



21 世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIGAODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

理论力学(第七版) 全程导学及习题全解(I)

主 编 / 彭慧莲

副主编 / 鞠胜军 马晓燕 傅晋

主 审 / 苗明川



中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House



21 世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIGAODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

理论力学(第七版) 全程导学及习题全解(I)

主 编 / 彭慧莲

副主编 / 鞠胜军 马晓燕 傅晋

主 审 / 苗明川

中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

理论力学(第七版)全程导学及习题全解. I / 彭慧莲主编. —北京:

中国时代经济出版社, 2012.1

(21 世纪高等院校经典教材同步辅导)

ISBN 978-7-5119-1014-1

I. ①理… II. ①彭… III. ①理论力学—高等学校—教学参考资料

IV. ①031

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 274941 号

书 名: 理论力学(第七版)全程导学及习题全解(I)

作 者: 彭慧莲

出版发行: 中国时代经济出版社

社 址: 北京市丰台区玉林里 25 号楼

邮政编码: 100069

发行热线: (010)68320825 83910219

传 真: (010)68320634 68320584

网 址: www.cmepub.com.cn

电子邮箱: zgsgdj@hotmail.com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京昌平百善印刷厂

开 本: 787 × 1092 1/16

字 数: 440 千字

印 张: 26.75

版 次: 2012 年 9 月第 1 版

印 次: 2012 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5119-1014-1

定 价: 39.50 元

本书如有破损、缺页、装订错误,请与本社发行部联系更换

版权所有 侵权必究

内容简介

本书是结合高等教育出版社出版、哈尔滨工业大学理论力学教研室编写《理论力学 I》(第七版)的学习辅导教材与习题全解参考书。全书紧扣教材内容,对各章的知识点进行了归纳和提炼,帮助读者梳理各章脉络,统揽全局,全面掌握基本知识。编写的重点在于对原教材全部习题(包括思考题)给出了精解详答,可以作为读者自我考核的标准与参考。在《理论力学》教材给出的习题的基础上,根据每章的知识重点,精选了有代表的例题,方便读者迅速掌握各章的重点和难点。

本书可作为工科各专业本科学生《理论力学 I》课程教学辅导材料和复习参考用书及工科考研强化复习的指导书,也可以作为《理论力学 I》课程教师的教学参考书。

前 言

《理论力学》是理工科学生必须学习和掌握的一门重要的基础学科,它是学好其他各专业基础课乃至专业课的基石,很多高等院校都将理论力学列为核心课程之一。在学习中,应注重理解和掌握理论力学的基本概念和规律,对所研究的问题建立起清晰的力学模型,有助于同学们分析和解决问题。为了帮助广大学生更好的学习和掌握《理论力学 I》课程的理论精髓和解题方法,我们根据哈尔滨工业大学理论力学教研室编写的《理论力学 I》(第七版)教材,编写了这本配套辅导教材。

本辅导教材根据《理论力学 I》教材中每章的内容,着重编写了以下几方面的内容:

主要内容和方法要点:对教材中的相应内容进行了系统、全面的归纳和总结,囊括了基本概念、主要定理和重要公式,有助于读者全面掌握基本知识,清晰把握各章知识的脉络。

典型例题讲解:精选具有代表性的重点例题进行讲解,分析问题的突破点,指引解决问题的思路,旨在帮助读者学会独立思考的方式和分析问题的办法。

习题及思考题全解:依据教材各章节的全部习题和思考题,进行详尽的解答。从学习者的角度,给出了解题的每一个步骤,以免忽略掉那些看似简单但对解题思路关键的细节问题。我们将原有习题做为补充题给予保留,放在每章题解之后。

本教材由彭慧莲、鞠胜军、马晓燕、傅晋等同志编写,全书由苗明川老师主审。本书编写过程中得到胡涛、王天磊等同志的大力协助,并得到中国时代经济出版社的领导和有关编辑的大力支持,为此表示衷心的感谢!

