

理论力学

吴 佰 建

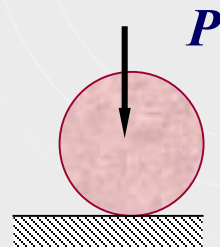
土木工程学院工程力学系

Email: bawu@seu.edu.cn

静力学

§ 2.3 约束与约束反力

自由体与非自由体



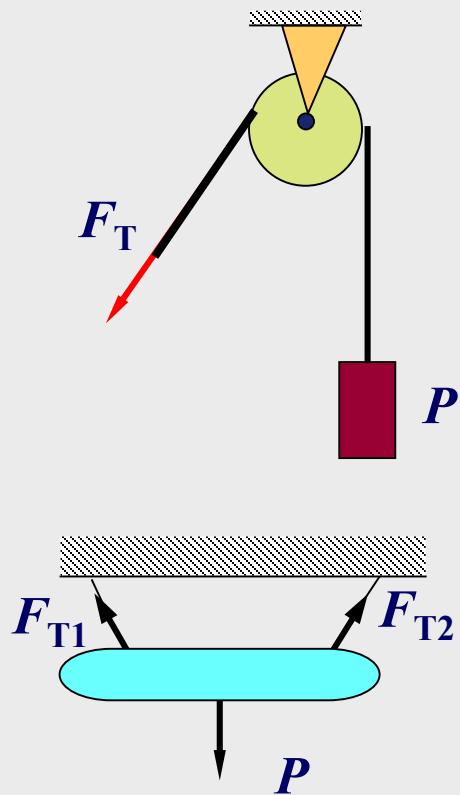
约束：阻碍物体运动的限制物体

约束力：约束施加于被约束物体的力 约束力是**被动力**

主动力：荷载 如：重力、水压力、风力

确定约束力的原则：约束力的方向总是与约束所能阻止物体的运动或运动趋势方向相反。

1、柔索约束



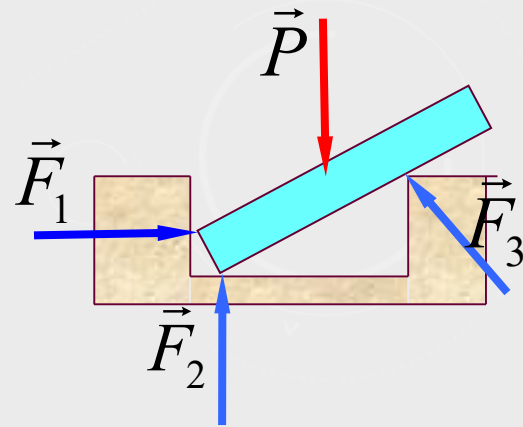
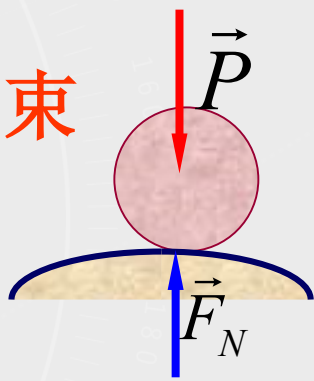
柔绳约束实例

方向：沿着柔索的中心线且背离被约束物体

作用点：接触点

方向已知，大小未知，只有一个未知量

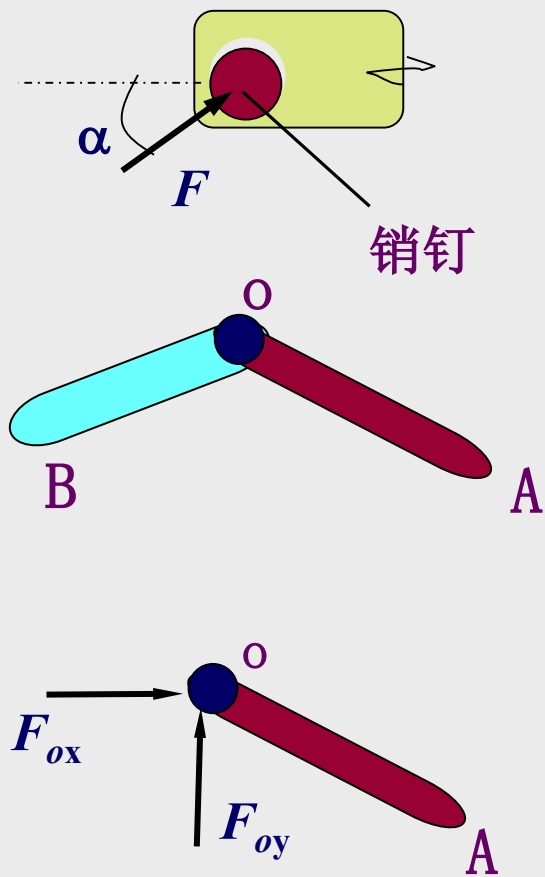
2、光滑接触面约束



方向：接触面的公法线并指向被约束物体

作用点：接触点 方向已知，大小未知，只有一个未知量

3、铰链约束

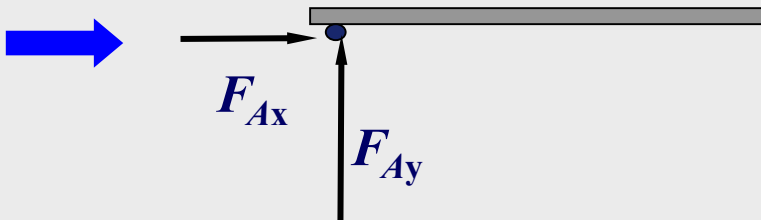
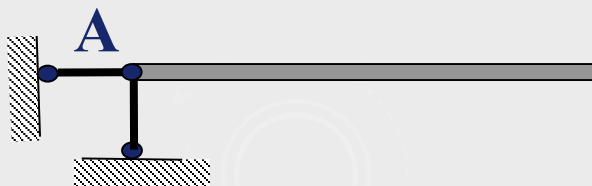
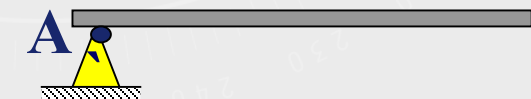
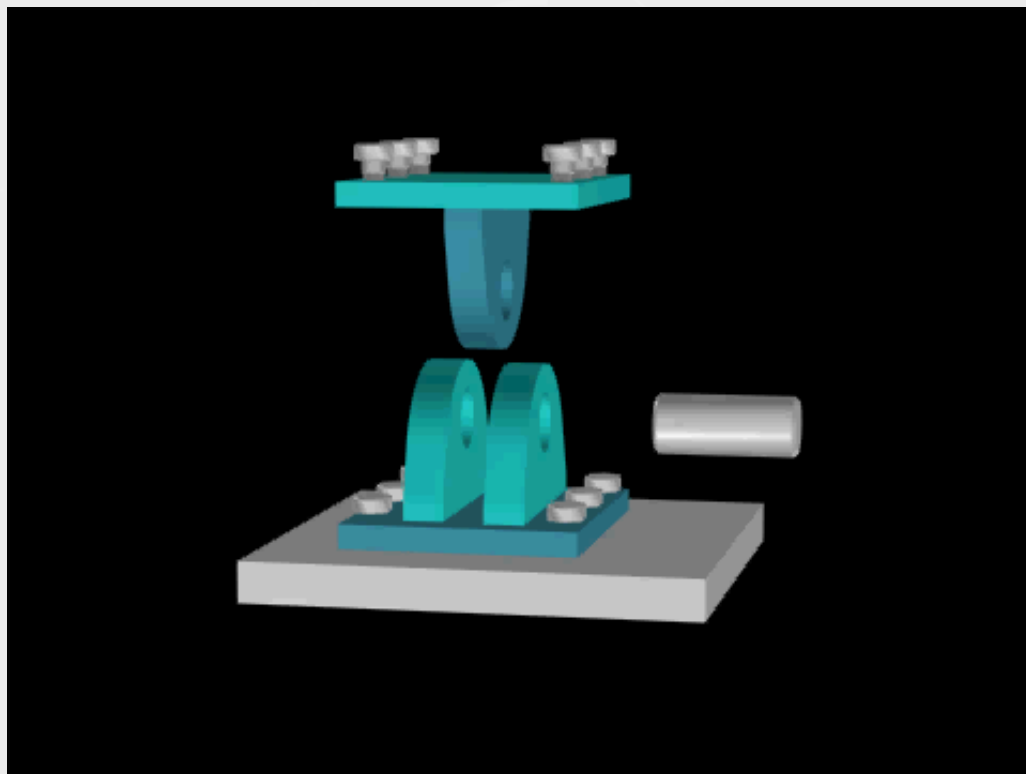
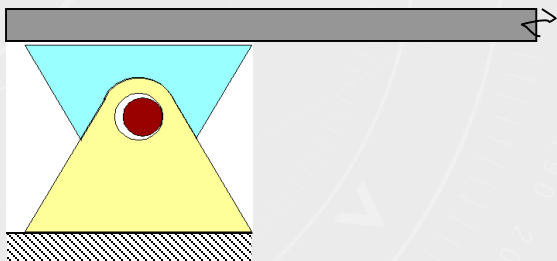


光滑圆柱铰链约束

约束力的大小和方向都随主动力而改变
大小、方向都未知，两个未知量

表示为两个互相垂直的未知力，其指向可以假定

4、固定铰链支座

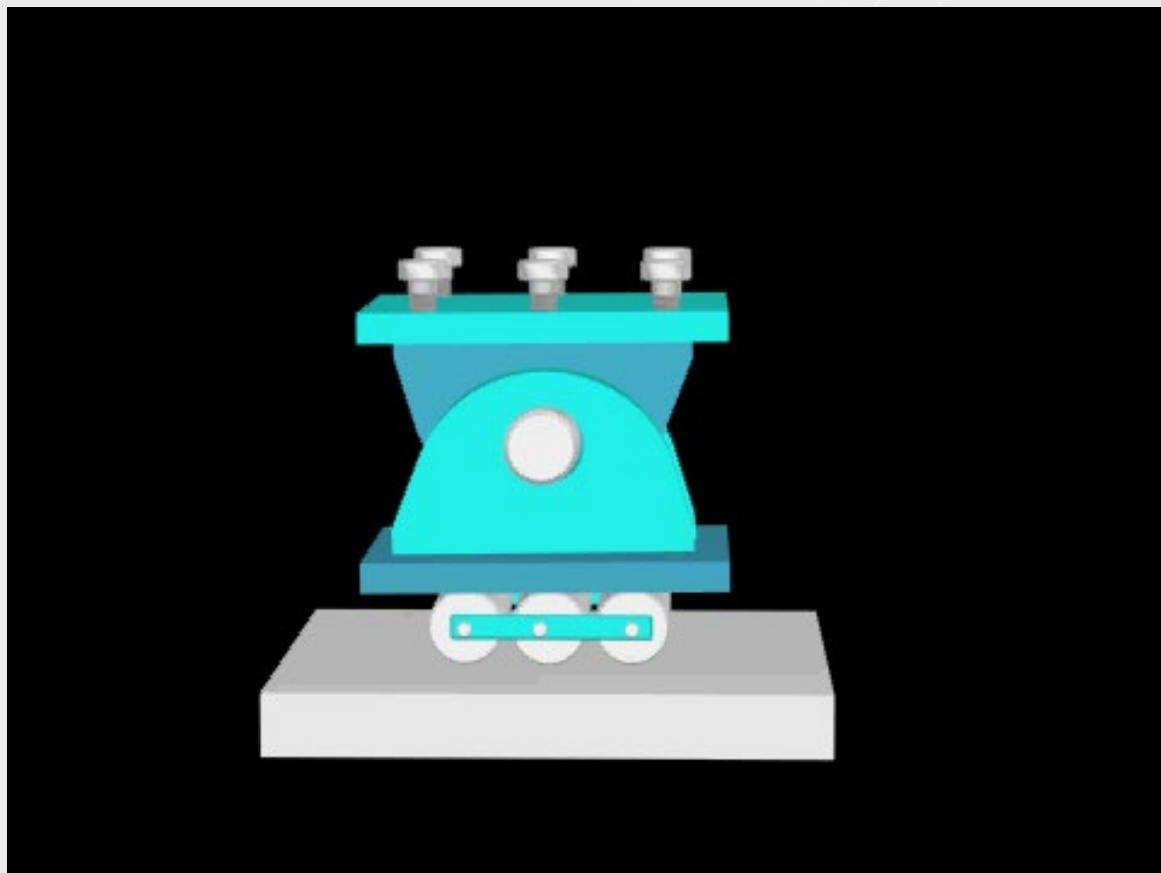
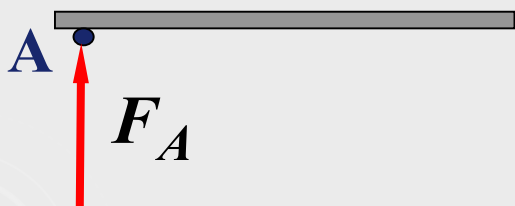
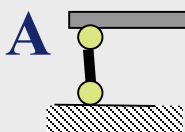
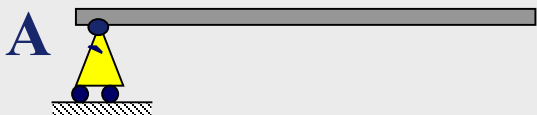
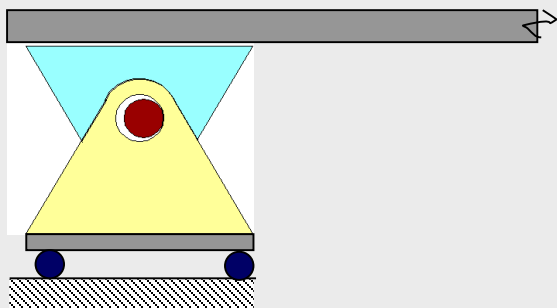


