牛顿运动定律 刚体定轴转动定律 29

2.1 牛顿运动定律 29

2.2 刚体定轴转动定律 31

2.3 牛顿运动定律和刚体定轴转动定律的应用 36

*2.4 非惯性系 惯性力 40

习题 43

第 3 章 动量 角动量 45

3.1 动量定理 动量守恒定律 45

3.2 角动量定理 角动量守恒定律 53

习题 63

第 4 章 功和能 66

4.1 功 功率 66

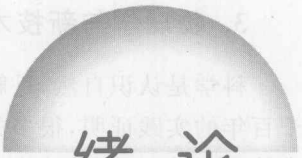
4.2 动能定理 70

4.3 势能 保守力 75

4.4 功能原理 机械能守恒定律 79

习题	83
第 5 章 狭义相对论基础	87
5.1 经典力学的相对性原理和时空观	87
5.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	89
5.3 狭义相对论的时空观	92
5.4 狭义相对论动力学基础	96
习题	99
第二篇 电 磁 学	
第 6 章 静电场	103
6.1 库仑定律 静电力叠加原理	103
6.2 电场强度	106
6.3 高斯定理	112
6.4 电势	119
6.5 静电场中的导体	126
6.6 电容器的电容	132
6.7 静电场中的电介质	135
6.8 电容器的储能公式 静电场的能量	140
习题	142
第 7 章 稳恒磁场	145
7.1 恒定电流	145
7.2 磁场 磁感应强度	148
7.3 毕奥-萨伐尔定律	149
7.4 磁场基本定理	153
7.5 带电粒子在电场和磁场中的运动	159
7.6 磁场对电流的作用	165
7.7 磁场中的介质	168
习题	171
第 8 章 电磁感应	175
8.1 电磁感应定律	175
8.2 动生电动势和感生电动势	178
8.3 自感和互感	186
8.4 磁场能量	189
8.5 普遍的安培环路定理 麦克斯韦方程组	191

8.6 电磁波	194
8.7 电磁波谱	195
习题	196
附录 A 我国法定计量单位和国际单位制(SI)单位	199
附录 B 空气、水、地球、太阳系的一些常用数据	202
习题参考答案	203



绪论

1. 物理学研究的内容

物理学是人类社会实践的产物,它主要研究物质最普遍、最基本的运动形式及其相互转化的规律。这些基本运动(包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核及其他微观粒子的运动)普遍存在于物质的复杂运动形态之中。了解物质运动最基本形态的规律,是深刻认识复杂运动的起点和基础。

大学物理课程的内容体系可按以下顺序讲解:

- (1) 力学和相对论——研究机械运动和时空性质;
- (2) 电磁学——研究电磁场的运动规律和电磁相互作用;
- (3) 热学——研究大量分子热运动组成的热力学系统的统计性规律和宏观表现;
- (4) 振动与波——研究宏观领域的波动规律;
- (5) 波动光学——研究光的干涉、衍射和偏振;
- (6) 量子物理学——研究微观粒子的波粒二象性和量子运动的特征。

2. 物理学与其他学科

物理学是一切自然科学的基础或支柱。至今为止,人类认识自然历史已有的五次大的理论综合,无一不是以物理学基本理论取得重大进展为标志的。牛顿力学体系的建立(17世纪)标志着第一次大综合。能量转化和守恒定律的建立(19世纪)将机械运动、热运动、电磁运动、化学运动等统一起来为第二次大综合,其中热力学理论取得重大进展起了关键性的作用。麦克斯韦电磁场理论的建立(19世纪),揭示了光、电、磁现象的统一性,实现了第三次大综合。爱因斯坦分别于1905年和1915年创立了狭义相对论和广义相对论,揭示了空间、时间、物质和运动之间本质上的统一性,实现了第四次大综合。普朗克量子论的提出和薛定谔、海森伯、狄拉克等人量子力学的建立,成功地揭示了微观物理世界的基本规律,实现了第五次大综合。继电磁相互作用和弱相互作用的统一后,建立电磁相互作用、弱相互作用、强相互作用和引力相互作用的大统一理论,乃是目前物理学探讨的前沿问题。

