

力学教学·学习辅导系列

教学 学习 考研

理论力学

解题指导及习题集

第3版

王铎 程靳 主编

哈尔滨工业大学

清华大学

西北工业大学

大连理工大学

上海交通大学

天津大学

理论力学教研室 合编



高等教育出版社

力学教学·学习辅导系列

理论力学解题指导及习题集

第3版

王铎 程靳 主编

哈尔滨工业大学 清华大学

西北工业大学 大连理工大学 理论力学教研室 合编

上海交通大学 天津大学

高等教育出版社

内容简介

本书是在第2版的基础上,根据教育部高等学校非力学类专业力学基础课程教学指导分委员会2004年通过的理论力学课程教学基本要求,在保持原书的风格和特点的基础上修订而成。全书内容为静力学、运动学、动力学及专题,每章均包括内容提要、解题步骤、例题、习题四部分。书中的例题和习题几乎涵盖了理论力学的常见题型,其中大部分是基本题和适用于各类专业的通用题,习题由1400题增至1600题。为了引导读者深入思考,也选编了10%左右的难题,供读者选用,在难题的编号前附有*号。

本书可作为学生学习理论力学的参考书,也可作为报考研究生入学考试的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学解题指导及习题集/王铎,程靳主编. —3
版. —北京:高等教育出版社,2005.7

ISBN 7-04-016696-8

I. 理... II. ①王... ②程... III. 理论力学 -
高等学校 - 解题 IV. O31-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第043747号

策划编辑 姜 凤 责任编辑 张玉海 封面设计 李卫青 责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红 责任校对 杨雪莲 责任印制 孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京铭成印刷有限公司		http://www.landracom.cn
开 本	787×1092 1/16	版 次	1964年12月第1版
印 张	39		2005年7月第3版
字 数	960 000	印 次	2005年7月第1次印刷
		定 价	47.90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 16696-00

第一版序

本习题集是按 1962 年 5 月审订的高等工业学校机械、土建类各专业适用(145 学时)的理论力学教学大纲(试行草案)的要求编写的。本习题集共编选了七百题,大部分都是基本的和各类专业通用的。但是,为了引导学生进一步深入思考,也编选了少量的难题,由学生选作。在难题前附有 * 号。

附录中的概念题,主要用以加强学生对理论的深入理解。由于经验不够成熟,对概念题未能系统和全面的编选,所以将这些题放在附录中,供教师参考选用。

本习题集是继理论力学习题选集之后编写的,增加了原选集题目的数量,补足了教学大纲中附有 * 号的内容,使本习题集能够更好地适应各校和各专业的需要。

在编写本习题集时,参考了二十二本高等工业学校理论力学教研室编写的理论力学习题集、密歇尔斯基著理论力学习题集和铁摩辛柯著工程力学等书。选自原书的题目,有的经过修改,有的被直接采用。

本习题集由哈尔滨工业大学等校理论力学教研室集体编写,由王铎主编。各校负责编写的是天津大学魏士贵、上海交通大学吴镇、大连工学院朱学仁、清华大学傅正泰、西北工业大学孙海润和哈尔滨工业大学陈长庚。各校理论力学教研室的许多教师都参加了编选习题和编写习题卡片的工作。由于我们经验不足,缺点和错误在所难免,希望大家提出批评和指正。

选编者

1964 年 5 月

第二版序

本版是根据 1980 年 5 月审订的高等工业学校机械、土建、水利、航空等类专业试用的《理论力学教学大纲》(草案)(120 学时)的要求,在王铎主编的《理论力学学习题集》(700 题)(1964 年 12 月第 1 版)的基础上修订而成,现改名为《理论力学解题指导及习题集》。

本版分上、下两册。上册内容为静力学和运动学,下册内容为动力学及专题。共选习题 1400 题,其中大部分是基本题和适用于各类专业的通用题。为了引导读者深入思考,也选编了约 10% 的难题,供读者选作。在难题的编号前附有 * 号。

本书可作为高等学校工科各类专业师生的教学参考书,也可供有关工程技术人员及自学者参考。

为了培养学生更好地掌握分析与解决理论力学问题的基本方法,又能指导广大读者自学,我们根据多年来的教学实践,各章都写有内容提要、解题步骤及例题。“内容提要”是为了配合解题而写的,其中包括有关的定理与公式,力求简单明瞭。“解题步骤”中,除了叙述一般步骤外,还着重说明解题特点及注意事项。每章约有例题 4~6 题,在例题中较详细地阐明了解题的思路与方法,并有讨论与分析。为了启发读者能灵活应用理论及定理,有的例题还给出了多种解法。在解题步骤及例题中,力求反映出各校多年来积累的教学经验。

