

ENGINEERING MECHANICS LIXUE Dianxing Kaoti Yu Xiti Xiangjie

工程力学

典型考题与习题详解

严圣平 巫静波 马占国 钟卫平 沈晓明 编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

工程力学典型考题与习题详解

严圣平 巫静波 马占国 编著
钟卫平 沈晓明

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书共 14 章, 包括静力学基本概念与物体受力分析、平面汇交力系与平面力偶系、平面任意力系、摩擦、空间力系、材料力学概述、轴向拉伸与压缩、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态分析与强度理论、组合变形、压杆稳定, 对每章内容都编写了内容概要、典型考题和习题详解。本书旨在帮助读者了解工程力学课程基本要求, 理解基本概念, 学会分析方法, 提高解题能力。

本书可供学习工程力学的学生和自学人员使用, 也可供讲授工程力学课程的教师参考。尤其是书中量大面广的习题详解, 对报考硕士研究生和参加相关学科竞赛的同学更有帮助。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学典型考题与习题详解 / 严圣平等编著. —

徐州: 中国矿业大学出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-5646-3452-0

I. ①工… II. ①严… III. ①工程力学—高等学校—
题解 IV. ①TB12-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 021929 号

书 名 工程力学典型考题与习题详解
编 著 严圣平 巫静波 马占国 钟卫平 沈晓明
责任编辑 陈 慧
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×960 1/16 印张 17 字数 324 千字
版次印次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

目 录

第 1 章 静力学基本概念与物体受力分析	1
1.1 内容概要	1
1.2 典型考题	2
1.3 习题详解	6
第 2 章 平面汇交力系与平面力偶系	10
2.1 内容概要	10
2.2 典型考题	11
2.3 习题详解	15
第 3 章 平面任意力系	29
3.1 内容概要	29
3.2 典型考题	31
3.3 习题详解	36
第 4 章 摩擦	55
4.1 内容概要	55
4.2 典型考题	56
4.3 习题详解	61
第 5 章 空间力系	77
5.1 内容概要	77
5.2 典型考题	78
5.3 习题详解	82
第 6 章 材料力学概述	95
6.1 内容概要	95
6.2 典型考题	96
6.3 习题详解	98
第 7 章 轴向拉伸与压缩	100
7.1 内容概要	100
7.2 典型考题	102
7.3 习题详解	105

第 8 章 扭转	129
8.1 内容概要	129
8.2 典型考题	131
8.3 习题详解	134
第 9 章 弯曲内力	146
9.1 内容概要	146
9.2 典型考题	147
9.3 习题详解	150
第 10 章 弯曲应力	159
10.1 内容概要	159
10.2 典型考题	161
10.3 习题详解	167
第 11 章 弯曲变形	181
11.1 内容概要	181
11.2 典型考题	183
11.3 习题详解	189
第 12 章 应力状态分析与强度理论	212
12.1 内容概要	212
12.2 典型考题	215
12.3 习题详解	217
第 13 章 组合变形	232
13.1 内容概要	232
13.2 典型考题	233
13.3 习题详解	238
第 14 章 压杆稳定	250
14.1 内容概要	250
14.2 典型考题	253
14.3 习题详解	256

第1章 静力学基本概念与物体受力分析

1.1 内容概要

一、静力学基本概念

力:是物体间的相互机械作用,这种作用使物体间的运动状态和形状发生变化。前一变化称为力的外效应,后者称为力的内效应,静力学部分只研究力的外效应,而材料力学部分将研究力的内效应。力对物体的作用效果取决于力的三要素:力的大小、力的方向和力的作用点。力是矢量,其常用单位为 N 或 kN。

力系:作用于物体上的一群力。

平衡:指物体相对于惯性参考系(通常选地面)保持静止或匀速直线运动。

平衡力系:使物体处于平衡时的力系。

刚体:即在任何情况下永远不变形的物体。这一特征表现为刚体内任意两点间的距离始终保持不变。

二、静力学公理

公理1 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反且作用于同一直线上。

公理2 加减平衡力系公理 在作用于刚体的任意力系上加上或减去任何平衡力系,都不改变原力系对刚体的作用效应。

在公理1和公理2的基础上,可得推理1:

力的可传性原理:作用于刚体上的力可沿其作用线移至刚体内的任意一点,并不改变它对于刚体的作用效应。

公理3 力的平行四边形法则 作用于物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力。合力的作用点也在该点,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。

在公理1和公理3的基础上,可得推理2:

三力平衡必汇交定理:当刚体受三个力作用而平衡时,若其中两个力的作用

线相交于一点,则第三个力的作用线必通过此交点,且三个力的作用线共面。

公理4 作用与反作用定律 两物体间的相互作用力总是同时存在,且大小相等、方向相反、沿同一直线,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,若将该变形体刚化为刚体,则平衡状态保持不变。

三、约束与约束力

限制物体运动的条件称为约束,约束给被约束物体的力称为约束力。

工程中常见的约束类型有如下几种:

1. **柔性体约束** 约束力沿着绳索方向,背离被约束物体,且只能承受拉力。
2. **光滑面约束** 约束力沿着接触处的公法线,一般指向被约束的物体。
3. **光滑圆柱形铰链约束** 约束力方向一般未知,通常用两个正交分力表示。
4. **辊轴支座** 约束力沿着接触处的公法线方向。
5. **链杆约束** 约束力沿着杆端的连线方向。

四、物体的受力分析与受力图

为了清楚地表示物体的受力情况,把需要研究的物体从周围物体中分离出来,单独画出它的简图,称为取研究对象或取分离体。然后把施力物体对研究对象的作用力(包括主动力和约束力)全部画出来,称为物体的受力图。

物体的受力分析和受力图是解决静力学问题的重要基础,画物体的受力图应注意以下几点:

1. 必须明确研究对象。根据求解需要,可以取单个物体为研究对象,也可以取由几个物体组成的系统为研究对象。
2. 先画主动力,再画约束力。应该按照约束的类型,逐一画出研究对象周围的所有约束对它的约束力。
3. 在分析两物体之间的相互作用力时,要注意作用与反作用的关系。在分析系统的受力时同时还应注意内力与外力的关系,研究对象的受力图只画外力,而不画成对出现的内力。

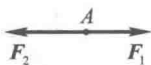
1.2 典型考题

一、选择题与填空题

1. 若作用在点 A 的两个大小不等的力 F_1 和 F_2 ,沿同一直线但方向相反,则

其合力可以表示为_____。

- (A) $F_1 - F_2$; (B) $F_2 - F_1$;
(C) $F_1 + F_2$; (D) $F_1 - F_2$ 或 $F_2 - F_1$ 。



题1图

2. 在下述原理中,只适用于刚体的有_____。

- (A) 二力平衡原理; (B) 作用与反作用定理;
(C) 加减平衡力系原理; (D) 力的可传性原理。

3. 人拉车前进时,人拉车的力_____车拉人的力。

- (A) 大于; (B) 等于;
(C) 远大于; (D) 小于。

4. 三力平衡汇交定理所给的条件是_____。

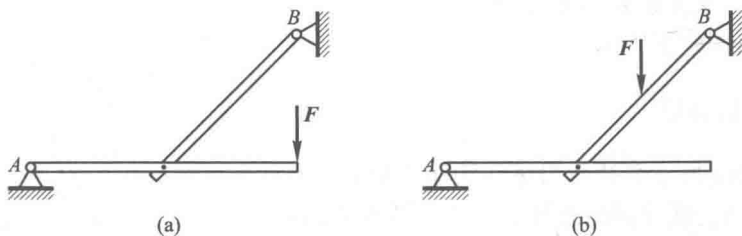
- (A) 汇交力系平衡的充要条件;
(B) 平面汇交力系平衡的充要条件;
(C) 不平行的三个力平衡的必要条件;
(D) 不平行的三个力平衡的充分条件。

5. 三力平衡汇交定理是_____。

- (A) 共面不平行的三个力互相平衡必汇交于一点;
(B) 共面三力若平衡,必汇交于一点;
(C) 三力汇交于一点,则这三个力必互相平衡;
(D) 以上叙述都不正确。

