

# 物体的受力分析与受力图

黄洁宁

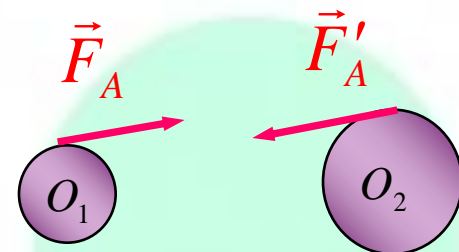
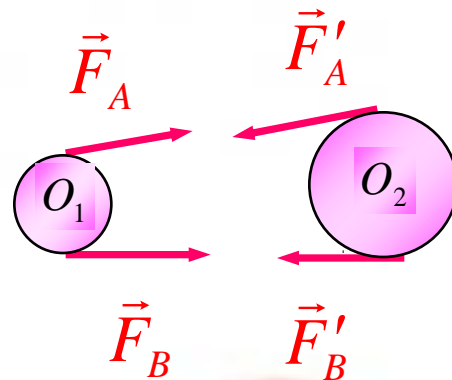
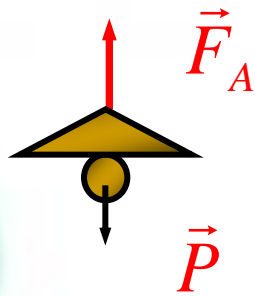


柔性体约束：

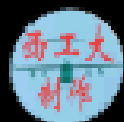
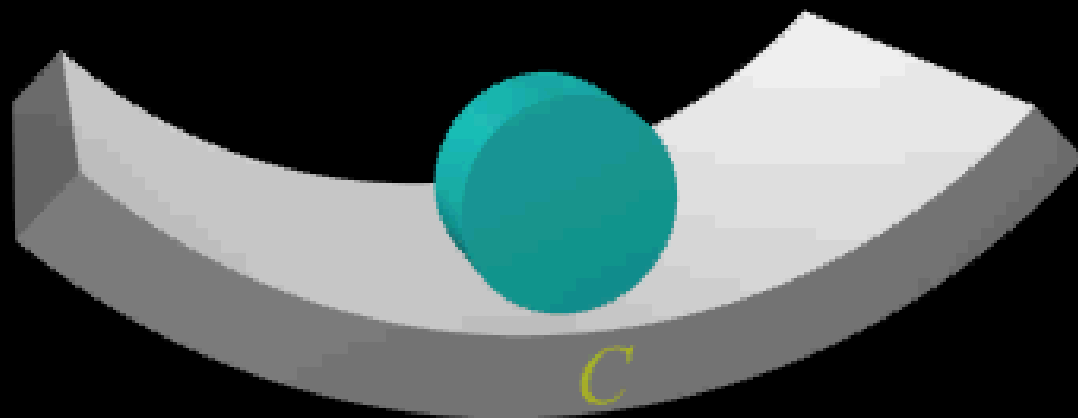
约束特征：只限制物体沿柔性体伸长方向的运动。

反力特征：方位—沿柔性体轴线

指向—背离被约束物体（受拉）



# 光滑接触面约束

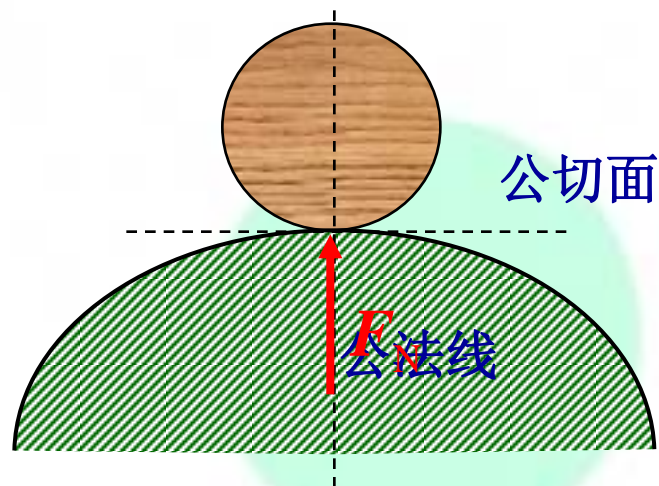
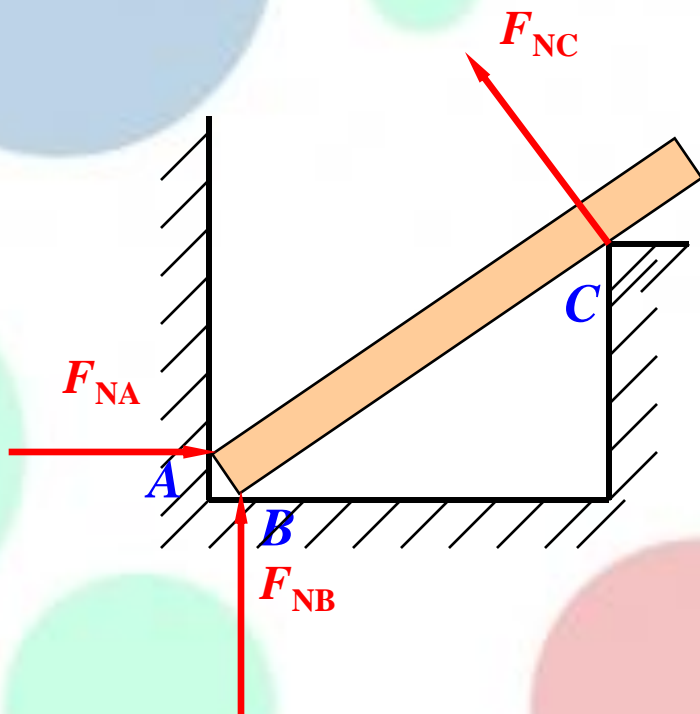


## 2、光滑面约束：

**约束特征**：只限制物体沿公法线趋向于支承面方向的运动。

**反力特征**：方位—沿接触处的公法线。

指向—指向被约束物体（受压）。



# 首都机场候机楼顶棚拱架支座



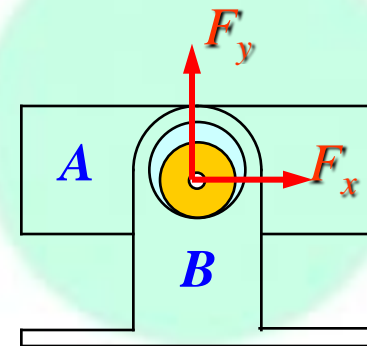
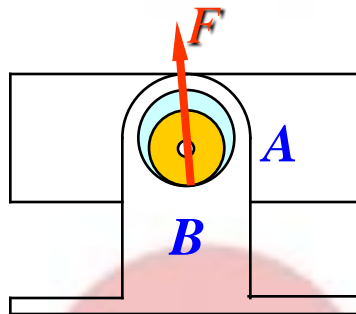
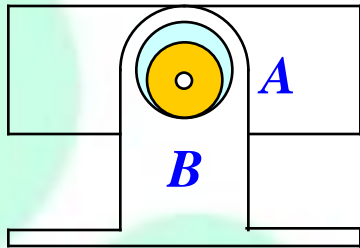
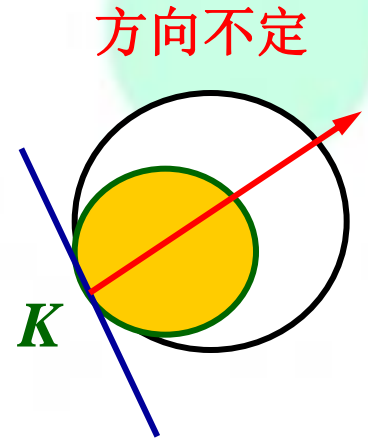
### 3、圆柱铰链约束特征：

