

# 理论力学

## 习题解答

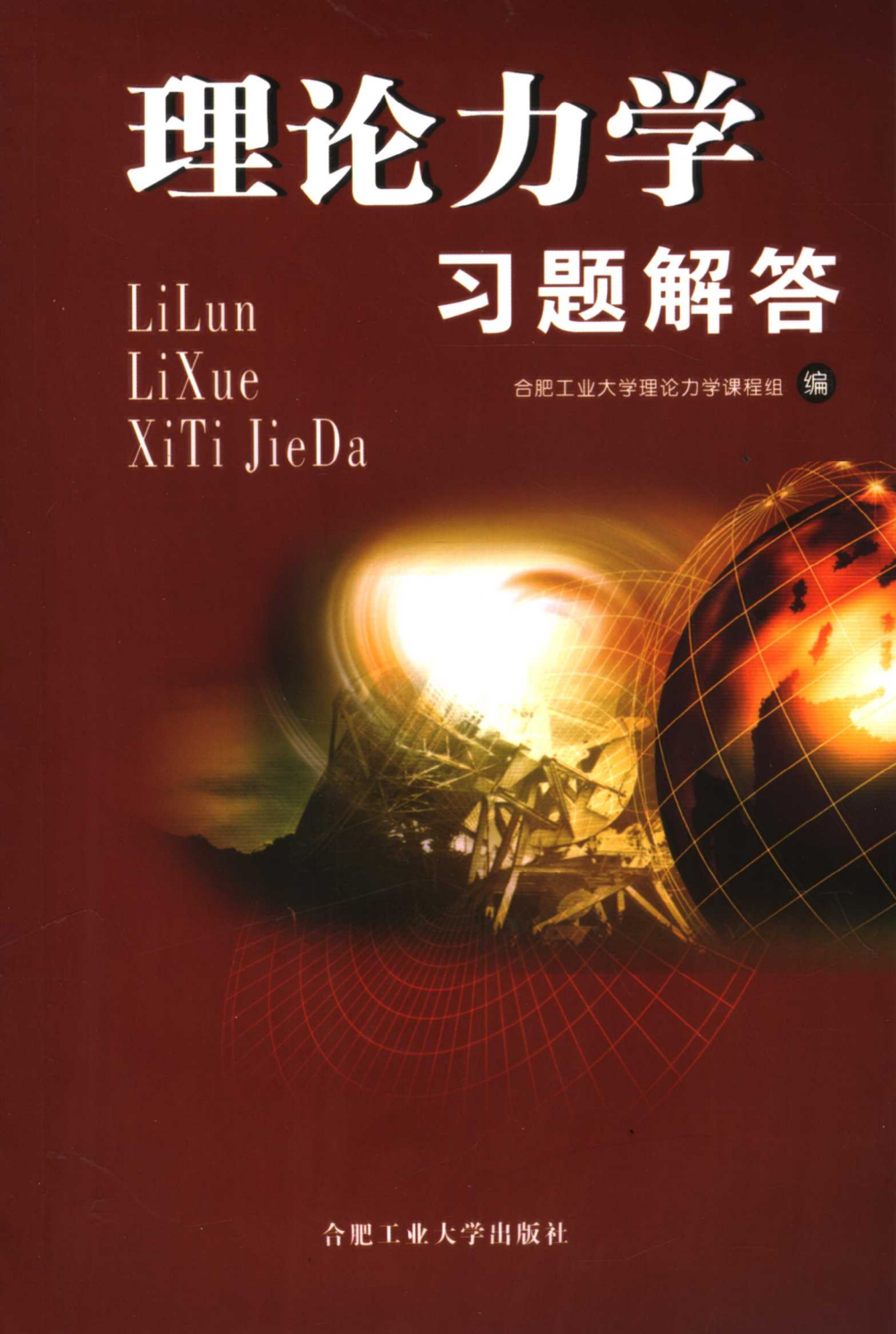
LiLun

LiXue

XiTi JieDa

合肥工业大学理论力学课程组 编

合肥工业大学出版社

The cover art is a composite image with a dark red background. On the right side, there is a glowing sphere with a grid pattern, resembling a globe or a celestial body, with bright orange and yellow light emanating from it. In the center, there is a bright, circular light source, possibly a sun or a star, with a lens flare effect. Below the light source, there is a complex, dark structure that looks like a satellite dish or a large antenna array, also illuminated by the light source. The overall composition is dynamic and scientific.