6. 二力平衡公理和作用反作用定律中的两个力,都是等值、反向、共线的,所不同的是_____。

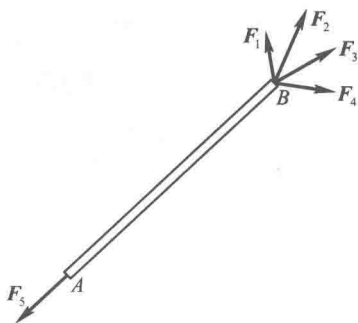
7. 画出图中 A, B 两处约束力的方向(包括方位和指向)。



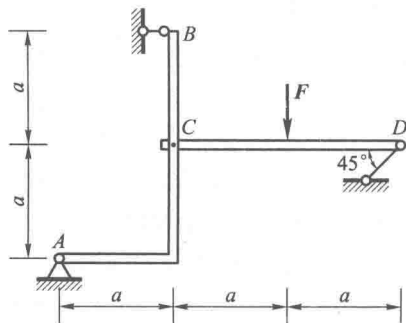
题7图

8. 如图所示, AB 杆自重不计, 在 5 个已知力作用下处于平衡, 则作用于 B 点的 4 个力的合力 F_R 的大小为_____; 方向_____。

9. 不计重量的折杆 AB 与直杆 CD 在 C 处用光滑铰链连结如图所示。若结构受力 F 作用, 则支座 A 处约束力的方向为_____。



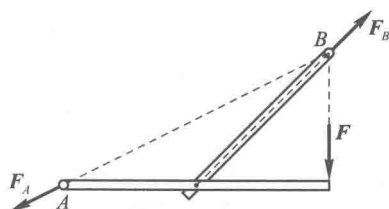
题8图



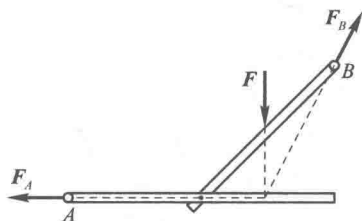
题9图

选择题与填空题答案:

1. C 2. ACD 3. B 4. C 5. A
6. 前者的两个力作用于同一刚体上,后者的两个力分别作用在两个物体上。
7. A, B 两处约束力的方向如图所示。



(a)



(b)

解题7图

8. F_5 , 方向与 F_5 方向相反。

9. 铅直向上。

二、计算题

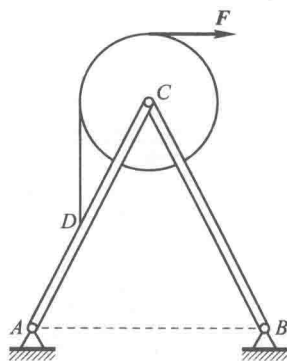
1. 图(a)所示系统受力 F 作用而平衡。若不计各物体重量,试分别画出杆 BC 、 AC 、圆盘 C (含销钉 C) 和整体的受力图。

解: (1) 取 BC , BC 是二力杆, 受力如图(b)所示。

(2) 取 AC , 受力如图(c)所示。

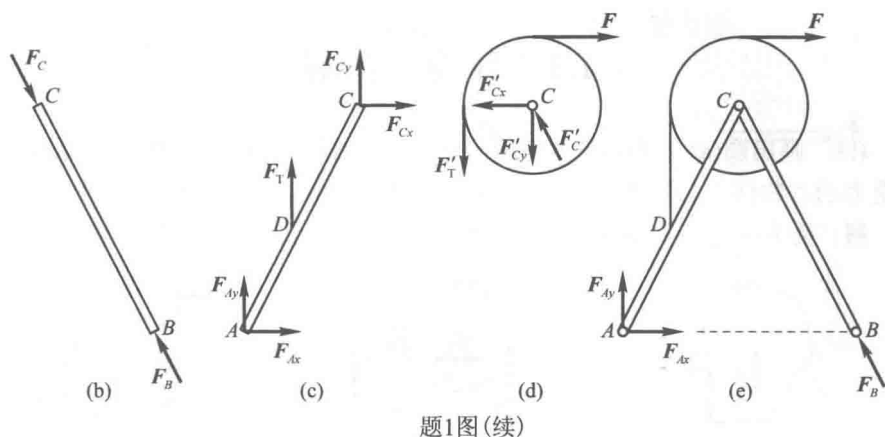
(3) 取圆盘 C (含销钉 C), 受力如图(d)所示。

(4) 取整体, 受力如图(e)所示。



(a)

