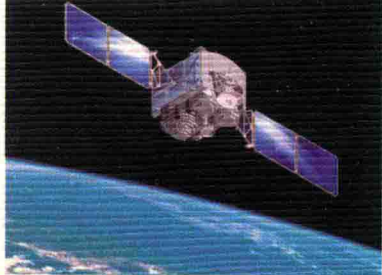


“十三五”国家重点图书出版规划项目
北京市科学技术协会科普创作出版资金资助

大众力学丛书



刘延柱 著

趣味刚体动力学

(第二版)



高等教育出版社

“十三五”
北京市科

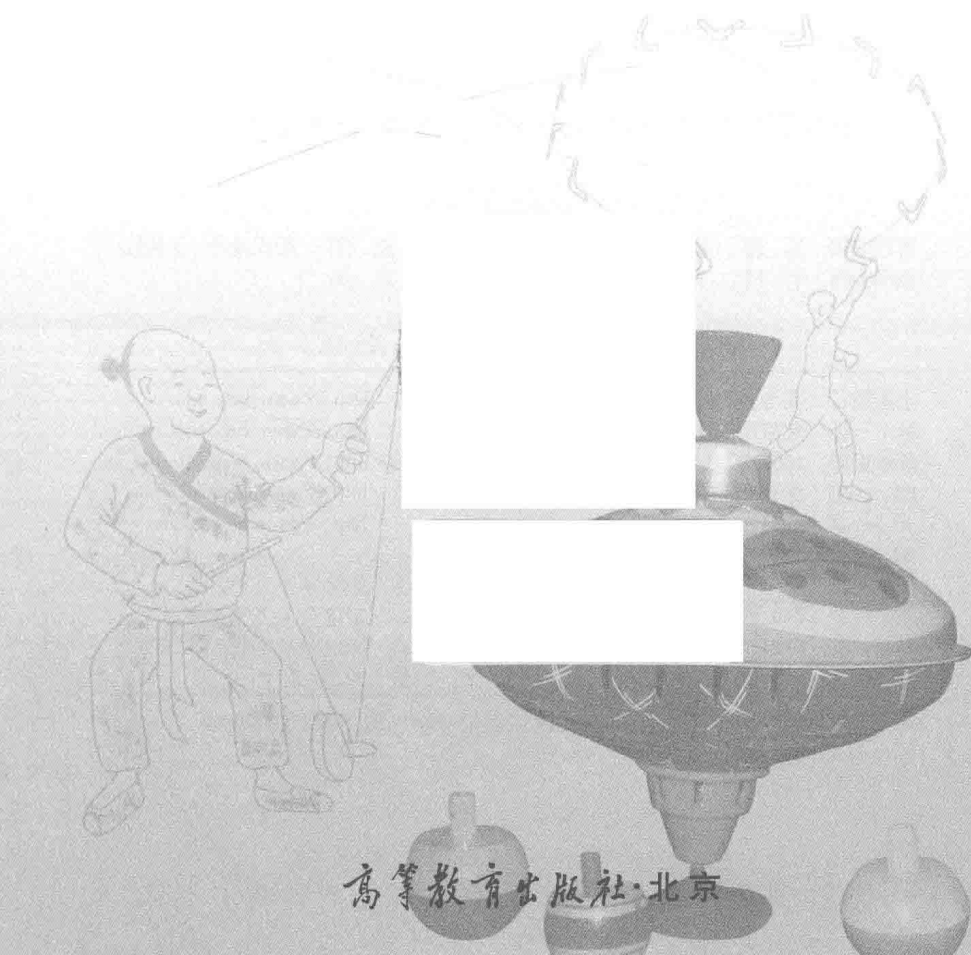
助

大众力学丛书

趣味刚体动力学

(第二版)

刘延柱 著



高等教育出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

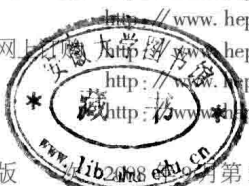
趣味刚体动力学 / 刘延柱著. --2 版. --北京 :
高等教育出版社, 2018.9
(大众力学丛书)
ISBN 978-7-04-049968-1

I. ①趣… II. ①刘… III. ①刚体动力学-普及读物
IV. ①O313.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 135849 号

策划编辑 王超 责任编辑 王超 封面设计 赵阳 版式设计 王艳红
插图绘制 于博 责任校对 高歌 责任印制 尤静

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 100120
印刷 涿州市京南印刷厂
开本 850mm×1168mm 1/32
印张 12.25
插页 2
字数 310 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>