约束力的大小和方向都随主动力而改变

大小、方向都未知，两个未知量

表示为两个互相垂直的未知力，其指向可以假定

5、辊轴约束

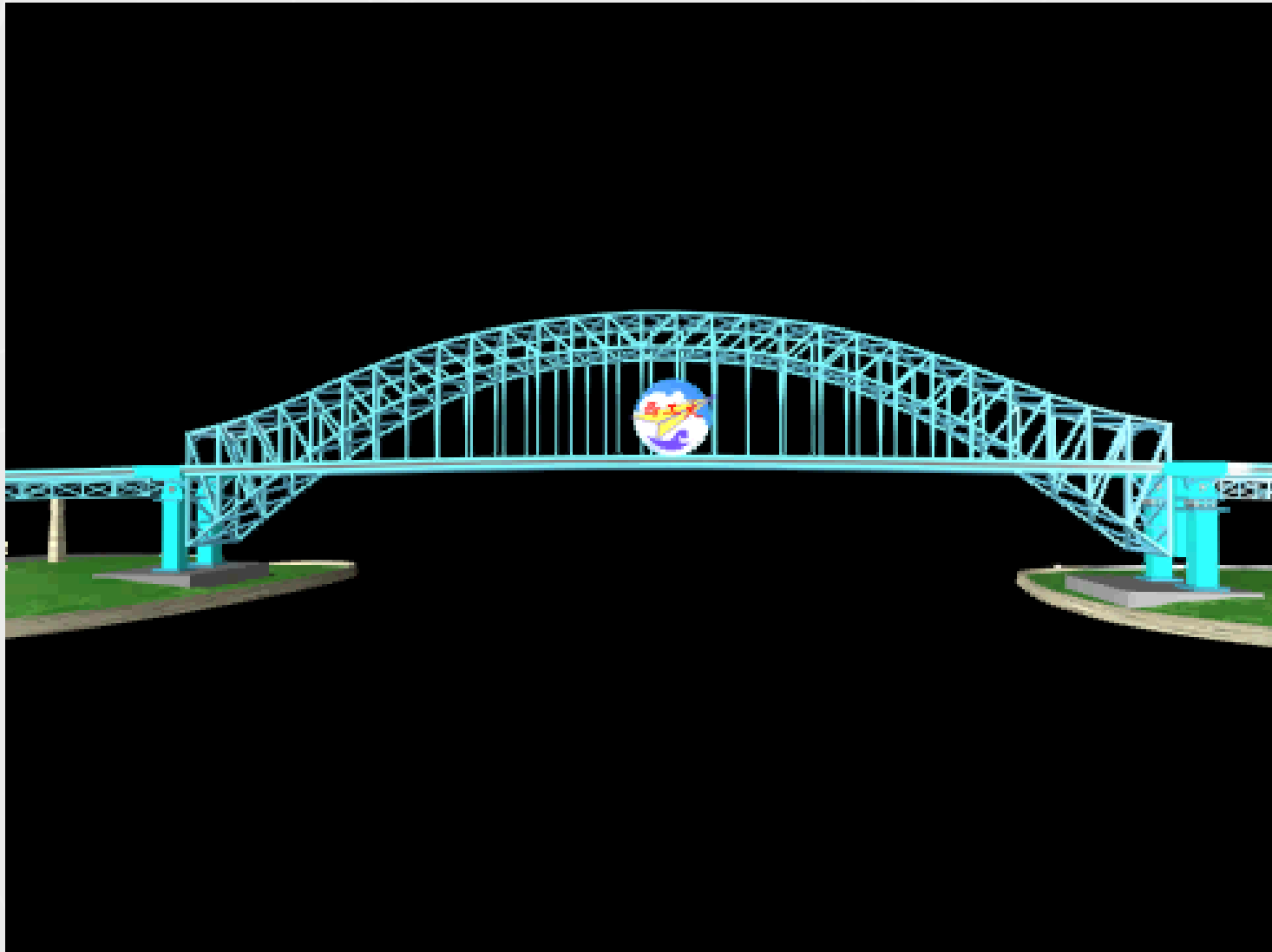
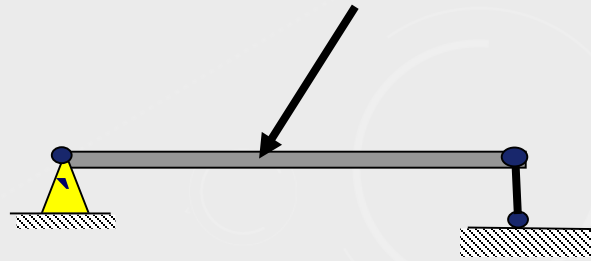


方向：垂直于支承面，指向可假定

作用点：通过销钉中心

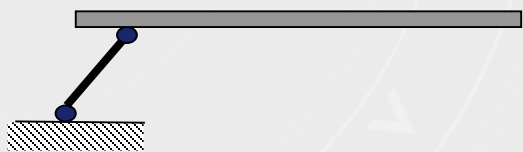
方向已知，大小未知，只有一个未知量

例简支梁:

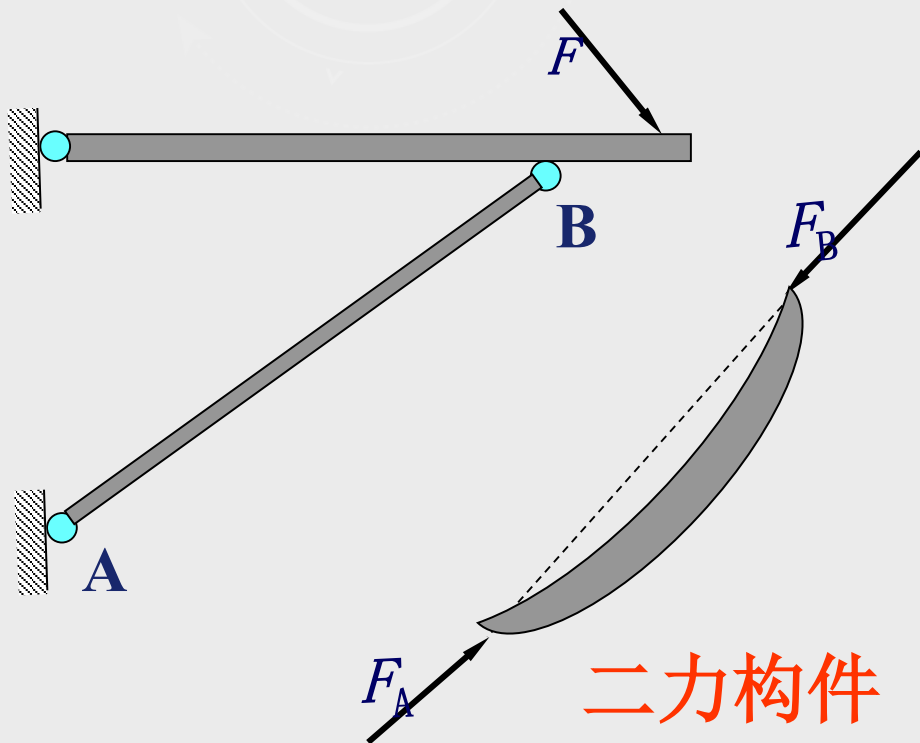
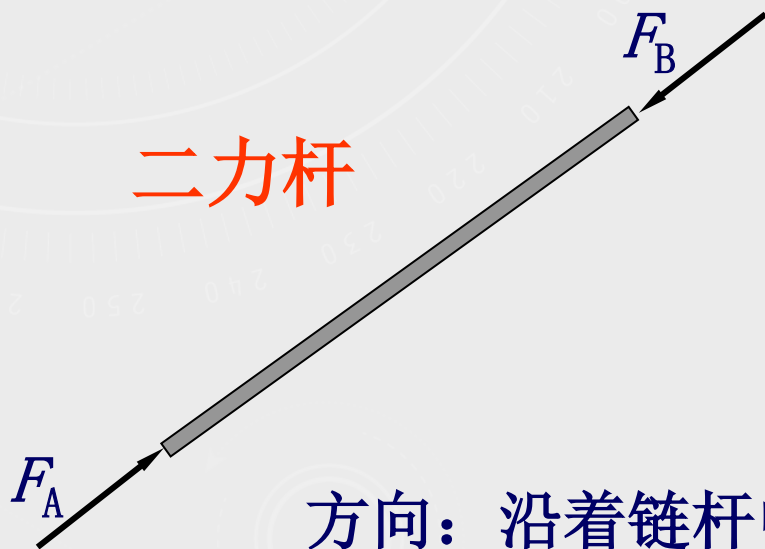


6、链杆约束

链杆：两端各以铰链与不同物体分别连接而且自重不计的直杆。



二力杆



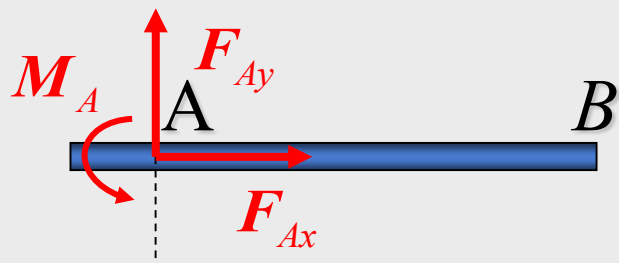
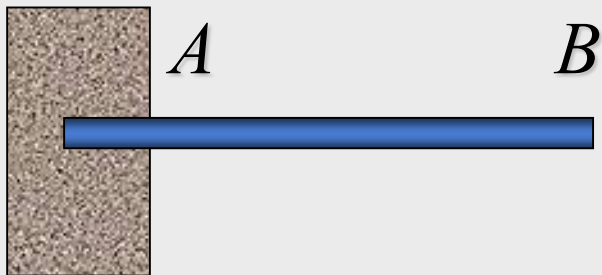
二力构件