对《理论力学 I》教材作者哈尔滨工业大学理论力学教研室的老师们表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书难免有缺点和疏漏,这些不妥之处,敬请各位专家及广大读者批评指正。

编 者

2012 年 8 月

目 录

第一章 静力学公理和物体的受力分析	(1)
主要内容和方法要点	(1)
经典例题讲解	(2)
思考题解答	(3)
习题全解	(7)
第二章 平面力系	(20)
主要内容和方法要点	(20)
经典例题讲解	(22)
思考题解答	(26)
习题全解	(34)
第三章 空间力系	(80)
主要内容和方法要点	(80)
经典例题讲解	(81)
思考题解答	(83)
习题全解	(86)
第四章 摩 擦	(105)
主要内容和方法要点	(105)
经典例题讲解	(105)
思考题解答	(108)
习题全解	(111)
第五章 点的运动学	(134)
主要内容和方法要点	(134)
经典例题讲解	(135)
思考题解答	(136)
习题全解	(138)
第六章 刚体的简单运动	(146)
主要内容和方法要点	(146)
经典例题讲解	(146)
思考题解答	(147)
习题全解	(149)
第七章 点的合成运动	(156)

主要内容和方法要点	(156)
经典例题讲解	(156)
思考题解答	(158)
习题全解	(161)
第八章 刚体的平面运动	(180)
主要内容和方法要点	(180)
经典例题讲解	(182)
思考题解答	(187)
习题全解	(195)
第九章 质点动力学的基本方程	(242)
主要内容和方法要点	(242)
经典例题讲解	(243)
思考题解答	(244)
习题全解	(245)
第十章 动量定理	(261)
主要内容和方法要点	(261)
经典例题讲解	(263)
思考题解答	(264)
习题全解	(267)
第十一章 动量矩定理	(282)
主要内容和方法要点	(282)
经典例题讲解	(284)
思考题解答	(286)
习题全解	(290)
第十二章 动能定理	(318)
主要内容和方法要点	(318)
经典例题讲解	(320)
思考题解答	(321)
习题全解	(327)
综合问题习题全解	(341)
第十三章 达朗贝尔原理	(374)
主要内容和方法要点	(374)
经典例题讲解	(375)
思考题解答	(377)
习题全解	(378)
第十四章 虚位移原理	(399)

主要内容和方法要点	(399)
经典例题讲解	(400)
思考题解答	(401)
习题全解	(403)

第一章 静力学公理和物体的受力分析

主要内容和方法要点

1. 静力学公理

公理 1 力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力的大小和方向由这两个力为边构成的平行四边形的对角线确定。即合力矢等于这两个力矢的几何和。

公理 2 二力平衡条件

作用在刚体上的两个力，使刚体保持平衡的必要和充分条件是：这两个力的大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。

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，并不改变原力系对刚体的作用。

公理 4 作用和反作用定律

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。

推论 1 力的可传性

作用于刚体上某点的力，可以沿着它的作用线移到刚体内任意一点，并不改变该力对刚体的作用。

推论 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。

2. 约束和约束力

约束：对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体。

约束力：约束对物体的作用力。

约束的类型：

(1) 具有光滑接触面的约束：约束力作用在接触点处，方向沿接触面的公法线指向被约束的物体，如图 1-1 (a) 所示。

(2) 软绳、链条或胶带等构成的约束

软绳：约束力作用在接触点，方向沿着绳索背离物体，如图 1-1 (b) 所示。

链条或胶带：约束力沿轮缘的切线方向，如图 1-1 (c) 所示。

(3) 光滑铰链约束：方向不能确定，但其作用线必垂直于轴线并通过轴心，如图 1-1 (d) 所示。

(4) 其他约束

- a. 滚动支座: 约束性质与光滑接触面约束相同, 其约束必垂直于支承面, 且通过铰链中心, 如图 1-2 (a) 所示.
- b. 球铰链: 约束力方向不能确定, 但通过接触点与球心, 如图 1-2 (b) 所示.
- c. 正推轴承: 限制轴的径向位移和轴向位移, 如图 1-2 (c) 所示.

