



应用型本科数理类基础课程系列教材

大学物理

(上册)

主编 刘扬正 张伟强



科学出版社

应用型本科数理类基础课程系列教材

大学物理

(上册)

主 编 刘扬正 张伟强
副主编 孙 宏 王红兵 杨 健

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在教育部物理基础课程教学指导分委员会颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》指导下,秉承学以致用教育理念,满足应用型工程技术人才培养的总体要求,精选了大学物理课程教学内容,突出科学性、现代性和实用性,力求做到好教易学。全书分上、下两册,包括力学、振动、波和光学、热学、电磁学、相对论和量子物理等内容。

本书既可作为普通高等院校大学物理课程的教学用书,又可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册/刘扬正,张伟强主编. —北京:科学出版社,2011
应用型本科数理类基础课程系列教材
ISBN 978-7-03-029964-2

I. ①大… II. ①刘…②张… III. ①物理类-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 005072 号

责任编辑:窦京涛 / 责任校对:张凤琴
责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2011 年 1 月第一次印刷 印张:26 3/4

印数:1—6 000 字数:540 000

定价:45.00 元(上、下册)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

“理为工之本,工为理所用”,余守宪先生辩证地分析了物理学与工程学科的关系.大学物理作为高等院校的一门重要基础课,对学生能力的培养和素质的提高起到了至关重要的作用.编者秉承学以致用教育理念,为满足培养高素质工程技术应用型人才的需要,根据教育部物理基础课程教学指导分委员会颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》,在多年从事应用型本科工科类专业大学物理课程教学的基础上编写了本书.

本书的编写体现了以下特色.

(1) 实用性.力求将物理原理与工程实际紧密联系,使学生通过大学物理课程学习能够体会到学了有用、学了知用、学了能用、学了会用.有意识地引导学生运用所学的物理知识去解决工程实践和生活实际中的各种问题,从而提高学生分析问题、解决问题的能力.本书中的例题、习题和知识链接部分都力求做到与工程实际相联系,如建筑中的塔吊定位问题、交通运输中的高速列车制动问题、能源供应中的风力发电和核能利用问题等,其目的是培养学生物理原理的工程应用意识.

(2) 时代性.重视将新的科学发现、新的高科技成果和新的工程技术应用融入教材,体现教材的时代气息.例如,在书中介绍了全球定位系统(GPS)、LED照明技术、神舟七号飞船的变轨等热点问题,同时在书中设计了提供关键词让学生利用互联网完成相关问题综述的开放性习题,以提高学生查阅文献资料和语言表达的能力.

(3) 科学性.语言表达力求简洁、科学、规范,尽可能加强近代物理内容的教学,突出对学生的物理思维能力的培养和科学思维方法的训练,包括观察和描述物理现象、抽象物理概念、总结物理原理的能力,综合应用知识和独立获取新知识的能力,用数学语言表述物理过程和规律的能力,计算解题的能力以及用数量级估算的能力等.

本书分上、下两册,上册由刘扬正、张伟强担任主编,孙宏、王红兵、杨健担任副主编;下册由刘扬正、孙宏担任主编,张伟强、王红兵、杨健担任副主编.全书分为13章,第1~3章由张伟强编写;第4~6章由杨健编写;第7、8章由王红兵编写;第9~11章由孙宏编写;第12、13章由刘扬正编写.全书的编写工作由刘扬正组织策划,上册由刘扬正统稿,下册由孙宏统稿.林长圣教授审阅了全书.

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,希望广大专家、同行和读者批评指正.

