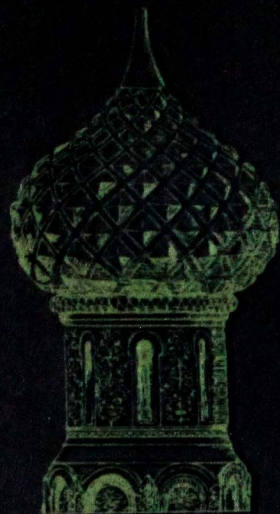


“十一五”国家重点图书



俄罗斯数学
教材选译

理论力学习题集

(第 50 版)

□ И.В. 密歇尔斯基 著

В.А. 帕利莫夫 Д.Р. 麦尔金 校订

□ 李俊峰 译



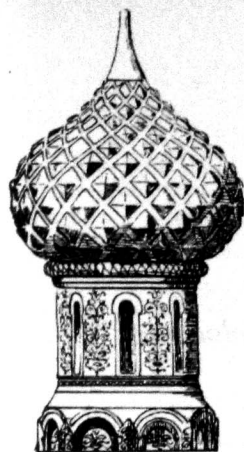
高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

013038715

“十一五”国家重点图书

031-44

79



● 数学天元基金资助项目

俄罗斯数学
教材选译

理论力学习题集

(第 50 版)

□ И.В.密歇尔斯基 著

В.А.帕利莫夫 Д.Р.麦尔金 校订

□ 李俊峰 译

LILUN LIXUE XITIJ



北航

C1646665

013-44
79



高等教育出版社·北京

HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图字: 01-2011-5160 号

Scientific editors: Palmov V. A., Merkin D. R.

Translation from the Russian language edition:

Problems of the theoretical mechanics, 50th ed. By Mescherskiy Ivan Vsevolodovich

Copyright ©2010 Publisher Lan

All Rights Reserved

图书在版编目(CIP)数据

理论力学习题集: 第50版 / (俄罗斯) 密歇尔斯基
著; 李俊峰译. -- 北京: 高等教育出版社, 2013. 5

ISBN 978-7-04-034820-0

I. ①理… II. ①密… ②李… III. ①理论力学—习
题集 IV. ①O31-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 053958 号

策划编辑 李 鹏
责任校对 杨雪莲

责任编辑 李 鹏
责任印制 张泽业

封面设计 赵 阳

版式设计 余 杨

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 中国农业出版社印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 26
字 数 530 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.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013年5月第1版
印 次 2013年5月第1次印刷
定 价 49.00 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 34820-00

《俄罗斯数学教材选译》序

从 20 世纪 50 年代初起,在当时全面学习苏联的大背景下,国内的高等学校大量采用了翻译过来的苏联数学教材.这些教材体系严密,论证严谨,有效地帮助了青年学子打好扎实的数学基础,培养了一大批优秀的数学人才.到了 60 年代,国内开始编纂出版的大学数学教材逐步代替了原先采用的苏联教材,但还在很大程度上保留着苏联教材的影响,同时,一些苏联教材仍被广大教师和学生作为主要参考书或课外读物继续发挥着作用.客观地说,从解放初一直到“文化大革命”前夕,苏联数学教材在培养我国高级专门人才中发挥了重要的作用,起了不可忽略的影响,是功不可没的.

改革开放以来,通过接触并引进在体系及风格上各有特色的欧美数学教材,大家眼界为之一新,并得到了很大的启发和教益.但在很长一段时间中,尽管苏联的数学教学也在进行积极的探索与改革,引进却基本中断,更没有及时地进行跟踪,能看懂俄文数学教材原著的人也越来越少,事实上已造成了很大的隔膜,不能不说是一个很大的缺憾.

事情终于出现了一个转折的契机.今年初,在由中国数学会、中国工业与应用数学学会及国家自然科学基金委员会数学天元基金联合组织的迎春茶话会上,有数学家提出,莫斯科大学为庆祝成立 250 周年计划推出一批优秀教材,建议将其中的一些数学教材组织翻译出版.这一建议在会上得到广泛支持,并得到高等教育出版社的高度重视.会后高等教育出版社和数学天元基金一起邀请熟悉俄罗斯数学教材情况的专家座谈讨论,大家一致认为:在当前着力引进俄罗斯的数学教材,有助于扩大视野,开拓思路,对提高数学教学质量、促进数学教材改革均十分必要.《俄罗斯数学教材选译》系列正是在这样的情况下,经数学天元基金资助,由高等教育出版社组

织出版的.

