



《理论力学》

《理论力学》

主讲：郭细伟

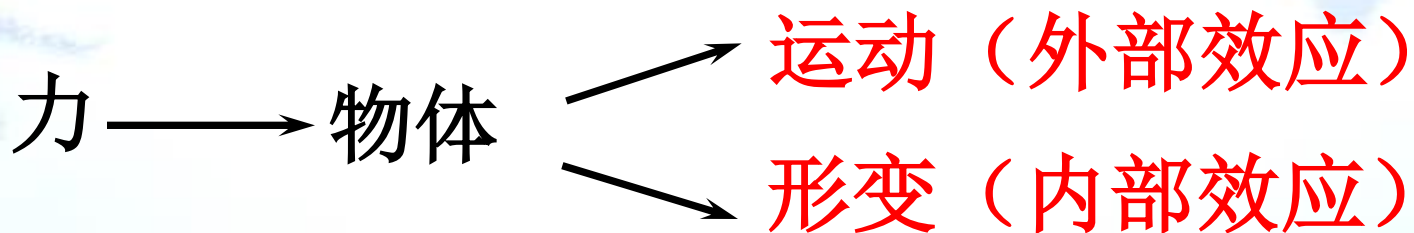
交通学院港口航道与结构工程系

电话：13659851733

E-mail: xiwguo@gmail.com

绪 论

理论力学的研究对象和内容



理论力学

研究力与物体机械运动的关系

材料力学

研究力与物体变形的关系

理论力学是材料力学、结构力学、弹性力学、机械原理等课程的基础

静力学: 主要研究受力物体平衡时作用力所应满足的条件；物体受力的分析方法；力系的简化方法。

运动学: 主要从几何的角度研究物体的运动（如运动轨迹、速度和角速度等）。

动力学: 研究物体的运动与作用力之间的关系。

理论力学的基本假设：刚体假设

刚体: 在力的作用下，大小和形状都不变的物体称为刚体。

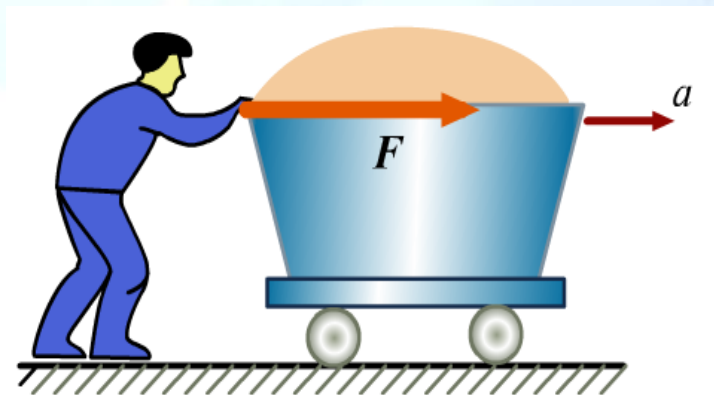
第一篇 《静力学》

引 言

静力学：研究物体的受力分析、力系的等效替换（或简化）、建立各种力系的平衡条件的科学。

2个基本概念

一、力的概念



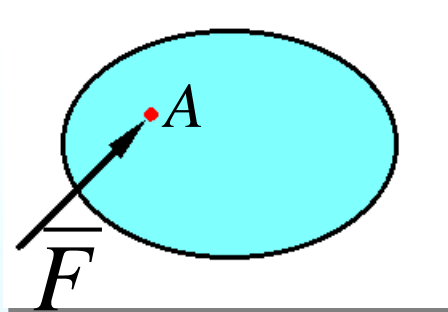
1.定义：力是物体间的相互**机械作用**，这种作用可以改变物体的运动状态。

机械作用：是指物体直接接触而产生的作用，
如：推、拉、碰撞等。

“场”对物体的作用

2. 力的效应： ①运动效应(外部效应)
②形变效应(内部效应)。

3. 力的三要素：大小，方向，作用点



力是矢量，用粗体字 F 或带上箭头 \vec{F} 表示。

$$\vec{F}_1 \cos 30^\circ - \vec{F}_2 \cos 60^\circ$$

\neq

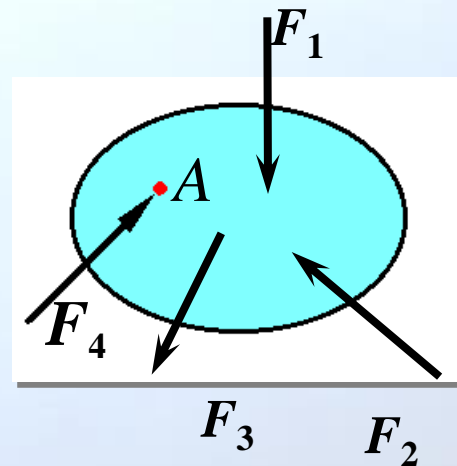
$$F_1 \cos 30^\circ - F_2 \cos 60^\circ$$

二、平衡

是指物体相对于惯性参考系（如地面）保持静止或作匀速直线运动的状态。

力系：是指作用在物体上的一群力。

平衡力系：物体在力系作用下处于平衡，我们称这个力系为平衡力系。



第一篇 《静力学》

第一章 静力学公理和物体的受力分析

第二章 平面力系

第三章 空间力系

第四章 摩擦

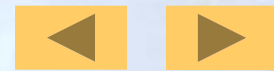


第一章 静力学公理和物体的受力分析

§ 1-1 静力学公理

§ 1-2 约束和约束力

§ 1-3 物体的受力分析和受力图



§ 1-1 静力学公理

公理：人类经过长期实践和经验而得到的结论，它被反复的实践所验证，是无须证明而为人们所公认的结论。

公理1 力的平行四边形法则

公理2 二力平衡公理

公理3 加减平衡力系原理

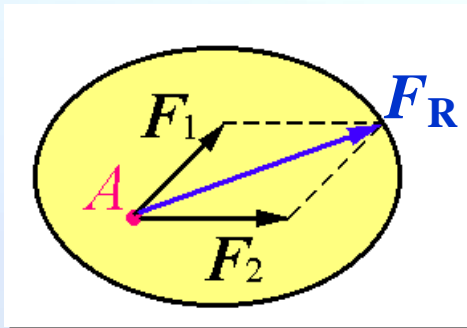
公理4 作用力和反作用力定律

公理5 刚化原理

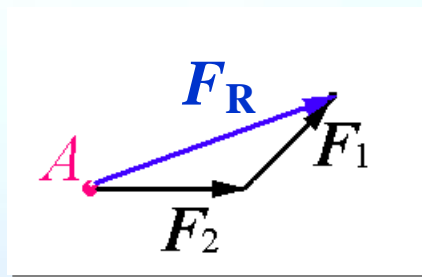
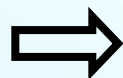
公理1 力的平行四边形法则

作用在物体上**同一点**的两个力可合成一个合力，此合力也作用于该点，合力的大小和方向由以原两力矢为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

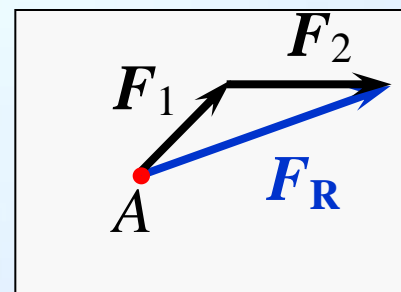
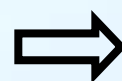
$$\overline{F_R} = \overline{F_1} + \overline{F_2}$$



力四边形



力三角形



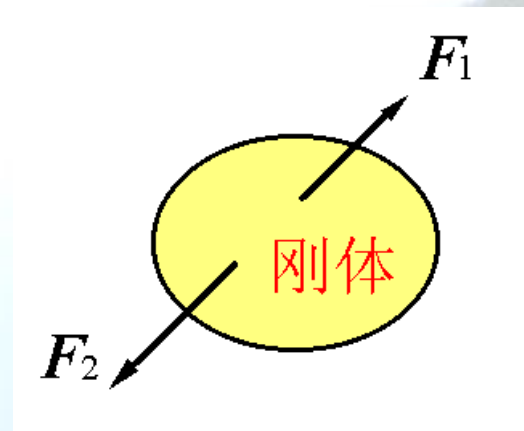
公理2 二力平衡公理

作用在**刚体**上的两个力，使刚体保持平衡的必要与充分条件

是： 这两个力**大小相等** $|\overline{F}_1| = |\overline{F}_2|$

方向相反 $\overline{F}_1 = -\overline{F}_2$

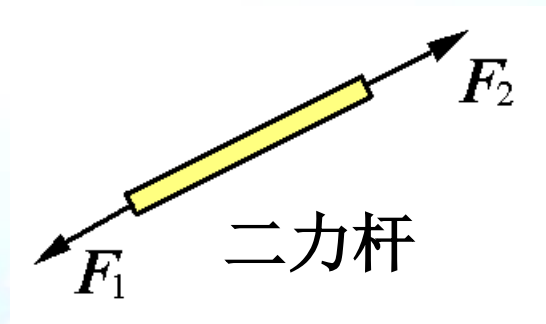
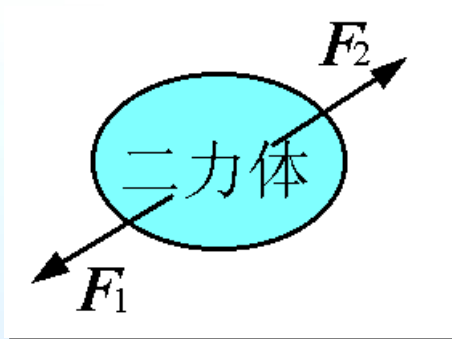
作用线共线



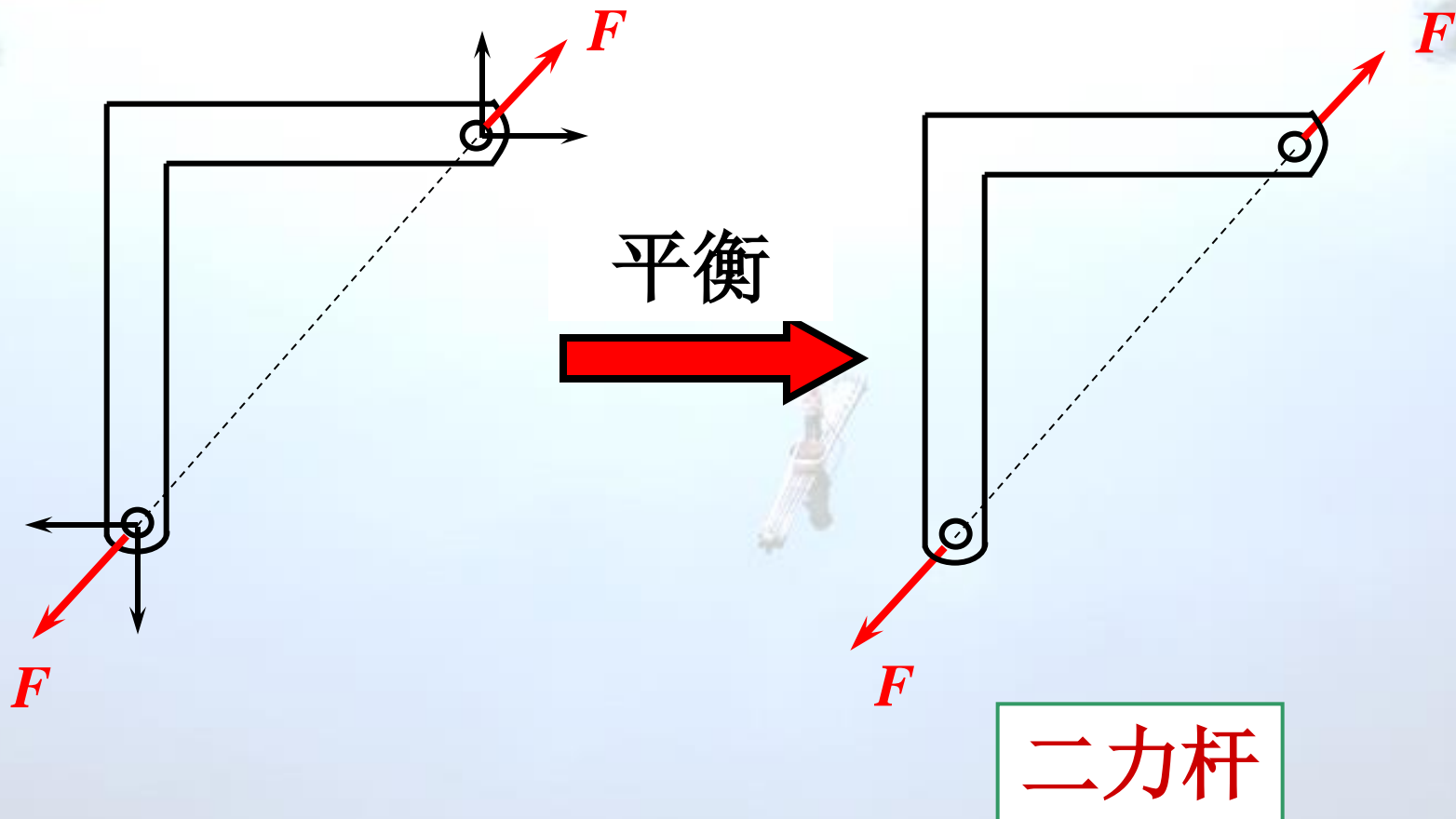


二力杆的概念：

(P16) 只在两个力作用下平衡的构件称为二力构件，
简称**二力杆**。

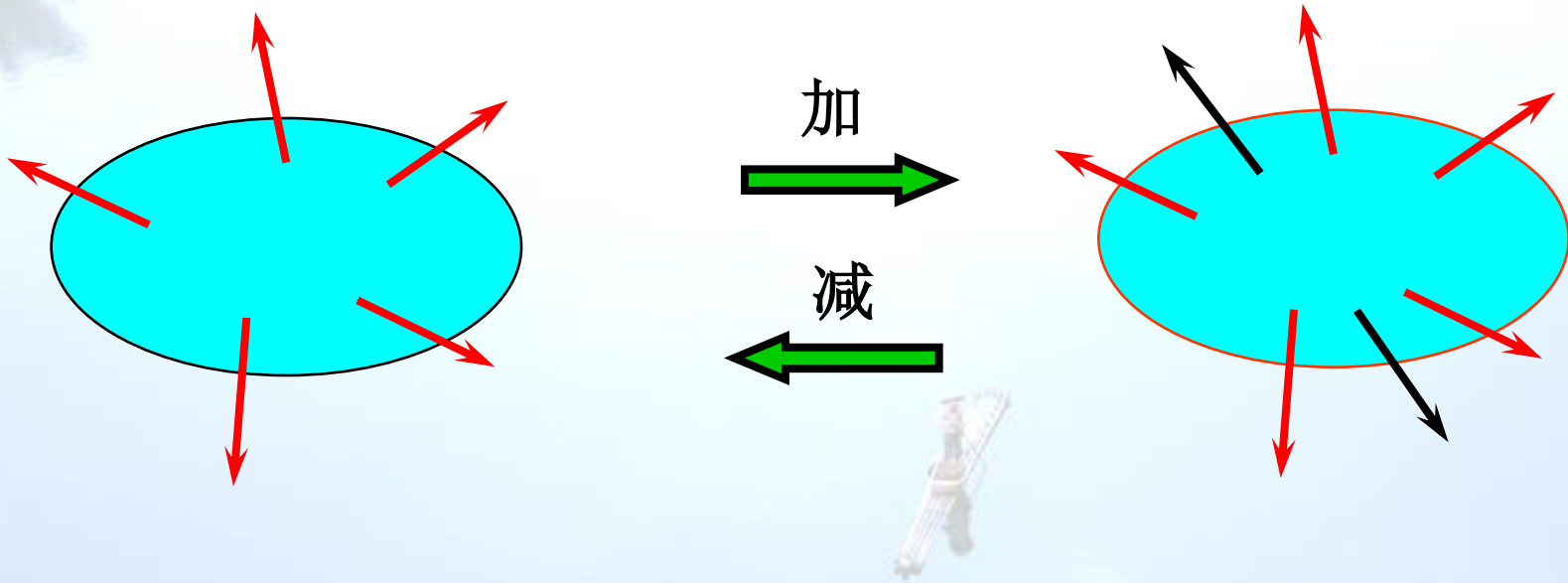


只有两个力作用点的平衡刚体是二力杆。



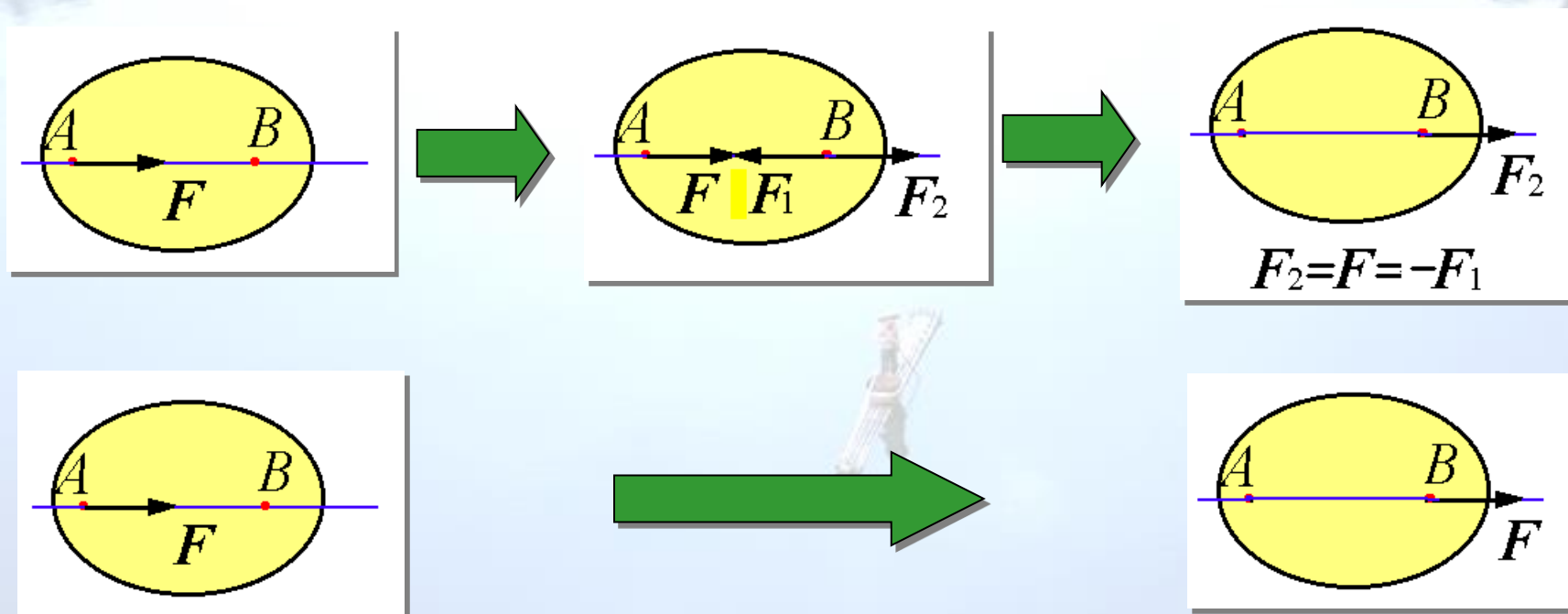
公理3 加减平衡力系原理

在已知力系上**加上或减去**任意一个**平衡力系**，并不改变原力系对刚体的作用。



推论1：力的可传性。

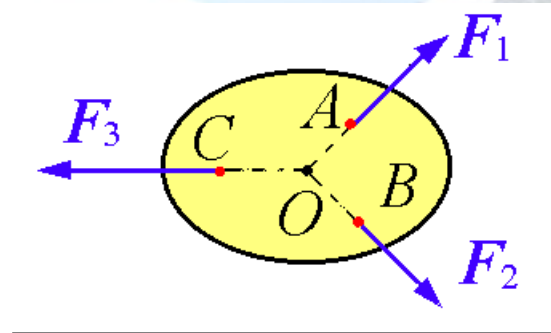
作用于刚体上的力可沿其作用线移到同一刚体内的任一点，而不改变该力对刚体的效应。



因此，作用于刚体上的力的三要素为：大小、方向、作用线

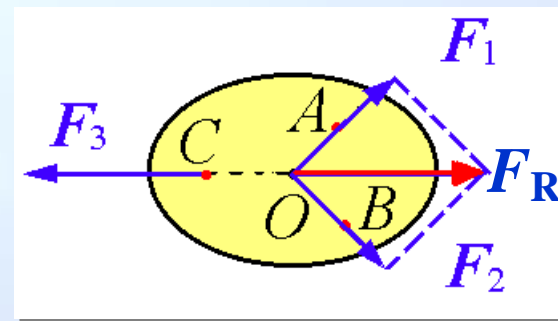
推论2：三力平衡汇交定理

当刚体受三力作用而平衡时，若其中两力作用线汇交于一点，则另一力的作用线必汇交于同一点，且三力的作用线在同一平面内。



[证明]：将 F_1 、 F_2 移到两力作用线的交点，两力合成得 F_R ；

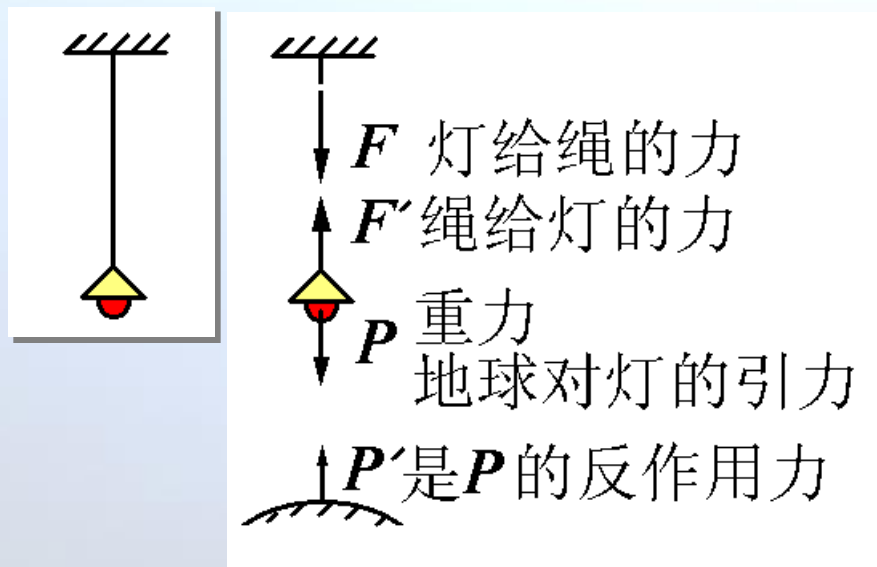
F_R 应与 F_3 平衡。两力平衡必需共线，所以， F_3 必定通过交点 O ，且与 F_1 、 F_2 共面。



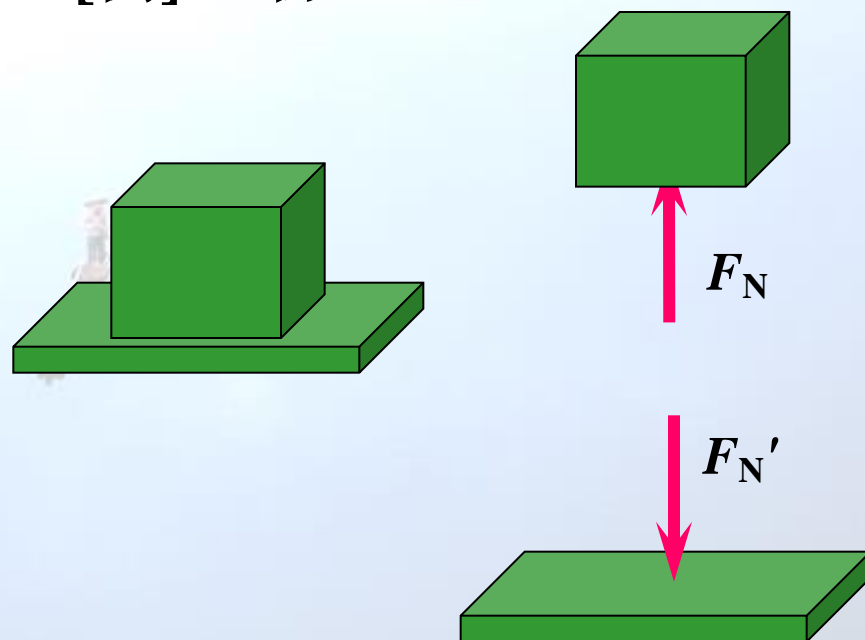
公理4 作用力和反作用力定律

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。

[例] 吊灯



[例] 重物



§ 1-2 约束与约束力

一、概念

自由体：位移不受限制的物体叫自由体。如人造卫星。

非自由体：位移受限制的物体叫非自由体。如火车、电灯

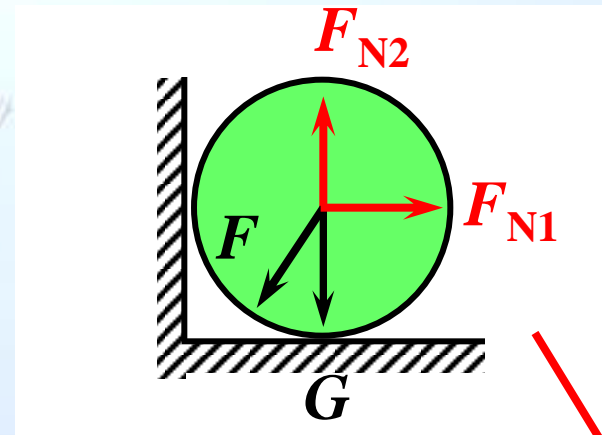
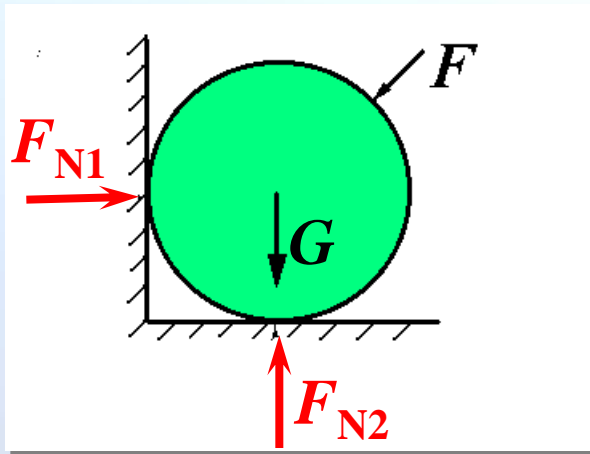
约束：对非自由体的某些位移起限制作用的**周围物体**称为约束。

（这里，约束是名词，而不是动词的约束。）

约束力：约束对被约束物体的作用力叫约束力。

约束力特点:

- 1) 大小常常是未知的;
- 2) 方向必与该约束所能够阻碍的位移方向相反;
- 3) 作用点在物体与约束相接触的那一点。

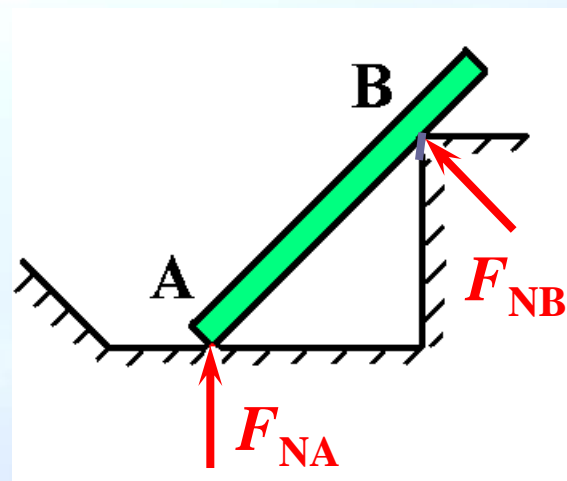
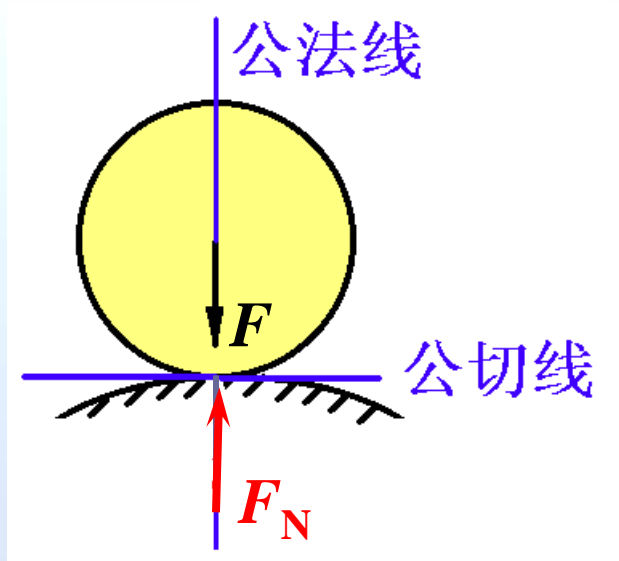
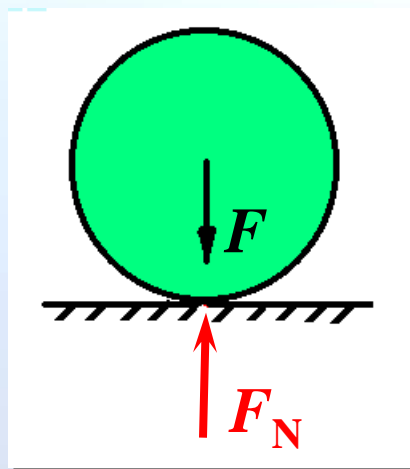


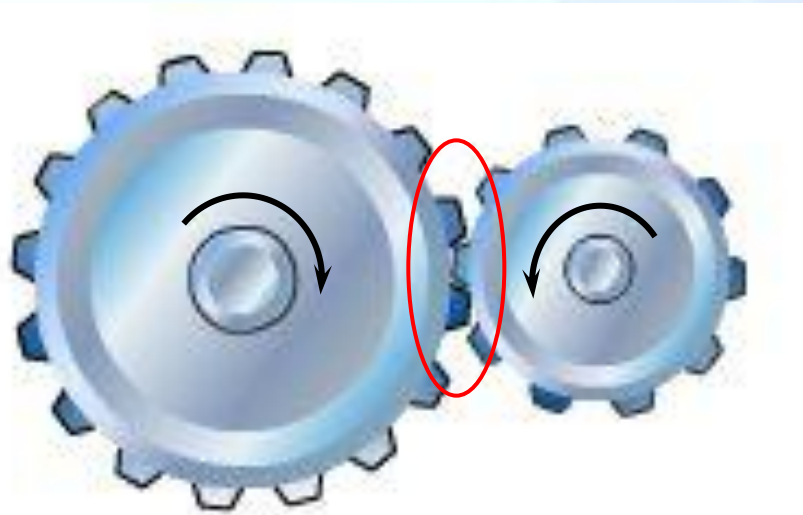
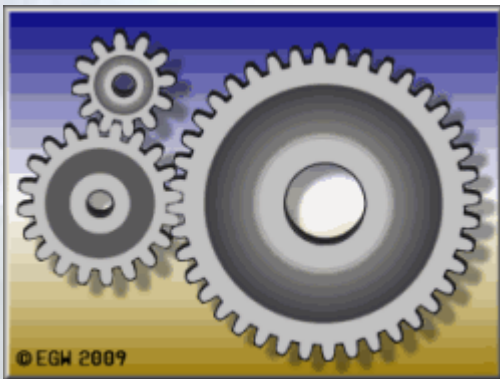
错误

二、约束类型和确定约束力方向的方法：

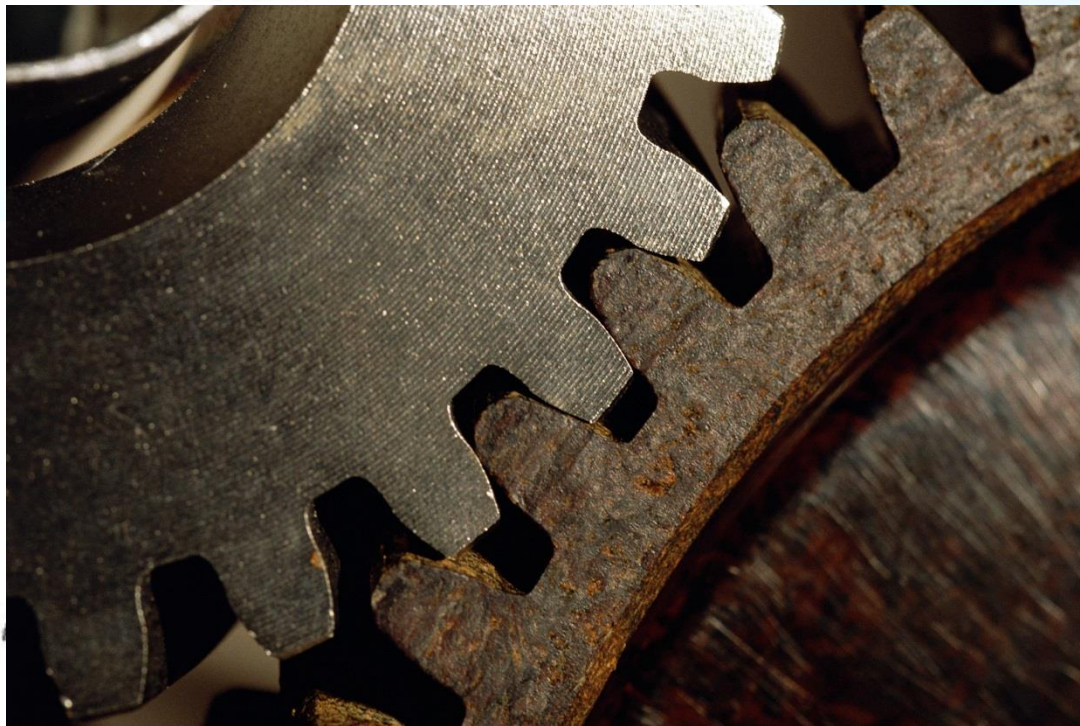
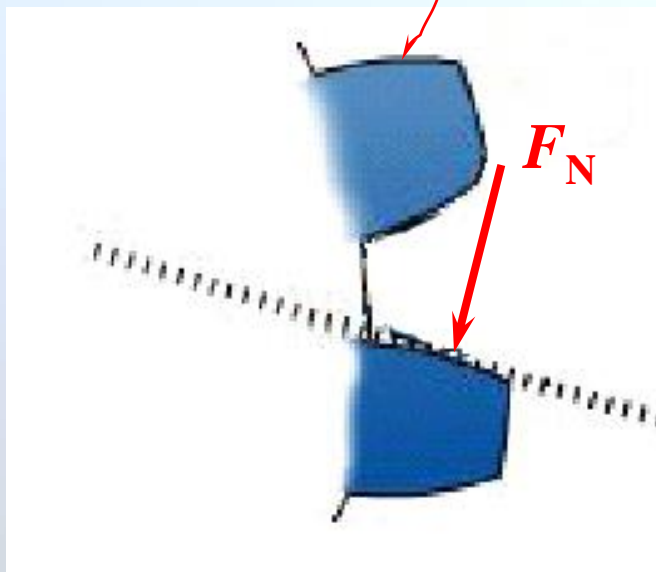
1.光滑接触面的约束（光滑指摩擦不计）

约束力作用在**接触点处**，方向**沿公法线**，指向**受力物体**



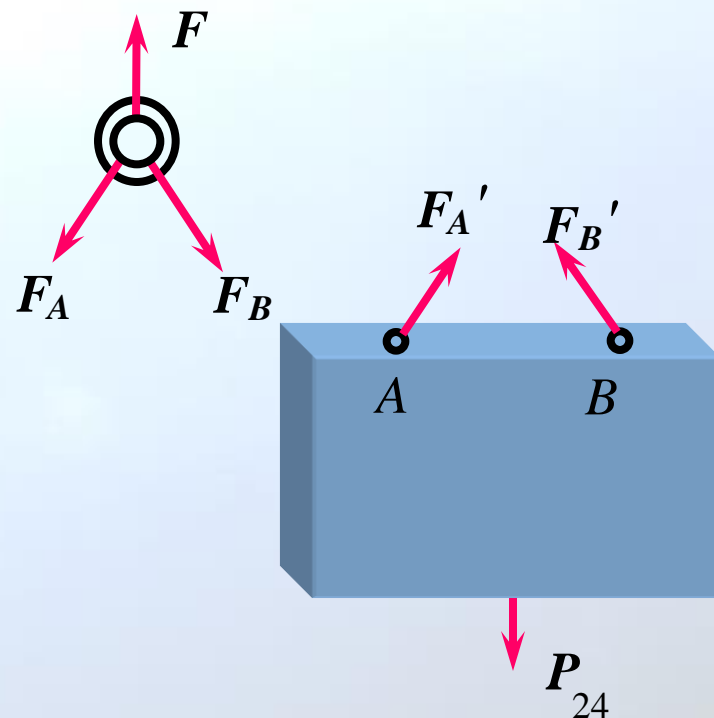
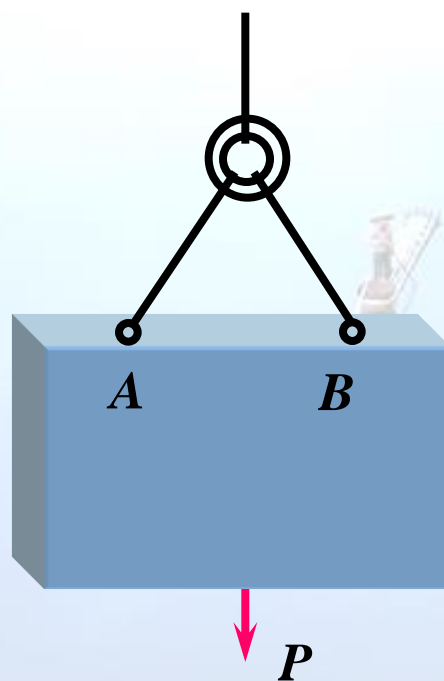
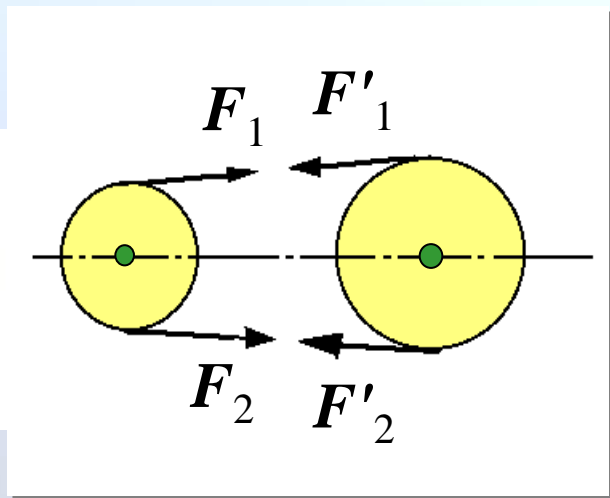
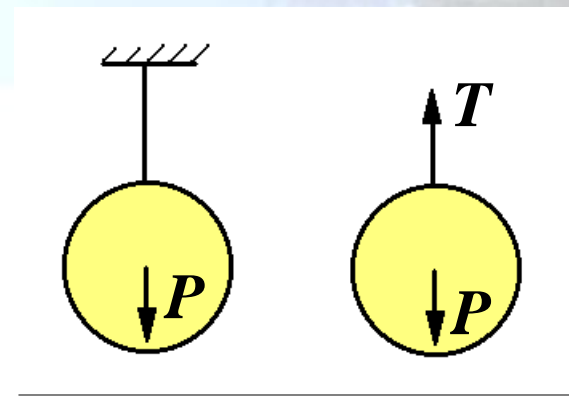


渐开线



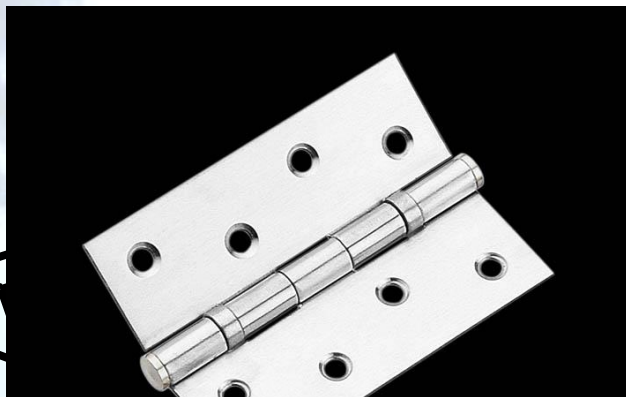
2.由柔软的绳索、链条或皮带构成的约束

绳索类**只能受拉**，所以它们的约束力是作用在接触点，方向**沿绳索背离物体**。



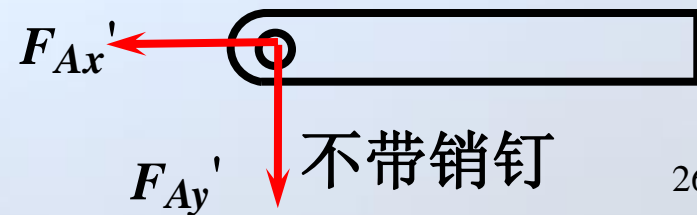
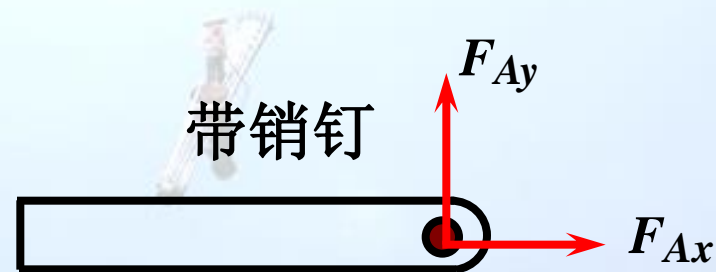
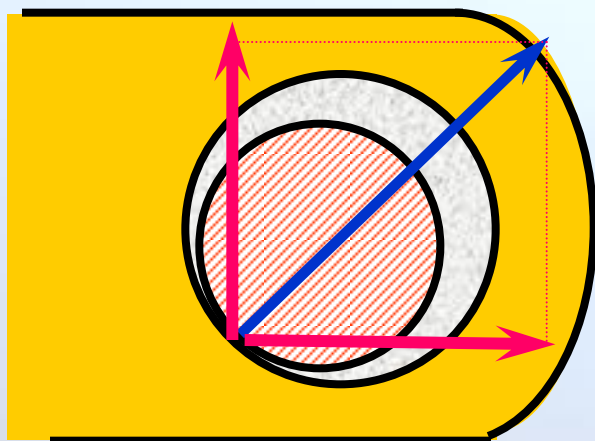
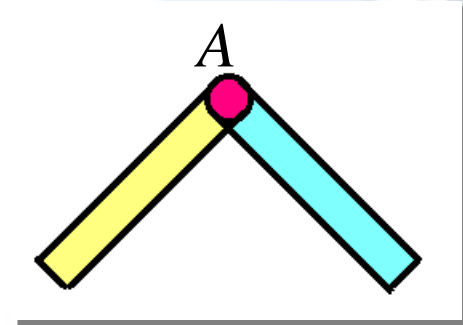
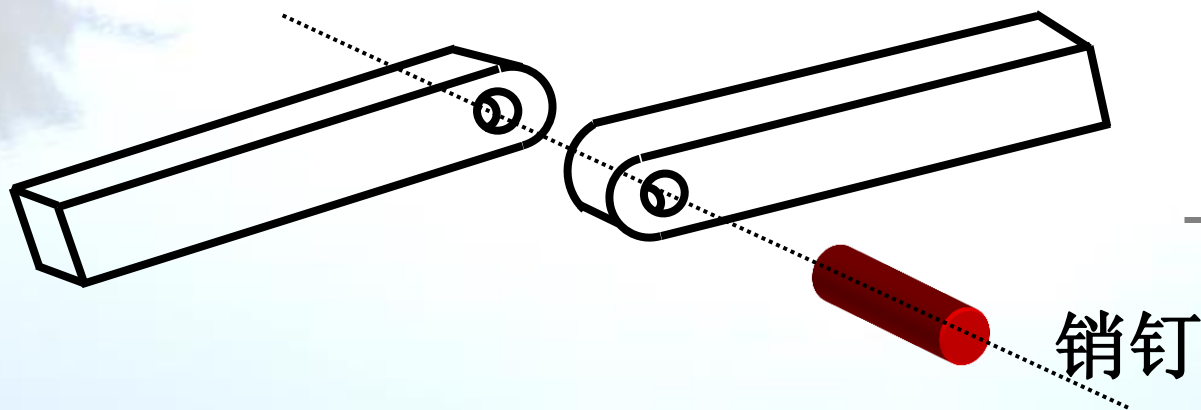


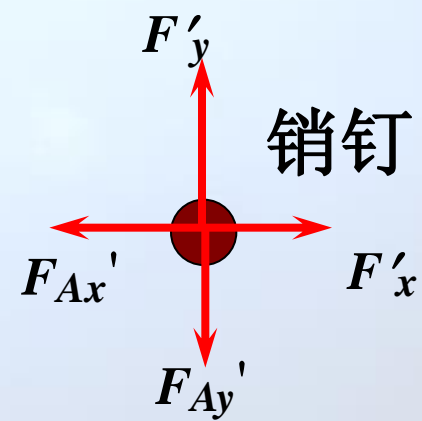
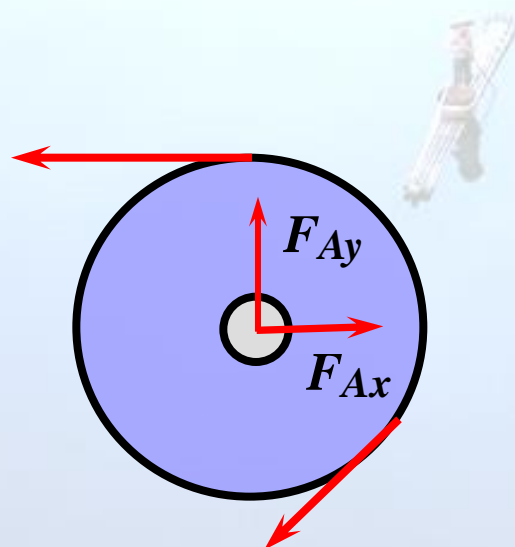
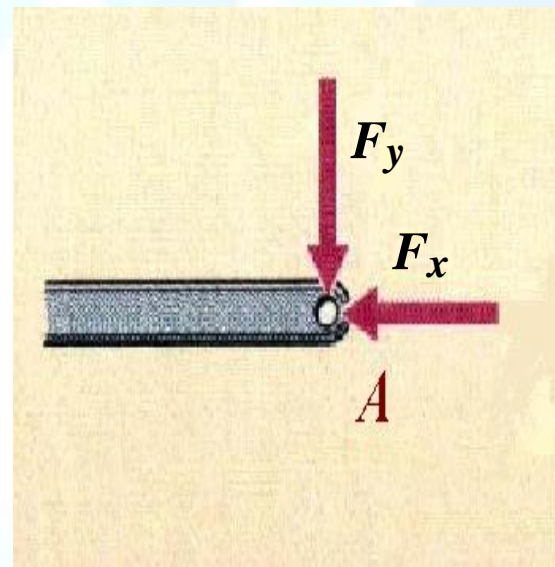
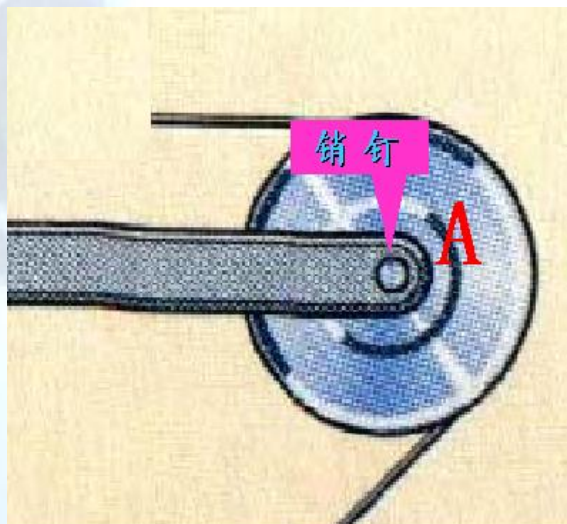
3.光滑圆柱铰链约束 (1) 圆柱铰链



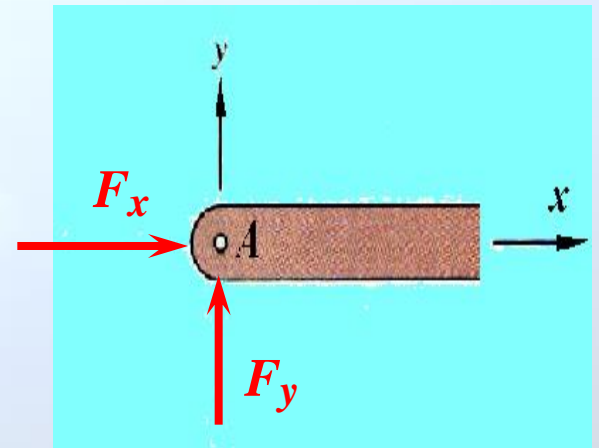
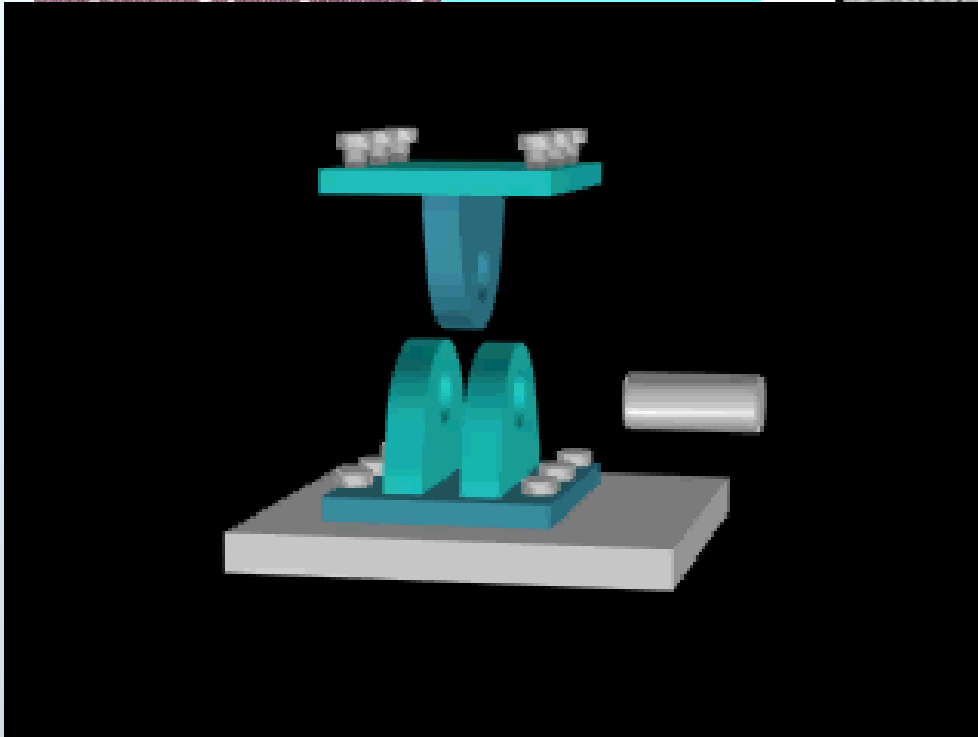
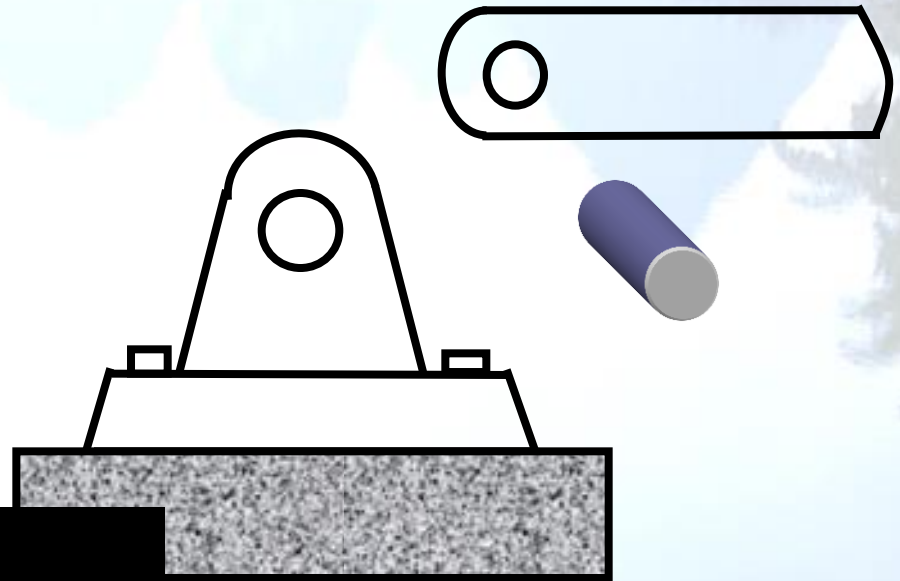
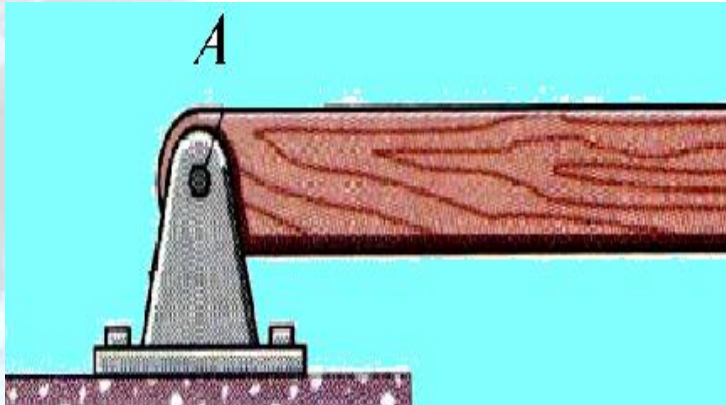
3.光滑圆柱铰链约束

