

普通高等教育“十三五”规划教材

大学物理教程

严导淦 易江林◎主 编
刘浩广 王海威◎副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三五”规划教材

大学物理教程

主 编	严导淦	易江林
副主编	刘浩广	王海威
参 编	肖文波	肖慧荣
	颜 超	海 霞
	刘 彬	冯翠娣



机械工业出版社

本书根据教育部颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》，结合编者多年教学改革和实践经验，并参阅大量相关资料编写而成。书中的部分章节体现了对传统大学物理内容的一些调整，阅读材料紧跟大学物理知识在现代科研方向的应用，丰富了教材内容。本书各章中例题的选编力求题目形式多样，涵盖知识点广泛，紧紧围绕教材的基本内容，凸显基本概念和基本计算，有利于学生巩固和深化所学内容。本书主要内容有力学、电磁学、机械振动与机械波、波动光学、热力学和量子物理简介等，每章列有习题，部分习题附有答案。

本书可作为工科大学各专业的大学物理少学时公共课程的教材，也可作为大专院校相关专业的教材或参考书。

图书在版编目（CIP）数据

大学物理教程/严导淦，易江林主编. —北京：机械工业出版社，2016.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-52600-1

I. ①大… II. ①严…②易… 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（2015）第 308016 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：李永联 冯国华 责任编辑：李永联

责任校对：杜雨霏

封面设计：马精明

责任印制：乔 宇

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2016 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26.75 印张·660 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-52600-1

定价：48.50 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

前 言

自然界是由各种形态的物质所组成的。它们都是在相互联系和相互作用下，通过能量的交换和传递而处于永恒的运动中。因此，物质、运动、相互作用和能量是我们认识自然界的基本着眼点。

物理学是研究不同层次的物质结构和物质运动的最基本、最普遍规律的一门自然科学。正如 1999 年 3 月于美国亚特兰大召开的第 23 届纯粹物理和应用物理联合会代表大会所指出的：“物理学——研究物质、能量和它们的相互作用的学科，是一项国际事业，它对人类未来的进步起着关键的作用。”

物理学所研究的运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内粒子的运动等。这些运动及其基本规律普遍反映在其他较高级、较复杂的物质运动形式之中。例如，自然界中所发生的一切运动过程，无论是物理的、化学的、生物的、工程的，都遵从能量转换与守恒定律。因而，物理学就成为其他自然科学和工程技术的重要基础，而许多科学技术和生产领域也都广泛应用着物理学中的力学、热学、电磁学、光学和近代物理等各方面的基本知识和基本理论。可以认为，物理学是当代其他自然科学和工程技术的重要支柱，也是科技创新的催化剂。

可以预期，如果我们能够扎实而系统地理解和掌握物理学的基本知识、基本理论和基本技能，并从中逐步领会物理学的思想方法，充分利用物理学在工程技术中的新成就，必将推动我们今后所从事的专业及早进入现代化的行列。

总而言之，面临着人类文明由工业化进入信息化的新时代，在理工科学生的知识结构中，物理学具有不可替代的奠基作用，并对当代工程技术具有举足轻重的导向作用。

本书是依据编者多年的教学实践，根据教育部颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》编写而成的。针对目前高校课程改革和压缩课时的现状，在编写中对一些内容进行了整合，尽量压缩篇幅，同时在内容上涵盖了大学生应掌握和了解的大学物理知识。书中的阅读材料和冠有“*”的章节可供教师根据课时数和专业的需要选用。

