

高等学校教材

理论力学

上册（第五版）

哈尔滨工业大学理论力学教研组 编

高等教育出版社

高等学校教材

541/103/07 理论力学

上册 (第五版)

哈尔滨工业大学理论力学教研室 编



高等教育出版社

031/2-3

(京)112 号

图书在版编目(CIP)数据

理论力学 上册/王铎、赵经文主编;哈尔滨工业大学
理论力学教研室编. —5 版. —北京:高等教育出版社,
1997

高等学校教材

ISBN 7-04-005960-6

I. 理… II. ①王… ②赵… ③哈… III. 理论力学-高
等学校-教材 IV. 031

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 21712 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

北京金顺印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 15.25 字数 390 000

1961 年 6 月第 1 版

1997 年 7 月第 5 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—70 204

定价 14.60 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

内 容 提 要

本书第五版保持了第四版的体系和风格,按照国家教委新颁布的“高等学校工科本科理论力学课程教学基本要求(多学时)”,适当地提高了起点,减少了与物理等课程的重复内容,对第四版的内容和习题作了部分调整。书中附有“*”的章节不是教学基本要求的内容,可根据专业需要选取。本书分上、下两册。上册内容为静力学和运动学,下册内容为动力学。

本书可作为高等工业学校机械、土建、水利、航空和动力等类专业理论力学课程的教材,可作为夜大、函授大学相应各专业的自学和函授教材,也可供其它专业学生和有关工程技术人员参考。

第五版序

本书为第五版。初版于1961年出版,1962年和1965年经过修订,出版了第二版上、下册和第三版上册,第三版下册因故未能正式出版。1981年出版的第四版上、下册对以前的版本作了较大的调整,在各章末增加了小结、思考题和习题,更有利于教师的讲授,也便于学生自学。本书第四版在国内得到了广泛的选用,荣获国家优秀教材奖。本书第四版出版十余年来,也收到了很多教师和读者的宝贵意见和建议,对此我们深表感谢。

为适应我国科学技术和生产建设的发展,适应学生水平的普遍提高,我们根据近年来的教学实践和兄弟院校的意见,对本书第四版作了适当的修订。修订后的第五版符合国家教委新颁布的“高等学校工科本科理论力学课程教学基本要求”,适用于四年制机械、土建、水利、航空和动力等专业,可供企业管理、化工、电器等其它专业选用,亦可作为自学和函授教材。

本版保持了第四版的体系和风格,继承了前一版便于教师讲授和学生自学的优点,在下列几方面作了一些修改:减少了与数学、物理等课程简单重复的内容;删去了图解静力学一章;减少了几何法求解问题的篇幅,适当加强了便于计算机应用的解析方法和综合分析问题的训练;合并了部分章节,精炼了文字叙述;减少了部分简单习题,扩展了习题的类型,适当增加了综合练习题;附录中给出了几个有关静力学内容的微机计算程序。

本版采用了 GB 3100~3102—93《量和单位》中规定的有关通用符号。

本修订版由王铎教授和赵经文教授任主编,经教材修订小组讨论,由王宏钰教授(静力学)、程靳教授(运动学)、赵经文教授(动力学)和陈明副教授、程燕平副教授(习题)等执笔,并由赵经文教

授统稿,最后由王铎教授定稿完成。

本版由清华大学贾书惠教授和华东船舶工业学院董雷强副教授审阅,他们对本书提出了很多宝贵意见,特此致谢。

本书虽经多次修订,但由于水平和条件所限,还会有不少缺点和错误,诚恳欢迎读者批评指正。衷心希望大家对本书提出修改意见和建议,使之能不断地提高和改进。

哈尔滨工业大学理论力学教研室

1996年10月

第一版序

本书是根据 1959 年我教研室所编理论力学讲义经过局部修改而出版的。几年来,特别是在贯彻党的教育方针以后,在党的领导下,学习先进经验,并结合我们的教学实践,总结了点滴体会,先后编写了一些讲义,供校内同学参考。由于讲义本来只反映本校的局部情况,加以出版时间仓促,没有来得及根据兄弟院校的教学经验多加修改。

本书的篇幅只大体适合于机械、动力、电机、土建等类专业理论力学课程的要求。对变质量力学、物体在中心力场中的运动、回转仪理论和振动理论等专题只作了简略的叙述。因此有必要结合学校和专业的特点,增删部分内容,指定相应的参考资料。

总之,本书无论在体系、篇幅、内容、教学方法等各个方面都不够成熟,必须随着教育的不断深入发展,吸取兄弟教研室的宝贵经验,大力加以修改,热烈地希望兄弟院校的教师和同学提出批评指正。

本书是在党的直接领导和关怀下,由教研室同志集体编写的,参加的主要成员有童秉纲、钟宏九、黄文虎、谈开孚、叶谋仁等。

最后,衷心地感谢兄弟院校的理论力学教研室,他们为了促使本书提高质量,早日出版,对本书提出了许多宝贵的修改意见,主动地为本书提供了他们所编讲义的个别章节及例题,并承清华大学理论力学教研组有关同志对全书进行了校阅和订正。

