

848900

上

3321

1020

T. 1

理论力学

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

西安冶金建筑学院王崇斌主编

高等教育出版社

● LILUN LIXUE ● LILUN LIXUE

3321

1020

T. 1

848900

3321

1020

T. 1

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

理论力学

上册

王崇斌 主编

文

高等教育出版社

本书是根据原教育部一九八一年十二月召开的高等工业学校函授教育工作会议审订的土建、水利类《理论力学函授教学大纲》(草案)编写的,主要用作高等工业学校土建、水利类专业多学时类型的理论力学课程的函授教材,兼作同类专业高等教育自学考试教材,电视大学、职工大学同类专业亦可使用。由于本书具有叙述详细、通顺易懂、重点突出、便于自学等特点,书中又有学习方法指导、内容提要、阶段小结,并配有思考题、习题、测验作业等内容,所以也可供全日制大学师生及有关工程技术人员参考。

全书分上、下两册。上册为静力学和运动学部分。下册为动力学部分,并附高等工业学校土建类专业《理论力学函授教学大纲》(草案)及其说明供参考。

责任编辑 蒋 鉴

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

理 论 力 学

上 册

西安冶金建筑学院 王崇斌 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

开本850×1168 1/32 印张15.125 字数370 000

1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷

印数 0001—4 620

ISBN 7-04-000787-8/TB·9

定价 3.00 元

序 言

本书是我们在多年函授教学实践的基础上,为适应高等函授教育及自学考试迅速发展的需要,根据原教育部一九八一年十二月召开的高等工业学校函授教育工作会议审订的土建、水利、道桥等类专业试用的《理论力学函授教学大纲》(草案)编写的。主要用作高等工业学校土建、水利等类专业多学时类型的理论力学课程的函授教材,兼作同类专业高等教育自学考试的教材,电视大学、职工大学同类专业亦可使用。同时,也可供有关工程技术人员参考。

函授教育和自学考试的主要特点是以自学为主,缺少全日制学校的讲课、课堂讨论等教学环节。因此,在编写过程中力求文字通顺易懂,突出重点,讲清难点和容易混淆的概念。又据理论力学理论易懂解题难的特点,在详细讲清基本概念和基本理论的基础上,通过例题强调分析问题的方法和解题思路;重点章的例题较多,以使理论和解题紧密结合;一般在例题后面及时总结解题方法、步骤以及注意事项,以助于克服解题难和培养对问题的分析能力。

本书在每章前有内容提要,指出本章的主要内容、重点及要求,以利于自学本章之前作到心中有数;每章中在必要的地方还安排一些启发性的思考题和习题,以利于及时巩固所学内容;每章后附有小结及自学指导,目的是帮助读者更系统、更深刻理解和掌握本章的主要概念、原理和方法。本书还附有阶段性测验作业,以检查读者的学习情况。书末附习题答案,以便自我校核。

全书分上、下两册,上册为静力学和运动学,下册为动力学。书中加“*”号的部分,不是基本内容,属于函授教学大纲中加深加

宽的内容。习题中加“*”号的是选作题。

本书承蒙上海同济大学杨兆光和南京工学院陈东升两同志审阅,他们对本书提出很多宝贵的意见,对此表示衷心感谢。

参加本书编写工作的有:王崇斌(1~7章、12~17章、19、21章),刘仁业(22~24章),王德清(18、20、25章),乔宏洲(8~11章),由王崇斌任主编。

由于编者水平所限,本书定有不少缺点和错误,恳请读者特别是希望使用本书作为教材的师生提出批评和指正。

编 者

一九八六年六月

目 录(上册)