本版共分二十八章,包括大纲中全部带 * 号的以及建议加选的内容,在此类建议加选的章节前附有 ** 号。物体的受力分析及几个专题均独立成章。在物体的受力分析这章中,为了保证内容的完整性,选进了平面插入端及空间类型的约束。读者在选题时,应注意配合教材的安排顺序。

本版采用国际单位制(SI)。但考虑到目前工程界仍沿用着工程单位制,因而在静力学与动力学的各章中,约有 5% 左右的习题仍采用工程单位制。

本版参考了国内外许多理论力学、工程力学及其习题集,被选用的题目,有的经过修改,有的被直接采用。

本版由王铎主编,编写方案经集体讨论决定。各校负责编写的是:上海交通大学陈启源、包宏稼,清华大学李万琼,西北工业大学白振林,大连工学院朱学仁,天津大学毕学涛、肖龙翔,哈尔滨工业大学于永德、王宏钰等。全书由王宏钰统稿,最后经王铎定稿。以上各校理论力学教研室的许多教师都参加了选题、编写习题卡片及抄写工作。全书的底图由聂圣世绘制。

本版由重庆大学力学教研室和浙江大学理论力学教研室主审,最后由北京航空学院理论力学教研室复审。他们对本书提出了宝贵的意见,特此致谢。由于我们水平有限,缺点和错误在所难免,衷心希望读者批评指正。

编者

一九八三年十二月

第三版序

本书的第一版是1964年由高等教育出版社出版的，本版是第三版。

本版根据教育部高等学校非力学类专业力学基础课程教学指导分委员会2004年通过的理论力学课程教学基本要求修订而成，仍保持前两版的特点，但将上、下两册合为一册。每章都含有四大部分：提要(讲解该章的主要理论、公式、原理等)，解题步骤(讲解该章节解题的主要步骤、方法、思路)，例题(每章均含有足够、且不多余的例题，而且例题的题型较全)，习题。少量习题较难，在编号前附有*号。

本书汇集了哈尔滨工业大学、清华大学、西北工业大学、大连理工大学、上海交通大学、天津大学等六所大学教师多年的教学经验，并由这六所大学共同讨论编写而成。本书力求题型齐全、逻辑清晰，使读者能通过该书的学习掌握理论力学的基础理论、基础概念、基本方法，并善于应用这些理论和方法求解各类问题。

本版由哈尔滨工业大学王铎、程靳主编，编写方案经集体讨论决定。各校负责编写的是：上海交通大学杨长俊、朱本华，清华大学高云峰，西北工业大学支希哲，大连理工大学许洁，天津大学毕学涛、肖龙翔，哈尔滨工业大学程燕平、张莉等。全书由程燕平统稿，最后经程靳定稿。

本版由北京航空航天大学谢传锋教授主审，并对本书提出了许多宝贵的意见和建议，特此致谢。

编者

2005年1月

目 录

第一篇 静 力 学

第一章 静力学公理和物体的受力分析	1	二、解题步骤	29
一、提要	1	三、例题	30
二、解题步骤和画受力图的注意事项	4	四、习题	36
三、例题	4	第四章 空间力系	58
四、习题	7	一、提要	58
第二章 平面汇交力系与平面力偶系	14	二、解题步骤及注意事项	63
一、提要	14	三、例题	64
二、解题步骤	15	四、习题	73
三、例题	16	第五章 摩擦	95
四、习题	19	一、提要	95
第三章 平面任意力系	28	二、解题步骤	96
一、提要	28	三、例题	96
		四、习题	103

第二篇 运 动 学

第六章 点的运动学	115	二、解题步骤	155
一、提要	115	三、例题	156
二、解题步骤	118	四、习题	165
三、例题	119	第九章 刚体的平面运动	181
四、习题	126	一、提要	181
第七章 刚体的简单运动	139	二、解题步骤	182
一、提要	139	三、例题	183
二、解题步骤	140	四、习题	189
三、例题	141	运动学综合应用	203
四、习题	145	一、提要	203
第八章 点的合成运动	154	二、解题步骤	203
一、提要	154	三、例题	204
		四、习题	215

