

九章
丛书

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·哈工大理论力学教研室编

教你用更多的自信面对未来!

理论力学 I (第8版)

同步辅导及习题全解

主 编 武文晶

习题超全解

名师一线经验大汇集, 解题步骤超详细, 方法技巧最实用

新版



扫码在线阅读,
让你的学习更简单!



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高校经典教材同步辅导丛书

理论力学 I (第 8 版)

同步辅导及习题全解

主 编 武文晶



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是与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的《理论力学 I》(第 8 版)一书配套的同步辅导及习题解答。

全书共有 14 章,分别介绍静力学公理和物体的受力分析、平面力系、空间力系、摩擦、点的运动学、刚体的简单运动、点的合成运动、刚体的平面运动、质点动力学的基本方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理、虚位移原理等内容。本书按教材内容安排全书结构,各章均包括知识结构图、主要知识内容、典型例题解析、考研真题、思考题、习题 6 部分内容,思路清晰、逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽、简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习“理论力学”课程的辅导教材,也可作为考研人员复习备考的辅导用书,还可供教师备课命题参考。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学 I (第8版)同步辅导及习题全解 / 武文晶
主编. — 北京:中国水利水电出版社,2017.9
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5170-5856-4

I. ①理… II. ①武… III. ①理论力学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①O31

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第227730号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:周益丹 加工编辑:赵佳琦 封面设计:李 佳

| | |
|------|--|
| 书 名 | 高校经典教材同步辅导丛书 理论力学 I (第 8 版) 同步辅导及习题全解 LILUN LIXUE I (DI-BA BAN) TONGBU FUDAO JI XITI QUANJIE |
| 作 者 | 主 编 武文晶 |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn |
| 经 售 | 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点 |
| 排 版 | 北京万水电子信息有限公司 |
| 印 刷 | 三河市航远印刷有限公司 |
| 规 格 | 170mm×240mm 16 开本 18.75 印张 498 千字 |
| 版 次 | 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷 |
| 印 数 | 0001—11000 册 |
| 定 价 | 38.00 元 |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

哈尔滨工业大学理论力学教研室编写的《理论力学 I》(第 8 版)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出等特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。为了帮助读者更好地学习这门课程、掌握更多的知识,我们根据多年教学经验编写了这本配套辅导用书,旨在帮助读者理解基本概念、掌握基本知识、学会基本解题方法和技巧,进而提高应试能力。

本书作为一种辅助性教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。考虑到“理论力学”这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. 知识结构图。以图的形式概括各章知识点及其之间的联系,使读者对全章内容有一个清晰的脉络。

2. 主要知识内容。对每章知识点做了简练概括,梳理了各知识点之间的脉络联系,突出各章节主要定理及重要公式,使读者在各章节学习过程中目标明确、有的放矢。

3. 典型例题解析。该部分选取了一些启发性或综合性较强的经典例题,对所给例题先进行分析,再给出详细解答,意在抛砖引玉。

4. 考研真题。精选历年研究生入学考试中具有代表性的试题进行详细解答,以开拓学生的解题思路,使其能更好地掌握该课程的基本内容和解题方法。

5. 思考题。解答教材中各章节的复习与思考题,给学生指明解题方向,加深其对基本概念和公式的理解。

6. 习题。教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材中的课后习题进行了详细解答。

由于时间仓促及编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请各位同行和读者给予批评指正(邮箱:yapai2004@126.com,微信:JZCS15652485156)。

编者

2017 年 8 月

| | | |
|------------|----------------------------|----|
| 第一章 | 静力学公理和物体的受力分析 | 1 |
| | 知识结构图 | 1 |
| | 主要知识内容 | 1 |
| | 典型例题解析 | 5 |
| | 思考题 | 9 |
| | 习题 | 11 |
| 第二章 | 平面力系 | 17 |
| | 知识结构图 | 17 |
| | 主要知识内容 | 17 |
| | 典型例题解析 | 23 |
| | 考研真题 | 30 |
| | 思考题 | 32 |
| | 习题 | 34 |
| 第三章 | 空间力系 | 62 |
| | 知识结构图 | 62 |
| | 主要知识内容 | 62 |
| | 典型例题解析 | 69 |
| | 考研真题 | 72 |
| | 思考题 | 72 |
| | 习题 | 73 |
| 第四章 | 摩 擦 | 82 |
| | 知识结构图 | 82 |
| | 主要知识内容 | 82 |