经过认真选题并精心翻译校订, 本系列中所列入的教材, 以莫斯科大学的教材为主, 也包括俄罗斯其他一些著名大学的教材. 有大学基础课程的教材, 也有适合大学高年级学生及研究生使用的教学用书. 有些教材虽曾翻译出版, 但经多次修订重版, 面目已有较大变化, 至今仍广泛采用、深受欢迎, 反射出俄罗斯在出版经典教材方面所作的不懈努力, 对我们也是一个有益的借鉴. 这一教材系列的出版, 将中俄数学教学之间中断多年的链条重新连接起来, 对推动我国数学课程设置和教学内容的改革, 对提高数学素养、培养更多优秀的数学人才, 可望发挥积极的作用, 并起着深远的影响, 无疑值得庆贺, 特为之序.

李大潜

2005 年 10 月

译者序

密歇尔斯基《理论力学习题集》是在苏联/俄罗斯以及其他很多国家被广泛采用的经典力学教学参考书. 该书第 18 版 (1952 年)、第 36 版 (1986 年) 的中译本分别由人民教育出版社、高等教育出版社出版. 从 1914 年该书第 1 版问世以来, 在近百年中, 苏联/俄罗斯的几代力学家、几十位理论力学教师先后参与编写、增补、修订工作, 至今已出了 50 版. 该书挑选习题的指导思想自始至终都是: 培养学生应用力学原理和方法解决实际问题的能力. 版本更新的主要动因是及时反映科学技术新发展, 以及扩大习题对经典力学内容的覆盖面.

这本书的近 2000 道题覆盖了理论力学的所有教学内容, 可以作为任何理论力学教科书的习题集. 这也是它能广为流传的原因之一. 苏联/俄罗斯的理论力学教科书一般都不包含习题, 学生无论按照什么样的理论力学教科书学习, 习题课和课后练习都需要很多习题. 密歇尔斯基《理论力学习题集》往往成为首选. 我国经过 20 多年的教学改革, 出现了数百种不同版本的理论力学教材, 其中不少教材的部分习题都选自这本密歇尔斯基《理论力学习题集》.

第 35 版序

这一版继续尝试在习题中反映新的技术问题,更全面地覆盖早期版本体现不充分的力学内容.此外,习题中所有物理量都改用国际单位制.在书后还给出了国际单位制的几何量、运动学量、静力学量和动力学量的基本单位、辅助单位和导出单位的列表.^①

新内容的撰写人有 M. I. 巴齐 (点的复合运动与刚体复合运动综合题, §25), N. A. 弗法耶夫 (滚动系统、非完整约束, §50), I. B. 契尔班诺夫 (理论力学的概率问题, 第十四章). 同时,差不多其他所有章节都补充了新习题,特别是引入了与控制器有关的习题.当然,也删减了部分习题.

作者群体遭受了沉痛的损失.领衔作者和主编之一,苏联科学院通讯院士阿那托里·伊萨科维奇·路里叶 (A. I. Lurie) 教授,在长期重病之后,于 1980 年去世.他从 1935 年起一直领导这个作者群体.

参与筹备本习题集出版并编写新习题的有: M. I. 巴齐, N. V. 布捷宁, A. S. 科里宗, A. I. 路里叶, D. R. 麦尔金. 此外,参与本版新习题编写的还有: E. G. 别尔戈尔, Y. G. 伊斯巴洛夫, M. V. 米罗诺夫, Z. B. 谢噶尔, V. B. 斯达罗谢里斯基, I. B. 契尔班诺夫, N. A. 弗法耶夫.

习题编号: 第 1 个数字是各章的编号, 第 2 个数字是这一章内习题的编号.

