



西北工业大学  
Northwestern Polytechnical University

# 静力学

## 静力学的基本概念和 公理

西北工业大学

支希哲 朱西平 侯美丽

# 静力学

## 第一章 静力学的基本概念 和公理

§ 1-1 刚 体

§ 1-2 力

§ 1-3 静 力 学 公 理

§ 1-4 约 束 和 约 束 反 力

§ 1-5 受力分析和受力图



# § 1-1 刚 体



## § 1-1 刚 体

**刚体**——在外界的任何作用下形状和大小都始终保持不变的物体。 或者在力的作用下，任意两点间的距离保持不变的物体。

刚体是一种理想的力学模型。

一个物体能否视为刚体，不仅取决于变形的大小，而且和问题本身的要求有关。



# § 1-2 力



## § 1-2 力

1. 力的定义 力是物体相互间的机械作用，其作用结果使物体的形状和运动状态发生改变。

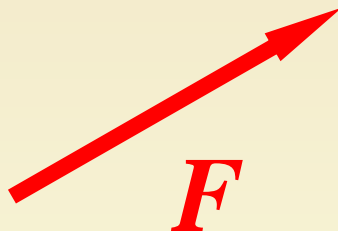
2. 力的效应 { 外效应—改变物体运动状态的效应。  
内效应—引起物体变形的效应。

3. 力的三要素 { 大小  
方向  
作用点  
确定力的必要因素



## § 1-2 力

4. 力的表示法 —— 力是一矢量，用数学上的矢量记号来表示，如图。



5. 力的单位 —— 在国际单位制中，力的单位是牛顿(N)  
 $1\text{ N} = 1\text{ 公斤}\cdot\text{米}/\text{秒}^2$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ )。



# § 1-3 静力学公理





## § 1-3 静力学公理

### 1. 基本概念

**力 系** —— 作用于同一物体或物体系上的一群力。

**等效力系** —— 对物体的作用效果相同的两个力系。

**平衡力系** —— 能使刚体维持平衡的力系。

**合 力** —— 能和一个力系等效的一个力。

**分 力** —— 一个力等效于一个力系，则力系中的各力称为这个力（合力）的分力。



## § 1-3 静力学公理

### 2. 公理

#### 公理一(二力平衡公理)

要使刚体在两个力作用下维持平衡状态，必须也只需要这两个力大小相等、方向相反、沿同一直线作用。

#### 公理二(加减平衡力系公理)

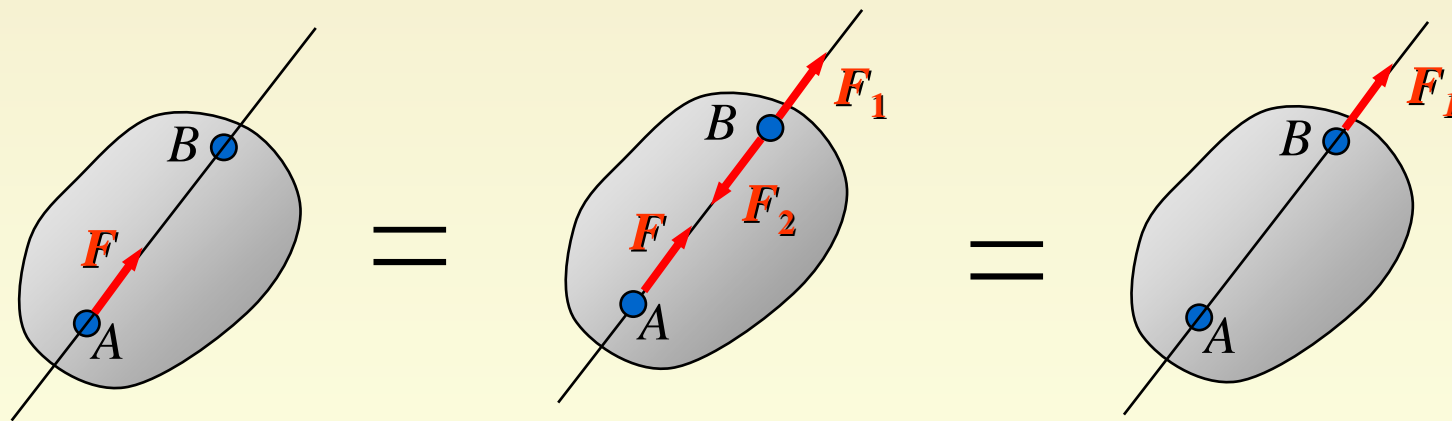
可以在作用于刚体的任何一个力系上加上或去掉几个互成平衡的力，而不改变原力系对刚体的作用。



## § 1-3 静力学公理

### 推论 （力在刚体上的可传性）

作用于刚体上的力，其作用点可以沿作用线在该刚体内前后任意移动，而不改变它对该刚体的作用。



$$F_1 = -F_2 = F$$

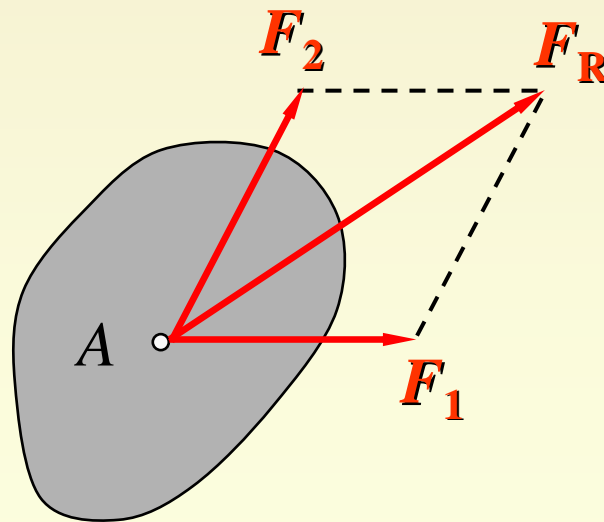
## § 1-3 静力学公理

### 公理三(力平行四边形公理)

作用于**物体**上任一点的两个力可合成为作用于同一点的一个力，即合力。合力的矢由原两力的矢为邻边而作出的力平行四边形的对角矢来表示。

即，合力为原两力的矢量和。

矢量表达式： $\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$

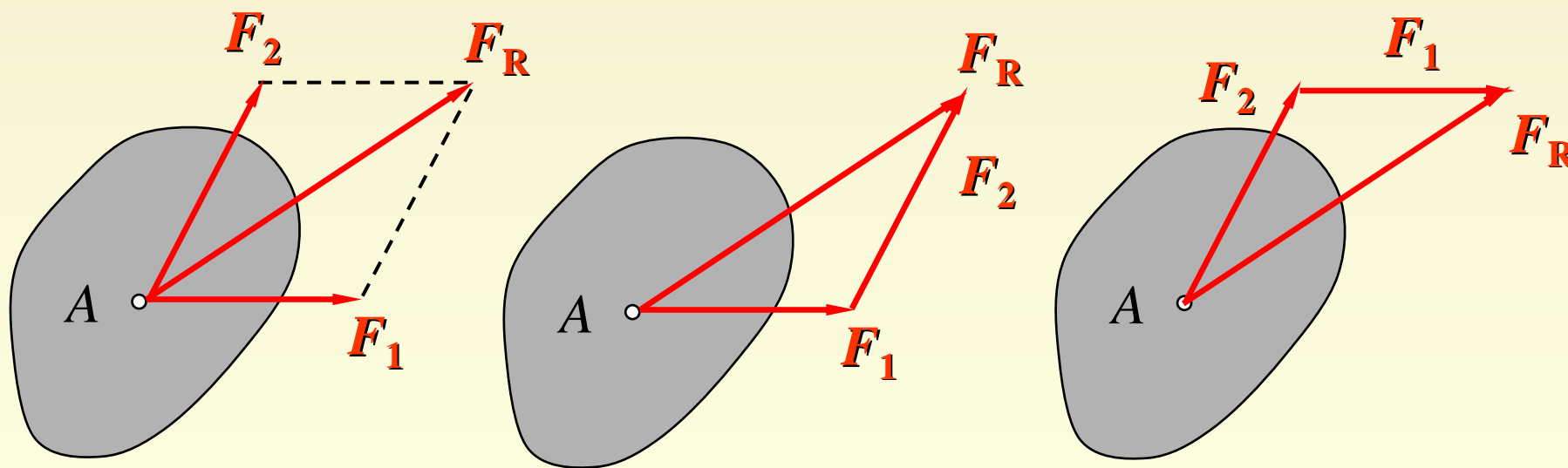


## § 1-3 静力学公理

### 公理三(力平行四边形公理)

作用于物体上任一点的两个力可合成为作用于同一点的一个力，即合力。合力的矢由原两力的矢为邻边而作出的力平行四边形的对角矢来表示。

#### ● 力三角形法

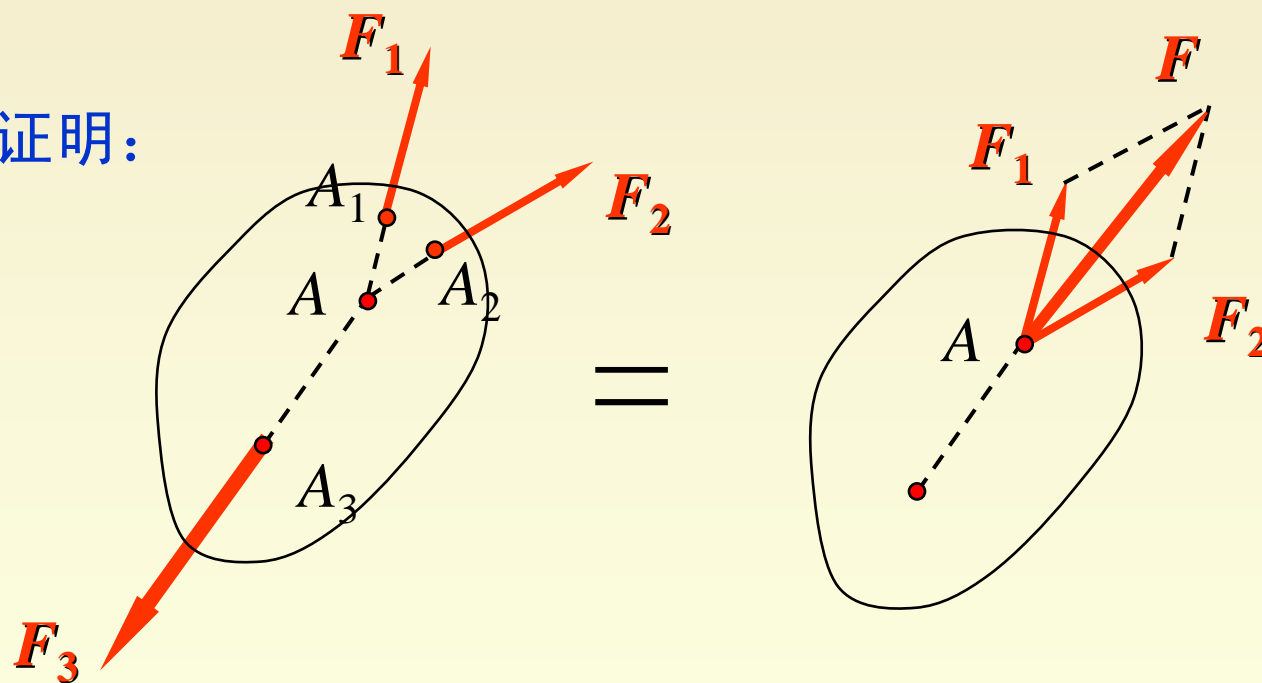


## § 1-3 静力学公理

### 推论 (三力汇交定理)

当刚体在三个力作用下平衡时，设其中两力的作用线相交于某点，则第三力的作用线必定也通过这个点。

证明:

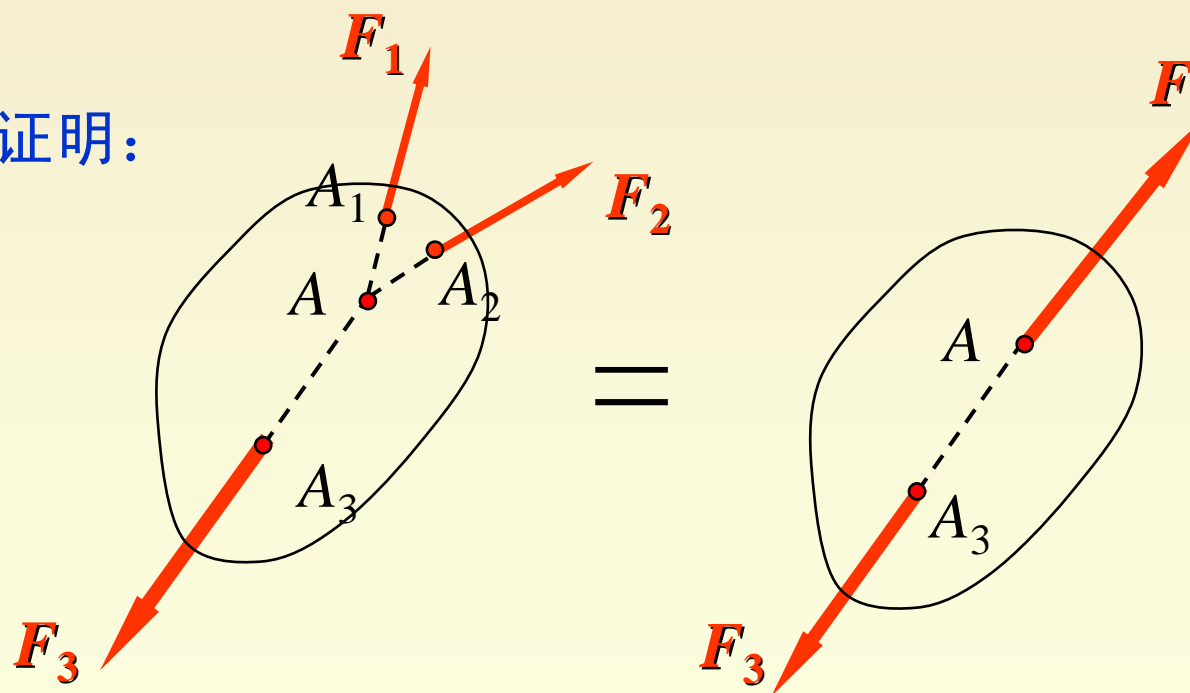


## § 1-3 静力学公理

### 推论 (三力汇交定理)

当刚体在三个力作用下平衡时，设其中两力的作用线相交于某点，则第三力的作用线必定也通过这个点。

证明：



### 公理四(作用和反作用公理)

任何两个**物体**相互作用的力，总是大小相等，作用线相同，但指向相反，并同时分别作用于这两个物体上。

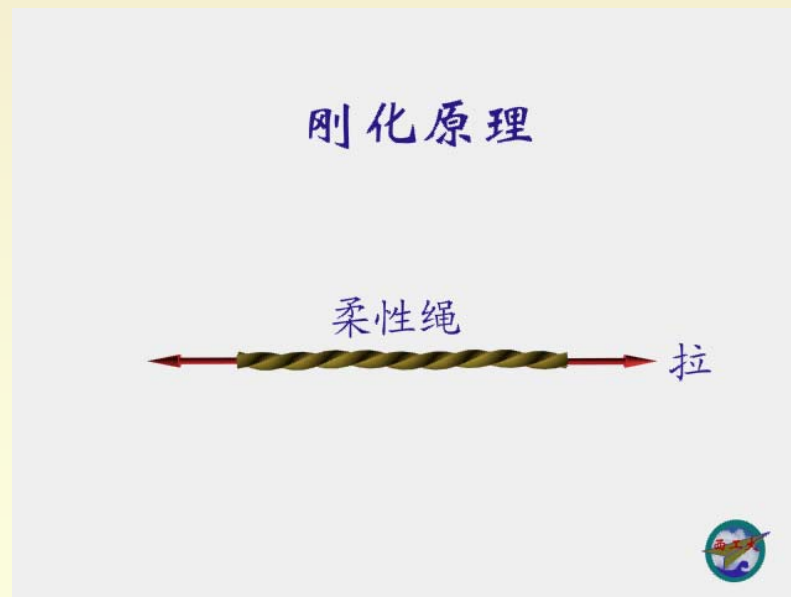




## § 1-3 静力学公理

### 公理五(刚化公理)

设**变形体**在已知力系作用下维持平衡状态，则如将这个已变形但平衡的物体变成刚体（刚化），其平衡不受影响。



# § 1-4 约束和约束力

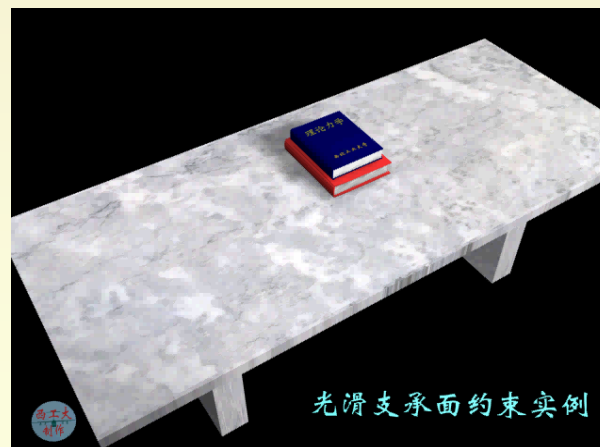
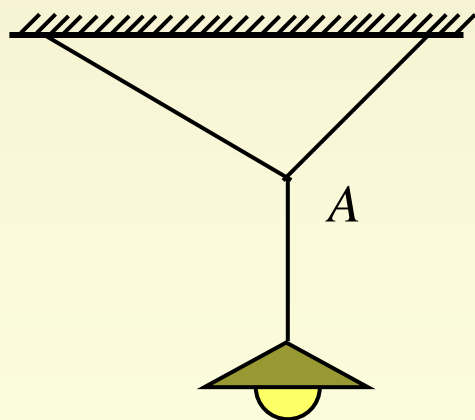


## § 1-4 约束和约束反力

### 1. 基本概念

自由体 —— 可以任意运动（位移）的物体。

非自由体 —— 运动（位移）受到某些限制的物体。



## 1. 基本概念

**约束** —— 由周围物体所构成的、限制非自由体位移的条件。

**约束力** —— 约束对被约束体的作用力。

**主动力** —— 约束力以外的力。



## § 1-4 约束和约束反力

### 2. 常见的几种类型的约束

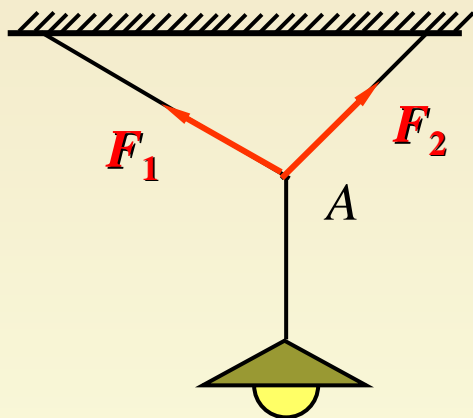
- 柔绳、链条、胶带构成的约束



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

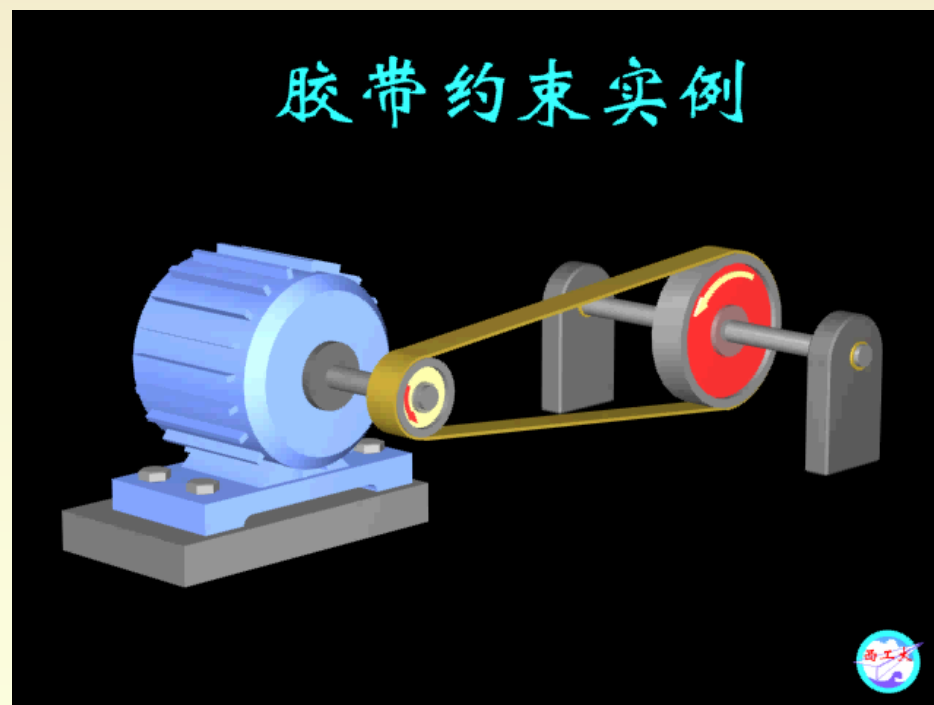
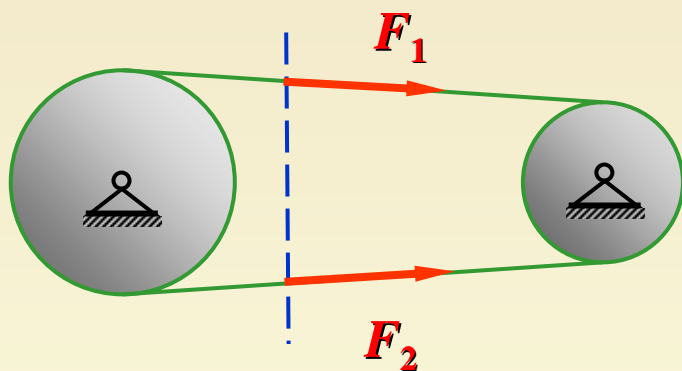
### ● 柔绳、链条、胶带构成的约束



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

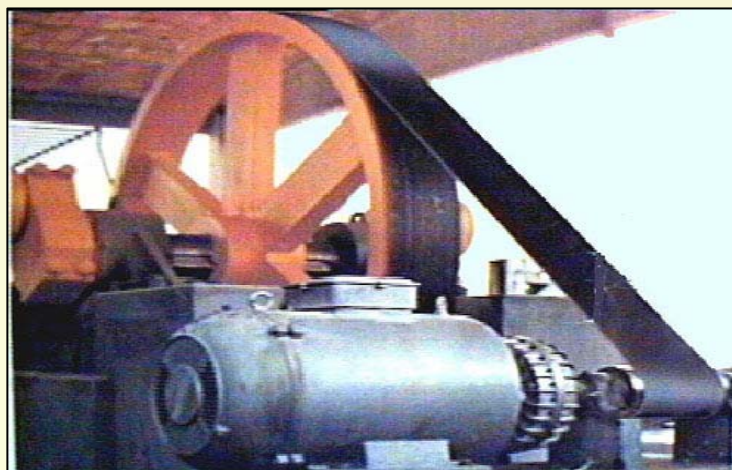
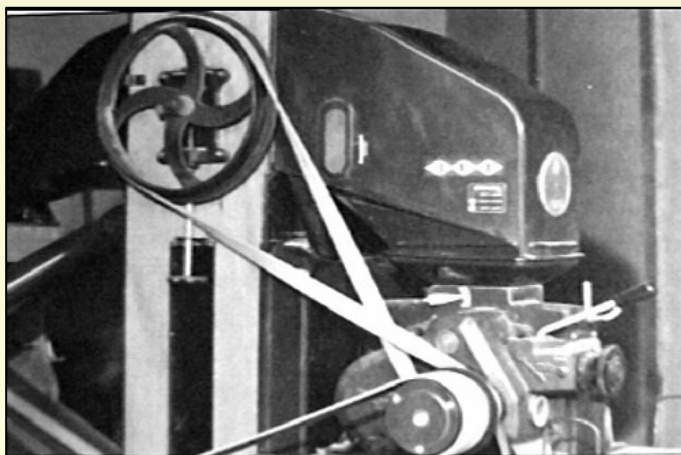
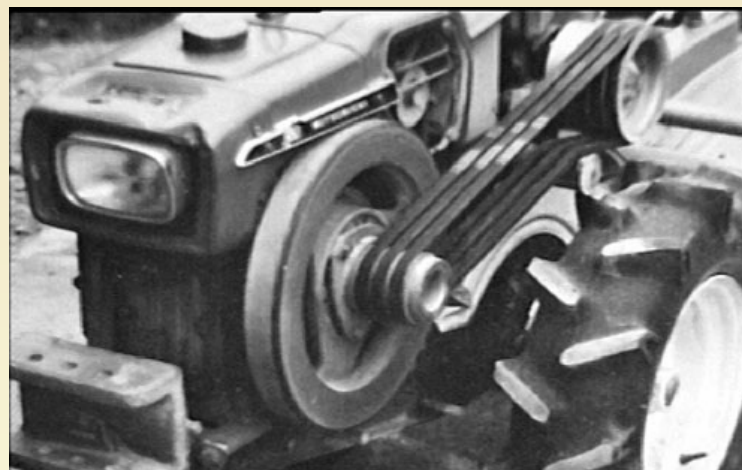
### ● 柔绳、链条、胶带构成的约束



