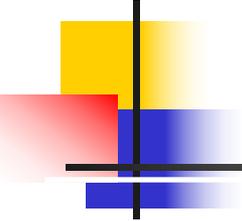


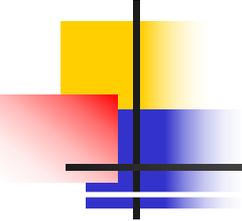
学习情境 四

静力学公理及工程构件受力图的绘制



能力目标

- 能够运用静力学公理分析力学现象；
- 能够分析工程中常见约束类型的特点；
- 能够正确分析受力情况，绘制受力图。



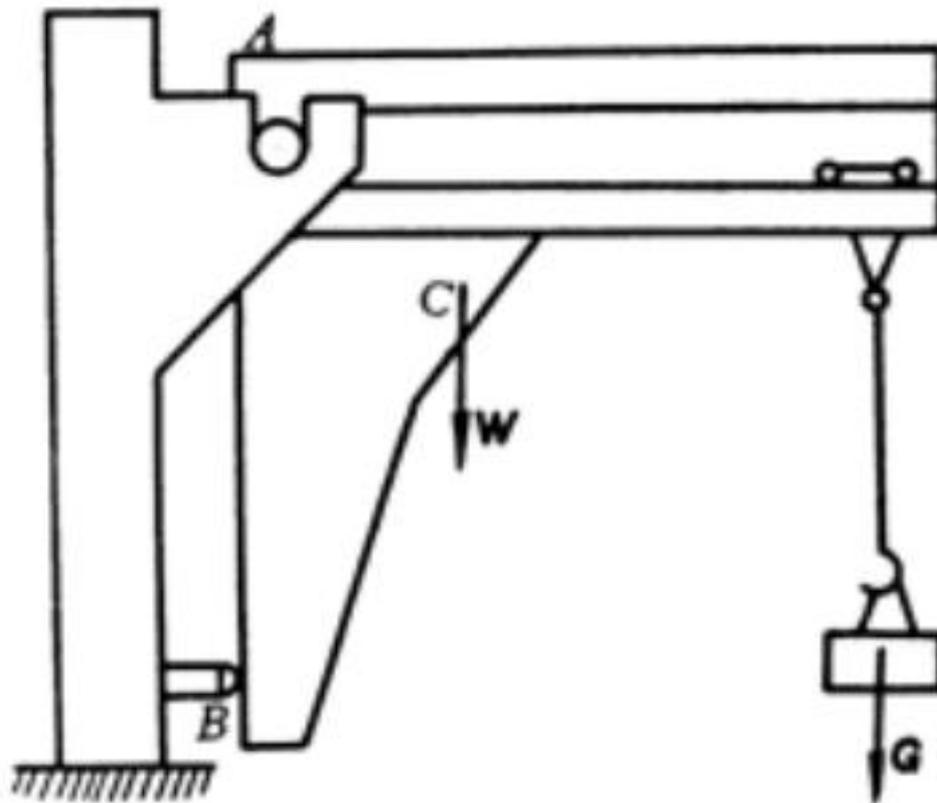
学习内容

- ◆ 4.1 静力学的基本概念
- ◆ 4.2 静力学公理及其应用
- ◆ 4.3 工程构件的常见约束及约束反力
- ◆ 4.4 工程构件受力图的绘制

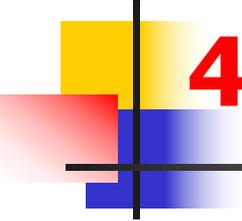
案例导入



曲柄滑块机构



起重机支架



4.1 静力学的基本概念

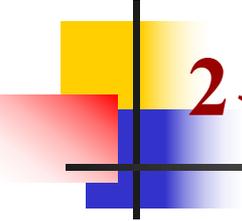
一、力的概念

1、力的定义

力是物体间相互的机械作用。

外效应：使物体的运动状态发生变化。

内效应：使物体产生变形。



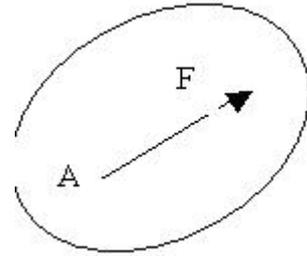
2、力的三要素

力的大小、方向和作用点。

在这三个要素中，如果改变其中任何一个也就改变了力对物体的作用效应。

例如：用扳手拧螺母时，作用在扳手上的力，因大小不同，或方向不同，或作用点不同，它们产生的效果就不同。

3、力的表示方法



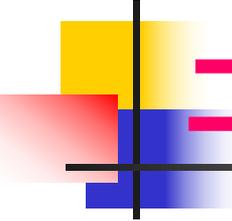
力是矢量，用有向线段表示，线段的起点（或终点）表示力的作用点，线段的箭头表示力的方向，线段的长度表示力的大小。