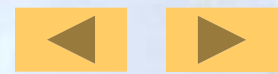
(1) 圆柱铰链



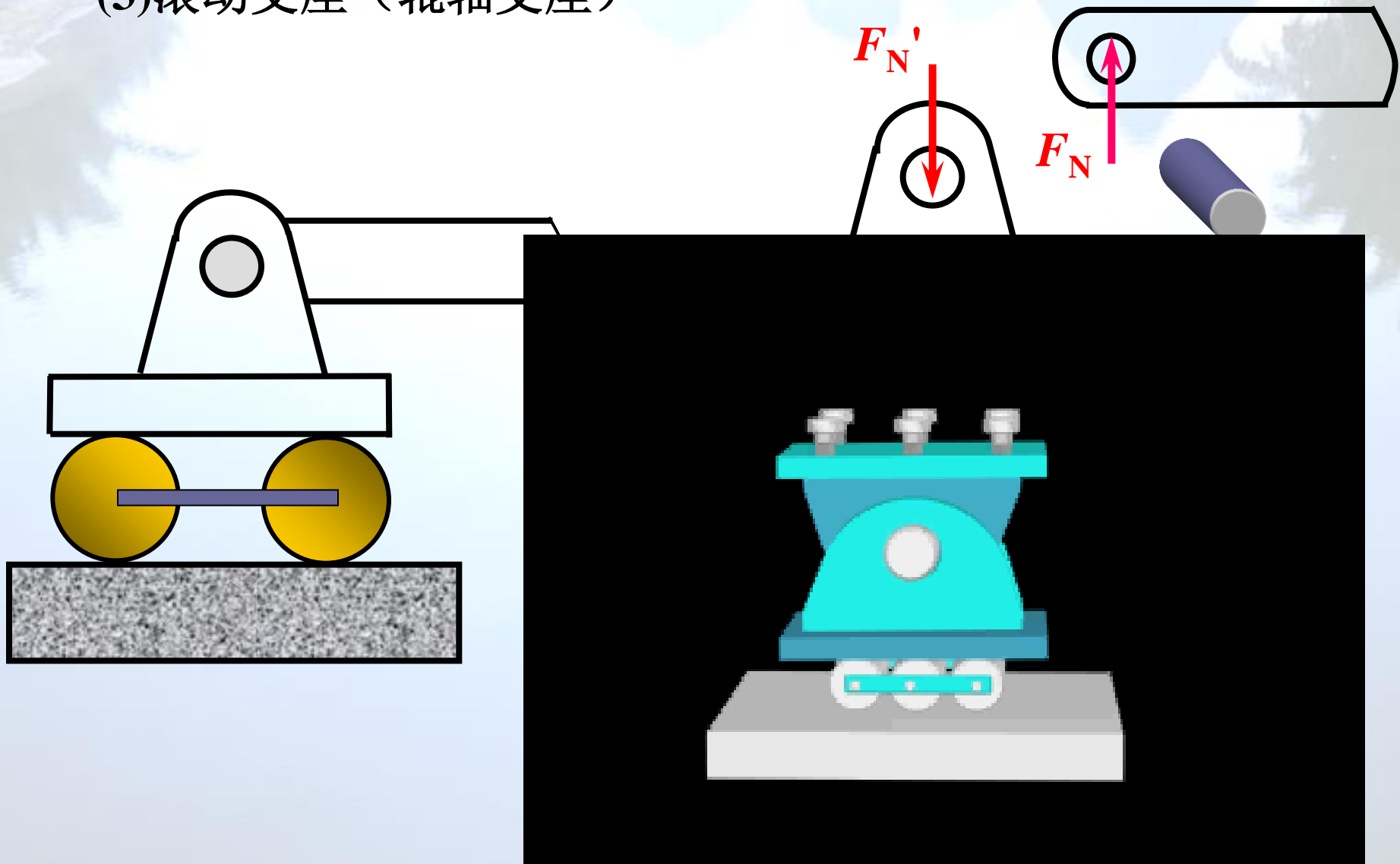


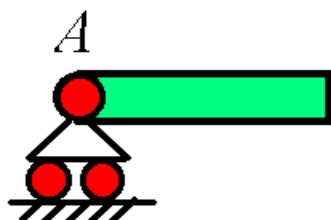
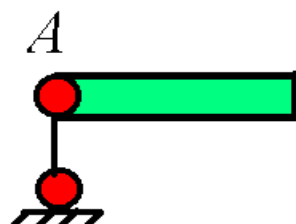
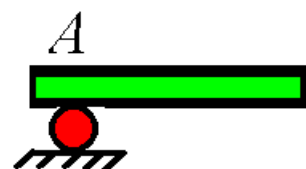
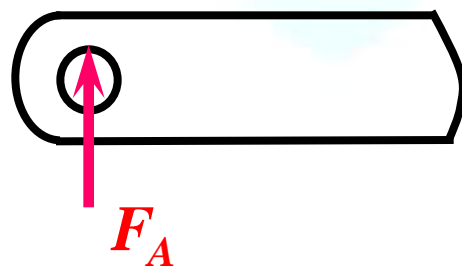
(2) 固定铰支座



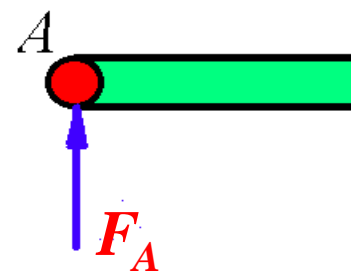


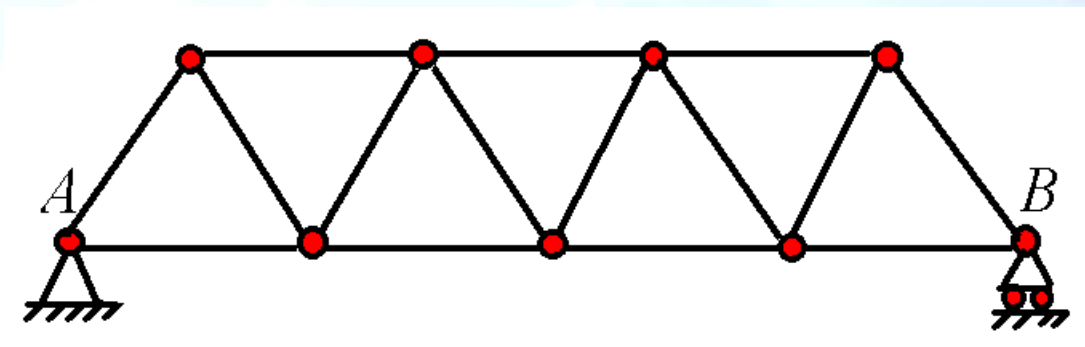
(3)滚动支座（辊轴支座）





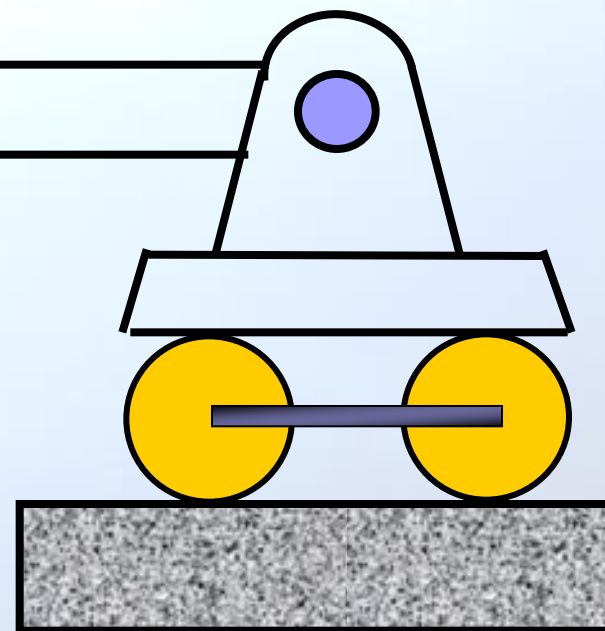
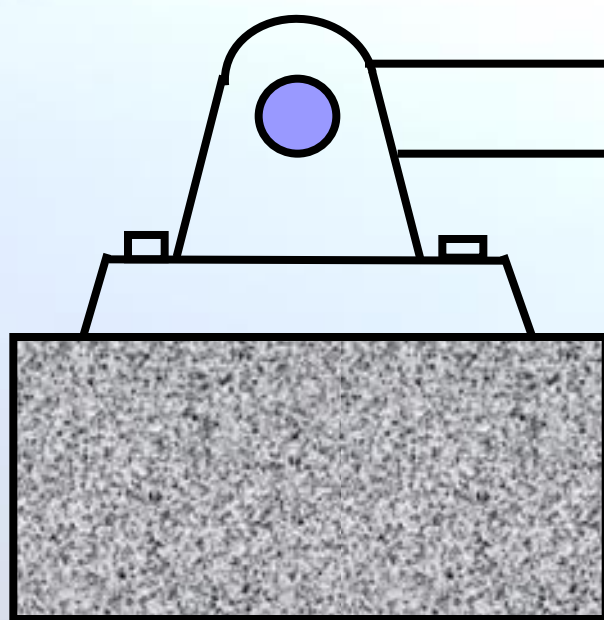
滚动支座（辊轴支座）



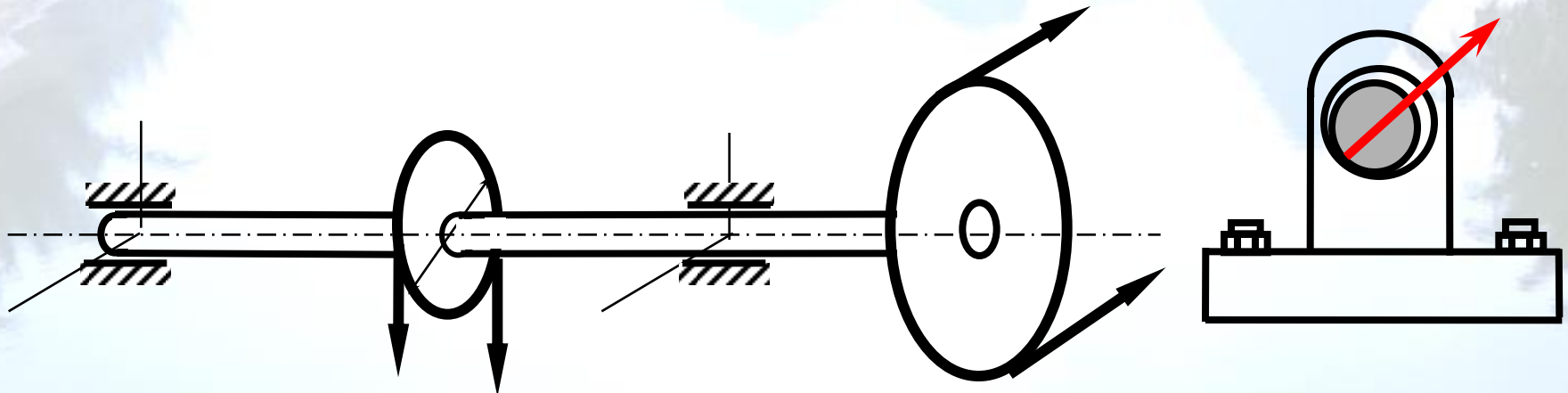


固定铰支座

活动铰支座



(4)向心轴承



轴承座



轴承

§ 1-3 物体的受力和受力图

一、受力分析

根据已知条件、约束类型并结合基本概念和公理，分析物体的受力情况，这个过程称为物体的**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**。

作用在物体上的力有两类：



一类是：主动力，如重力，风力，气体压力等。

另一类是：被动力，即约束力。



二、分离体

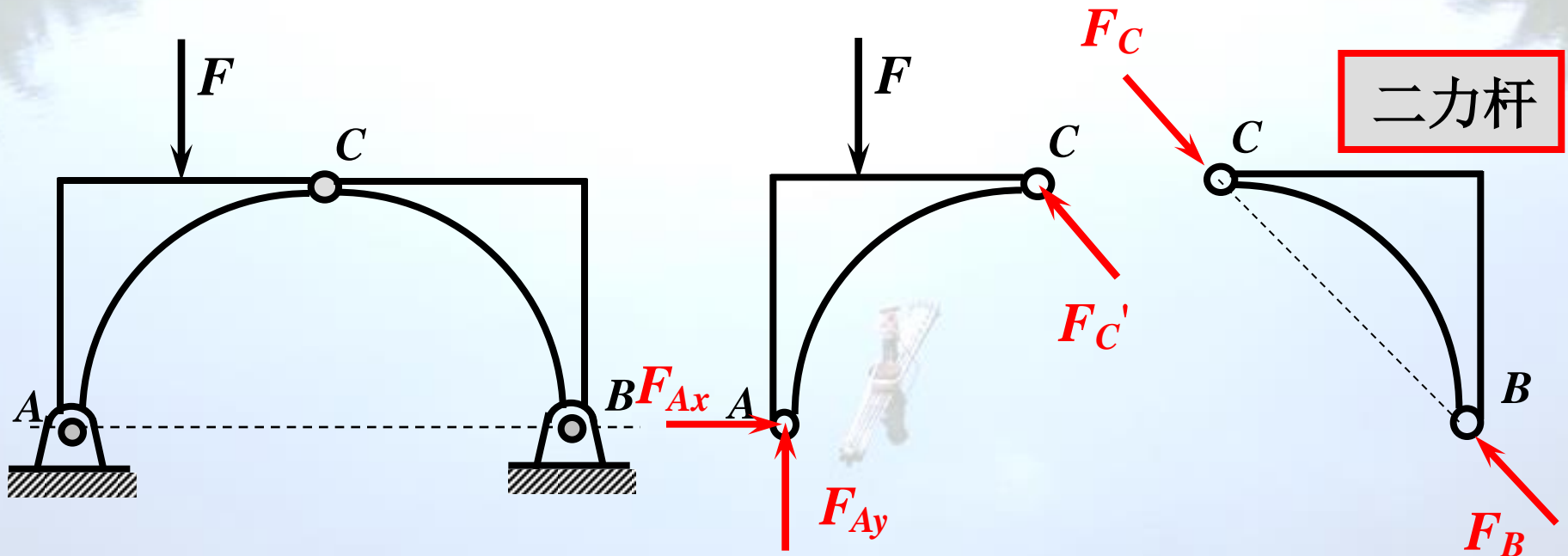
解除了约束的物体称为分离体。

三、受力图

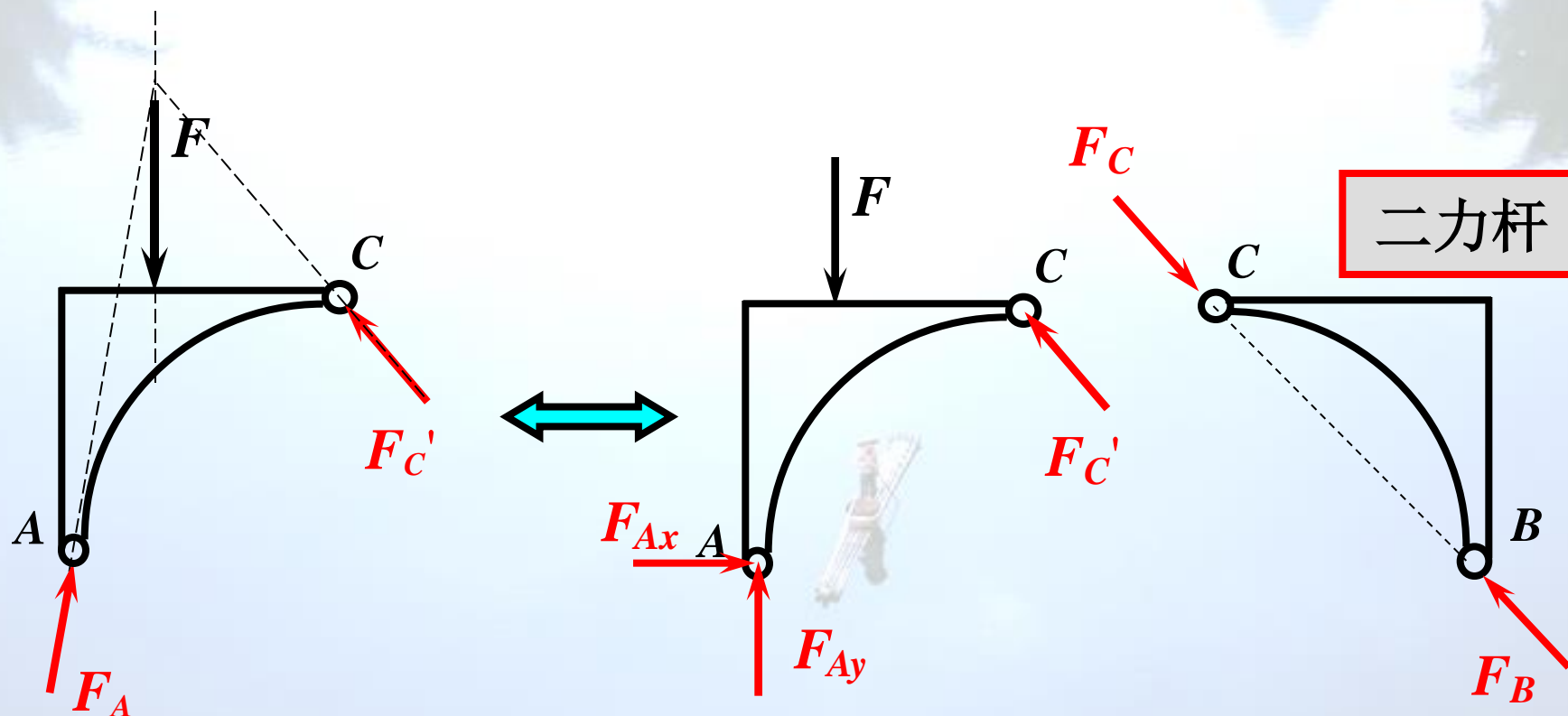
将作用于该分离体的所有力以力矢表示在简图上。



[例1-4] (P 16) 三铰拱，画出拱AC和拱CB的受力图。



[例1-4] (P 16) 三铰拱，画出拱AC和拱CB的受力图。



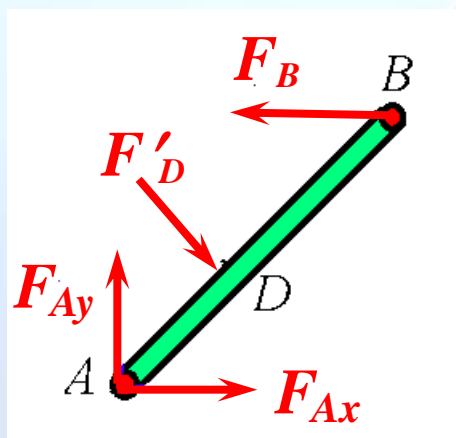
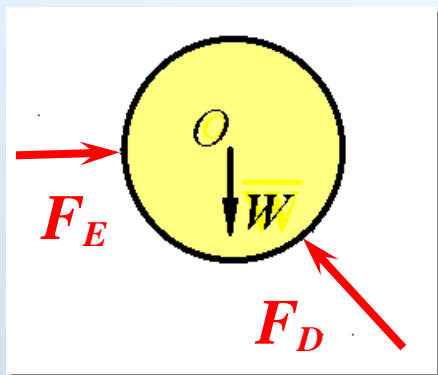
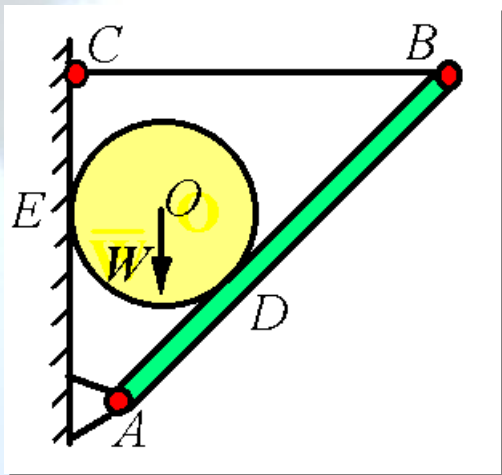
三力汇交定理

(P18) 画受力图时不用三力平衡汇交定理在解题时会更方便。

[例1] 分别画球和AB 杆的受力图。

画物体受力图主要步骤为：

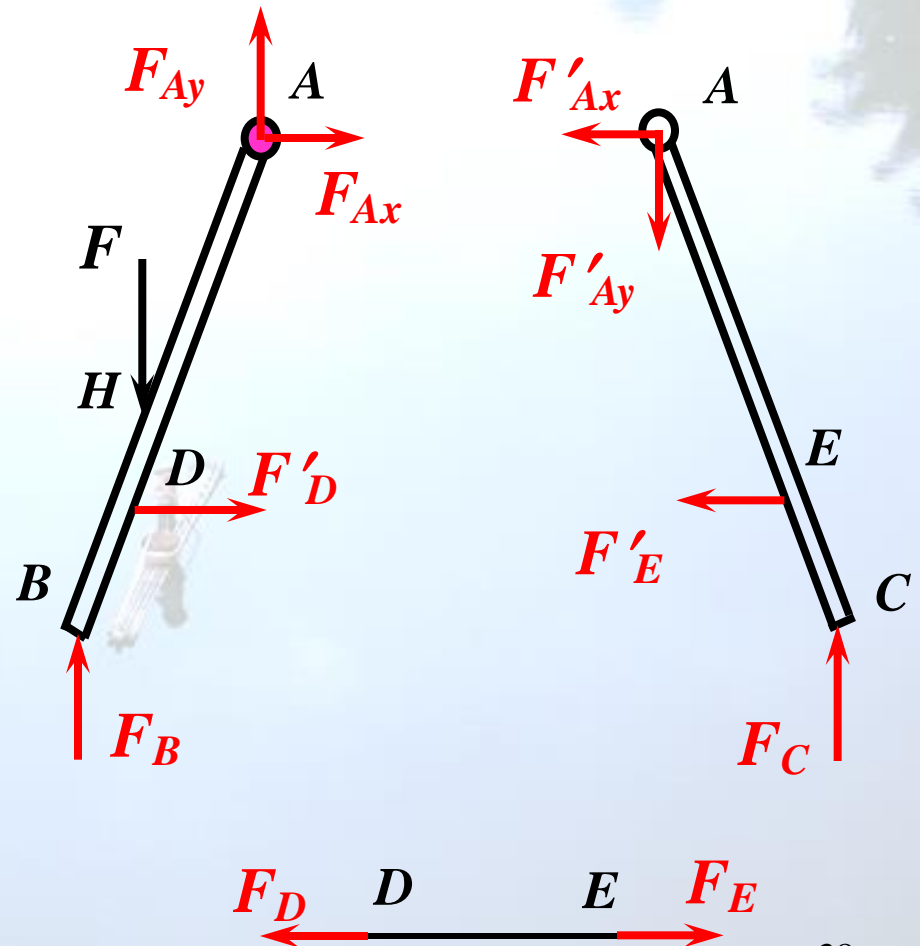
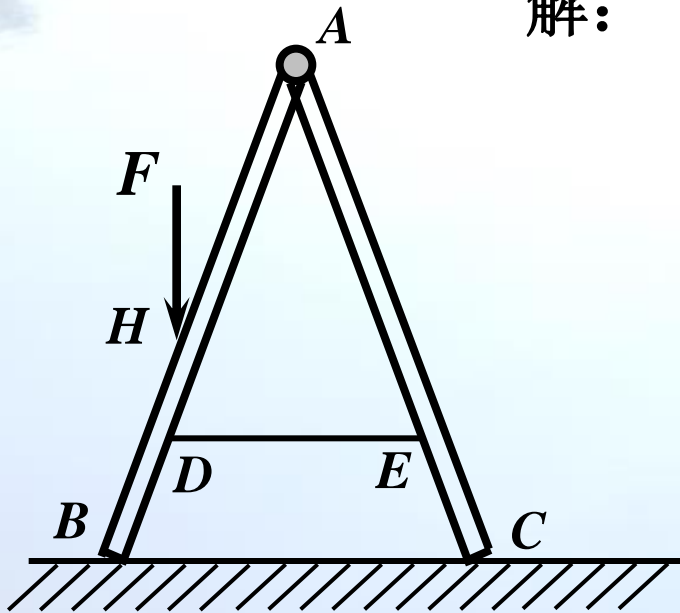
- (1) 选研究对象；
- (2) 取分离体；
- (3) 画上主动力；
- (4) 画出约束反力。



[例1-5] (P16)

梯子如图，画出绳子 DE 和梯子 AB 和 AC 部分以及整个系统的受力图。

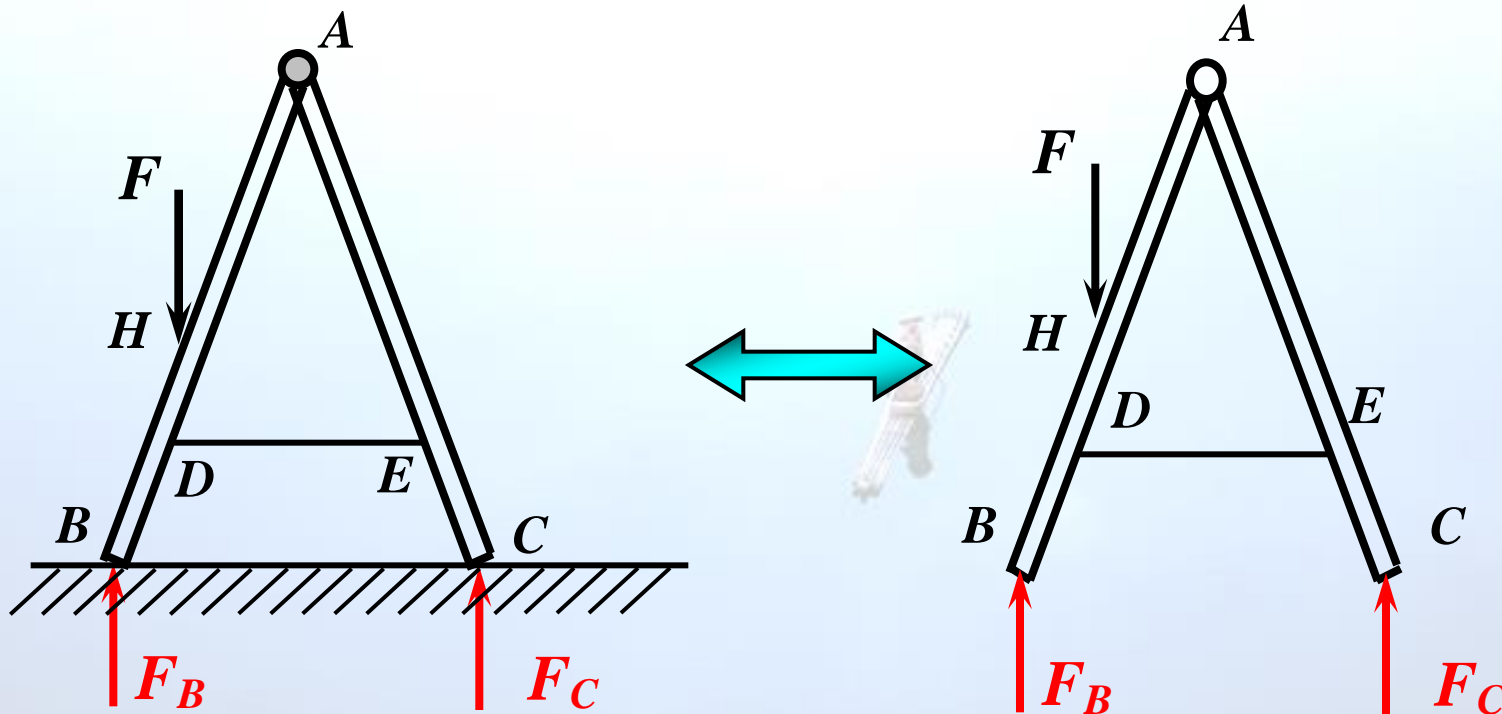
解：



[例1-5] (P16)