理论力学学习方法指导	1
绪论	3

第一篇 静 力 学

绪言	9
第一章 静力学的基本概念、公理和物体的受力分析	11
§ 1-1 力和刚体的概念	11
§ 1-2 静力学公理	13
§ 1-3 约束与约束反力	17
§ 1-4 物体的受力分析和受力图	23
思考题	29
习题	29
§ 1-5 小结及自学指导	33
第二章 平面汇交力系	36
§ 2-1 平面汇交力系合成的几何法	36
§ 2-2 平面汇交力系平衡的几何条件	39
§ 2-3 三力平衡定理	42
思考题	46
习题	47
§ 2-4 力的分解	49
§ 2-5 力在坐标轴上的投影·合力投影定理	50
思考题	53
§ 2-6 平面汇交力系合成的解析法	53
习题	55
§ 2-7 平面汇交力系平衡的解析条件·平衡方程	55
思考题	60
习题	60
§ 2-8 小结及自学指导	62

第三章 平面力偶系	65
§ 3-1 两个平行力的合成	65
§ 3-2 力偶和力偶矩	67
§ 3-3 平面力偶的等效条件和等效变换的性质	68
思考题	71
§ 3-4 平面力偶系的合成	72
习题	73
§ 3-5 平面力偶系的平衡条件	74
思考题	77
习题	78
§ 3-6 小结及自学指导	79
第四章 平面任意力系	81
§ 4-1 平面任意力系实例	81
§ 4-2 力对点之矩	83
§ 4-3 力线平移定理	86
§ 4-4 平面任意力系向平面内任一点的简化·主矢和主矩	88
§ 4-5 平面任意力系简化结果的讨论·合力矩定理	92
思考题	97
习题	97
§ 4-6 平面任意力系的平衡条件及平衡方程	99
思考题	108
§ 4-7 平面平行力系的平衡方程	108
习题	112
§ 4-8 静定与静不定问题的概念	116
§ 4-9 物体系统的平衡问题	117
思考题	129
习题	130
§ 4-10 小结及自学指导	132
第五章 图解静力学	135
§ 5-1 平面任意力系简化为一个力的图解情况	135
思考题	139
§ 5-2 平面任意力系简化为一个力偶的图解情况	140
思考题	141

习题	141
§ 5-3 平面任意力系平衡的图解条件	142
思考题	146
习题	146
§ 5-4 小结及自学指导	147
测验作业 I	149
第六章 摩擦	151
§ 6-1 摩擦在工程实践中的重要性	151
§ 6-2 滑动摩擦, 滑动摩擦定律, 滑动摩擦系数	153
§ 6-3 摩擦角和自锁现象	157
思考题	162
§ 6-4 考虑摩擦时物体的平衡问题举例	163
思考题	176
习题	176
§ 6-5 滚动摩擦的概念	179
思考题	184
习题	184
§ 6-6 小结及自学指导	185
第七章 桁架	188
§ 7-1 平面桁架的概念及其基本假设	188
§ 7-2 桁架杆件内力的计算——节点法	191
思考题	195
习题	195
§ 7-3 桁架杆件内力的计算——截面法	196
思考题	200
习题	200
§ 7-4 小结及自学指导	201
第八章 空间汇交力系	204
§ 8-1 力在轴上和在平面上的投影	204
§ 8-2 力沿空间直角坐标轴的分解	208
思考题	211
习题	211
§ 8-3 空间汇交力系的合成与平衡条件	211

思考题	219
习题	219
§ 8-4 小结及自学指导	221
第九章 空间力偶系	224
§ 9-1 力偶矩矢·空间力偶的等效条件	224
思考题	228
§ 9-2 空间力偶系的合成与平衡条件	228
思考题	231
习题	232
§ 9-3 小结及自学指导	233
第十章 空间任意力系	235
§ 10-1 力对点之矩	235
§ 10-2 力对轴之矩	237
§ 10-3 力对点之矩与力对过该点的轴之矩间的关系	244
思考题	245
习题	246
§ 10-4 空间任意力系向任一点的简化	246
§ 10-5 空间任意力系简化的最后结果·合力矩定理	250
思考题	256
习题	256
§ 10-6 空间任意力系的平衡条件	257
思考题	269
习题	269
§ 10-7 小结及自学指导	272
第十一章 平行力系中心和重心	276
§ 11-1 平行力系中心	276
§ 11-2 重心	279
思考题	289
习题	289
§ 11-3 组合体的形心	290
思考题	292
习题	292
§ 11-4 小结及自学指导	293