**约束特征：** 只限制物体沿圆柱形径向的运动。不限制其轴向和绕轴的转动运动。

本质上属光滑面约束。

**反力特征：** 方位— 沿销钉的径向

指向— 指向不定（假定两互相垂直分量）



# 链杆



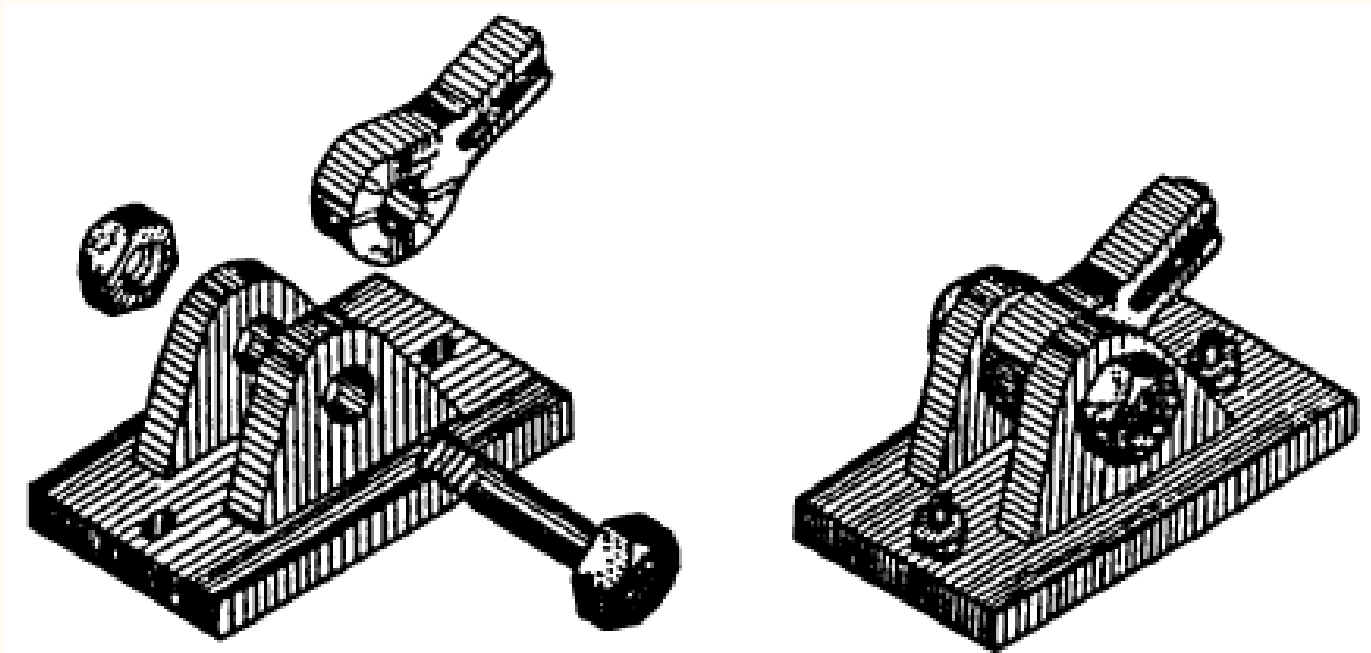


#### 4、链杆约束特征：

**约束特征**：只限制物体沿杆轴线方向的运动。

**反力特征**：方位—沿链杆的轴线方向（或两铰链的连线方向）；

指向—指向不定（通常假定）。



(a)

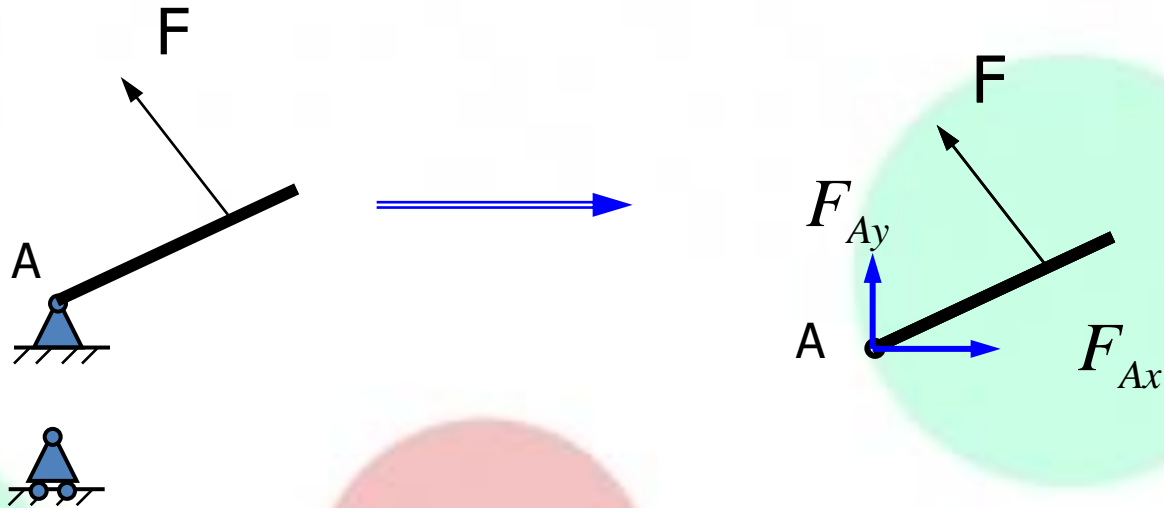
(b)

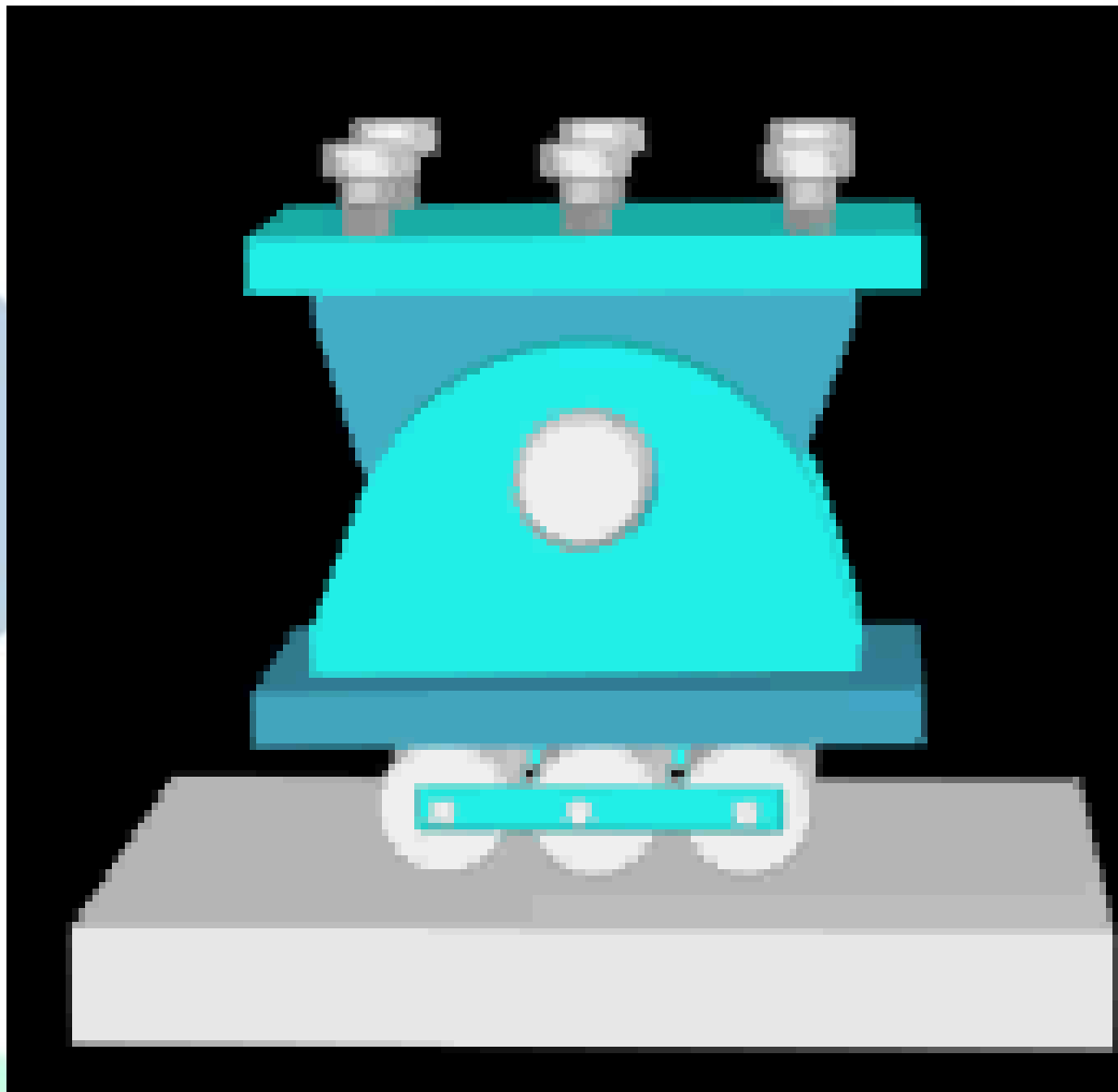
## 5、固定铰支座特征：

**约束特征** 只限制物体平面内移动，不限制转动。

**反力特征** :方位—通过铰链中心；

指向—指向不定（通常假定）。





## 6、滚动支座约束特征小结：

**约束特征**：只限制垂直于支承面方向的运动。

**反力特征**：方位—通过销钉中心，垂直于支承面。

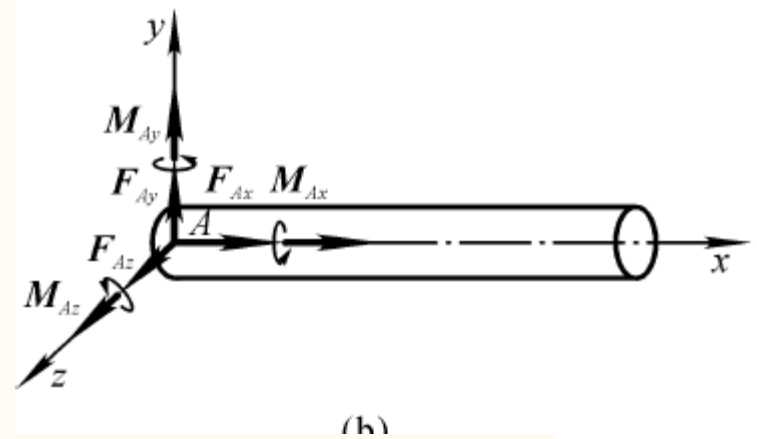
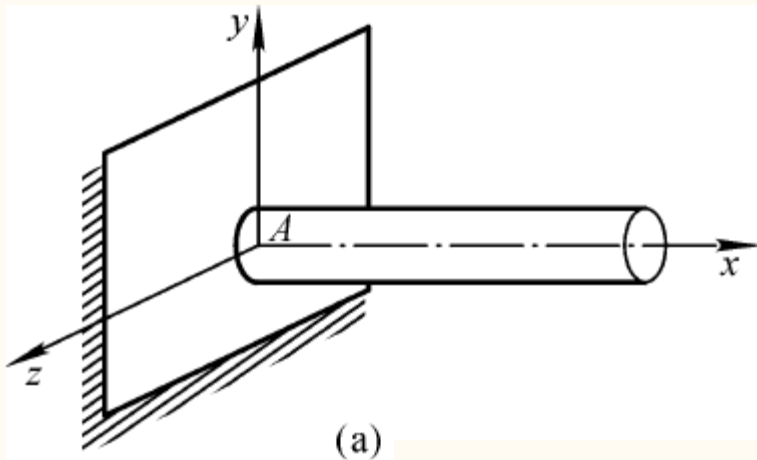
指向—指向待定（常假定）。