在教材上用黑体字 \mathbf{F} 表示，手写体用 \underline{F} 表示，如果手写体为 F 表示力的大小，是标量，无方向。

请问：等式 $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ 与 $F = F_1 + F_2$ 的区别何在？

4、力的单位

我国法定计量单位规定，力的单位是牛顿或千牛顿，简称牛（N）或千牛（kN），其换算关系为 $1\text{kN} = 1000\text{N}$ 。



二、力系有关概念

力系

等效力系

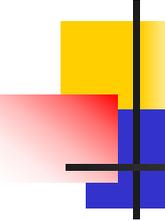
合力

分力

三、平衡的概念

物体相对于地面保持**静止或匀速直线运动**的状态称为物体的平衡状态。

- **平衡力系**：如果刚体在某一个力系作用下处于平衡，则此力系称为平衡力系。
- **平衡条件**：力系平衡时所满足的条件称为力系的平衡条件。



四、刚体的概念

刚体：在任何外力作用下大小和形状保持不变的物体。

注意：同一个物体在不同的问题中，有时要看作刚体，有时则必须看作变形体，具体问题具体分析。

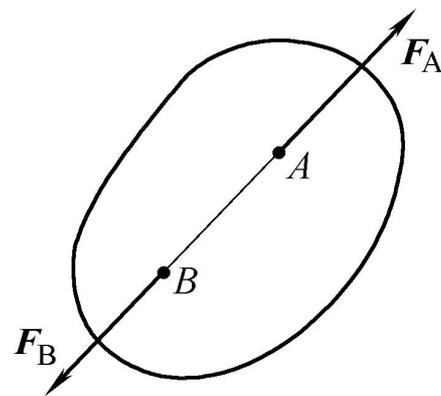
4.2 静力学公理及其应用

公理一 二力平衡公理

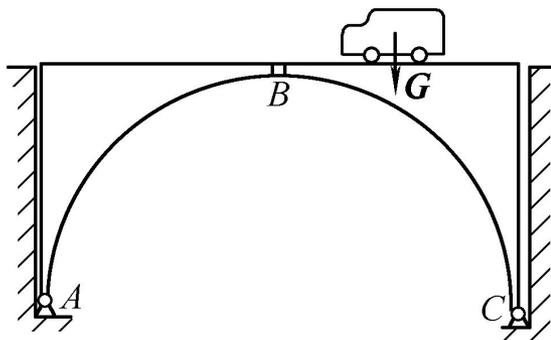
两个力使刚体平衡的充要条件是：这两个力必等值、反向、共线。

二力体—只受两个力作用而平衡的物体。

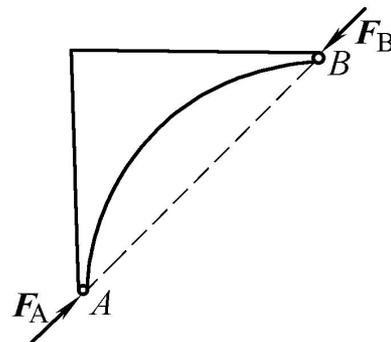
在机械和建筑结构中统称为**二力构件**。



应用：



a)