第三篇 动 力 学

第十章 质点动力学的基本方程	231	一、提要	231
----------------	-----	------	-----

二、解题步骤及注意事项	232	第十六章 非惯性系中的质点动力学 ...	394
三、例题	233	一、提要	394
四、习题	239	二、解题步骤	395
第十一章 动量定理	247	三、例题	395
一、提要	247	四、习题	403
二、解题步骤及注意事项	250	第十七章 碰撞	410
三、例题	251	一、提要	410
四、习题	258	二、解题步骤及注意事项	413
第十二章 动量矩定理	268	三、例题	414
一、提要	268	四、习题	421
二、解题步骤及注意事项	271	第十八章 分析力学基础	433
三、例题	272	一、提要	433
四、习题	282	二、解题步骤	436
第十三章 动能定理	299	三、例题	438
一、提要	299	四、习题	456
二、解题步骤及注意事项	302	第十九章 机械振动基础	468
三、例题	303	一、提要	468
四、习题	311	二、解题步骤	474
动力学普遍定理的综合应用	325	三、例题	475
一、提要	325	四、习题	485
二、解题步骤及注意事项	325	第二十章 刚体定点运动、自由刚体	
三、例题	326	运动、刚体运动的合成·陀螺仪	
四、习题	338	近似理论	501
第十四章 达朗贝尔原理(动静法)	352	一、提要	501
一、提要	352	二、解题步骤	505
二、解题步骤及注意事项	353	三、例题	506
三、例题	354	四、习题	524
四、习题	361	第二十一章 变质量动力学	543
第十五章 虚位移原理	376	一、提要	543
一、提要	376	二、解题步骤	544
二、解题步骤及注意事项	377	三、例题	545
三、例题	378	四、习题	551
四、习题	385		
附录 习题答案	555		

第一篇 静力学

第一章 静力学公理和物体的受力分析

一、提要

1. 基本概念

(1) 力。物体间相互的机械作用，这种作用使物体的机械运动状态发生变化。

(2) 刚体。在力的作用下，其内部任意两点距离保持始终不变的物体。刚体是力学中的一种理想化模型。

(3) 平衡。物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线运动。

(4) 等效力系。两个力系作用于同一物体，若作用效果相同，则此二力系互为等效力系。

2. 静力学公理

公理 1 力的平行四边形规则

作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力作用点也在该点，合力的大小和方向，由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。这个公理是复杂力系简化的基础。

公理 2 二力平衡条件

作用在刚体上的两个力，使刚体处于平衡的必要和充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，且在同一直线上。这是作用在一个物体上最简单力系的平衡条件。

公理 3 加减平衡力系原理

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，并不改变原来力系对刚体的作用。这个公理是研究力系等效替换的依据。

推理 1 力的可传性

作用于刚体上某点的一个力，可以沿着它的作用线移动到刚体内任一点，并不改变该力对刚体的作用。

推理 2 三力平衡汇交定理

作用于刚体上三个相互平衡的力，若其中两个力的作用线汇交于一点，则此三力必在同一

平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

公理 4 作用与反作用定律

作用力和反作用力总是同时存在，两力的大小相等、方向相反，沿着同一直线，分别作用在两个相互作用的物体上。

公理 5 刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡，如将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。这个公理阐明了变形体抽象成刚体模型的条件，并指出刚体平衡的必要和充分条件只是变形体平衡的必要条件。