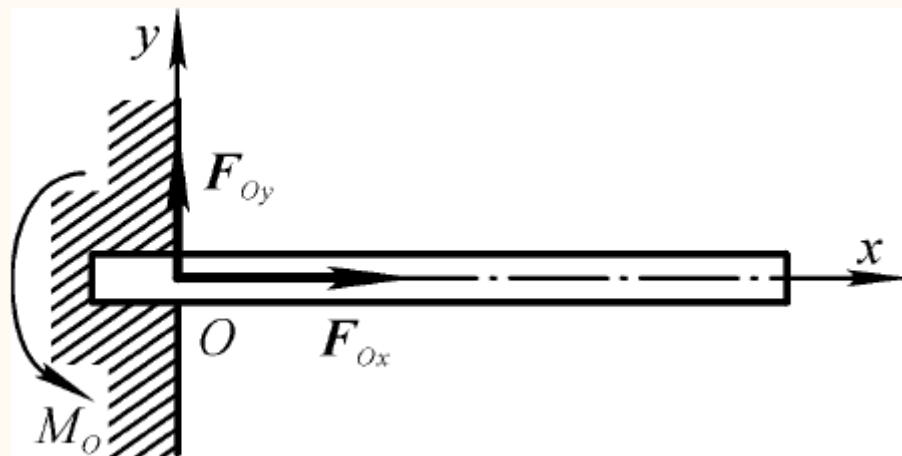
## 7、固定端约束

限制物体沿任何方向的移动，也能限制物体在约束处的转动。

空间：



平面：





# 1.4 物体的受力分析与受力图

## 1.4.1 物体的受力分析

解决力学问题时，首先要选定需要进行研究的物体，即选择研究对象；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。

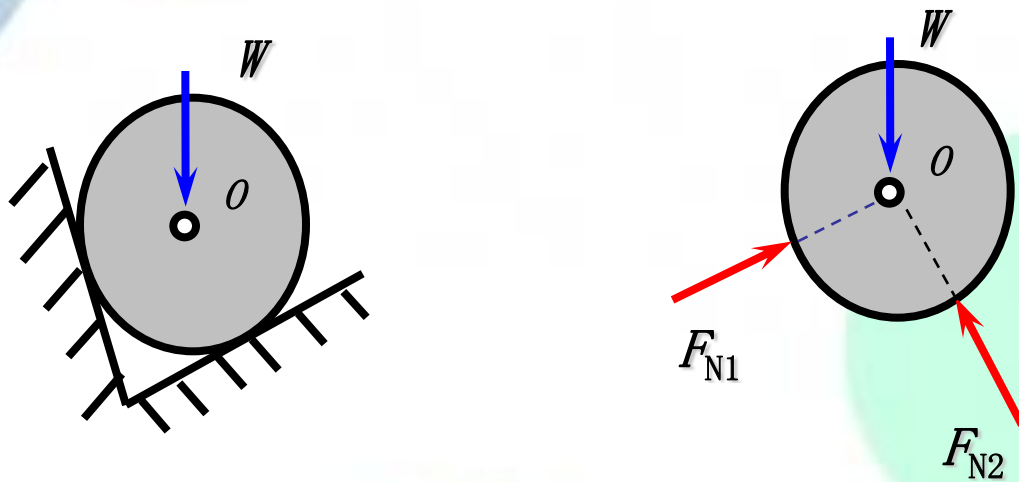
作用在物体上的力有：一类是：主动力，如重力，风力，气体压力等。

二类是：被动力，即约束反力。



## 1.4.2 分离体和受力图

1. 分离体 解除约束后的物体，称为分离体。
2. 受力图 在分离体上画出全部主动力和约束力，这样的受力简图，称为受力图。





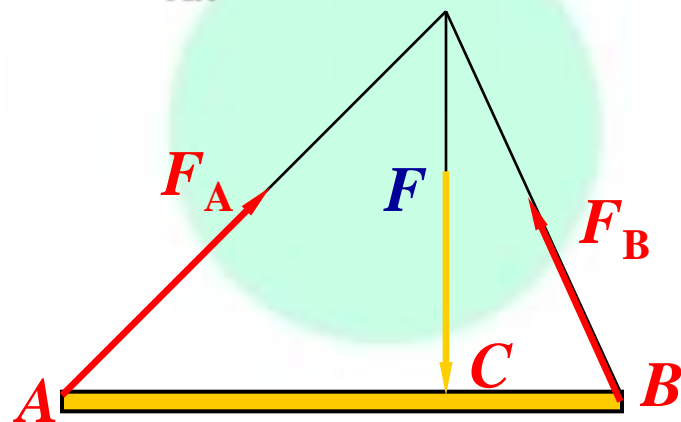
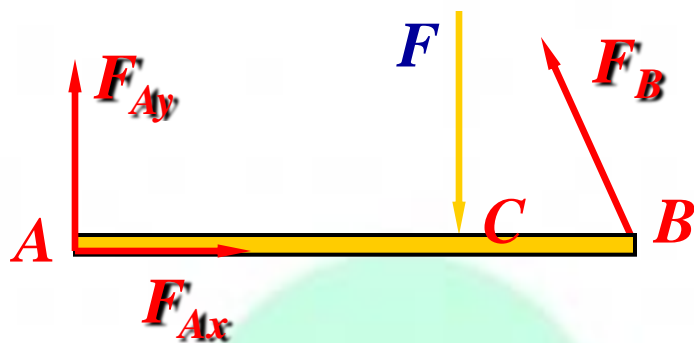
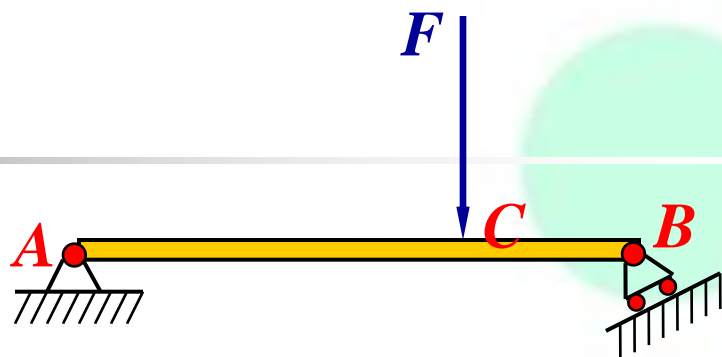
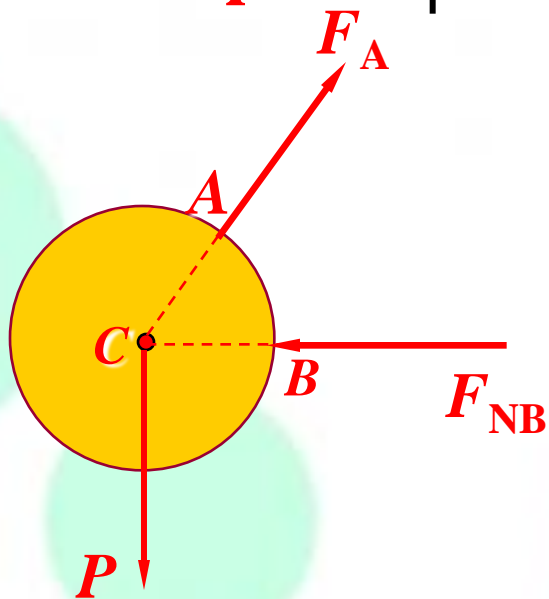
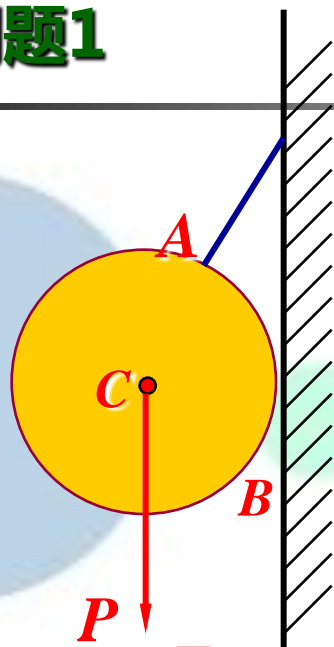
### 1.4.3 画受力图的步骤