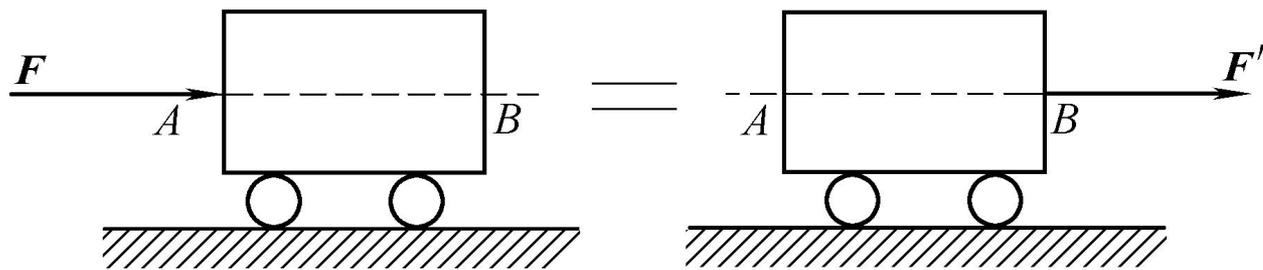
b)

公理二 加减平衡力系公理

在刚体的原力系中，加上或减去一个平衡力系，不改变原力系对刚体的作用效应。

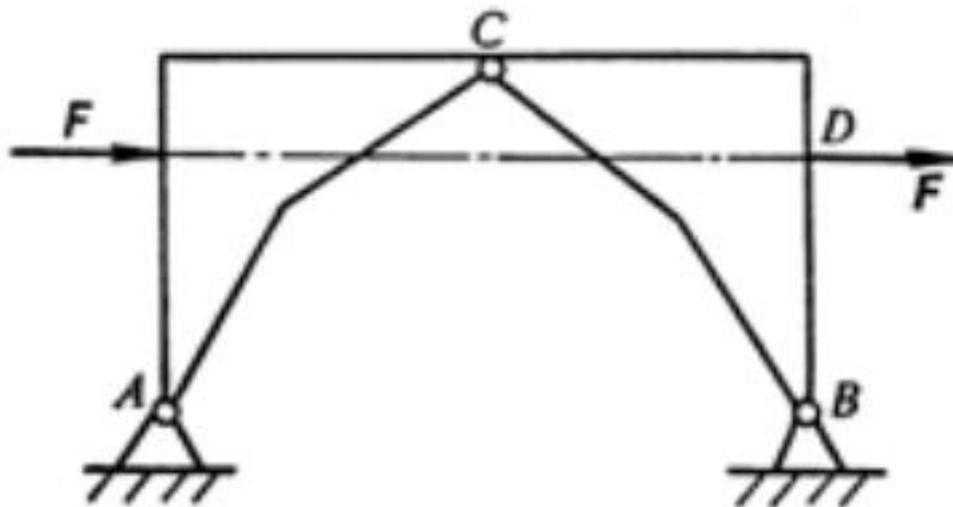
推论1：力的可传性原理

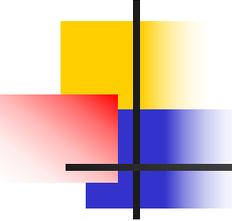
作用于刚体上的力可以沿其作用线移动至刚体内的任意一点，而不改变原力对刚体的作用效应。