^①这些列表在第 50 版中被删去. ——译者注

第 32 版序

密歇尔斯基《理论力学习题集》最早由密歇尔斯基按照自己的思路,领导圣彼得堡工学院理论力学教研室编写完成. 开始是作为该校力学教学参考书, 后来逐渐在我国和国外广为流传. 从 1914 年第 1 版问世以来, 仅在我国就已经再版了 31 次. 在第 1 版正式出版之前, 还有一些石印讲义.

这本书成功的原因之一是, 挑选的习题不抽象, 非常具体, 有助于学生掌握用一般定理、方法解决实际问题的技巧.

本习题集多次被重新编写过.

在 1914 年的第 1 版中, 参加习题编写的有: L. V. 阿苏尔, B. A. 巴诃米奇耶夫, I. I. 宾特果夫斯基, A. A. 果列夫, K. M. 杜比亚戈, A. M. 拉里奥诺夫, I. V. 密歇尔斯基, V. F. 米特基维奇, E. L. 尼古拉, K. E. 列里赫, D. L. 塔戈耶夫, V. V. 塔科林斯基, S. P. 季莫先科, A. I. 图朵罗夫斯基, A. P. 范德尔-佛里特, A. K. 费德尔曼, V. D. 沙特洛夫, 等等. 参加之后版本工作的有: E. K. 米特罗鲍里斯基, M. L. 弗兰克.

参加第 11 版开始编写工作的有: M. I. 阿基莫夫, M. I. 巴齐, B. A. 别尔戈, N. K. 果尔钦, Y. V. 多尔果林科, A. S. 科里宗, Y. G. 科尔尼洛夫, A. I. 路里叶, K. V. 米里科夫, N. N. 那乌果里娜娅, P. I. 涅柳宾, N. P. 涅洛诺夫, E. L. 尼古拉, V. F. 贝京, P. N. 谢苗诺夫, A. A. 斯米尔诺夫, S. A. 索拉科夫, K. I. 斯特拉霍维奇, A. I. 契克马列夫, F. G. 史密特.

两次最重要的修订是第 14 版和第 16 版. 这两次修订工作由列宁格勒 (圣彼得堡) 工学院理论力学教研室集体完成. 分工如下: 静力学部分由 S. A. 索拉科夫编写, 运动学部分由 N. N. 那乌果里娜娅和 A. S. 科里宗编写, 质点动力学由 A. S. 科里宗编写, 质点系动力学由 M. I. 巴齐编写, 拉格朗日方程与振动理论由 G. Y. 扎涅里捷

编写. 主编是 A. I. 路里叶. 此外, 第 14 版参编人员还有: N. S. 瓦比谢维奇, N. I. 伊捷里松, V. L. 卡尼, A. I. 霍洛德尼雅克, A. I. 秦姆洛夫, N. A. 达枯恰耶夫.

近 50 年的科技发展促使我们必须再次重新改版 (前一次大幅修订是在 1949 年, 第 16 版).

在不超出理论力学框架的前提下, 第 32 版尝试在一定程度上反映新的技术问题, 更全面地覆盖至今为止体现不充分的经典力学内容. 在这一版中新增加的内容包括: 三维姿态运动、宇宙飞行动力学、非线性振动、质量几何、分析力学. 同时, 增加较多新习题的部分有: 点的运动学、相对运动、刚体的平面运动、质点动力学、变质量系统动力学、运动的稳定性. 差不多在所有其他部分也都增加了大量新习题, 也有一些习题被删减. 这一版对内容的编写顺序也做了大量调整. 在书后作为附录还给出了国际单位.

第 32 版的编写工作由列宁格勒 (圣彼得堡) 市的高校教师们完成. 分工如下: 静力学部分由 D. R. 麦尔金编写, 运动学部分由 M. I. 巴齐、A. S. 科里宗和 D. R. 麦尔金编写, 质点动力学部分由 A. S. 科里宗编写, 质点系动力学由 M. I. 巴齐和 N. V. 布捷宁编写, 分析力学部分由 M. I. 巴齐和 D. R. 麦尔金编写, 宇宙飞行动力学部分由 D. R. 麦尔金编写, 振动理论和运动稳定性部分由 N. V. 布捷宁编写. 此外, 参加编写工作的还有: M. Z. 克罗夫斯基, I. E. 栗弗席兹, B. A. 斯莫尔尼科夫.