---

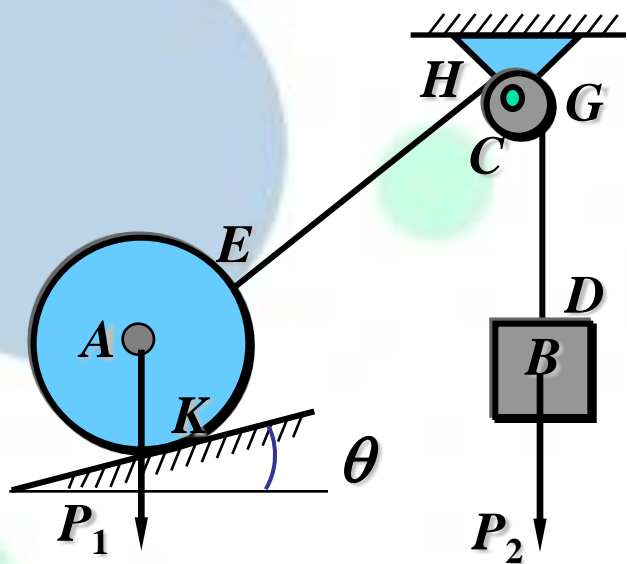
- 1、选定合适的研究对象；
- 2、将研究对象取出，确定分离体；
- 3、画出所有作用在分离体上的主动力（一般皆为已知力）；
- 4、在分离体的所有约束处，根据约束的性质画出约束力。

### 例题1

### 例题2

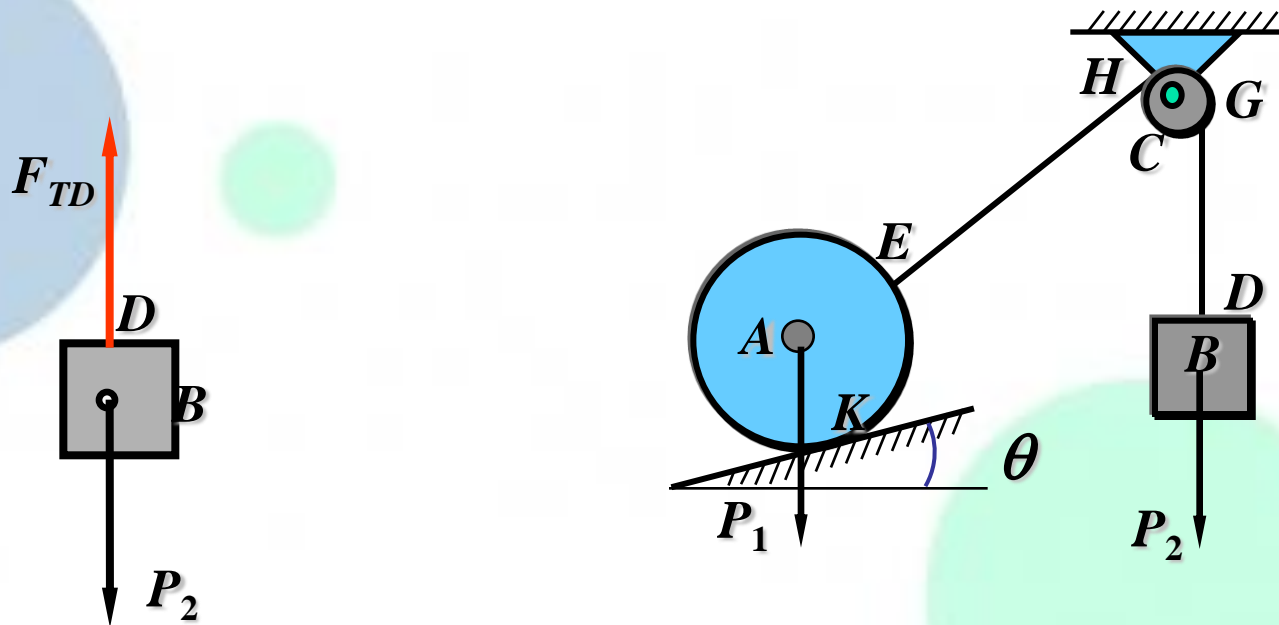


### 例题3

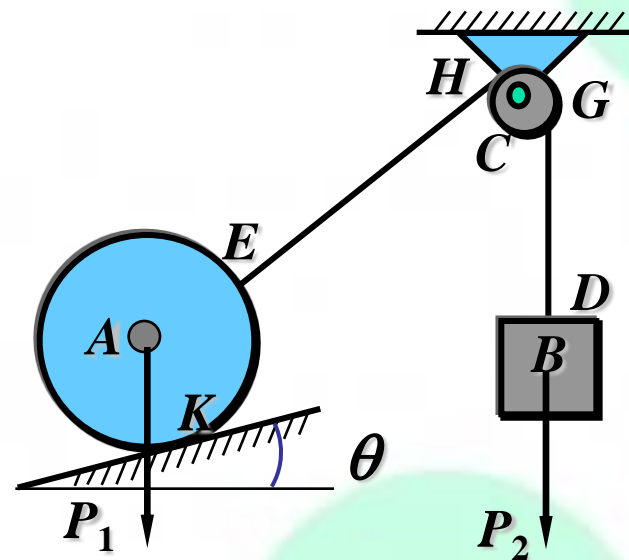
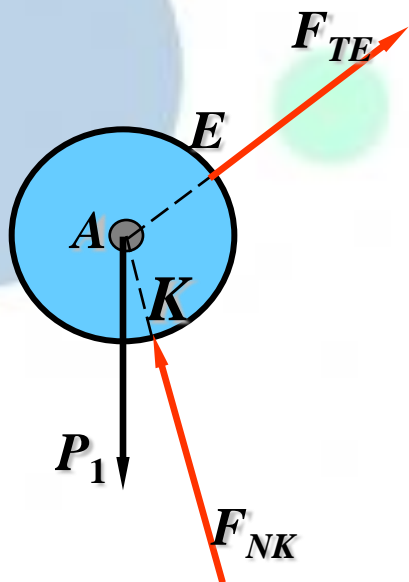


在图示的平面系统中，匀质球  $A$  重  $P_1$ ，物块  $B$  重  $P_2$ ，借其本身重量与滑轮  $C$  和柔绳维持在仰角是  $\theta$  的光滑斜面上。试分析物块  $B$ ，球  $A$  的受力情况，并分别画出平衡时它们的受力图。

解：1. 物块  $B$  的受力图。

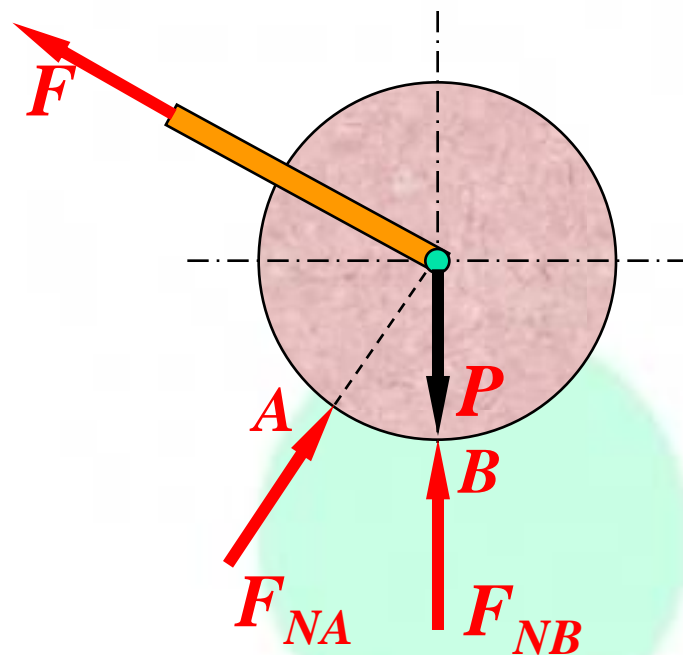
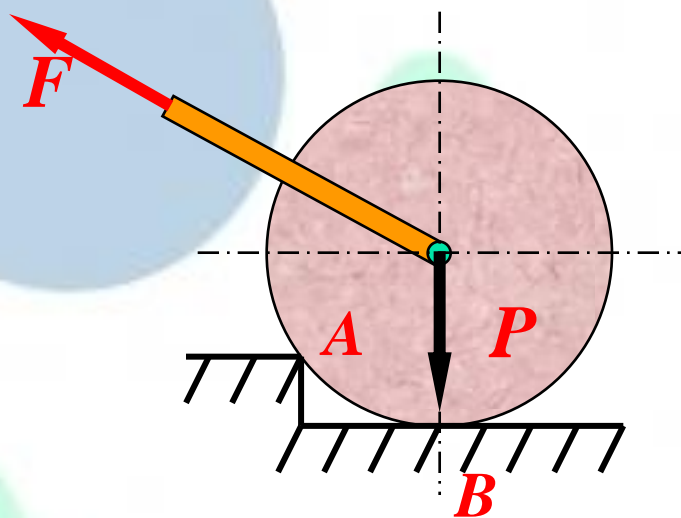


