



高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

理论力学学习题册

● 主编 许 信



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

理论力学学习题册

主 编 许 信



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

理论力学习题册/许信主编. —武汉:武汉大学出版社, 2015. 8

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

ISBN 978-7-307-16577-9

I. 理… II. 许… III. 理论力学—高等学校—习题集 IV. O31-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 190309 号

责任编辑:杨赛君 王亚明

责任校对:王慧平

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:9.75 字数:264 千字

版次:2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-16577-9 定价:22.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

编审委员会

顾问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主任委员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰 冯治流 李景林

委员(按姓氏笔画排名)

万胜武 王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华

刘 琛 李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩

尚晓峰 郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼

蔡 巍 魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘书长 王 睿

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录 www.stmpress.cn 下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

前 言

本书为罗特军主编、魏永涛主审的《理论力学》的配套用书。

本书是根据高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的基本要求,并结合以培养应用型人才为主的普通高等学校土木工程本科专业的培养需要而编写的。

为了方便教学,本书紧扣教材中每个章节的教学要求和知识组成,按照章节顺序有层次地将课后习题筛选出来并编写成册,知识点分布均匀,题量适中,难易程度恰当,循序渐进,有助于读者对知识点的复习和巩固。

为了方便读者使用,本书在每章前都将本章重点总结陈列,以便读者在使用时能快速地进行知识点和公式的查阅。本书将筛选的习题重新进行了编号,在每章后都附有参考答案,以方便读者查阅。

本书由四川大学锦江学院许信担任主编。

在编写过程中,编者参考了相关的文献,在此对这些文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中疏漏错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 5 月

目 录

1	静力学基础	(1)
2	力系的简化	(16)
3	力系的平衡	(27)
4	运动学基础	(52)
5	点的合成运动	(64)
6	刚体平面运动	(78)
7	质点动力学	(92)
8	动量定理	(100)
9	动量矩定理	(110)
10	动能定理	(122)
11	动静法	(138)

1 静力学基础

【本章重点】

(1) 力的三要素: 力的大小、方向和作用点。

(2) 牛顿第三定律: 两个物体之间的作用力与反作用力总是同时存在, 且大小相等、方向相反、沿同一直线, 并分别作用在两个不同的物体上。

(3) 力的投影: 力在某轴上的投影等于力矢量与沿该轴正向的单位矢量的标积, 即等于力的大小乘以力与该轴正向间夹角的余弦。力在坐标轴上的投影是代数量。

(4) 引入空间固定直角坐标系 $Oxyz$, 设各坐标轴的单位矢量分别为 i, j, k , 则力矢量 F 可表示为: $F = F_x i + F_y j + F_z k$;

力 F 在各个坐标轴上的投影为:

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F \cdot i = F \cos \alpha \\ \textcircled{1} F_y &= F \cdot j = F \cos \beta \\ F_z &= F \cdot k = F \cos \gamma \end{aligned} \right\} \text{。其中 } \alpha, \beta, \gamma \text{ 是力 } F \text{ 与 } x, y, z \text{ 轴间的夹角;}$$

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F_{xy} \cos \varphi = F \sin \gamma \cos \varphi \\ \textcircled{2} \text{采用二次投影法, 有: } F_y &= F_{xy} \sin \varphi = F \sin \gamma \sin \varphi \\ F_z &= F \cos \gamma \end{aligned} \right\} \text{。其中, } F_{xy} \text{ 是力 } F \text{ 在 } Oxy \text{ 平面上的投}$$

影矢量 F_{xy} 的大小, φ 是 F_{xy} 与 x 轴间的夹角。

(5) 力对点的矩定义为矩心到该力作用点的矢径与力矢的矢量积。

$$M_O(F) = r \times F$$

式中, O 表示矩心, r 为矩心 O 引至力 F 的作用点 A 的矢径。

平面力系中, 力对点的矩为:

$$M_O(F) = \pm Fh$$

其中, 力使物体绕矩心逆时针转动时为正, 反之为负。

(6) 力对轴的矩:

① 空间力对轴之矩归结为平面上的力对点之矩, 即 $M_z(F) = M_O(F_{xy}) = \pm F_{xy}h$;

② 当力与轴共面时, 力对轴的矩等于零;

③ 力对任意轴之矩等于该力对轴上任一点之力矩矢在该轴上的投影。

(7) 任意力系的主矢和主矩:

① 力系的主矢是力系包含各力的矢量和, 即 $F_R = \sum_{i=1}^n F_i$, 是一个自由矢量;

② 任意力系中各力对某点 O 的主矩为: $M_O = \sum M_O(F_i) = \sum r_i \times F_i$;