题1图



2. 试画出图(a)中杆 BC 、滑轮与重物、杆 AB 、杆 CE 以及整体的受力图。

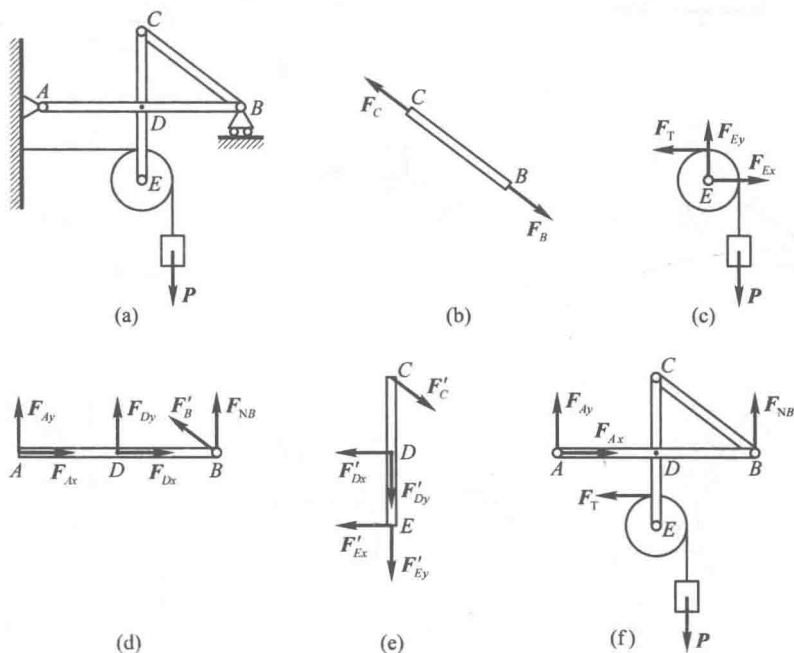
解: (1) 取 BC , BC 是二力杆, 受力如图(b)所示。

(2) 取滑轮与重物, 受力如图(c)所示。

(3) 取 AB (含销钉 B), 受力如图(d)所示。

(4) 取 CE , 受力如图(e)所示。

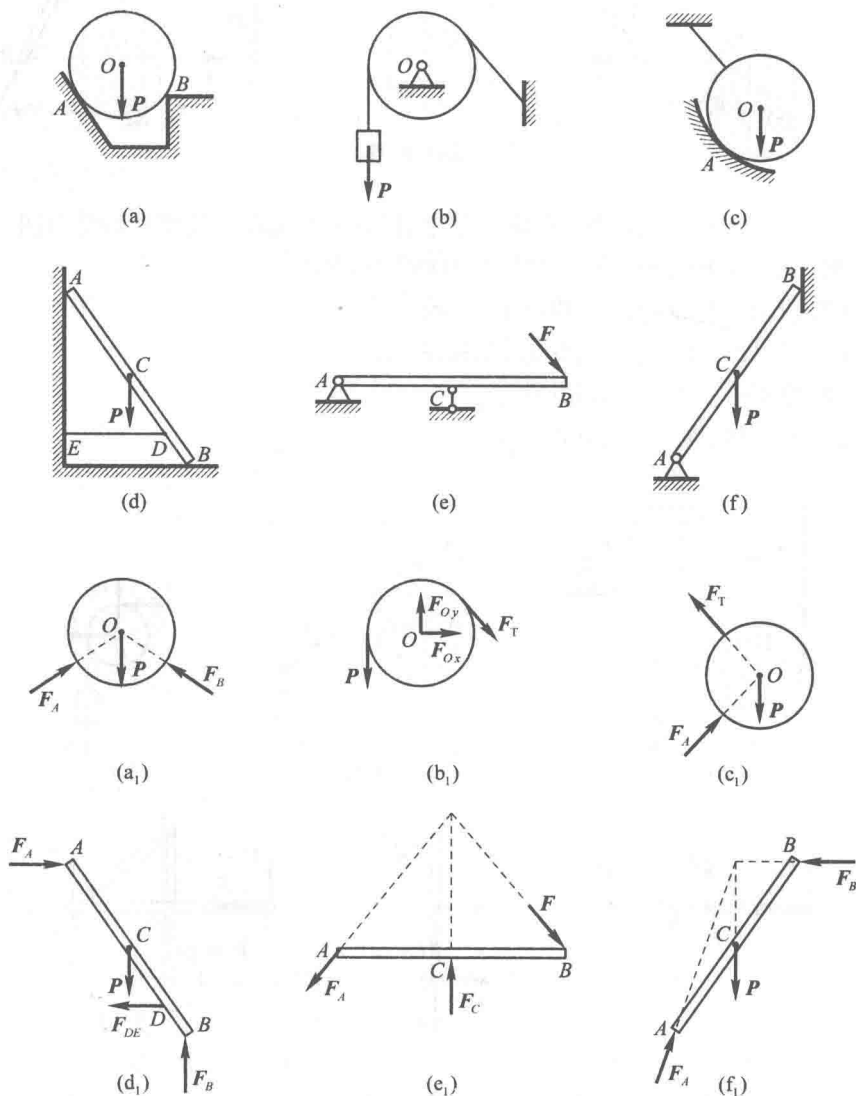
(5) 取整体, 受力如图(f)所示。



1.3 习题详解

1.1 画出图(a)~图(f)所示各图中圆盘(或圆柱) O 或杆 AB 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。

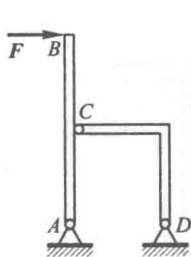
解: 受力图分别如图(a₁)~图(f₁)所示。



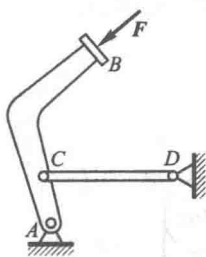
题1.1图

1.2 画出图(a)~图(f)所示各物体系中指定物体的受力图。