目录

contents

| | |
|--------------------------|-----|
| 典型例题解析 | 85 |
| 考研真题 | 88 |
| 思考题 | 88 |
| 习题 | 91 |
| 第五章 点的运动学 | 106 |
| 知识结构图 | 106 |
| 主要知识内容 | 106 |
| 典型例题解析 | 109 |
| 思考题 | 110 |
| 习题 | 111 |
| 第六章 刚体的简单运动 | 118 |
| 知识结构图 | 118 |
| 主要知识内容 | 118 |
| 典型例题解析 | 121 |
| 考研真题 | 122 |
| 思考题 | 124 |
| 习题 | 125 |
| 第七章 点的合成运动 | 131 |
| 知识结构图 | 131 |
| 主要知识内容 | 131 |
| 典型例题解析 | 133 |
| 思考题 | 136 |
| 习题 | 138 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 第八章 刚体的平面运动 | 153 |
| 知识结构图 | 153 |
| 主要知识内容 | 153 |
| 典型例题解析 | 157 |
| 思考题 | 160 |
| 习题 | 161 |
| 第九章 质点动力学的基本方程 | 180 |
| 知识结构图 | 180 |
| 主要知识内容 | 180 |
| 典型例题解析 | 182 |
| 考研真题 | 183 |
| 思考题 | 183 |
| 习题 | 184 |
| 第十章 动量定理 | 191 |
| 知识结构图 | 191 |
| 主要知识内容 | 191 |
| 典型例题解析 | 194 |
| 思考题 | 196 |
| 习题 | 196 |
| 第十一章 动量矩定理 | 203 |
| 知识结构图 | 203 |
| 主要知识内容 | 203 |
| 典型例题解析 | 207 |

目录

contents

| | |
|--------------------------|-----|
| 思考题 | 210 |
| 习题 | 211 |
| 第十二章 动能定理 | 223 |
| 知识结构图 | 223 |
| 主要知识内容 | 223 |
| 典型例题解析 | 227 |
| 考研真题 | 230 |
| 思考题 | 232 |
| 习题 | 233 |
| 综合问题习题 | 241 |
| 第十三章 达朗贝尔原理 | 257 |
| 知识结构图 | 257 |
| 主要知识内容 | 257 |
| 典型例题解析 | 259 |
| 考研真题 | 262 |
| 思考题 | 264 |
| 习题 | 265 |
| 第十四章 虚位移原理 | 277 |
| 知识结构图 | 277 |
| 主要知识内容 | 277 |
| 典型例题解析 | 279 |
| 考研真题 | 280 |
| 思考题 | 282 |
| 习题 | 285 |

第一章

静力学公理和物体的受力分析

知识结构图



主要知识内容

一、静力学公理

公理 1 力的平行四边形公理(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,即合力矢等于这两个力矢的几何和。

公理 2 二力平衡公理(条件)

作用在刚体上的两个力,使刚体保持平衡的充要条件是这两个力的大小相等,方向相反,且在同一直线上。

公理 3 加减平衡力系公理(原理)

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系,与原力系对刚体的作用等效。

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。对于刚体来说,力的作用点已为作用线所代替。因此,作用于刚体上的力的三要素是:力的大小、方向和作用线。作用于刚体上的力可以沿着作用线移动,这种矢量称为滑动矢量。

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。

公理 4 作用和反作用公理(牛顿第三定律)

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 刚化公理(原理)

变形体在某一力系作用下处于平衡,若将此变形体刚化为刚体,其平衡状态保持不变。

刚体:在任何力的作用下,体积和形状都不发生改变的物体叫作刚体。在物理学上,理想的刚体是一个固体的、尺寸值有限的、形变情况可以被忽略的物体。不论有否受力,在刚体内任意两点的距离都不会改变。在运动中,刚体上任意一条直线在各个时刻的位置都保持平行。刚体是力学中的一个科学抽象概念,即理想模型。事实上任何物体受到外力,都不可能不改变形状。实际物体都不是真正的刚体。若物体本身的变化不影响整个运动过程,为使被研究的问题简化,可将该物体当作刚体来处理而忽略物体的体积和形状,这样所得结果仍与实际情况相当符合。例如,物理天平的横梁处于平衡状态,横梁在力的作用下产生的形变很小,各力矩的大小都几乎不变。形变实际上是存在的,但可不予考虑。为此在研究天平横梁平衡的问题时,可将横梁当作刚体。