版 2018 年 9 月第 1 版
2018 年 9 月第 2 版
印 次 2018 年 9 月第 1 次印刷
定 价 39.00 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 49968-00

《奥运中的科技之光》 赵致真 著 ISBN:978-7-04-024621-6

本书全景式讲述了奥运中的科学知识。通过经典赛事和有趣故事，深入浅出分析了各项体育运动中生动丰富的力学现象，广泛涉及生物学、化学、数学、电子技术、材料科学等诸多领域，并介绍了当代体育科学前沿的最新成果。旨在“通过科学欣赏体育，通过体育理解科学”，也有助于大中学生开阔眼界，巩固和深化课堂知识。

《拉家常·说力学》 武际可 著 ISBN:978-7-04-024460-1

本书收集了作者近十多年来发表的32篇科普文章。这些文章，都是从常见的诸如捞面条、倒啤酒、洗衣机、肥皂泡、量血压、点火等家常现象入手，结合历史典故阐述隐藏在其中的科学原理。这些文章图文并茂、文理兼长、读来趣味盎然，其中有些曾获有关方面的奖励。本书可供具有高中以上文化读者阅读，也可以供大中学教师参考。

《诗情画意谈力学》 王振东 著 ISBN:978-7-04-024464-9

本书是一本科学与艺术交融的力学科普读物，内容大致可分为“力学诗话”和“力学趣谈”两部分。“力学诗话”的文章，力图从唐宋诗词中对力学现象观察和描述的佳句入手，将诗情画意与近代力学的发展交融在一起阐述。“力学趣谈”的文章，结合问题研究的历史，就日常生活、生产中的力学现象，风趣地揭示出深刻的力学道理。这本科普小册子，能使读者感受力学魅力、体验诗情人生，有益于读者交融文理、开阔思路和激发创造性。

《趣味刚体动力学》 刘延柱 著 ISBN:978-7-04-024753-4

本书通过对日常生活中和工程技术中形形色色力学现象的解释学习刚体动力学。全书包括32个专题，归纳为玩具篇、体育篇和技术篇等三章。每个专题的叙述均以物理概念为主，着重文章的通俗性和趣味性。需要借助数学公式深入分析的内容在各个专题的文末以注释的形式给出。附录里给出必要的刚体动力学基本知识。本书除作为科普读物外，也可作为理工科大学理论力学课程的课外参考书，使读者在获得更多刚体动力学知识的同时，能对身边的力学问题深入思考并提高对力学课程的学习兴趣。



《创建飞机生命密码(力学在航空中的奇妙地位)》乐卫松 著

ISBN:978-7-04-024754-1



本文从国家决定研制具有中国自主知识产权的大客机谈起,通过设计的一组人物,用情景对话、访谈专家学者的方式,描述年轻人不断探索,深入了解在整个飞机研发过程中,力学在航空业中特别奇妙的地位。如同人的遗传密码DNA,呈长长的双螺旋状,每一小段反映人的一种性状,飞机的生命密码融入飞机研发到投入市场的长历程,力学乃是组建这长长的飞机生命密码中关键的、不可或缺的学科。这是一篇写给大学生和高中生阅读的通俗的小册子,当然也可供对航空有兴趣的各界人士浏览阅读。

《力学史杂谈》武际可 著 ISBN:978-7-04-028074-6



本书收集了作者近20年中陆续发表或尚未发表的30多篇文章,这些文章概括了作者认为对力学发展乃至对整个科学发展比较重要而又普遍关心的课题,介绍了阿基米德、伽利略、牛顿、拉格朗日等科学家的生平与贡献,也介绍了我国著名的力学家,还对力学史上比较重要的理论和事件,如能量守恒定律、梁和板的理论、永动机等的前前后后进行了介绍。本书对科学史有兴趣的读者,对学习力学的学生和教师,都是一本难得的参考书。

《漫话动力学》贾书惠 著 ISBN:978-7-04-028494-2



本书从常见的日常现象出发,揭示动力学的力学原理、阐明力学规律,并着重介绍这些原理及规律在工程实践,特别是现代科技中的应用,从而展示动力学在认识客观世界及改造客观世界中的巨大威力。全书分为十个专题,涉及导航定位、火箭卫星、载人航天、陀螺仪器、体育竞技、大气气象等多个科技领域。全书配有大量插图,内容丰富而广泛;书中所引的故事轶闻,读起来生动有趣。本书对学习力学课程的大学生是一本很好的教学参考书,书中动力学在现代科技中应用的实例可以丰富教学内容,因而对力学教师也大有裨益。