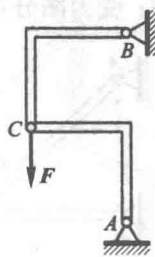
解：受力图分别如图(a₁)~图(f₁)所示。



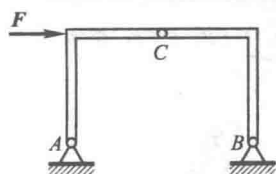
(a) 杆AB



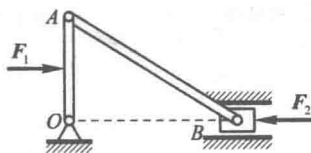
(b) 踏板AB



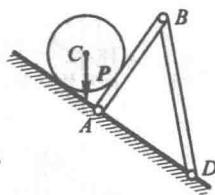
(c) 铰C



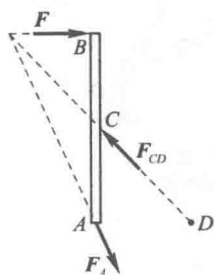
(d) 构件AC, CB



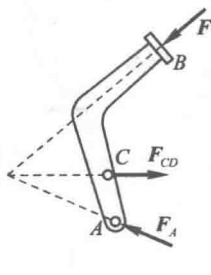
(e) 曲柄OA, 滑块B



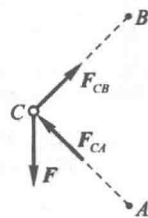
(f) 轮C, 杆AB



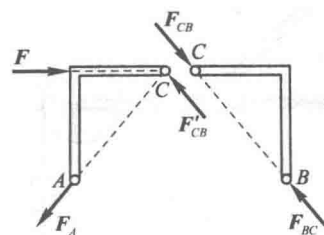
(a₁)



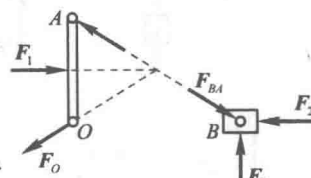
(b₁)



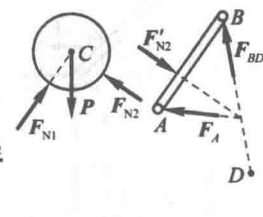
(c₁)



(d₁)



(e₁)