方向：沿着链杆中心线，指向可以假定

作用点：铰链处

方向已知，大小未知，只有一个未知量

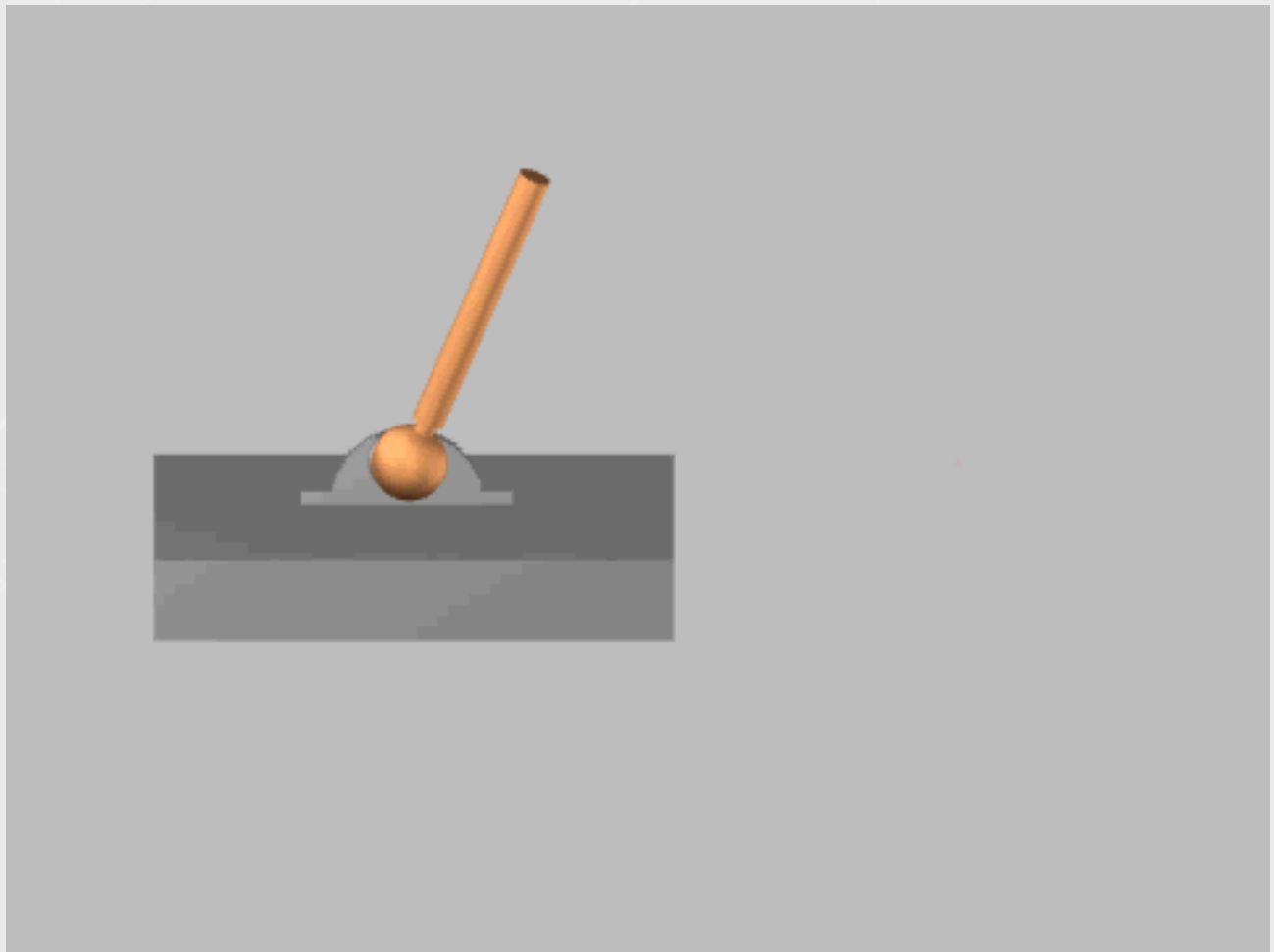
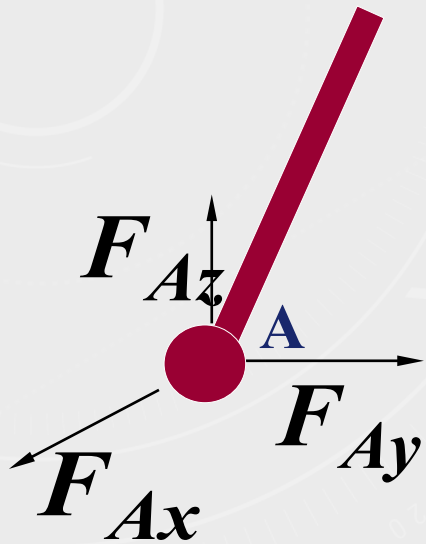
7、固定端约束



沿 x 、 y 坐标轴的两个分力、和一个约束力偶。

未知量个数：3

8、球铰

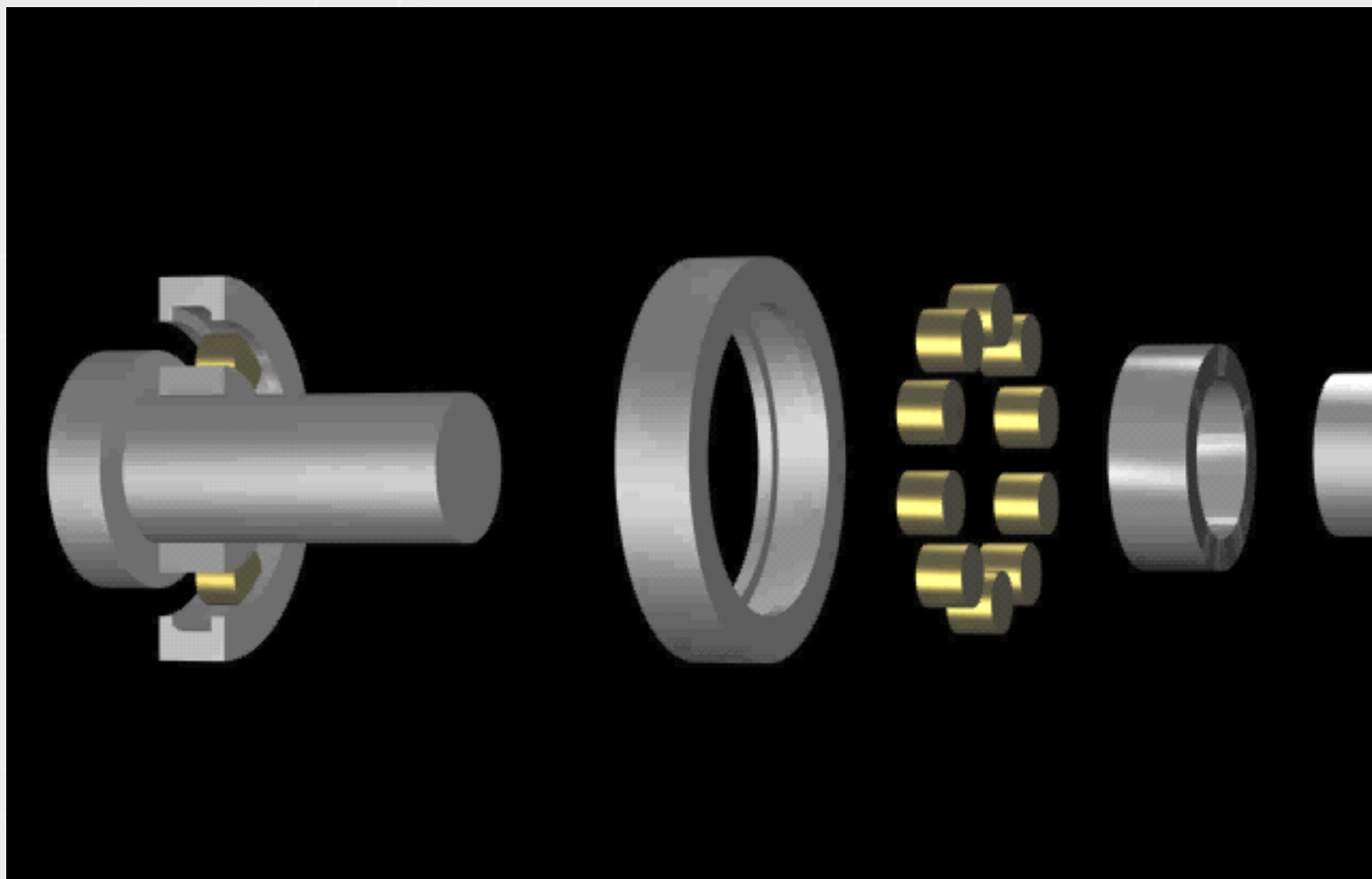
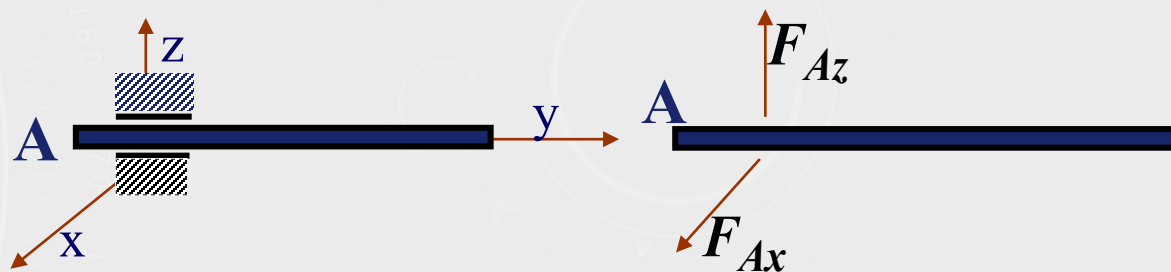


三个相互正交的分力来表示

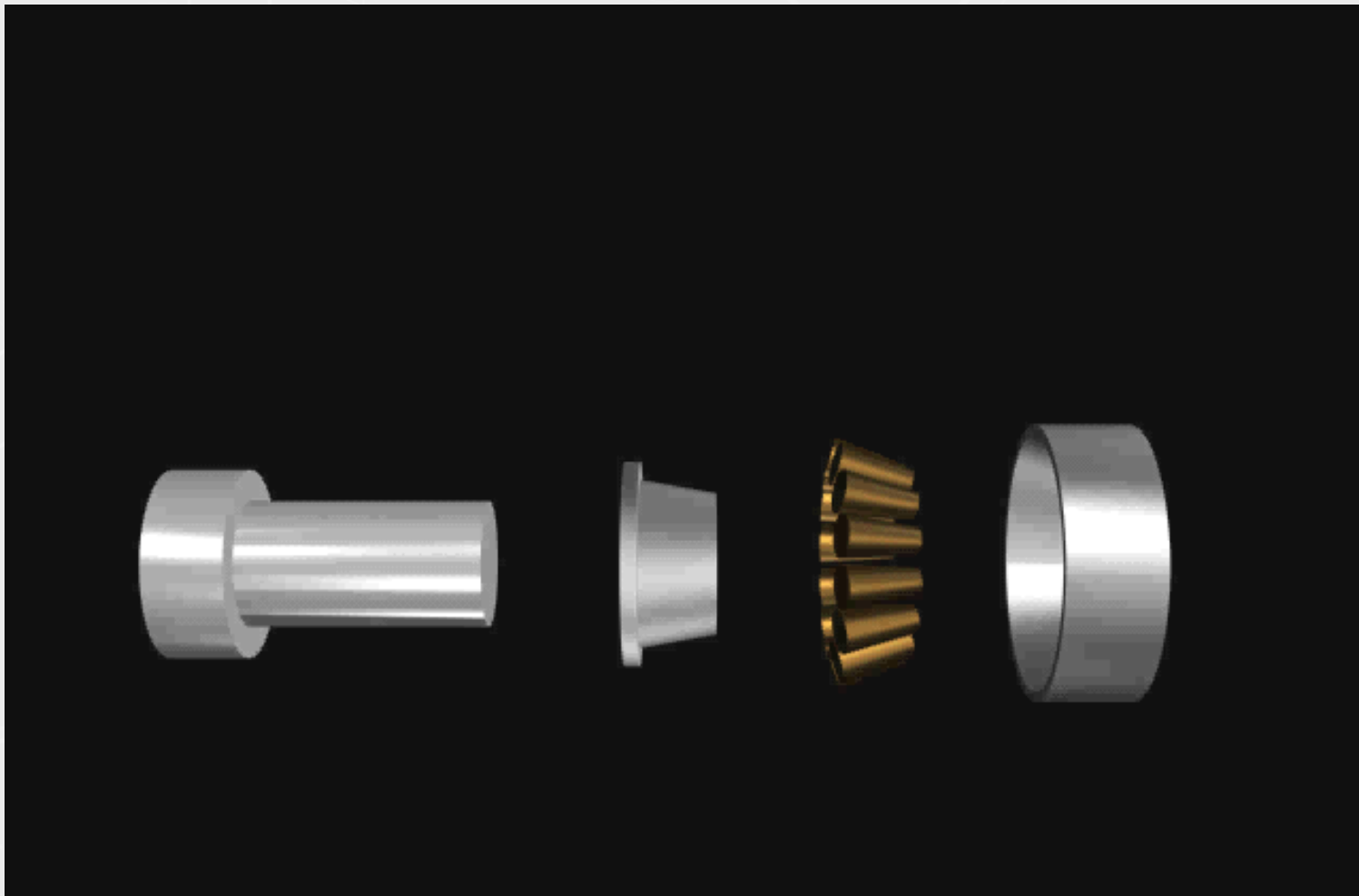
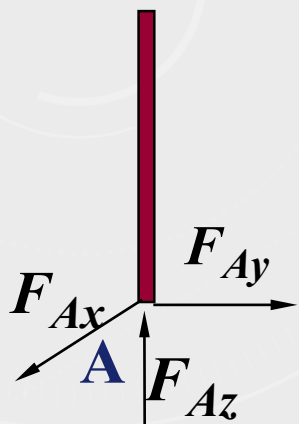
未知量个数：3

9、轴承

(1) 普通轴承



(2) 止推轴承



§ 2.4 物体的受力分析与受力图

受力分析：分析物体所受的所有主动力和约束力。

分离体：

将物体系统中某个物体解除所受约束从系统中分离出来。

受力图：

画出受力分析对象上所有的主动力和约束力称为该物体的受力图

受力分析步骤：

1. 取研究对象
2. 照画主动力
3. 按约束性质画约束力
4. 满足公理条件，按公理及推论简化力

[例] 试分析杆AB的受力(不计杆重)。

画物体受力图主要步骤为:

① 选研究对象;

② 先画主动力;

③ 后画约束反力。

解: 1) [杆 AB]

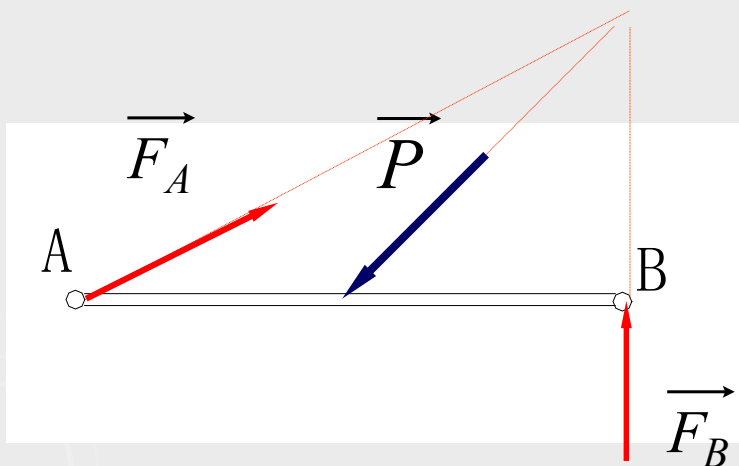
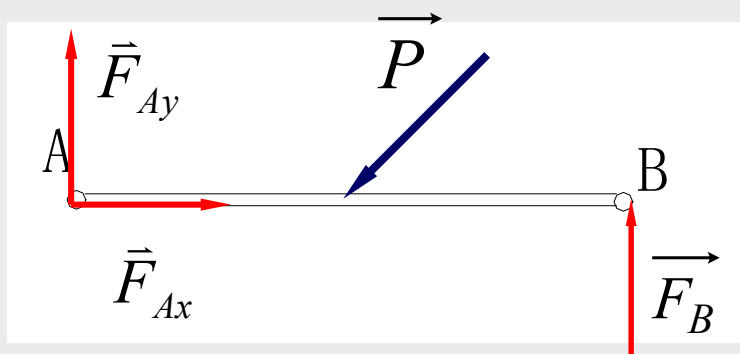
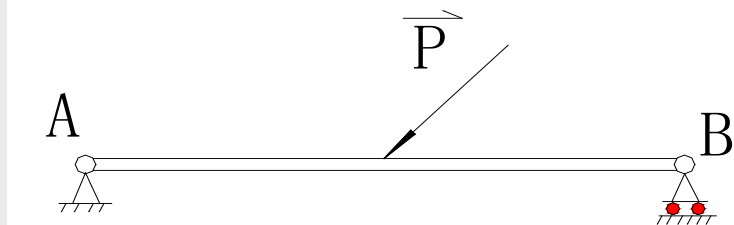
2) 主动力 \vec{P}

3) B点的约束反力 \vec{F}_B

4) A点的约束力可表示为两个分力 $\vec{F}_{Ax}, \vec{F}_{Ay}$ 。

5) A点的约束力可以进行简化 \vec{F}_A

根据三力平衡汇交原理确定A的反力

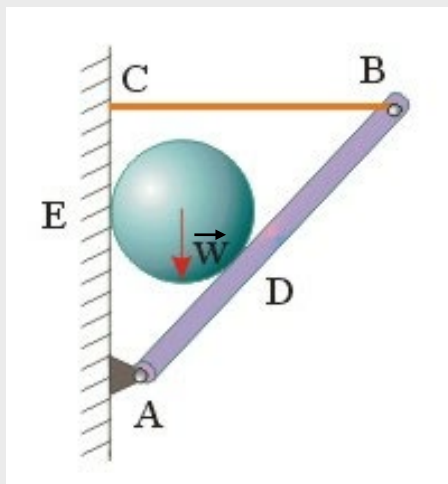


例

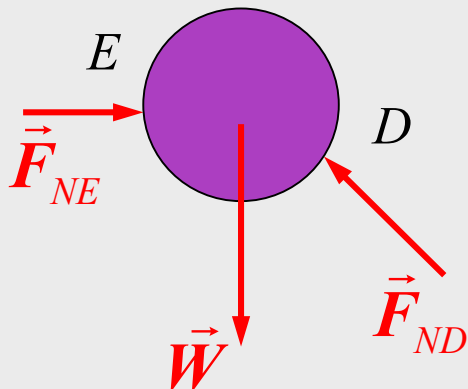
分别画出图中球体和杆AB 的受力图。

画物体受力图主要步骤为：

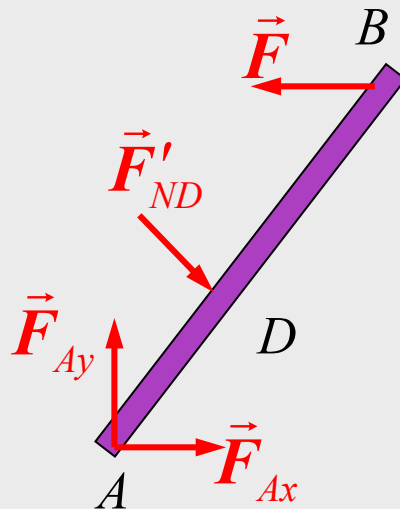
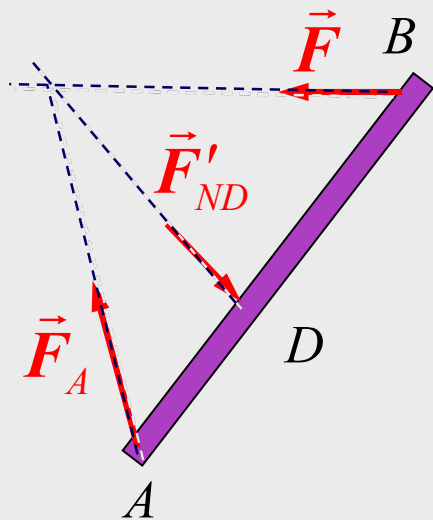
- ① 选研究对象；
- ② 先画主动力；
- ③ 后画约束反力；
- ④ 根据公理简化力。



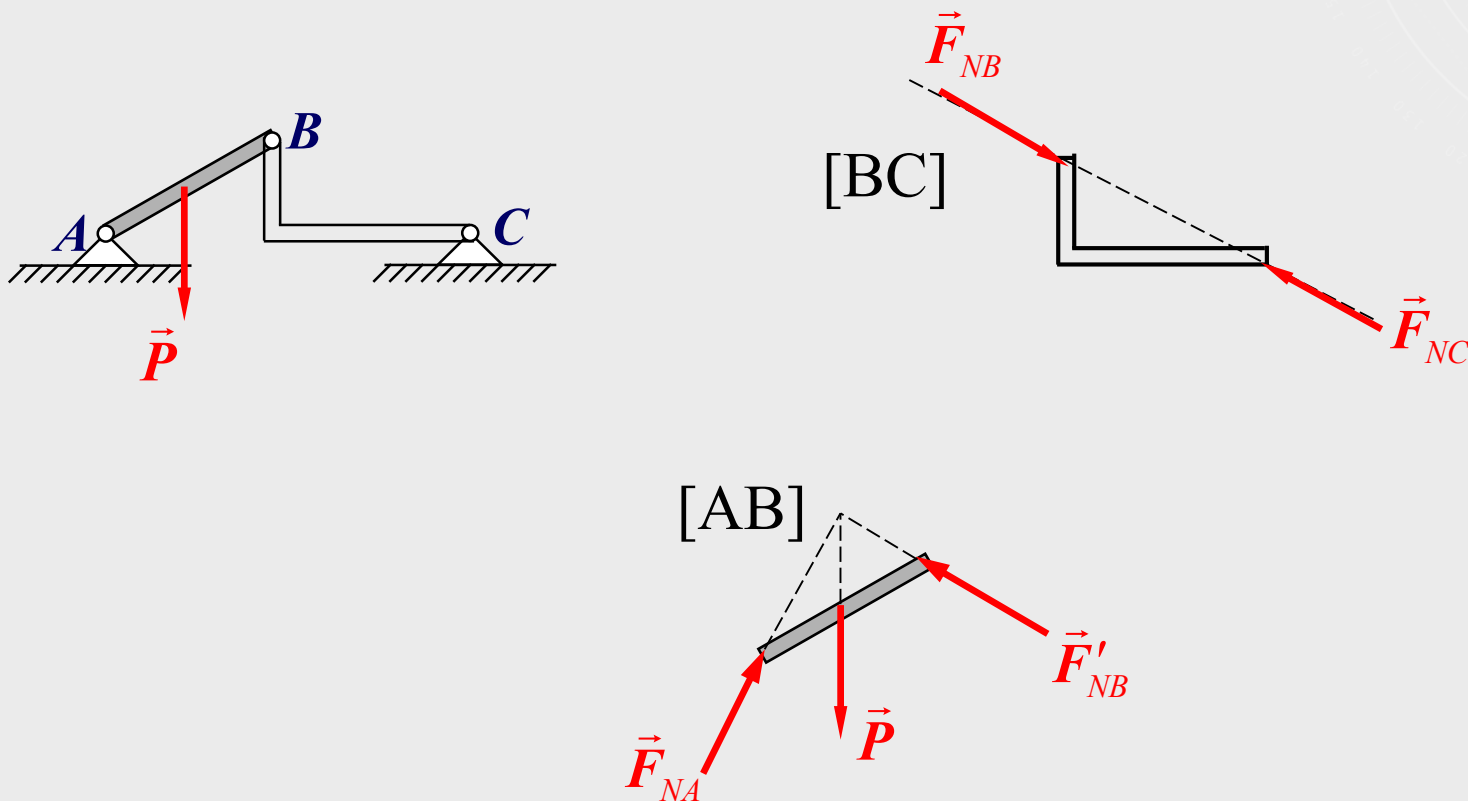
解：[球体]



[杆AB]

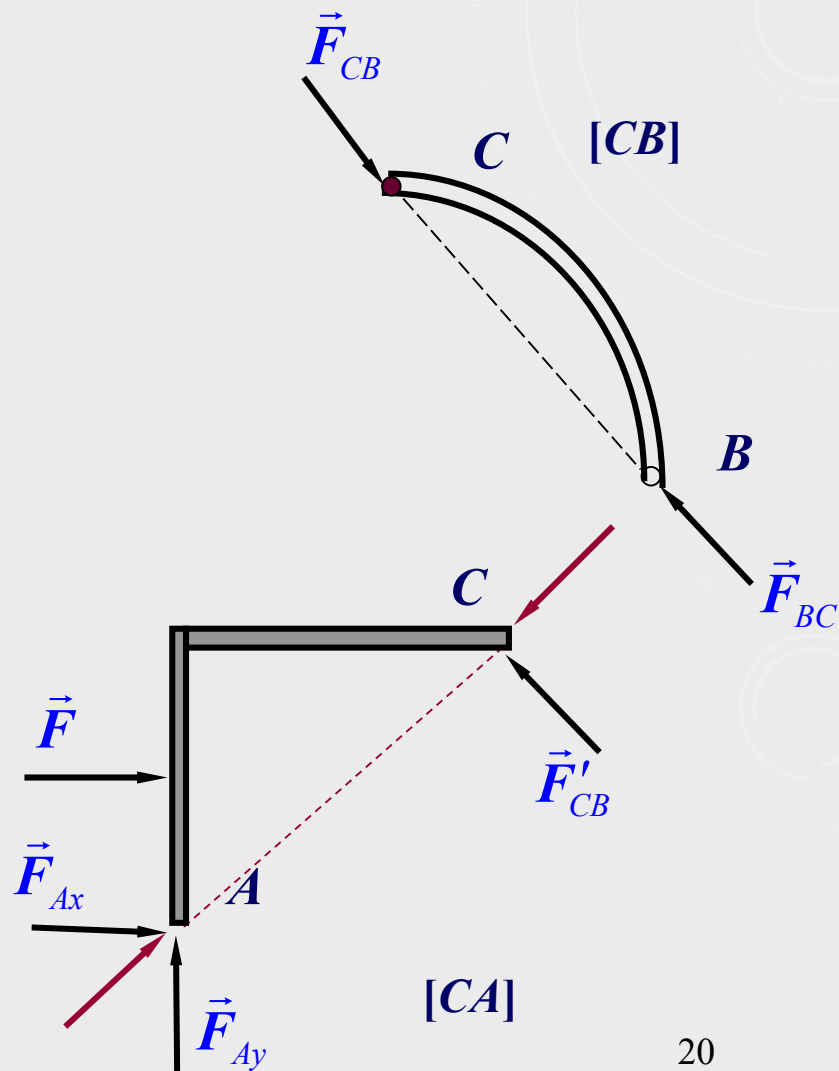
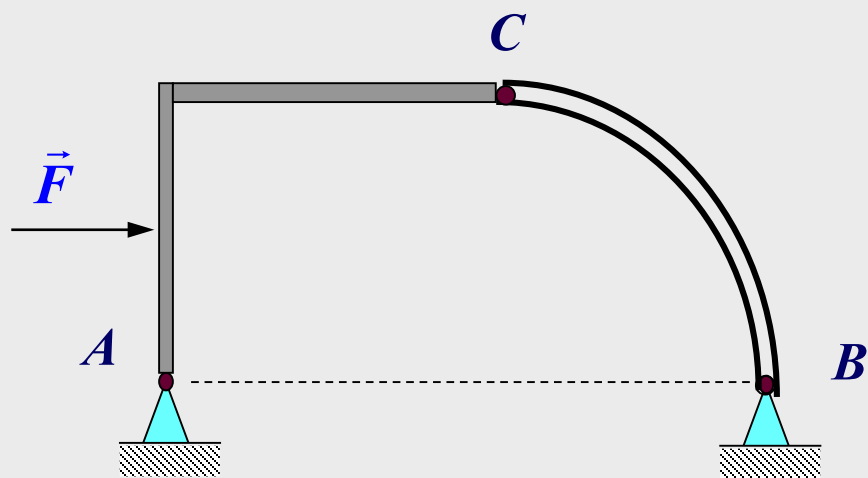