编 者

2010年10月10日

常用物理基本常数表

物理常数	符 号	最佳实验值	供计算用值
真空中光速	c	$299792458 \pm 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
引力常数	G	$(6.6720 \pm 0.0041) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$	$6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
阿伏伽德罗常量	N_A	$(6.022045 \pm 0.000031) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
普适气体常量	R	$(8.31441 \pm 0.00026) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
玻尔兹曼常量	k	$(1.380662 \pm 0.000041) \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
理想气体摩尔体积(标准状态)	V_m	$(22.41383 \pm 0.00070) \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
基本电荷	e	$(1.6021892 \pm 0.0000046) \times 10^{-19} \text{ C}$	$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
原子质量单位	m_u	$(1.6605655 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
电子静止质量	m_e	$(9.109534 \pm 0.000047) \times 10^{-31} \text{ kg}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
电子荷质比	e/m_e	$(1.7588047 \pm 0.0000049) \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-2}$	$1.76 \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-2}$
质子静止质量	m_p	$(1.6726485 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
中子静止质量	m_n	$(1.6749543 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
法拉第常量	F	$(9.648456 \pm 0.000027) \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$	$96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
真空电容率	ϵ_0	$(8.854187818 \pm 0.000000071) \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-2}$	$8.85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-2}$
真空磁导率	μ_0	$12.5663706144 \pm 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$	$4\pi \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
电子磁矩	μ_e	$(9.284832 \pm 0.000036) \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$9.28 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
质子磁矩	μ_p	$(1.4106171 \pm 0.0000055) \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$1.41 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
玻尔半径	a_0	$(5.2917706 \pm 0.0000044) \times 10^{-11} \text{ m}$	$5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$
玻尔磁子	μ_B	$(9.274078 \pm 0.000036) \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$9.27 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
经典电子半径	R_e	$2.81794092(38) \times 10^{-15} \text{ m}$	
核磁子	μ_N	$(5.059824 \pm 0.000020) \times 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$5.05 \times 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
普朗克常量	h	$(6.626176 \pm 0.000036) \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
里德伯常量	R	$1.097373177(83) \times 10^7 \text{ m}^{-1}$	
电子康普顿波长	λ_e	$2.4263089(40) \times 10^{-12} \text{ m}$	
质子康普顿波长	λ_p	$1.3214099(22) \times 10^{-15} \text{ m}$	
质子电子质量比	m_p/m_e	1836.1515	

国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量 ^①	千克(公斤) ^②	kg
时间	秒	s
电流	安[培] ^③	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

注：中华人民共和国 1993 年 12 月 27 日发布，GB3100—93。

① 人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

② 圆括号中的名称是它前面的名称的同义词。

③ 无方括号的量的名称和单位名称均为其全称，方括号中的字，在不致引起混淆、误解的情况下，可以省略，去掉方括号中的字，即为其名称的简称，下同。

包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	基本单位和导出单位
[平面]角	弧度	rad	1rad=1m/m=1
立体角	球面度	sr	1sr=1m ² /m ² =1
频率	赫[兹]	Hz	1Hz=1s ⁻¹
力	牛[顿]	N	1N=1kg·m·s ⁻²
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	1Pa=1N·m ⁻²
能[量],功,热量	焦[耳]	J	1J=1N·m
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	1W=1J·s ⁻¹
电荷[量]	库[仑]	C	1C=1A·s
电压,电动势,电势	伏[特]	V	1V=1W·A ⁻¹
电容	法[拉]	F	1F=1C·V ⁻¹
电阻	欧[姆]	Ω	1Ω=1V·A ⁻¹
电导	西[门子]	S	1S=1Ω ⁻¹
磁通[量]	韦[伯]	Wb	1Wb=1V·s
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	1T=1Wb·m ⁻²
电感	亨[利]	H	1H=1Wb·A ⁻¹
摄氏温度	摄氏度	℃	1℃=1K
光通量	流[明]	lm	1lm=1cd·sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	1lx=1lm·m ⁻²

注：中华人民共和国 1993 年 12 月 27 日发布，GB3100—93。

希腊字母发音表

序 号	小 写	大 写	英文注音	国际音标注音	中文注音
1	α	A	alpha	a:lf	阿尔法
2	β	B	beta	bet	贝塔
3	γ	Γ	gamma	ga:m	伽马
4	δ	Δ	delta	delt	德尔塔
5	ϵ	E	epsilon	ep'silon	伊普西龙
6	ζ	Z	zeta	zat	截塔
7	η	H	eta	eit	艾塔
8	$\theta(\vartheta)$	Θ	thet ə	θit	西塔
9	ι	I	iot ə	aiot	约塔
10	κ	K	kappa	kap	卡帕
11	λ	Λ	lambda	lambd	兰布达
12	μ	M	mu	mju	缪
13	ν	N	nu	nju	纽
14	ξ	Ξ	xi	ksi	克西
15	$\omicron$	O	omicron	omik'ron	奥密克戎
16	π	Π	pi	pai	派
17	ρ	P	rho	rou	肉
18	σ	Σ	sigma	'sigma	西格马
19	τ	T	tau	tau	套
20	υ	Y	upsilon	jup'silon	宇普西龙
21	$\varphi(\phi)$	Φ	phi	fai	佛爱
22	χ	X	chi	phai	西
23	ψ	Ψ	psi	psai	普西
24	ω	Ω	omega	o'miga	欧米伽