# 理论力学习题解答

合肥工业大学理论力学课程组 编

合肥工业大学出版社

## 理论力学习题解答

主编 合肥工业大学理论力学课程组      责任编辑 陆向军

---

出版	合肥工业大学出版社	版次	2006年3月第1版
地址	合肥市屯溪路193号	印次	2006年3月第1次印刷
邮编	230009	开本	850×1168 1/32
电话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198	印张	6.25    字数 145千字
网址	www.hfutpress.com.cn	发行	全国新华书店
E-mail	press@hfutpress.com.cn	印刷	合肥学苑印务有限公司
		纸张	山东光华纸业集团有限公司

---

ISBN 7-81093-306-X/O·23

定价:10.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

## 内 容 提 要

本书是合肥工业大学理论力学课程组编写的《理论力学学习题册》(A、B)的配套解答。本书可作为普通高等工院校本科、高职高专学生的学习参考书和复习用书,也适合于函授、职大、电大的学生使用,同时,还可以作为相关专业青年教师的教学参考书。本书可配合教材使用,也可独立使用。

# 前 言

理论力学是高等工科院校的一门重要的技术基础课,其理论性、逻辑性、实践性都很强。要想学好理论力学,需要深入透彻地掌握该课程的基本概念、基本理论和基本方法,更有必要做一定量的习题。由于理论力学在解题与应用上的灵活多变常使初学者产生“理论易懂做题难”的感觉。合肥工业大学理论力学课程组教师根据多年的教学经验精选典型习题编纂了本书。本书能帮助学生加深理解基本概念与理论,掌握正确的解题方法,提高学习效率。

本书作为教辅材料已多次印刷并在数届学生中使用,广受欢迎。具体分工如下:受力图、平面汇交力系、平面力偶系由胡宗军编写;平面任意力系、空间力系由周焕林编写;摩擦、点的运动学由董朝文编写;刚体的基本运动、点的合成运动由张长会编写;刚体的平面运动、质点动力学的基本方程由孙文春编写;动量定理、动量矩定理、动能定理由许海燕编写;达朗贝尔原理、碰撞由王左辉编写;虚位移原理由李宏徽编写;动力学普遍方程与拉格朗日方程由牛忠荣编写;机械振动基础由牛忠荣、王左辉编写。许海燕、王左辉负责全书的统稿、修订、定稿工作,许海燕对书中的插图重新进行了绘制。

由于编者水平有限,本书的缺点和错误在所难免,热忱欢迎读者批评指正。

合肥工业大学理论力学课程组  
2006年3月

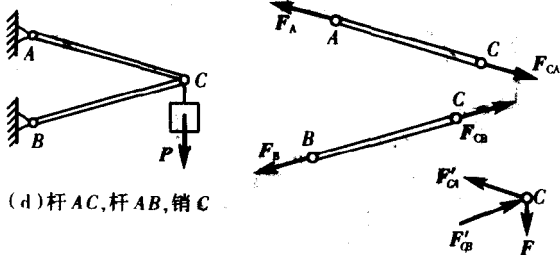
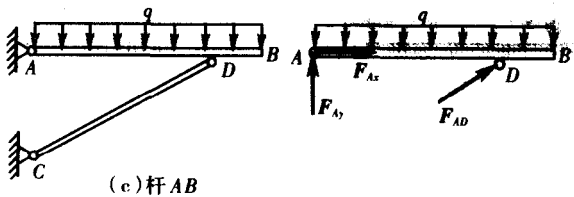
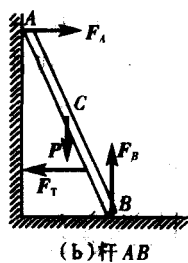
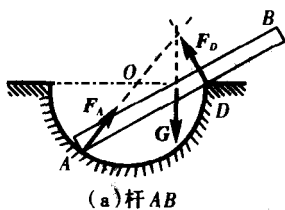
# 目 录