由此原理可知：力对刚体的效应，取决于力的大小、方向、作用线。

请问：图中所示三铰拱架上的作用力 F ，可否依据力的可传性原理把它移到 D 点？为什么？



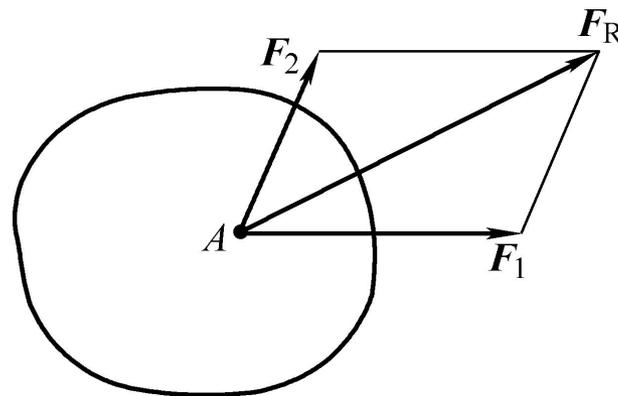


注意：

- 力的可传性只用于刚体，不适用于变形体；
- 力只能在刚体自身沿其作用线移动。
- 力在移动后必须作用在原刚体上，不能移动到其它刚体上去。

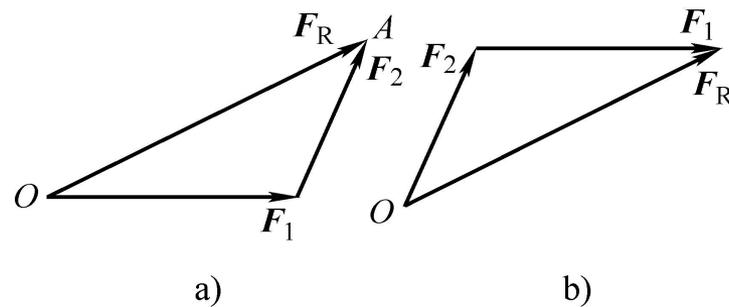
公理三 力的平行四边形法则

作用在物体上同一点的两个力可以合成为一个合力，合力也作用于该点，其大小和方向由两分力为邻边所构成的平行四边形的**对角线**表示。

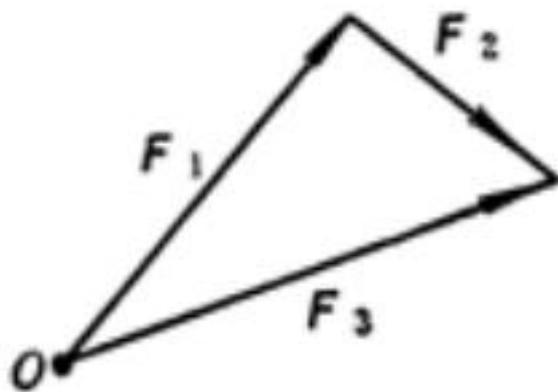


也可用力的**三角形法则**表示：两个力首尾相接，封口矢量即为合力。

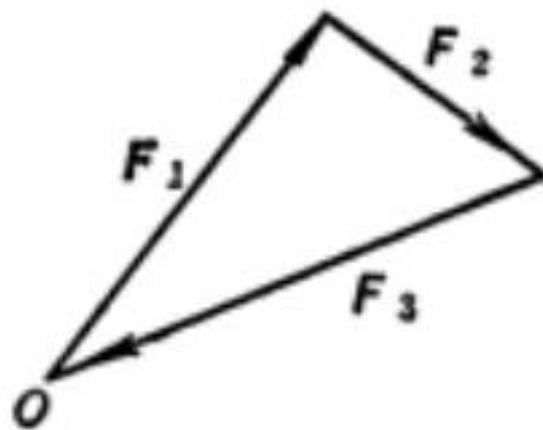