目 录

前言

第 1 篇 力 学

第 1 章 质点运动学与牛顿定律	3
1.1 质点运动的描述	3
1.1.1 参考系 质点	3
1.1.2 位置矢量 位移	4
1.1.3 速度	7
1.1.4 加速度	10
1.2 曲线运动 圆周运动.....	12
1.2.1 曲线运动 自然坐标系	12
1.2.2 圆周运动的角量描述	13
1.3 相对运动.....	18
1.4 牛顿运动定律.....	19
1.4.1 牛顿三定律	19
1.4.2 几种常见的力	22
1.4.3 国际单位制 量纲	25
1.4.4 惯性系 力学相对性原理.....	26
1.4.5 非惯性系 惯性力	27
1.5 牛顿定律应用举例.....	28
习题	32
第 2 章 动量守恒定律与能量守恒定律	37
2.1 质点和质点系的动量定理.....	37
2.1.1 冲量 质点的动量定理	37
2.1.2 质点系的动量定理	39
2.2 动量守恒定律.....	41
2.3 动能定理.....	43
2.3.1 功 功率.....	43
2.3.2 质点的动能定理	45
2.4 保守力与非保守力 势能.....	46
2.4.1 保守力做功的特点	46

2.4.2 势能	48
2.5 功能原理 机械能守恒定律	49
2.5.1 功能原理	49
2.5.2 机械能守恒定律	50
2.5.3 能量守恒定律	52
习题	53
第3章 连续物体的运动	59
3.1 刚体的定轴转动	59
3.1.1 刚体定轴转动的描述	59
3.1.2 角量与线量的关系	60
3.2 转动定律	61
3.2.1 力矩	61
3.2.2 转动定律	62
3.2.3 转动惯量	63
3.3 角动量 角动量守恒定律	66
3.3.1 质点的角动量定律和角动量守恒定律	66
3.3.2 刚体定轴转动的角动量定理和角动量守恒定律	68
3.4 力矩的功 刚体绕定轴转动的动能定理	73
3.4.1 力矩的功 功率	73
3.4.2 刚体绕定轴转动的动能定理	74
3.5 流体力学	76
3.5.1 理想流体 连续性方程	77
3.5.2 伯努利方程	79
3.6 伯努利方程的应用	81
习题	83

第2篇 振动 波和光学

第4章 机械振动	91
4.1 简谐振动	91
4.1.1 简谐振动的描述	91
4.1.2 描述简谐振动的几个特征量	92
4.2 旋转矢量法	94
4.3 复摆和单摆	96
4.3.1 复摆	96
4.3.2 单摆	97
4.4 简谐运动的能量	98

4.5 简谐运动的合成	99
4.5.1 两个同方向同频率简谐振动的合成	99
4.5.2 同方向、不同频率简谐振动的合成	100
4.5.3 互相垂直的同频率简谐振动的合成	102
4.5.4 互相垂直的不同频率简谐振动的合成	103
4.6 阻尼振动 受迫振动 共振	105
4.6.1 阻尼振动	105
4.6.2 受迫振动	106
4.6.3 共振	107
习题	109
第5章 机械波	113
5.1 机械波的基本概念	113
5.1.1 机械波的产生与传播	113
5.1.2 横波与纵波	113
5.1.3 描写波动过程的物理量	114
5.1.4 波线 波面 波前	115
5.2 平面简谐波的波函数	116
5.2.1 平面简谐波波动方程	116
5.2.2 波动方程的物理意义	117
5.3 波的能量 能流密度	120
5.3.1 波的能量	120
5.3.2 能流密度	122
5.4 惠更斯原理 波的衍射和干涉	122
5.4.1 惠更斯原理	122
5.4.2 波的衍射	123
5.4.3 波的干涉	124
5.5 驻波	125
5.5.1 驻波的产生	125
5.5.2 驻波方程	127
5.6 多普勒效应	129
习题	133
第6章 波动光学	139
6.1 相干光	139
6.1.1 光波的叠加 相干条件	139
6.1.2 获得相干光的两种方法	139
6.2 杨氏双缝干涉实验 劳埃德镜	140