《涌潮随笔——一种神奇的力学现象》林炳尧 著

ISBN:978-7-04-029198-8



涌潮是一种很神奇的自然现象。本书力图用各个专业学生都能够明白的语言和方式,介绍当前涌潮研究的各个方面,尤其是水动力学方面的主要成果。希望读者在回顾探索过程的艰辛,欣赏有关涌潮的诗词歌赋,增加知识的同时,激发起对涌潮、对自然的热爱和探索的愿望。



《科学游戏的智慧与启示》 高云峰 著 ISBN:978-7-04-031050-4

本书以游戏的原理和概念为线索，介绍处理问题的方法和思路。作者用生动有趣的生活现象或专门设计的图片来说明道理，读者可以从中领悟如何快速分析问题，如何把复杂问题简单化。本书可以作为中小学生的课外科普读物和试验指南，也可以作为中小学科学课教师的补充教材和案例，还可以作为大学生力学竞赛和动手实践环节的参考书。



《力学与沙尘暴》 郑晓静 王 萍 编著 ISBN:978-7-04-032707-6

本书从一个力学工作者的角度来看沙尘暴、沙丘和沙波纹这些自然现象以及与此相关的风沙灾害和荒漠化及其防治等现实问题。由此希望告诉读者对这些自然现象的理解和规律的揭示，对这些灾害发生机理的认识和防治措施的设计，不仅仅是天气学界、地学界等学科研究的重要内容之一，而且从本质上看，还是一个典型的力学问题，甚至还与数学、物理等其他基础学科有关。



《方方面面话爆炸》 宁建国 编著 ISBN:978-7-04-032275-0

本书用通俗易懂的文字描述复杂的爆炸现象和理论，尽量避免艰深的公式，并配有插图以便于理解；内容广博约略，几乎涵盖了整个爆炸科学领域；本书文字流畅，读者能循序渐进地了解爆炸的各个知识点。本书可供高中以上文化程度的广大读者阅读，对学习兵器科学相关专业的大学生也是一本很好的入门读物，同时书中的知识也能帮助爆炸科技工作者进一步深化对爆炸现象的理解。



《趣味振动力学》 刘延柱 著 ISBN:978-7-04-034345-8

本书以通俗有趣的方式讲述振动力学，包括线性振动的传统内容，从单自由度振动到多自由度和连续体振动，也涉及非线性振动，如干摩擦阻尼、自激振动、参数振动和混沌振动等内容。在叙述方式上力图避免或减少数学公式，着重从物理概念上解释各种振动现象。本书除作为科普读物供读者阅读以外，也可作为理工科大学振动力学课程的课外参考书。

《音乐中的科学》武际可 著 ISBN: 978-7-04-035654-0

本书收录了二十几篇与声学 and 音乐的科学原理相关的文章，涉及声音的产生和传播、声强的度量、建筑声学、笛子制作、各种乐器的构造和发声原理等。本书对中学、大学，包括艺术类专业的师生都是一本很好的课外读物；对于广大音乐爱好者和对自然科学感兴趣的读者，以及这些方面的专业人员也是一本难得的参考书。

《谈风说雨——大气垂直运动的力学》刘式达 李滇林 著

ISBN: 978-7-04-037081-2

本书以风、雨为主线，讲解了20个日常生活中人们普遍关心的大气科学中的力学问题，内容包括天上的云、气旋和反气旋、风的形成、冷暖气团相遇的锋面、龙卷风和台风等。本书图文并茂，通俗易懂，可供对力学和大气科学感兴趣的学生和教师参考。

《趣话流体力学》王振东 著 ISBN: 978-7-04-045363-8

本书是一本科学与艺术交融的流体力学科普读物，力图从中国古代诗词中对流体力学现象观察和描述的佳句入手，将诗情画意与近代流体力学的内容交融在一起阐述。希望就自然界和日常生活中的流体力学现象，风趣地揭示出深刻的力学道理。本书是一本适合文理工科大学生、大中专物理教师、工程技术人员及诗词和自然科学爱好者的优秀读物。

《趣味刚体动力学（第二版）》刘延柱 著 ISBN: 978-7-04-049968-1

本书通过对日常生活和工程技术中形形色色力学现象的解释学习刚体动力学。全书包括67个专题，均以物理概念为主，着重内容的通俗性与趣味性。本书除作为科普读物外，也可作为理工科大学理论力学课程的课外参考书。希望读者在获得更多刚体动力学知识的同时，能对身边的力学问题深入思考，增强对力学课程的学习兴趣。理工科大学本科生可通过对专题注释的阅读，提高利用力学和数学模型分析解释实际现象的能力。