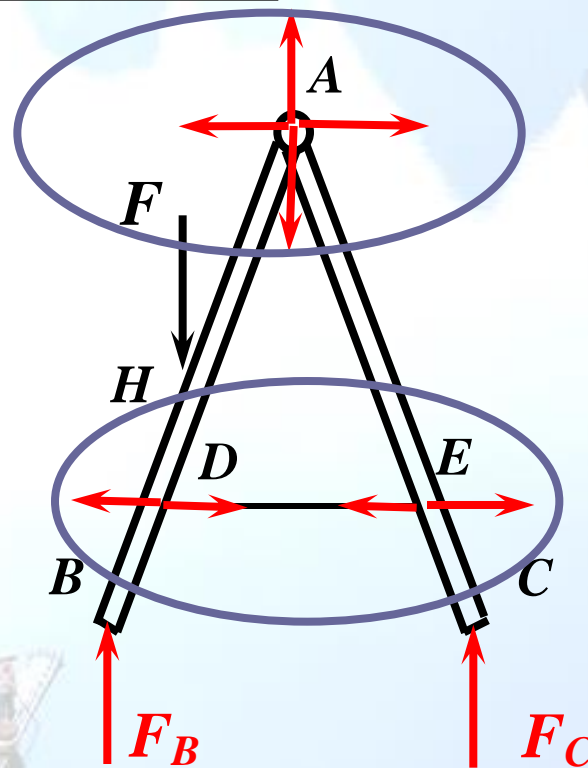
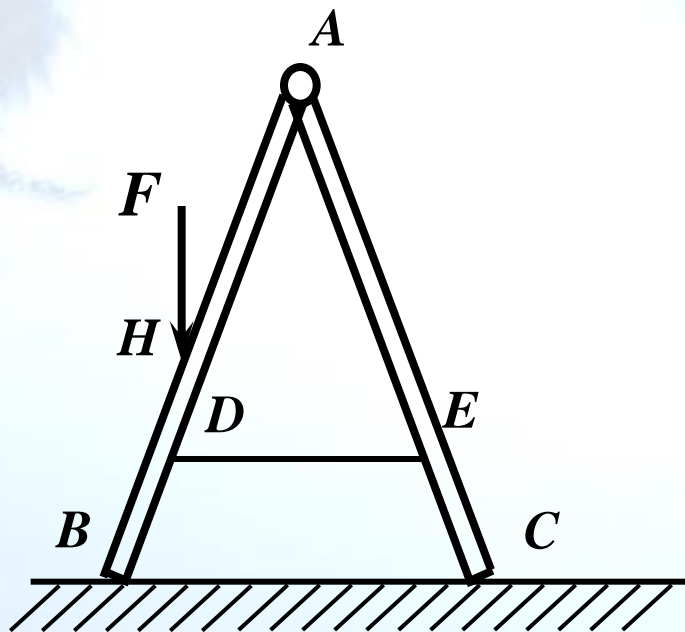
梯子如图，画出绳子 DE 和梯子 AB 和 AC 部分以及整个系统的受力图。

[整体]



[整体]

错误的画法



系统内各物体之间的相互作用力称为**内力**

P17: 内力对系统的作用效应互相抵消，因此可以除去，并不影响整个系统的平衡。故**内力在受力图上不必画出**。

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。

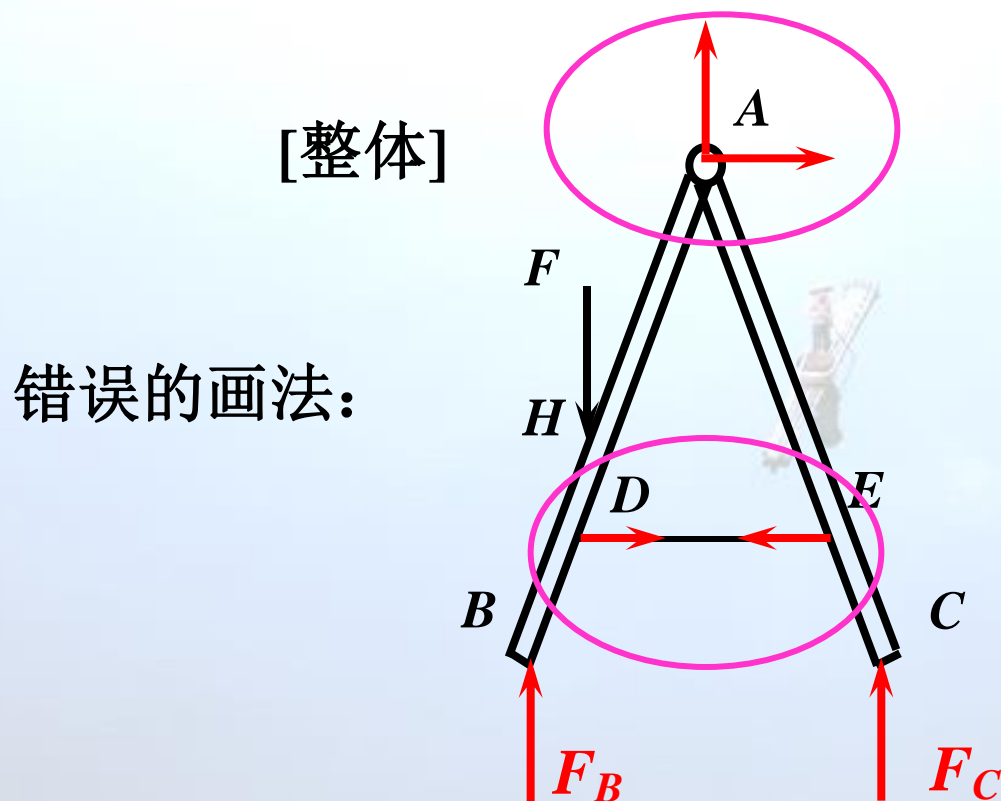
4、受力图上不能再带约束。

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。



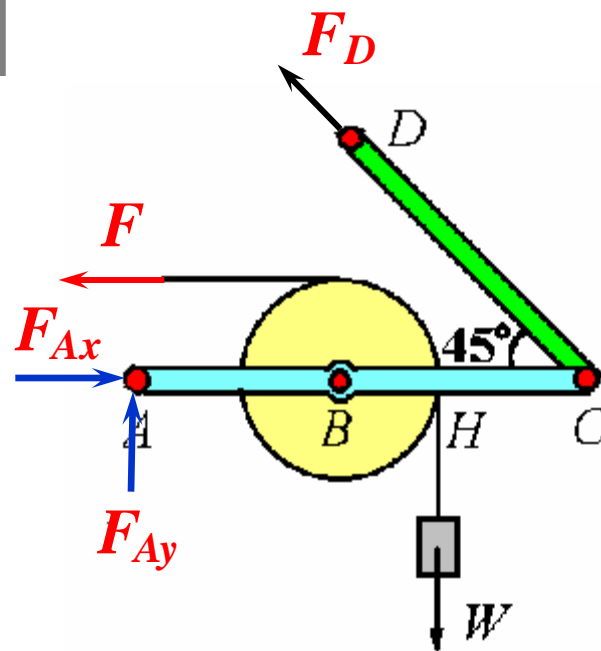
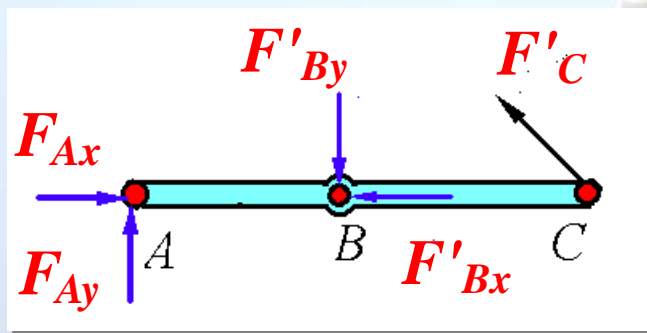
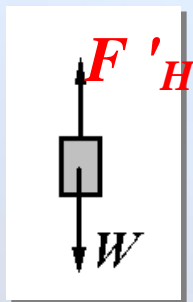
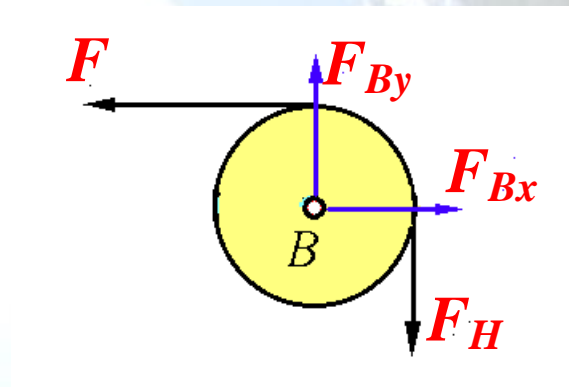
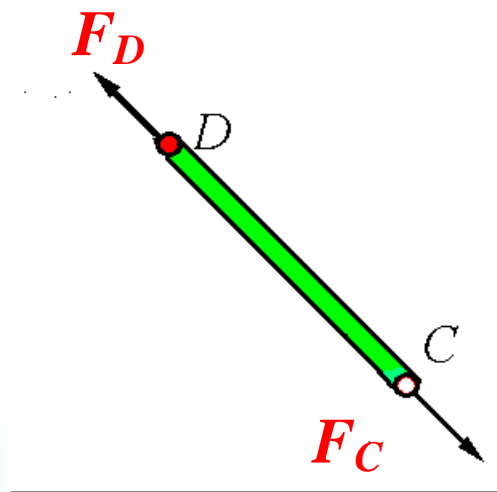
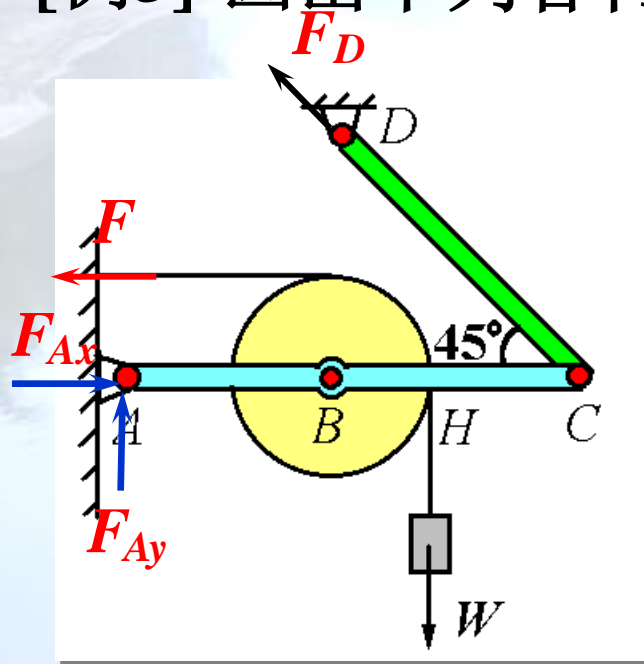
6、同一系统各研究对象的受力图必须整体与局部一致，相互协调，不能相互矛盾。

{ 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。

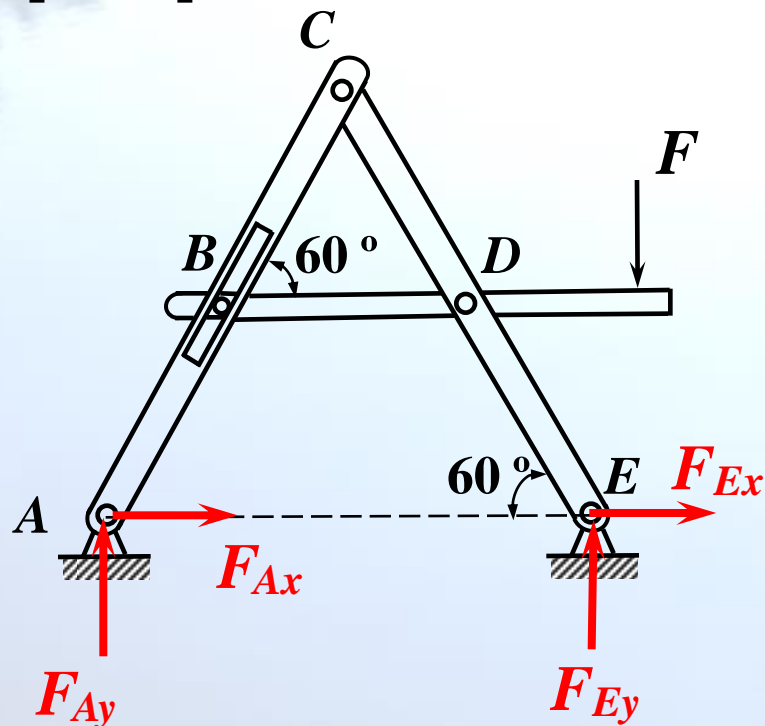


[例5] 画出下列各构件的受力和整体的受力图

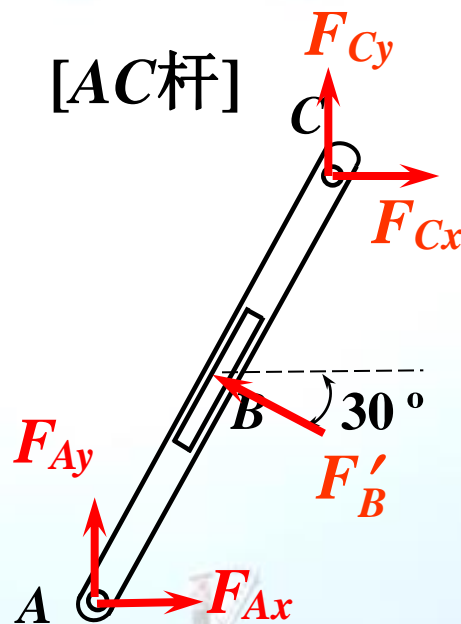


[例6] 画出下列各构件的受力和整体的受力图

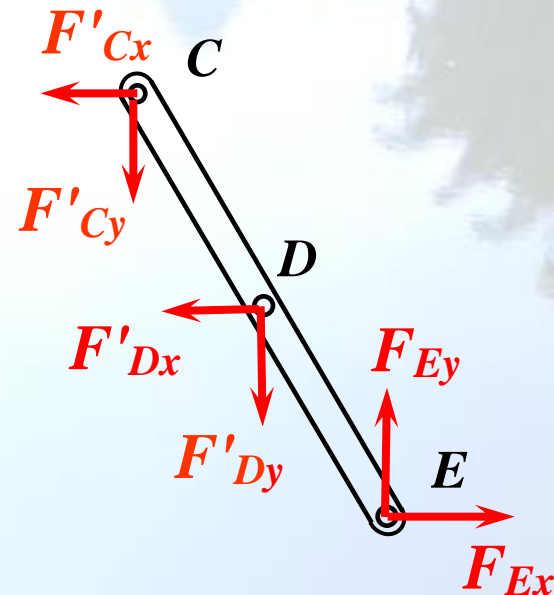
[整体]



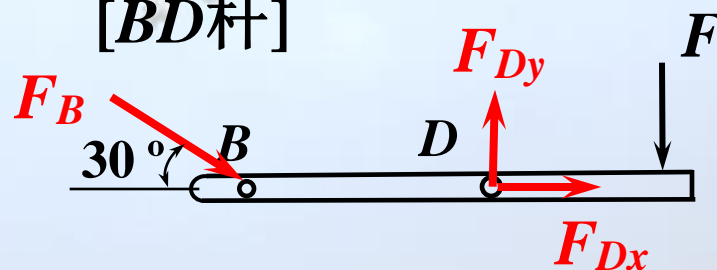
[AC杆]



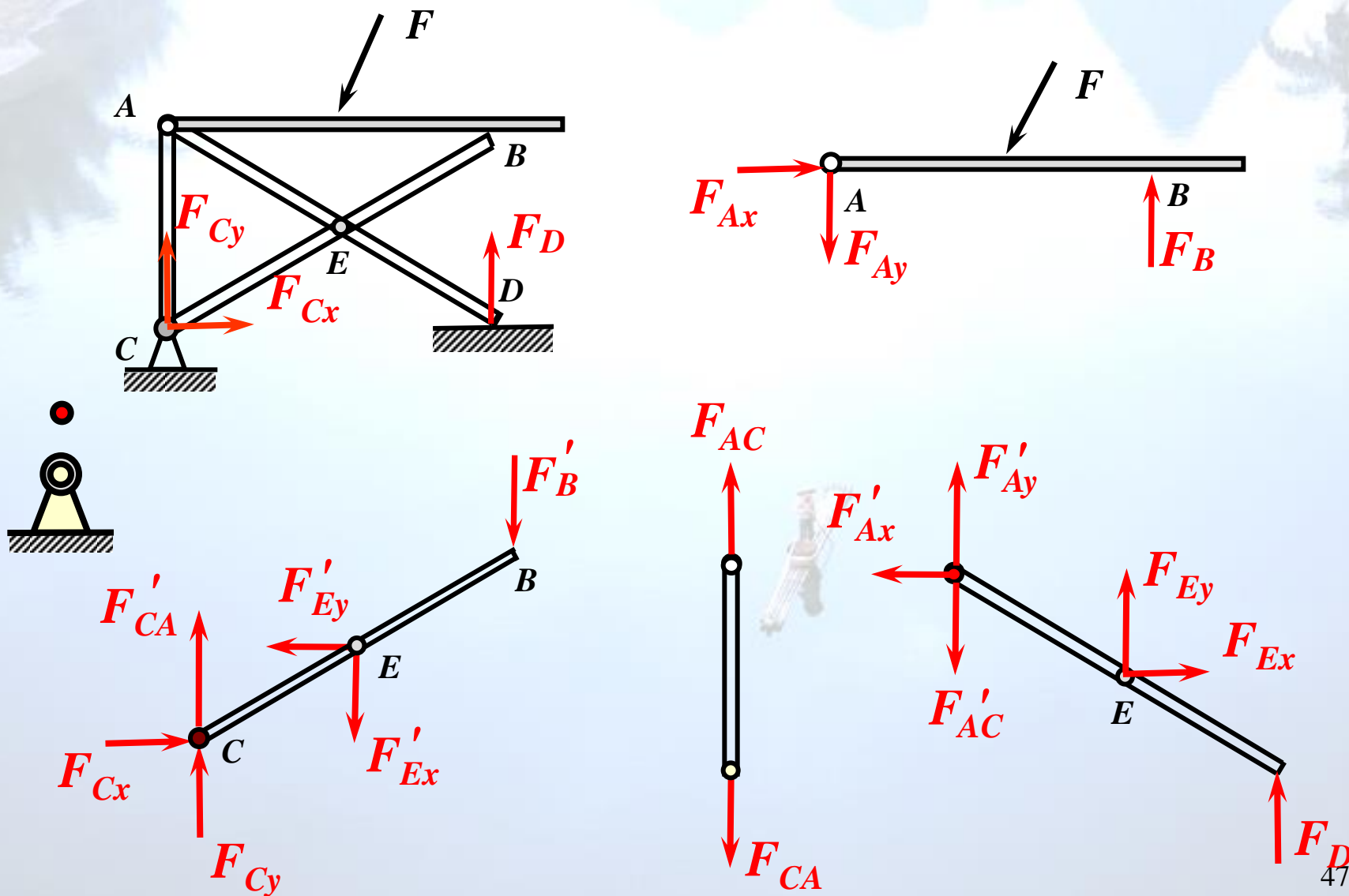
[CE杆]



[BD杆]



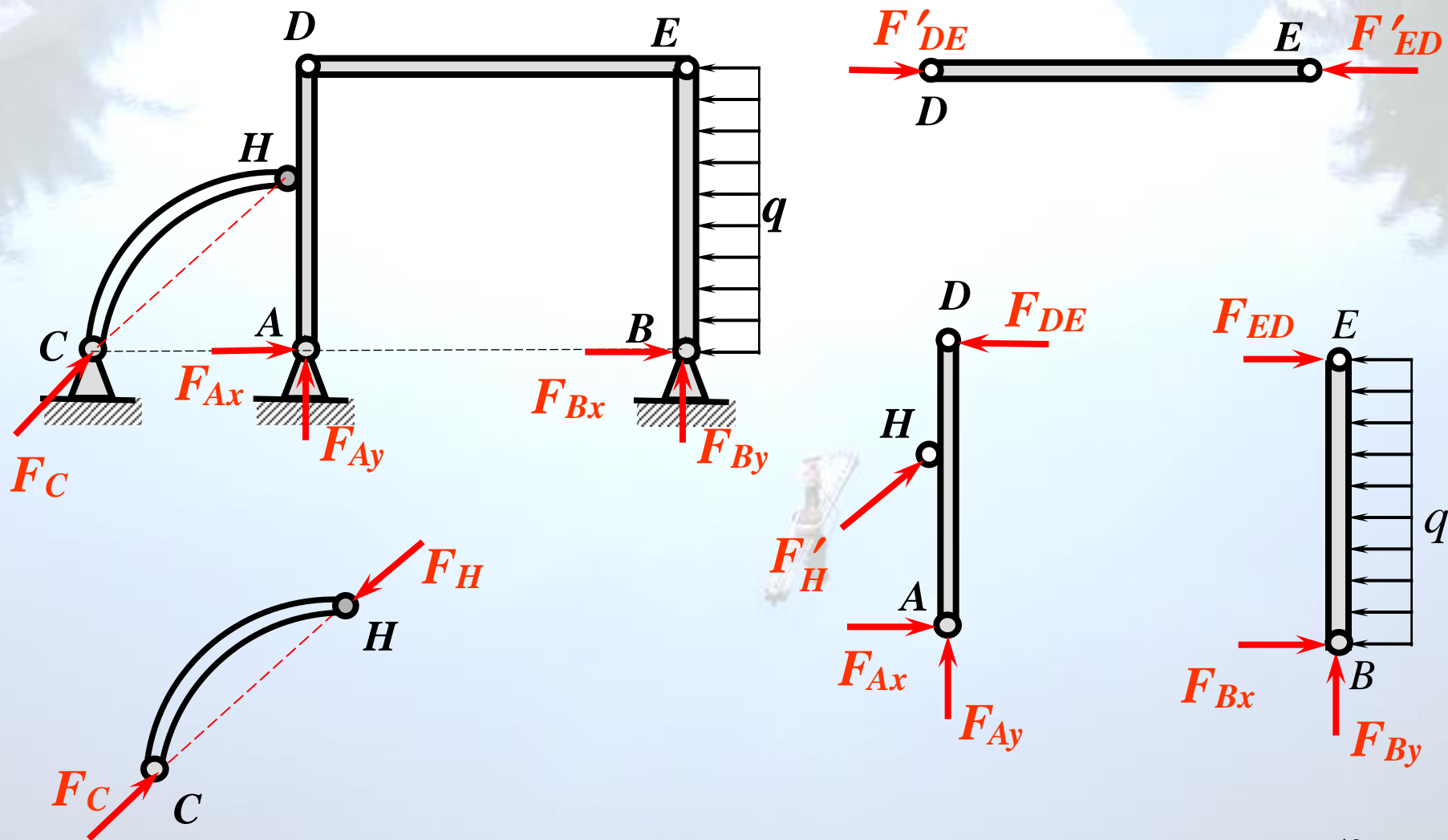
[题1-3(f)] (P27) 画出各杆和整体的受力图。 复杂铰的处理





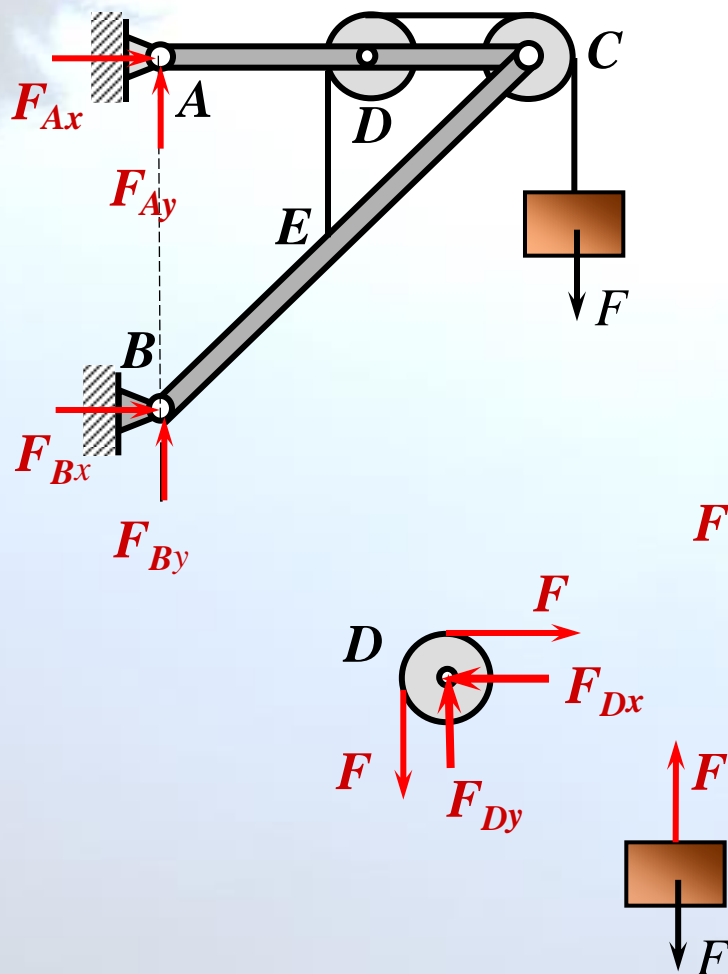
本章结束

[例7] 画出下列各构件的受力和整体的受力图

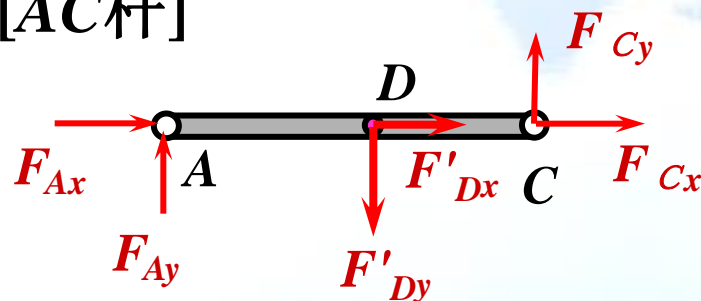


[例8] 画出下列各构件的受力图和整体的受力图

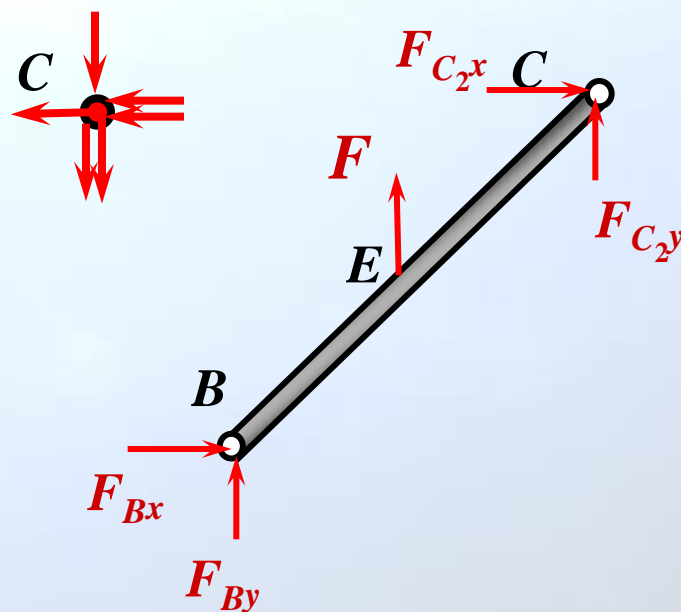
[整体]