6.2.1	杨氏双缝干涉实验	140
6.2.2	劳埃德镜	143
6.3	光程 光程差	143
6.3.1	光程 光程差	143
6.3.2	薄透镜不引起附加光程差	144
6.4	薄膜干涉	145
6.4.1	薄膜干涉	145
6.4.2	薄膜干涉的应用	146
6.5	劈尖 牛顿环	147
6.5.1	劈尖	147
6.5.2	劈尖干涉的应用	149
6.5.3	牛顿圈	151
6.6	迈克耳孙干涉仪	152
6.7	光的衍射	154
6.7.1	光的衍射现象	154
6.7.2	惠更斯-菲涅耳原理	154
6.7.3	菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射	155
6.8	夫琅禾费单缝衍射	156
6.9	夫琅禾费圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	159
6.10	衍射光栅	161
6.10.1	光栅	162
6.10.2	光栅方程	162
6.10.3	缺级现象	164
6.10.4	光栅光谱	164
6.11	光的偏振	165
6.11.1	光的偏振	166
6.11.2	起偏和检偏	167
6.11.3	反射和折射时光的偏振	169
	习题	172

第 3 篇 热 学

第 7 章	气体动理论	179
7.1	平衡态 温度 理想气体物态方程	179
7.1.1	平衡态	179
7.1.2	气体的物态参量	179
7.1.3	温度	180

7.1.4 理想气体的物态方程	181
7.2 物质的微观模型 统计规律性	182
7.2.1 物质结构的分子特征	182
7.2.2 气体分子热运动及其统计规律性	184
7.3 理想气体的压强公式	185
7.3.1 理想气体的分子模型	185
7.3.2 理想气体压强公式的推导	186
7.4 理想气体的温度公式	189
7.4.1 温度的统计意义	189
7.4.2 气体分子的方均根速率	190
7.5 能量均分定理 理想气体的内能	191
7.5.1 自由度	191
7.5.2 能量按自由度均分定理	192
7.5.3 理想气体的内能	193
7.6 麦克斯韦气体分子速率分布律	193
7.6.1 速率分布的描述	194
7.6.2 麦克斯韦速率分布律	196
7.6.3 分子热运动的三种统计速率	196
7.6.4 麦克斯韦速率分布曲线的性质	197
7.7 分子平均碰撞频率和平均自由程	198
习题	202
第8章 热力学基础	205
8.1 准静态过程 功 内能 热量	205
8.1.1 准静态过程	205
8.1.2 功	206
8.1.3 内能	206
8.1.4 热量	207
8.2 热力学第一定律	207
8.3 理想气体的等值过程	209
8.3.1 等体过程	209
8.3.2 等压过程	209
8.3.3 等温过程	210
8.4 气体的摩尔热容	211
8.4.1 摩尔热容	211
8.4.2 理想气体的定体摩尔热容	211
8.4.3 理想气体的定压摩尔热容	212

8.4.4 比热容比	213
8.5 理想气体的绝热过程	214
8.5.1 绝热过程	214
8.5.2 绝热线和等温线	215
8.6 循环过程 卡诺循环	217
8.6.1 循环过程	217
8.6.2 正循环 热机的效率	218
8.6.3 逆循环 制冷机的效率	219
8.6.4 卡诺循环	221
8.7 热力学第二定律 卡诺定理	224
8.7.1 热力学第二定律的两种表述	224
8.7.2 可逆过程和不可逆过程	225
8.7.3 卡诺定理	226
8.8 热力学第二定律的统计意义 熵	227
8.8.1 热力学第二定律的统计意义	227
8.8.2 热力学概率与玻尔兹曼熵	229
8.8.3 熵增加原理	229
习题	231
部分习题参考答案	235

第 1 篇 力 学

经典力学体系的建立是 17 世纪自然科学最突出的成就之一,它既是当时机械技术和天文学发展的必然要求,也是一大批科学家辛勤劳动的必然产物.伽利略关于地面物体运动的理论和开普勒关于天体运动的理论为经典力学体系的建立铺平了道路,而完成这一重任的是英国科学家牛顿,他把似乎截然不同的地面物体的运动规律和天体运动规律概括在严密的统一理论中.

物质是运动的,而运动的形式是多种多样的,如机械运动、分子热运动、电磁运动、原子核运动及其他微观粒子运动等.机械运动是最简单、最常见的运动形式,它指物体相对其他物体位置的变化以及物体各部分之间的相对运动(如形变).像天体的运行,大气、河水的流动,车辆的行驶,机器的运转等都是机械运动.以牛顿定律为基础的经典力学理论,是研究宏观物体低速运动时,在力作用下做机械运动的规律及其应用的一门科学.力学是物理学的基础,学好力学对学好物理学的其他部分起着至关重要的作用.正如美国伯克利教程“力学”中讲到:一个学生如果清楚地理解了力学中所阐述的基本物理内容,即使他还不能在复杂情况下运用自如,他也已经克服了学习物理学的大部分困难.