哈尔滨工业大学理论力学教研室

1961 年 4 月于哈尔滨

第二版序

本书的第一版出版后,我们听取了兄弟院校教师和读者的意见,对它进行了修改。

在本版中,我们对全书的内容和文句作了必要的增删和修改,也订正了第一版中的印刷错误。

本版的修改工作是由洪敏谦同志执笔和完成的。修改的内容曾由教研室部分教师参加讨论。改写的章节中的第二十章 § 7 和第二十九章 § 10 分别由陈长庚和谈开孚同志执笔。最后,由王铎同志对全书进行了校阅。

为了提高出版质量,本版中的部分附图是由屠良尧等同志重新绘制的。

本书虽经修改,但由于水平所限,缺点和错误仍在所难免,衷心地希望大家提出批评和指正。

哈尔滨工业大学理论力学教研室

1962年3月

第三版序

为了适应当前教学改革形势,我们对本书第二版作了较全面的修订。在修订中,注意了贯彻“理论联系实际”的方针和“少而精”的原则。

修订时,注意了工科院校的特点,删去了不适合一般专业需要的部分,精简了次要内容,合并了一些章节;在内容叙述和定理推证方面力求物理概念清晰;各章问题尽量从工程实际引出,并增加了联系实际的例子。

本修订版在修订前,经过教研室全体同志讨论,然后分工执笔修改,最后由王铎同志统一校订。本版全部插图都系重新绘制。

本修订版由北京航空学院黄克累同志审阅,并提出了很多宝贵的意见。

由于我们对教学改革精神领会不够,并受政治和业务水平所限,错误和缺点在所难免,衷心地希望大家批评指正。

哈尔滨工业大学理论力学教研室

1965年8月

第四版序

本书初版于1961年出版。1962年和1965年经过修订,出版了第二版上、下册和第三版上册,第三版下册因故未能正式出版。

为了适应社会主义现代化建设的需要,我们根据多年来的教学实践并按照高等学校工科力学教材编审委员会理论力学编审小组1980年审订的高等工业学校《理论力学教学大纲》(草案)(四年制机械、土建、水利、航空等类专业试用)的要求,对本书在前三版的基础上进行了修订,作为第四版出版。本版对以前各版的章节作了适当的调整,对各章的内容、例题作了增删和修订;为便于自学,在各章末增加了小结、思考题和习题,并在书末附有习题答案。

本版采用国际单位制。

本版基本内容课内为120学时。附有“*”号的章节,不是120学时内的基本内容,可根据专业需要选取。绪论的内容不必在第一次课上全部讲授,例如关于理论力学的研究方法可在课程结束时加以总结。

本版的修订由王铎同志主编,修订方案经过教材修订小组讨论,由王宏钰(第一章至第八章)、洪敏谦(绪论和第九章至第二十章)、邹经湘(第二十一章至第二十四章)、杨英烈(静力学习题)、于永德(运动学和动力学习题)同志执笔,并由洪敏谦同志统稿,最后由王铎同志校阅。

本版上册插图部分底图由冯年寿同志重新绘制。

本版由北京航空学院黄克累和张大源同志审阅,并提出了很好的意见,特此致谢。

本书虽经多次修订,但限于我们的水平,还会有不少缺点和错误,衷心希望读者批评指正。

哈尔滨工业大学理论力学教研室

1981年6月

主要符号表

a, a_τ, a_n	加速度,切向加速度,法向加速度
a_a, a_e, a_r, a_C	绝对、牵连、相对、科氏加速度
f_s, f	静摩擦系数,动摩擦系数
F	力,绳索拉力,杆端力(原符号为 T 或 S)
F_R 或 F	合力(原符号为 R)
F_N 或 F	法向反力(原符号为 N)
F_{Ax}, F_{Ay}	A 处铰支座反力(原符号为 X_A, Y_A)
F_g	惯性力
I	冲量(原符号为 S)
J	转动惯量(原符号为 I)
L	动量矩
m	质量
M	力偶矩、力矩
$M_O(F)$	力 F 对点 O 的力矩
M_{gO}	惯性力对点 O 之矩
p	动量(原符号为 K)
P	重量
P	功率(原符号为 N)
S	面积
T	动能
v	速度
V	势能,体积
W	功
ω	角速度
α	角加速度(原符号为 ϵ)
η	效率