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 胶带构成的约束

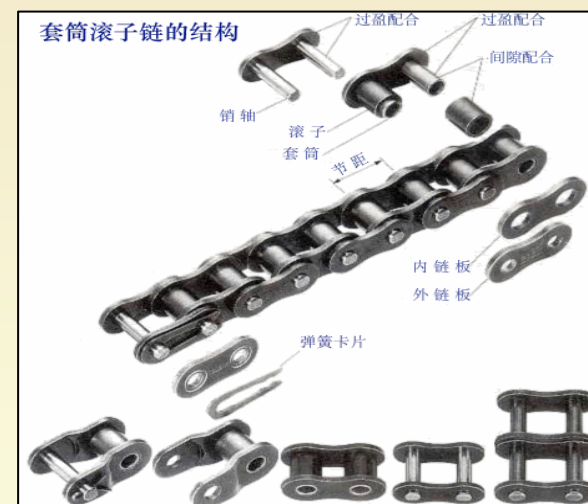
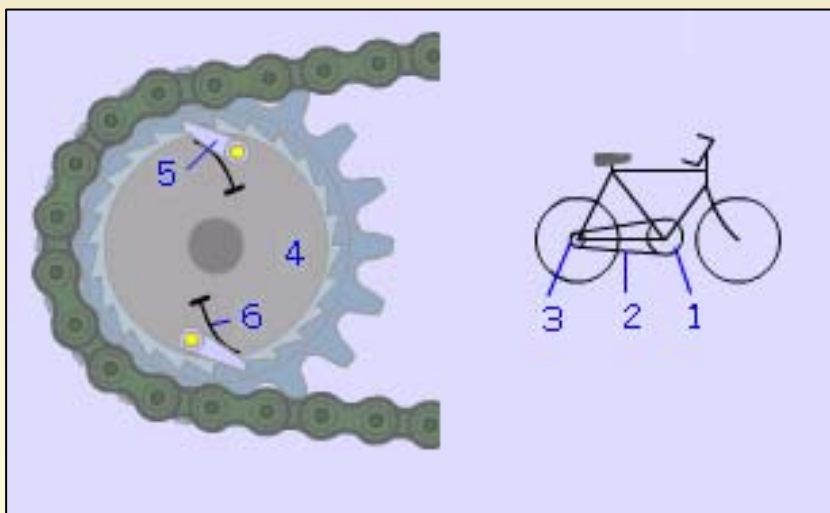




## § 1-4 约束和约束反力

### 约束类型与实例

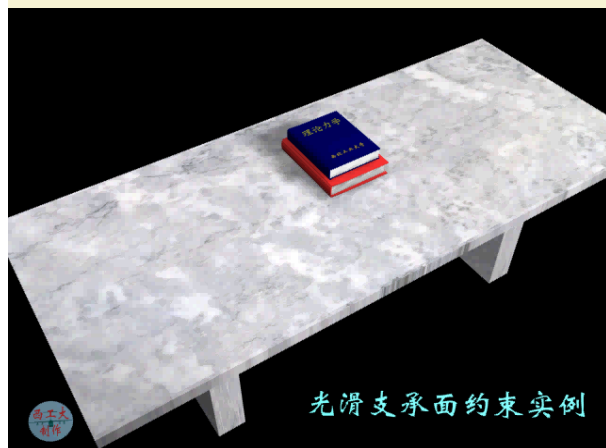
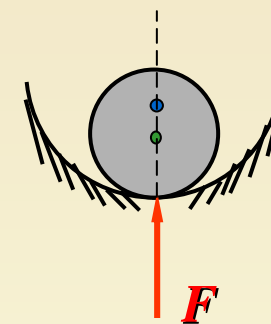
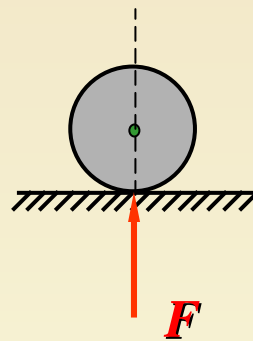
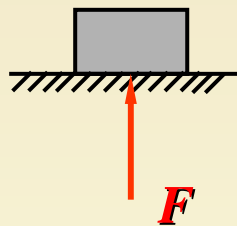
#### ● 链条构成的约束



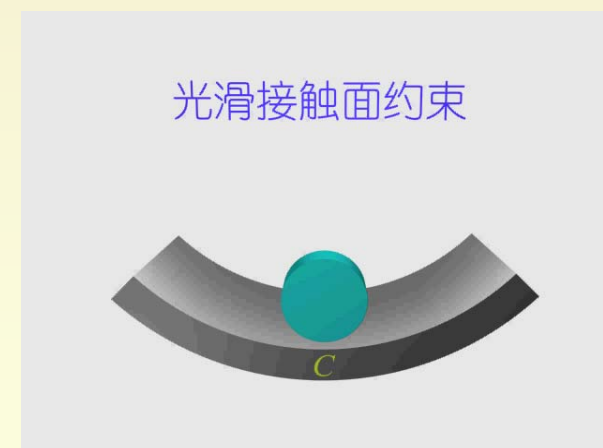
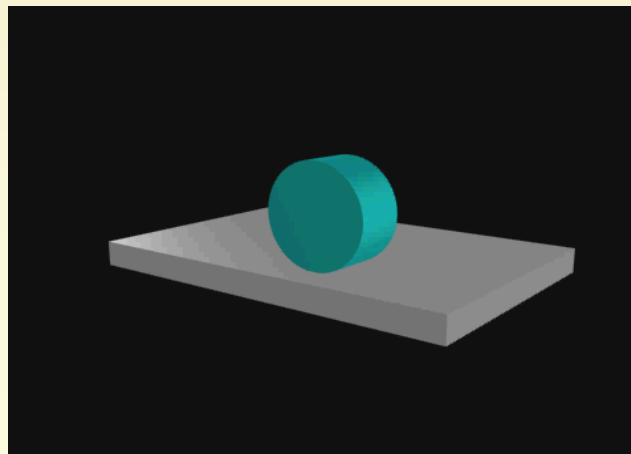
## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 光滑接触面约束



光滑支承面约束实例

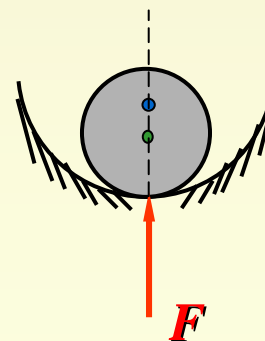
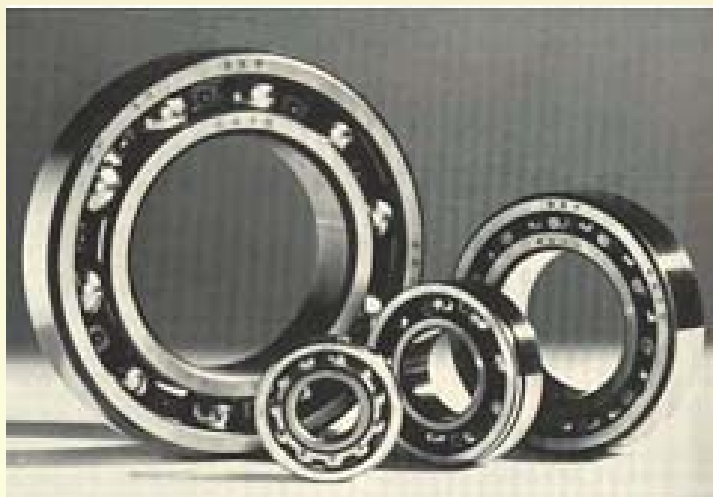
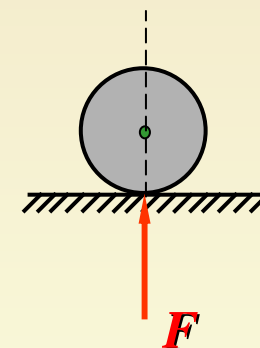
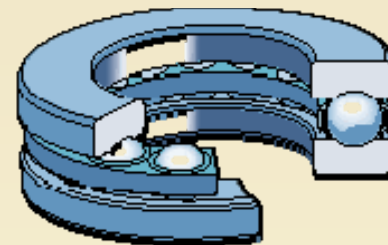
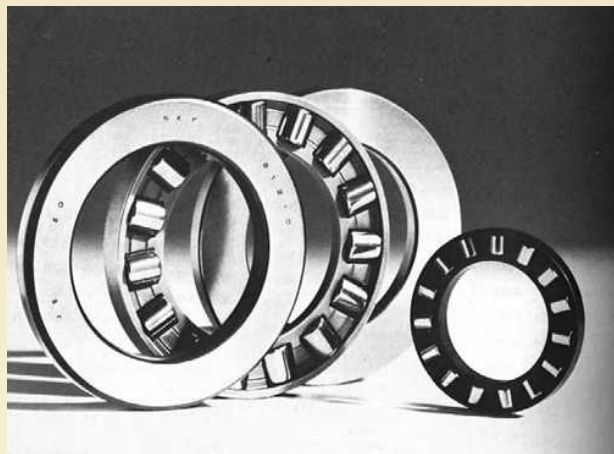


光滑接触面约束



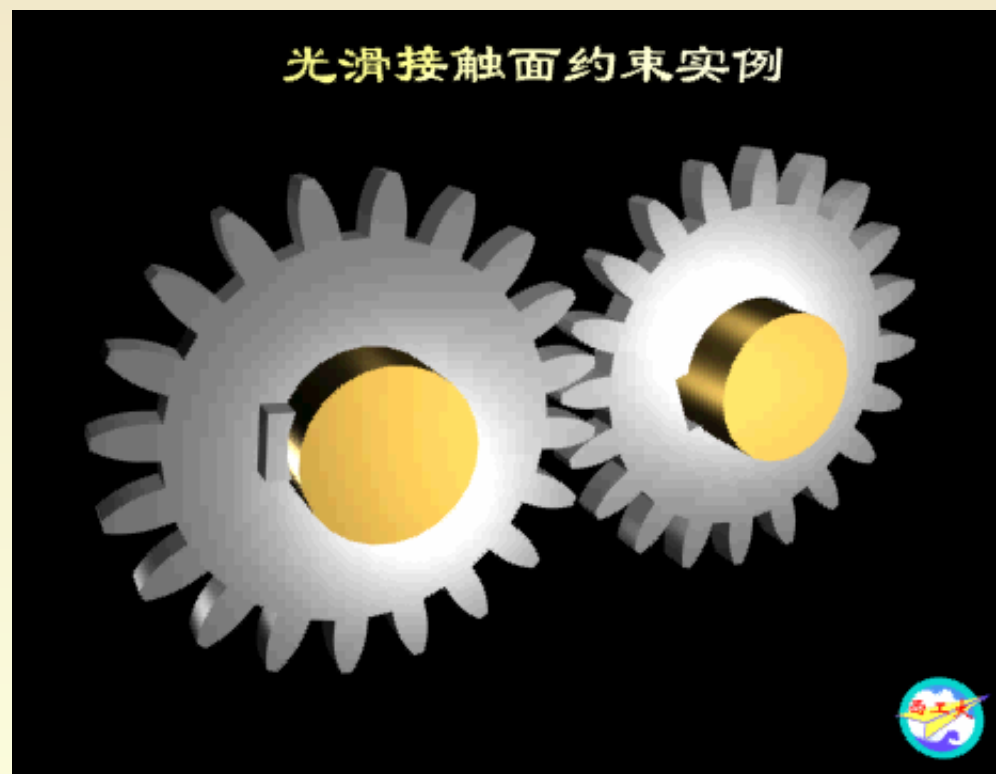
## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例



## § 1-4 约束和约束反力

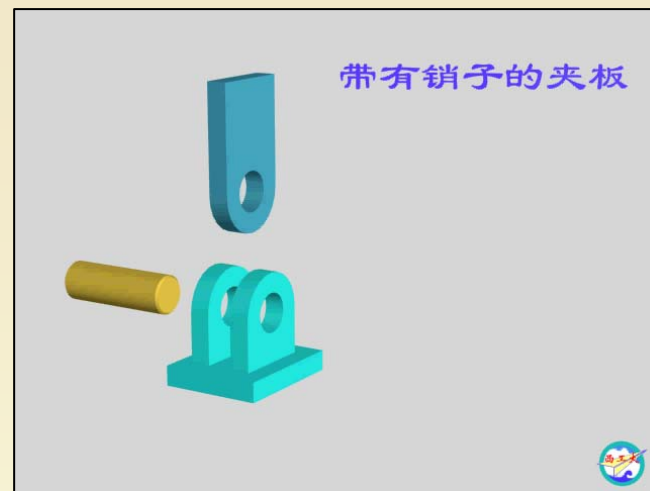
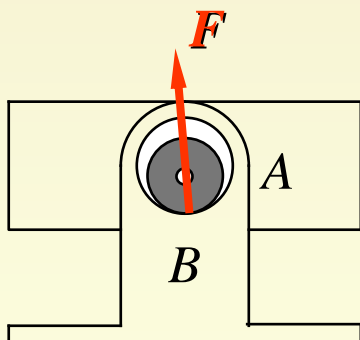
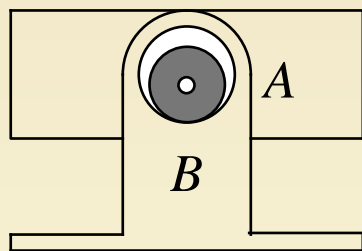
约束类型与实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 光滑圆柱铰链约束