(8) 力系等效原理: 两个力系等效的充分必要条件是主矢相等, 以及对同一点的主矩相等。力系等效原理的应用如下。

① 力系平衡定理: 力系平衡的充分必要条件是力系的主矢及对于任一点的主矩同时等于零。

② 二力平衡定理: 刚体在两个力的作用下处于平衡的充分必要条件是此二力大小相等, 方向相反且作用线重合。

③加减平衡力系定理:在作用于刚体的任一力系上加上或减去任意的平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。

④力的可传性定理:作用于刚体上某点的力可沿其作用线移至刚体内任一点而不改变该力对刚体的作用。

⑤合力矩定理:若力系有合力,则合力对任一点之矩等于力系中各力对同一点之矩的矢量和。

⑥三力平衡汇交定理:刚体受不平行三力作用而平衡时,此三力的作用线必汇交于一点。

(9)力偶:两个大小相等、作用线不重合的反向平行力组成的力系称为力偶。力偶的主矢恒等于零,而力偶的主矩与矩心的位置无关,且恒等于矢量积 $\mathbf{r} \times \mathbf{F}$ 。

(10)物体的受力分析中常见的约束有以下几种:

①柔索约束。柔索的约束力是沿绳向的拉力。

②光滑接触面。光滑接触面的约束力沿接触处的公法线方向,作用于接触点,且为压力。

③光滑圆柱铰链。光滑圆柱铰链的约束力是一个大小和方向都未知的二维矢量 $\mathbf{F}_N$,常常用两个大小未知的正交分力 F_x 和 F_y 来表示。

④可动铰链支座。可动铰链支座的反力过铰链中心而垂直于支承面。

⑤链杆。链杆的约束力必然沿其两端铰链中心的连线,且大小相等、方向相反。

⑥固定端约束。固定端约束的特点是既限制物体的移动又限制物体的转动,即约束与被约束物体之间被认为是完全刚性连接的。

(11)物体的受力分析是指画出所选分离体上所有的主动力和约束力的过程,分为以下几步:

①根据问题的要求选取研究对象,画出分离体的结构简图。

②画出分离体所受的全部主动力,一般不要对已知荷载进行静力等效替换。

③在分离体上每一解除约束的地方,根据约束的类型逐一画出约束力。

(12)内力和外力:当选取由几个物体所组成的系统作为研究对象时,系统内部物体之间的相互作用力称为内力,系统之外的物体对系统内部物体的作用力称为外力,在画受力图时不必画出内力。

习 题

1-1 支架如图 1-1 所示, $\triangle ABC$ 为一等腰直角三角形, 铅垂力 F 作用在顶点 C 。设 x 轴和 y 轴分别沿 AC 杆和 BC 杆, x 轴和 y 轴方向的基矢量分别为 e_x 和 e_y , 试求力 F 在 x 轴和 y 轴上的投影, 以及力矢量 F 的解析表达式。

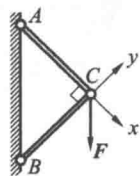


图 1-1 习题 1-1 图

1-2 给定力 $F = \sqrt{3}(-i + 2j + 3k)$, 其作用点的坐标为 $(-3, -4, -6)$ 。已知 OE 轴上的单位矢量 $e = \frac{\sqrt{3}}{3}(i + j + k)$, 试求力 F 在 OE 轴上的投影及对 OE 轴之矩。

1-3 长方体的长、宽和高分别为 $a=8\text{cm}$, $b=4\text{cm}$, $h=3\text{cm}$, 力 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 分别作用于棱角 A 和 B , 方向如图 1-2 所示, 且 $F_1=10\text{N}$, $F_2=5\text{N}$ 。试求 $\mathbf{F}_1$ 在图示各坐标轴上的投影和 $\mathbf{F}_2$ 对各坐标轴之矩。

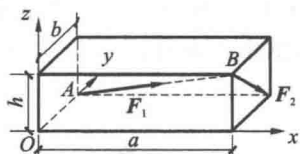


图 1-2 习题 1-3 图

1-4 平面力系如图 1-3 所示, 已知 $BO=a$, $\theta=60^\circ$, $F_1=F_2=F$, $M=Fa$; $\mathbf{F}_1$ 的作用点为 A , $\mathbf{F}_2$ 作用于 AB 的中点 C 且垂直于 AB 。试求该力系的主矢及对 O 点的主矩。

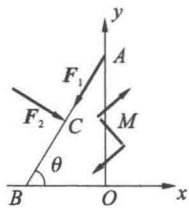


图 1-3 习题 1-4 图

1-5 平面力系由四个力和一个力偶组成,如图 1-4 所示。已知 $F_1 = 50\text{N}$, $\theta_1 = \arctan(3/4)$; $F_2 = 30\sqrt{2}\text{N}$, $\theta_2 = 45^\circ$; $F_3 = 80\text{N}$; $F_4 = 10\text{N}$; $M = 2\text{N} \cdot \text{m}$ 。图 1-4 中长度单位为 mm。试求该力系的主矢及对 O 点的主矩。