理论力学中,静力学研究的物体只限于刚体,故又称刚体静力学,它是研究变形体力学的基础。

二、约束和约束力

1. 约束

对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束,例如铁轨对于机车、轴承对于电机转子、钢索对于重物等。

自由体:位移不受限制的物体。例如飞行的飞机、炮弹和火箭等。

非自由体:位移受到限制的物体。如地面上的物体都可以看作是非自由体。比如放在桌子上的杯子、用绳子挂着重物、有立柱支撑的梁等。

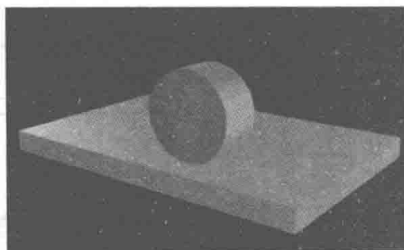
2. 约束力

约束作用于非自由质点系的力称为约束力。指物体受到一定场力(仅由空间位置决定的力叫场力)限制的现象。限制物体的位置和运动条件称作物体所受的约束,实现这些约束条件的物体称为约束体。受到约束条件限制的物体叫作被约束体。把约束对物体的作用力称为约束力。按照习惯,把约束体简称为约束,将被约束体简称为物体。

约束力的特点:约束力的方向与物体被限制的运动方向相反,大小未知,作用点在接触处。

3. 约束的类型

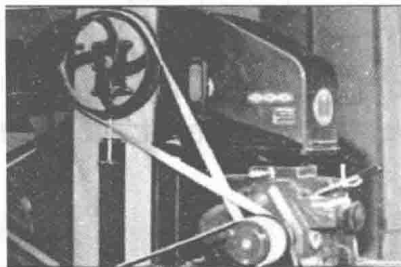
(1) 光滑接触面的约束



定义:当物体在接触处摩擦力很小可以略去不计时,就是光滑接触面约束。

特点:光滑接触面约束只能限制被约束物体沿接触面公法线方向的运动,因此,光滑接触面对被约束物体的约束反力作用在接触点,沿着接触面的公法线指向被约束的物体(即物体受压力)。

(2) 柔性约束



定义:由柔软的绳索、链条或皮带构成的约束。

特点:只能承受拉力,不能承受压力,因而限制物体沿柔索伸长的方向运动。

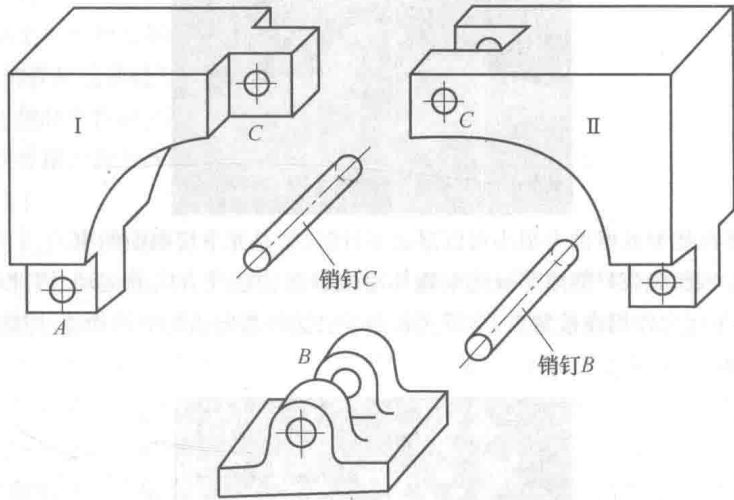
(3) 光滑铰链约束

1) 向心轴承(径向轴承)