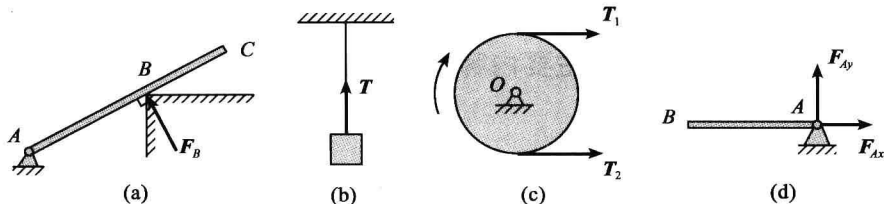


图 1-1

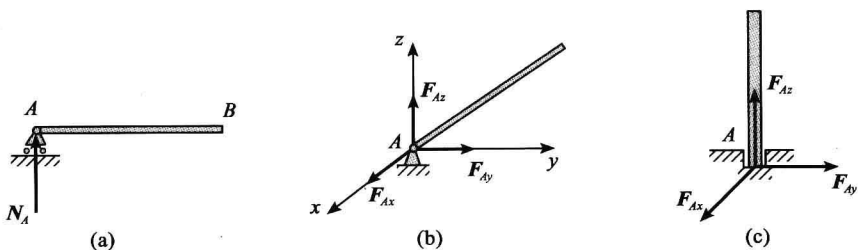
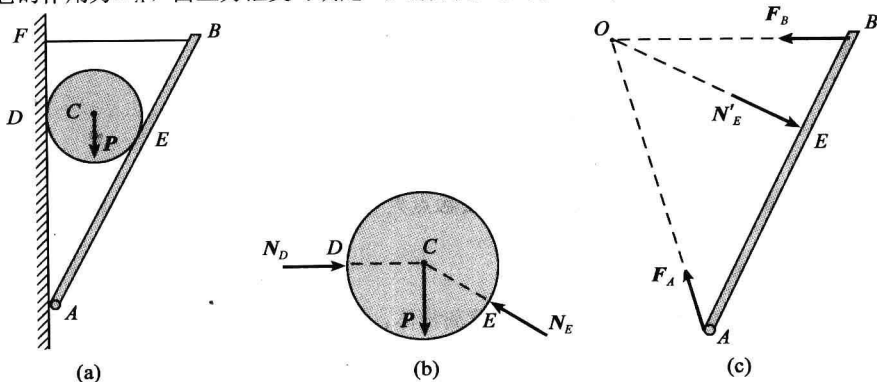


图 1-2

经典例题讲解

例 1-1 如例 1-1 图 (a) 的匀质球 C 重 P , 杆 AB 由固定铰链 A 固连于墙上, 绳 BF 连接墙体和杆, 且杆和绳不计重量, 试画出球 C 和杆 AB 的受力图.