例： 受力分析和受力图（各杆均不计自重）



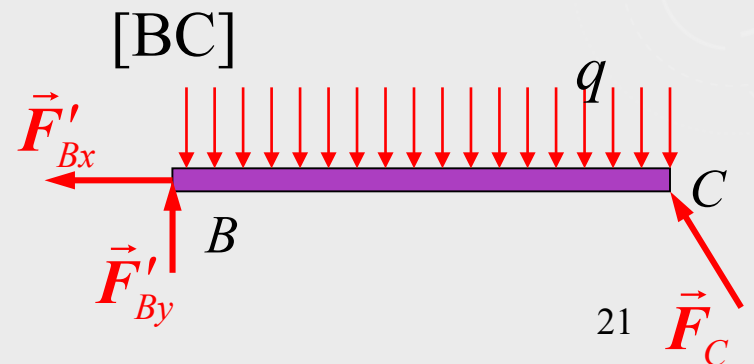
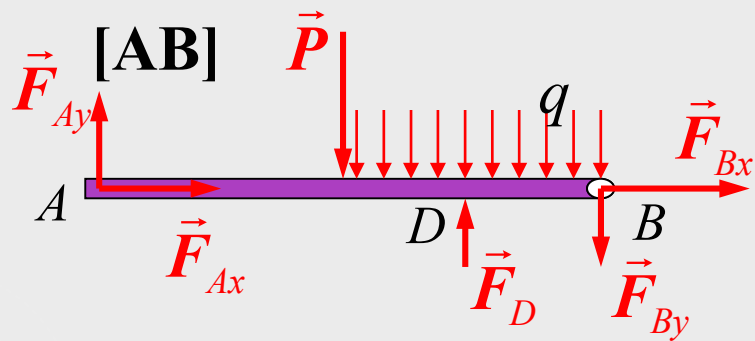
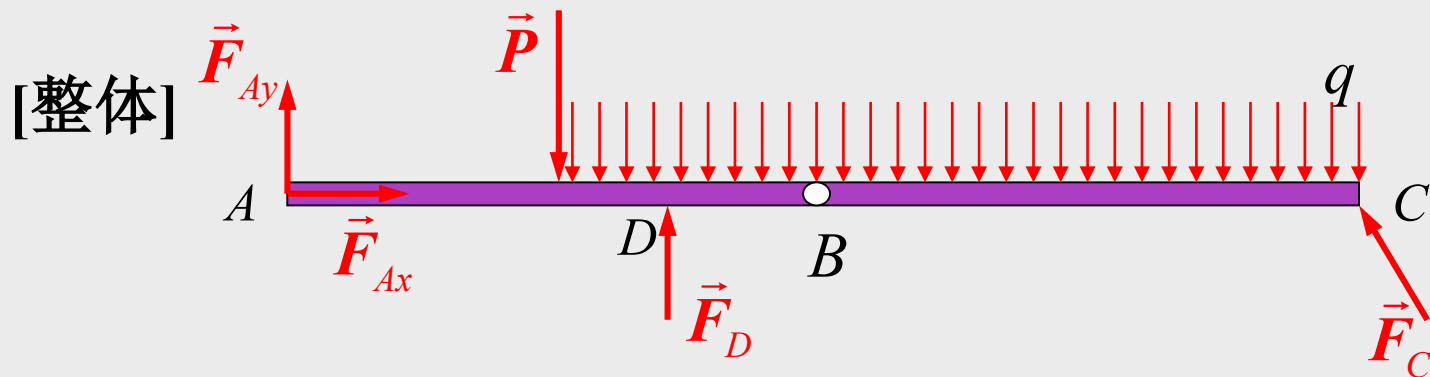
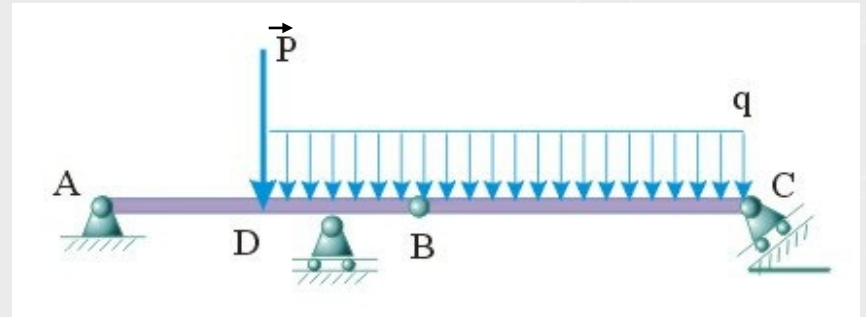
注意二力构件

例： A、B处是固定支座，C处为铰链，ABC是三铰拱结构，作各杆受力图。



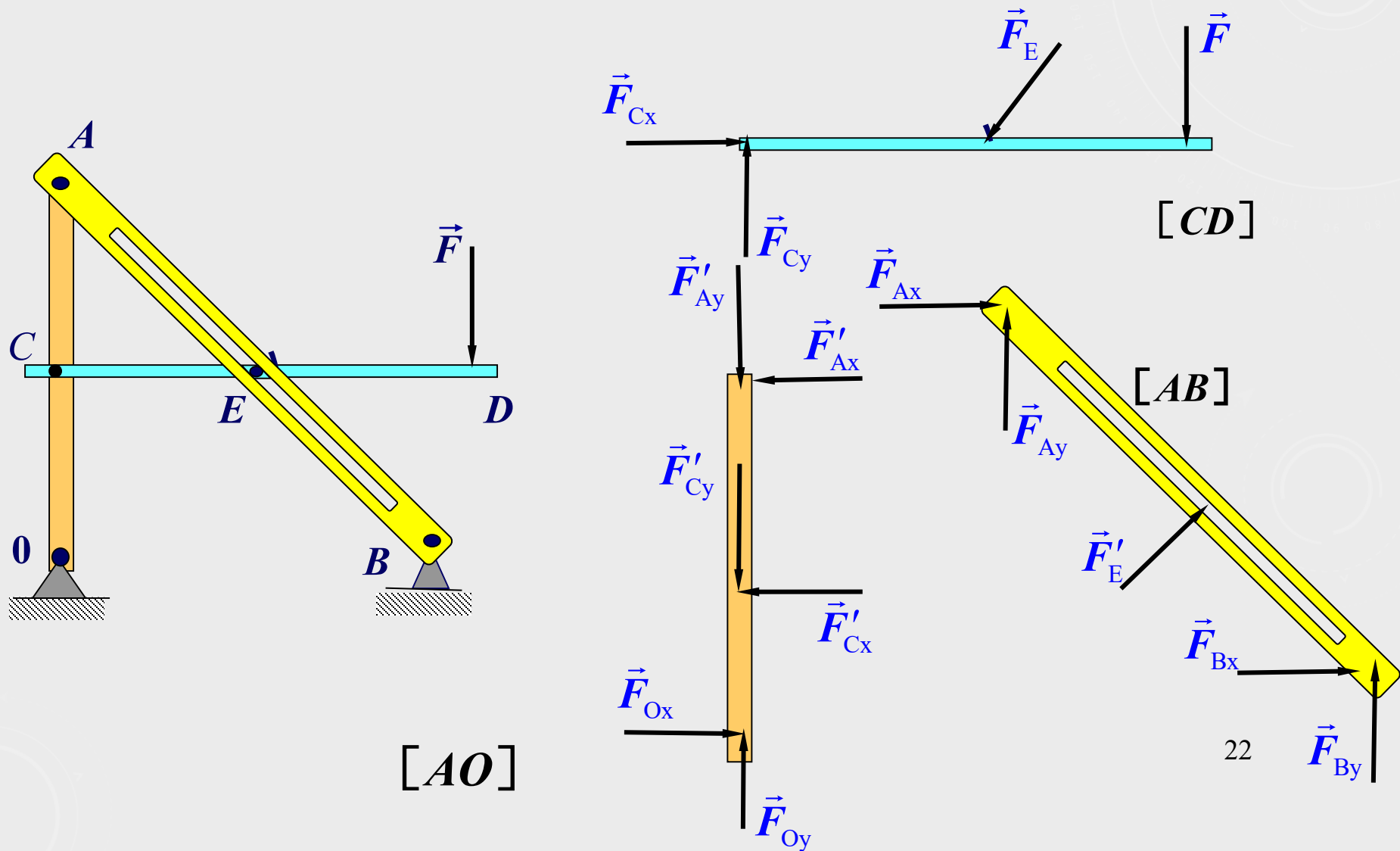
例

分别画出图中整体、杆AB和BC的受力图（各杆不计自重）。



注意分布力处理

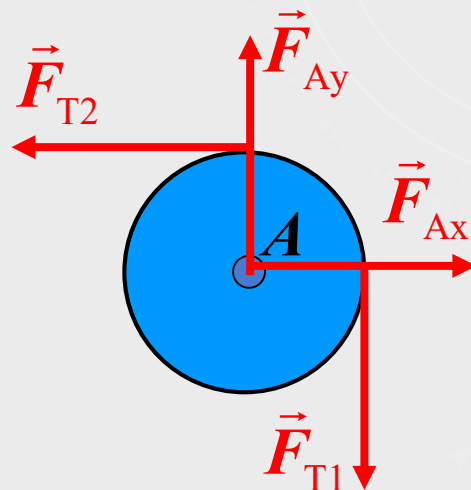
例：支架由杆AB，CD，AO组成，AB杆内光滑槽作用E销钉，作各杆受力图。



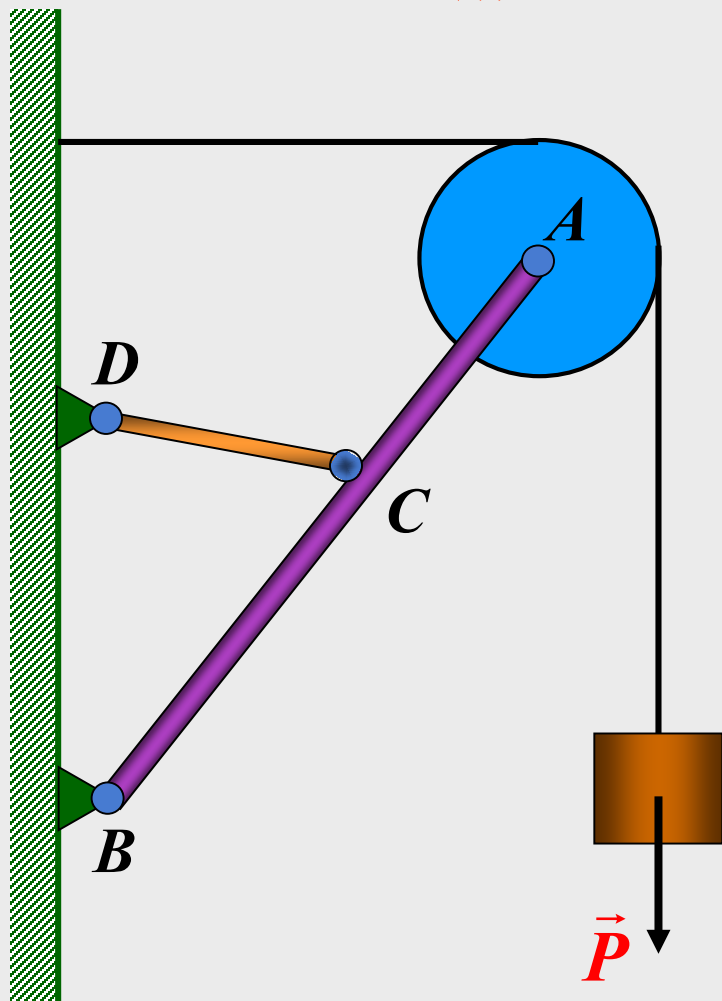
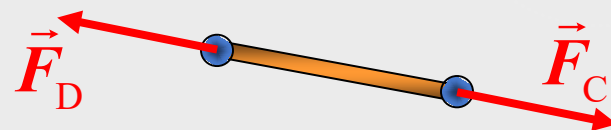
例：画出滑轮、杆CD、杆AB和整体受力图