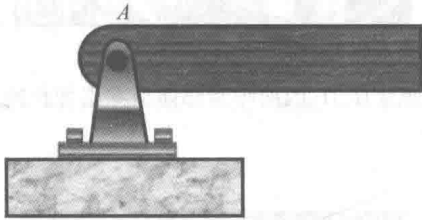
轴可在孔内任意转动,也可沿孔的中心线移动,但是,轴承阻碍轴沿径向向外的位移。

2) 光滑圆柱铰链



由销钉 C 将两个钻有同样大小孔的构件连接在一起而成。一般不必单独分析销钉受力, 当要分析时, 必须把销钉单独取出。

3) 固定铰链支座



如果铰链连接中有一个固定在地面或机架上作为支座, 则这种约束称为固定铰链支座, 简称固定铰支。

4. 其他约束

(1) 滚动支座

在铰链支座与光滑支承面之间, 装有几个辊轴而构成的, 又称辊轴支座。

(2) 球铰链

通过圆球和球壳将两个构件连接在一起的约束称为球铰链。

(3) 止推轴承

止推轴承与径向轴承不同, 它除了能限制轴的径向位移以外, 还能限制轴沿轴向的位移。

三、物体的受力和受力图(重难点)

1. 受力分析

解决力学问题时, 首先要选定需要进行研究的物体, 即研究对象, 然后根据已知条件、约束类型并结合基本概念和公理分析它的受力情况, 这个过程称为物体的受力分析。

2. 作用在物体上的力的分类

- (1) 被动力, 即约束力。
- (2) 主动力, 例如物体的重力、风力、气体压力等。

载荷: 主动力通常称为载荷。

- 1) 集中载荷: 载荷的作用范围很小, 可忽略不计。
- 2) 分布载荷: 载荷作用在整个物体或某一部分上。

① 体载荷: 载荷作用在整个体积上。

② 面载荷: 载荷作用在整个面积上。

③ 线载荷: 载荷作用在整个长度上。

3. 受力图

画受力图的步骤: ① 选择研究对象; ② 取分离体; ③ 画上主动力; ④ 画出约束力。

典型例题解析

例 1 如图 1-1(a)(b) 所示, Ox_1y_1 与 Ox_2y_2 分别为正交与斜交坐标系。试将同一力 F 分别对两坐标系进行分解和投影, 并比较分力与力的投影。

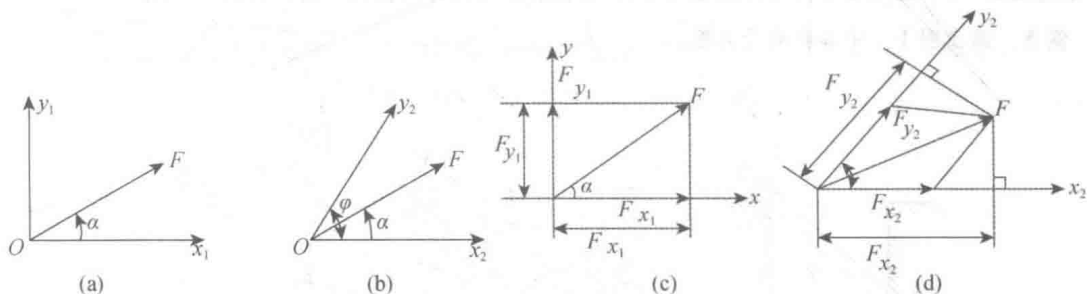


图 1-1

解 (a) 图 1-1(c)

$$F = F \cos \alpha i_1 + F \sin \alpha j_1$$

$$\text{分力: } F_{x1} = F \cos \alpha i_1, F_{y1} = F \sin \alpha j_1$$

$$\text{投影: } F_{x1} = F \cos \alpha, F_{y1} = F \sin \alpha$$

讨论 当 $\varphi = 90^\circ$ 时, 投影与分力的模相等, 分力是矢量, 投影是代数量。

(b) 图 1-1(d)

$$\text{分力: } F_{x2} = (F \cos \alpha - F \sin \alpha \tan \varphi) i_2, F_{y2} = \frac{F \sin \alpha}{\sin \varphi} j_2$$