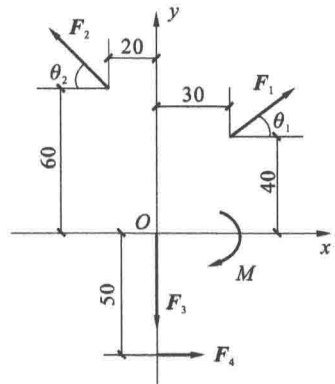
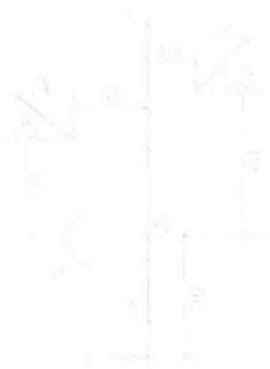


图 1-4 习题 1-5 图

1-6 给定三力： $\mathbf{F}_1 = 3\mathbf{i} + 4\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$ ，作用点为 $(0, 2, 1)$ ； $\mathbf{F}_2 = -2\mathbf{i} + 2\mathbf{j} - 6\mathbf{k}$ ，作用点为 $(1, -1, 4)$ ； $\mathbf{F}_3 = -\mathbf{i} - 3\mathbf{j} + 2\mathbf{k}$ ，作用点为 $(2, 3, 1)$ 。试求力系的主矢及其对坐标原点 O 的主矩。



1-7 试画出图 1-5~图 1-11 所示物体的受力图。除已标明者外,各物体自重不计,摩擦不计。

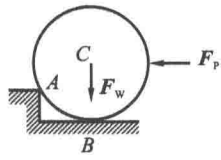


图 1-5 圆柱 C

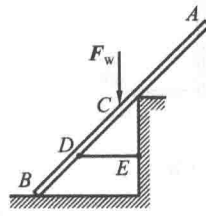


图 1-6 杆 AB

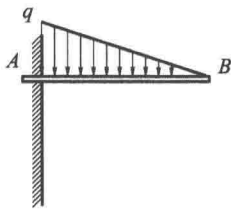


图 1-7 梁 AB

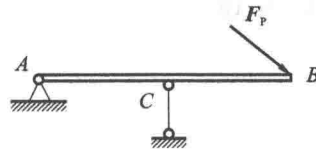


图 1-8 梁 AB

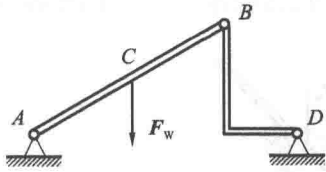


图 1-9 杆 AB、BD

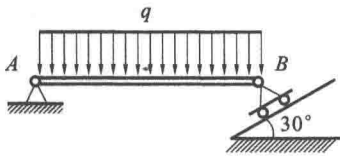


图 1-10 梁 AB

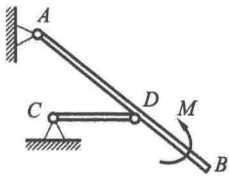


图 1-11 杆 AB、CD

1-8 试画出图 1-12~图 1-24 所示物体的受力图。除已标明者外,各物体自重不计,摩擦不计。

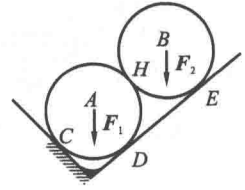


图 1-12 圆柱 A、B

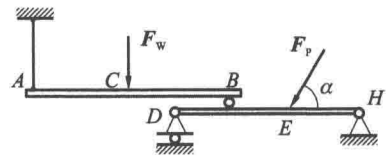


图 1-13 杆 AB、DH

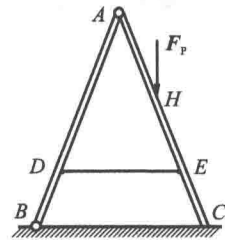
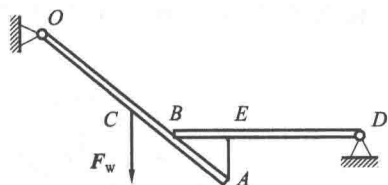
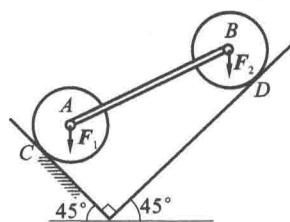


图 1-14 杆 AB、AC

图 1-15 杆 OA 、 BD 和整体图 1-16 圆盘 A 、 B