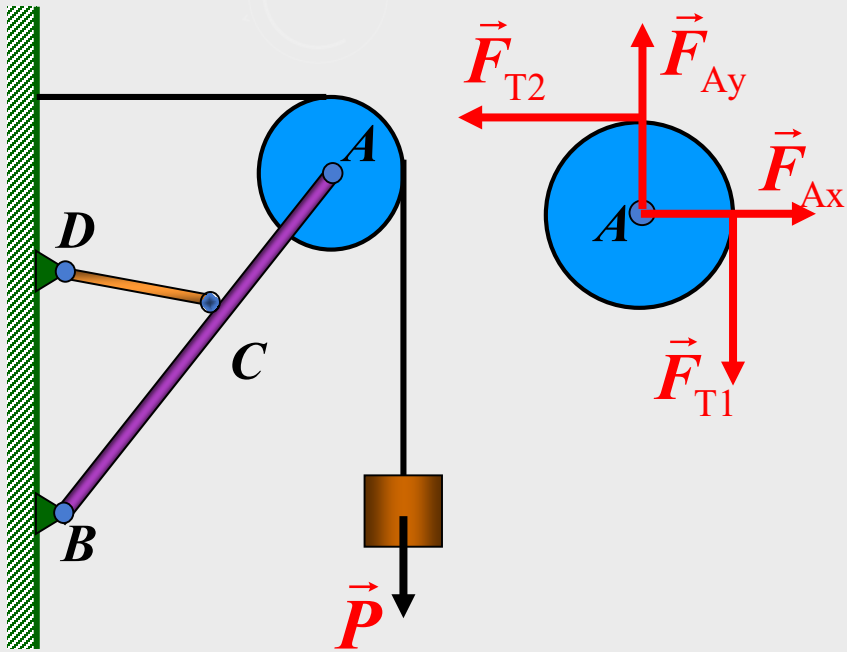
解：

1.研究滑轮

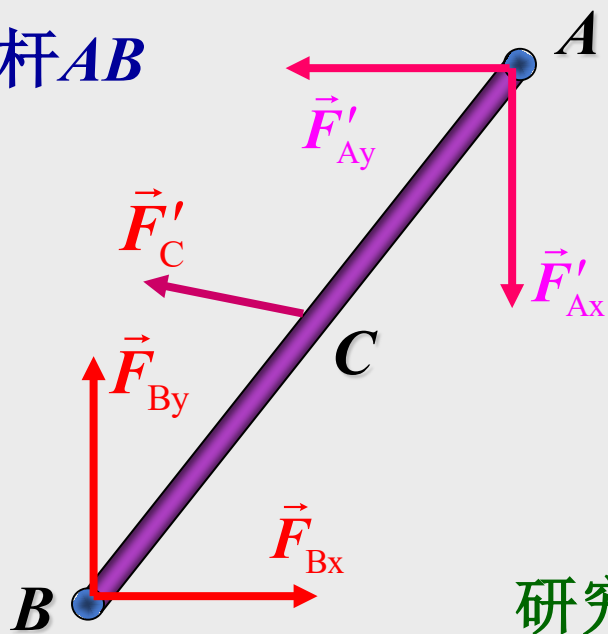


2.研究杆CD

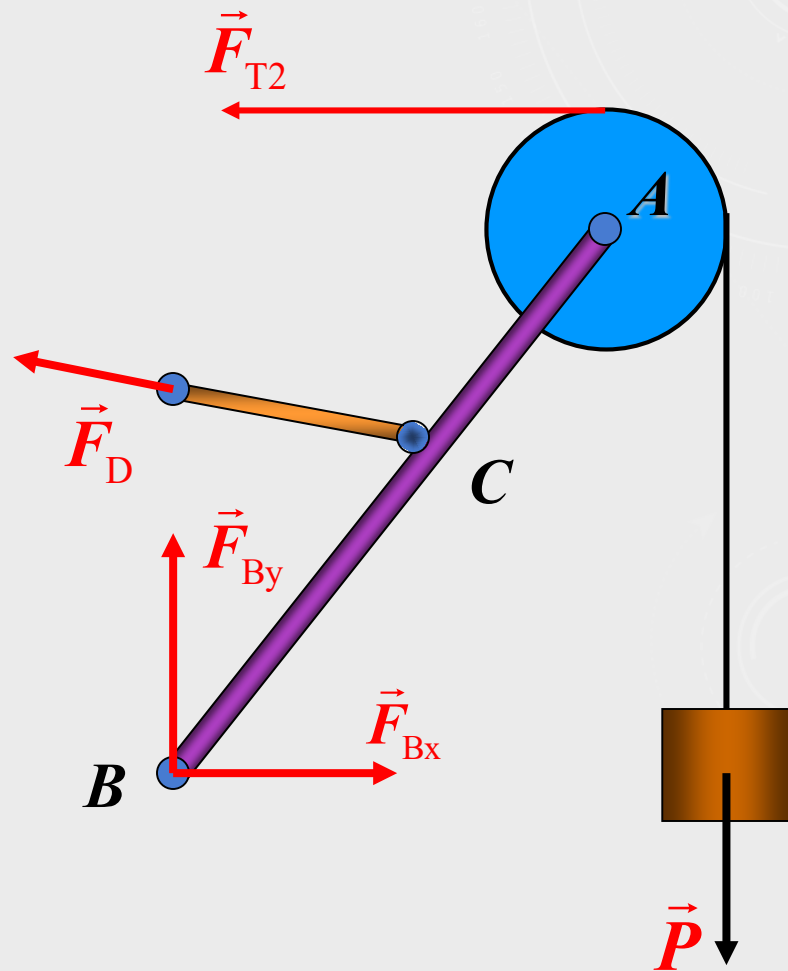




3. 研究杆AB



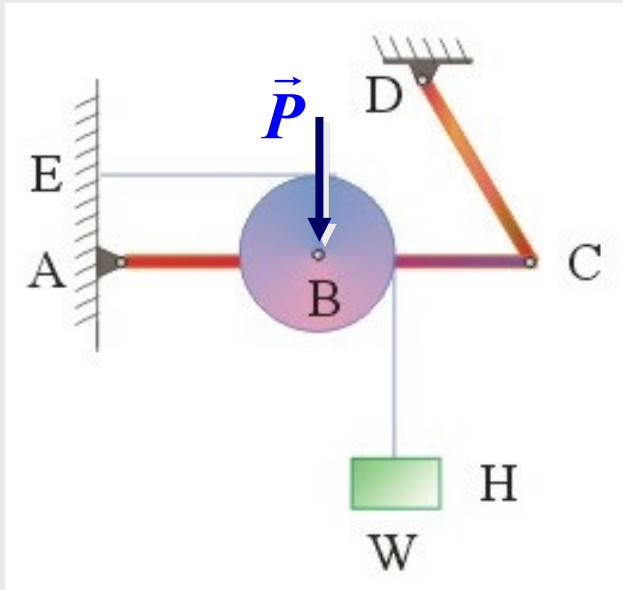
4. 研究整体



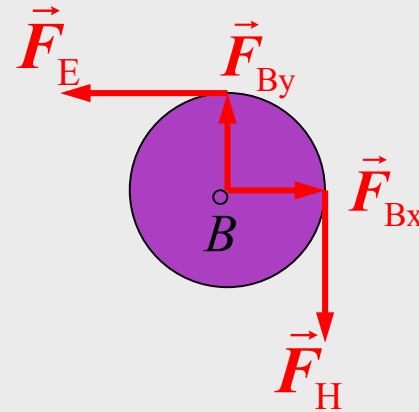
研究整体时，不画物体间的内力。

例

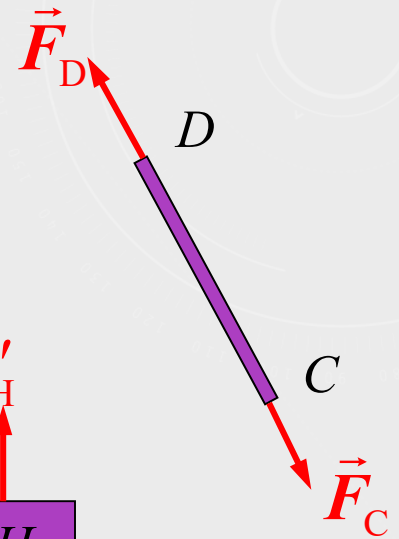
分别画出图中滑轮B、杆AC和DC、物体H的受力图。



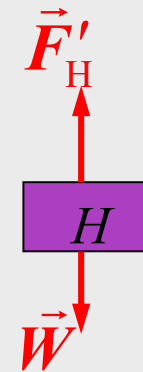
[轮B(不含销钉)]



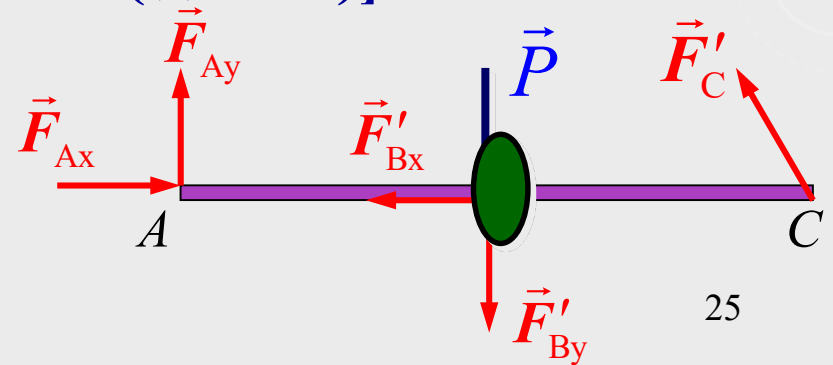
[杆DC]



[物块H]



[杆AC(含销钉)]



画物体受力图主要步骤为：

- ① 选研究对象；
- ② 先画上主动力；
- ③ 根据约束类型，画出约束反力；
- ④ 根据公理简化力。

注意：

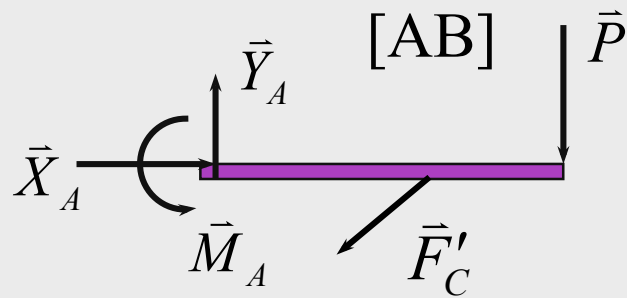
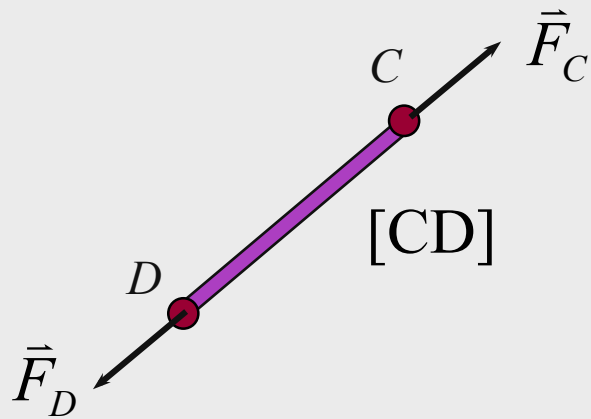
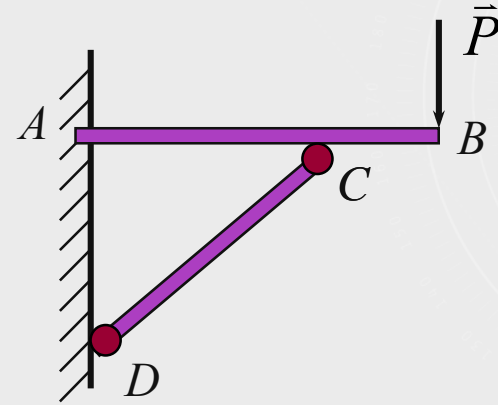
- 1、分离研究对象——不带约束；
- 2、给出力矢量方位、名称；
- 3、相连两分离体的相互作用力必须满足作用与反作用力定理；
- 4、善于判别“二力构件”；
- 5、只画分离体的外力，不画内力。