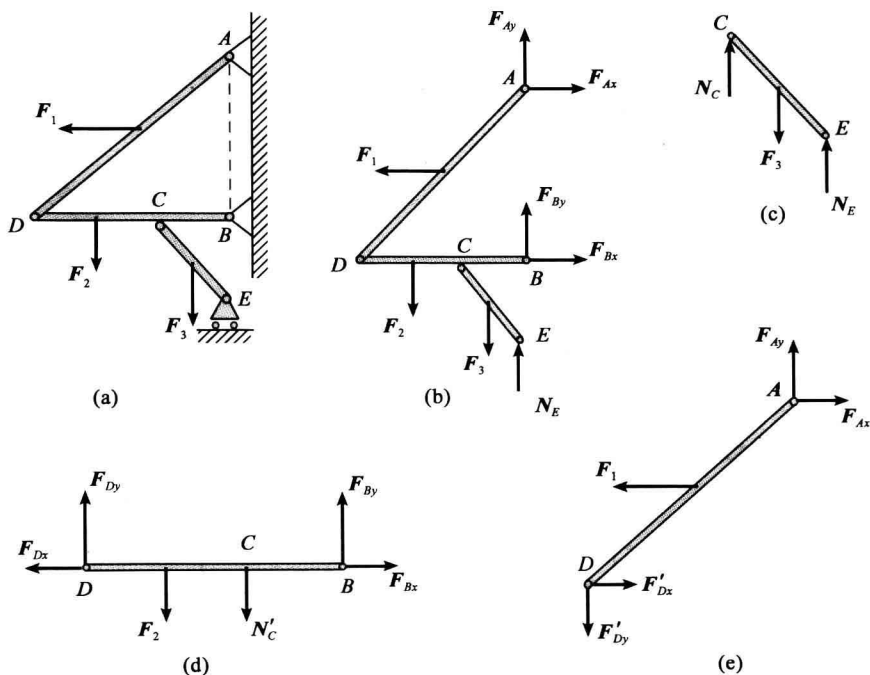
解 球 C 受主动力 P , 以及 D 、 E 两处的光滑支承面对球的约束力, N_D 和 N_E , 这三个力必交于球心 C 处, 如例 1-1 图 (b) 杆 AB 在 E 处受球对它的作用力, N'_E , 在 B 处受绳对它的拉力 F_B , 在 A 处受铰链对它的作用力 F_A , 由三力汇交可确定 F_A 的方向, 如例 1-1 图 (c).



例 1-1 图

例 1-2 如图示的构架, 各杆重量忽略不计, 试画出整体受力图和各杆受力图。

解



例 1-2 图

画整体受力图: 将杆 AD 、 DB 、 CE 看做一个整体, 除受 F_1 、 F_2 、 F_3 三个外力, 还受 A 、 B 、 E 三处约束力, D 和 C 处属于内力不画出。

则整体受力如图 1-2 图 (b) 所示。

各杆受力图: CE 杆 C 端, 由于水平受力为零故未画出, 另外, 受力图间要相互协调, 同一点在不同杆件上的受力, 应反映出作用力与反作用力之间的关系, 如 N_C 与 N'_C 即为作用力与反作用力。

思考题解答

1-1 说明下列式子与文字的意义和区别:

(1) $F_1 = F_2$, (2) $F_1 = F_2$, (3) 力 F_1 等效于力 F_2 。

答 (1) 表示力的大小相等, 方向一致。

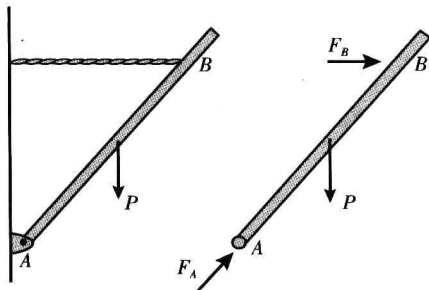
(2) 只表示力的大小相等。

(3) 表示两个力分别作用在同一物体上的效果相同。

1-2 试区别 $F_R = F_1 + F_2$ 和 $F_R = F_1 + F_2$ 两个等式代表的意义。

答 $F_R = F_1 + F_2$ 表示矢量和, F_1 、 F_2 和 F_R 满足力的平行四边形法则; $F_R = F_1 + F_2$ 表示代数和。

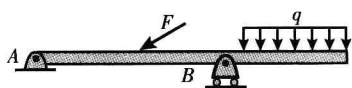
1-3 思考题 1-3 (1) 图~1-3 (4) 图中各物体的受力图是否有错误? 如何改正?



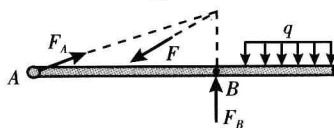
(a)

(b)

思考题 1-3 (1)

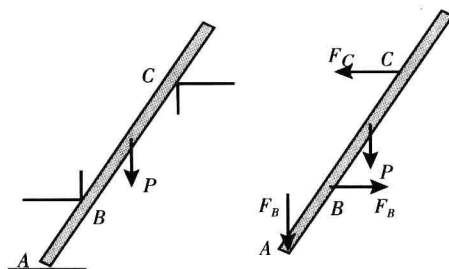


(a)