特别感谢 G. Y. 斯捷潘诺夫教授、V. N. 谢尔卡契夫教授以及他们领导的教研室的同事们, 他们有价值的建议有助于改善本习题集的质量.

目 录

第一部分 刚体静力学	1
第一章 平面力系	3
§1. 共线力	3
§2. 汇交力	4
§3. 平行力	16
§4. 平面任意力系	24
§5. 摩擦力	43
第二章 空间力系	53
§6. 汇交力	53
§7. 力系的简化	58
§8. 任意力系的平衡	61
§9. 重心	72
第二部分 运动学	79
第三章 点的运动学	81
§10. 点的轨迹与运动方程	81
§11. 点的速度	85

§12. 点的加速度	89
第四章 刚体的简单运动	96
§13. 刚体的定轴转动	96
§14. 刚体简单运动的变换	99
第五章 刚体的平面运动	105
§15. 平面图形的运动方程	105
§16. 平面运动刚体上各点的速度 · 瞬时速度中心	107
§17. 定瞬心轨迹与动瞬心轨迹	117
§18. 平面运动刚体上各点的加速度 · 瞬时加速度中心	119
第六章 刚体的定点运动、空间方位定向	128
§19. 刚体的定点运动	128
§20. 空间方位 · 欧拉运动学方程及其变型 · 瞬轴轨迹面	131
第七章 点的复合运动	137
§21. 点的运动方程	137
§22. 点的速度合成	140
§23. 点的加速度合成	146
第八章 刚体复合运动	160
§24. 刚体运动合成	160
§25. 点的复合运动与刚体复合运动综合题	172
第三部分 动力学	177
第九章 质点动力学	179
§26. 已知运动求力	179
§27. 运动微分方程	184
§28. 质点动量定理 · 质点动量矩定理	193
§29. 功与功率	197
§30. 质点动能定理	199
§31. 综合题	203
§32. 振动	210

§33. 相对运动	230
第十章 质点系动力学	234
§34. 质量几何: 质点系的质心 · 刚体的转动惯量	234
§35. 质点系质心运动定理	240
§36. 质点系动量定理 · 连续介质的应用	245
§37. 质点系动量矩定理 · 刚体定轴转动微分方程	248
§38. 质点系动能定理	259
§39. 刚体平面运动	271
§40. 陀螺近似理论	275
§41. 动静法	278
§42. 转动刚体对转轴的压力	282
§43. 综合题	287
§44. 碰撞	290
§45. 变质量质点与变质量系统动力学	295
第十一章 分析力学	302
§46. 虚位移原理	302
§47. 动力学普遍方程	310
§48. 第二类拉格朗日方程	314
§49. 运动积分 · 劳斯变换 · 哈密顿正则方程 · 雅可比 – 哈密顿方程 · 哈密顿 – 奥斯特罗格拉茨基原理	329
§50. 滚动系统 · 非完整约束	334
第十二章 宇宙飞行动力学	343
§51. 开普勒运动	343
§52. 其他问题	349
第十三章 平衡稳定性 · 振动理论 · 运动稳定性	352
§53. 系统平衡条件的确定 · 平衡的稳定性	352
§54. 单自由度系统的微振动	357
§55. 多自由度系统的微振动	369
§56. 运动的稳定性	382
§57. 非线性振动	387

第十四章 理论力学的概率问题	390
§58. 静力学的概率问题	392
§59. 运动学和动力学的概率问题	393

第一部分

刚体静力学

第一章 平面力系

§1. 共线力

1.1 分别重 10 N 和 5 N 的两个重锤, 挂在同一绳子的不同位置上, 较重的挂在下面, 较轻的挂在上面. 假设绳子的顶端固定不动, 绳子的张力是多少?

答 10 N 和 15 N .

1.2 一艘拖轮拉着三条驳船, 前后排成一列. 某瞬时拖轮螺旋推进器的牵引力为 18 kN . 水对拖轮的阻力为 6 kN ; 水对第一条驳船的阻力为 6 kN , 对第二条驳船的阻力为 4 kN , 对第三条驳船的阻力为 2 kN . 所用的缆绳可以承受的张力为 2 kN . 如果所有船都是匀速直线运动, 求拖轮拉第一条驳船、第一条驳船拉第二条驳船、第二条驳船拉第三条驳船分别需要几根缆绳?