$$\text{投影: } F_{x2} = F \cos \alpha \quad F_{y2} = F \cos(\varphi - \alpha)$$

讨论 当 $\varphi \neq 90^\circ$ 时, 投影与分量的模不相等。

例 2 画出图 1-2 中各球的受力图。

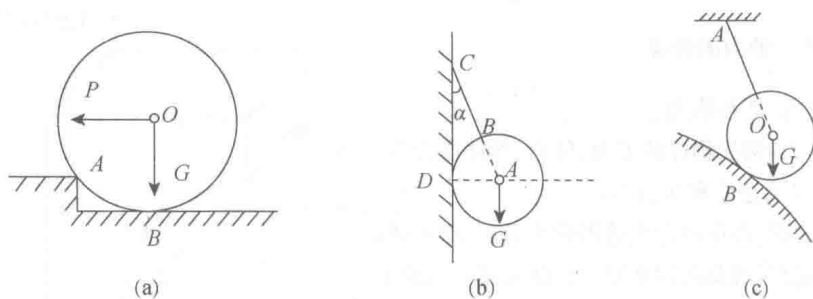


图 1-2

解 受力图见图 1-3。

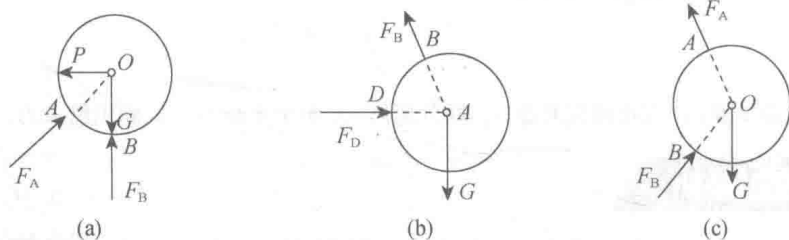


图 1-3

解题要点 本题主要考查物体的受力分析,易错点是力的方向错误与力的种类易遗漏。

例 3 画出图 1-4 中各杆的受力图。

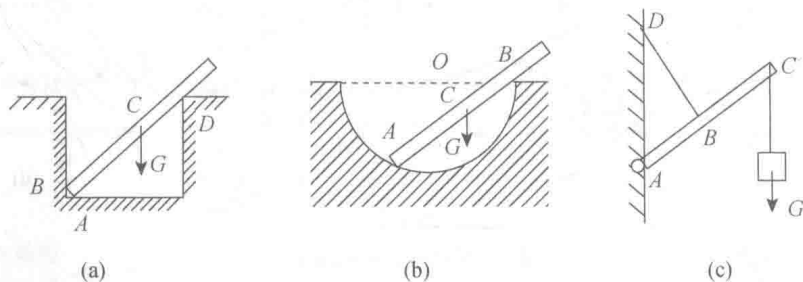


图 1-4

解 受力图见图 1-5。

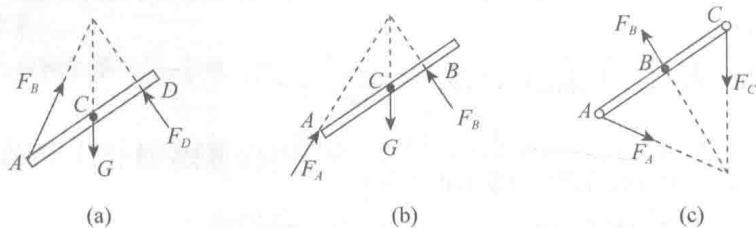


图 1-5

解题要点 本题主要考查物体的受力分析,注意绳的传力方向。

例 4 画出图 1-6 中的各构件中杆 AB、BC(或 CD) 的受力图(图(a)中假定 P 力作用在销钉 B 上;图(c)中杆 AB 和杆 CD 在 B 处铰接)。