3. 约束、约束力

(1) 约束。限制物体运动的条件称为约束。

(2) 约束力。约束给被约束物体的力称为约束力。

常见的约束类型有如下几种。

(1) 光滑接触约束。

特点：限制沿接触处公法线方向的运动。

约束力 F_N 的方向：沿接触处的公法线指向被约束的物体。

(2) 柔性体约束(包括绳索、链条、胶带等)。

特点：限制沿柔索方向脱离柔索的运动。柔索只能承受拉力。

约束力 F_T 的方向：沿柔索背离被约束的物体。

(3) 光滑铰链约束(包括向心轴承、圆柱形铰链、固定铰链支座等)。

特点：限制沿径向的相对移动，而不限制绕铰链中心的相对转动及沿轴向的位移。

约束力：垂直于轴线并通过铰链中心。平面问题中，一般用两个大小未知的正交分力 F_x , F_y 表示。

(4) 滚动支座约束。

特点：限制接触处公法线方向的运动。

约束力 F_N ：垂直于支承面，且通过铰链中心。


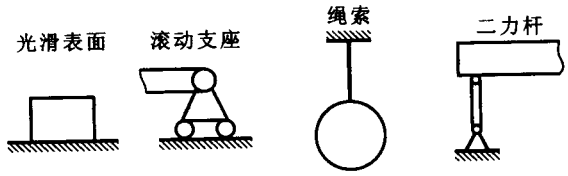
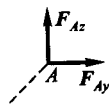
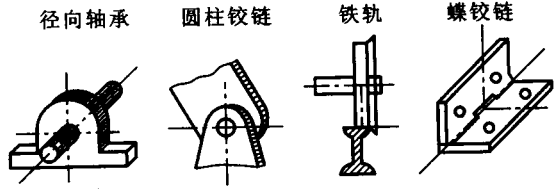
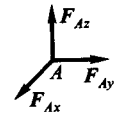
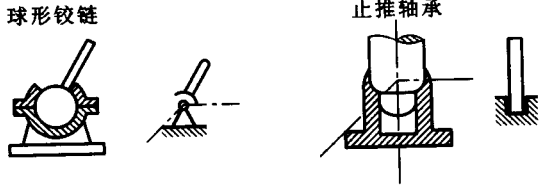
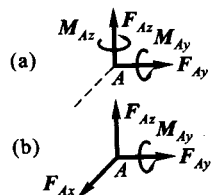
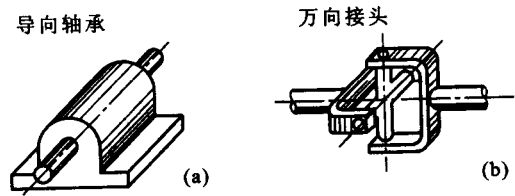
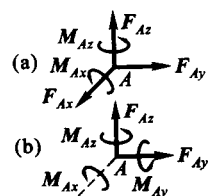
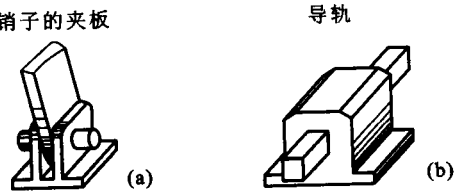

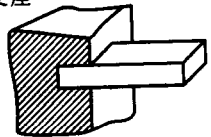
(5) 固定端(插入端)约束。

特点：既能限制相对移动，又能限制相对转动。

约束力：可简化为一个力和一个力偶。在平面问题中，用两个约束力 F_x , F_y 和一个约束力偶 M 表示。

当刚体受空间力系作用时，其约束力的未知分量数目最多可到六个。确定各类约束的未知量数目的基本方法是：观察物体在空间的六种可能的运动(沿 x , y , z 三坐标轴的移动和绕这三轴的转动)中，判断哪几种运动被约束所阻碍，如移动受到阻碍，就产生约束力；如转动受到阻碍，就产生约束力偶。例如止推轴承约束，它比径向轴承多了一个沿轴线方向的移动阻碍，因此约束力用三个大小未知的分量 F_x , F_y , F_z 表示。又如空间的固定端约束，它阻碍物体在空间的六种可能的运动，因此有三个约束力 F_x , F_y , F_z 和三个约束力偶 M_x , M_y , M_z ，共六个未知分量。一些常见的约束类型与其约束力在表 1-1 给出。

表 1-1 约束的类型与其约束力举例

约束力未知量	约 束 类 型
<p>1</p> 	<p>光滑表面 滚动支座 绳索 二力杆</p> 
<p>2</p> 	<p>径向轴承 圆柱铰链 铁轨 螺铰链</p> 
<p>3</p> 	<p>球形铰链 止推轴承</p> 
<p>4</p> 	<p>导向轴承 万向接头</p> 
<p>5</p> 	<p>带有销子的夹板 导轨</p> 
<p>6</p> 	<p>空间的固定端支座</p> 

二、解题步骤和画受力图的注意事项

1. 步骤

- (1) 明确研究对象，解除约束，取分离体。在静力学中，研究对象又称分离体。
- (2) 画分离体的受力图。把作用在分离体上所有的主动力和约束力全部画在分离体上。

2. 注意事项

- (1) 画约束力时，一定按约束性质和它们所提供的约束力的特点画，并在研究对象与施力物体的接触处画出约束力。
- (2) 会判断二力构件及三力构件，并根据二力平衡条件及三力平衡汇交定理确定约束力的方向。
- (3) 若取整体为分离体时，只画外力，不画内力。当需拆开取分离体时，内力则变为外力，必须画。
- (4) 一定注意作用力与反作用力的画法，这些力的箭头要符合作用与反作用定律。
- (5) 在画受力图时，不要多画或漏画力，要如实反映物体受力情况。

三、例题

例 1-1 重 P_1 的均质圆柱 C ，由杆 AB 与墙壁来支持，均质杆重 P_2 ，如图 1-1a 所示。各处摩擦不计，分别画出圆柱 C 和杆 AB 的受力图。