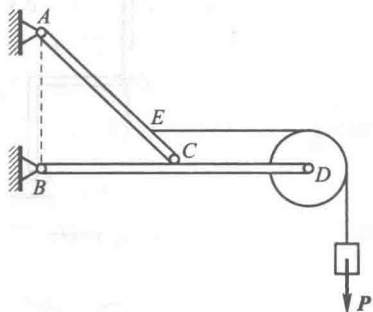


(f₁)

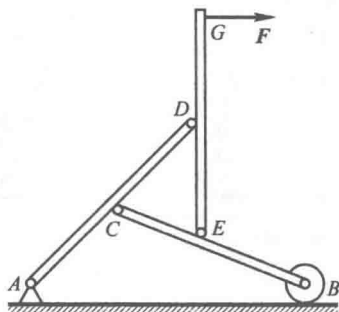
题1.2图

1.3 画出图(a)~图(d)所示各刚体系统中指定物体的受力图。假定所有接触处都是光滑的,没有画重力的物体自重均不计。

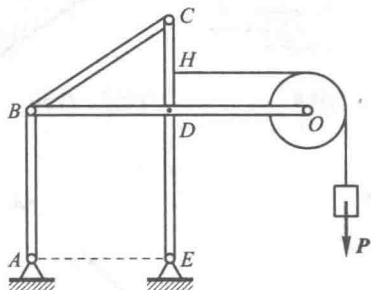
解: 受力图分别如图(a₁)~图(d₁)所示。



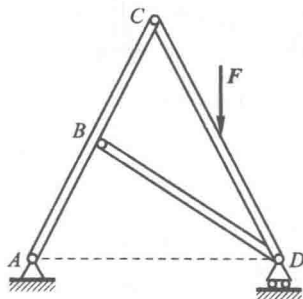
(a) 杆AC, 杆BD, 滑轮连同重物, 整体



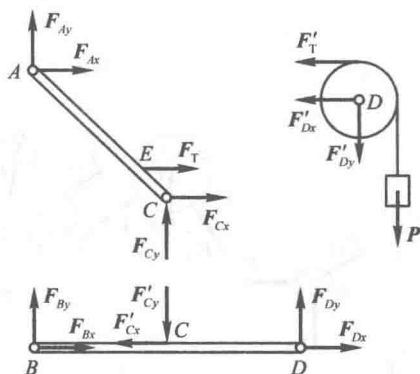
(b) 杆ACD, 杆GE, 杆CB, 整体



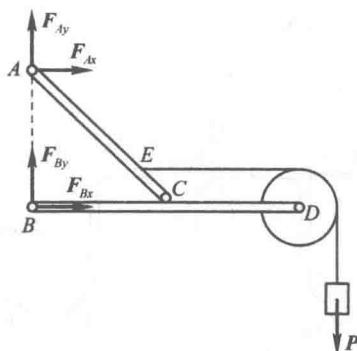
(c) 杆BC, 杆CDE, 杆BDO连同滑轮重物, 销钉B, 整体



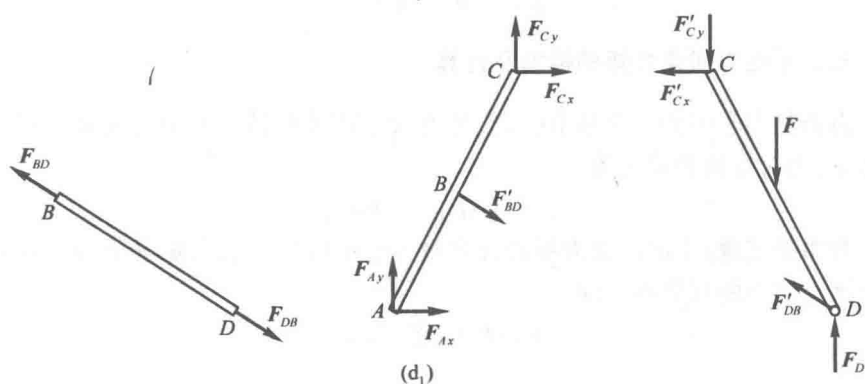