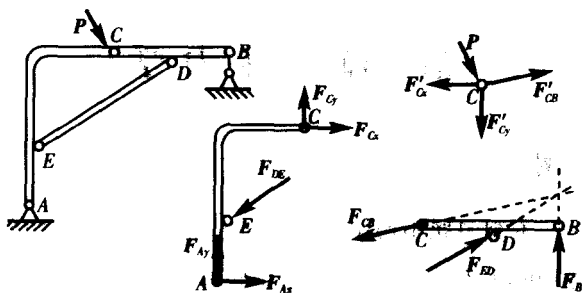
<b>第一篇 静力学</b> .....	1
一、受力图 .....	1
二、平面汇交力系 .....	5
三、力矩、平面力偶系.....	7
四、平面任意力系 .....	9
五、摩擦.....	30
六、空间力系.....	37
<b>第二篇 运动学</b> .....	48
七、点的运动学.....	48
八、刚体的基本运动.....	54
九、点的合成运动.....	59
十、刚体的平面运动.....	72
<b>第三篇 动力学</b> .....	87
十一、质点动力学的基本方程.....	87
十二、动量定理.....	93
十三、动量矩定理 .....	102
十四、动能定理 .....	115
十五、达朗贝尔原理 .....	134
十六、碰撞 .....	147
十七、虚位移原理 .....	154
十八、动力学普遍方程与拉格朗日方程 .....	166
十九、振动理论 .....	177