第二篇 运 动 学

绪言.....	299
第十二章 点的运动.....	301
§ 12-1 点的直线运动	301
习题	308
§ 12-2 点的运动的矢量表示法	309
§ 12-3 点的运动的直角坐标表示法	312
思考题	324
习题	324
§ 12-4 点的运动的自然表示法	325
思考题	341
习题	341
§ 12-5 小结及自学指导	342
第十三章 刚体的基本运动	345
§ 13-1 刚体的平动	345
§ 13-2 刚体绕固定轴的转动	349
思考题	355
§ 13-3 转动刚体内各点的速度和加速度	355
思考题	363
习题	363
§ 13-4 角速度和角加速度的矢量表示法 · 转动刚体内各点的速度 和加速度的矢积表达式	365
§ 13-5 小结及自学指导	369
第十四章 点的合成运动.....	371
§ 14-1 点的合成运动的概念	371
§ 14-2 绝对运动、相对运动和牵连运动	372
思考题	375
§ 14-3 点的速度合成定理	375
思考题	386
习题	387

§ 14-4 牵连运动是平时时点的加速度合成定理	389
习题	396
§ 14-5 牵连运动是定轴转动时点的加速度合成定理·科氏加速度	398
思考题	409
习题	409
§ 14-6 小结及自学指导	410
第十五章 刚体的平面运动	414
§ 15-1 刚体的平面运动及其简化·刚体平面运动的运动方程	414
§ 15-2 刚体的平面运动分解为平动和转动	416
思考题	418
§ 15-3 求平面图形内各点的速度——基点法与速度投影定理	419
思考题	428
习题	428
§ 15-4 求平面图形内各点的速度——瞬心法	430
思考题	441
习题	441
§ 15-5 用基点法求平面图形内各点的加速度	444
思考题	452
习题	452
§ 15-6 小结及自学指导	453
测验作业 III	456
附录 A 矢量代数	458
附录 B 单位换算表	463
习题答案	464

理论力学学习方法指导

理论力学是一门理论性较强的技术基础课,是各门力学的基础。它的基本概念很多,推理十分严密,解题不能简单的套用公式,需要掌握分析问题和解决问题的基本概念、理论与方法。根据这个特点,学习本课程应该是在充分理解概念、理论和例题分析方法的基础上做习题,通过做题又加深对理论的理解,两者相辅相成,不可偏废。

学习本课程的具体步骤大致如下:阅读教材,作读书笔记,做习题,完成测验作业。要把教材内容、小结及自学指导作为一个整体,并配合复习思考题,循序渐进地学习。

(一) 阅读教材

1. 由于是以自学为主,故要妥善安排时间,制定并严格执行自学计划。

2. 自学时要扎扎实实,循序渐进,不要贪多求快,不要突击,要持之以恒。一定要认真理解教材内容,包括例题中对问题的分析方法。及时做习题,巩固和加深对问题的理解。

3. 要反复阅读、反复思考重点和难点的内容,必要的重复是深入理解和掌握问题的有效方法。要充分注意分析问题和解决问题的方法。自学时要把教材内容与自学指导相对照,以帮助理解。

