

L I L U N L I X U E

理论力学

(上册)

胡龙根 编著

同济大学出版社

理论力学

上册

胡龙根 编著

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

理论力学.上册/胡龙根编著. —上海:同济大学出版社, 2001.2

ISBN 7-5608-2236-3

I. 理… II. 胡… III. 理论力学-教材
IV. O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 78821 号

理论力学 上册

作 者 胡龙根 编著

责任编辑 解明芳 责任校对 谢卫奋 装帧设计 潘向葵

出 版 行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/32

印 张 17

字 数 493000

版 次 2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2236-3/O·185

定 价 24.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

前 言

本书是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)”,适当提高了起点,减少了与物理课程重复的内容,并根据编者长期从事理论力学教学所积累的经验编写而成。

本书每章分以下几个内容:

1. 内容提要 介绍本章主要内容、地位和重要性、学习要求,起到了解全章概况作用;

2. 教材内容 叙述内容的标题,简单、醒目,概括全文;叙述时层次分明,力求做到详细、通顺,并注意讲透重点,突破难点,抓住关键,总结规律;例题具有典型性、指导性和讨论性;例题分析,着重于思考方法和一般步骤的分析,在讨论中着重于常见错误的分析,目的是培养读者分析问题和解决问题的能力。

3. 本章学习指导 分以下三部分:

1) 基本内容 内容条理化,公式表格式;便于记忆,可作总复习用;

2) 基本要求 归纳几点,简单、易记;

3) 学习指导 分阅读指导和解题指导两部分;

4. 复习思考题 抓住主要内容和基本概念,帮助复习全文;也有少量运用基本概念进行思考的题;

5. 习题 分易、中、难三档,引伸内容的习题打“*”,根据要求取舍;

6. 阶段测验作业和大考模拟试卷 供读者自测用。

由以上内容可看出,本书是一本将教学内容、例题与习题、学习指导、阶段测验作业融合在一起便于自学的教材,这是编者的尝试。想通过本教材,对需要多得几个学分而没有时间听课或者想免修理论力学课程的读者进行自学有所帮助。

本书适用于高等工业学校土建、水利、道桥、地下工程等多学时土建类专业作教材,也可供电视大学、高等职业学校、函授大学、网上远程教育同类专业的师生及自学考试和一般工程技术人员使用和参考。

在本书的编写过程中,同济大学继续教育学院、同济大学理学院工程力学系和理论力学教研室给予了大力支持和帮助。杨兆光教授和吴锦如副教授对本书稿进行了认真细致的审阅,并提出了许多修改意见,在此表示衷心的感谢。本教材中部分习题、例题选自伍云青、周能礼老师编著的《理论力学》,他们对本书提出了很好的意见,在此也向伍云青、周能礼老师一并致谢。

限于编者水平,且编写时间仓促,错误与不妥之处,望读者不吝指正。

编者

2000年7月

GB 3100 ~ GB 3102—93(量和单位)中规定的符号

主要符号表

a, a_τ, a_n	加速度,切向加速度,法向加程度
a_a, a_c, a_r, a_c	绝对、牵连、相对、科氏加速度
f_s, f_d	静摩擦系数,动摩擦系数
F	力,绳索拉力,杆端力(原符号为 T, 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 惯性力主矢用 F_{gR} ,但一旦在解题中 用到,一般还是用 F_g ,否则应用 F_{gRA}, F_{gRB}
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
R	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

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一门学科。

所谓物体的机械运动,是指物体在空间的位置随时间而变化的运动。例如,水的流动,人的走动,车辆的行驶,建筑物的振动以及人造卫星和宇宙飞船的运动等,都是机械运动。

在客观世界中,物质的运动形式除了机械运动以外,还有物体的发光、发热,电磁等物理现象,化学变化,生命过程以及人的大脑思维活动,等等。物质的运动包括宇宙中发生的一切变化和过程,从单纯的位置变化直到人的思维活动,其中,机械运动是物质运动最简单的一种形式,也是日常生活和生产实践中最常见的一种运动。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。

理论力学所研究的内容是以伽利略和牛顿所总结的基本定律为基础,属于古典力学的范畴。所谓“古典”力学,是指相对于“相对论力学”和“量子力学”而言的。古典力学虽然有其局限性,但是,在现代科学技术中,古典力学仍然起着重大的作用。因为在一般工程中,甚至在一些尖端科学技术(如火箭、宇宙航行等)中,有关力学的问题,仍然用古典力学的原理来解决。

理论力学内容包括以下三部分:

静力学——研究物体的平衡规律,同时也研究力的一般性质及力系的简化规律。

运动学——研究物体运动的几何性质,而不考虑引起运动的原因。

动力学——研究物体的运动与其所受作用力之间的关系。

二、学习理论力学的目的

理论力学是一门理论性较强的技术基础课。学习理论力学有以下三个目的:

1. 为解决工程中实际问题打下一定的力学基础

机械运动虽然是最简单的运动形式,然而在自然界和工程技术中是随时随地可以遇到的。理论力学所研究的运动规律,不但可以用来解释很多自然现象,而且它还为解决一系列工程技术问题提供了重要的基础。例如,房屋、桥梁、铁路、水坝、机械等的设计,飞行器和火箭的运动原理的研究都要用到理论力学知识。因此,理论力学是工程技术的重要理论基础之一。它与其他有关专业知识结合在一起,可以帮助我们解决工程中的实际问题。

作为一个工程技术人员,必须掌握一定的理论力学知识,才能为解决有关的工程技术问题打下基础,才能掌握当今不断出现的新理论、新技术,才能解决现代工程技术提出的新问题。

2. 为后继课程作准备

理论力学所研究的是力学中最普遍、最基本的规律,很多工科专业的课程,例如,材料力学、机械原理、机械零件、结构力学、弹性力学、流体力学和振动理论等,都要用到理论力学的基本原理和方法。因此,理论力学也是学习一系列后继课程的重要基础。

3. 掌握正确的研究问题的方法

理论力学的理论来源于实践又服务于实践,既抽象而又紧密结合实际,研究的问题涉及面广,而且系统性和逻辑性很强。这些特点,对培养我们的唯物主义世界观、逻辑思维、分析问题和解决问题的能力,起着十分重要的作用。

理论力学解决问题的方法,是将工程实际问题简化(或抽象成力学模型),然后进行受力分析(有时也包括运动分析),并应用基本原理,借助数学工具来解决问题。这种解决问题的方法,对于一个工程技术人员掌握正确的研究问题的科学方法,帮助很大。

在祖国四个现代化的建设中,我们一定会遇到一些与理论力学有关的新问题。扎实的理论力学知识和正确的研究问题的方法,特别有助于工程技术人员去解决这些问题,从而促进科学技术的进步。同时,也必将推动理论力学向前发展。

三、如何学好理论力学

理论力学是第一门力学课程,也是其他力学课的基础,必须学好理论力学。要学好理论力学,必须正确处理以下三个环节:

1. 认真钻研教材是学好理论力学的重要环节

理论力学是理论性较强的课程,它的概念多,定理多,公式多,只有认真、仔细阅读教材,而且在阅读时要多思考,多问几个为什么,才有可能把这些基本概念,基本理论掌握好。例如,对于某定理,要理解它的基本根据是什么,要弄懂它的推导过程。在了解推导过程时,可以加深对已学内容的理解和建立思考问题的方法。对定理的结论,要着重理解它的物理意义和了解定理如何应用以及其适用范围。在阅读例题时,要着重了解如何思考、分析,如何解(包括步骤),应用了哪个定理或公式,求解时要注意什么(包括正负号,坐标选取,解题技巧,等等)?最后,还要思考是否能用已学过的其他定理、公式来求解?如能,哪一种解法简便?在阅读教材时,可以结合书后的学习指导来帮助自己阅读,也可以根据书后的复习思考题来检查自己对本章内容的掌握程度。

2. 通过做习题来掌握、巩固所学理论力学的知识

做习题(包括作业)是把学到的理论知识用到“实践”中去的一种有效方法。通过做习题熟悉对理论的应用,加深对理论的理解,读者应充分重视。特别是有的题的解题技巧,处理问题方法很特别,只有通过做习题才能了解。因此,读者应该正确处理阅读教材与做习题之间的关系。

做习题遇到困难无从下手,这是正常现象,可分析卡在哪里?然后再去阅读有关内容与例题。钻研理论和解算习题,可反复交

替,使认识逐步深化,概念掌握逐渐准确。实在不能解决的习题,可以与同学讨论或请求老师解答。

作业完成后最好总结一下,本章的题型有几种类型,每种题型如何思考、分析,解题时要注意什么?同时,总结一下解题时应用了哪些基本概念、公式、定理。基本概念的准确理解,基本定理、公式的熟悉和正确应用,是解题的关键。

3. 及时总结、归纳,是学好理论力学的关键

理论力学系统性强,前后联系紧密。要求一个阶段结束之后,及时总结、归纳。

不但理论(包括公式、定理)要总结、归纳,而且解题的方法与技巧也要总结、归纳。在总结、归纳中,要“多思”,要用自己的语言总结、归纳成便于自己记忆的规律条文。因此,联系自己的学习实际来思考,在理论力学学习中显得十分重要,也是解决初学理论力学的读者感到“理论好学,解题难”通病的有效方法。

内 容 提 要

本书分上、下两册出版。上册分两部分:第一部分为静力学,内容包括静力学基础、平面力系、空间力系、摩擦;第二部分为运动学,内容包括点的运动、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动。下册为动力学。