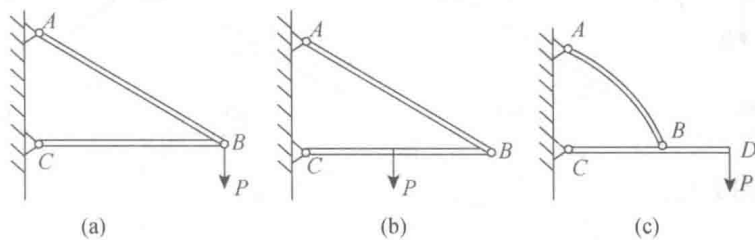


图 1-6

解 受力图见图 1-7。

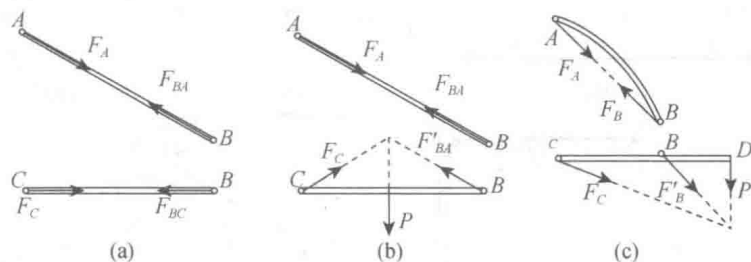


图 1-7

解题要点 本题主要考查物体的受力分析,注意杆的传力方向。

例 5 试画出图 1-8(a)(b) 两情形下各物体的受力图,并进行比较。

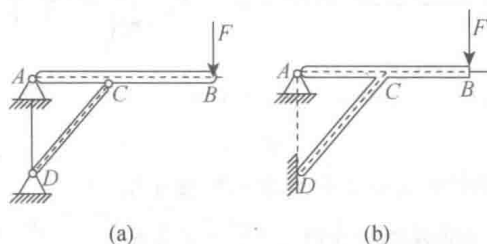


图 1-8

解 图(a)与图(b)受力不同见图 1-9,两者之 F_{BD} 值大小也不同。

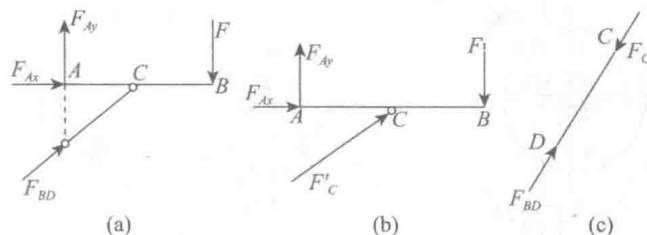


图 1-9

解题要点 本题主要考查物体的受力分析,注意杆的传力方向及连接点的受力分析。

例 6 如图 1-10 所示为三角架结构,力 F_1 作用在 B 处较链上。杆 AB 不计自重,杆 BD 自重为 W 。试画出图(b)(c)(d) 所示的隔离体的受力图,并加以讨论。