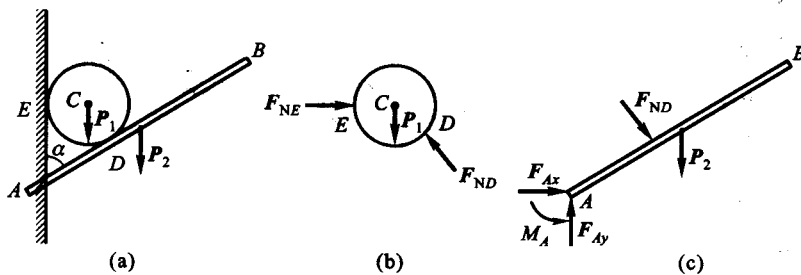


图 1-1

解：(1) 以均质圆柱为研究对象，画出分离体图。画主动力 P_1 ， D 、 E 处为光滑接触约束，其约束力分别用 F_{ND} 、 F_{NE} 表示。受力图如图 1-1b 所示。

(2) 取 AB 杆为研究对象，画出分离体图。画主动力 P_2 ， A 处为固定端约束，故约束力有三项： F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 M_A 。 D 处为光滑接触约束，画上约束力 F'_{ND} ， F'_{ND} 与 F_{ND} 是作用力与反作用力的关系。其受力图如图 1-1c 所示。

例 1-2 矩形物块由两根自重不计的杆 AA' 和 BB' 以及绳 EE' 维持在图 1-2a 所示位置，物块重 P ，载荷 F 作用在 D 点。画出物块的受力图。

解：取矩形物块为研究对象，画出分离体图。物块上有两个主动力 P 和 F ， E 处受到绳子对它的拉力 F_{TE} ，杆 AA' 、 BB' 是二力杆，所以 F_A 和 F_B 作用线分别沿铰链中心 A 、 A' 和 B 、 B' 的连线。其受力图如图 1-2b 所示。

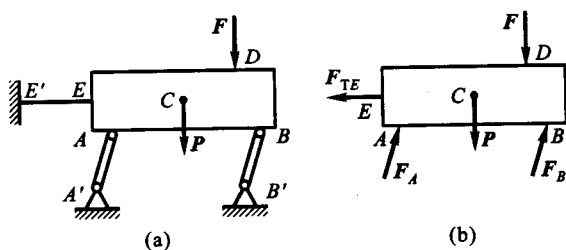
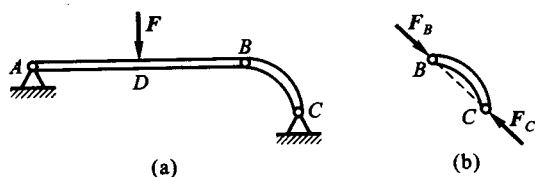


图 1-2

例 1-3 如图 1-3a 所示结构，直杆 AB 和曲杆 BC 在 B 处相互铰接，AB 杆上 D 处受载荷 F 作用。不计各杆自重，画出两杆各自的受力图。

解：(1) 以曲杆 BC 为研究对象，画出分离体图。它为二力构件，两端 B、C 处分别受到约束力 F_B 、 F_C ，这两力必经过 B、C 两点，其受力图如图 1-3b 所示。



(2) 以直杆 AB 为研究对象，画出分离体图。先画主动力 F ，B 处受到曲杆的反作用力 F'_B 的作用，A 处为固定铰支座约束，由三力平衡汇交定理知，约束力 F_A 必过 F 与 F'_B 的交点 E，其受力图如图 1-3c 所示。

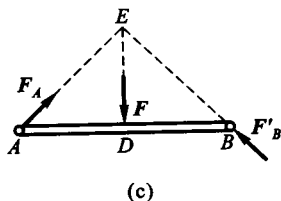


图 1-3

例 1-4 多跨梁(连续梁)上 E 处作用一集中力 F ，梁上作用有均布载荷 q ，梁的支承如图 1-4a 所示。如 AB、BC 梁的自重不计，试分别画出整体，AB、BC 梁受力图。

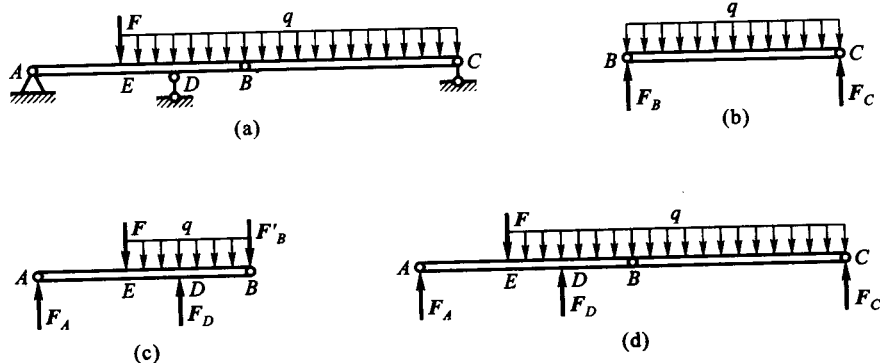


图 1-4

解：(1) 以 BC 梁为研究对象，画出分离体图。先在 BC 上画出已知的均布荷载 q ；C 处为滚动铰支座，画上约束力 F_C ，且 F_C 与光滑水平面垂直；由 F_C 与 q 平行可知 AB 段对销钉 B 的约束力 F_B 一定也与光滑水平面垂直。其受力图如图 1-4b 所示。