答 分别需要 6, 3, 1 根.

1.3 重 640 N 的人站在矿井底, 借助于一根绕过定滑轮的绳索拉住 480 N 的重物, 求: 1) 人对井底的压力, 2) 人能拉住的重量.

答 1) 160 N , 2) 640 N .

1.4 列车沿水平直线轨道匀速行驶. 电气机车除外, 列车重 $12 \times 10^3\text{ kN}$. 如果列车运动的阻力等于列车对铁轨压力的 0.005 倍, 求电气机车的牵引力.

答 60 kN .

1.5 旅客列车包含一节电气机车、一节重为 400 kN 的行李车厢和十节重均为 500 kN 的旅客车厢. 如果列车运动阻力等于列车重量的 0.005 倍, 在计算中可以假定阻力按重量分布于每节车厢上, 且列车运动是匀速的, 求各个车厢挂钩的拉力以及电气机车的牵引力.

答 电气机车的拉力为 27 kN, $T_{11} = 2.5$ kN, $T_{10} = 2 \times 2.5$ kN, $\dots$, 等等 (下标表示车厢的号码, 从电气机车开始算起).

§2. 汇交力

2.1 在正六边形的中心作用着大小分别为 1 N, 3 N, 5 N, 7 N, 9 N 和 11 N 的力, 各力分别指向六边形的顶点. 试求合力大小和方向.

答 12 N, 合力方向与所给 9 N 力相反.

2.2 试将 8 N 的力分解为两个 5 N 的力. 又问: 可否将这个 8 N 的力分解为两个各等于 10 N, 15 N, 20 N, 100 N 的力?

答 如果不限定分解方向, 都是可以的.

2.3 人字屋顶的斜梁与水平线夹角为 $\alpha = 45^\circ$, 沿着斜梁作用一个力 $Q = 2.5$ kN. 求水平梁的内力 S 和作用于墙上的铅垂力 N .

答 $S = N = 1.77$ kN.

2.4 两台拖拉机沿平直河岸匀速行进, 并用两根缆绳拉着一条驳船. 两根缆绳的张力分别为 0.8 kN 和 0.96 kN, 缆绳之间的夹角为 60° . 设驳船平行于河岸运动, 求驳船受到水的阻力 P , 两根缆绳与河岸的夹角 α 和 β .

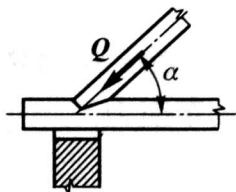
答 $P = 1.53$ kN, $\alpha = 33^\circ$, $\beta = 27^\circ$.

2.5 三个弹簧秤的吊环 A, B, C 固定在水平木板上. 弹簧秤的钩子上各系着一条绳子. 将三条绳子拉紧, 并将自由端在 D 点联结. 已知弹簧秤上的读数分别为 8 N, 7 N 和 13 N, 试求绳子之间的夹角 α 和 β .

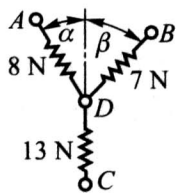
答 $\alpha = 27.8^\circ$, $\beta = 32.2^\circ$.

2.6 杆 AC 和 BC 用铰链 C 相连, 同时以铰链 A 和 B 联结于铅垂墙上. 在铰链 C 的螺钉上作用着铅垂力 $P = 1000$ N. 设杆与墙的夹角为 $\alpha = 30^\circ, \beta = 60^\circ$. 求两杆在铰链 C 螺钉处的反力.

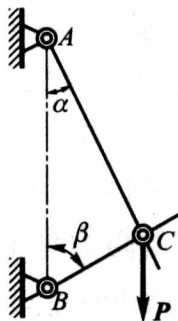
答 866 N, 500 N.



题 2.3 图



题 2.5 图



题 2.6 图

2.7 图 a, b 和 c 中各杆以铰链彼此联结并联结于天花板或墙上. 在铰链 B, F 和 K 的螺钉上各挂着重物 $Q = 1000$ N.