本书由严导淦教授、易江林教授任主编，刘浩广、王海威任副主编。此外，参加本书编写的人员还有肖文波、肖慧荣、颜超、海霞、刘彬和冯翠娣等。

本书在编写过程中，还得到了其他老师的大力支持。同时，编者还参阅了国内外许多教材的有关资料，受益匪浅，在此一并表示诚挚的谢意。

书中难免有疏漏和不妥之处，期望读者不吝赐正。

编 者

目 录

前言

第1章 质点运动学与牛顿定律	1
1.1 质点 参考系 时间和空间	1
1.1.1 质点	1
1.1.2 参考系	1
1.1.3 坐标系 时间和空间	2
1.2 位矢 位移和路程	3
1.2.1 位矢	3
1.2.2 运动函数 轨道方程	4
1.2.3 位移和路程	4
1.3 速度 加速度	5
1.3.1 速度 平均速度	5
1.3.2 瞬时速度 瞬时速率	5
1.3.3 相对运动	7
1.3.4 加速度	8
1.4 直线运动	11
1.5 抛体运动	13
1.6 圆周运动	15
1.6.1 自然坐标系 变速圆周运动	15
1.6.2 圆周运动的角量描述	18
1.7 牛顿运动定律	20
1.7.1 牛顿第一定律	20
1.7.2 牛顿第二定律	21
1.7.3 牛顿第三定律	24
1.8 力学中常见的力	24
1.8.1 万有引力 重力	24
1.8.2 弹性力	26
1.8.3 摩擦力	28
1.9 牛顿运动定律应用示例	30
*1.10 非惯性参考系 惯性力	35
阅读材料 宇宙速度	36
习题1	38
第2章 力学中的守恒定律	41
2.1 功 动能定理	41

2.1.1 功 功率	41
2.1.2 质点的动能定理	43
2.1.3 系统的动能定理	44
2.2 保守力 系统的势能	46
2.2.1 保守力做功的特点	46
2.2.2 势能	48
2.3 系统的功能原理 机械能守恒定律 能量守恒定律	50
2.3.1 系统的功能原理	50
2.3.2 机械能守恒定律	51
2.3.3 能量守恒定律	53
2.4 冲量与动量 质点的动量定理	53
2.5 系统的动量定理 动量守恒定律	56
2.5.1 系统的动量定理	56
2.5.2 系统的动量守恒定律	57
2.6 角动量 力矩 质点的角动量守恒定律	59
2.6.1 质点的角动量	59
2.6.2 力矩	60
2.6.3 质点的角动量定理	60
2.6.4 质点的角动量守恒定律	61
* 2.7 系统的角动量守恒定律	62
习题2	64
第3章 刚体力学基础	67
3.1 刚体的基本运动形式	67
3.1.1 刚体的平动	68
3.1.2 刚体的定轴转动	69
3.2 刚体定轴转动的转动动能 转动惯量	71
3.2.1 刚体定轴转动的转动动能	71
3.2.2 刚体的转动惯量	71
3.3 力矩的功 刚体定轴转动的动能定理	73
3.3.1 力矩	73
3.3.2 力矩的功	74
3.3.3 刚体定轴转动的动能定理	75
3.4 刚体定轴转动定律	77
3.5 刚体定轴转动的角动量定理 角动量守恒定律	80
3.5.1 角动量 冲量矩 角动量定理	80
3.5.2 角动量守恒定律	80
阅读材料 角动量守恒定律的实际应用	82
习题3	83
第4章 狭义相对论	86

4.1 经典力学的相对性原理 伽利略变换	86
4.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	88
4.2.1 狭义相对论的基本原理	88
4.2.2 洛伦兹变换及其速度变换公式	89
4.3 相对论的时空观	90
4.3.1 同时的相对性	90
4.3.2 长度的收缩	92
4.3.3 时间的延缓	93
4.4 狭义相对论的动力学基础	94
4.4.1 质量与速率的关系	94
4.4.2 质量与能量的关系	96
4.4.3 能量与动量的关系	98
阅读材料 广义相对论简介 宇宙的奥秘	99
习题4	101
第5章 静电学	103
5.1 电荷 库仑定律	103
5.1.1 电荷 电荷守恒定律	103
5.1.2 库仑定律 静电力叠加原理	105
5.2 电场 电场强度	107
5.2.1 电场	107
5.2.2 电场强度 电场强度叠加原理	108
5.3 电场强度和电场力的计算	109
5.3.1 点电荷电场中的电场强度	109
5.3.2 点电荷系电场中的电场强度	110
5.3.3 连续分布电荷电场中的电场强度	111
5.3.4 电荷在电场中所受的力	115
5.4 电场强度通量 真空中的高斯定理	117
5.4.1 电场线	117
5.4.2 电场强度通量	117
5.4.3 高斯定理及应用高斯定理求静电场中的电场强度	119
5.5 静电场的环路定理 电势	122
5.5.1 静电力的功	122
5.5.2 静电场的环路定理	123
5.5.3 电势能	124
5.5.4 电势 电势差	124
5.5.5 电势的计算	125
5.6 等势面 电场强度与电势的关系	127
5.6.1 等势面	127
5.6.2 电场强度与电势的关系	128