(b)

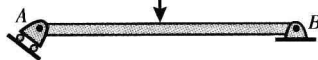
思考题 1-3 (3)



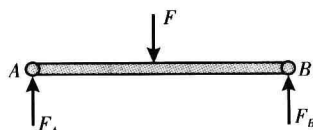
(a)

(b)

思考题 1-3 (2)



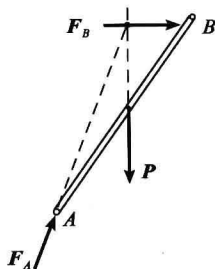
(a)



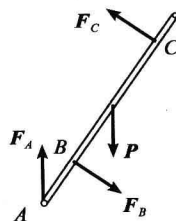
(b)

思考题 1-3 (4)

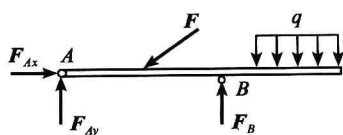
答 以上各图均有错误, 改正后见下面图解.



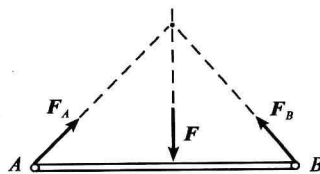
答 1-3 (1) 图



答 1-3 (2) 图

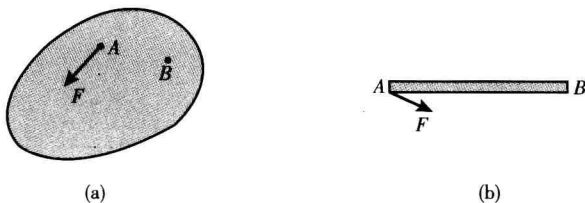


答 1-3 (3) 图



答 1-3 (4) 图

1-4 刚体上 A 点受力 F 作用, 如思考题 1-4 图所示, 问能否在 B 点加一个力使刚体平衡? 为什么?



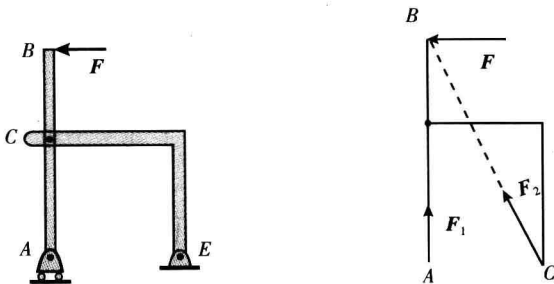
思考题 1-4 图

答 (a) 不能, 因为图中 F 不与线 AB 共向, 故不能满足二力作用下刚体保持平衡所需的二力作用在同一直线上这一条件。

(b) 不能, 理由同上。在这两个问题中只有当 F 与线 AB 同向时, 才可在 B 点加一个力使刚体保持平衡。

1-5 如思考题 1-5 图所示结构, 若力 F 作用在 B 点, 系统能否平衡? 若力 F 仍作用在 B 点, 但可任意改变力 F 的方向, F 在什么方向上结构能平衡?

答 受力如答 1-5 图所示, 其中 A 处尺可受压。将整体看作是一个刚体, 便可用刚体的平衡条件进行判断。分如下三种情况:



思考题 1-5 图

答 1-5 图

(1) 当 F 沿 AB 向上, 因 A 仅可承受压力, 故此时 F_1 为零。因为 F_2 与 F 不能共线, 故此时系统不平衡。

(2) 当 F 沿 AB 向下时, F_2 为零, F_1 与 F 平衡 (二力平衡条件)。

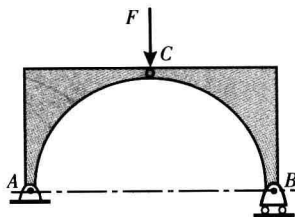
(3) 当 F 为其他任意方向时, 因本题 F , F_1 , F_2 的大小任意, 故只要三者的作用线汇交于一点时, 构件就平衡, F_1 与 F 交于 B 点, 因 F_2 方向任意, 故总可找到一个 F_2 使它的作用线过 B 点, 即这种情况下构件总是平衡。