中国力学学会《大众力学丛书》编辑委员会

陈立群 戴世强⁺ 刘延柱 佘振苏 隋允康

王振东 武际可* 叶志明 张若京 仲 政

朱克勤 朱照宣

(注：后加*者为主任委员，后加⁺者为副主任委员)

中国力学学会《大众力学丛书》

总 序

科学除了推动社会生产发展外，最重要的社会功能就是破除迷信、战胜愚昧、拓宽人类的视野。随着我国国民经济日新月异的发展，广大人民群众渴望掌握科学知识的热情不断高涨，所以，普及科学知识，传播科学思想，倡导科学方法，弘扬科学精神，提高国民科学素质一直是科学工作者和教育工作者长期的任务。

科学不是少数人的事业，科学必须是广大人民参与的事业。而唤起广大人民的科学意识的主要手段，除了普及义务教育之外就是加强科学普及。力学是自然科学中最重要的一个基础学科，也是与工程建设联系最密切的一个学科。力学知识的普及在各种科学知识的普及中起着最为基础的作用。人们只有对力学有一定程度的理解，才能够深入理解其他门类的科学知识。我国近代力学事业的奠基人周培源、钱学森、钱伟长、郭永怀先生和其他前辈力学家非常重视力学科普工作，并且身体力行，有过不少著述，但是，近年来，与其他兄弟学科（如数学、物理学等）相比，无论从力量投入还是从科普著述的产出看来，力学科普工作显得相对落后，国内广大群众对力学的内涵及在国民经济发展中的重大作用缺乏有深度的了解。有鉴于此，中国力学学会决心采取各种措施，大力推进力学科普工作。除了继续办好现有的力学科普夏令营、周培源力学竞赛等活动以外，还将举办力学科普工作大会，并推出力学科普丛书。2007年，中国力学学会常务理事会决定组成《大众力学丛书》编辑委员会，计划集中出版一批有关力学的科普著作，把它们集结为

《大众力学丛书》，希望在我国科普事业的大军中团结国内力学界人士做出更有效的贡献。

这套丛书的作者是一批颇有学术造诣的资深力学家和相关领域的专家学者。丛书的内容将涵盖力学学科中的所有二级学科：动力学与控制、固体力学、流体力学、工程力学以及交叉性边缘学科。所涉及的力学应用范围将包括：航空、航天、航运、海洋工程、水利工程、石油工程、机械工程、土木工程、化学工程、交通运输工程、生物医药工程、体育工程等等。大到宇宙、星系，小到细胞、粒子，远至古代文物，近至家长里短，深奥到卫星原理和星系演化，优雅到诗画欣赏，只要其中涉及力学，就会有相应的话题。本丛书将以图文并茂的版面形式，生动鲜明的叙述方式，深入浅出、引人入胜地把艰深的力学原理和内在规律介绍给最广大范围的普通读者。这套丛书的主要读者对象是大学生和中学生以及有中学以上文化程度的各个领域的人士。我们相信它们对广大教师和研究人員也会有参考价值。我们欢迎力学界和其他各界的教师、研究人員以及对科普有兴趣的作者踊跃撰稿或提出选题建议，也欢迎对国外优秀科普著作的翻译。

丛书编委会对高等教育出版社的大力支持表示深切的感谢。出版社领导从一开始就非常关注这套丛书的选题、组稿、编辑和出版，派出了精兵强将从事相关工作，从而保证了本丛书以优质的形式亮相于国内科普丛书之林。

中国力学学会《大众力学丛书》编辑委员会

2008年4月

第二版序言

Preface

本书第一版于 2008 年出版后，作者又陆续在《力学与实践》刊物上发表了一些科普短文。第二版补充了这些内容，使原书的 32 个专题增加到 67 个。在原有的玩具篇、体育篇和技术篇基础上增加了杂技篇和生活篇，扩充为五章。如第一版序言所述，此书的写作目的是想对日常生活和工程技术中形形色色与刚体动力学有关的现象给出合理的力学解释，从中学习刚体动力学的基本原理。