5.7 静电场中的金属导体	130
5.7.1 金属导体的电结构	130
5.7.2 导体的静电平衡条件	130
5.7.3 静电平衡时导体上的电荷分布	131
5.7.4 静电屏蔽	132
5.8 静电场中的电介质	133
5.8.1 电介质的电结构	133
5.8.2 电介质在外电场中的极化现象	134
5.8.3 有电介质时的静电场	135
5.8.4 有电介质时静电场的高斯定理 电位移矢量	135
5.8.5 有电介质时静电场的高斯定理的应用	137
5.9 电容 电容器	140
5.9.1 孤立导体的电容	140
5.9.2 电容器的电容	140
5.9.3 电容器的串联和并联	143
5.10 电场的能量	145
阅读材料 尖端放电和电火花加工	146
习题5	148
第6章 恒定电流的稳恒磁场	152
6.1 磁现象及其本源	152
6.2 磁场 磁感应强度	153
6.2.1 磁场	153
6.2.2 磁感应强度	154
6.3 毕奥-萨伐尔定律及其应用 运动电荷的磁场	155
6.3.1 毕奥-萨伐尔定律及其应用	155
6.3.2 运动电荷的磁场	159
6.4 磁通量 真空中磁场的高斯定理	160
6.4.1 磁感应线	160
6.4.2 磁通量 真空中磁场的高斯定理	161
6.5 安培环路定理及其应用	162
6.6 磁场对载流导线的作用 安培定律	166
6.6.1 安培定律	166
6.6.2 均匀磁场中载流线圈所受的力矩	168
6.7 带电粒子在电场和磁场中的运动	170
6.7.1 磁场对运动电荷的作用力——洛伦兹力	170
6.7.2 带电粒子在电场和磁场中的运动	172
6.8 磁场中的磁介质	175
6.8.1 磁介质在外磁场中的磁化现象	175
6.8.2 抗磁质和顺磁质的磁化机理	176

6.8.3 磁介质的磁导率	177
6.8.4 磁介质中的高斯定理和安培环路定理	177
阅读材料 电磁炮及电磁弹射应用	179
习题6	180
第7章 变化的电磁场	183
7.1 电磁感应现象及其基本规律	183
7.1.1 电磁感应现象	183
7.1.2 楞次定律	184
7.1.3 法拉第电磁感应定律	185
7.2 动生电动势及其表达式	189
7.2.1 动生电动势	189
7.2.2 动生电动势的表达式	189
7.3 感生电动势 涡旋电场及其应用	193
7.3.1 感生电动势与涡旋电场	193
7.3.2 电子感应加速器	194
7.3.3 涡电流及其应用	195
7.4 自感与互感	195
7.4.1 自感	195
7.4.2 互感	198
7.5 磁场的能量	200
7.6 位移电流	201
7.7 麦克斯韦电磁场理论	203
7.7.1 电场	203
7.7.2 磁场	204
7.7.3 电磁场的麦克斯韦方程组的积分形式	204
阅读材料 超导现象及其应用	205
习题7	207
第8章 机械振动	210
8.1 简谐振动	210
8.1.1 简谐振动的基本特征	210
8.1.2 简谐振子是一个理想模型	211
8.1.3 简谐振动的表达式	212
8.1.4 简谐振动的能量	213
8.2 描述简谐振动的物理量	214
8.2.1 周期、频率与角频率	214
8.2.2 相位和初相 振幅和初相的确定	216
8.3 简谐振动的旋转矢量图示法 相位差	221
8.3.1 简谐振动的旋转矢量图示法	221
8.3.2 相位差	221