综上所述, 只有当 F 沿 AB 向上时, 构件不能平衡, 当 F 为其他方向时, 构件总是能平衡。

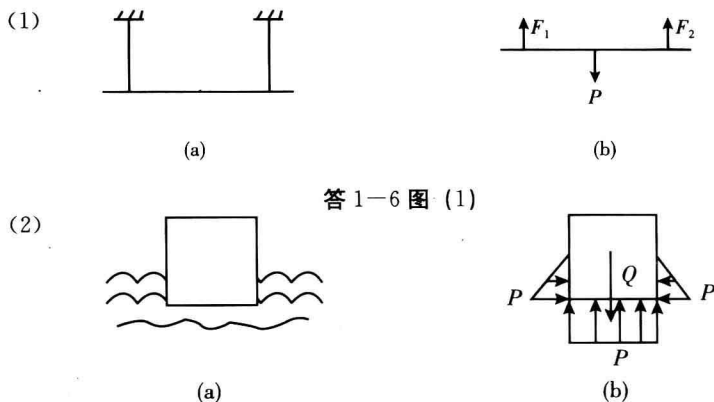
1-6 将如下问题抽象为力学模型, 充分发挥你们的想象、分析和抽象能力, 试画出它们的力学简图及受力图。

- (1) 用两根细绳将日光灯吊挂在天花板上;
- (2) 水面上的一块浮水;
- (3) 一本打开的书静止于桌面上;
- (4) 一个人坐在一只足球上。

答 本题解答如答 1-6 图所示。



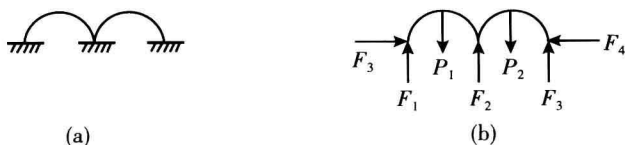
思考题 1-6



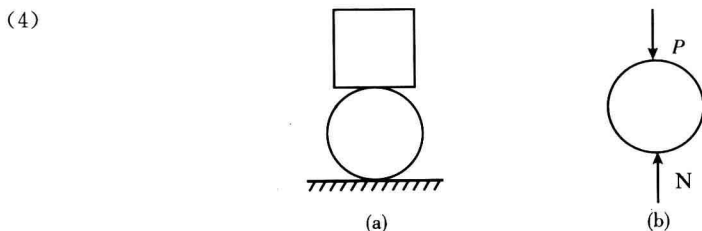
答 1-6 图 (1)

答 1-6 图 (2)

(3) 本问题较为复杂,与书的封皮、所翻的页数、桌面摩擦等有关,最简单的模型如下:



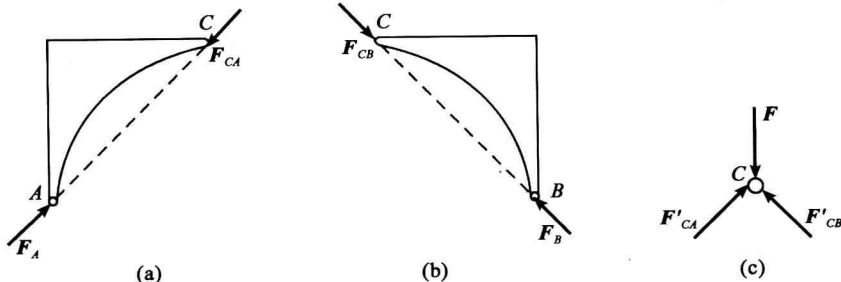
答 1-6 图 (3)



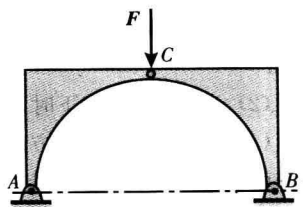
答 1-6 图 (4)