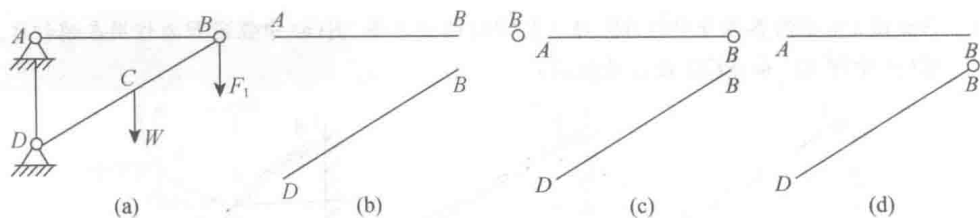


图 1-10

解 受力图见图 1-11。

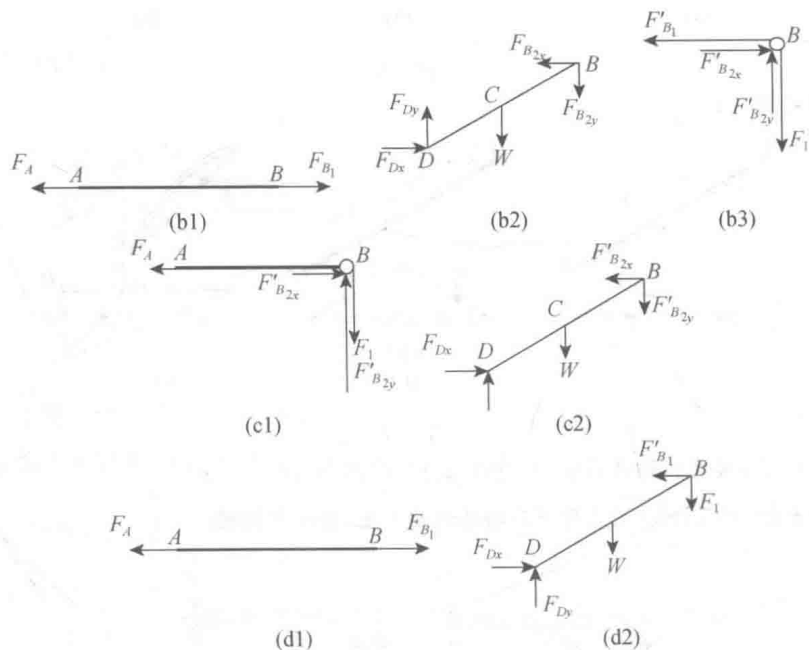


图 1-11

解题要点 本题主要考查物体的受力分析,注意不要遗漏力。

例 7 如图 1-12(a) 所示,画出棘轮 O 和棘爪 AB 的受力图。

解 受力图如图 1-12(b)(c) 所示。

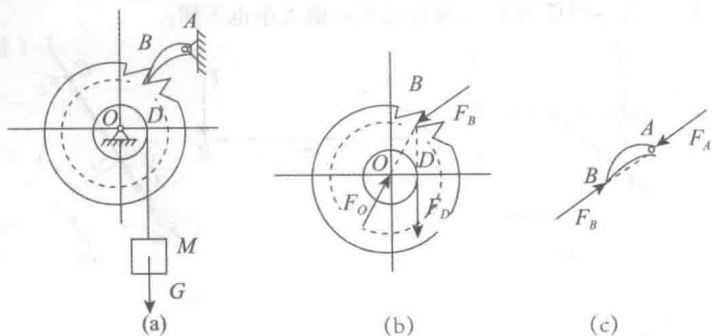


图 1-12

解题要点 本题主要考查物体的受力分析,注意题目的简化。

例 8 画出如图 1-13 所示刚架 ABCD 的受力图。

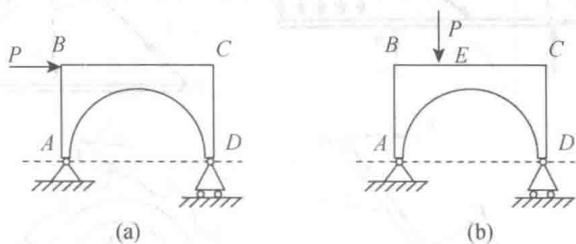


图 1-13

解 受力图如图 1-14 所示。

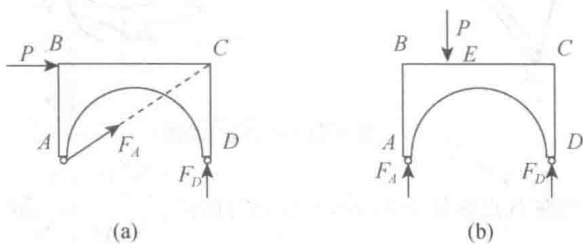
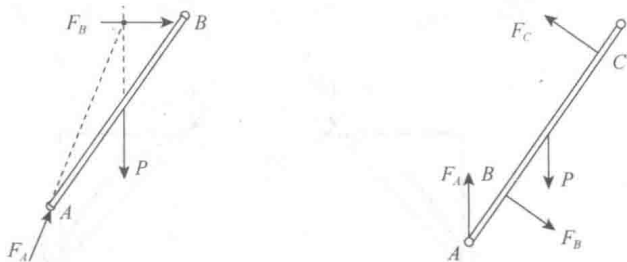


图 1-14

解题要点 本题主要考查拱结构的受力分析,注意此类问题的受力分析。

思考题

- 1-1 **解题过程** (1) 力 F_1 和 F_2 大小相等,方向相同;(2) F_1 和 F_2 大小相等;(3) F_1 和 F_2 的大小相等,方向和作用线相同。
- 1-2 **解题过程** $F_R = F_1 + F_2$ 表示 F_R 是任意方向上两个力 F_1 和 F_2 的合力,合力 F_R 的大小和方向由平行四边形法则确定; $F_R = F_1 + F_2$ 表示 F_R 是同方向上两个力 F_1 和 F_2 的合力,合力 F_R 的大小为 F_1 和 F_2 的大小的和,方向与 F_1 和 F_2 的方向相同。
- 1-3 **解题过程** 只有两个力作用下平衡的构件,才被称为二力构件。与构件的形状无关。两端用铰链连接且中间不受其他外力作用的杆(重力不计),才是二力杆。不是。
- 1-4 **解题过程** 均有错,正确图如思考题 1-4 图解所示。



思考题 1-4 图解