8.4 同方向简谐振动的合成 拍	223
8.4.1 同方向、同频率简谐振动的合成	223
8.4.2 同方向、不同频率简谐振动的合成 拍	225
8.4.3 相互垂直的同频率简谐振动的合成	226
8.4.4 相互垂直的不同频率简谐振动的合成 李萨如图形	228
*8.5 阻尼振动	229
*8.6 受迫振动 共振	230
阅读材料 汽车减振系统	233
习题8	234
第9章 机械波	237
9.1 机械波的产生和传播	237
9.1.1 机械波产生的条件	237
9.1.2 横波和纵波	238
9.2 描述波的一些物理量 波的几何表示	239
9.2.1 周期、频率、波长与波速	239
9.2.2 波的几何表示	241
9.3 平面简谐波的波函数及其物理意义	241
9.3.1 平面简谐波的波函数	241
9.3.2 波函数的物理意义	242
9.4 波的能量 能流密度	247
9.4.1 波的能量	247
9.4.2 能流密度	248
9.5 惠更斯原理 波的衍射、反射和折射	248
9.5.1 惠更斯原理	248
9.5.2 波的衍射	249
9.5.3 波的反射和折射	250
9.6 波的干涉 驻波	252
9.6.1 波的叠加原理	252
9.6.2 波的干涉	252
9.6.3 驻波	254
*9.7 声波 超声波	256
9.7.1 声波	256
9.7.2 超声波	258
*9.8 多普勒效应	259
习题9	261
第10章 波动光学	263
10.1 光的干涉 相干光的获得	263
10.1.1 光强 光的干涉	263
10.1.2 相干光的获得	265

10.2 双缝干涉	267
10.2.1 杨氏双缝干涉实验	267
10.2.2 洛埃德镜实验	269
10.3 光程 光程差	270
10.3.1 光程	270
10.3.2 光程差	272
10.3.3 额外光程差 干涉条件的一般表述	272
10.3.4 透镜不引起额外的光程差	273
10.4 薄膜干涉 增透膜和增反膜	273
10.4.1 薄膜干涉	274
10.4.2 增透膜和增反膜	276
10.5 劈尖干涉 牛顿环	277
10.5.1 劈尖干涉	277
10.5.2 牛顿环	280
10.6 光的衍射	282
10.6.1 光的衍射现象	282
10.6.2 惠更斯-菲涅耳原理	282
10.7 单缝衍射	283
10.7.1 单缝的夫琅禾费衍射	283
10.7.2 单缝衍射条纹的形成	284
10.7.3 单缝衍射条纹的明、暗条件	284
10.8 衍射光栅 衍射光谱	287
10.8.1 衍射光栅	287
10.8.2 衍射光栅条纹的成因	288
10.8.3 光栅公式	289
10.8.4 衍射光谱	291
10.9 圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨率	292
10.9.1 圆孔的夫琅禾费衍射	292
10.9.2 光学仪器的分辨率	293
10.10 光的偏振	294
10.11 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	295
10.11.1 偏振片的起偏和检偏	296
10.11.2 马吕斯定律	296
10.11.3 偏振片的应用	297
10.12 反射和折射时光的偏振 布儒斯特定律	298
阅读材料 独立光伏发电系统	300
习题 10	302
第 11 章 热力学基础	305
11.1 热力学系统及其平衡态 准静态过程	305

11.1.1 热力学系统 平衡态	305
11.1.2 气体的状态参量	306
11.1.3 准静态过程	307
11.2 理想气体的状态方程	308
11.2.1 气体的实验定律 理想气体	308
11.2.2 理想气体的状态方程	309
* 11.2.3 实际气体的状态方程	310
11.3 热力学第一定律	311
11.3.1 系统的内能 功与热的等效性	311
11.3.2 热力学第一定律的内涵	312
11.3.3 功和热量的计算 摩尔热容	313
11.4 理想气体的热力学过程	315
11.4.1 等体过程	315
11.4.2 等压过程	316
11.4.3 等温过程	317
11.4.4 绝热过程	318
* 11.4.5 多方过程	322
11.5 循环过程 卡诺循环	322
11.5.1 循环过程	322
11.5.2 正循环 热机的效率	323
11.5.3 逆循环 制冷机的效率	324
11.5.4 卡诺循环	326
11.6 热力学第二定律 卡诺定理	328
11.6.1 可逆过程和不可逆过程	328
11.6.2 热力学第二定律的内涵	329
11.6.3 卡诺定理	330
11.7 熵 熵增加原理	331
11.7.1 克劳修斯公式	331
11.7.2 熵	332
11.7.3 熵增加原理——热力学第二定律的数学表达式	333
阅读材料 四冲程循环发动机	334
习题 11	336
第 12 章 气体动理论	340
12.1 气体动理论的基本观点	340
12.2 气体分子热运动及其统计规律性	343
12.2.1 气体分子的热运动	343
12.2.2 大量分子热运动服从统计规律性	344
12.3 理想气体的压强公式及温度的统计意义	345
12.3.1 理想气体的微观模型	345