合力的作用点仍为汇交点 A 。分力力矢首尾相接，但次序可变



请问：图a、b中所画出的两个力三角形各表示什么意思？二者有什么区别？



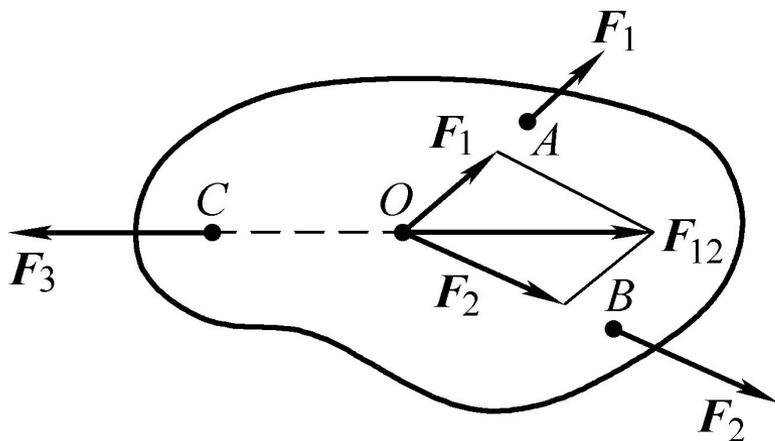
图a



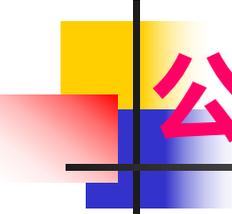
图b

推论2：三力平衡汇交定理

物体受不平行的三个力作用而平衡时，此三个力的作用线必汇交于一点且位于同一平面内。



三力构件：作用三个力处于平衡的构件称为三力构件。



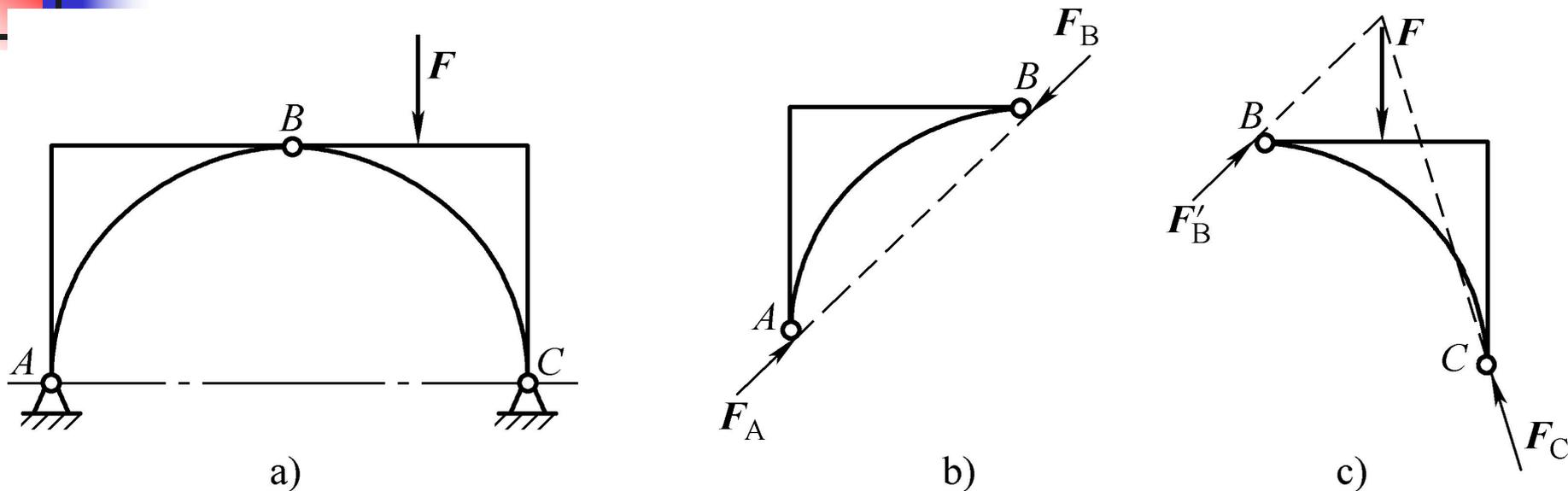
公理四 作用力与反作用力定律

两个物体间作用力与反作用力，总是大小相等，方向相反，并沿同一直线，分别作用于这两个不同的物体上。

作用力与反作用力一般用同一字母表示。为了便于区别，在其中一个字母的右上角处加一小撇“'”，如 F 表示作用力，则 F' 表示反作用力。