## 2. 球 A 的受力图。



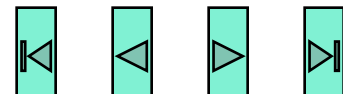
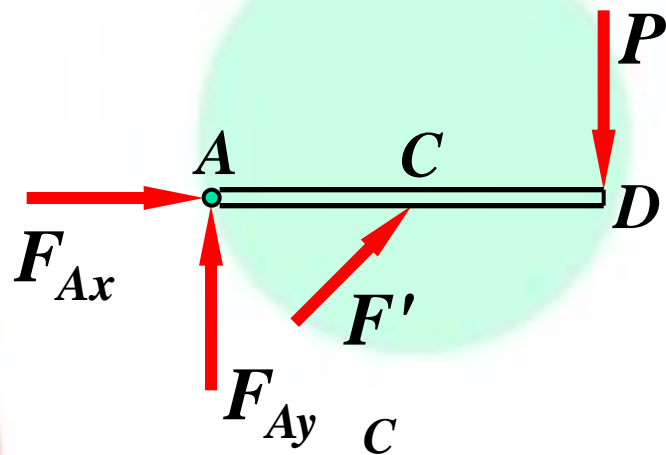
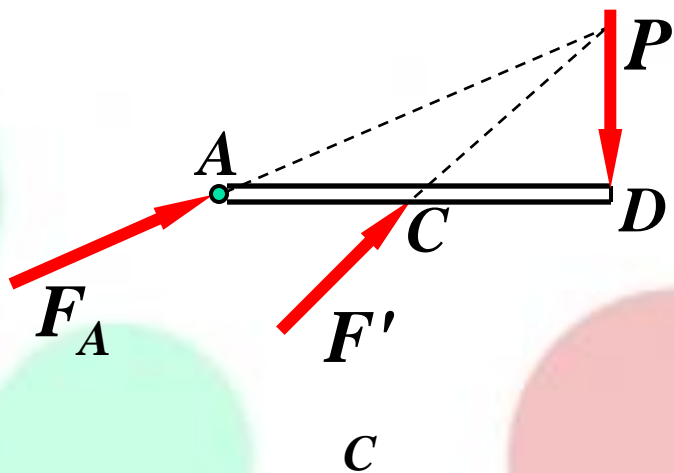
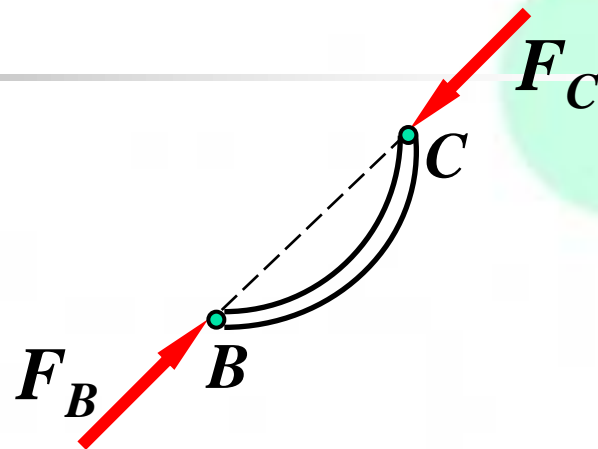
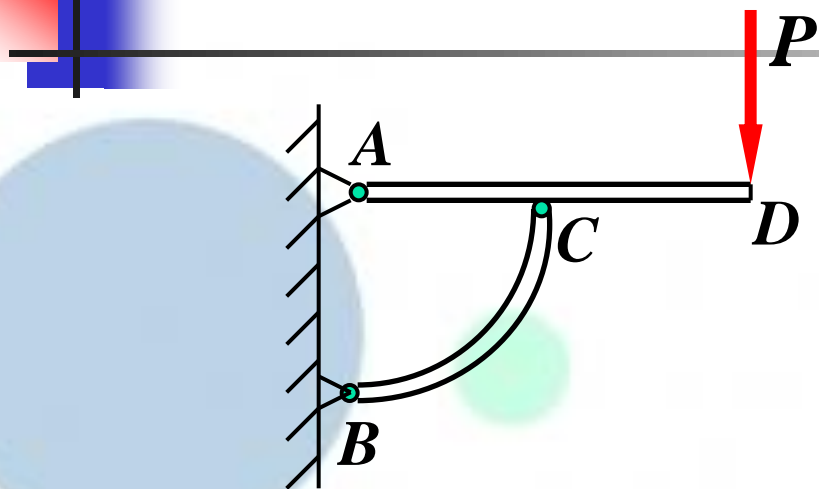
# 练习1

用力  $F$  拉动碾子以轧平路面，重为  $P$  的碾子受到一石块的阻碍，如图所示。试画出碾子的受力图。



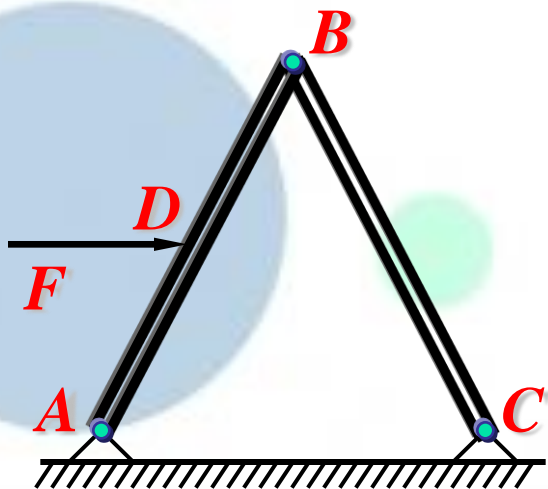
解：确定研究对象  
取分离体  
画出主动力  
画出约束力

# 例题4 试画出各构件的受力图



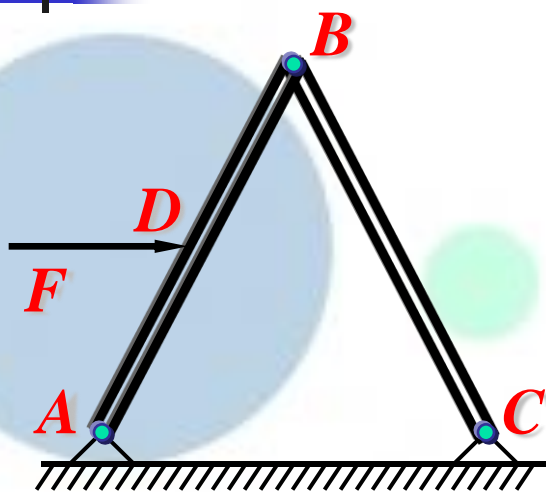


## 练习2

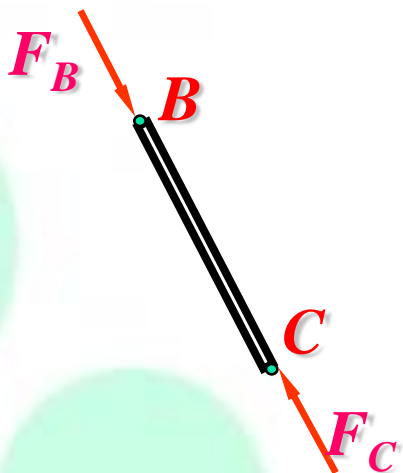


等腰三角形构架  $ABC$  的顶点  $A$ ,  $B$ ,  $C$  都用光滑铰链连接, 底边  $AC$  固定, 而  $AB$  边的中点  $D$  作用有平行于固定边  $AC$  的力  $F$ , 如图所示。不计各杆自重, 试画出杆  $AB$  和  $BC$  的受力图。

解：1. 杆  $BC$  的受力图。

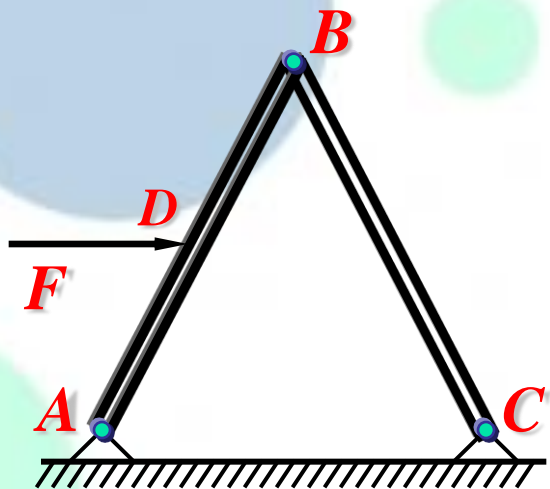


杆两端  $B$ 、 $C$  为光滑铰链连接，当杆自重不计时，根据二力平衡公理知  $B$ 、 $C$  两处的约束力  $F_B$ 、 $F_C$  必是沿  $BC$  且等值反向。