# 第一篇 静力学

## 一、受力图

1-1 下列习题中假定接触处都是光滑的, 物体的重量除图上注明外均略去不计。画出下列指定物体的受力图。

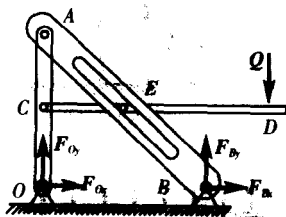




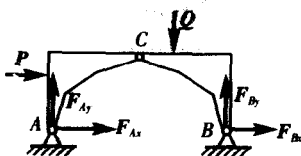
(e) 杆AC, 杆BC, 销C

1-2

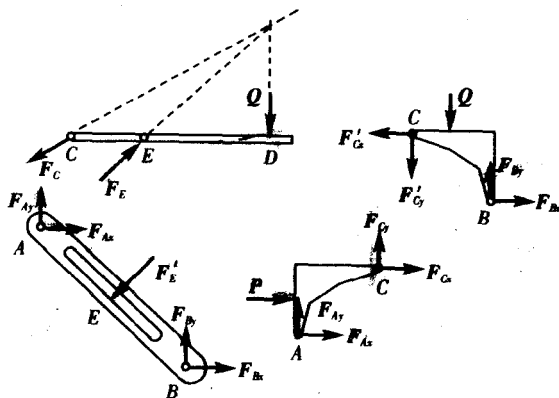
画出下列各物体系统中指定物体及整个物系的受力图。不计各物体重力。



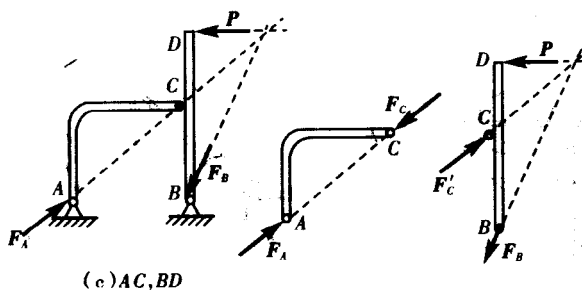
(a) AB, CD



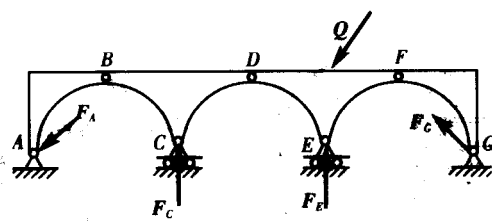
(b) AC, BC



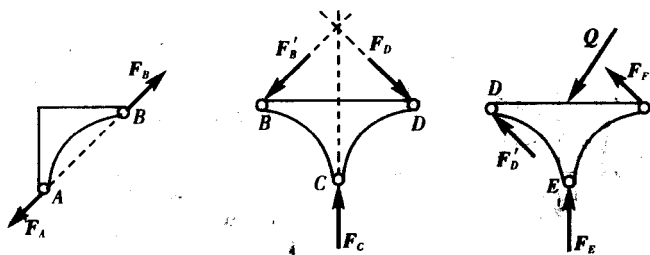




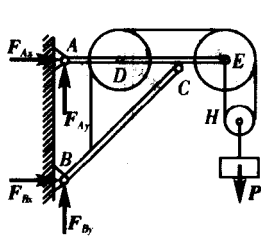
(c) AC, BD



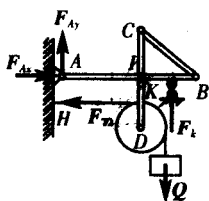
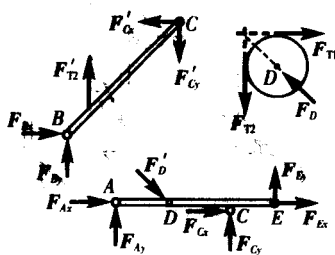
(d) AB, BCD, DEF



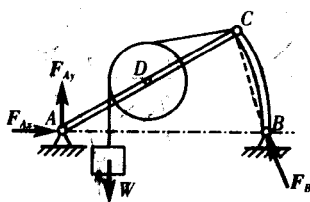
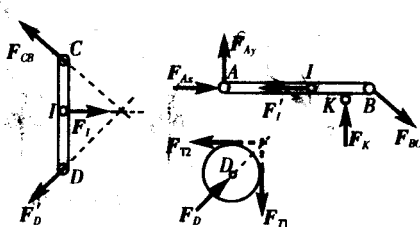
1-3 画出下列各物系中指定物体的受力图和整个物系的受力图。自重不计。