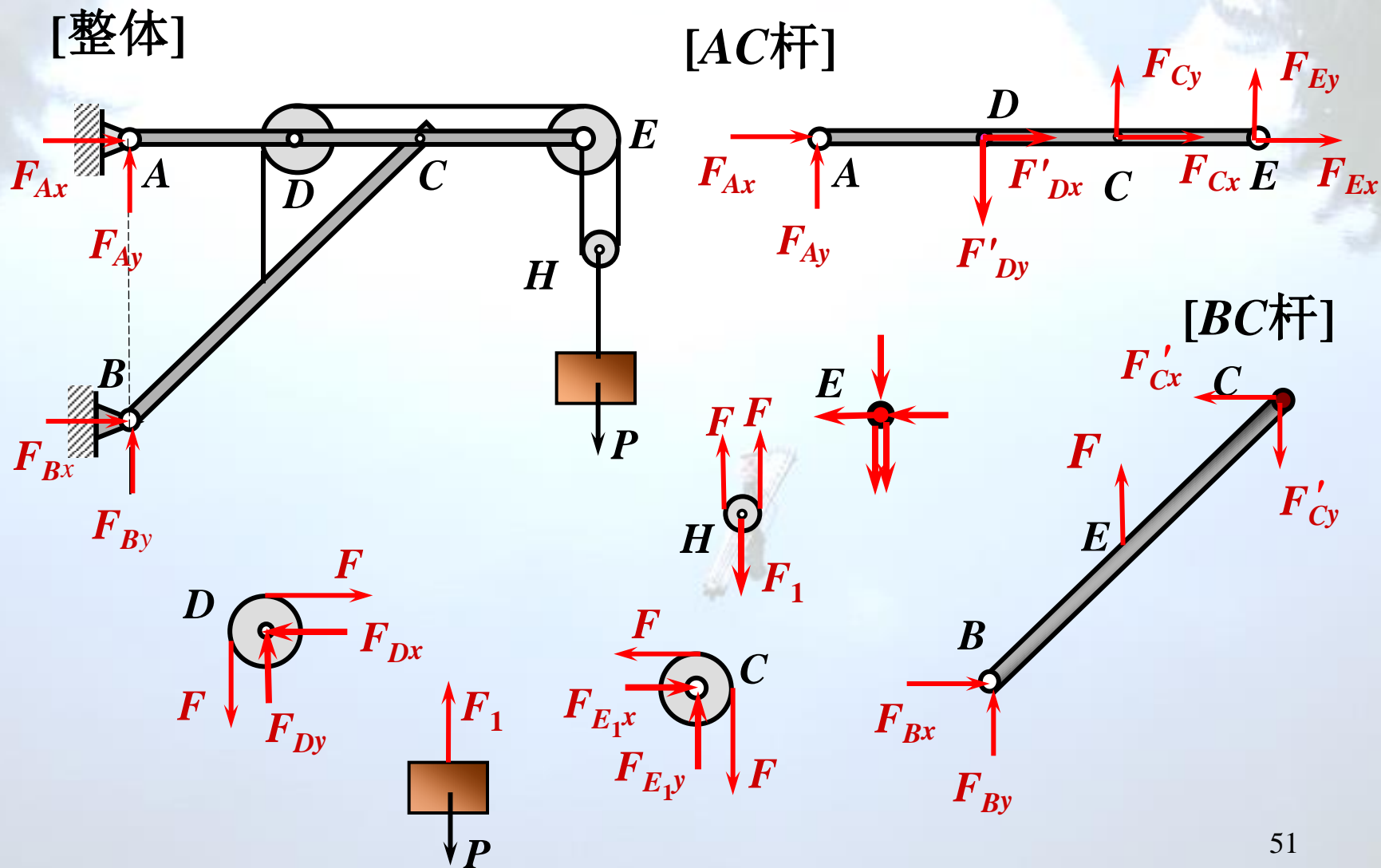
[AC杆]



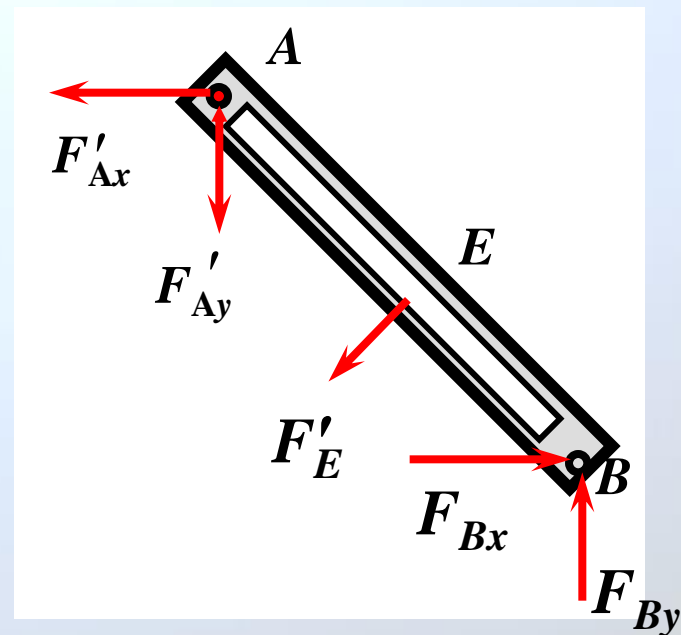
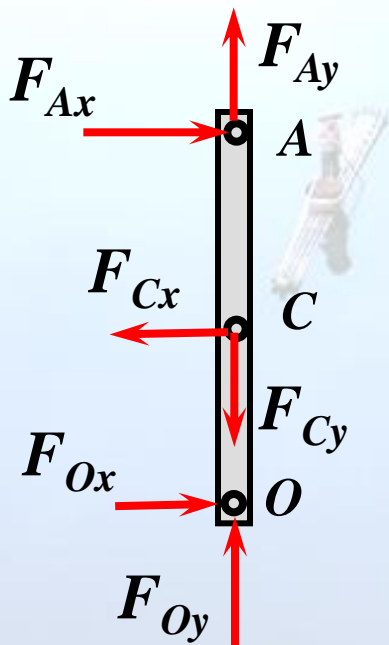
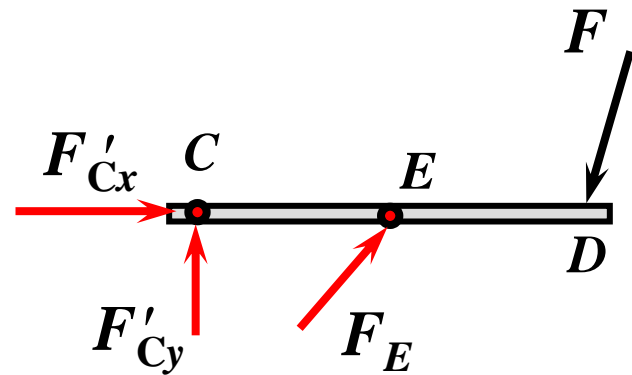
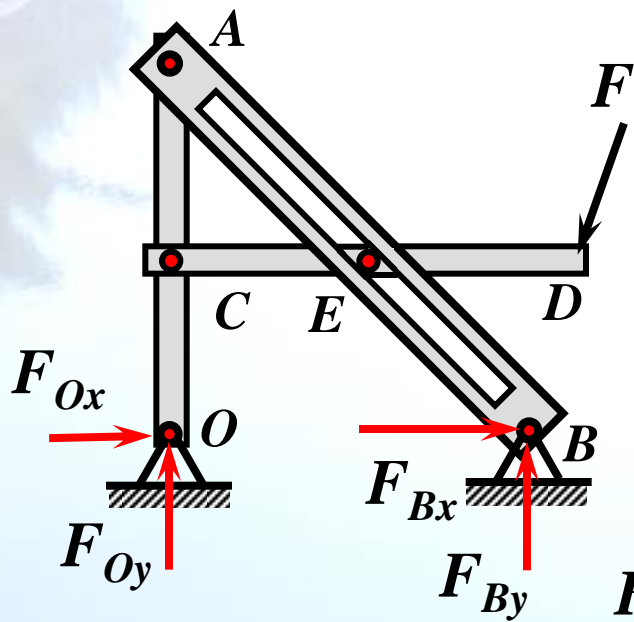
[BC杆]



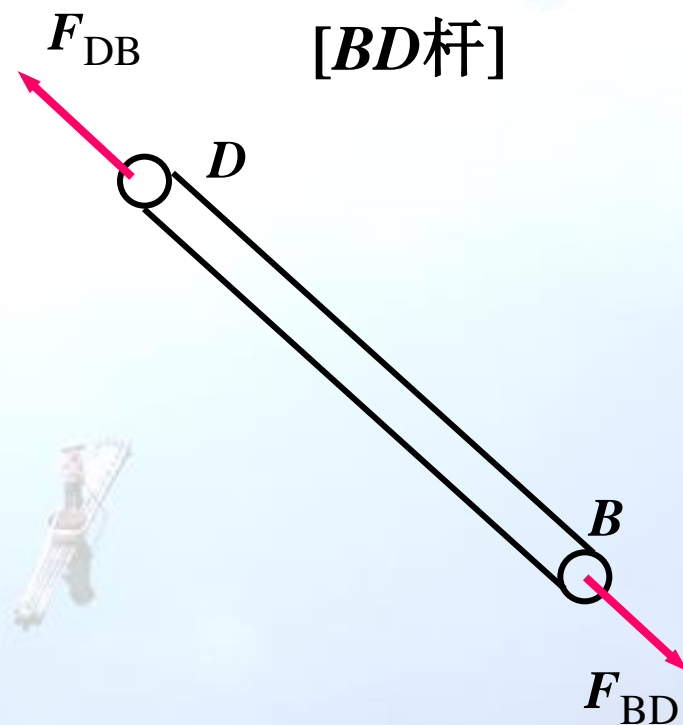
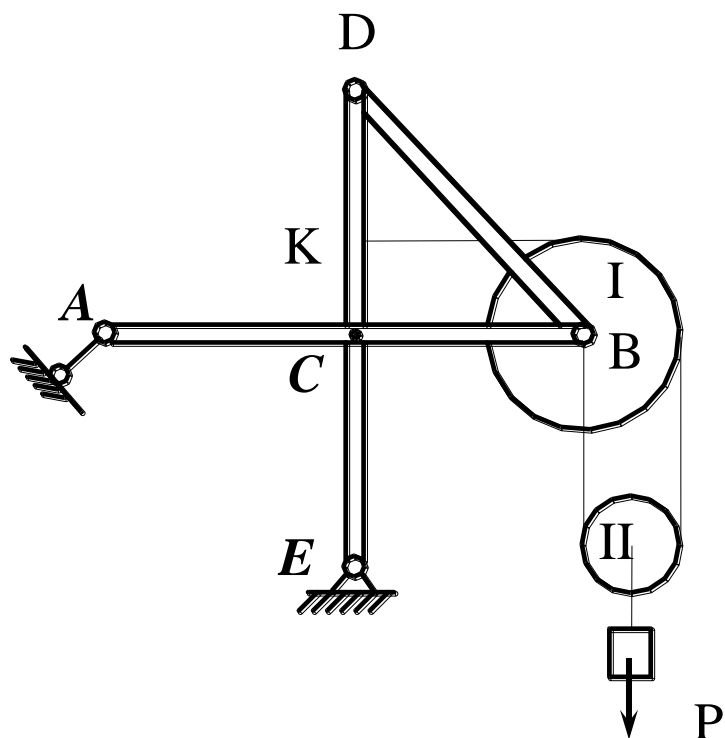
[题1-2(j)] 画出下列各构件的受力图和整体的受力图

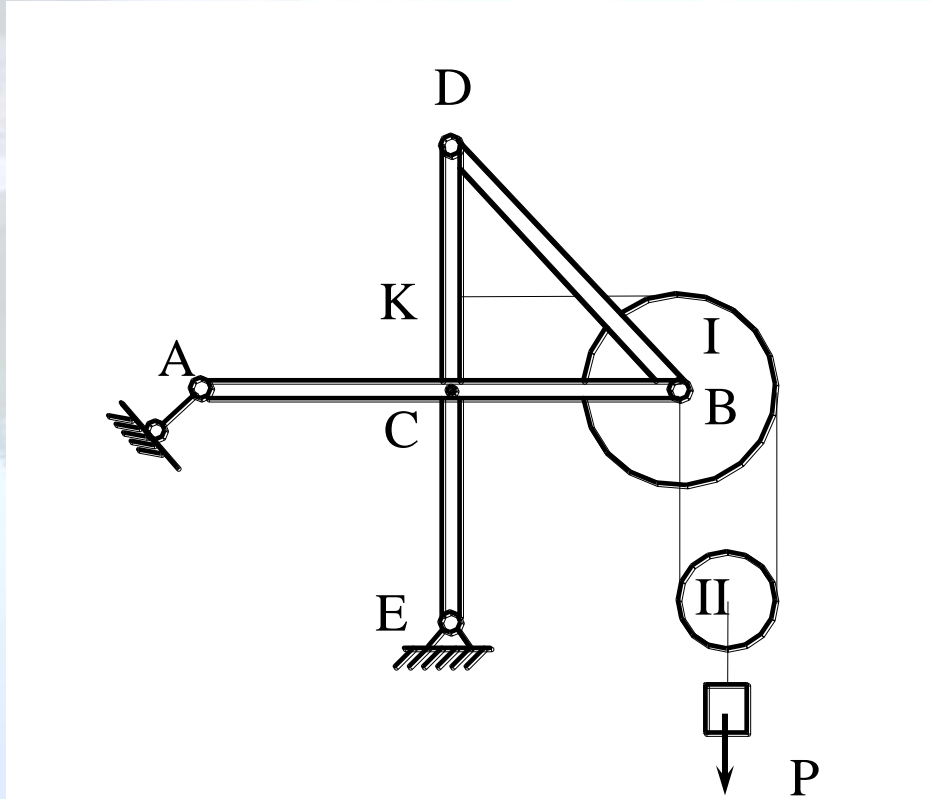
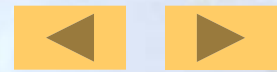


[题1-2 (i)] (P25) 画出下列各物体和整体的受力图

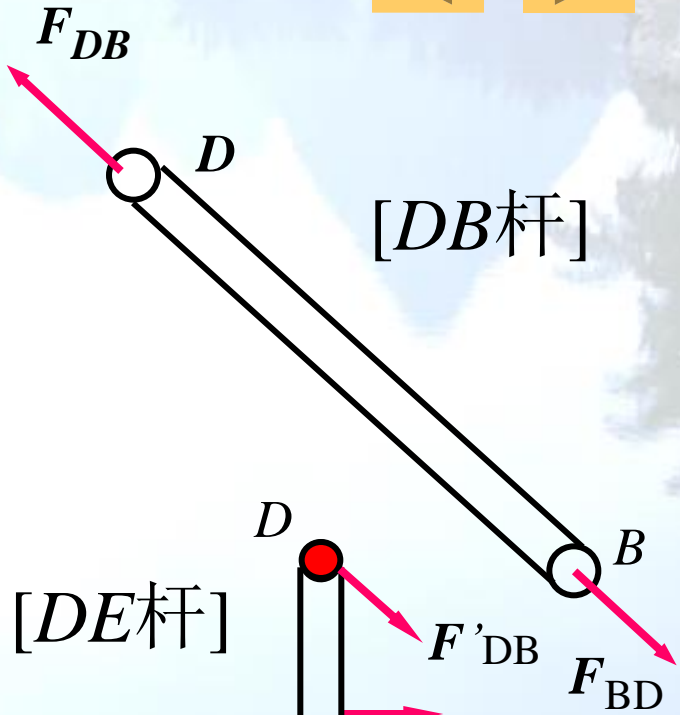
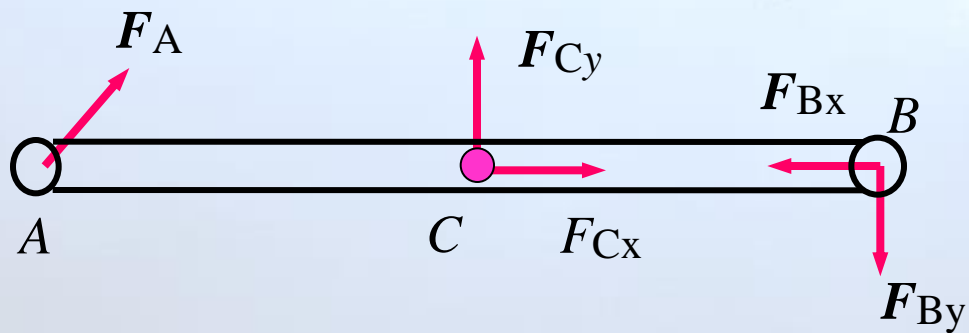


[例6] 画各物体的受力和整体的受力图。

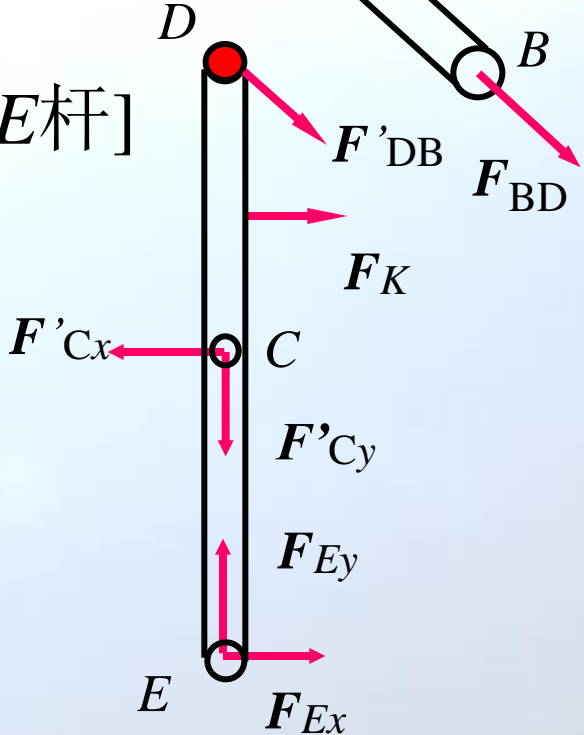


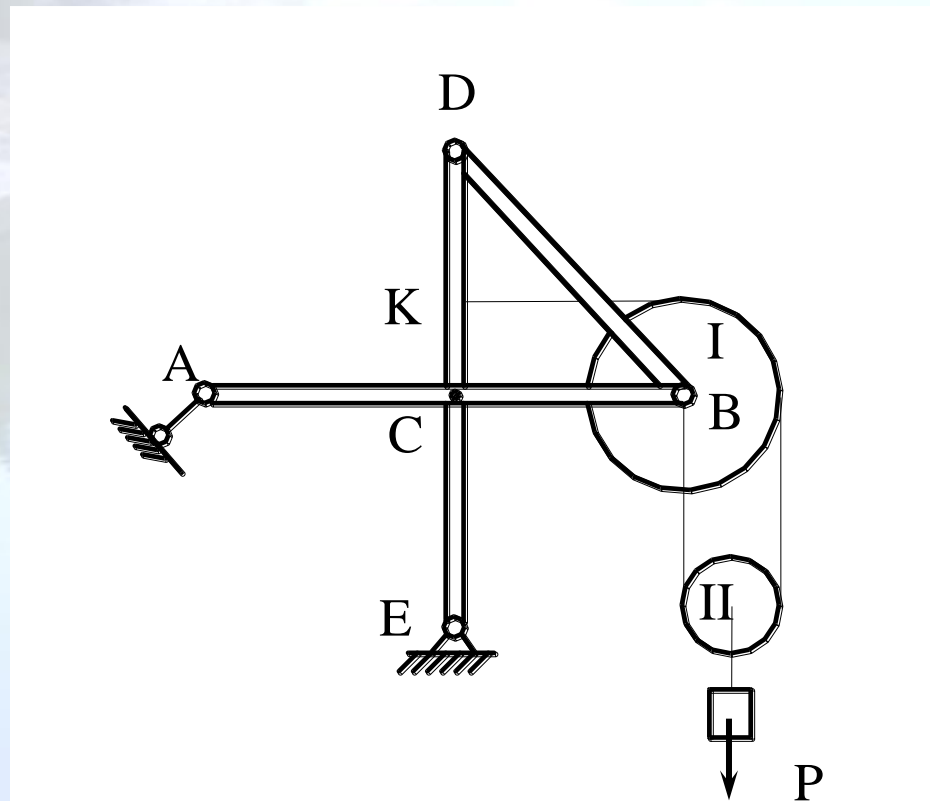


[AB杆]

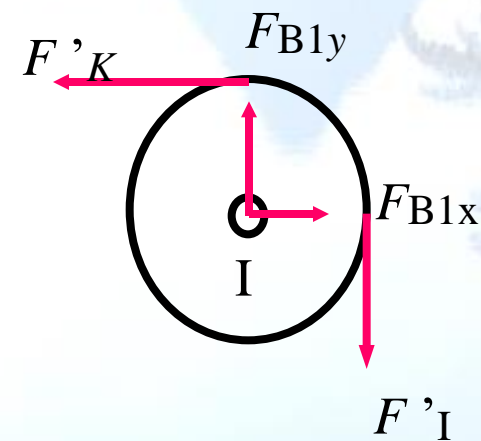


[DE杆]

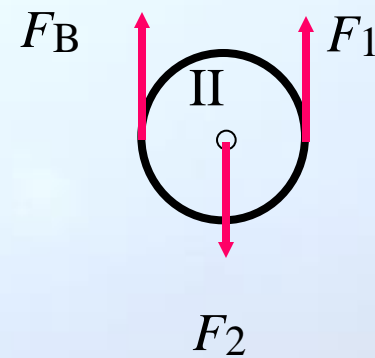


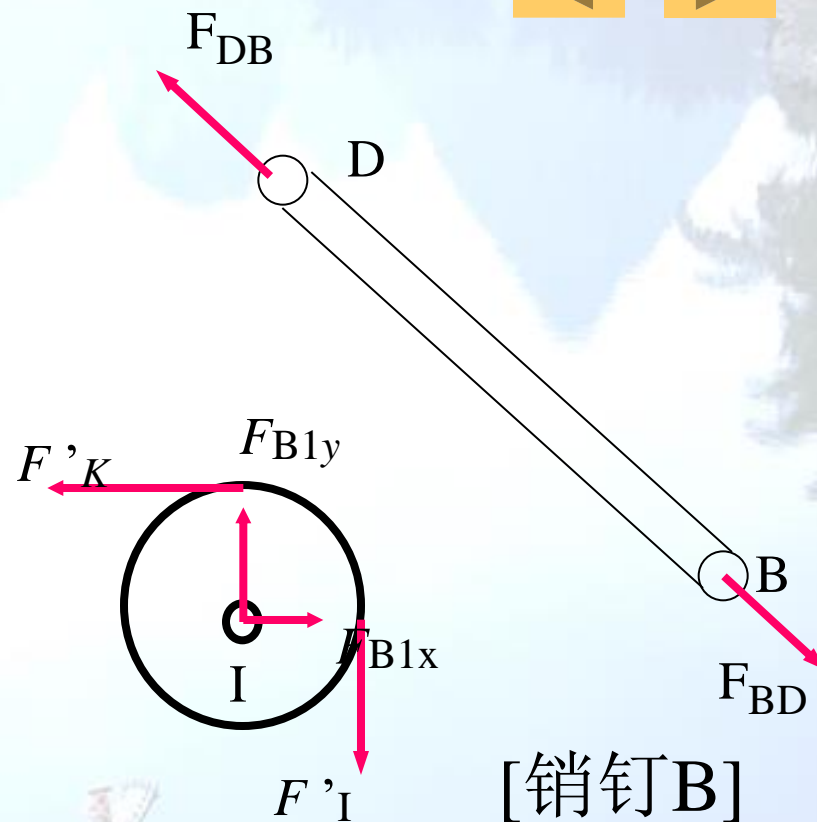
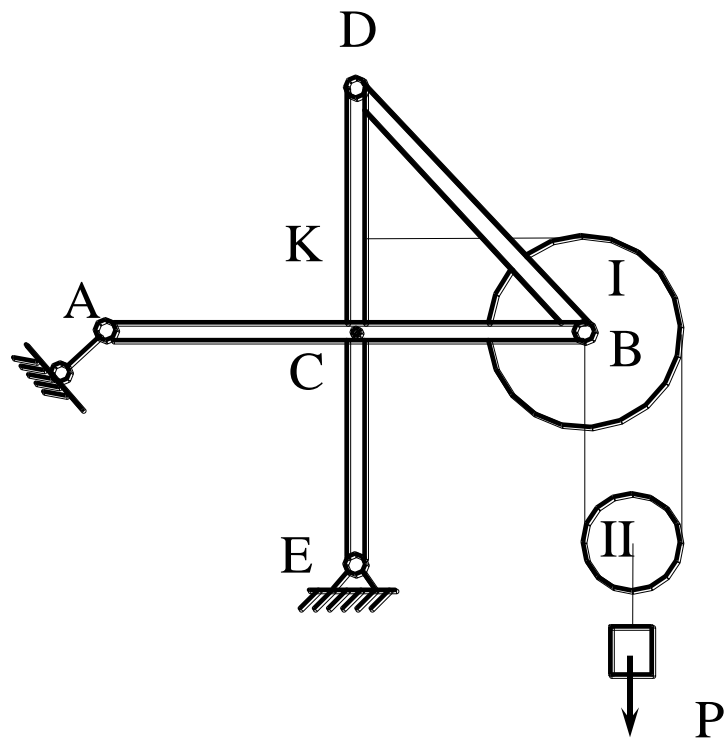


[轮子I]