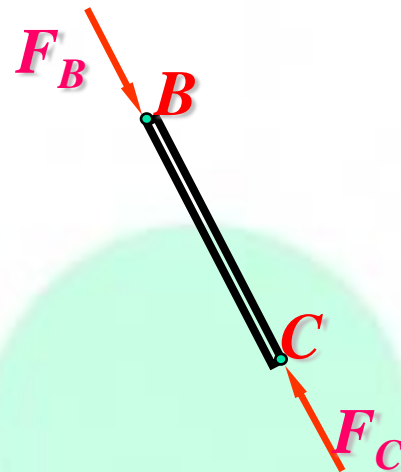
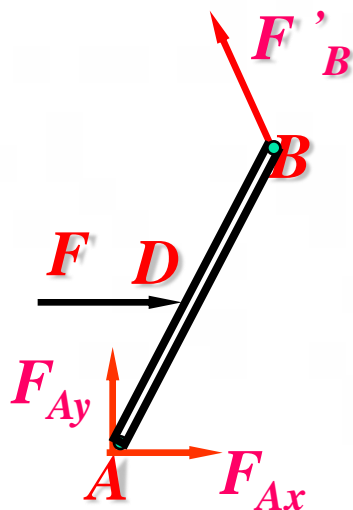


工程中有时把二力杆作为一种约束对待。

## 2. 杆AB 的受力图



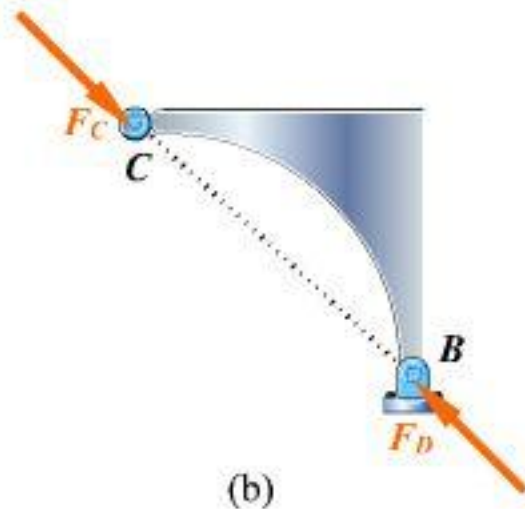
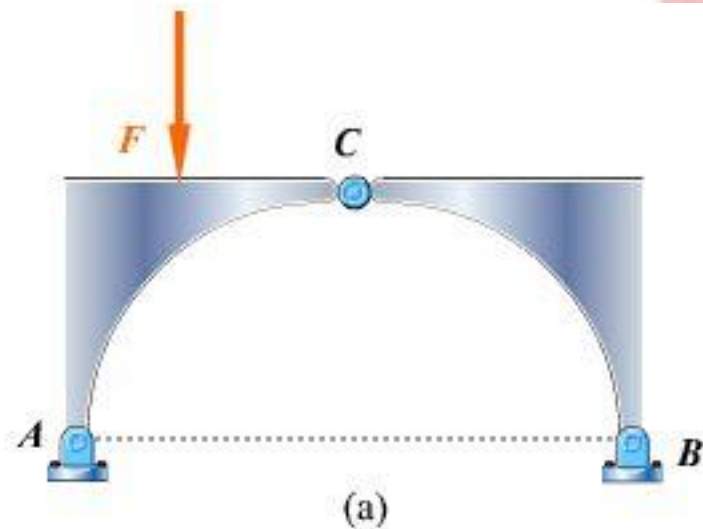
作用力和反作用力



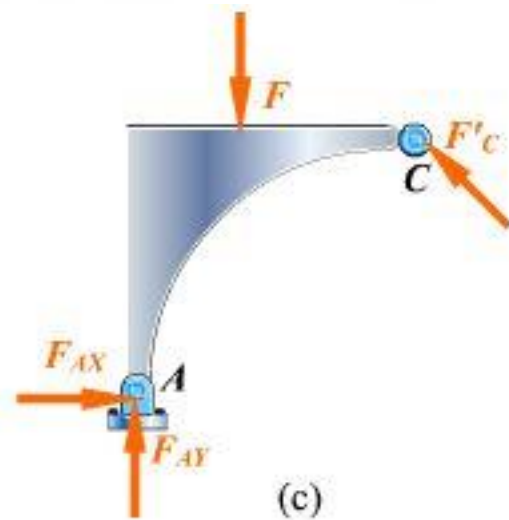
## 例题5

不计三铰桥拱的自重与摩擦，画出左、右拱AB、BC的受力图与系统整体受力图。

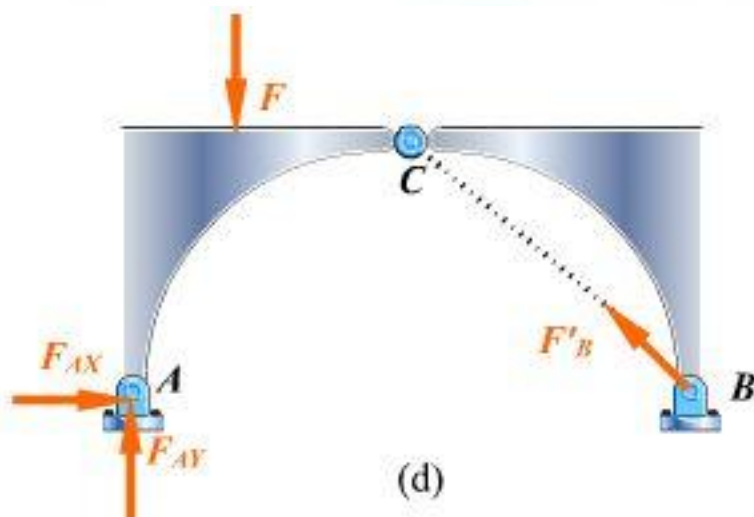
解：右拱BC 为二力构件，其受力图如图（b）所示



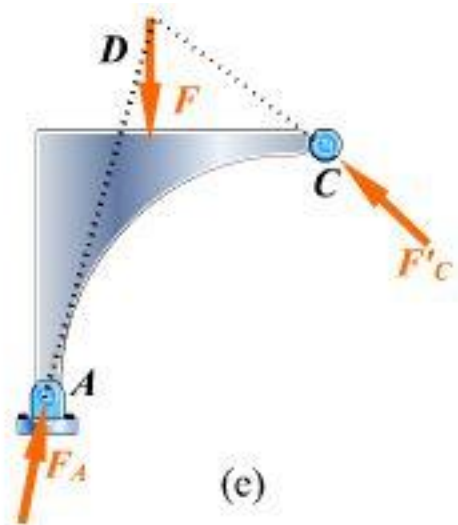
取左拱 $AC$ ，其受力图如图  
(c) 所示



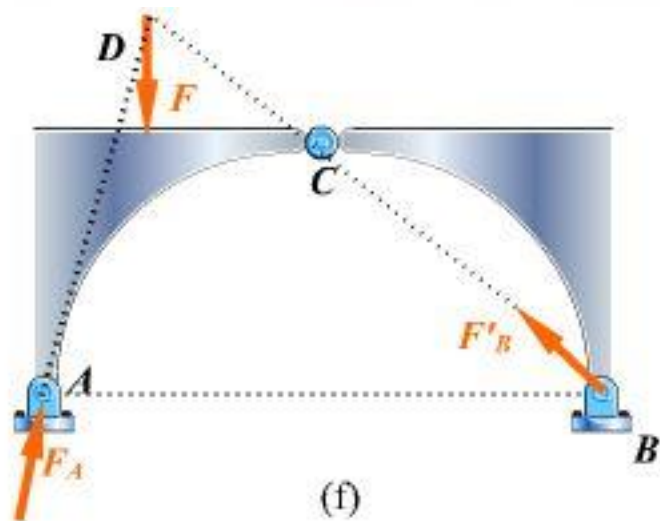
系统整体受力图如图 (d)  
所示



考虑到左拱AC在三个力作用下平衡，也可按三力平衡汇交定理画出左拱AC的受力图，如图（e）所示

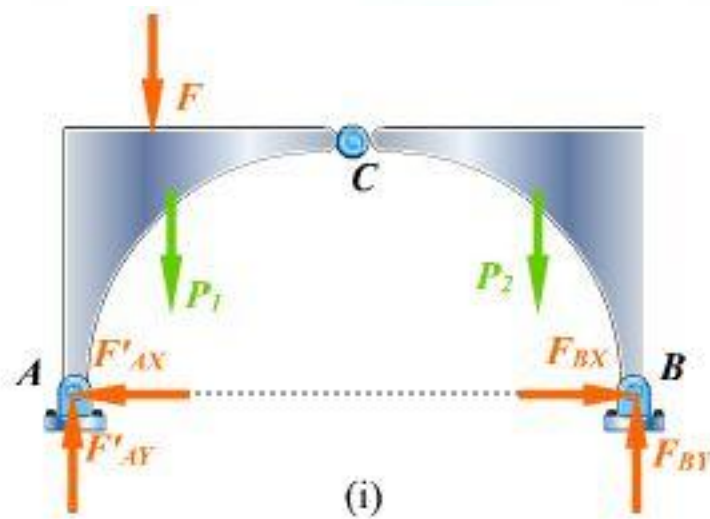
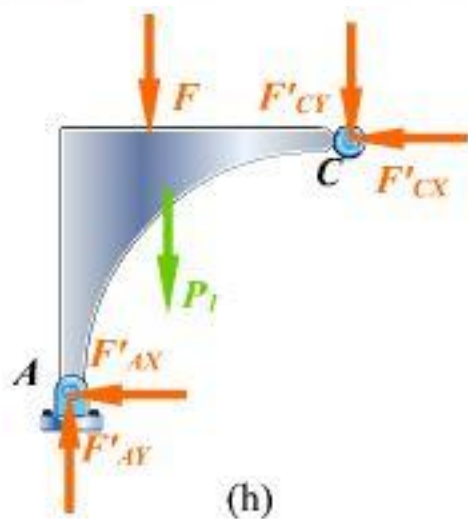
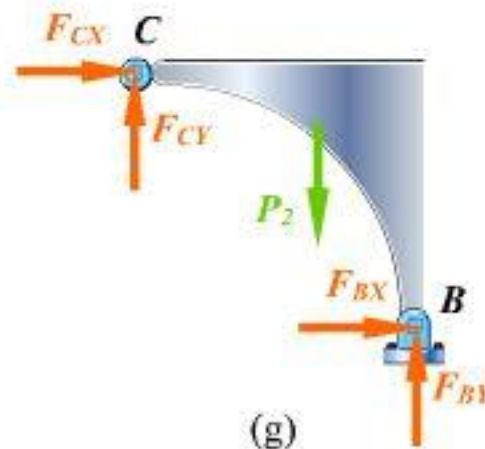