本书叙述详细,通俗易懂,例题较多,便于自学。每章开始有内容提要,每章结束有学习指导、复习思考题和习题,还有阶段测验作业,并附有习题参考答案。

本书可作为高等学校土建、水利、道桥等专业的理论力学多学时教材,也可用作电视大学、高等职业学校、函授大学、网上远程教育同类专业的教材,并可作同等专业高等教育自学考试的通用教材。

上册目录

绪论	(1)
----	-----

第一部分 静力学

引言	(1)
第一章 静力学基础	(3)
提要	(3)
第一节 刚体和力的概念	(3)
第二节 静力学公理	(6)
第三节 力的投影	(13)
第四节 力矩	(18)
第五节 力偶	(32)
第六节 约束和约束反力	(38)
第七节 物体的受力分析和受力图	(47)
本章学习指导	(57)
复习思考题	(61)
习题	(65)
第一次测验作业	(75)
第二章 平面力系	(78)
提要	(78)
第一节 平面汇交力系的合成与平衡	(78)
第二节 平面力偶系的合成与平衡	(89)
第三节 力的平移定理	(91)
第四节 平面任意力系的简化	(93)

第五节	平面任意力系的平衡条件和平衡方程	(106)
第六节	物体系统的平衡、静定与静不定问题	(116)
第七节	平面静定桁架的内力计算	(128)
第八节	平衡方程综合应用举例	(135)
	本章学习指导	(144)
	复习思考题	(150)
	习题	(155)
	第二次测验作业	(178)
第三章	空间力系	(181)
	提要	(181)
第一节	空间任意力系向一点简化	(181)
第二节	空间任意力系简化结果的讨论	(187)
第三节	空间任意力系的平衡方程	(195)
第四节	空间约束的类型举例	(197)
第五节	空间力系平衡问题举例	(200)
第六节	重心	(209)
	本章学习指导	(223)
	复习思考题	(228)
	习题	(230)
第四章	摩擦	(243)
	提要	(243)
第一节	引言	(243)
第二节	滑动摩擦	(243)
第三节	考虑摩擦时物体的平衡问题	(249)
第四节	滚动摩擦的概念	(263)
	本章学习指导	(268)
	复习思考题	(272)
	习题	(274)
	第三次测验作业	(279)

第二部分 运动学

引言	(282)
第五章 点的运动	(284)
提要	(284)
第一节 矢量法	(284)
第二节 直角坐标法	(287)
第三节 自然法	(303)
本章学习指导	(320)
复习思考题	(324)
习题	(326)
第六章 刚体的基本运动	(331)
提要	(331)
第一节 刚体的平行移动	(331)
第二节 刚体的定轴转动	(334)
第三节 转动刚体内各点的速度和加速度	(338)
本章学习指导	(357)
复习思考题	(361)
习题	(362)
第七章 点的合成运动	(367)
提要	(367)
第一节 点的合成运动的概念	(367)
第二节 点的速度合成定理	(371)
第三节 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	(383)
第四节 牵连运动为转动时点的加速度合成定理	(388)
本章学习指导	(409)
复习思考题	(415)
习题	(419)

第四次测验作业	(428)
第八章 刚体的平面运动	(432)
提要	(432)
第一节 刚体的平面运动方程	(432)
第二节 平面运动分解为平动和转动	(435)
第三节 平面图形上各点的速度	(437)
第四节 平面图形上各点的加速度	(460)
* 第五节 运动学综合应用举例	(473)
本章学习指导	(486)
复习思考题	(492)
习题	(496)
第五次测验作业	(506)
模拟试卷(一)	(509)
模拟试卷(二)	(512)
附录一 两矢量的标积与矢积、变矢量与矢量导数	(515)
附录二 国际单位制(SI)	(523)
附录三 常见典型约束和约束反力	(525)

第一部分 静力学

引 言

静力学主要研究物体在力的作用下的平衡问题。

所谓平衡,是指物体相对地面保持静止或作匀速直线运动的状态。例如,房屋、桥梁、机床的床身以及作匀速直线运动的升降机等,都处于平衡状态。平衡是物体运动的一种特殊形式。

在静力学中,我们将研究以下三个问题:

1. 物体的受力分析

分析某个物体共受几个力,以及每个力的作用位置和方向。

2. 力系的简化

力系是指作用在物体上的一群力。若一个力系可用另一个力系来代替,而不改变原来力系对物体作用的效应,则这两个力系称为等效力系或互等力系。

如将作用在物体上的一个较复杂的力系用另一个与它等效的简单力系来代替,称为力系的简化。将一个复杂的力系简化以后,我们就比较容易了解原力系对物体作用的总的效果,从而为研究静力学问题打下基础。另一方面,通过力系的简化还可以导出力系的平衡条件。

3. 力系的平衡条件

力系平衡所满足的条件称为平衡条件。例如,图 0-1 中电灯受绳子的拉力 F_T 和重力 P 的作用而平衡,这时的平衡条件就是 $F_T = P$ 。其中力系(F_T, P)称为平衡力系。所谓平衡力系,是指满足平衡条件的力系。