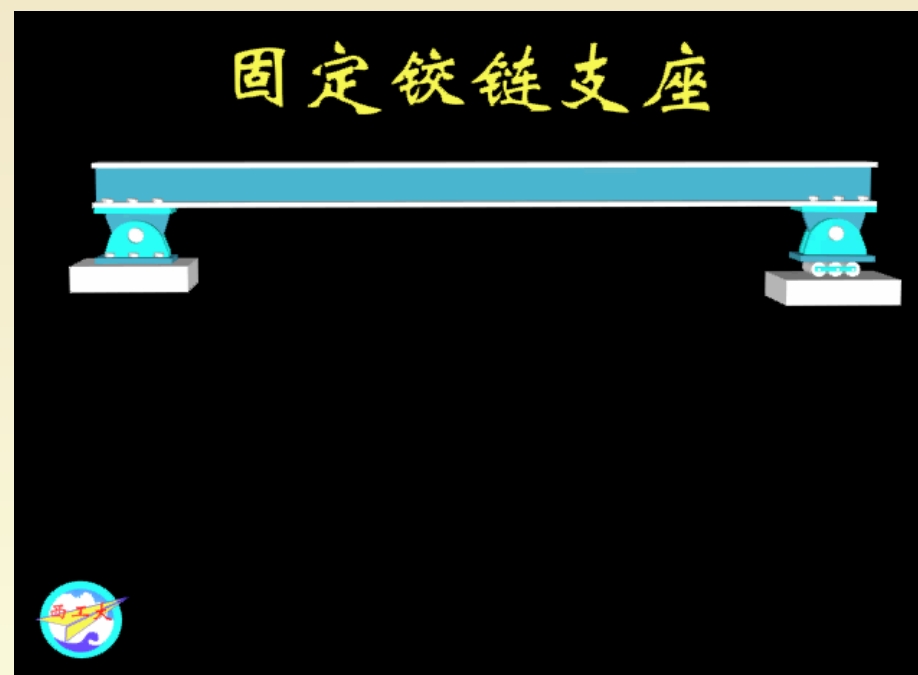
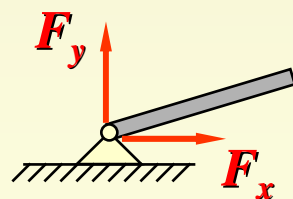
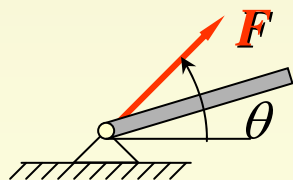
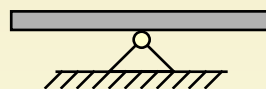
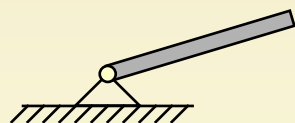


## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 光滑圆柱铰链约束

固定铰链支座

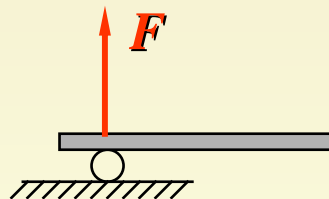
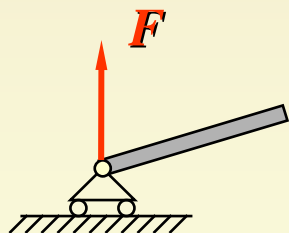


## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 光滑圆柱铰链约束

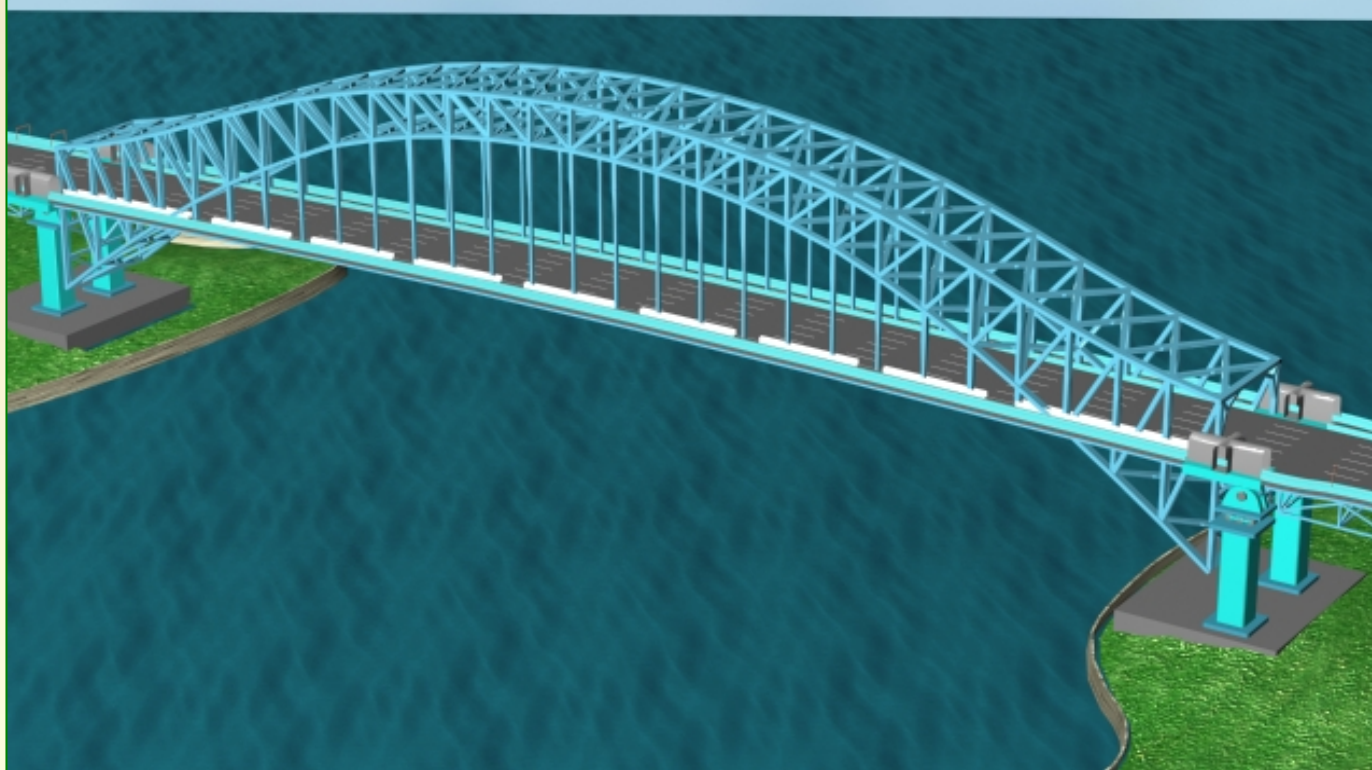
活动铰链支座



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

固定铰链支座和活动铰链支座实例





## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

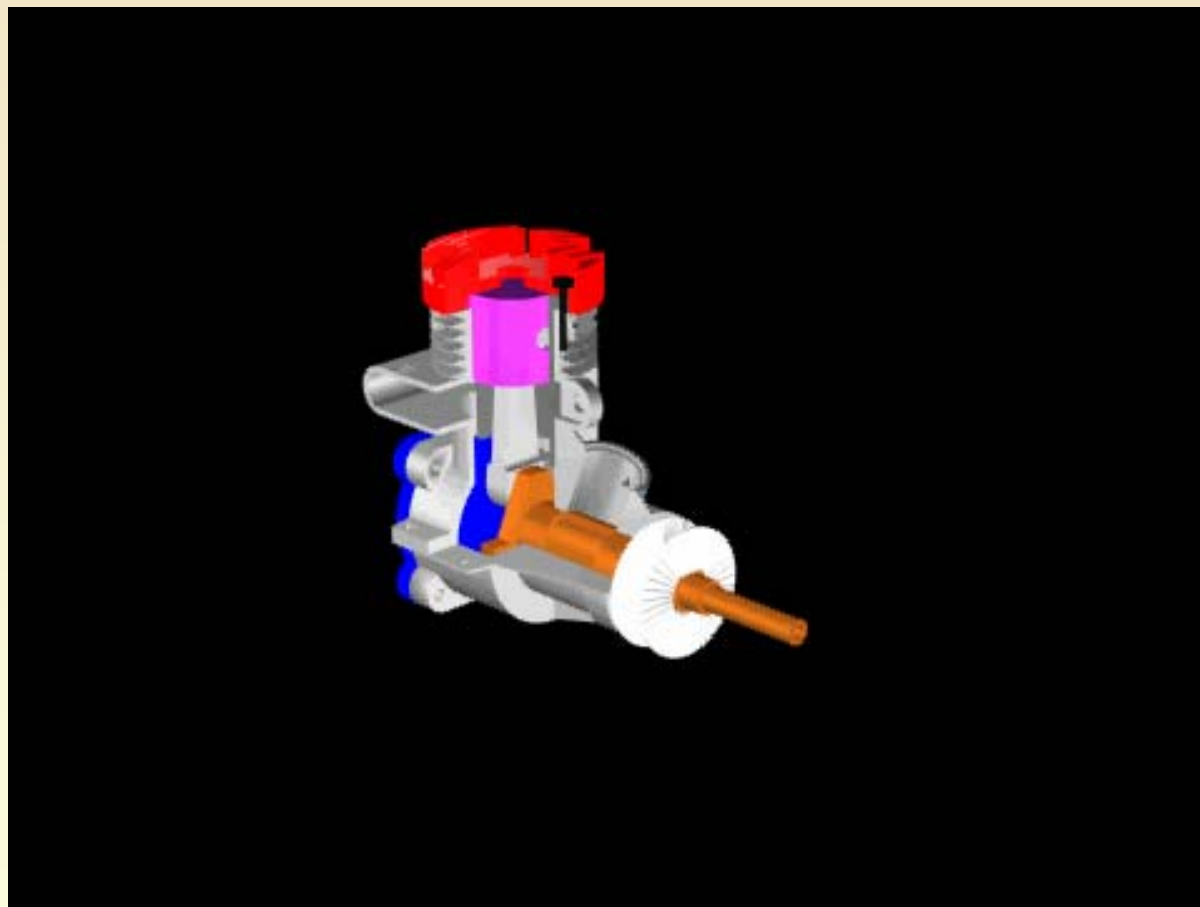


光滑圆柱铰链约束实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

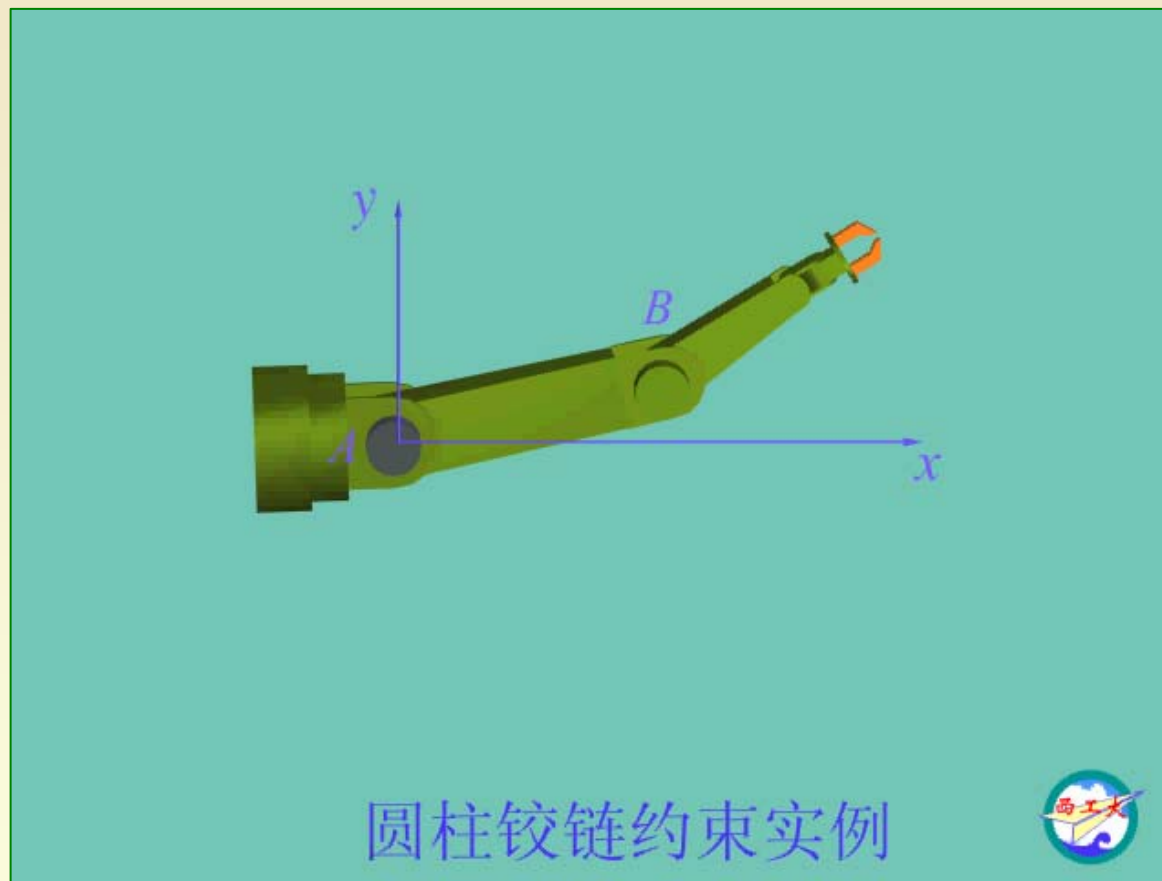


光滑圆柱铰链约束实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

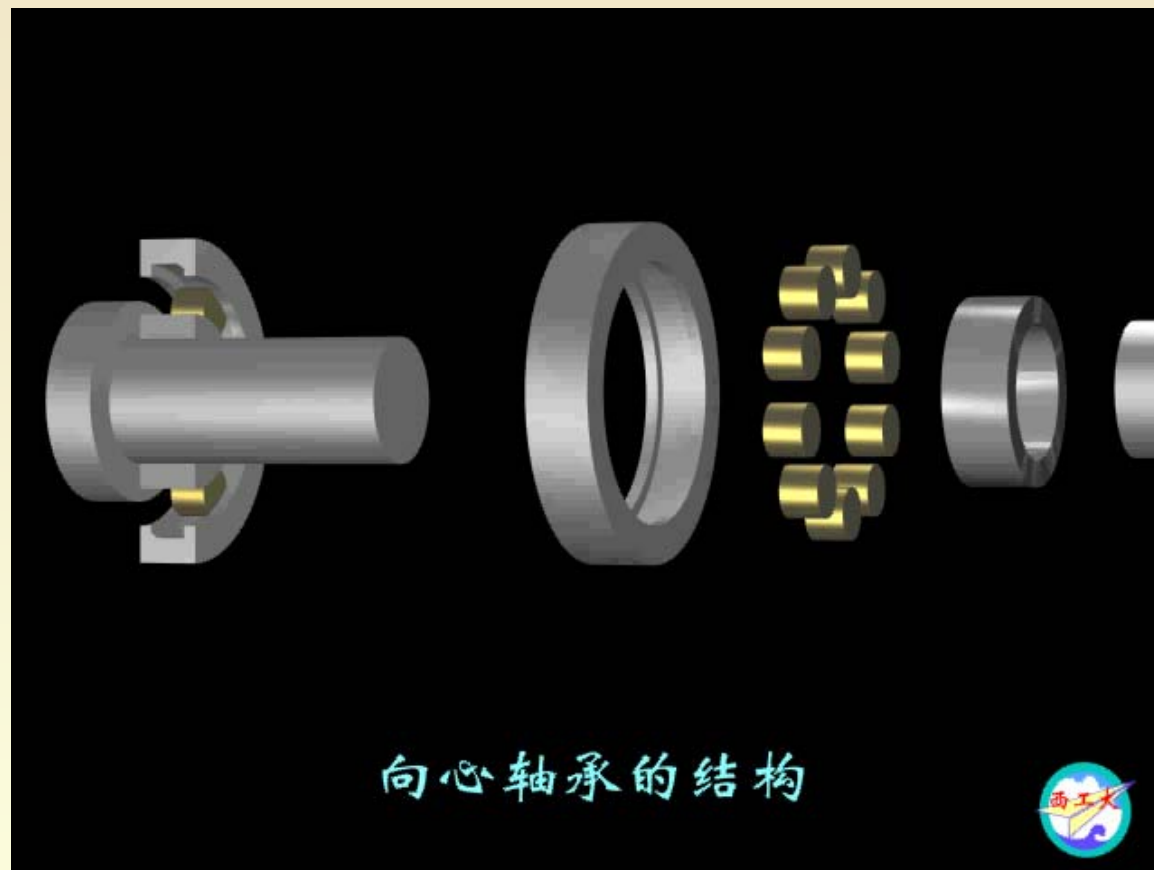


光滑圆柱铰链约束实例——蝶铰



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

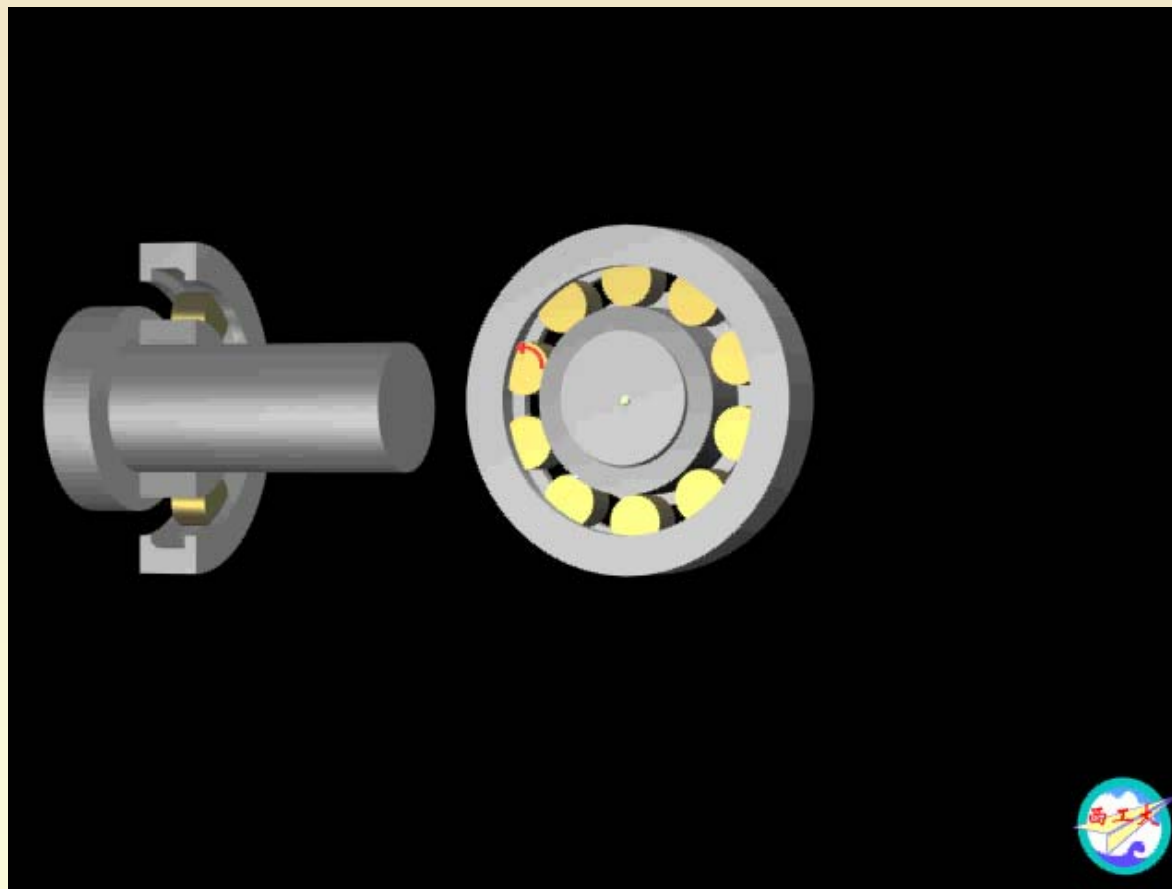


光滑圆柱铰链约束实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例



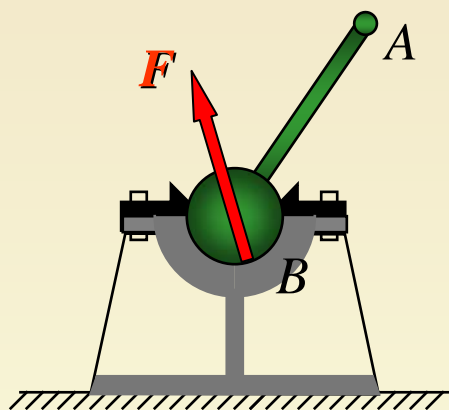
光滑圆柱铰链约束实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 光滑球铰链约束:



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例



光滑球铰链约束实例

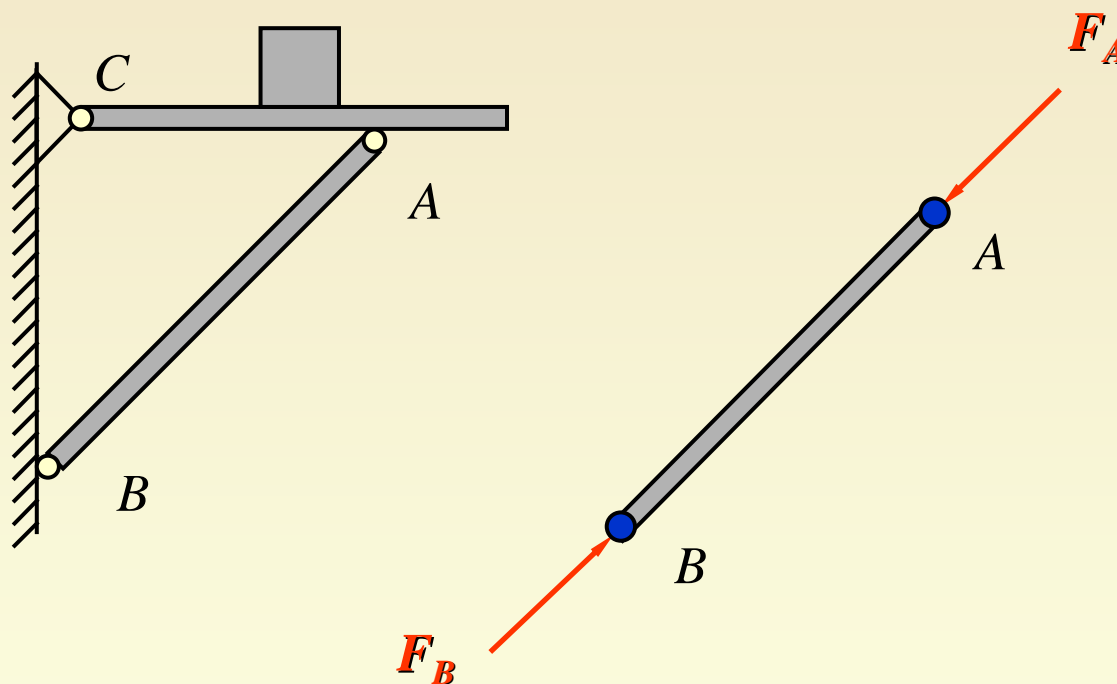




## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

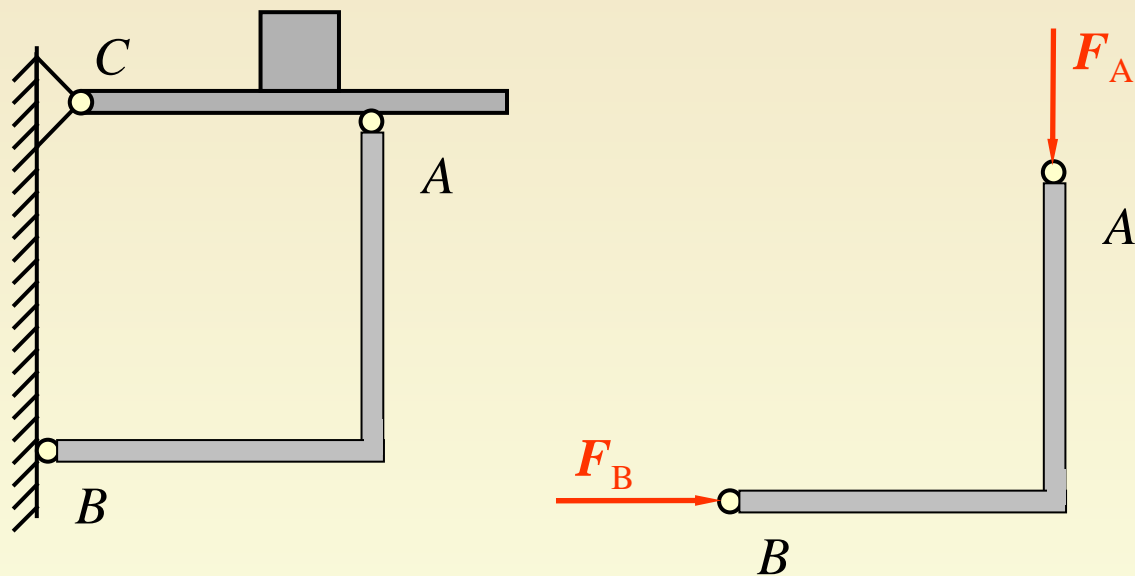
### ● 双铰链刚杆约束



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 双铰链刚杆约束



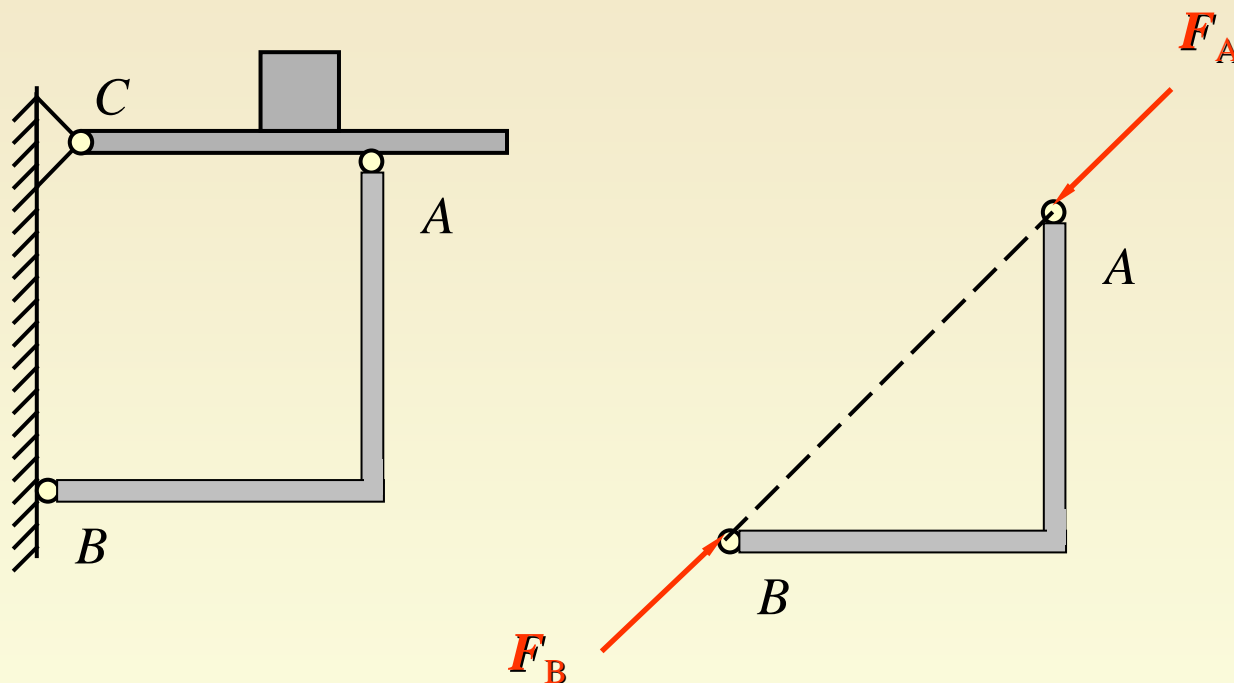
受力图正确吗？



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

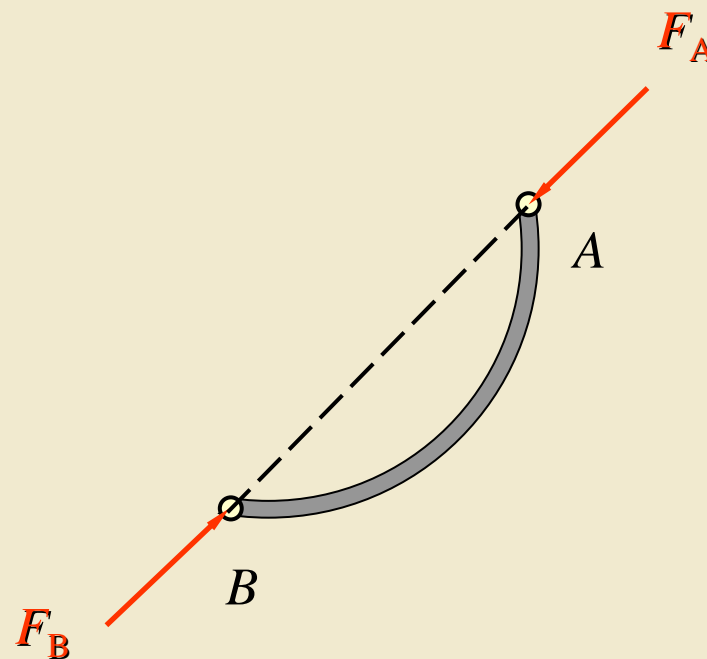
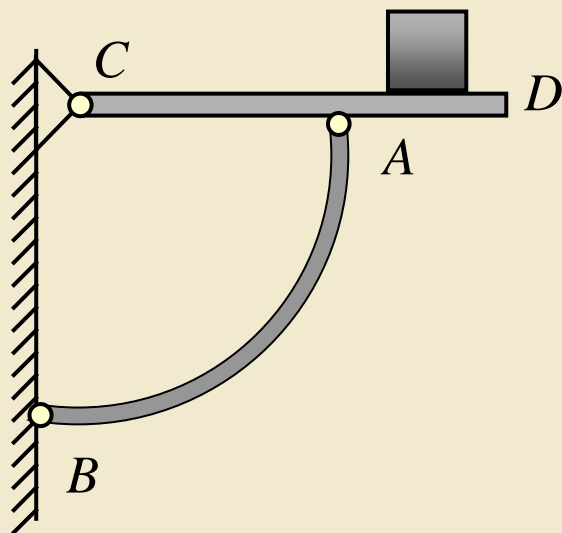
### ● 双铰链刚杆约束



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

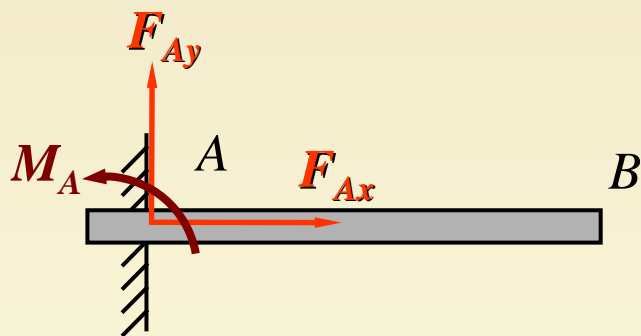
### ● 双铰链刚杆约束



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### ● 插入端约束



## § 1-4 约束和约束反力

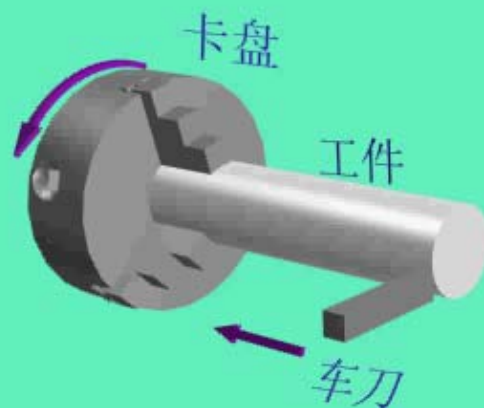
约束类型与实例



## § 1-4 约束和约束反力

约束类型与实例

### 插入端约束实例



西工大  
制作



# § 1-5 受力分析和受力图





## § 1-5 受力和受力图

受力的画法步骤:

1. 取分离体。
2. 画出对象所受的全部主动力。
3. 在存在约束的地方，按约束类型逐一画出约束反力。



## § 1-5 受力分析和受力图

### 例题 1-1

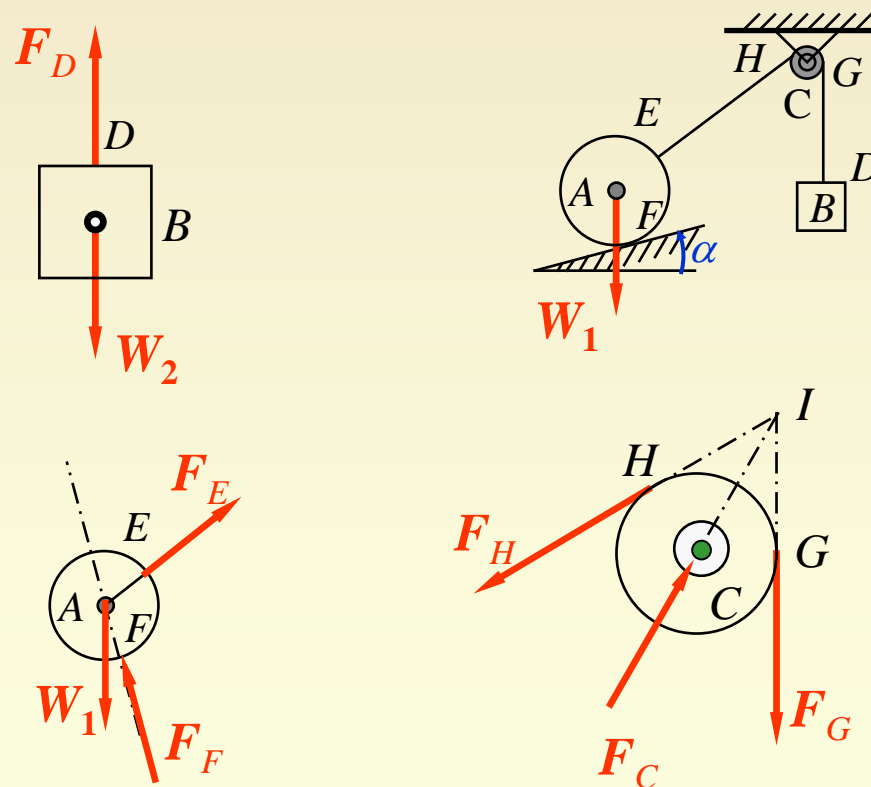
**例1-1** 在图示的平面系统中，匀质球A重 $W_1$ ，借本身重量和摩擦不计的理想滑轮C和柔绳维持在仰角是 $\alpha$ 的光滑斜面上，绳的一端挂着重 $W_2$ 的物体B。试分析物体B、球A和滑轮C的受力情况，并分别画出平衡时各物体的受力图。

**解：**

1. 物体B受力图。

2. 球A受力图。

3. 滑轮C的受力图。

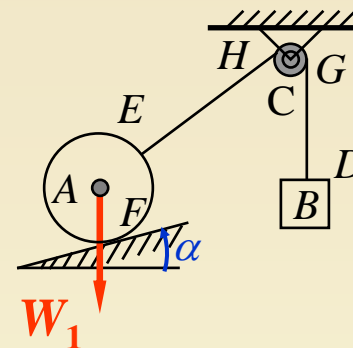
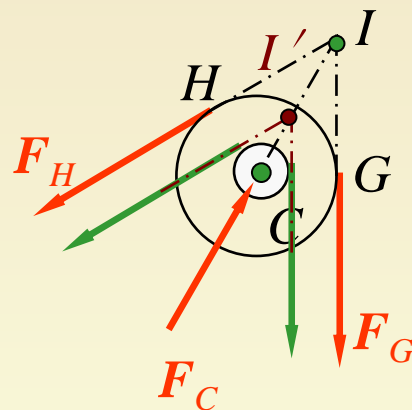
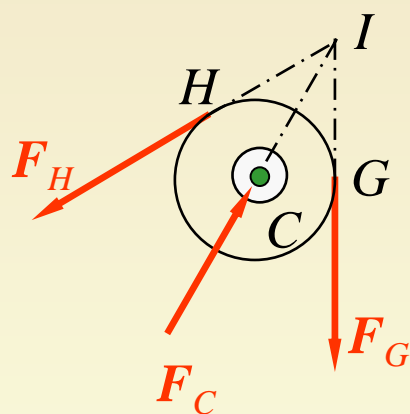