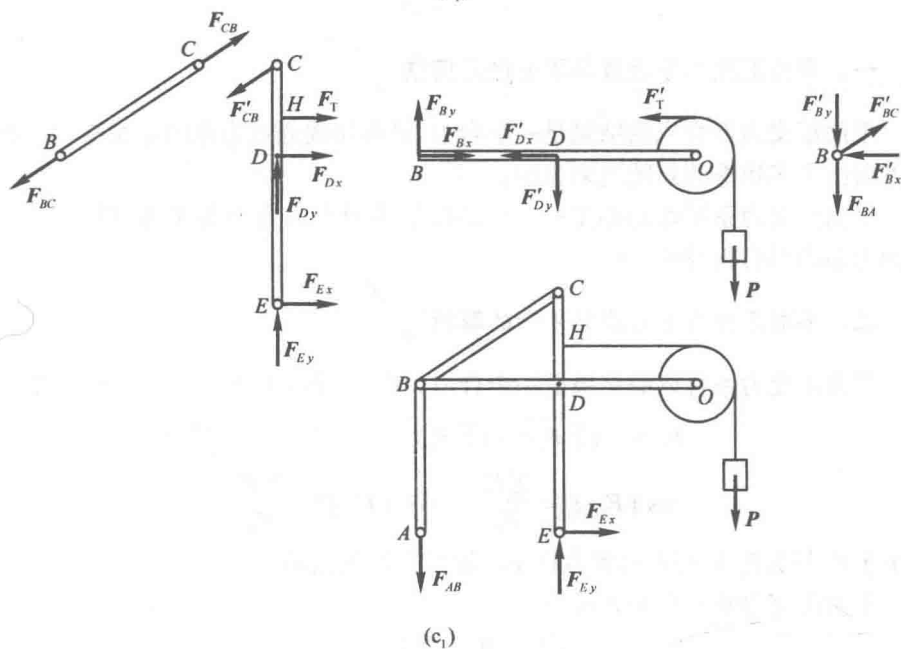
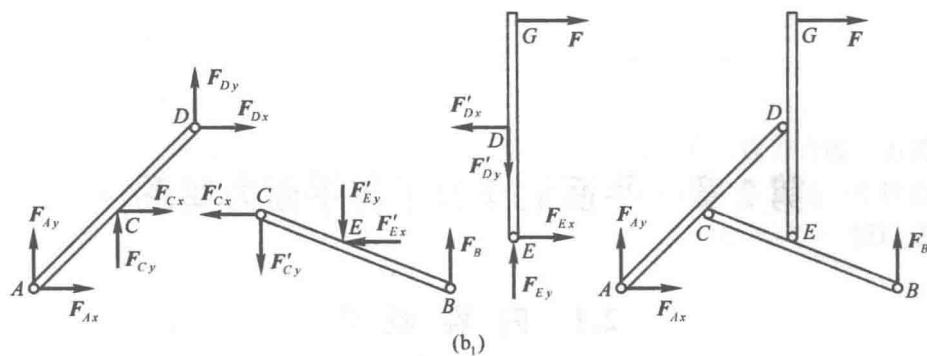
(d) 杆BD, 杆ABC, 杆CD(含销钉D)



(a₁)



题1.3图



题1.3图 (续)

第2章 平面汇交力系与平面力偶系

2.1 内 容 概 要

一、平面汇交力系合成与平衡的几何法

平面汇交力系合成的结果是一个合力,其作用线通过力系的汇交点,其大小与方向由力多边形的封闭边来表示。

平面汇交力系平衡的必要和充分条件是该力系的合力等于零,用几何法表示为力多边形自行封闭。

二、平面汇交力系合成与平衡的解析法

平面汇交力系合成的结果是一个合力,其大小和方向余弦为

$$F_R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$$
$$\cos(F_R, i) = \frac{\sum F_x}{F_R}, \quad \cos(F_R, j) = \frac{\sum F_y}{F_R}$$