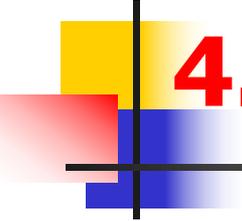
请问：作用力与反作用力是一对平衡力吗？

【例4-1】 根据静力学公理分析下图a 所示拱形结构 AB 、 BC 的受力情况（不考虑 AB 、 BC 自重）



解： 根据二力平衡公理， AB 为二力构件，故 AB 构件受力如图 b 所示；

根据作用力与反作用公理，可得 BC 构件在 B 点的受力方向，再根据三力平衡汇交定理， BC 为三力构件，从而可得 BC 构件受力图如图 c 所示。



4.3 工程构件的常见约束及约束反力

一、约束的相关概念

➤ 约束

凡是限制物体运动的其它物体，称为约束。

分析车床刀架、 电动机的转子、地面上的物体等。

➤ 约束反力

约束作用于被约束体的力称为约束反力，简称约束力或反力。

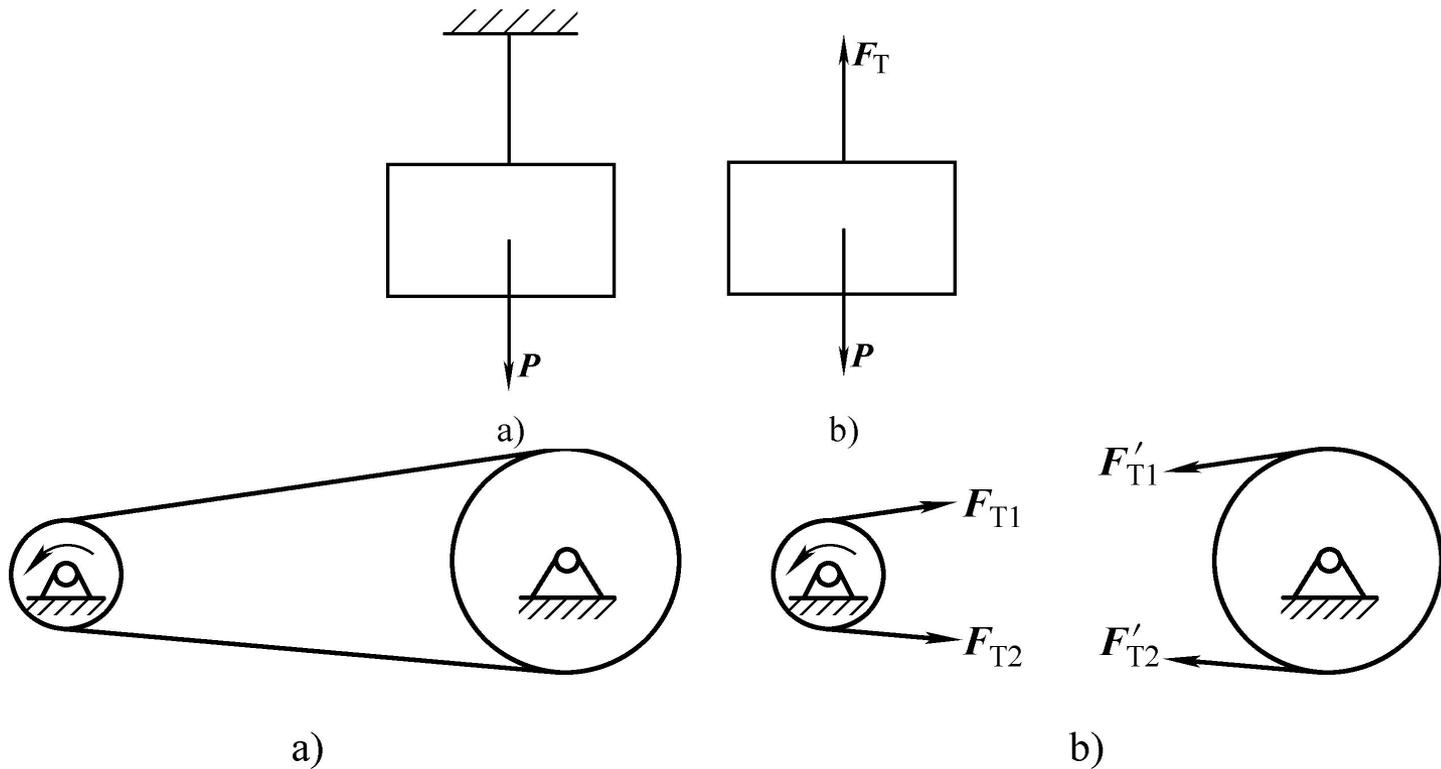
约束反力的作用点总是作用在约束与被约束物体的接触处，其方向总是与该约束所能限制的运动或运动趋势的方向相反。