各个专题的叙述着重通俗性和趣味性，尽量避免数学符号出现。仅在每节文末的注释中建立力学和数学模型作进一步的理论分析，使读者对所讨论问题有更深入的理解。这部分内容只要具备理工科大学的微积分和微分方程知识就能顺利阅读。读者如从正文的叙述已能领会对所讨论问题的物理解释，注释部分可予忽略。而对于已学过或正在学习理论力学课程的理工科大学的本科生，可将每个专题的注释当作课程的例题。了解如何对观察到的现象利用所学到的力学知识建立简化的力学和数学模型，通过必要的数学推导得出分析结果以解释实际现象。文中列入的专题绝大部分属于刚体或刚体系统的动力学问题，个别专题也与弹性体有关。与第一版情况类似，也涉及运动稳定性、线性振动和非线



性振动等学科的基本知识。

作者感谢戴世强教授再次审阅书稿并提出宝贵意见。作者希望这本科普读物能有助于读者对身边力学现象的思考和理解。尤其希望对理工科大学的学生在巩固和扩展理论力学知识、提高对实际现象的分析能力方面能有所裨益。文中不妥处望读者不吝指正。

刘延柱

— 2017年10月于上海交通大学

第一版序言

Preface

力学是研究物体机械运动的科学，即研究物体的运动和变形的科学。当物体的变形很小或变形虽不小但对物体的运动不产生影响时，可在忽略变形的条件下分析物体的运动。这种抽象化的不变形物体称为刚体。刚体动力学研究刚体在力和力矩作用下的运动规律，是经典力学的重要组成部分。它的历史可追溯到 18 世纪欧拉对刚体绕固定点运动规律的研究。

理工科大学的理论力学课程里通常仅包括最简单的刚体动力学内容，如刚体的平移和绕固定轴转动。但许多力学现象必须用更多的刚体动力学知识才能说明。本书的目的是通过对日常生活和工程技术中形形色色力学现象的解释学习刚体动力学。全书包括 32 个专题，归纳为玩具篇、体育篇和技术篇三章。每个专题的叙述均以物理概念为主，着重文章的通俗性和趣味性，尽量避免文中出现数学符号。需要借助数学公式的深入分析在各个专题的文末以注释的形式给出。读者只要具备理工科大学的微积分和微分方程知识就能顺利阅读。附录里给出必要的刚体动力学基本知识，供读者在阅读正文时参考。除刚体动力学以外，通过各个专题的阅读，还可获得与运动稳定性、线性振动、自激振动、混沌振动等方面有关的力学知识。



本书的部分内容来自作者的力学科普作品,曾发表于《力学与实践》《物理通报》《百科知识》《航空知识》《舰船知识》等刊物。书中在标题后以加注形式说明内容的来源。

戴世强教授对书稿作了详细审阅并提出了许多宝贵意见,作者谨表示衷心感谢。作者希望这本科普读物也能作为理论力学课程的课外参考书,使理工科大学的学生获得更多的动力学知识,并有助于读者对于身边力学问题的深入思考和提高对力学课程的学习兴趣。

刘延柱

2008年3月于上海交通大学

目 录

Contents

第一章 玩 具 篇

- | | |
|------|--------------|
| 1. 1 | 悠悠球 / 3 |
| 1. 2 | 滚铁环 / 7 |
| 1. 3 | 抖空竹 / 13 |
| 1. 4 | 抽陀螺 / 18 |
| 1. 5 | 翻身陀螺 / 23 |
| 1. 6 | 凯尔特魔石 / 30 |
| 1. 7 | 会下楼的软弹簧 / 37 |
| 1. 8 | 竹蜻蜓与回旋镖 / 42 |



1. 9 啄木鸟 / 47
1. 10 翻滚的玩具人 / 54
1. 11 汽车爬墙 / 58
1. 12 猴子翻跟斗 / 64
1. 13 不倒翁与冈布茨 / 65
- 参考文献 / 71

第二章 杂 技 篇

2. 1 独轮车 / 75
2. 2 呼啦圈 / 79
2. 3 晃板 / 85
2. 4 耍幡 / 91
2. 5 走钢丝 / 94
2. 6 狮子滚球 / 98
2. 7 飞车走壁 / 104
- 参考文献 / 111

第三章 体 育 篇

3. 1 猫的空中转体 / 115
3. 2 旋空翻 / 120
3. 3 跳跃 / 125
3. 4 步行、竞走与跑步 / 130
3. 5 鞍马 / 139
3. 6 踢毽子、羽毛球与射箭 / 144
3. 7 荡秋千与振浪 / 147
3. 8 残奥会赛场上的轮椅 / 151
3. 9 滑板 / 156
3. 10 赛格威车 / 162
3. 11 自平衡滑板 / 167
- 参考文献 / 172

第四章 生 活 篇

4. 1 拉面条 / 177