此时整体受力图如图（f）所示

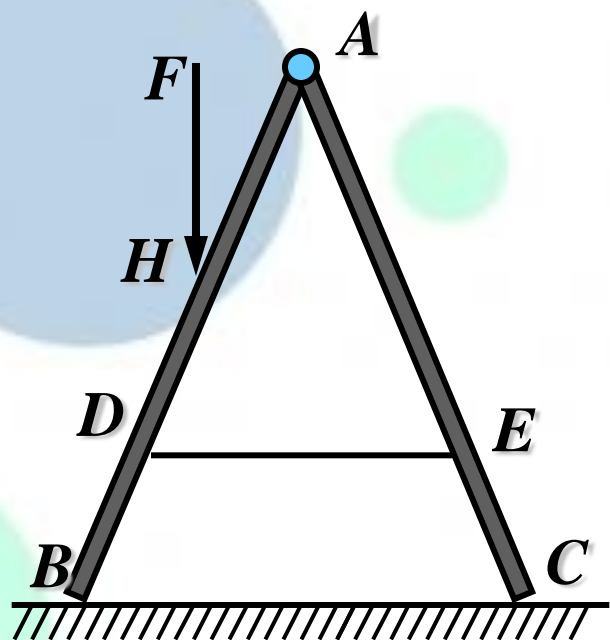


讨论：若左、右两拱都考虑自重，如何画出各受力图？

如图 (g)(h)(i)



## 练习3

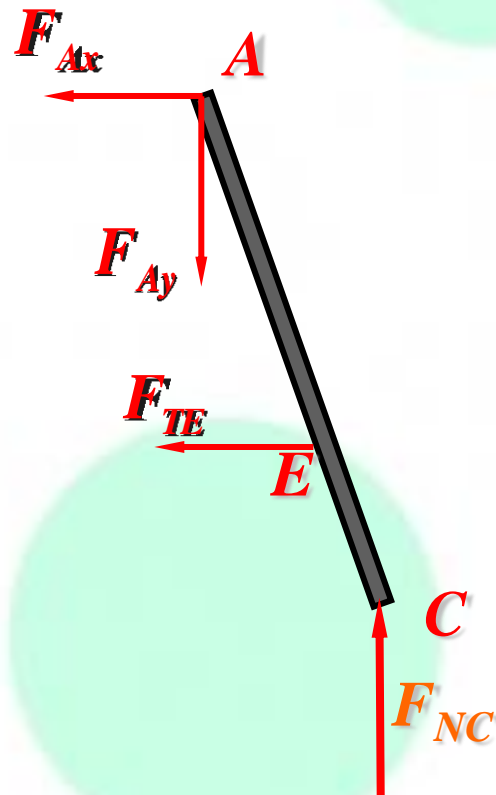
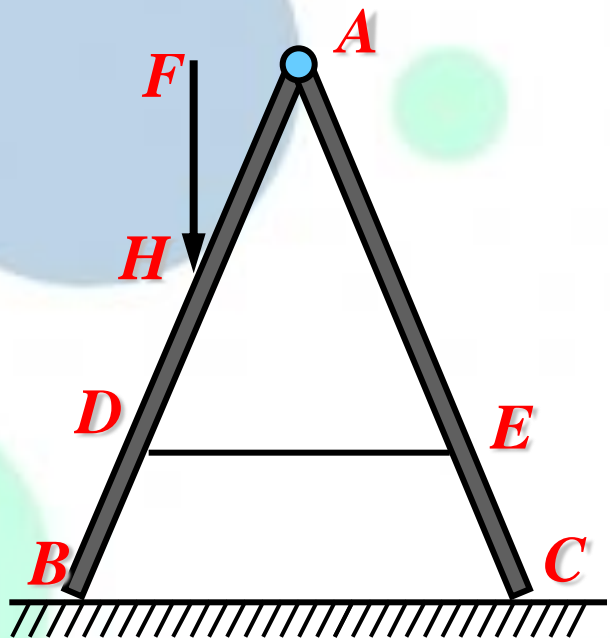


如图所示，梯子的两部分  $AB$  和  $AC$  在  $A$  点铰接，又在  $D$ ， $E$  两点用水平绳连接。梯子放在光滑水平面上，若其自重不计，但在  $H$  点处作用一铅直载荷  $F$ 。试分别画出梯子的  $AB$ ， $AC$  部分以及整个系统的受力图。

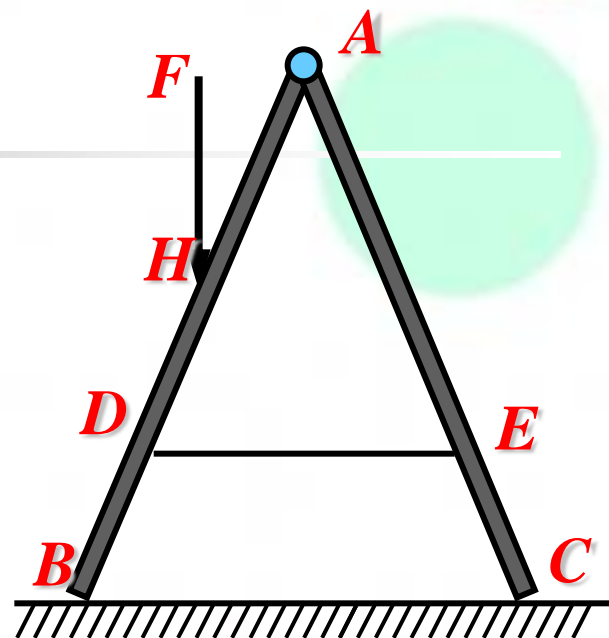
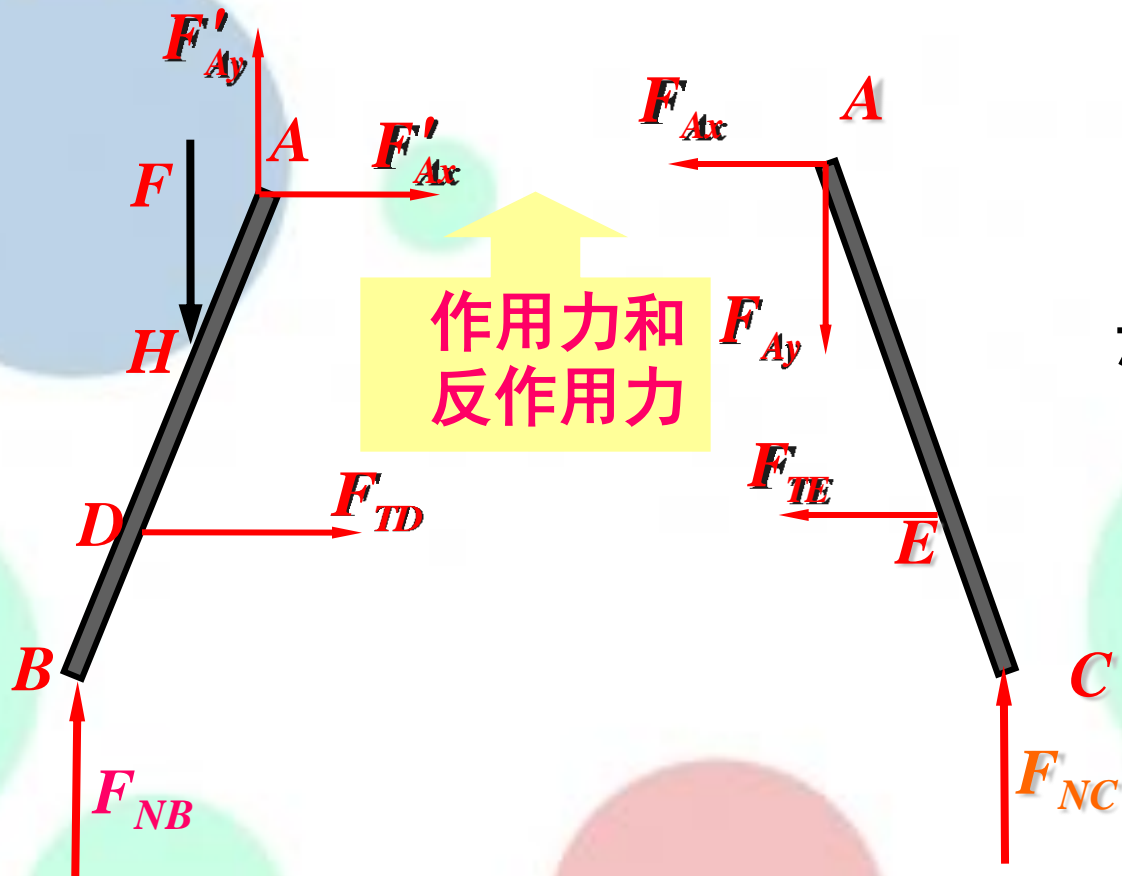