(2) 以 AB 段为研究对象，画出分离体图。在 E 处画上主动力 F ，以及已知的均布荷载 q ，再画销钉作用

在 B 处的约束力 F'_B ，它与 F_B 互为作用力与反作用力； D 处为滚动铰支座，画上约束力 F_D 。且 F_D 与光滑水平面垂直；由 F ， q ， F_D ， F'_B 平行可知，固定铰支座 A 处约束力 F_A 一定也与水平面垂直。其受力图如图 1-4c 所示。

(3) 以整体为研究对象，画出分离体图。系统上所受的外力有：主动力 P ，均布载荷 q ，约束力 F_A ， F_D 及 F_C 。对整个系统而言， B 处受内力作用，在受力图上不必画出。其受力图如图 1-4d 所示。

例 1-5 构架如图 1-5a 所示，画出杆 BC ，杆 CDE ，杆 BDO 连同滑轮与重物及销钉 B 的受力图。

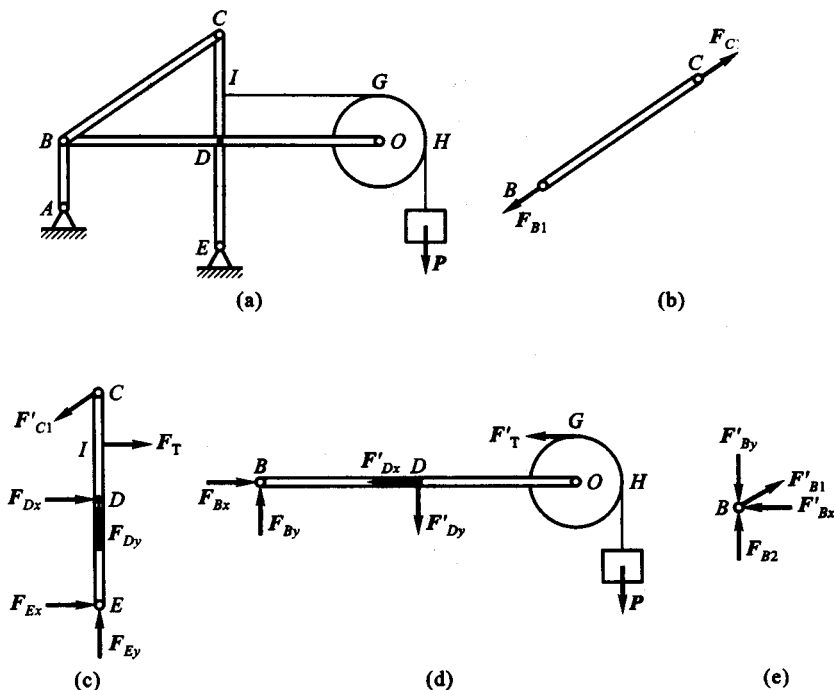


图 1-5

解：(1) 以 BC 杆(拔出销钉 B)为研究对象，画出分离体图。 BC 杆为二力杆， B ， C 处受力 F_{B1} ， F_{C1} ，一定过 B ， C 连线。其受力图如图 1-5b 所示。

(2) 以 CDE 杆为研究对象，画出分离体图。 D 处为光滑铰链约束，画出约束力 F_{Dx} ， F_{Dy} ； E 处为固定铰支，画出约束力 F_{Ex} ， F_{Ey} ； I 处为柔索约束，受拉力 F_T ； C 处受力 F'_{C1} ， F'_{C1} 与 F_{C1} 互为作用力与反作用力。其受力图如图 1-5c 所示。

(3) 以杆 BDO (拔出销钉 B)、滑轮、重物为研究对象，画出分离体图。画上主动力 P ； B 处受销钉作用力 F_{Bx} ， F_{By} ； D 处约束力 F'_{Dx} ， F'_{Dy} ，与 F_{Dx} ， F_{Dy} 互为作用与反作用力； F'_T 与 F_T 互为作用与反作用力。其受力图如图 1-5d 所示。