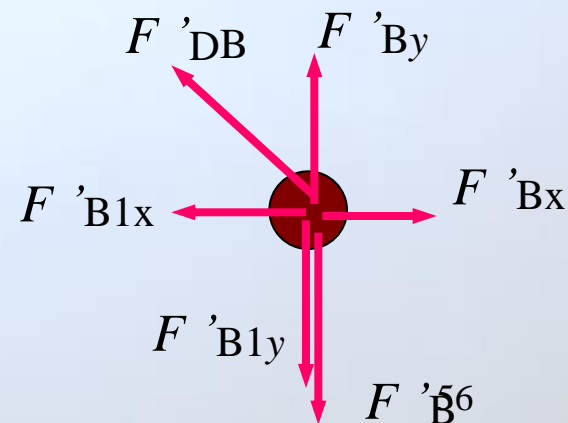
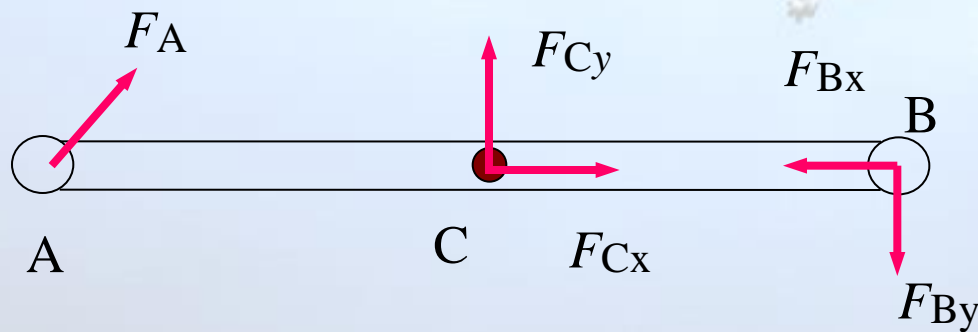


[轮子II]



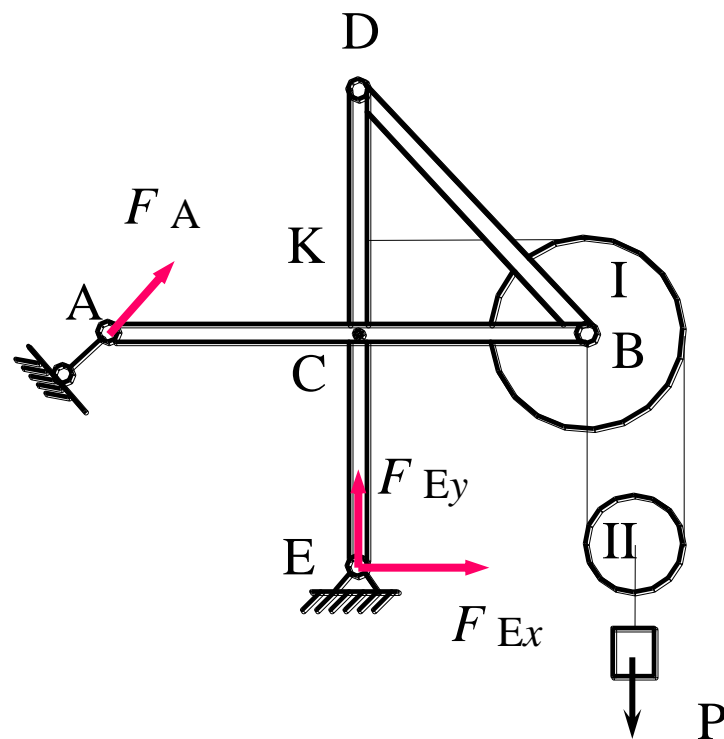


[销钉B]

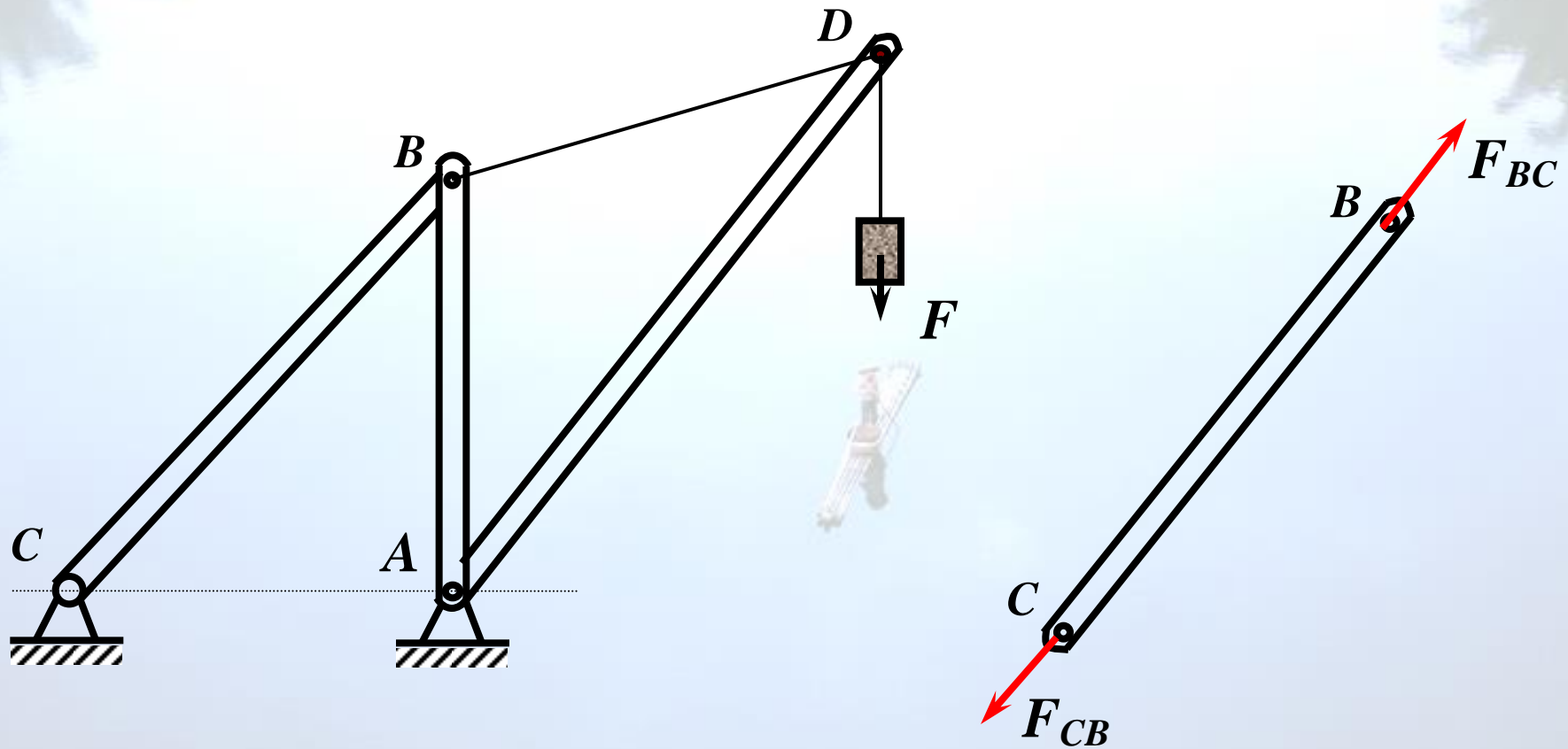


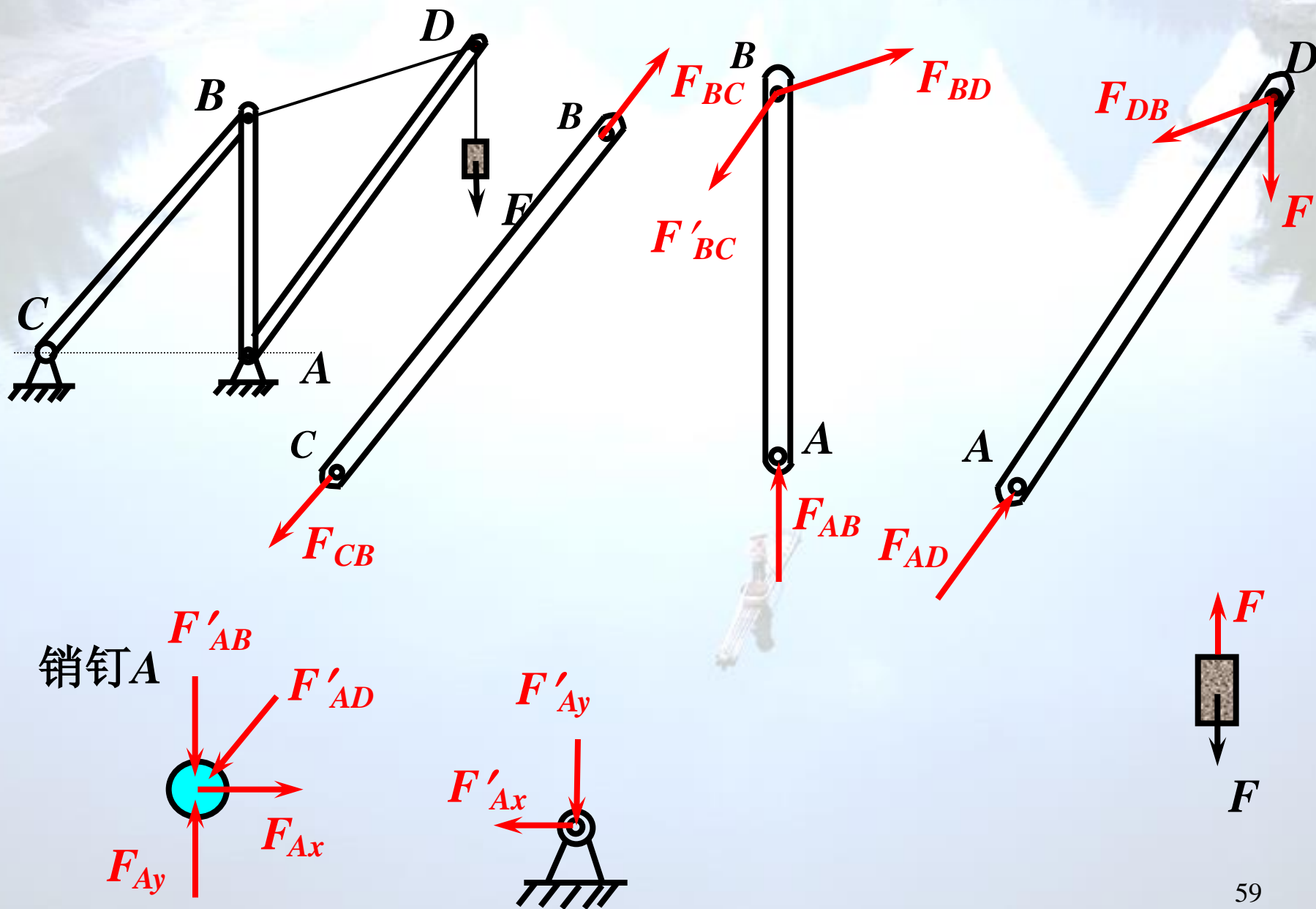


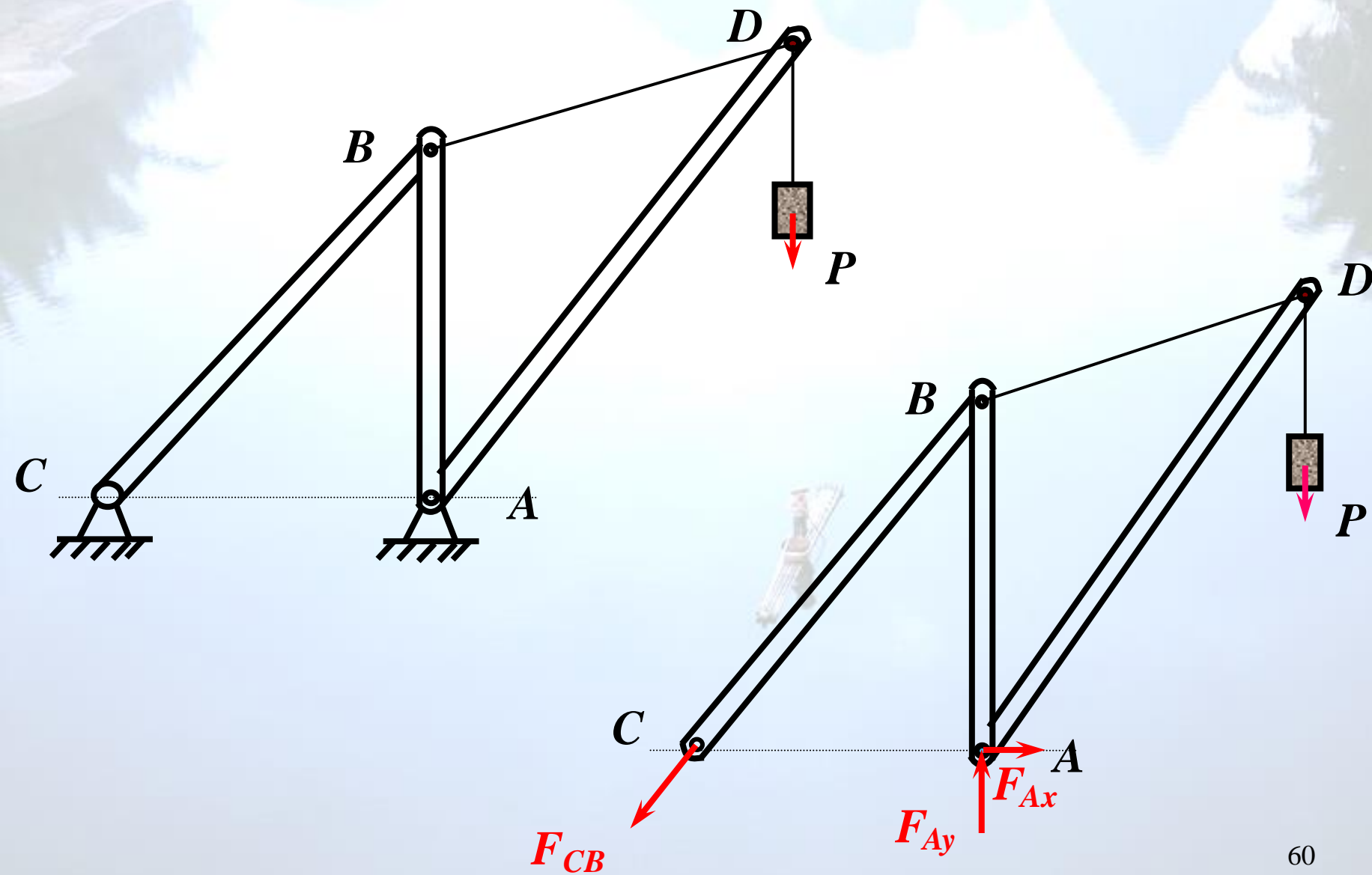
[整体]



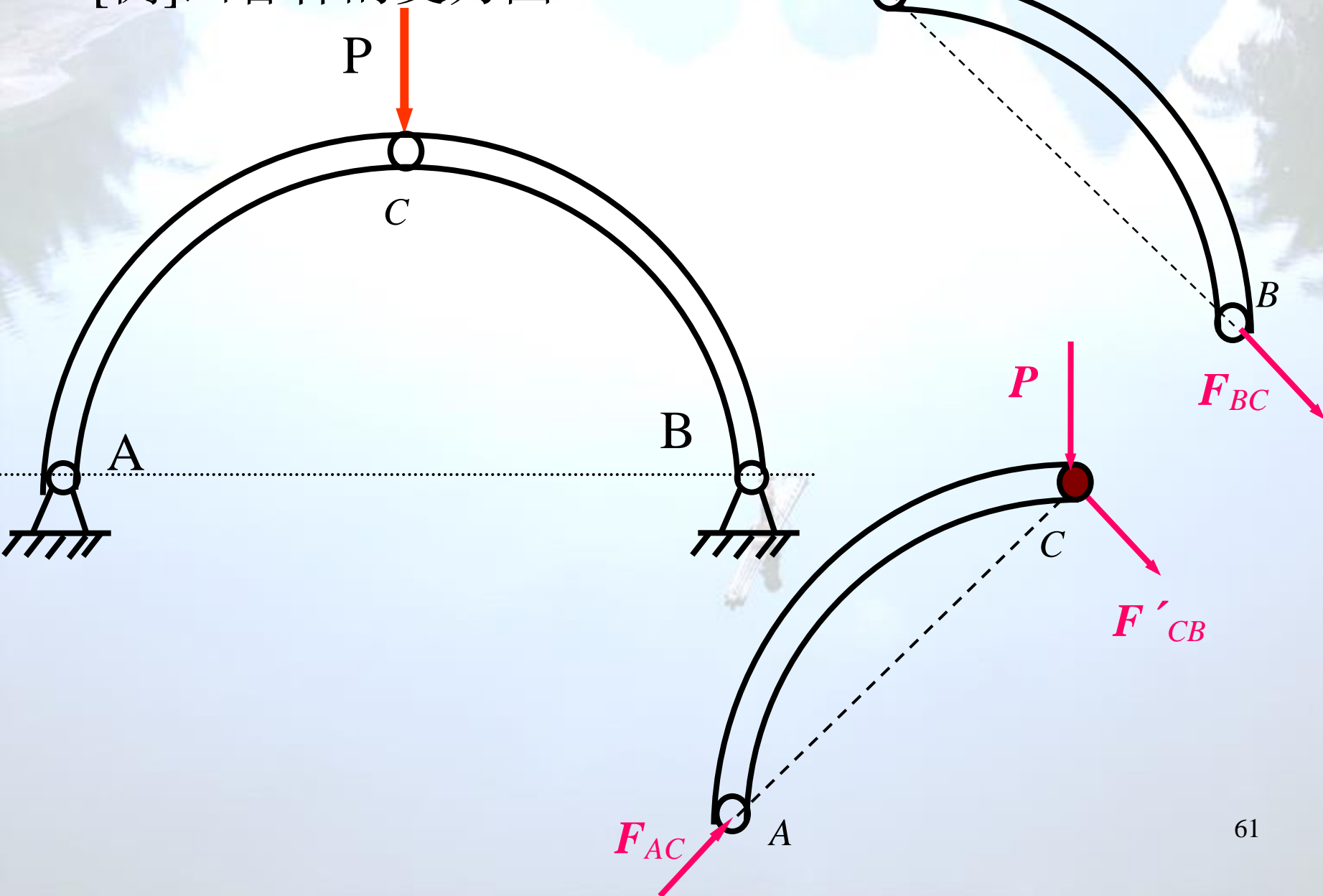
[题1-3(a)] (P26) 画出下列各物体和整体的受力图



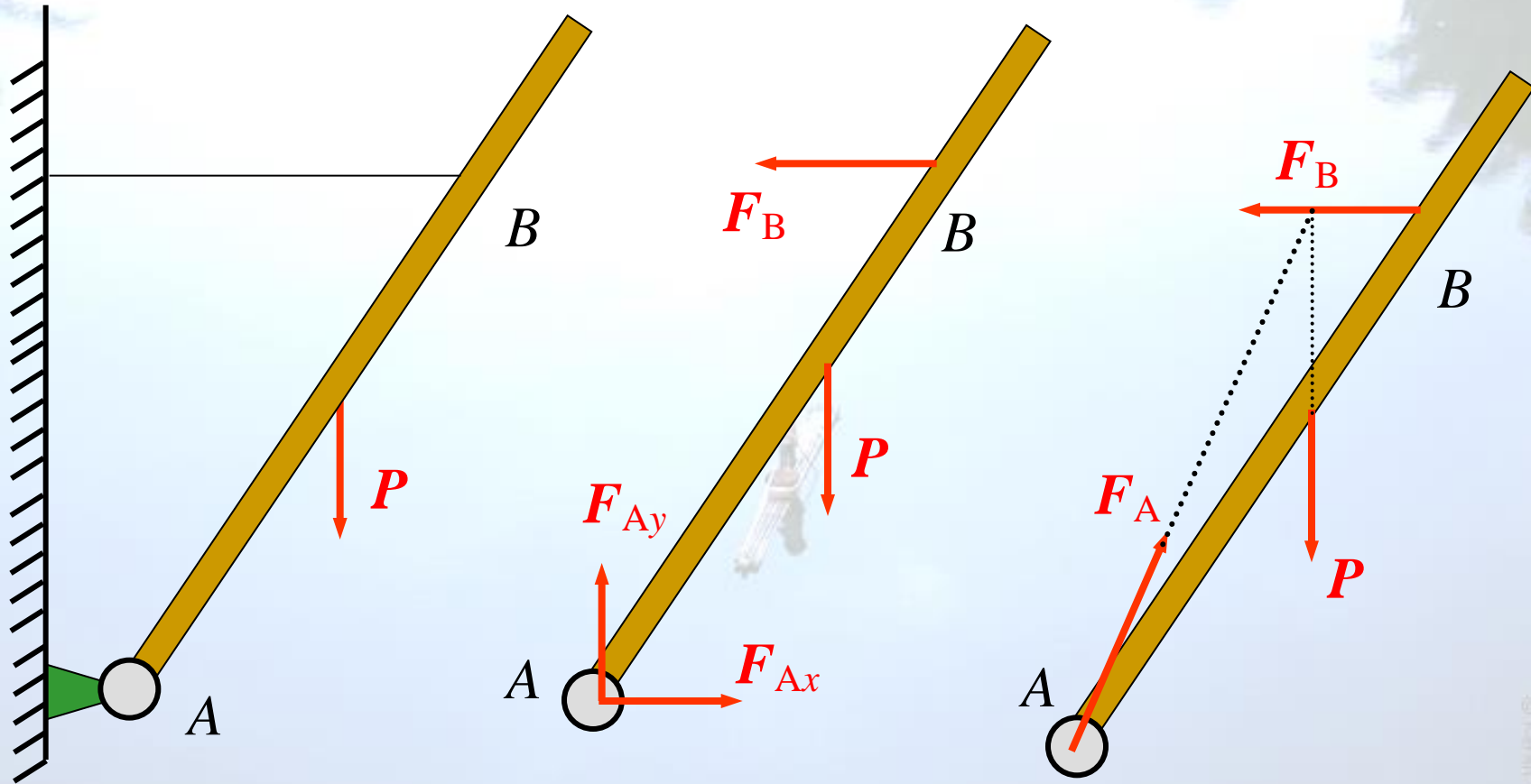




[例]画各杆的受力图。

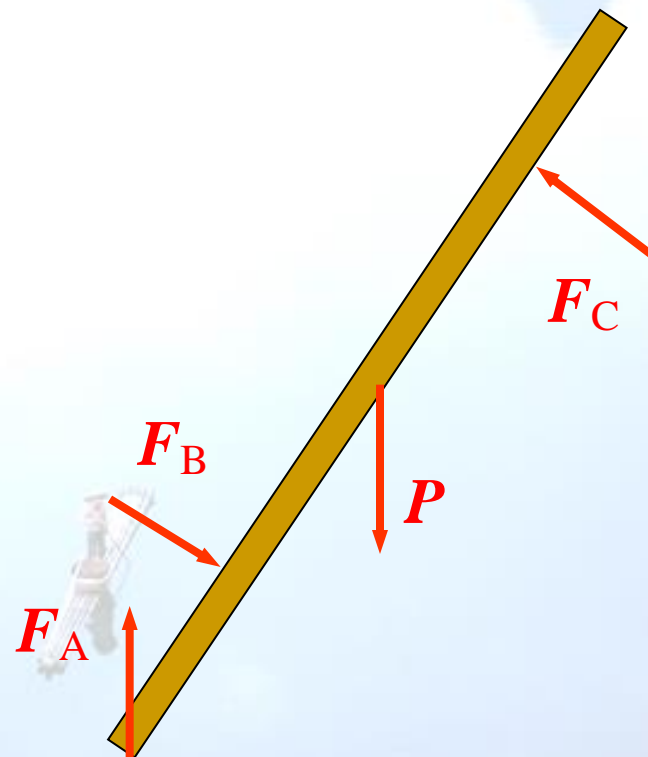
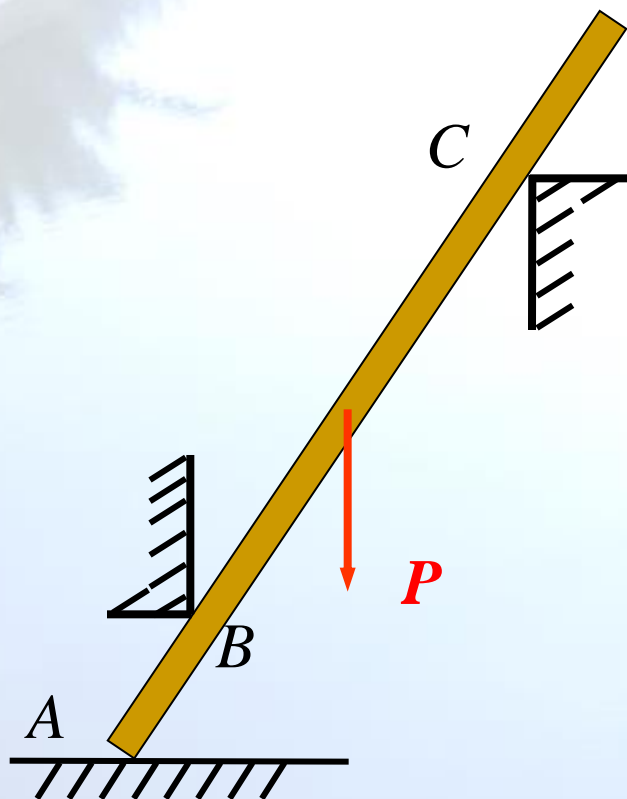