12.3.2	理想气体的压强公式	345
12.3.3	温度的统计意义	348
12.4	能量按自由度均分定理 理想气体的内能	350
12.4.1	自由度	350
12.4.2	能量按自由度均分定理	351
12.4.3	理想气体的内能	352
12.5	气体分子运动的速率分布律	353
12.5.1	分子运动的速率分布	353
12.5.2	麦克斯韦速率分布律	355
12.5.3	分子速率的统计平均值	356
12.5.4	麦克斯韦速率分布律的实验验证	358
12.6	分子的平均碰撞频率和平均自由程	359
12.7	热力学第二定律的统计诠释	361
12.7.1	热力学过程不可逆性的统计意义	361
12.7.2	热力学概率与熵	362
习题 12		363
第 13 章	量子物理基础	366
13.1	热辐射	366
13.1.1	热辐射及其定量描述	366
13.1.2	绝对黑体辐射定律 普朗克公式	367
13.2	光电效应	369
13.2.1	光电效应的实验规律	369
13.2.2	光电效应与光的波动理论的矛盾	371
13.2.3	爱因斯坦的光子假设 光的波粒二象性	371
13.2.4	光电效应的应用	372
13.3	康普顿效应 电磁辐射的波粒二象性	373
13.3.1	康普顿效应	373
13.3.2	电磁辐射的波粒二象性	374
13.4	氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	375
13.4.1	氢原子光谱的规律性	375
13.4.2	玻尔的氢原子理论	376
13.5	德布罗意假设 海森伯不确定关系	379
13.5.1	实物粒子的波动性——德布罗意假设	379
13.5.2	不确定关系	381
13.6	波函数及其统计解释	383
13.6.1	波函数	383
13.6.2	波函数的统计解释	384
13.6.3	波函数的归一化条件及标准条件	385
13.7	薛定谔方程	386

13.7.1 薛定谔方程的内涵	386
13.7.2 定态薛定谔方程	387
习题 13	388
附录	390
附录 A 一些物理常量	390
附录 B 矢量的运算	390
附录 C 十大经典物理实验	402
部分习题参考答案	407
参考文献	412

【自测题】 如果不用皮尺去测量，你能否利用已学过的高中物理知识，从理论上拟订一个估测上海市杨浦大桥净空高度（即桥面离黄浦江正常水位的高度）的最简单方案？（请参阅本章习题 1-14）

第 1 章 质点运动学与牛顿定律

1.1 质点 参考系 时间和空间

1.1.1 质点

从本章开始，我们首先研究力学。力学是研究物体机械运动及其规律的一门学科，它包括运动学和动力学两部分内容。

所谓机械运动，是指一个物体相对于另一个物体或组成一个物体的各部分之间发生的相对位置的变动。例如：宇宙间的天体运动、机器中各部件的运转、物质材料受外力作用而发生的形状和大小的改变、甚至人们的举手投足等，都是机械运动。

在研究物体的机械运动时，如果物体的形状和大小不影响物体的运动，或其影响甚微，那么，就可以将物体看作是没有形状和大小，而只拥有物体全部质量的一个点，称为质点。所以，质点是将真实物体经过简化、抽象后的一个物理模型。例如，在地球绕太阳公转的同时，尚有自转，因而地球上各处的运动情况迥异。但是，由于地球到太阳的距离约为地球半径的两万多倍，所以相对于太阳而言，地球上各点的运动状态差异甚小，因而在研究地球绕太阳的公转时，也可将地球视作质点。