1-7 图 1-7 中力 F 作用于三铰拱的铰链 C 处的销钉上,所有物体重量不计。(1) 试分别画出左、右两拱及销 C 的受力图;(2) 若销钉 C 属于 AC , 分别画出左、右两拱的受力图;(3) 若销钉 C 属于 BC , 分别画出左、右两拱的受力图。

答 (1)

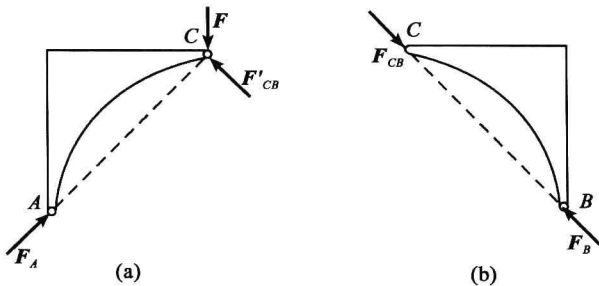


答 1-7 (1) 图



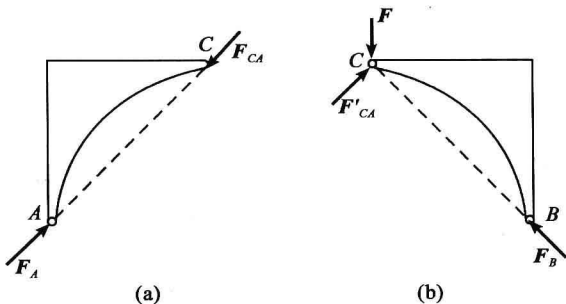
思考题 1-7

(2)



答 1-7 (2) 图

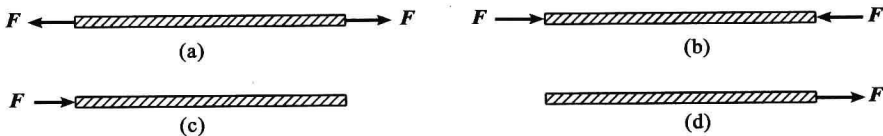
(3)



答 1-7 (3) 图

补充题 1-1 为什么说二力平衡条件、加减平衡力系原理和力的可传性等只能适用于刚体?

答 如补充题答 1-1 图图所示柔绳当两端施加拉力使其处于平衡状态, 若施加压力显然不能够平衡, 同样在柔绳平衡状态下加减一对平衡压力也会改变其平衡状态. 另外当力 F 作用于左端柔绳变形, 若作用于右端柔绳不变形, 显然不满足力的可传性.