注:以上符号均为 GB 3100~3102—93《量和单位》中规定的符号。

责任编辑	王晶
封面设计	王喆
责任绘图	尹文君
版式设计	周顺银
责任校对	胡晓琪
责任印制	陈伟光

目 录

主要符号表

绪论	1
----------	---

静 力 学

引言	5
----------	---

第一章 静力学公理和物体的受力分析	7
-------------------------	---

§ 1-1 刚体和力的概念	7
---------------------	---

§ 1-2 静力学公理	9
-------------------	---

§ 1-3 约束和约束反力	13
---------------------	----

§ 1-4 物体的受力分析和受力图	20
-------------------------	----

小结	28
----------	----

思考题	29
-----------	----

习题	32
----------	----

第二章 平面汇交力系与平面力偶系	42
------------------------	----

§ 2-1 平面汇交力系合成与平衡的几何法	42
-----------------------------	----

§ 2-2 平面汇交力系合成与平衡的解析法	47
-----------------------------	----

§ 2-3 平面力对点之矩的概念及计算	53
---------------------------	----

§ 2-4 平面力偶理论	58
--------------------	----

小结	65
----------	----

思考题	67
-----------	----

习题	70
----------	----

第三章 平面任意力系	83
------------------	----

§ 3-1 平面任意力系向作用面内一点简化	83
-----------------------------	----

§ 3-2 平面任意力系的简化结果分析	88
---------------------------	----

§ 3-3 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	91
------------------------------	----

§ 3-4 平面平行力系的平衡方程	98
-------------------------	----

§ 3-5 物体系的平衡·静定和静不定问题	100
-----------------------------	-----

§ 3-6 平面简单桁架的内力计算	109
小结	113
思考题	115
习题	119
第四章 空间力系	144
§ 4-1 空间汇交力系	144
§ 4-2 力对点的矩和力对轴的矩	150
§ 4-3 空间力偶	156
§ 4-4 空间任意力系向一点的简化·主矢和主矩	162
§ 4-5 空间任意力系的简化结果分析	165
§ 4-6 空间任意力系的平衡方程	168
§ 4-7 空间约束的类型举例	169
§ 4-8 空间力系平衡问题举例	171
§ 4-9 重心	176
小结	187
思考题	192
习题	194
第五章 摩擦	210
§ 5-1 滑动摩擦	210
§ 5-2 考虑摩擦时物体的平衡问题	213
§ 5-3 摩擦角和自锁现象	222
§ 5-4 滚动摩阻的概念	227
小结	232
思考题	233
习题	237

运 动 学

引言	250
第六章 点的运动学	252
§ 6-1 矢量法	252
§ 6-2 直角坐标法	254

§ 6-3 自然法	261
* § 6-4 点的速度和加速度在柱坐标和极坐标中的投影	270
* § 6-5 点的速度和加速度在球坐标中的投影	273
小结	276
思考题	278
习题	280
第七章 刚体的简单运动	289
§ 7-1 刚体的平行移动	289
§ 7-2 刚体绕定轴的转动	292
§ 7-3 转动刚体内各点的速度和加速度	294
§ 7-4 轮系的传动比	298
§ 7-5 以矢量表示角速度和角加速度·以矢积表示点的速度和 加速度	303
小结	306
思考题	307
习题	308
第八章 点的合成运动	314
§ 8-1 相对运动·牵连运动·绝对运动	314
§ 8-2 点的速度合成定理	319
§ 8-3 牵连运动是平动时点的加速度合成定理	325
§ 8-4 牵连运动是转动时点的加速度合成定理·科氏加速度	330
小结	341
思考题	342
习题	344
第九章 刚体的平面运动	355
§ 9-1 刚体平面运动的概述和运动分解	355
§ 9-2 求平面图形内各点速度的基点法	359
§ 9-3 求平面图形内各点速度的瞬心法	366
§ 9-4 用基点法求平面图形内各点的加速度	373
§ 9-5 运动学综合应用举例	377
小结	387

思考题	388
习题	391
第十章 刚体绕定点运动、自由刚体运动、刚体运动的合成	
.....	405
* § 10-1 刚体绕定点运动	405
* § 10-2 自由刚体的运动	412
§ 10-3 刚体运动的合成	414
小结	427
思考题	429
习题	430
附示 I 习题答案	437
附录 II 中英文名词对照表	455
附录 III 静力学计算程序选例	459

绪 论

一、理论力学的研究对象和内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

物体在空间的位置随时间的改变,称为机械运动。机械运动是人们生活和生产实践中最常见的一种运动。平衡是机械运动的特殊情况。

在客观世界中,存在各种各样的物质运动,例如发热、发光和发生电磁场等物理现象,化合和分解等化学变化,以及人的思维活动等。在物质的各种运动形式中,机械运动是最简单的一种。物质的各种运动形式在一定的条件下可以相互转化,而且在高级和复杂的运动中,往往存在着简单的机械运动。

本课程研究的内容是速度远小于光速的宏观物体的机械运动,它以伽利略和牛顿总结的基本定律为基础,属于古典力学的范畴。至于速度接近于光速的物体和基本粒子的运动,则必须用相对论和量子力学的观点才能完善地予以解释。宏观物体远小于光速的运动是日常生活及一般工程中最常遇到的,古典力学有着最广泛的应用。理论力学所研究的则是这种运动中最一般、最普遍的规律,是各门力学分支的基础。

本课程的内容包括以下三个部分:

静力学——主要研究受力物体平衡时作用力所应满足的条件;同时也研究物体受力的分析方法,以及力系简化的方法等。

运动学——只从几何的角度来研究物体的运动(如轨迹、速度和加速度等),而不研究引起物体运动的物理原因。

动力学——研究受力物体的运动与作用力之间的关系。