二、常见约束类型及约束反力表示方法

1、柔性约束

由绳索、皮带等柔性物形成的约束。这类约束**只承受拉力，不承受压力**。

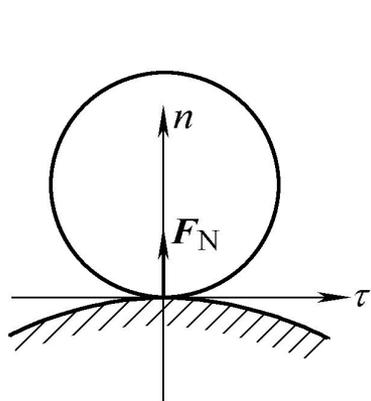
约束力作用在与物体的联接点上，背离受力物体，用符号 F_T 表示。



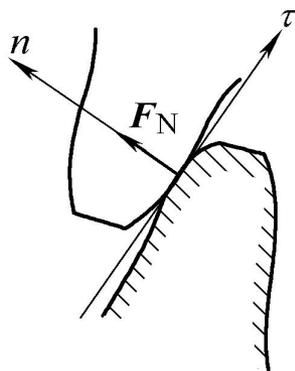
2、光滑面约束

这类约束不能限制物体沿接触面切线方向的运动，只能限制物体沿接触面的公法线方向的运动。

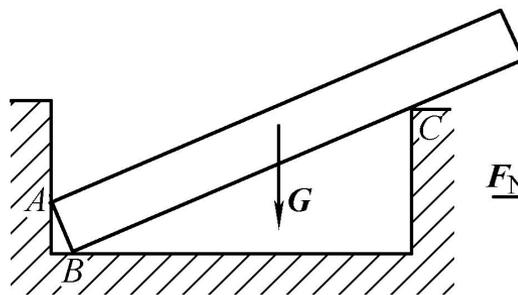
光滑面约束的约束反力是通过接触点沿公法线方向指向被约束的物体，常用字母 F_N 表示。



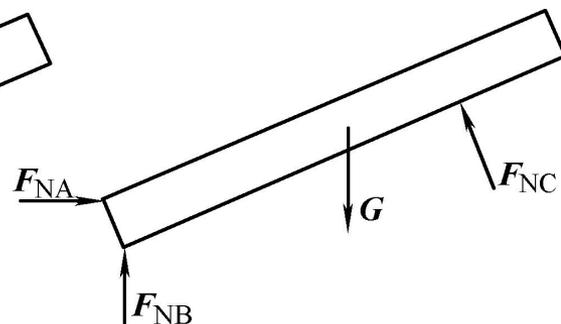
a)



b)



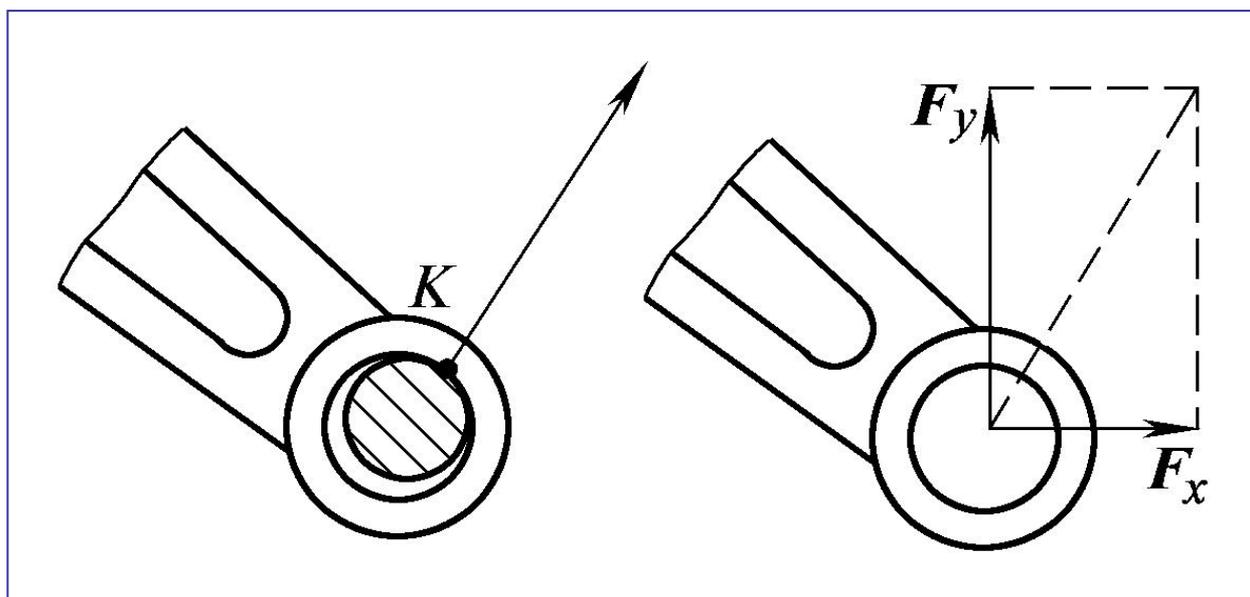
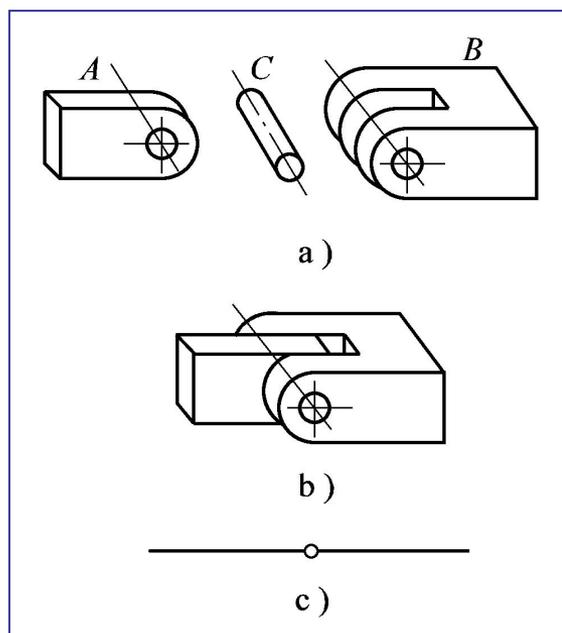
a)