其中 $\sum F_x$ 与 $\sum F_y$ 分别表示各力在 x, y 轴投影的代数和。

平面汇交力系的平衡方程为

$$\sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0$$

三、平面力对点之矩的概念及计算

力矩是力学中的一个基本概念,是力对于物体的转动效应的度量。在平面状态下,力对点的矩定义为

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

合力矩定理:平面汇交力系的合力对于平面内任一点之矩等于所有各分力对于该点之矩的代数和。即

$$M_O(F_R) = \sum M_O(F_i)$$

四、平面力偶

1. 力偶与力偶矩

由两个大小相等、方向相反且不共线的平行力组成的力系,称为力偶。力偶能够使物体转动,其转动效果用力偶矩来度量。平面状态下,力偶矩是一个代数量,其大小等于力的大小与力偶臂的乘积,正负号表示力偶矩的转向,一般以逆时针为正,顺时针为负。

2. 力偶的性质

- (1) 力偶中两个力在任何轴上的投影和为零。
- (2) 力偶对任何点的矩都等于力偶矩。
- (3) 只要保持力偶矩不变,力偶可在其作用面内任意移动或转动,且可任意改变力偶中力的大小、方向、作用点与力偶臂的长短,对刚体的作用效果不变。
- (4) 力偶没有合力,不能与一力相平衡,力偶只能与力偶来平衡。

3. 平面力偶系的合成与平衡

平面力偶系的合成结果为一合力偶,其合力偶矩等于各个分力偶矩的代数和。即

$$M = \sum M_i$$

平面力偶系的平衡方程为

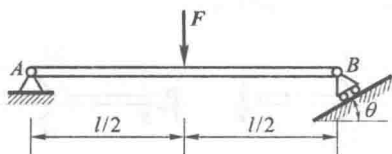
$$\sum M_i = 0$$

2.2 典型考题

一、选择题与填空题

1. 图示系统受力 F 作用而平衡。欲使支座 A 约束力的作用线与 AB 成 30° 角,则斜面的倾角 θ 应为_____。

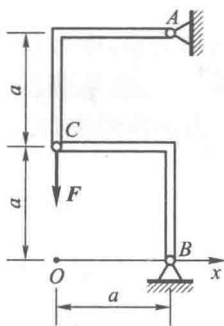
- (A) 0° ; (B) 30° ; (C) 45° ; (D) 60° 。



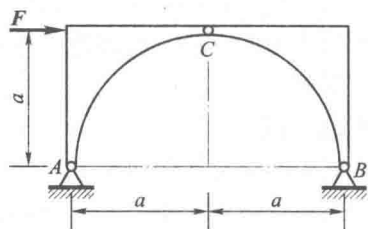
题1图

2. 两直角折杆 AC, CB 支承如图所示,在铰 C 处受力 F 作用,则 A, B 两处约束力与 x 轴正向所成的夹角分别为 $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$, $\beta = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3. 如图所示,三铰刚架受力 F 作用,则支座 A 约束力的大小为____,支座 B 约束力的大小为____。



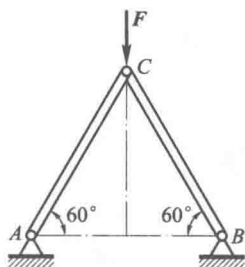
题2图



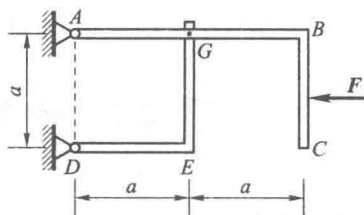
题3图

4. 图示结构受力 F 作用,杆重不计,则支座 A 约束力的大小为____。

5. 两直角折杆 ABC, DEG 在 G 处铰接,并支承,如图所示。若各杆重不计,则当垂直 BC 边的力 F 从 B 点移动到 C 点的过程中, D 处约束力的最小值为____,最大值为____。



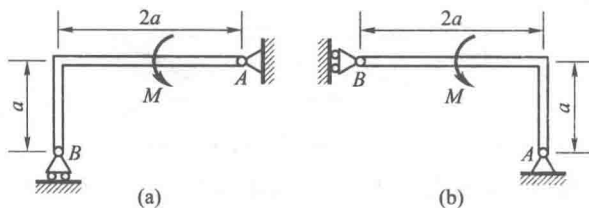
题4图



题5图

6. 曲杆重不计,其上作用一力偶矩为 M 的力偶,则图(a)中 B 点的约束力比图(b)中的约束力____。

(A) 大; (B) 小; (C) 相同; (D) 不能确定。



题6图