(二) 作读书笔记

1. 摘抄教材中的主要内容,以帮助记忆和系统掌握。

2. 记下自己的读书心得,即使是点滴体会也要记下以便回忆。自己的心得体会是非常宝贵的。

3. 要学会写小结。在学完每章后,根据自己的理解,把重点

内容和解题的经验进行归纳。

(三) 做习题

1. 做习题是非常重要的学习环节之一,一定要及时做。通过做题可以发现自己存在的问题,以促进对理论的理解。

2. 做题时应该步骤清楚,层次分明,要写出解题的思路,这样可以培养和提高分析问题和解决问题的能力。

3. 做题时一定要书写整齐,并画出与解题有关的图,这不仅培养好的工作习惯,而且可以避免计算上的错误。

(四) 测验作业

1. 按照学习进度的规定,每到一个阶段进行一次测验作业,这是对自学的阶段性检查。测验作业一定要按时邮寄学校函授部,它是考查平时成绩的重要依据。

2. 测验作业的题目一般比习题稍难一些,因此,一定要先做习题,然后再做测验作业,否则将发生困难。

(五) 面授

1. 为了帮助函授生深入掌握本课程的内容,对本课程的主要章节要安排面授,并解答同学平时学习过程中存在的疑难问题。

2. 面授前,同学一定要完成规定的自学内容、习题及测验作业;面授时,要带上自学笔记及习题作业等,以便教师了解情况并给以必要的指导。

绪 论

(一)理论力学的研究对象及其在工程技术中的作用

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

所谓机械运动,是指物体在空间的位置随时间的变化。例如,车辆的行驶、机器的运行,水的流动,建筑物的振动,以及人造地球卫星的运行等等,都是机械运动。

平衡是指物体相对地球处于静止或匀速直线运动,是机械运动的特殊情况。所以,理论力学也研究物体平衡的规律。对土建、水利类专业来说,这一部分还是很重要的内容。

按照辩证唯物主义的观点,运动是物质存在的形式,是物质的固有属性。物质的运动除机械运动外,还有热、声、光、电等物理现象和化学变化,直到人们的思维活动。机械运动是物质运动中最简单的形式。机械运动规律不能概括所有运动性质,也不能解释所有运动现象。

理论力学属于古典力学的范围,以牛顿定律为基础。所谓“古典”力学,是相对于在近几十年内出现和发展起来的相对论力学和量子力学而言的。相对论力学研究速度可与光速(30万公里/秒)相比的运动,量子力学研究微观粒子的运动。在这些新的研究领域内,古典力学已不再适用,这说明古典力学有局限性。但是应该肯定,在现代科学技术中,古典力学仍然起着重大作用。因为,不仅在土建、水利工程中,就是在尖端科学技术(如火箭、宇宙航行等)中,所考察的物体都是宏观物体,运动的速度也都远远小于光速,所以,有关的力学问题,仍然用古典力学的原理来解决。同时,随着生产的发展,古典力学也仍在不断地发展。

本书将理论力学内容分为静力学、运动学和动力学三篇讲

述。

静力学：研究物体在力作用下平衡的规律，同时也研究作用于物体上多个力的简化问题。

运动学：从几何学的观点来研究物体的运动规律。例如，物体中各点在空间的运动轨迹、速度和加速度等。运动学不考虑影响物体运动的原因，如力和物体的质量等。

动力学：研究物体的运动与其所受力之间的关系。

(二)学习理论力学的目的

理论力学是现代科学技术的基础，它的定律、定理和结论在工程技术中应用很广，是工程技术人员必须具备的基础知识。例如，从土建、水利工程的结构物的设计和施工，机械的制造和运转，直到人造卫星、宇宙飞船的运行，都有着大量的力学问题。在解决这些问题时，理论力学的知识是不可缺少的。

理论力学也是学习后续课程的基础。例如，材料力学、弹性力学、结构力学、机械原理和振动理论等课程，都要以理论力学为基础，在很多专业课程中，也要用到理论力学的知识。学习理论力学，也是为学习一系列学科作好准备。

此外，理论力学的分析和研究方法具有一定的典型性。使学生在整个学习过程中，逐步形成正确的逻辑、思维，以及对待实际问题具有抽象、简化和正确进行理论分析的能力，因此，本课程有助于培养学生辩证唯物主义世界观以及分析问题和解决问题的能力。

(三)理论力学的研究方法

研究科学的过程，也就是认识客观世界的过程，任何正确的科学研究方法，都必须符合毛泽东同志所揭示的“实践——理论——实践”的认识规律。这是辩证唯物主义的认识事物的方法，理论力学的研究方法也毫不例外。