顺便指出，如果物体的形状和大小相对于其运动空间而言，不能视作质点，但物体各点的运动状态相同，那么，我们就把物体的这种运动称为平动，并可用其上任一点的运动代替该物体的整体运动。例如，局限于内燃机汽缸内的活塞，在曲柄连杆驱动下做往复运动，就是一种平动。

当然，对同一个物体能否视作质点，应针对具体问题进行分析。例如，研究地球绕轴自转时，就不能将地球视作质点来研究了。

综上所述，推而广之，今后我们在研究物理现象时，往往抓住其主要因素，撇开次要因素，把复杂的研究对象及其演变过程简化成理想化的物理模型，以便能更深刻地凸现问题的本质。理想化模型方法不仅是物理学中一种重要的研究方法，也是引领科技工作者去探索和解决实际问题的一种有效途径。读者通过本课程的学习，应逐步加以领会和掌握。

1.1.2 参考系

宇宙万物皆处于永恒的运动之中，这就是运动的绝对性。就机械运动而言，为了描述

物体位置的变动,总是相对于另一个作为参考的物体来考察的.这个被作为参考的物体称为**参考系**.

显然,选择不同的参考系,同一个物体的运动将相应地有不同的描述,这就是**描述物体的运动具有相对性**.例如,一人坐在做匀速直线运动的列车中,若以列车为参考系,此人是静止的,而以地面为参考系,此人随车做同样的匀速直线运动.由此可见,研究某个物体的运动,必须确认是对哪个参考系而言的.

在运动学中,参考系的选择可以是任意的,选择的原则应是在问题的性质和情况允许的前提下,力求使运动的描述和处理简单方便.例如,研究地面上物体的运动,通常选地面(即地球)为参考系最为方便.又如,研究行星运动时,则宜选太阳为参考系,有助于简化处理问题.

1.1.3 坐标系 时间和空间

在选定参考系后,为了描述物体在不同时刻所到达的空间位置,可以在参考系上任取一点 O 作为**参考点**,建立一个**坐标系**.最常用的是**直角坐标系**.一般在认定的参考系上以任选的参考点 O 作为坐标系的原点,并作相互垂直的 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴,从而建构成空间直角坐标系 $Oxyz$.于是,质点在空间的位置就可用 x 、 y 、 z 三个坐标来表示.若质点在一个平面上运动,类似地,可在这个平面上作平面直角坐标系 Oxy ,用 x 、 y 两个坐标就可以表示它在平面上的位置.当质点做直线运动时,可以沿该直线作 Ox 轴,只需用一个坐标 x 就可表示它的位置.这样,借助于参考系,利用坐标系,便可定量描述运动物体的空间特征.

把运动物体在空间所经历的一系列位置,按物体到达的迟、早相应地用数字大小排列成一个序列,这个数字就称为**时刻**.**时刻是描述物体运动位置到达迟、早的物理量**,它是标量,记作 t .

时间则是描述物体运动过程长短的物理量.设物体在运动过程中先、后到达两个位置 P 、 Q ,所对应的时刻分别为 t_0 和 t ,则物体从位置 P 运动到位置 Q 所经历的时间为 $\Delta t = t - t_0$.倘若我们选择物体在起始位置的时刻 $t_0 = 0$,则 $\Delta t = t$.在这种情况下,时间的量值 Δt 就是时刻的量值 t .今后,我们在习惯上常常这么说,运动物体的空间位置随时间 t 的变更而改变,就是从上述这个意义上来说的.这里,时间 t 既具有时刻的含义,也具有与某起始位置的零时刻之间的时间间隔的含义.

坐标的大小通常用几何上的长度来标示.在国际单位制(SI)中,长度的单位是 m (米),也常用 km (千米)、cm (厘米)等.时刻和时间的单位都是 s (秒),有时也用 min (分)、h (小时)、d (天)或 a (年)做单位.

值得指出,由于坐标系(连同所配置的尺和钟)固连于被选作参考系的物体上,因而质点相对于坐标系的运动就是相对于参考系的运动.这意味着一旦建立了坐标系,实际上就暗示参考系已经选定.今后,在我们的心目中,往往把坐标系等同于参考系,不加区分.

注意:今后为简便起见,凡是说到“国际单位制”,都用它的代号“SI”表示;并认定各个物理量的单位皆用相应的基本单位及其导出单位或组合单位.