力学不仅是物理学其他分支的基础,在工程技术领域,包括机械制造、土木建筑、交通运输、航空航天技术等,也起着基础理论的作用.

本篇的主要内容:质点运动学与牛顿定律、动量守恒定律与能量守恒定律、连续物体的运动.

第 1 章 质点运动学与牛顿定律

1.1 质点运动的描述

1.1.1 参考系 质点

1. 参考系

世界上所有的物体都在不停地运动着,这就是运动的普遍性和绝对性.你坐在教室的座位上学习,你相对于教室是静止的,教室相对于地球也是静止的,但对于太阳而言,你和教室都随地球一起运动,所以运动是绝对的,静止则是相对的.对物体运动状态的描述,因所选择的参考物体不同,导致不同的观察结果,这种同一物体对于不同参考物体表现出运动状态不相同的性质,称为**运动描述的相对性**.因此,要研究或描述任何物体的运动,首先必须选定一个物体作为参考,这个被选定作为参考的物体,称为**参考系**.例如,研究地面上物体的运动,可以选择路面或地面上静止的物体作为参考系;当研究行星绕太阳运动时,则常选择太阳作为参考系.从运动的描述来说,参考系的选择具有任意性,主要根据研究问题的特性和方便而定.

为了定量地描述物体的运动,在参考系选定后,可确定一个相对参考系静止的坐标系.常用的坐标系有直角坐标系、极坐标系、球坐标系和自然坐标系等.

2. 质点

自然界物体的运动一般都比较复杂,当你坐在教室的座位上学习的时候,看似处于静止状态,其实你正在和地球一起运动着,而地球一方面绕太阳沿椭圆形轨道运动,另一方面还要自转.物理学在研究实际问题时,在对具体问题进行全面分析、科学论证的基础上,在一定条件下,对问题进行提炼和抽象,抓住问题的重点和本质特征,这就是物理学研究问题的常用方法,称为**理想化法**.理想化法又分为**理想模型**和**理想实验**.

考虑到地球到太阳的平均距离是地球直径的 12000 倍,在研究地球绕太阳运动时,地球上各点的运动情况可以看成是大致相同的,也就是说,可以忽略地球的大小和形状.由此可见,在研究某些问题时,当物体的大小、形状与所研究的问题无关,或产生的影响很小,则有必要忽略物体的大小和形状,把物体看作只有质量而

无大小和形状的几何点,这种理想化、抽象化的研究对象,在物理学中称为**质点**。

几何学中的点是没有空间大小的,而任何有质量的实际物体都有一定的大小,因此,质点只是一种**理想模型**,在实际中绝对的质点是不存在的。质点模型是牛顿力学处理问题的对象,由于任何物体都可以看成是由无数质点组成的,通过分析质点的运动,可以理解整个物体的运动,所以对质点运动进行研究,是研究物体运动的基础。

1.1.2 位置矢量 位移

1. 位置矢量 r

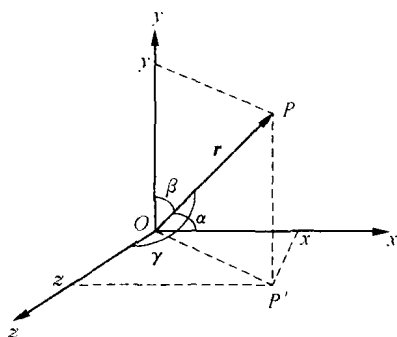


图 1.1 位置矢量

建筑工人在建造高楼大厦时,要用塔吊将建筑材料运送到指定的位置,那么塔吊司机是如何定位的呢?为了定量的描述质点的位置和位置随时间的变化,我们可以用一个**位置矢量 r** (简称**位矢**)来描述质点的空间位置,位置矢量 r 是从参考点(通常是坐标系的原点)到质点所在位置的一条有向线段,记作 r 。由图 1.1 可以看出,塔吊司机搬运的建筑材料看作质点 P 在直角坐标系 $Oxyz$ 中的位置,既可以用位矢 r 表示,也可以用坐标 x 、 y 和 z 表示,

选取 i 、 j 、 k 分别表示 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴的单位矢量,则位矢 r 描述为

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

其值(大小)为

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

表示质点 P 到原点 O 的距离。位矢 r 的方向

$$\cos\alpha = \frac{x}{|r|}$$

$$\cos\beta = \frac{y}{|r|}$$

$$\cos\gamma = \frac{z}{|r|}$$

而

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$$

式中 α 、 β 和 γ 表示位矢与直角坐标系 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴方向的夹角。方位和距