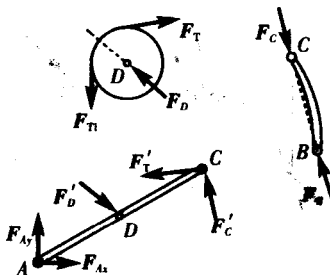
(a) 杆  $AE, BC$  和轮  $D$

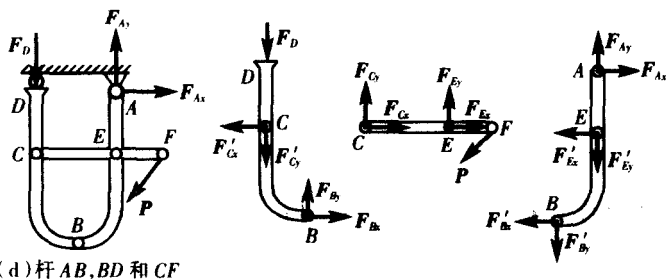


(b) 杆  $AB, CD$  和轮  $D$



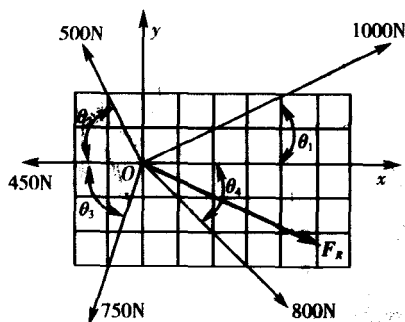
(c) 杆  $AC, BC$  和轮  $D$





## 二、平面汇交力系

**例 2-1** 五个力作用于一点, 如图所示图中方格的边长为 1cm, 求力系的合力。



**【解】** 由解析法有

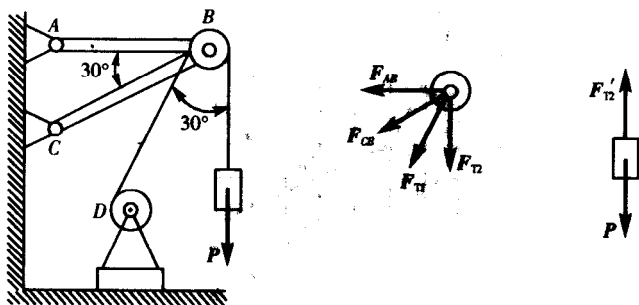
$$\begin{aligned}
 F_{Rx} &= \sum F_x \\
 &= 1000\cos\theta_1 - 500\cos\theta_2 - 450 - 750\cos\theta_3 + 800\cos\theta_4 \\
 &= 549.3(\text{N})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{Ry} &= \sum F_y \\
 &= 1000\sin\theta_1 + 500\sin\theta_2 - 750\sin\theta_3 - 800\sin\theta_4 \\
 &= -382.8(\text{N})
 \end{aligned}$$

所以合力  $F_R$  大小为:  $F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = 669.5(\text{N})$

$$F_R \text{ 方向为: } \alpha = \arctan \frac{F_{Rx}}{F_{Ry}} = -34^\circ 52'$$

**2-2** 物体重  $P = 20\text{kN}$ , 用绳子挂在支架的滑轮  $B$  上, 绳子的另一端接在绞车  $D$  上, 如图所示, 转动绞车物体便能升起。设滑轮的大小及其中的摩擦略去不计,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三处均为铰链连接。当物体处于平衡状态时, 试求拉杆  $AB$  和支杆  $CB$  所受的力。



**【解】** 取滑轮  $B$  为研究对象, 受力如图所示, 列平衡方程:

$$\sum F_x = 0: -F_{AB} - F_{CB} \cos 30^\circ - F_{T1} \sin 30^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0: -F_{CB} \sin 30^\circ - P - F_{T2} \cos 30^\circ = 0$$

$$\text{且 } F_{T1} = F_{T2} = P = 20(\text{kN})$$

联立上述方程可解得:

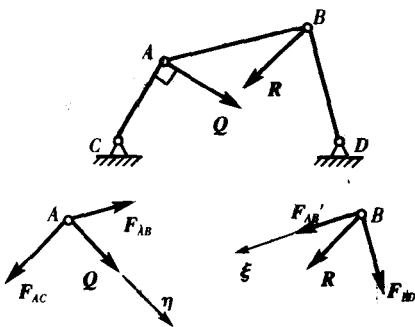
$$F_{AB} = 54.64(\text{kN}); F_{CB} = -74.64(\text{kN})$$

即：拉杆  $AB$  受  $54.64\text{kN}$  的拉力，支杆  $CB$  受  $74.64\text{kN}$  的压力。

### 2-3

已知： $\angle BAQ = 45^\circ$ ， $\angle ABR = 30^\circ$ ， $\angle CAQ = 90^\circ$ ， $\angle DBR = 60^\circ$ ，杆重略去不计。

求：机构在图示位置平衡时，力  $Q$  与  $R$  的关系。杆重略去不计。



**【解】** 机构中各杆均为二力杆。

分别以铰  $A$  和铰  $B$  为研究对象，受力分析如图。

$$\sum F_{\eta} = 0, Q - F_{AB} \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum F_{\xi} = 0, F'_{AB} - R \cos 30^\circ = 0$$