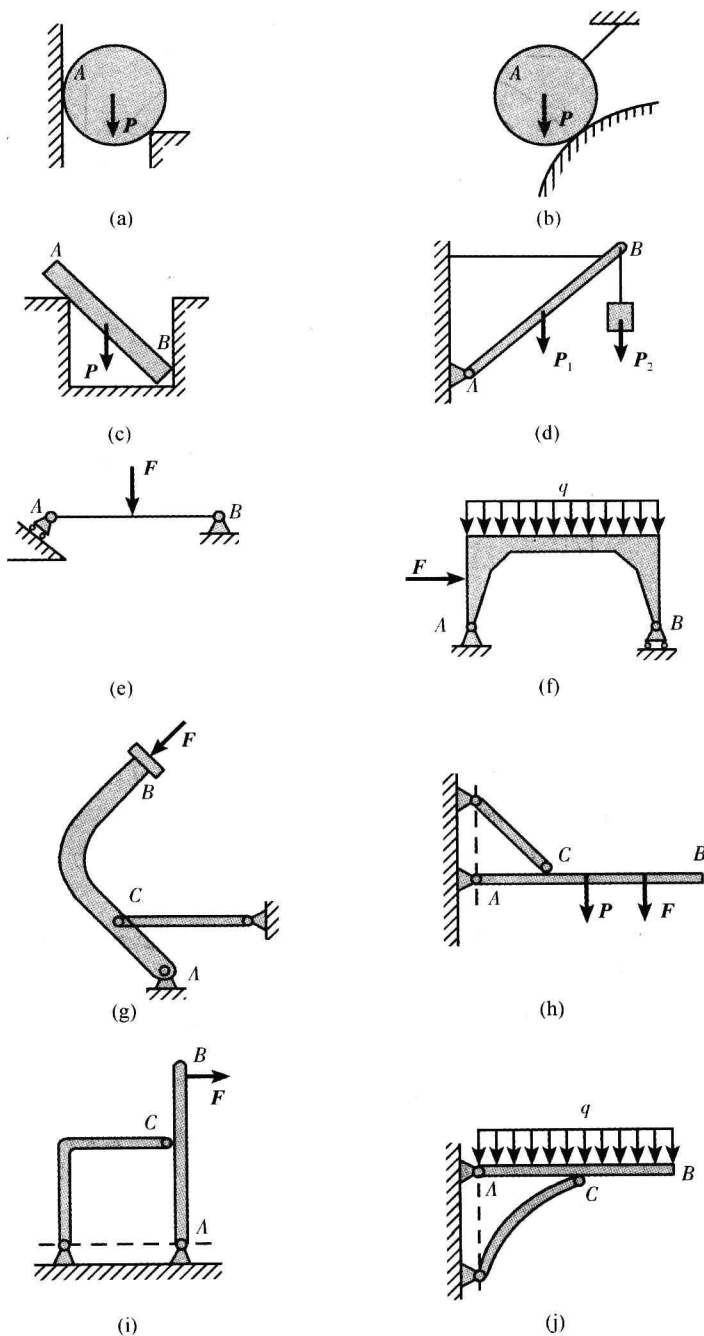
补充题答 1-1 图

补充题 1-2 什么叫二力构件? 分析二力构件受力时与构件的形状有无关系.

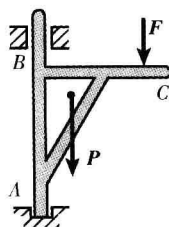
答 只在两个力作用下平衡的构件, 称为二力构件. 二力构件受力时与构件的形状没有关系, 只与两力作用点有关, 且必定沿两力作用点的连线, 等值, 反向.

习题全解

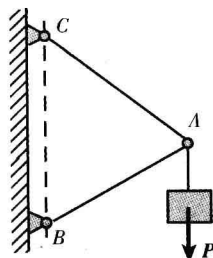
1-1 画出下列各图中物体 A, ABC 或构件 AB, AC 的受力图. 未画重力的各物体的自重不计, 所有接触处均为光滑接触.



题 1-1 图



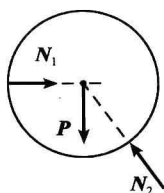
(k)



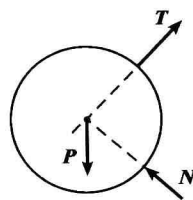
(l)

题 1-1 图

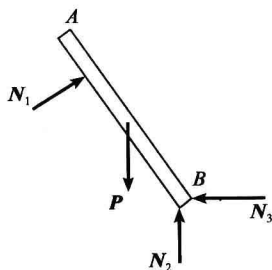
解 如解 1-1 图所示.



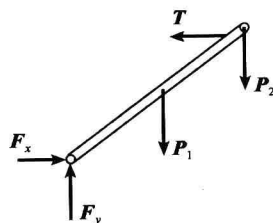
(a)



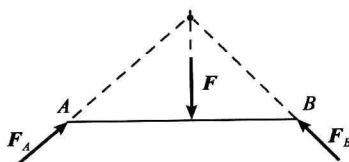
(b)



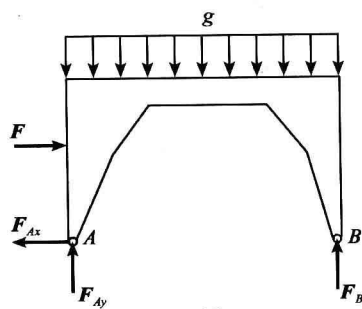
(c)



(d)



(e)



(f)

解 1-1 图