[思考题1-5] (P18) 改错。

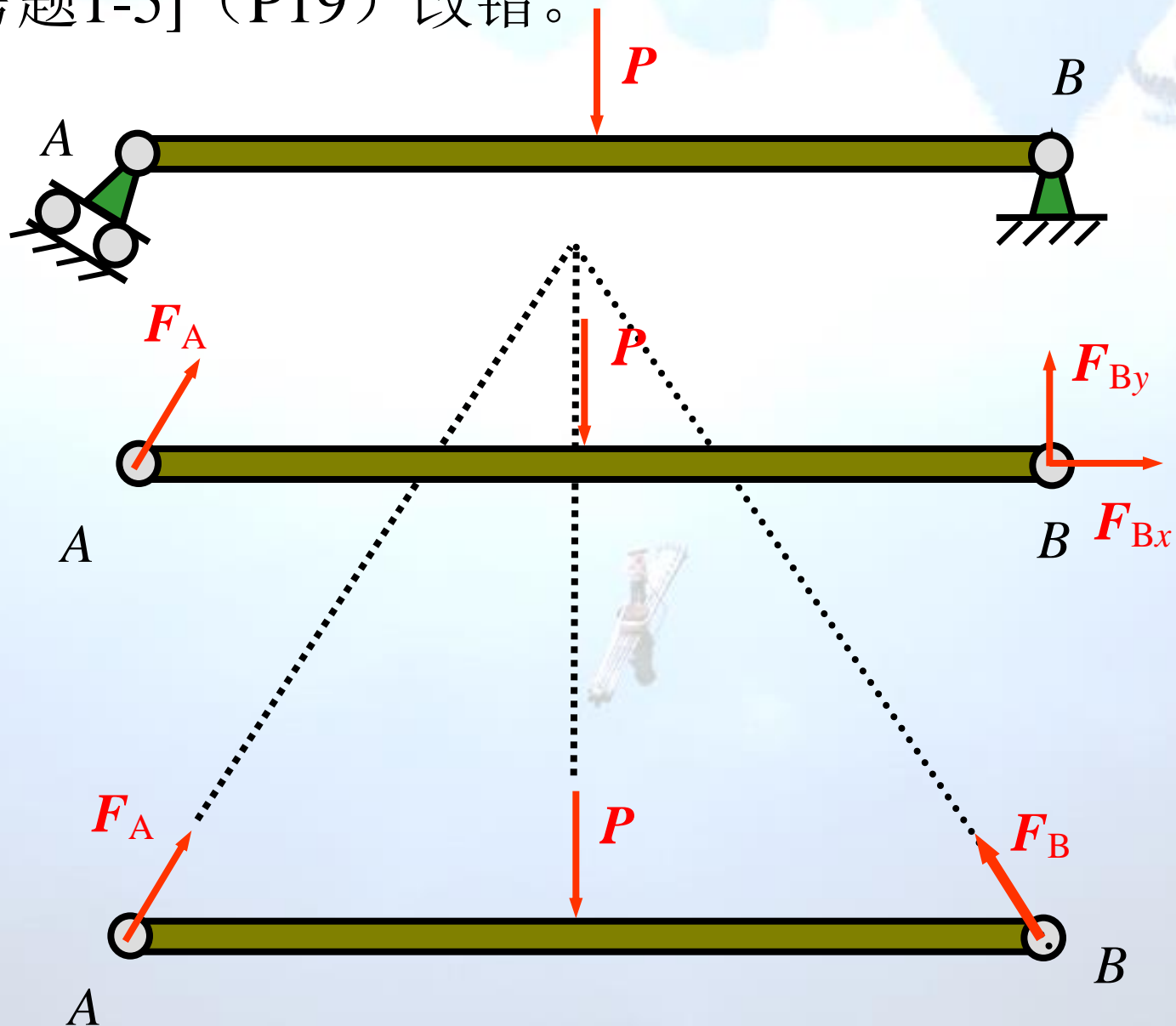




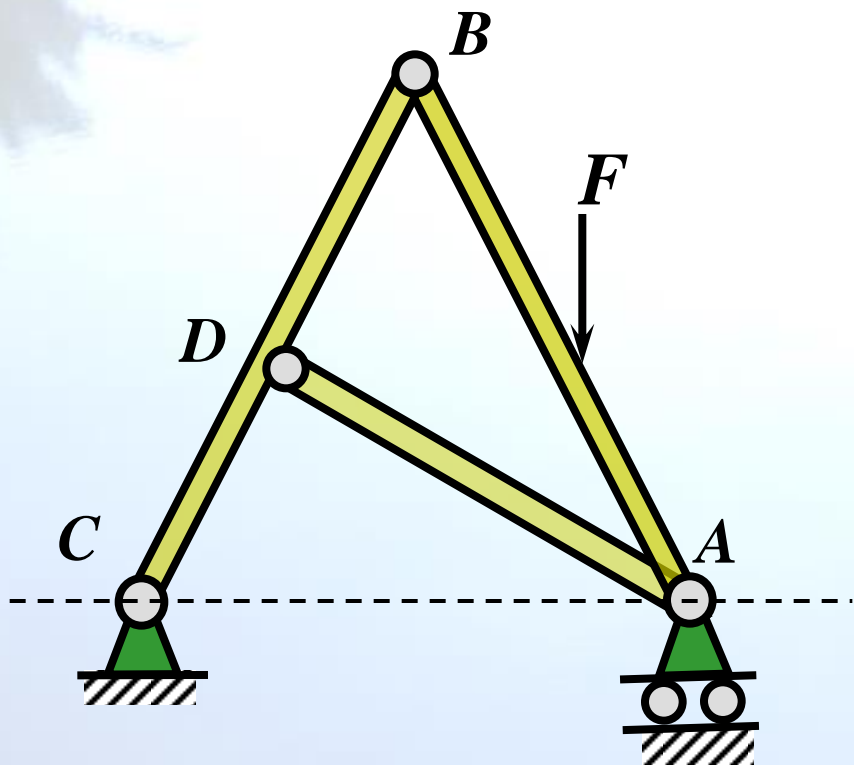
[思考题1-5] (P19) 改错。



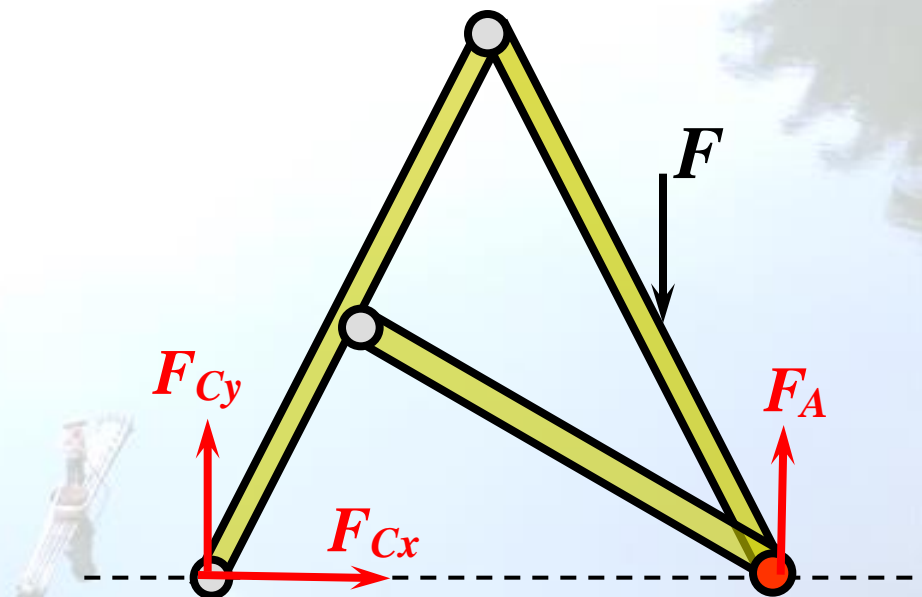
[思考题1-5] (P19) 改错。

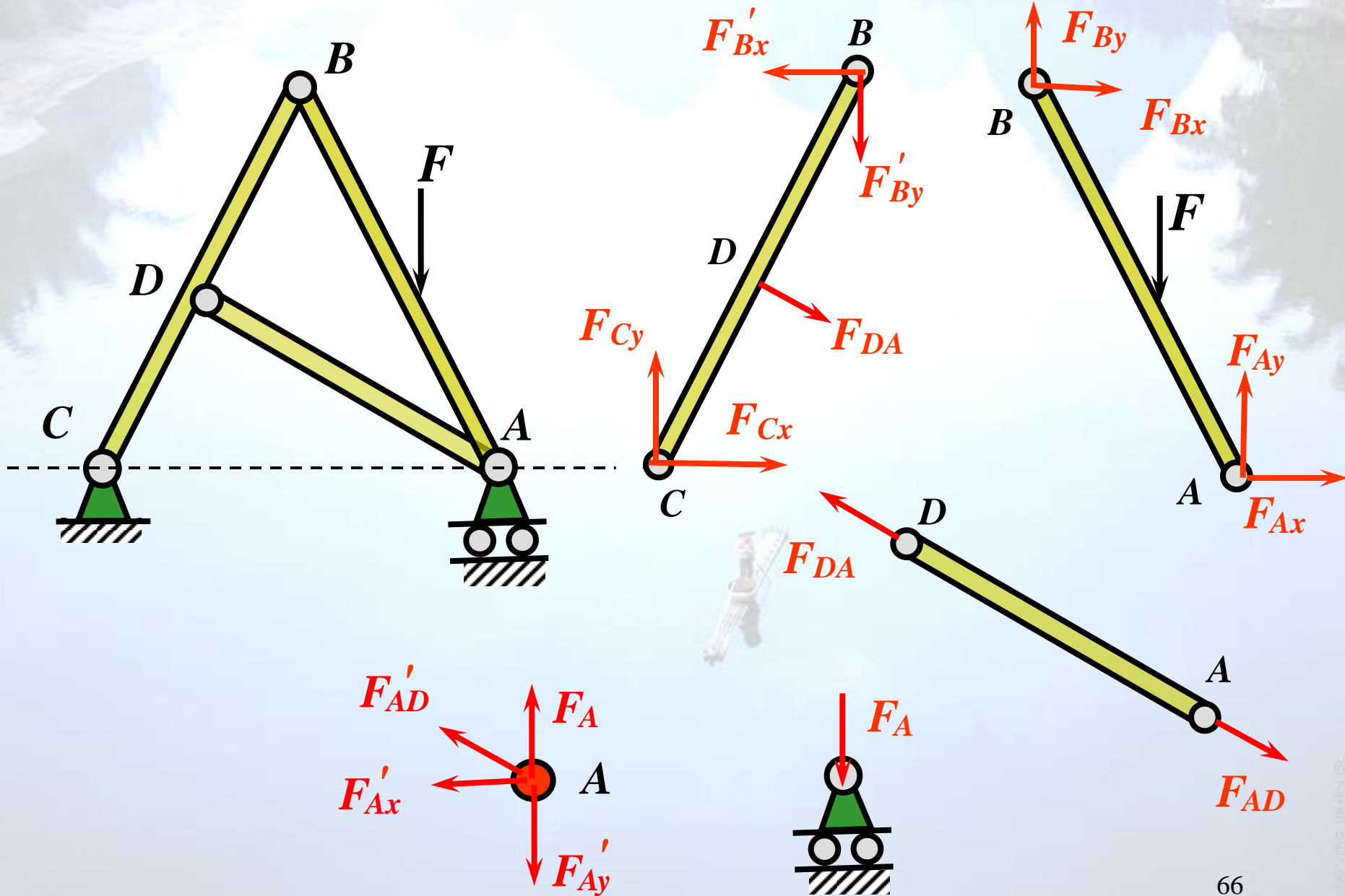


[题1-3(d)] 画各杆、整体、销钉A的受力图。



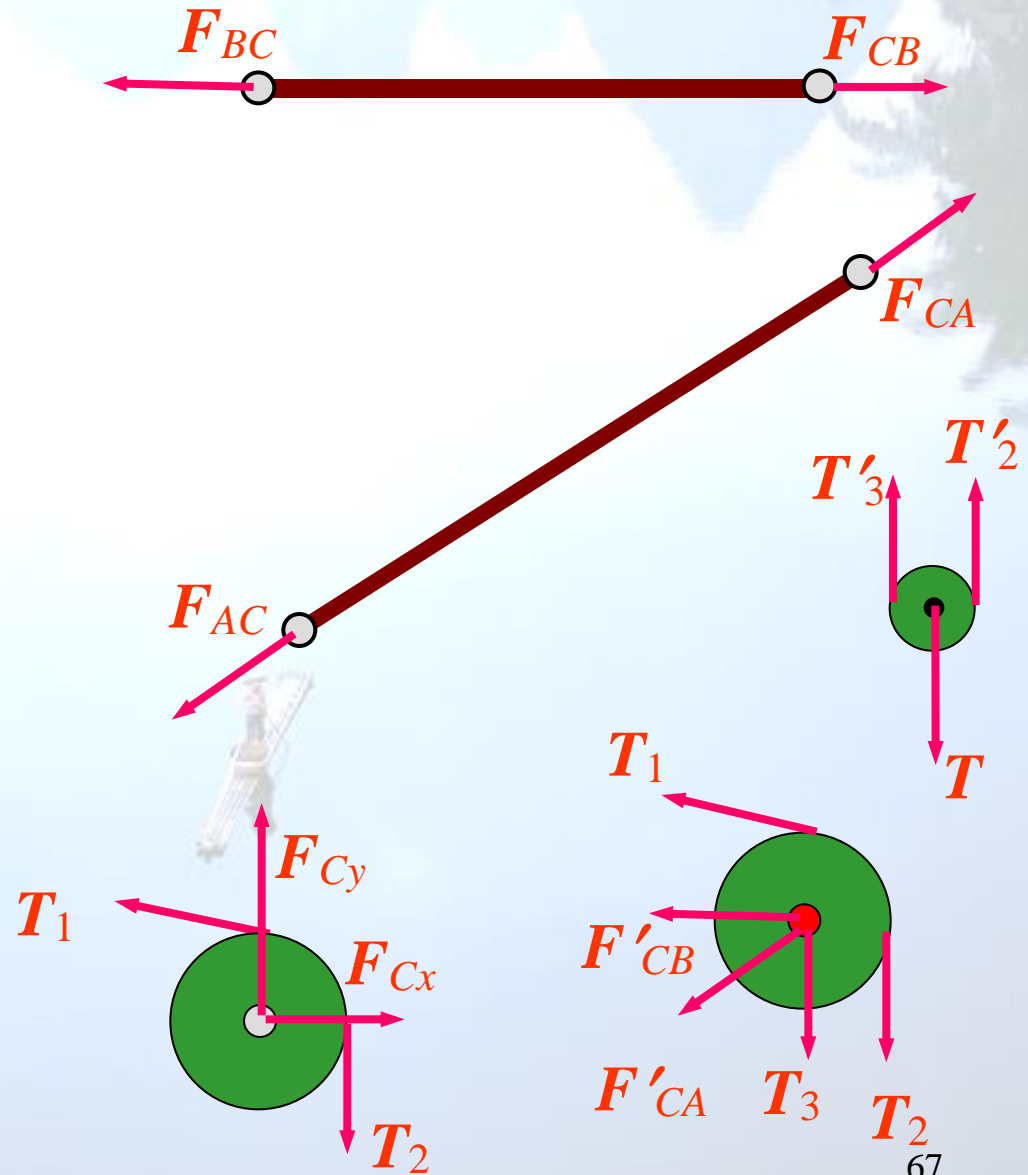
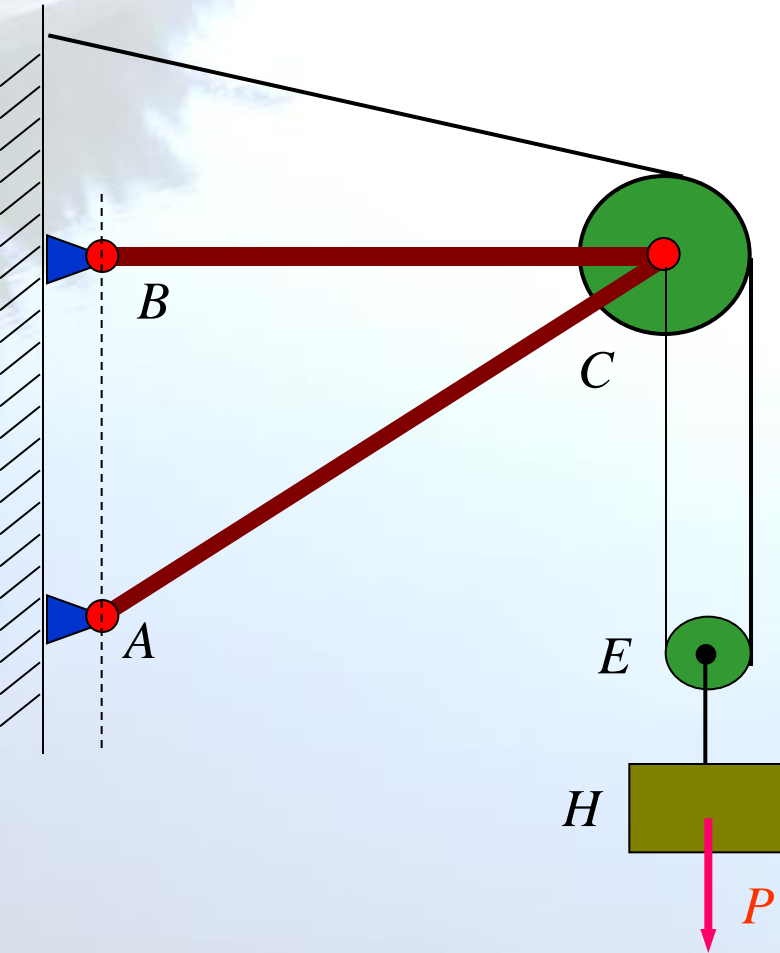
[整体]

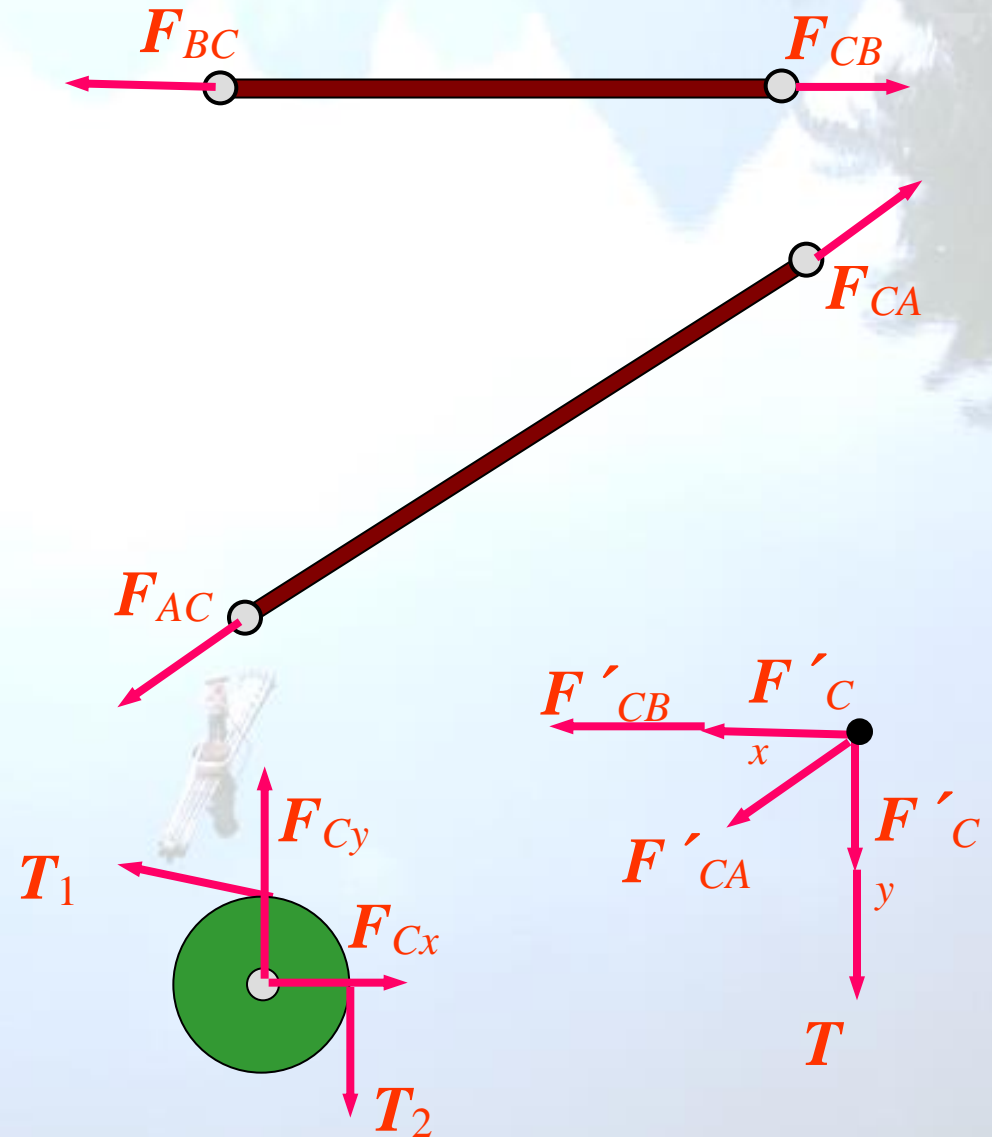
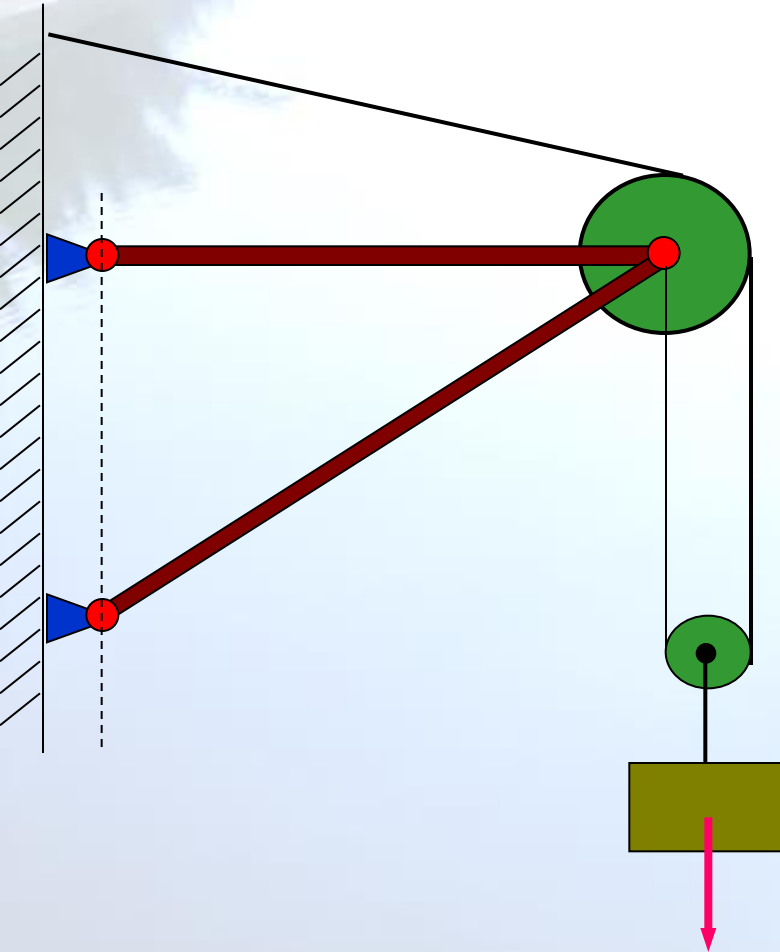
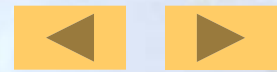




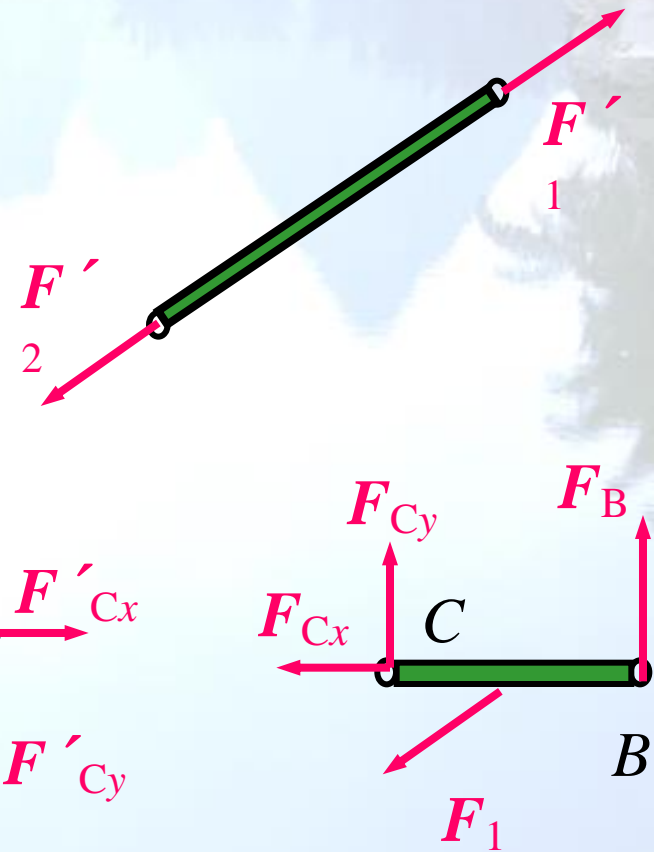
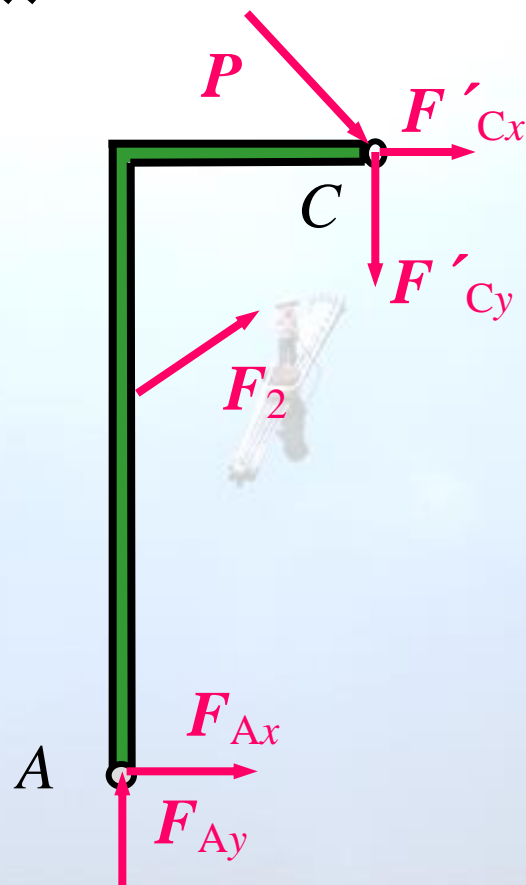
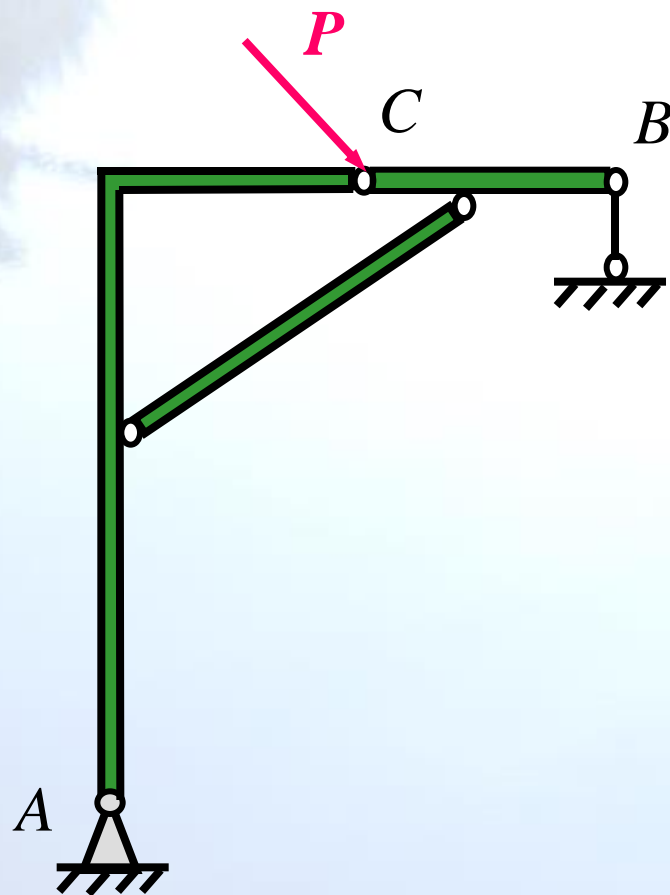