## § 1-5 受力分析和受力图

例题 1-1



讨论



理想滑轮仅改变绳子的方向，而不改变绳子拉力的大小。

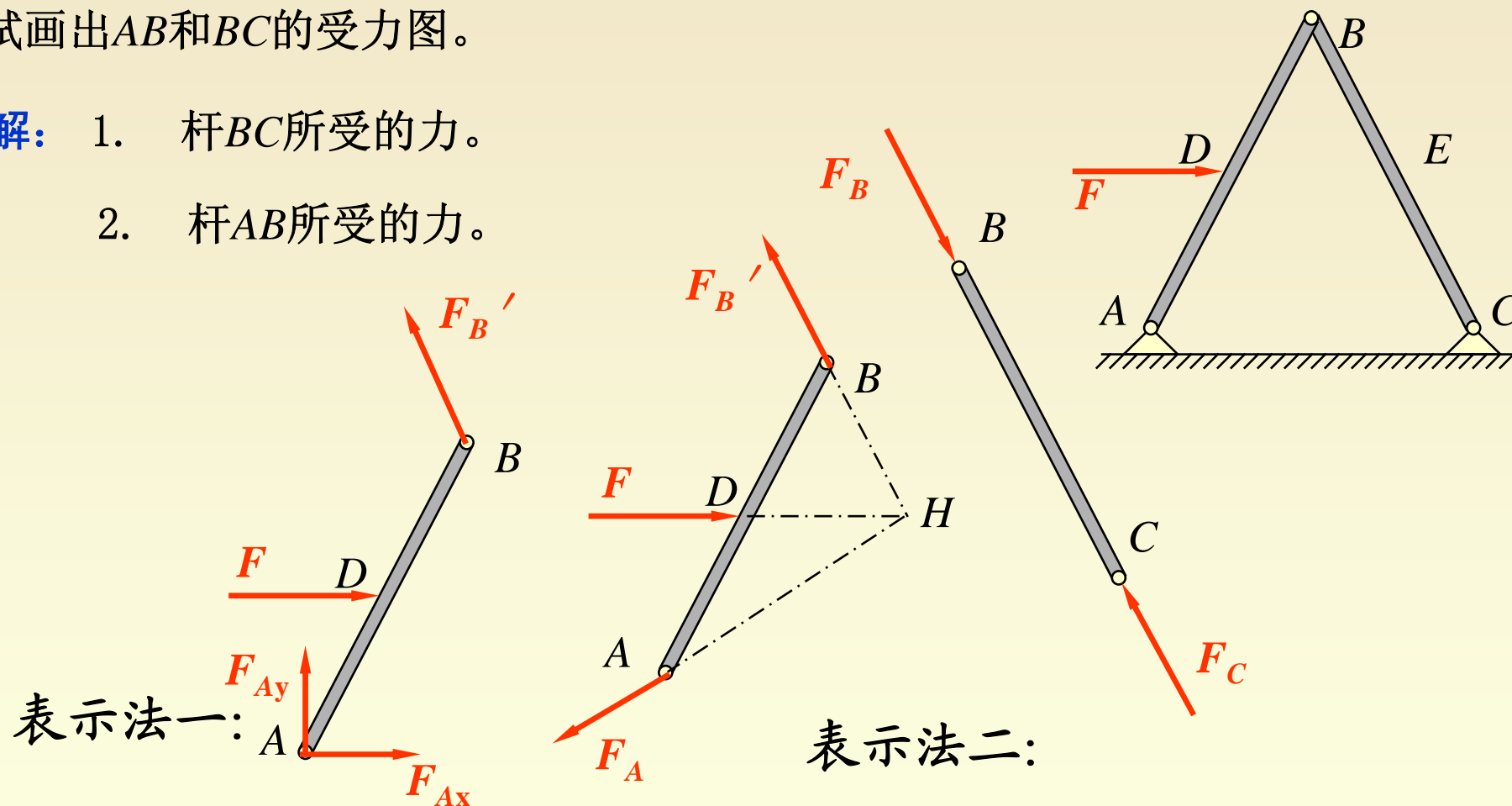


## § 1-5 受力分析和受力图

### 例题 1-2

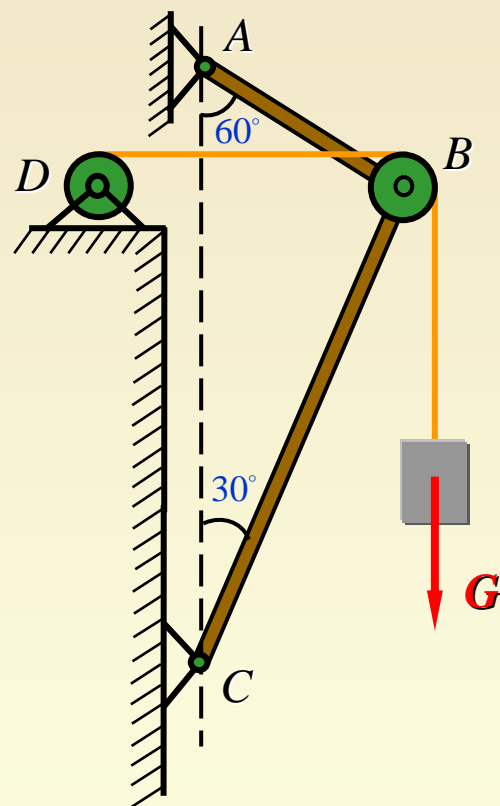
**例1-2** 等腰三角形构架ABC的顶点A, B, C都用铰链连接, 底边AC固定, 而AB边的中点D作用有平行于固定边AC的力F, 如图所示。不计各杆自重, 试画出AB和BC的受力图。

- 解:**
1. 杆BC所受的力。
  2. 杆AB所受的力。



## § 1-5 受力分析和受力图

### 例题 1-3



例1-3 如图所示，重物重 $G = 20 \text{ kN}$ ，用钢丝绳挂在支架的滑轮 $B$ 上，钢丝绳的另一端绕在铰车 $D$ 上。杆 $AB$ 与 $BC$ 铰接，并以铰链 $A$ ， $C$ 与墙连接。如两杆与滑轮的自重不计并忽略摩擦和滑轮的大小，试画出杆 $AB$ 和 $BC$ 以及滑轮 $B$ 的受力图。



## § 1-5 受力分析和受力图

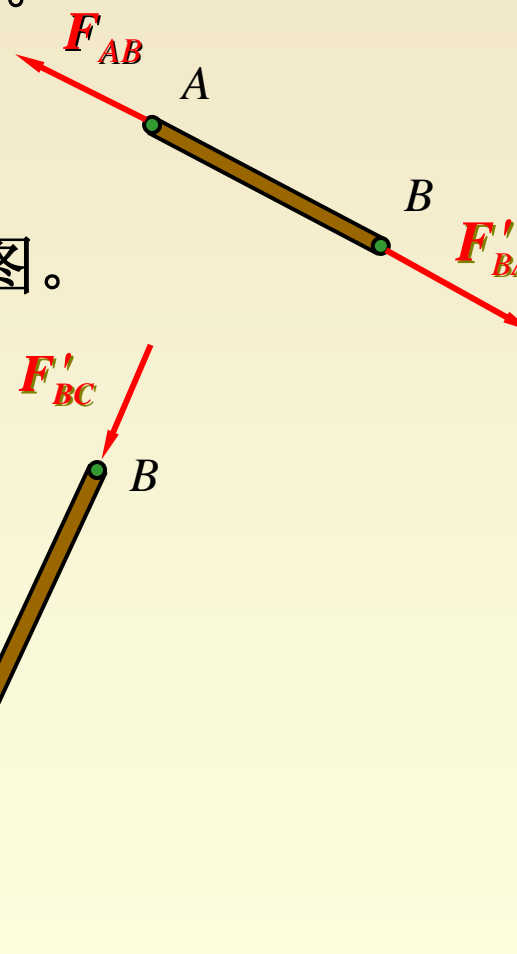
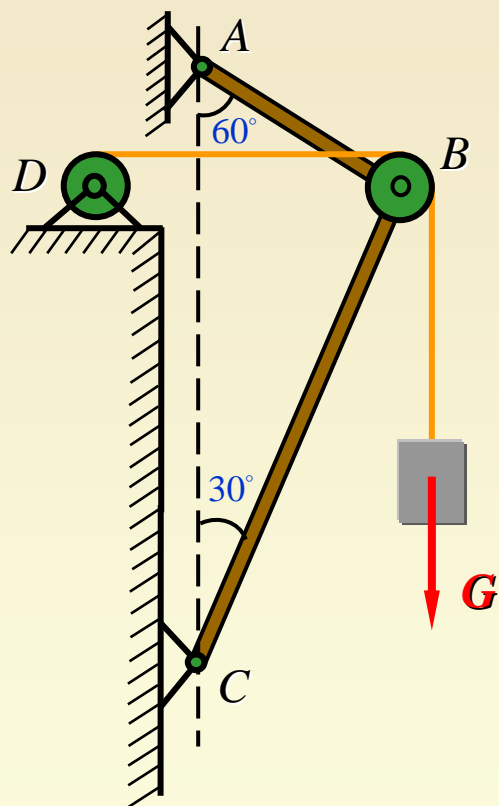


例题 1-3

解:

1. 杆AB的受力图。

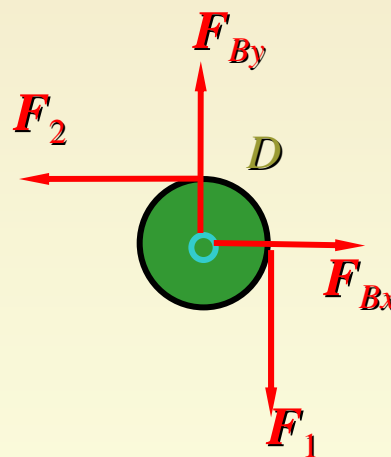
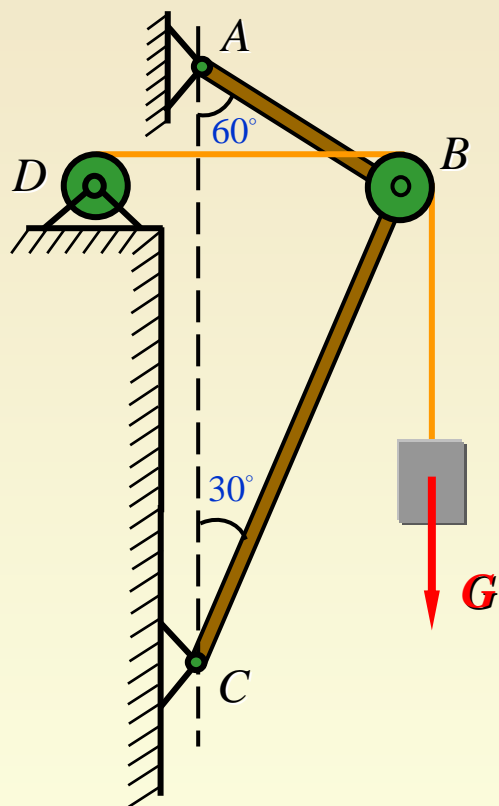
2. 杆BC的受力图。