物理学的基本概念、基本规律和基本研究方法(如分析归纳法、综合演绎法、统计模型法)已经被广泛地应用于所有自然科学的各个学科之中,推动了各学科领域和技术部门的飞速发展。物理学与其他自然科学,形成了众多交叉学科,如大气物理学、空间物理学、粒子物理学、宇宙物理学以及海洋物理、生物物理、量子化学、量子电子学等,这些推动了整个自然科学更加迅速地发展。

3. 物理学与新技术

科学是认识自然,是解决理论问题的,而技术则是改造自然,是解决实际问题的。人类千百年的实践证明,很多关键性新技术的应用都是建立在物理学创新成果上的。第一次技术革命开始于18世纪60年代,主要标志是蒸汽机的广泛应用,这是经典力学和热力学发展的结果。第二次技术革命发生在19世纪70年代,主要标志是电力的广泛应用和无线电通信的实现,这是麦克斯韦电磁场理论的建立带来的辉煌成果。第三次技术革命发生在20世纪40年代,基础科学的研究成果引起了技术上一系列革命性的突破,产生了一系列高新技术,如核能技术(1942年)、电子计算机(1945年)、空间技术(1957年)、激光技术(1960年)、基因工程(1973年)等;再如物理学对物质结构的深入研究,使人类对晶体电子结构的认识深入到冶金、机电等学科;材料科学借助于物理学诞生了扫描隧道显微镜,为人类直接操作原子、分子,以至于设计和创造新分子提供了崭新的手段。

4. 如何学好物理学

(1) 坚持实践、认识、再实践、再认识的方法。物理学是以实验为基础的科学,观察和实验是研究物理学的基本方法。要注意运用物理学的基本理论去解释自然界、生产实践中的物理现象,解决实际问题,丰富和深化理论,在学习和掌握物理知识的过程中培养自己的创新意识和创造能力。

(2) 深刻理解物理概念。学习物理要注重课程内容的内在联系、清晰的条理和严谨的逻辑,对物理概念、规律、物理图像要有透彻的理解,努力掌握物理学研究方法、数学描述语言(微积分和矢量分析)等。

(3) 注重利用教材中的问题。本教材的一个显著特点是讲完部分物理知识后设置若干由浅到深、具有拓展性的问题,以供读者思考。对这些具有启发性问题的思考、讨论与交流,可以深化对物理基本概念的理解,强化对知识综合运用能力的训练,很多问题的结论也成为学习后续内容的基础。科学问题的讨论有助于创造性思维活动,能使思维变得活跃,能激发出灵感,使解决问题的方案一触即发。

(4) 养成良好的学习习惯,认真完成部分习题,以帮助熟练地掌握和运用有关定理和定律。

第一篇

力学

第 1 章

运 动 学

机械运动是一个物体相对于另一个物体的位置,或物体内部的一部分相对于其他部分的位置随时间的变化过程,是最简单、最常见的运动形式。本章主要介绍物体运动状态的描述,介绍描述质点运动状态的物理量位矢、速度、加速度等的矢量表示(定义),在直角坐标系和自然坐标系中的表示以及圆周运动,刚体定轴转动的角量表示;同时围绕运动学的核心——运动方程,研究如何用微积分知识解决运动学问题。

1.1 位矢 位移 速度和加速度的矢量表示

1.1.1 参照系 坐标系 质点

宇宙中的物体总是处于永恒的运动之中。为了描述一个物体的运动,总要选取其他物体作为参照,被选取的参照物体称为参照系。例如研究地球绕太阳公转,常选太阳为参照系;研究人造地球卫星的运动,常选地球为参照系。选取的参照系不同,对物体运动情况的描述也就不同,这说明运动的描述具有相对性。

为了把运动物体相对于参照系的位置定量表示出来,需要在参照系上建立适当的坐标系。坐标系是数学化、量化的参照系,一般在参照系上选定一点作为坐标系的原点 O ,取通过原点并标有长度的线作为坐标轴。常用的坐标系有平面直角坐标系、平面极坐标系、自然坐标系、直角坐标系、柱坐标系和球坐标系等。

众所周知,任何物体都有一定的形状、大小、质量和内部结构,即使是很小的分子、原子以及微观粒子也不例外。为了简化问题,假想研究对象是只有质量而无形状和大小的理想物体,称为质点。提出质点模型的意义在于:

(1) 如果一个物体在运动中既不转动也不变形,只有平移,则物体上各点的运动必然相同,此时整个物体的运动情况可用物体上任一点的运动来代表。因此,当一个物体只发生平移时,就可将物体当作质点。

(2) 如果一个物体的尺度很小,它的转动和变形在研究的问题中可以忽略,也可以将它视为质点。当然,能否将一个物体视为质点,并不是根据它的绝对大小,而是要具体问题具体分析。例如地球的半径约为 $6.4 \times 10^6 \text{ m}$,地球到太阳的距离约为 $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$,研究地球

绕太阳公转时就可将地球视为质点(图 1-1)。但是在研究地球自转时,如果仍然把地球看作一个质点,就将无法解决实际问题。

(3) 就物体的一般运动而言,虽然各部分的运动可能不同,但如果设想将物体分割成许多足够微小的部分,总能使每一部分内部各点的运动情况基本相同,从而可将它视为质点处理,通过分析这许多质点的运动就能弄清整个物体的运动情况,所以分析质点的运动是研究实际物体复杂运动的基础。

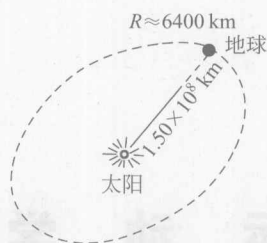


图 1-1 地球绕太阳公转

1.1.2 位矢 位移

为了描述质点 P 的运动,在参照系中任选一固定点 O ,从点 O 向点 P 引一有向线段 \overrightarrow{OP} ,并记作矢量 \boldsymbol{r} ,称 \boldsymbol{r} 为质点的位置矢量,简称位矢(图 1-2)。位矢 \boldsymbol{r} ,从点 O 指向点 P ,它既指明了质点 P 相对于固定点 O 的空间方位,也指明了质点 P 到点 O 的空间距离。

质点 P 沿曲线 L 运动过程中,位置要发生变化,显然位矢 \boldsymbol{r} 是时间 t 的单值连续函数,即

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

上式称为质点运动方程的矢量表示。位矢 \boldsymbol{r} 的矢端曲线,即图 1-2 中的曲线 L 称为质点的运动轨迹。

设质点沿图 1-3 所示的曲线 L 运动,质点在 t 和 $t + \Delta t$ 时刻分别通过点 A 和点 B ,位矢分别为 \boldsymbol{r}_A 和 \boldsymbol{r}_B 。在此过程中,质点位矢的变化可用有向线段 \boldsymbol{AB} 来表示,或写成 $\Delta \boldsymbol{r}$,称有向线段 \boldsymbol{AB} 或 $\Delta \boldsymbol{r}$ 为质点由 A 到 B 的位移矢量,简称位移。

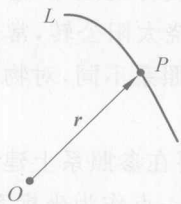


图 1-2 位矢

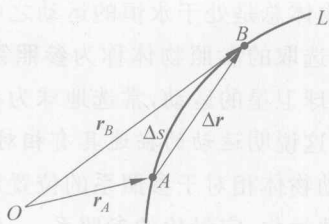


图 1-3 位移

位移是矢量,其方向表明点 B 相对于点 A 的空间方位,其大小 $|\Delta \boldsymbol{r}|$ 表明点 B 到点 A 的直线距离。从图 1-3 中可看出:

$$\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_B - \boldsymbol{r}_A \quad (1-2)$$

即质点从点 A 运动到点 B 所完成的位移 $\Delta \boldsymbol{r}$ 等于末、始位矢 \boldsymbol{r}_B 与 \boldsymbol{r}_A 的差。

质点在 Δt 时间内所经历的弧长 Δs ,称为质点的路程。在国际单位制中,位移和路程的单位为米(m)。

注意 路程不同于位移,它是标量,也不一定等于位移的大小。例如某质点从点 A 出发,沿逆时针方向绕点 O 作半径为 R 的圆周运动,5 s 后返回点 A ,在此 5 s 内,质点的位移为零,而路程为 $2\pi R$ 。