TAKE-HOME MESSAGE

- 1、约束及约束力的概念、主动力与约束力；
- 2、受力分析要严谨。

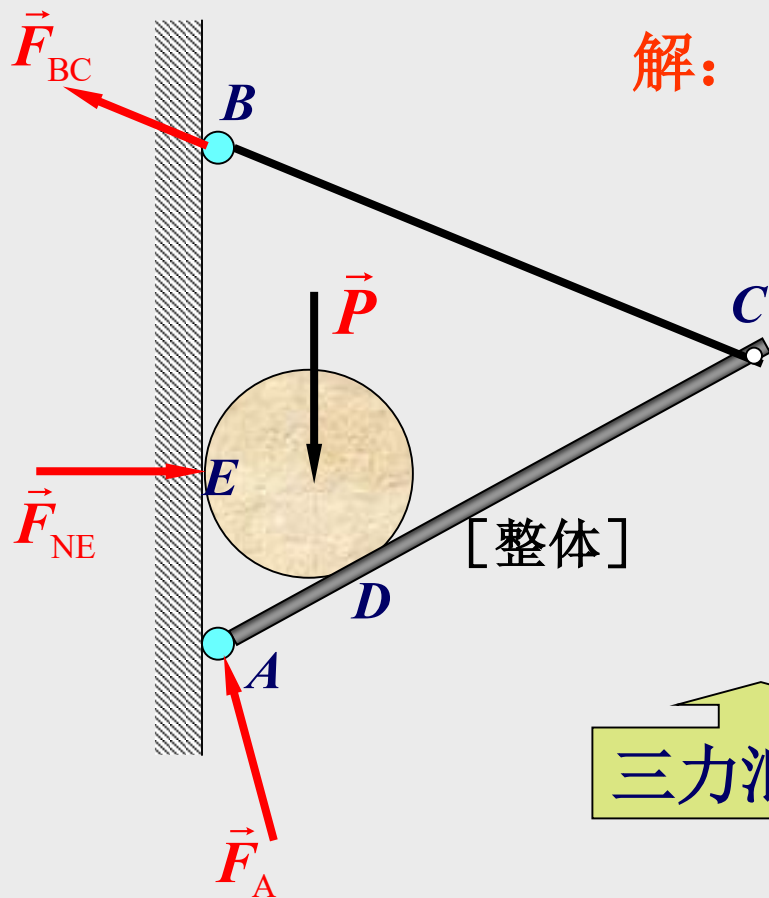
附录：其他受力分析举例

例：做各杆受力图

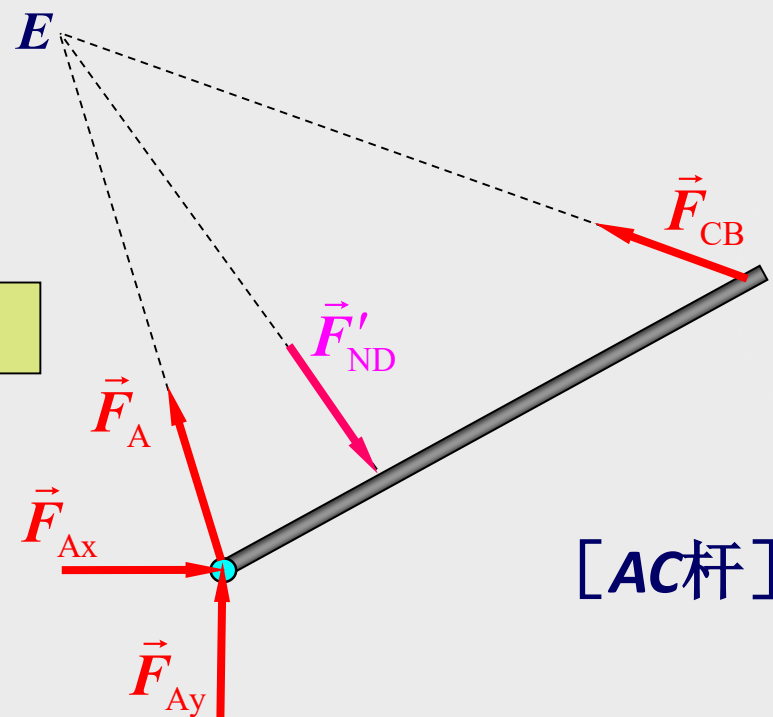
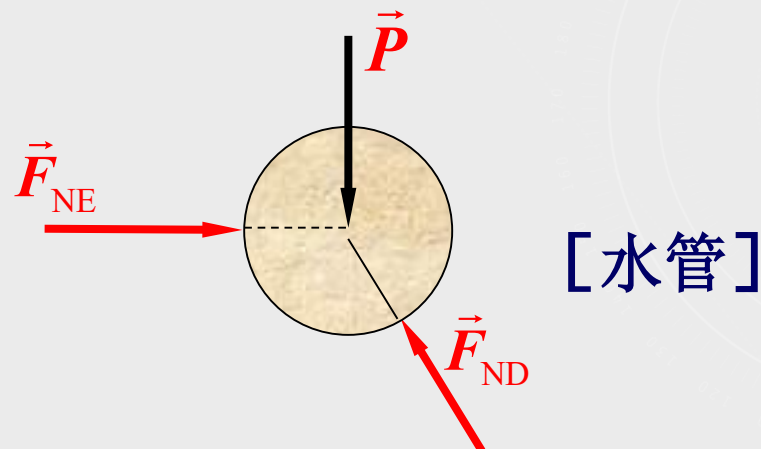


例：作水管支架受力图。

解：

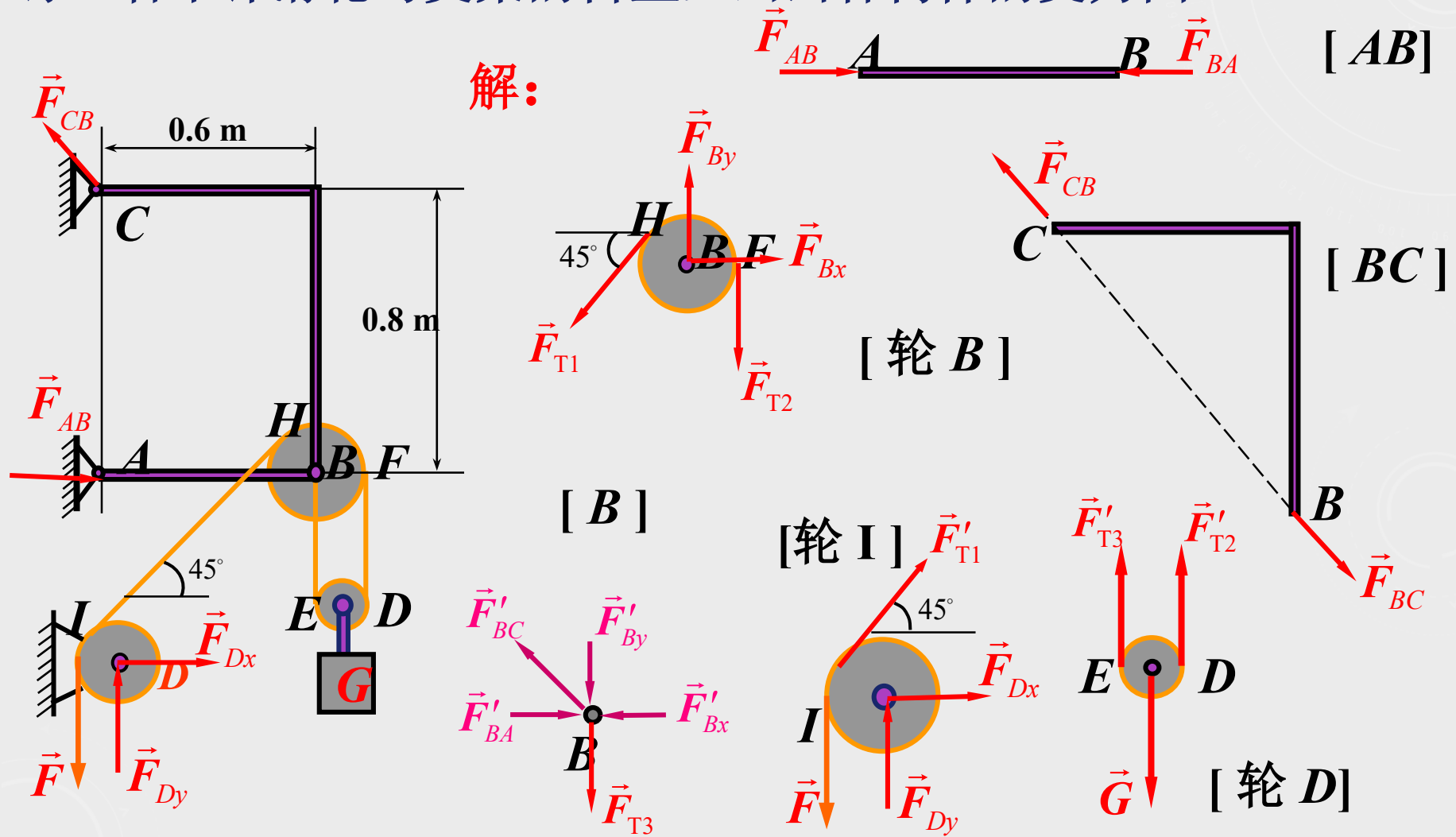


三力汇交



例：重为 $G = 980\text{ N}$ 的重物悬挂在滑轮支架系统上，如图所示。设滑轮的中心 B 与支架 ABC 相连接， AB 为直杆， BC 为曲杆， B 为销钉。若不计滑轮与支架的自重，画出各构件的受力图。

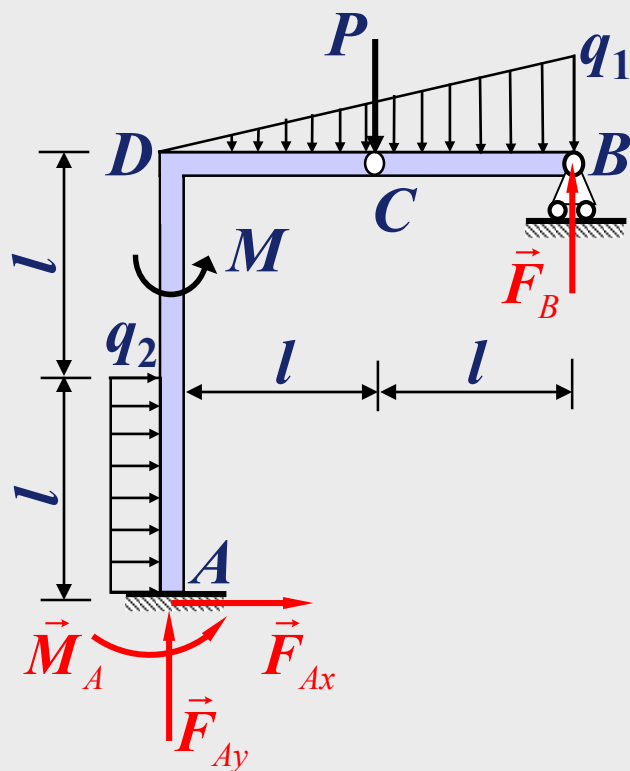
解：



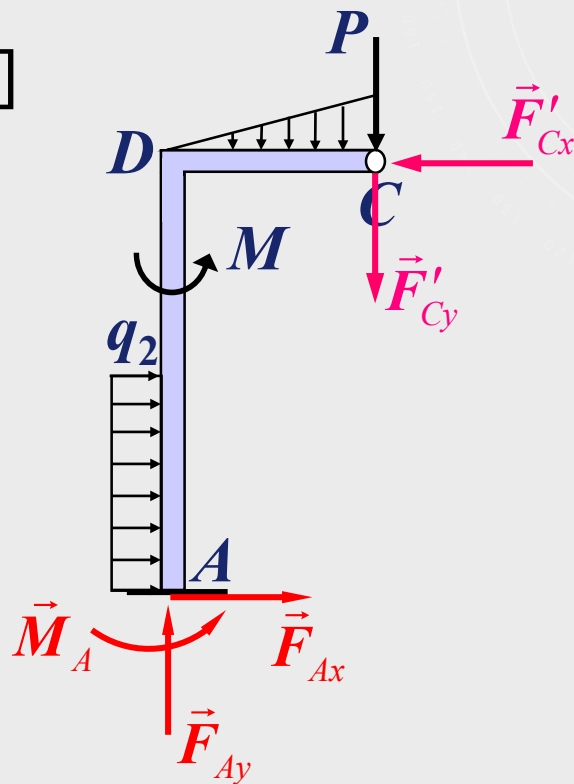
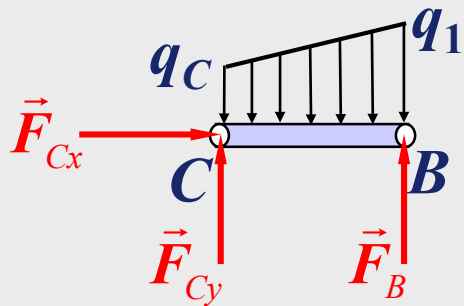
例：构件如图所示，画出AC、CB以及整体受力图。