问题 1-1 为了测量一艘货轮在大海中的航速,可否将此货轮看作质点?若要观察此货轮驶近码头停泊时的运

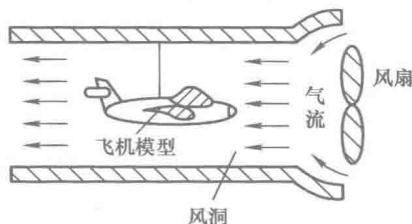
动情况,这时将货轮看作质点是否正确?

问题 1-2 (1) 何谓参考系和坐标系?为什么要引入这些概念?脱离参考系能否说出悬浮在蓝天白云间的一只气球的位置?

(2) 魏武帝曹操在《短歌行》一诗中有两句诗:“月明星稀,乌鹊南飞。”这究竟是对哪个参考系而言的?

(3) 如问题 1-2 (3) 图所示,为了测定飞机的飞行性能,常需把所设计的飞机按有关原理制作成实物模型,安置在风洞中进行实验.飞机模型相对于风洞及地面是静止的.在风扇驱动的高速气流通过风洞的同时,试问飞机模型相对于哪个参考系在做高速飞行?

(4) 当载有卫星的火箭腾空起飞时,以地面为参考系,卫星是运动的;以火箭为参考系,卫星是静止的.这是为什么?



问题 1-2 (3) 图 飞机风洞实验

1.2 位矢 位移和路程

1.2.1 位矢

如图 1-1a 所示,在参考系上任意取定一个参考点 O ,从 O 点指向质点在某一时刻的位置 P ,作一矢量 $\mathbf{r}$,称为质点在该时刻的位置矢量,简称位矢.位矢 $\mathbf{r}$ 的长度 $|\mathbf{r}|$ 表示质点离参考点 O 的远近,即 $|\mathbf{r}| = OP$;其方向自 O 指向 P ,表示质点相对于参考点 O 的方位.

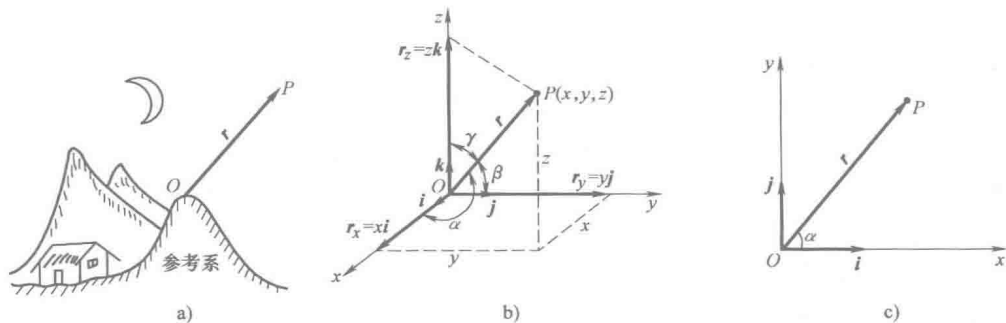


图 1-1 位矢

为了便于定量计算,如图 1-1b 所示,可在参考系上作一个以 O 为原点的空间直角坐标系 $Oxyz$,各轴的正方向分别用相应单位矢量 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 标示.这样, P 点的位置坐标 x 、 y 、 z 就是该点位矢 $\mathbf{r}$ 分别沿 Ox 、 Oy 、 Oz 轴上的分量,而 $x\mathbf{i}$ 、 $y\mathbf{j}$ 、 $z\mathbf{k}$ 则为位矢 $\mathbf{r}$ 的三个分量.由此便可写出位矢 $\mathbf{r}$ 在空间直角坐标系 $Oxyz$ 中的正交分解式,即

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

由位矢 $\mathbf{r}$ 的分量,即 P 点的坐标 x 、 y 、 z ,可以求位矢 $\mathbf{r}$ 的大小和方向.其大小为正的标量,即

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

其方向可用位矢 $\mathbf{r}$ 分别与 x 、 y 、 z 轴所成的夹角(称为方向角) α 、 β 、 γ 表示,方向角的余弦称为 $\mathbf{r}$ 的方向余弦,即