式中， $F_{AB} = F'_{AB}$ ，大小等于  $AB$  杆所受的力。

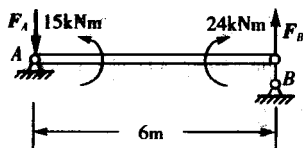
$$\text{联立解得} \quad \frac{Q}{R} = \frac{\sqrt{6}}{4}$$

### 三、力矩、平面力偶系

#### 3-1

构件的支撑及荷载情况如图，求支座  $A$ 、 $B$  的约束反力。

【解】 图(a)(b)两构件所受的外力都是力偶系,所以约束反力必然也成力偶与之平衡,分别画其受力图。



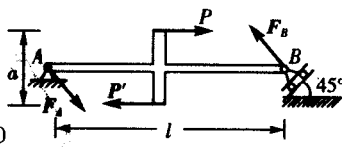
(a) 由力偶系平衡方程,

$$\sum M = 0, F_A \cdot AB + 15 - 24 = 0$$

解得:  $F_A = F_B = 1.5 \text{ (kN)}$

(b) 由力偶系平衡方程,

$$\sum M = 0, F_A \sin 45^\circ \cdot l - Pa = 0$$



(b)

解得:  $F_A = F_B = \sqrt{2} \frac{Pa}{l}$

### 3-2

四连杆机构  $OABO_1$ , 在图示位置平衡, 已知  $OA = 40\text{cm}$ ,  $O_1B = 60\text{cm}$ , 作用在曲柄  $OA$  上的力偶矩大小为  $m_2 = 1\text{Nm}$ , 不计杆重, 求力偶矩  $m_1$  的大小及连杆  $AB$  所受的力。

【解】  $AB$  为二力杆, 受力如图:

(1) 以  $AO$  杆为对象

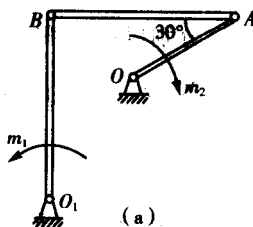
$$\begin{aligned} \sum M = 0, F_A \cdot OA \cdot \sin 30^\circ - m_2 \\ = 0 \end{aligned}$$

可解得:

$$F_A = 5(\text{N}) \quad \text{即} \quad F_B = 5(\text{N})$$

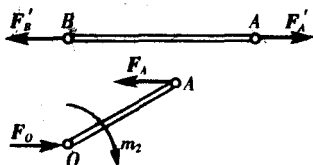
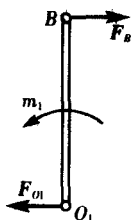
(2)  $BO_1$  杆受力如图

$$\sum M = 0, -F_B \cdot BO_1 + m_1 = 0$$



解得：

$$m_1 = 3(\text{N})$$



(b)