(4) 以销钉 B 为研究对象，画出分离体图。销钉 B 与 BC 杆间的约束力为 F'_{B1} ，与 F_{B1} 互为作用与反作用关系；销钉 B 受到 BDO 杆的约束力 F'_{Bx} ， F'_{By} ，与 F_{Bx} ， F_{By} 互为作用力与反作用力；销钉 B 还受到 AB 杆的约束力 F_{B2} ， AB 杆为二力杆。其受力图如图 1-5e 所示。

例 1-6 如图 1-6a 所示, 均质平板 $ABCD$ 重 P , EC 为一根钢索, A 端为球铰链, B 端为柱铰链。画出均质平板的受力图。

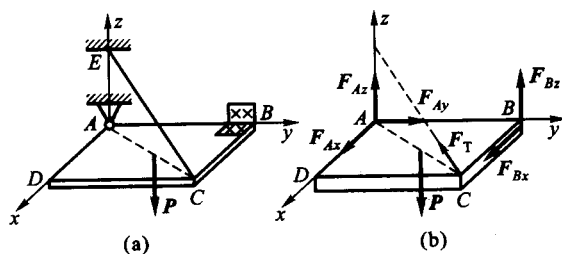
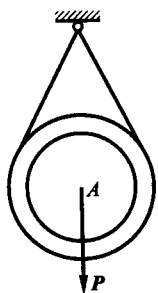


图 1-6

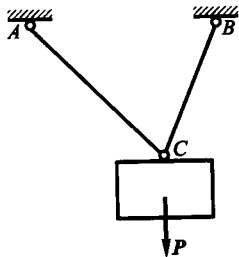
解: 以平板 $ABCD$ 为研究对象, 画出分离体图。先画上主动力 P ; C 处受钢索拉力, 画上拉力 F_T ; A 处为球铰链约束, 画上约束力 F_{Ax} , F_{Ay} , F_{Az} ; B 处为柱铰链, 画上约束力 F_{Bx} , F_{By} 。其受力图如图 1-6b 所示。

四、习题

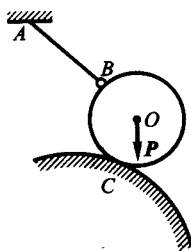
[1-1] 画出图示各题中各物体的受力图。假设所有接触处都是光滑的, 未画重力的物体自重均不计。



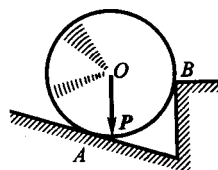
题 1-1 图(1)



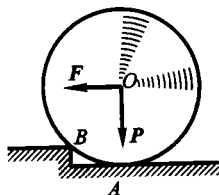
题 1-1 图(2)



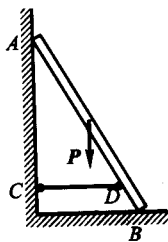
题 1-1 图(3)



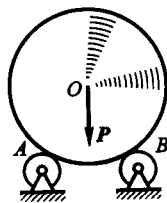
题 1-1 图(4)



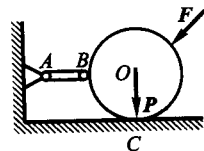
题 1-1 图(5)



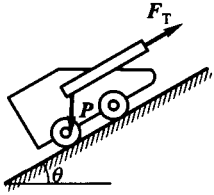
题 1-1 图(6)



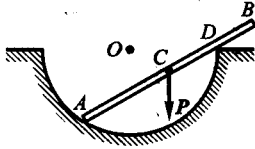
题 1-1 图(7)



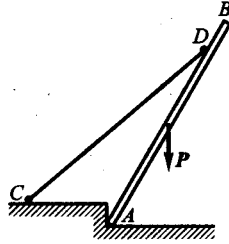
题 1-1 图(8)



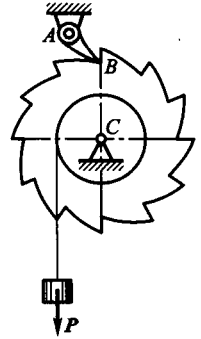
题 1-1 图(9)



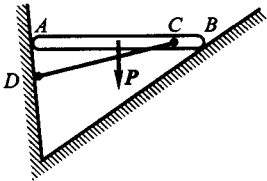
题 1-1 图(10)



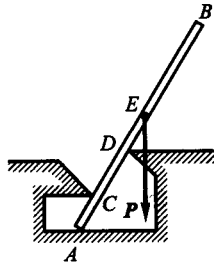
题 1-1 图(11)



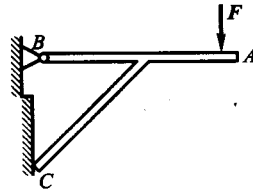
题 1-1 图(12)