1. 生产实践和科学实验是理论力学发展的基础

理论力学的产生和发展过程的每一个阶段，都是与人类在生产实践中的观察和科学实验分不开的。人们在长期的生产实践中，建立了力的概念，掌握了二力平衡的规律和杠杆原理等一些力学规律。人们为了认识事物的客观规律，不仅要在生产实践中进行观察和分析，而且还需要进行大量的科学实验。实验可以从复杂的自然现象中，人为的创造一些条件来突出影响事物发展的主要因素，这样不仅能使认识深化，而且还能定量的测定出各个因素之间的关系，因此，科学实验是理论形成的重要基础。理论力学的动力学基本定律、摩擦定律等都是在大量实验的基础上建立起来的。从近代力学的研究和发展来看，实验更是重要的研究方法之一。

2. 抽象化和数学演绎这两种方法在理论力学的研究中起着重要作用。

客观事物总是复杂多样的。在我们占有大量来自实践的材料之后，根据所研究的问题的性质，抓住主要的、起决定作用的因素，撇开次要的、偶然的因素，深入现象的本质，了解事物间的内在联系。这就是力学中普遍采用的抽象化方法。例如，在研究物体的机械运动时，忽略了物体受力后变形的性质，得到了刚体的模型；忽略了摩擦的影响，得到了理想约束的模型；忽略了物体的几何尺寸，得到了质点的模型；等等。这种抽象化的方法一方面简化了所研究的问题，另一方面也更深刻地反映了事物的本质。列宁说过：“物质的抽象，自然规律的抽象，价值的抽象等等，一句话，那一切科学的（正确的、郑重的、不是荒唐的）抽象，都更深刻、更正确、更完全地反映着自然”^①。但是也要注意，任何抽象化的模型都是有条件的、相对的。在研究问题的条件改变以后，原来的模型就不一定适用，必须再考虑影响问题的新的因素，建立新的模型。例如，

① 列宁：《哲学笔记》，人民出版社，1974年版，第181页。

在研究物体内部受力情况和它的变形时，再用刚体的模型就会出现错误的结果，这时就需要建立材料力学中所研究的理想弹性体的模型。

将长期生产实践和实验所积累的材料加以分析、综合、抽象、归纳，得到一些基本概念和定律之后，为了使理论更加系统和完整，数学演绎和推理是广泛应用的方法。就是以基本概念和定律为基础，经过严密的数学推演，得到一些定理和公式，构成系统的理论。现代高速电子计算机的发展，大大促进了数学在力学研究中的应用。但是应当注意，认为单靠数学演绎推导就可以发展新的理论则是完全错误的。因为，一方面，数学演绎不能脱离所研究的实际问题，另一方面，更重要的是科学的发展主要是依赖于生产发展的需要。

3. 实践是检验认识是否正确的唯一标准

实践是检验认识是否正确的唯一标准。理论力学的内容，适用于速度远小于光速的宏观物体，这已为人类长期的生产实践所证实。

从实践到理论，再由理论回到实践，通过实践进一步补充和发展理论，再回到实践，如此不断地循环往复，每一循环都比原来的认识提高一步，这是每门科学发展的共同道路，理论力学也是沿着这条道路不断向前发展的。

(四) 力学发展简史

我国是世界文明发达最早的国家之一，我国古代的劳动人民曾经创造了光辉灿烂的文化，为人类社会的进步作出过杰出的贡献。世界上第一辆车子出现于我国夏代(公元前 2033—1560)。春秋战国时期，鲁班在机械制造和建筑结构上的伟大成就，更是大家所熟悉的。在秦汉以后的两千多年中，我国在力学方面也有很多发展创造，其中比较著名的有，秦代完成的万里长城，迄今仍是誉满全球；在李冰父子领导下修建的水利史上有名的都江堰，对川西