### 3-3

已知：打击力  $P = 1000\text{kN}$ ，偏心距  $e = 20\text{mm}$ ，锤头高度  $h = 200\text{mm}$ 。

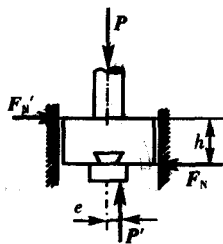
求：锤头给两侧导轨的压力。

【解】 以锤头为研究对象，受力分析如图。

$$\sum M = 0, Pe - F_N h = 0$$

$$F_N = \frac{e}{h} P = \frac{20}{200} \times 1000 = 100(\text{kN})$$

即：锤头给两侧导轨的压力为  $100\text{kN}$ 。

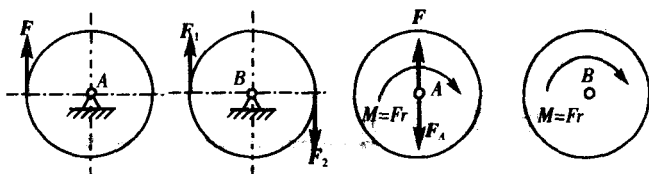


## 四、平面任意力系

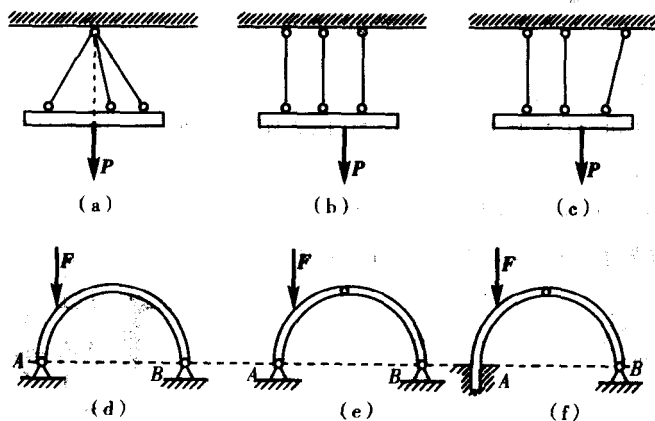
4-1 简明回答下列问题：

1. 试用力系向已知点简化的方法说明图所示的力  $F$  和力偶  $(F_1, F_2)$  对于轮的作用有何不同？在轮轴支撑  $A$  和  $B$  处的约束反力有何不同？设  $F_1 = F_2 = F/2$ ，轮的半径为  $r$ 。

【解】 考虑约束，则力和力偶对轮的作用相同；而  $A$  处的约束反力大小等于  $F$ ， $B$  处的约束反力大小等于  $0$ 。



2. 怎样判定静定和静不定问题?图中所示的六种情况哪些是静定问题,哪些是静不定问题?为什么?



静定问题:(c)、(e)

静不定问题:(a)、(b)、(d)、(f)

4-2 图示平面力系,其中  $F_1 = 150\text{N}$ ,  $F_2 = 200\text{N}$ ,  $F_3 = 300\text{N}$ 。力偶的臂等于  $8\text{cm}$ , 力偶的力  $F = 200\text{N}$ 。试将平面力系向  $O$  点简化, 并求力系合力的大小及其与原点  $O$  的距离  $d$ 。

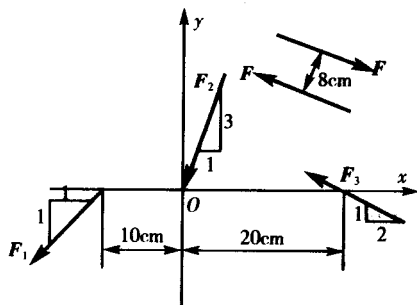
【解】

$$F_{Rx} = \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}$$

$$= -\frac{\sqrt{2}}{2} \times 150 - \frac{1}{\sqrt{10}} \times 200 - \frac{2}{\sqrt{5}} \times 300 = -437.6(\text{N})$$



$$\begin{aligned}
 F_{Ry} &= \sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} \\
 &= -\frac{\sqrt{2}}{2} \times 150 - \frac{3}{\sqrt{10}} \times 200 + \frac{1}{\sqrt{5}} \times 300 = -161.6(\text{N})
 \end{aligned}$$



合力  $F_R$  大小为:

$$\begin{aligned}
 F_R &= \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} \\
 &= \sqrt{(-437.6)^2 + (-161.6)^2} = 466.5(\text{N})
 \end{aligned}$$

$$\text{方向: } \alpha = \arctan \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = \arctan 0.37 = 20.3^\circ$$

主矩大小为:

$$\begin{aligned}
 M_o &= \sum M_o(F) \\
 &= 150 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.1 + 300 \times \frac{1}{\sqrt{5}} \times 0.2 - 200 \times 0.08 \\
 &= 21.44(\text{N} \cdot \text{m})
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{合力与原点距离为: } d = \frac{M_o}{F_R} = 45.96(\text{cm})$$