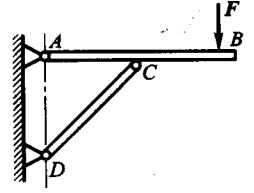
题 1-1 图(13)



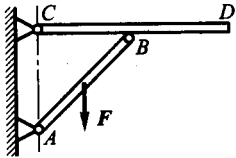
题 1-1 图(14)



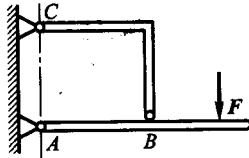
题 1-1 图(15)



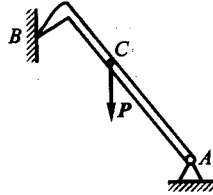
题 1-1 图(16)



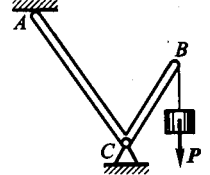
题 1-1 图(17)



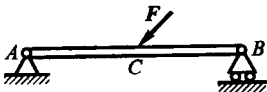
题 1-1 图(18)



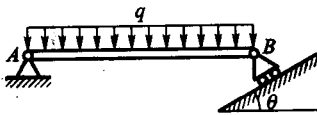
题 1-1 图(19)



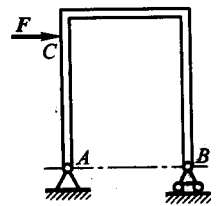
题 1-1 图(20)



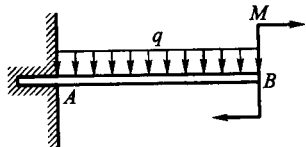
题 1-1 图(21)



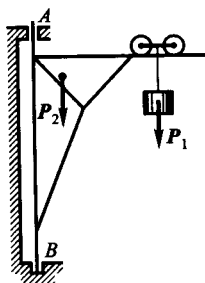
题 1-1 图(22)



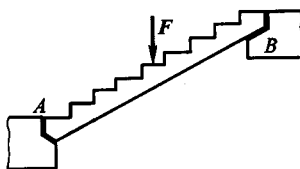
题 1-1 图(23)



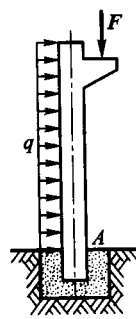
题 1-1 图(24)



题 1-1 图(25)

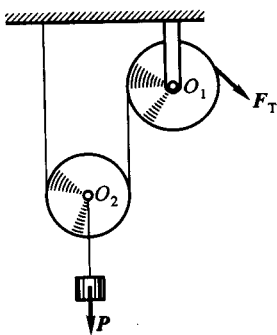


题 1-1 图(26)

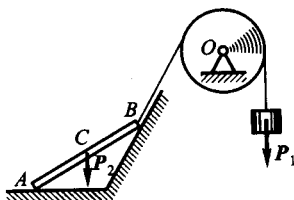


题 1-1 图(27)

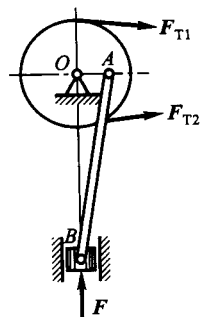
【1-2】 画出图示各刚体系统中整体及各构件的受力图。假设所有接触处都是光滑的，没有画重力的物体的重均不计。



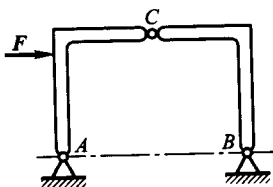
题 1-2 图(1)



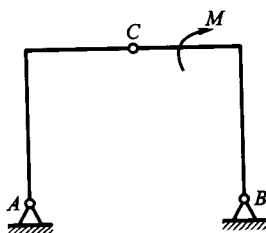
题 1-2 图(2)



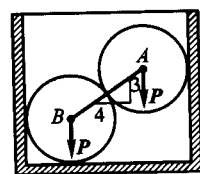
题 1-2 图(3)



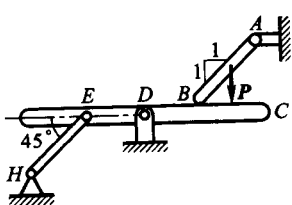
题 1-2 图(4)



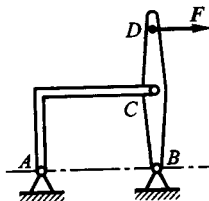
题 1-2 图(5)



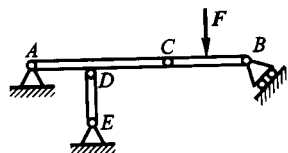
题 1-2 图(6)



题 1-2 图(7)



题 1-2 图(8)



题 1-2 图(9)