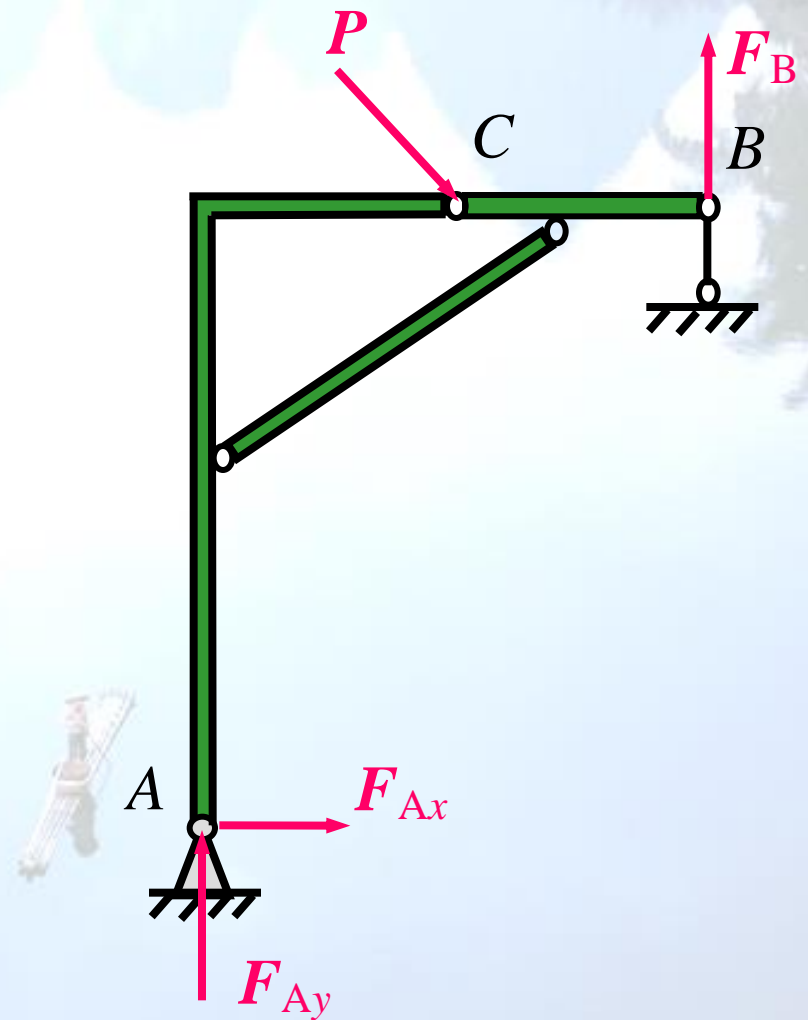
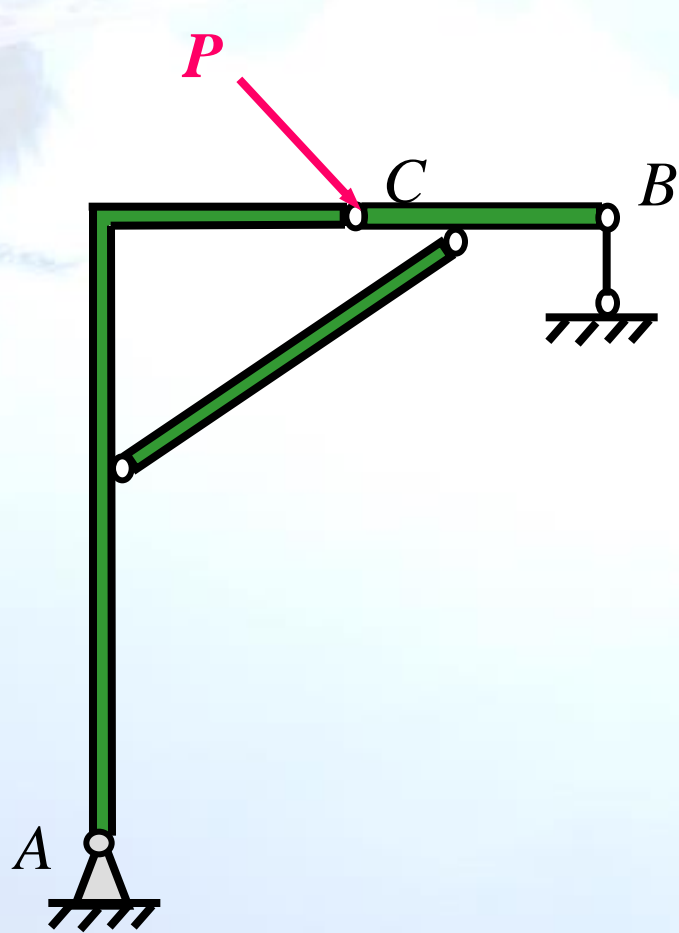
[例9] (P31-32)



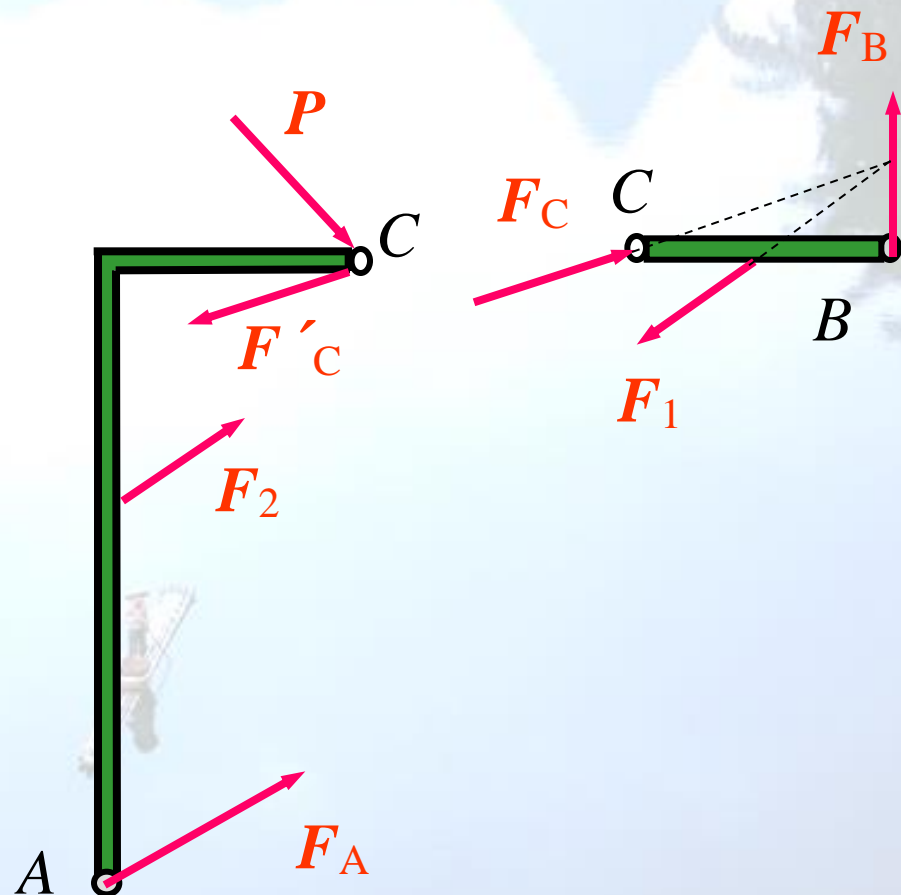
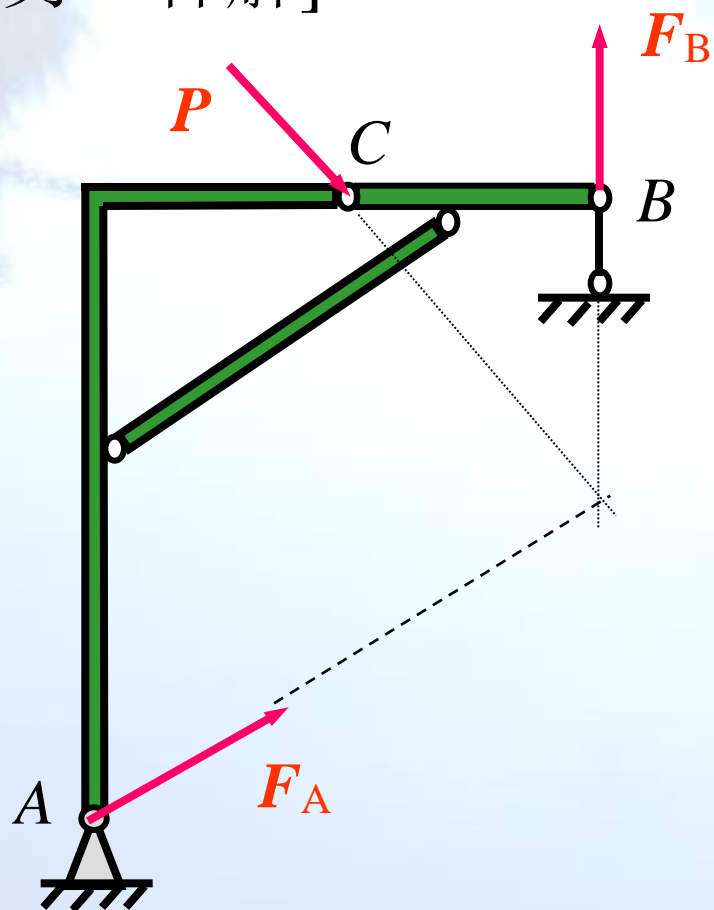


[题1-2(k)]



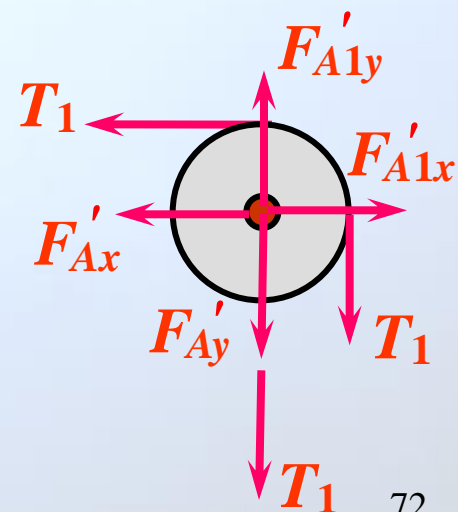
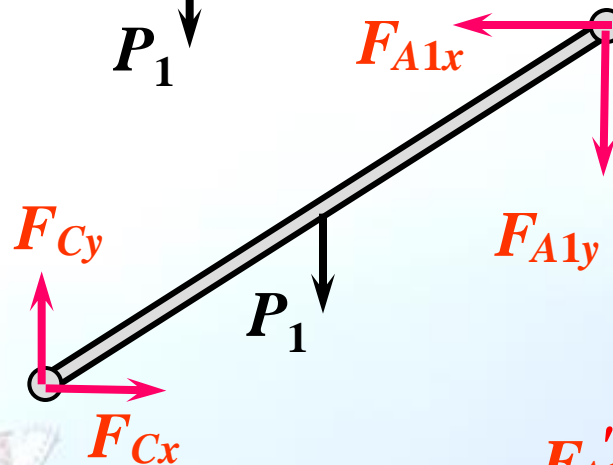
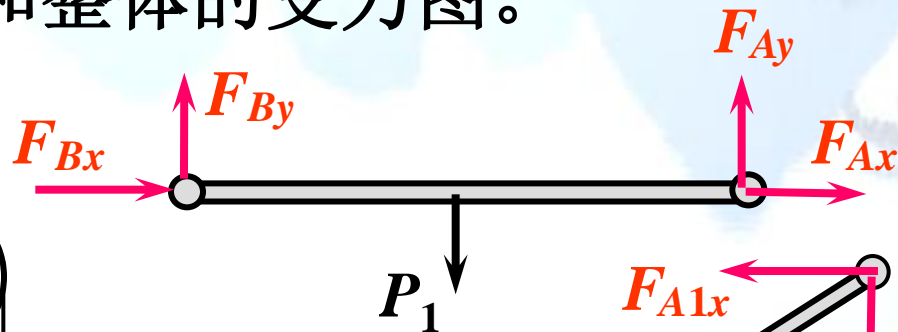
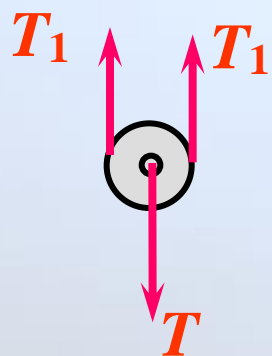
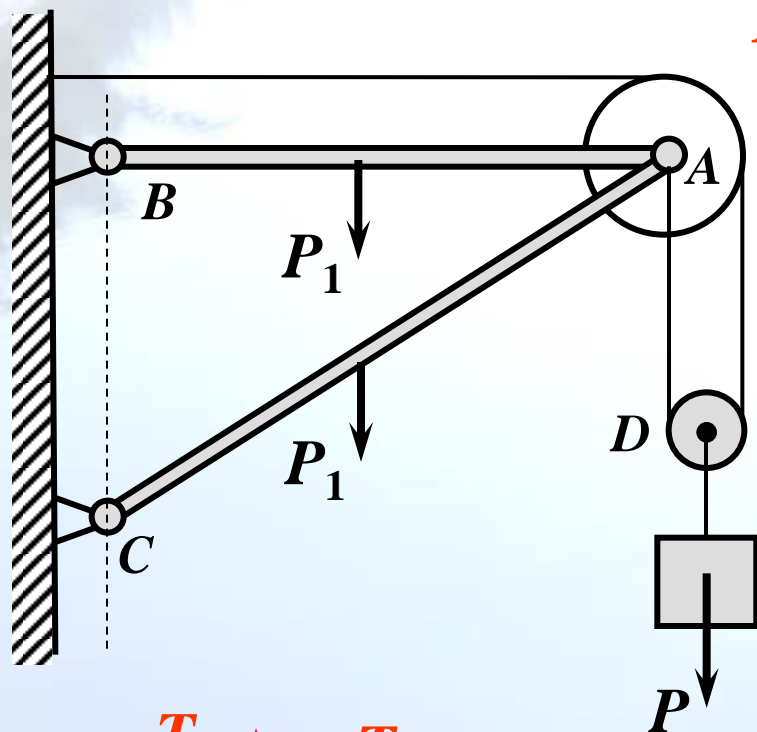


[另一种解]



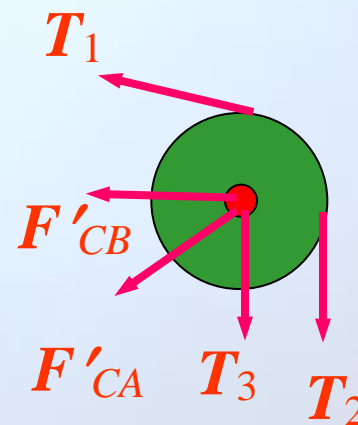
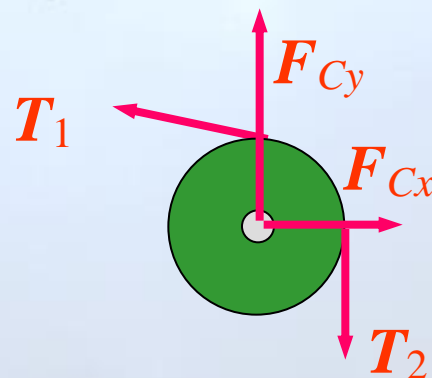
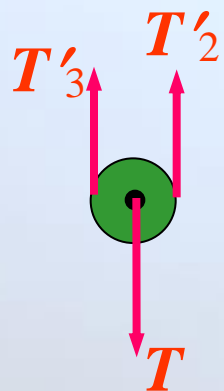
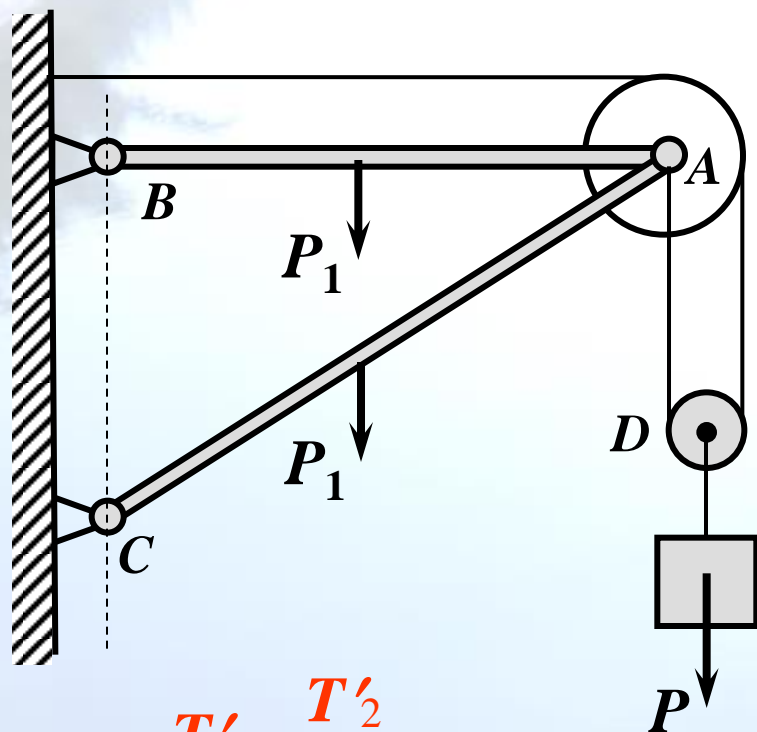


[题1-3(b)] 画各杆和整体的受力图。

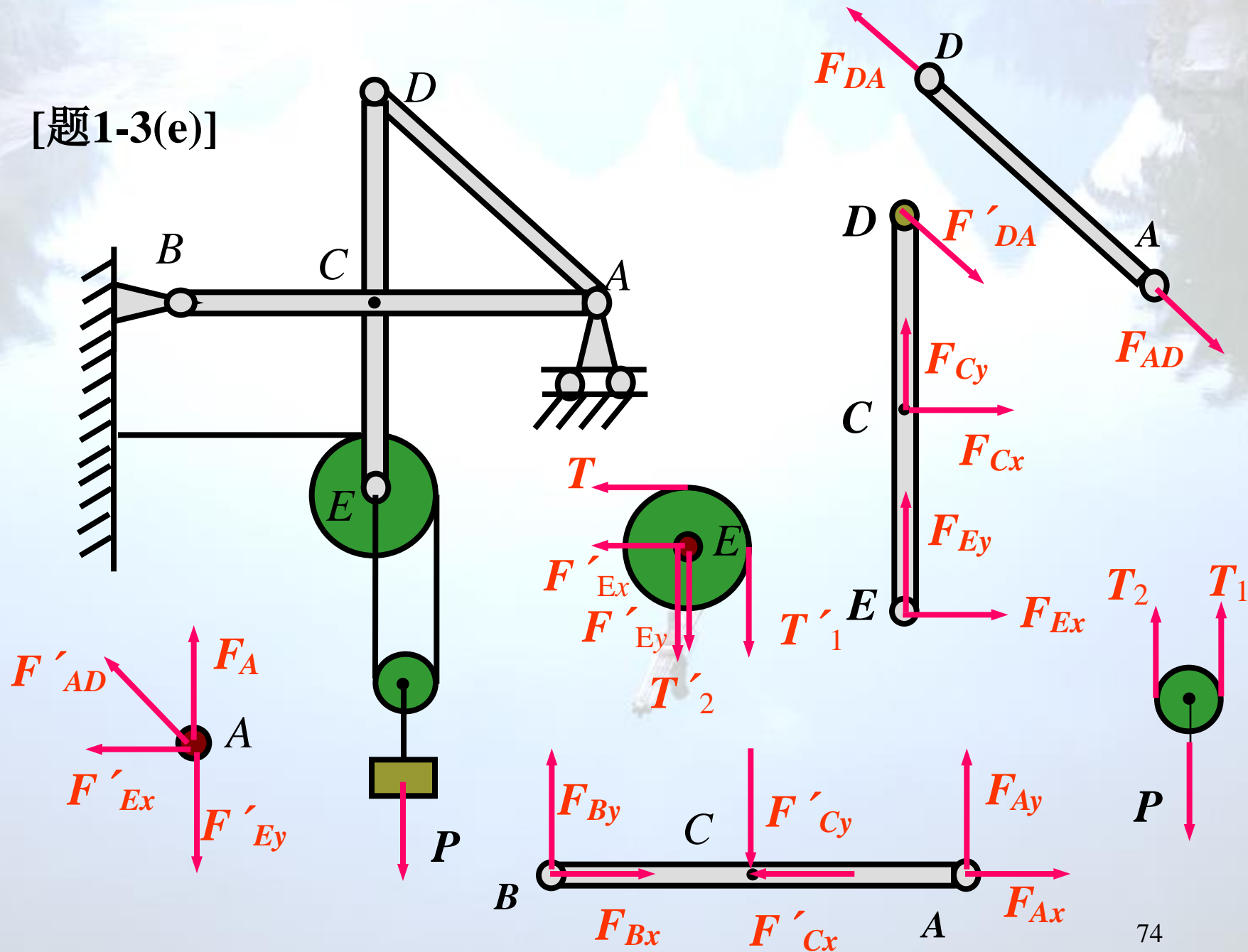


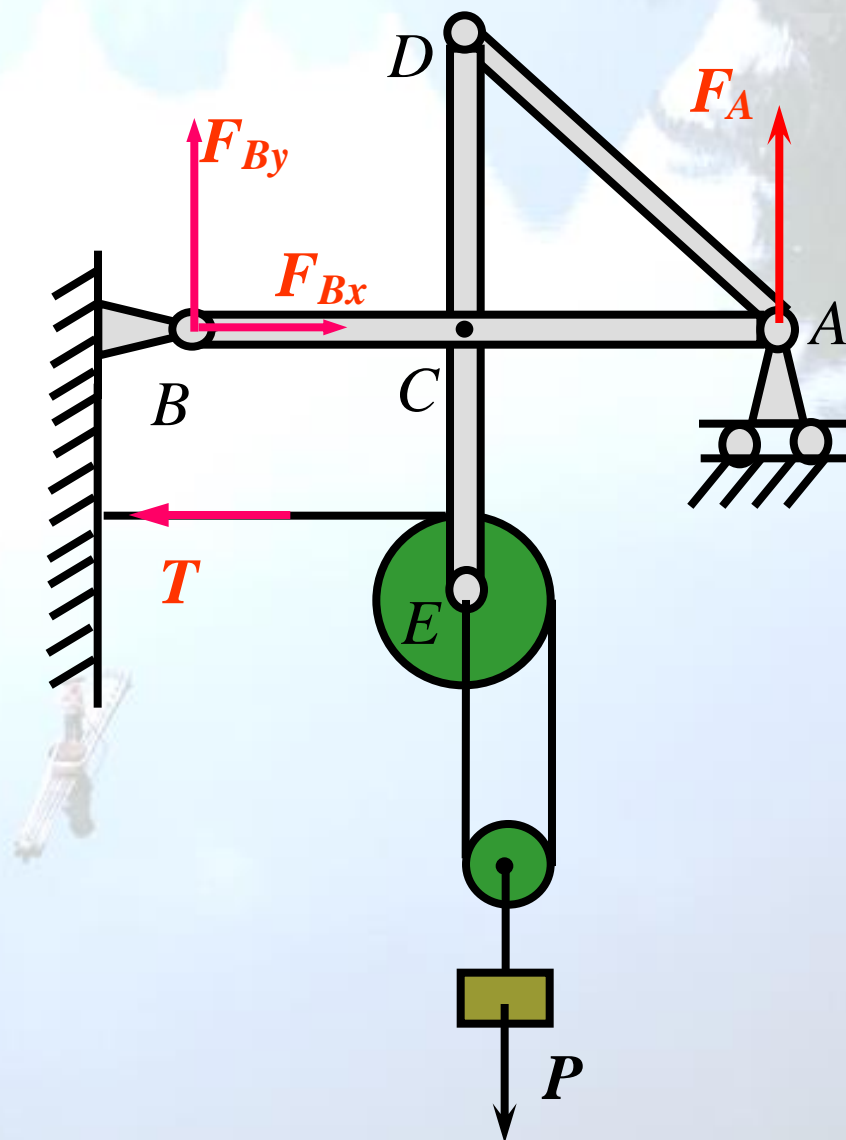
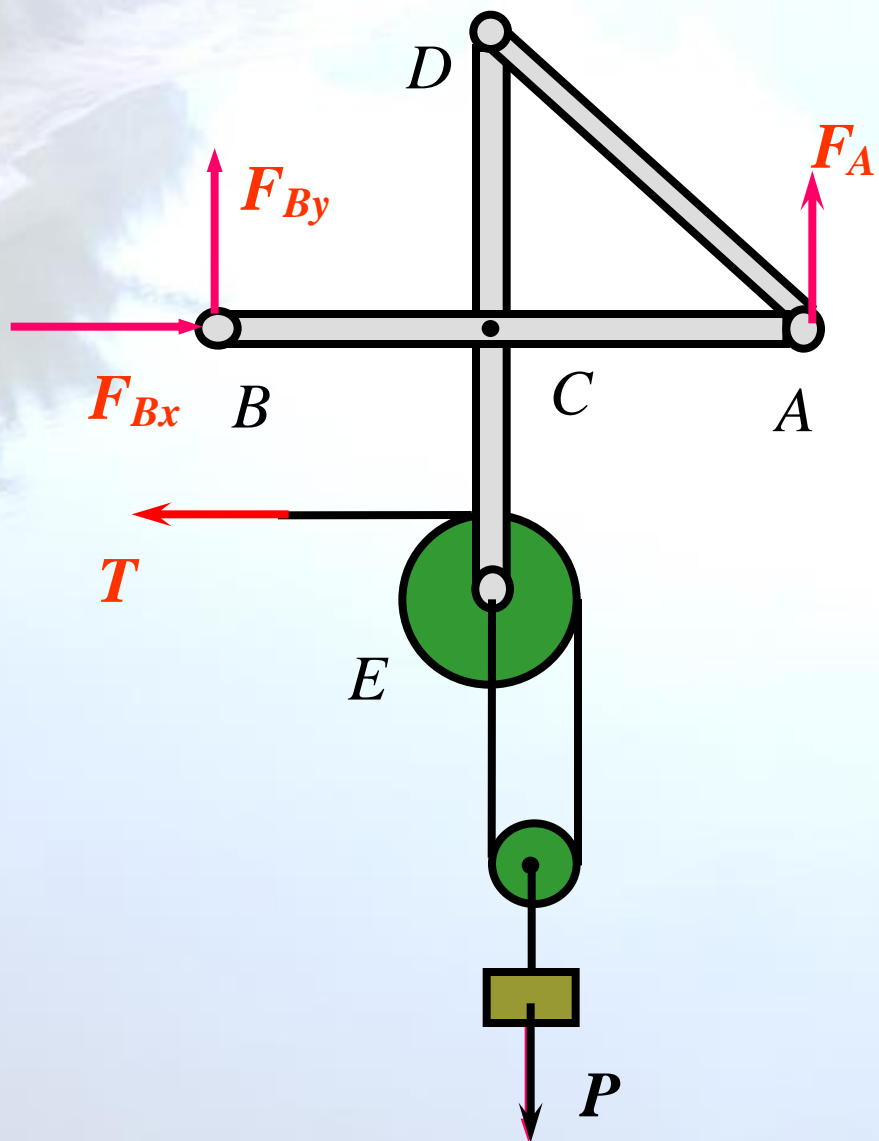


[题1-3(b)] 画各杆和整体的受力图。



[题1-3(e)]







本章结束