## § 1-5 受力和受力图

例题 1-3

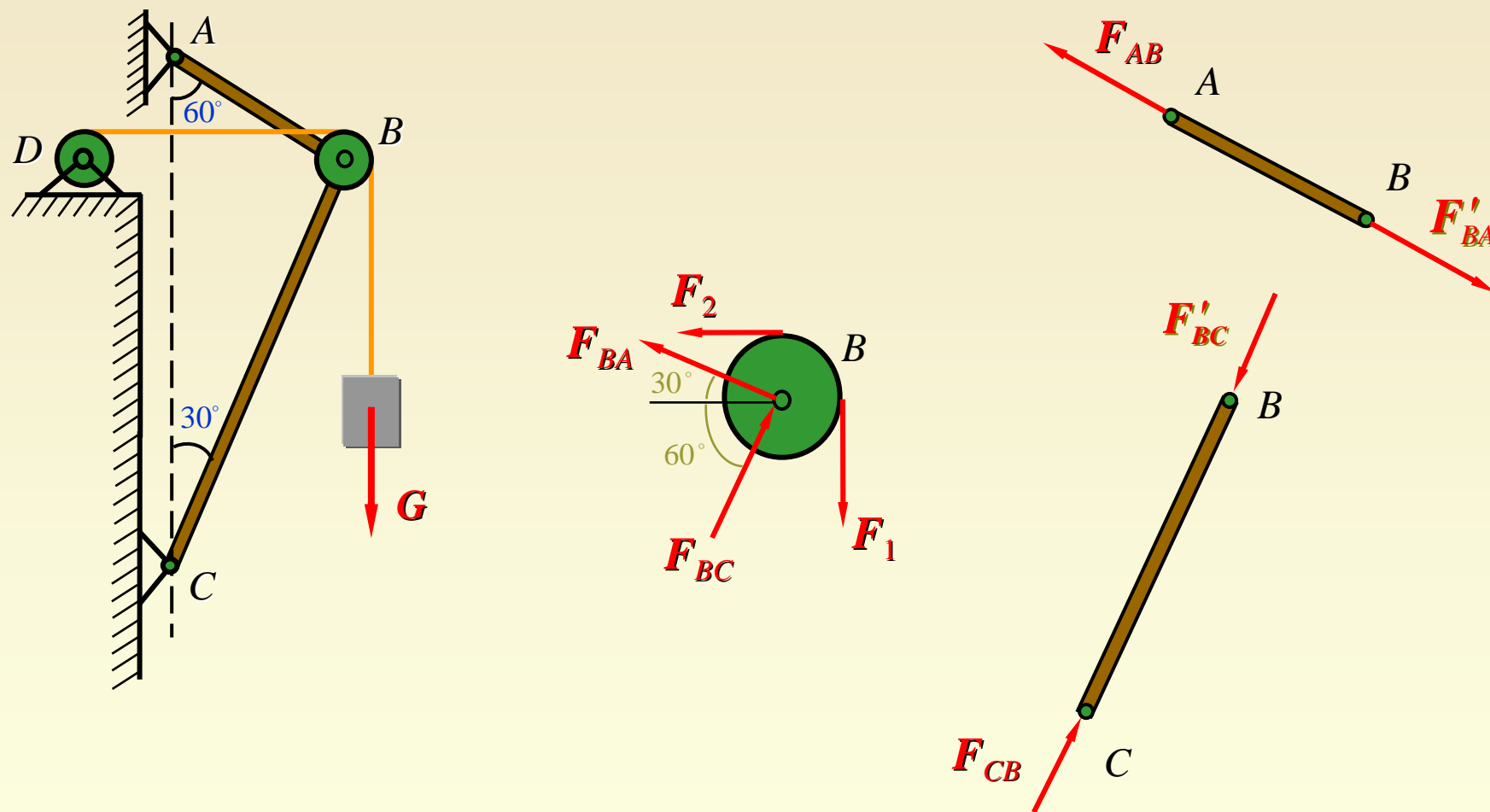
3. 滑轮B（不带销钉）的受力图。



## § 1-5 受力和受力图

例题 1-3

### 4. 滑轮B（带销钉）的受力图。





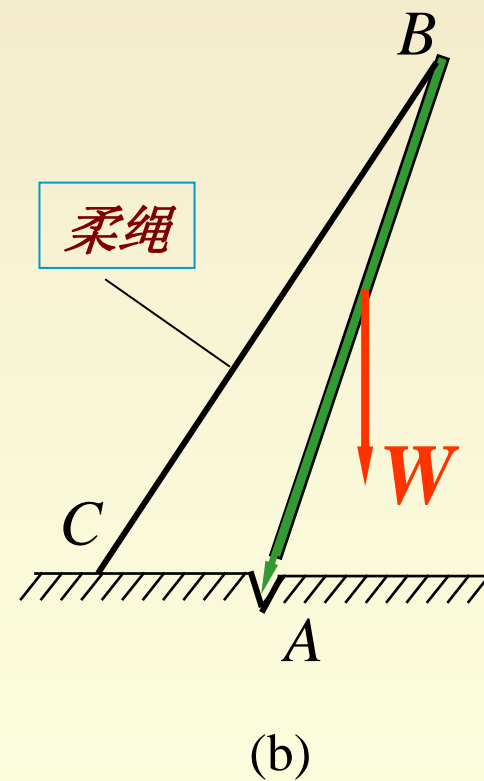
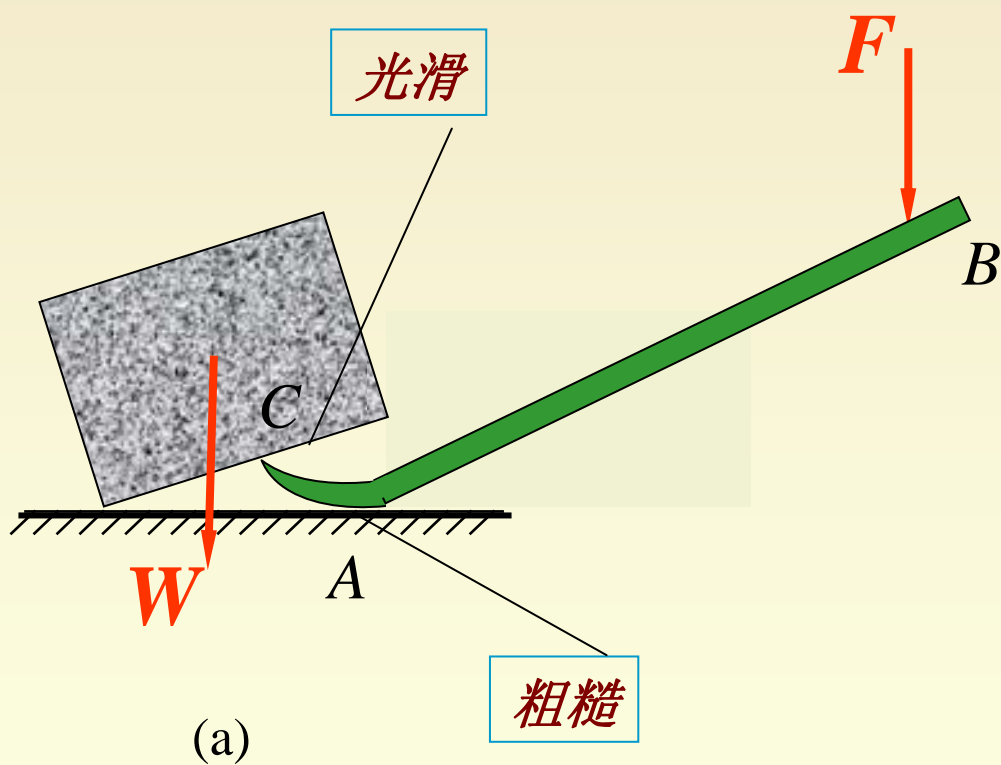
## § 1-5 受力分析和受力图

思考题



思考题

画出杆AB的受力图。

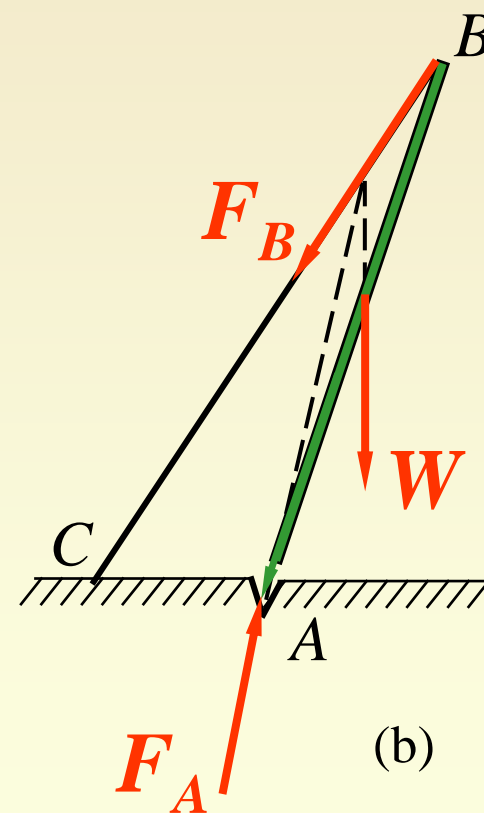
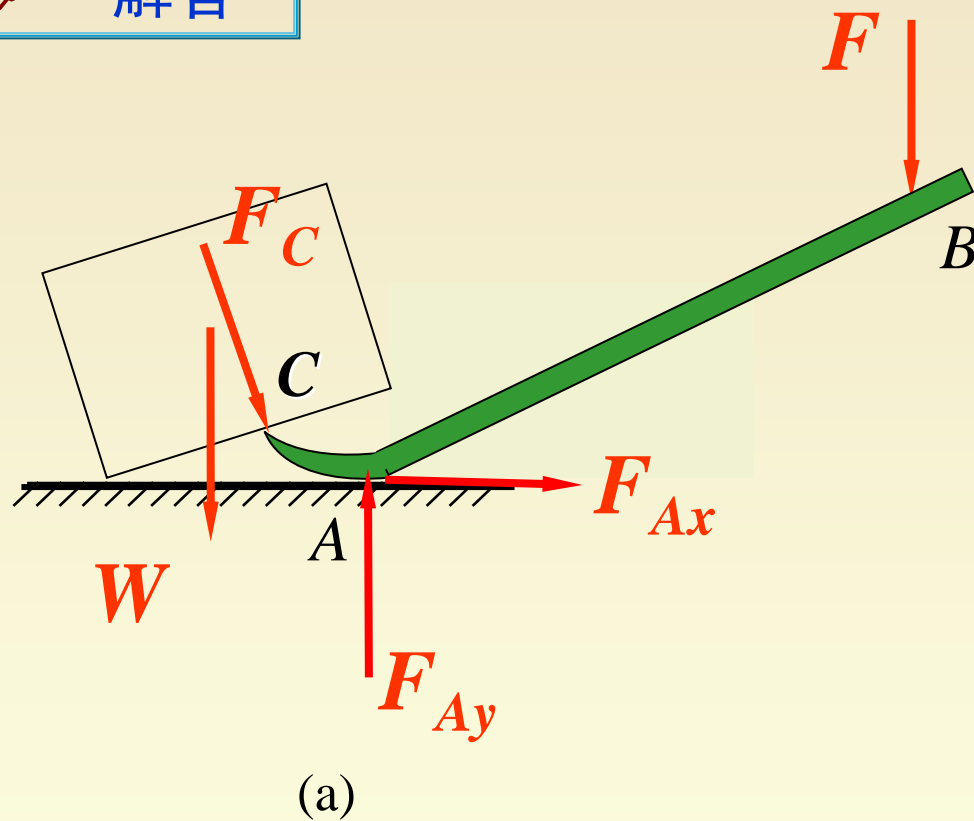


## § 1-5 受力分析和受力图

思考题



解答

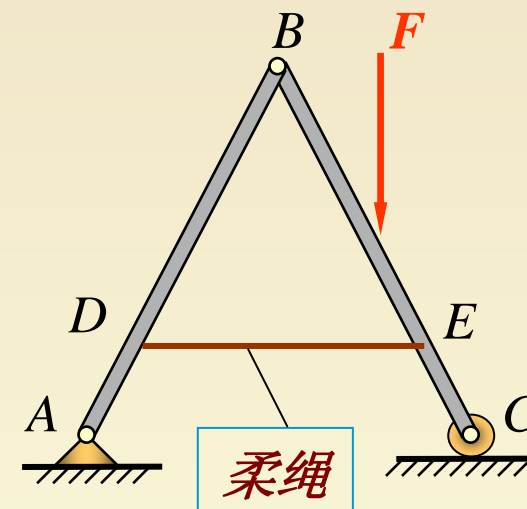
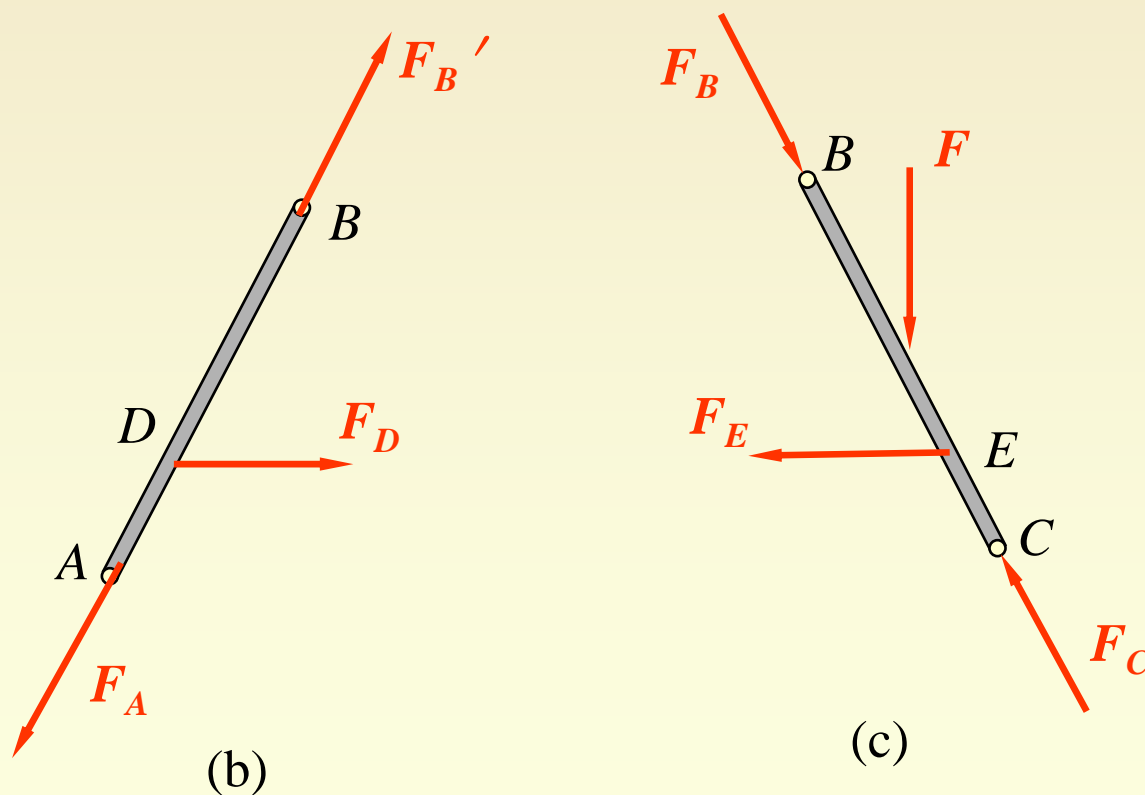


## § 1-5 受力分析和受力图

思考题

思考题

图 (b), (c) 受力图正确吗 ?



(a)

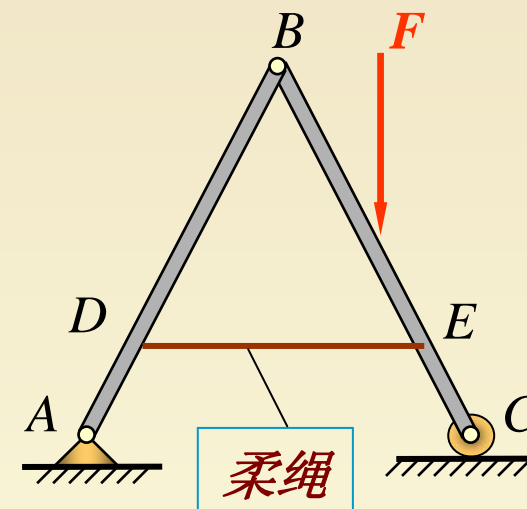
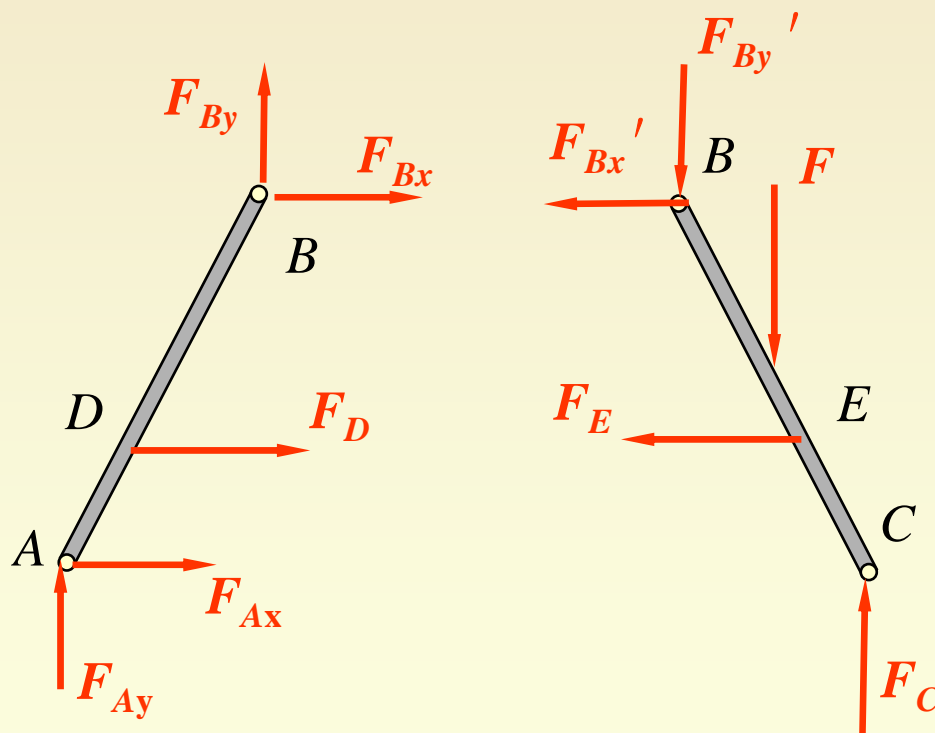


## § 1-5 受力分析和受力图

思考题



解答



# 谢谢使用