解：[整体]

[AC]



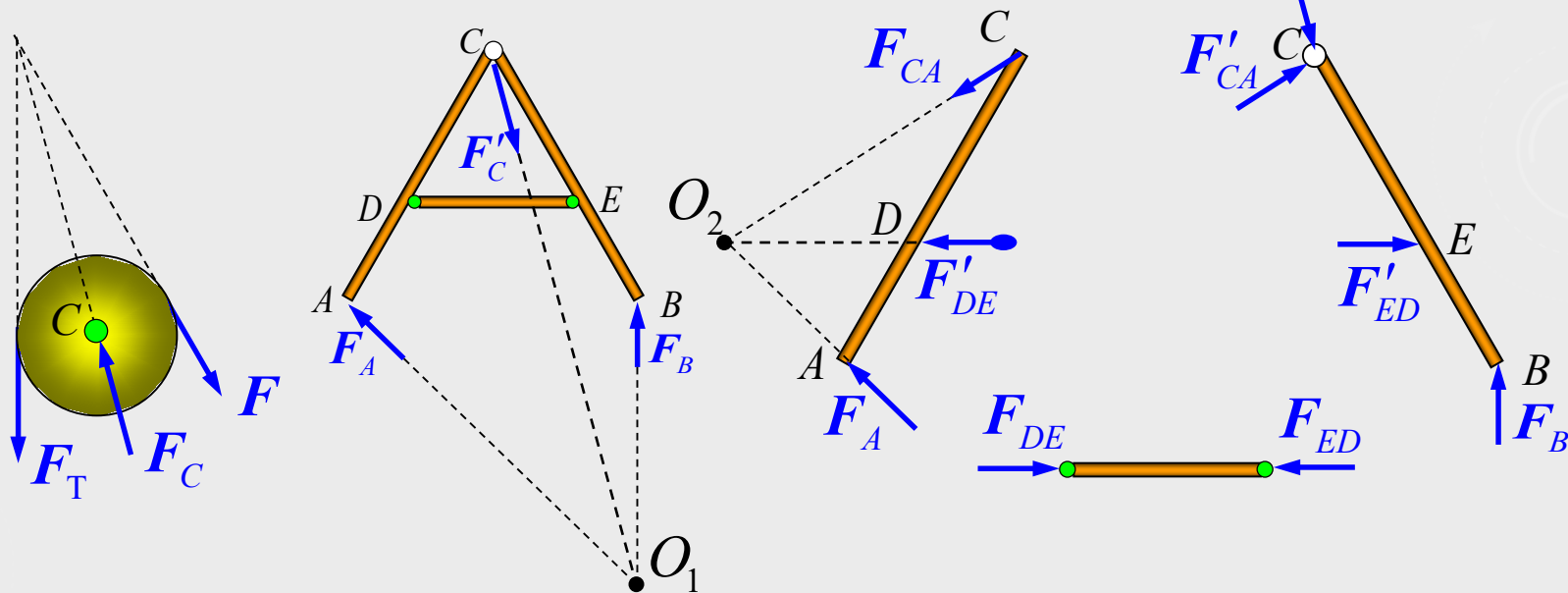
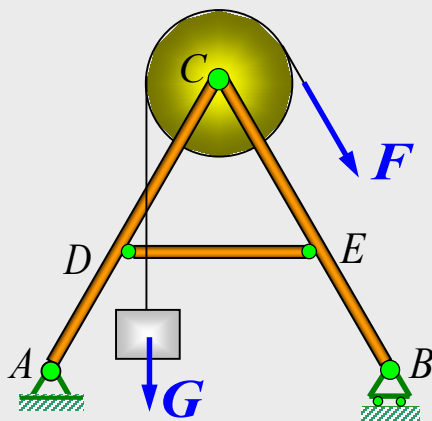
[CB]



解题的关键及重点：物体的受力图！



1. 不计自重 画各构件受力图

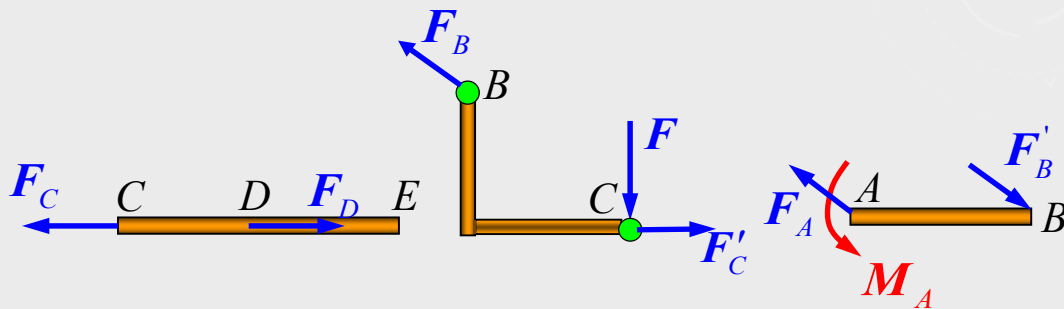
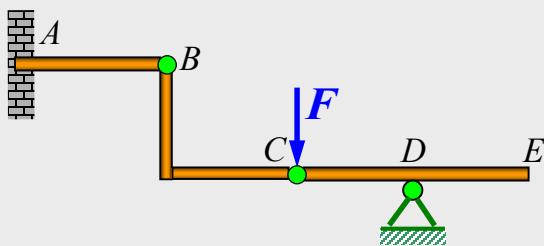
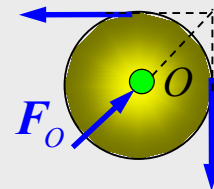
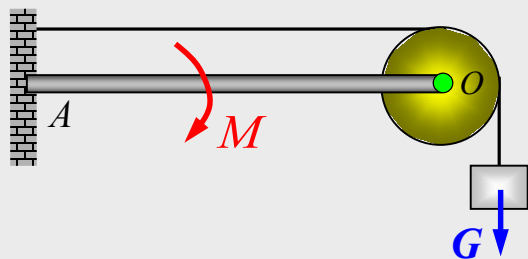
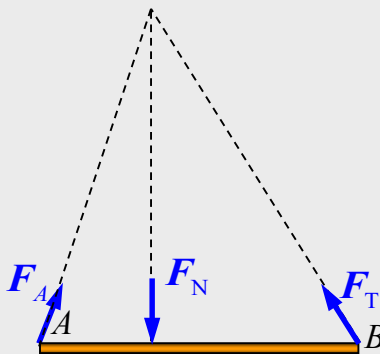
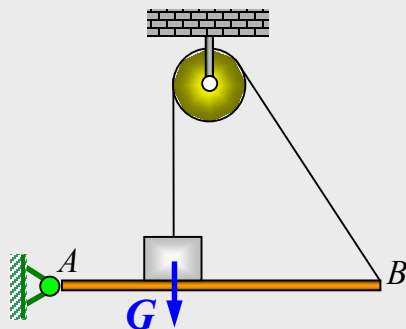


1.5 物体的受力分析

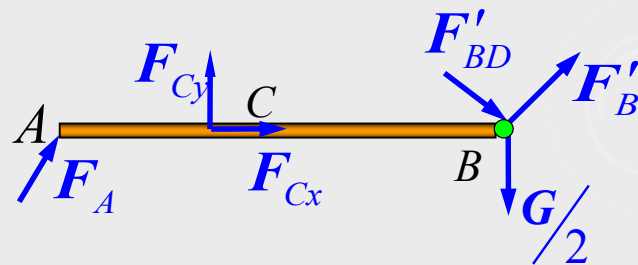
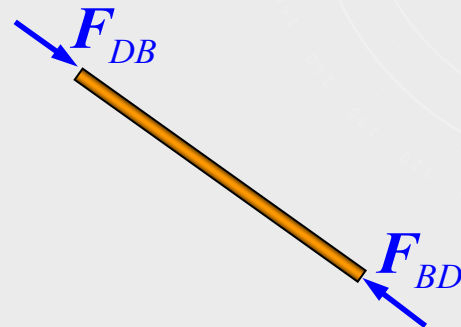
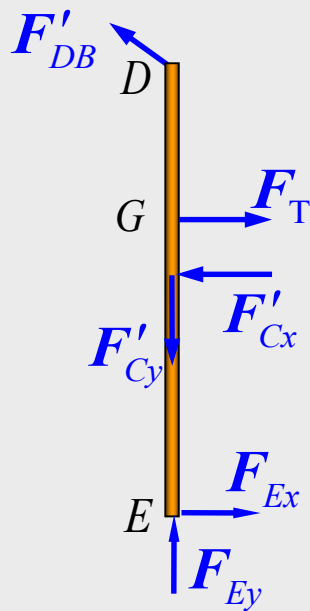
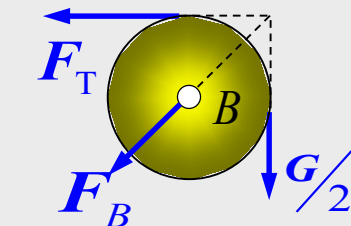
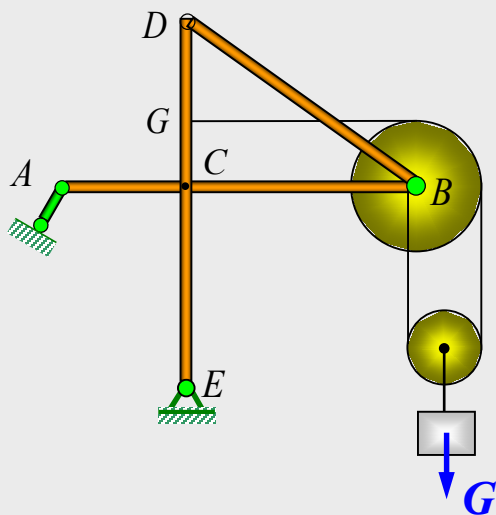


课堂练习

不计杆与滑轮自重，画各构件受力图。



练习：不计杆与滑轮重量，画各构件受力图。





注：B处绳拉力可附任一构件上，宜附销钉上。



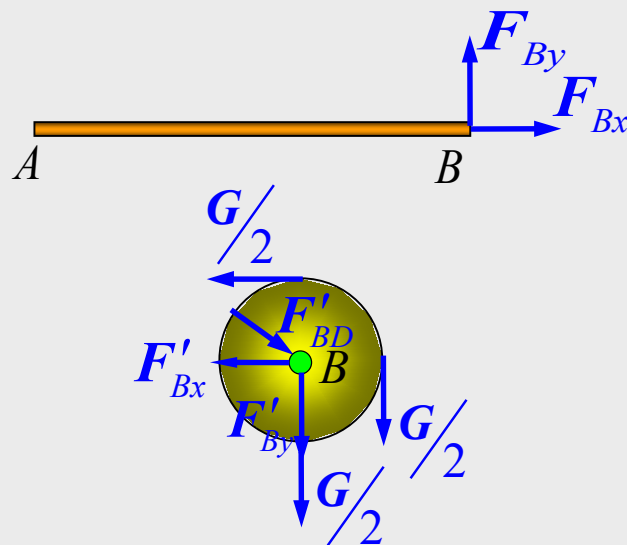
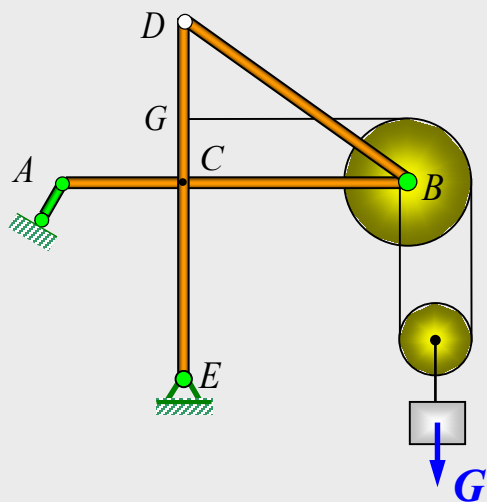
思考

若销钉附在轮B上，受力图有何变化？



答：

此时B处受力形式变化如图



实质不变