解:

1. 梯子AC部分的受力图。

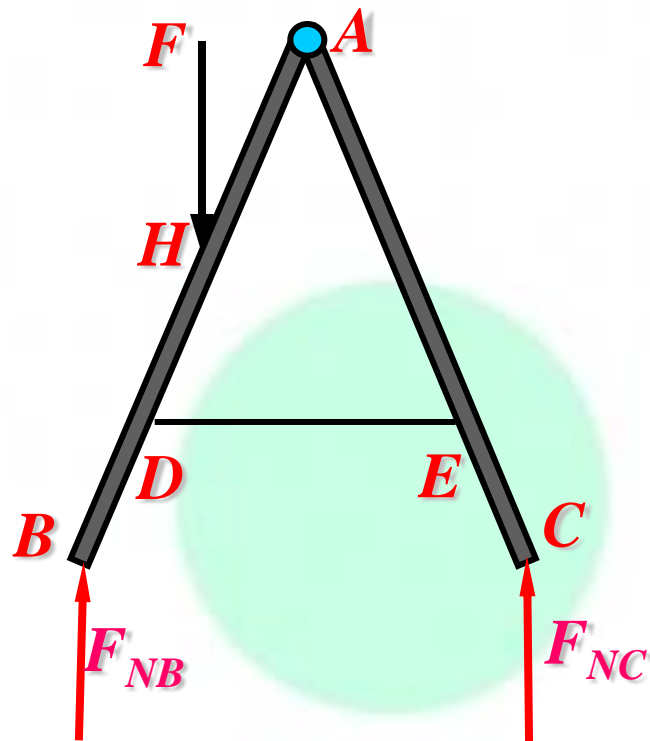
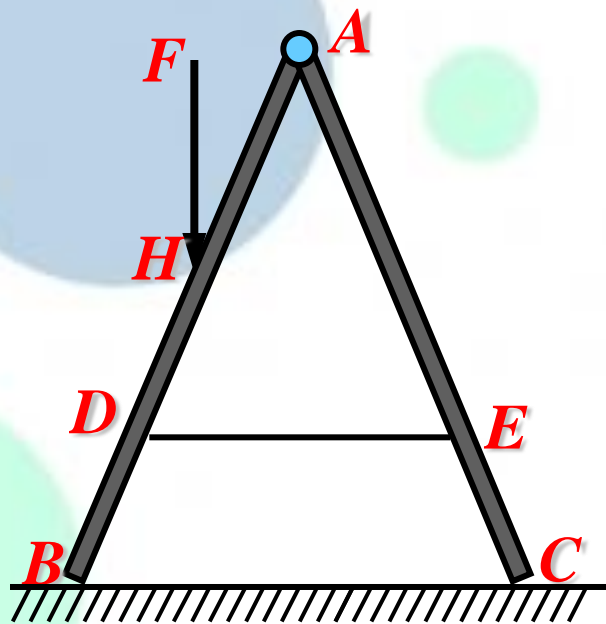


## 2. 梯子AB部分的受力图。



### 3. 梯子整体的受力图。

未解除约束处的系统内力，不画出。



## 小结 画受力图应注意的问题

### 1、不要漏画力

除重力、电磁力外，物体之间只有通过接触才有相互机械作用力，要分清研究对象（受力体）都与周围哪些物体（施力体）相接触，接触处必有力，力的方向由约束类型而定。

### 2、不要多画力

要注意力是物体之间的相互机械作用。因此对于受力体所受的每一个力，都应能明确地指出它是哪一个施力体施加的。

### 3、不要画错力的方向

约束反力的方向必须严格地按照约束的类型来画，不能单凭直观或根据主动力的方向来简单推想。在分析两物体之间的作用力与反作用力时，要注意，作用力的方向一旦确定，反作用力的方向一定要与之相反，不要把箭头方向画错。

### 4、受力图上不能再带约束。

即受力图一定要画在分离体上。

5、受力图上只画外力，不画内力。

一个力，属于外力还是内力，因研究对象的不同，有可能不同。当物体系统拆开来分析时，原系统的部分内力，就成为新研究对象的外力。

6、同一系统各研究对象的受力图必须整体与局部一致，相互协调，不能相互矛盾。

对于某一处的约束反力的方向一旦设定，在整体、局部或单个物体的受力图上要与之保持一致。

7、正确判断二力构件。

• 课后习题:

- 1、匀质小球重 $W$ ，用绳索系住，并靠在光滑的斜面上，如图1所示，试画出小球的受力图。

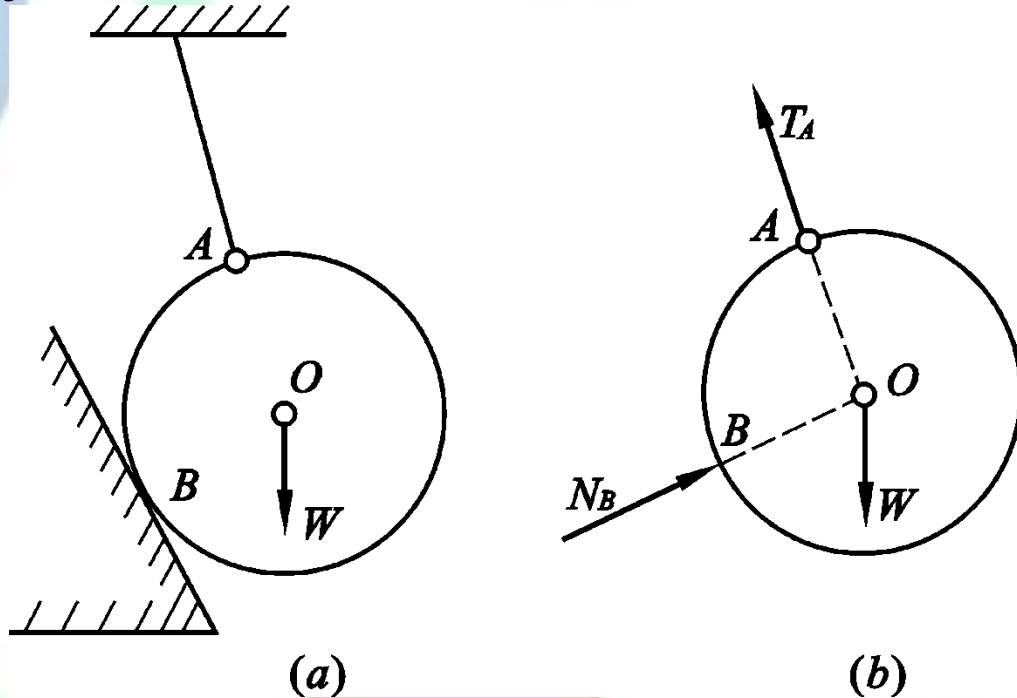


图1

- 2、简支梁AB的A端为固定铰支座，B端为可动铰支座，梁在中点C受到主动力P的作用，如图2所示。梁的自重不计，试画出梁AB的受力图。

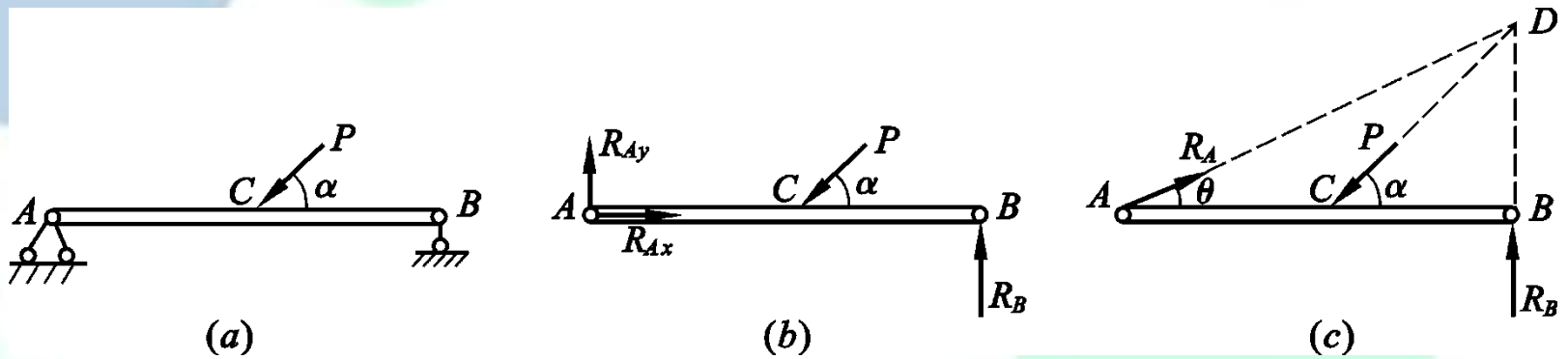


图2