b)

3、光滑圆柱铰链约束

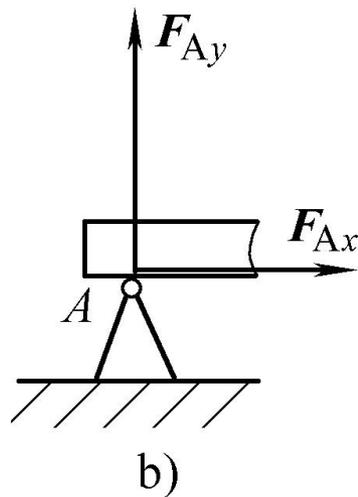
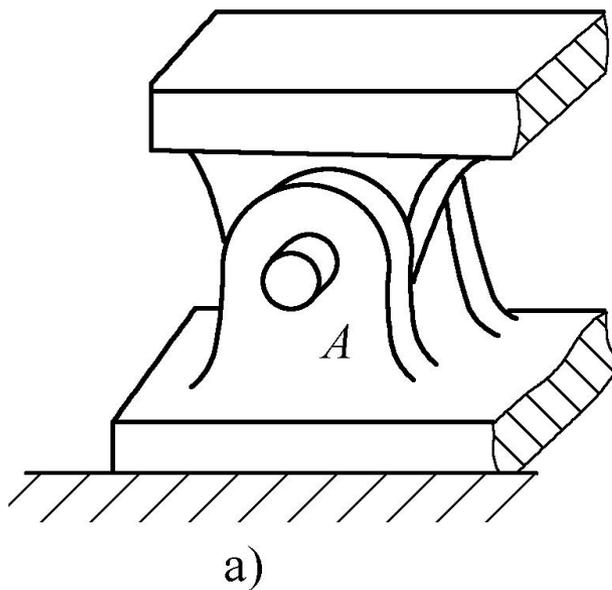
光滑圆柱铰链约束是由两个带有圆孔的构件并由圆柱销钉连接构成。



约束反力方向不定，用x、y方向正交分力来表示。

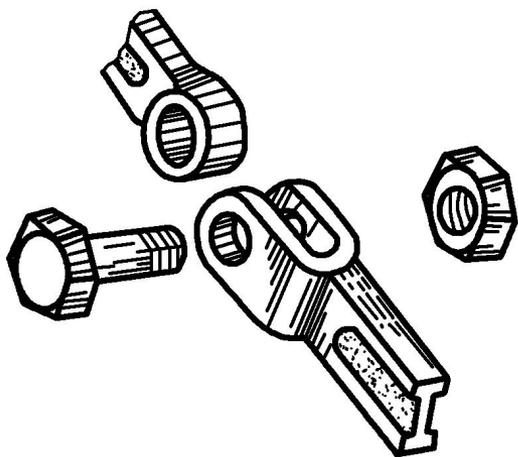
(1) 固定铰支座

将圆柱销钉连接的两构件中的一个固定起来，即用以将构件和基础连接。

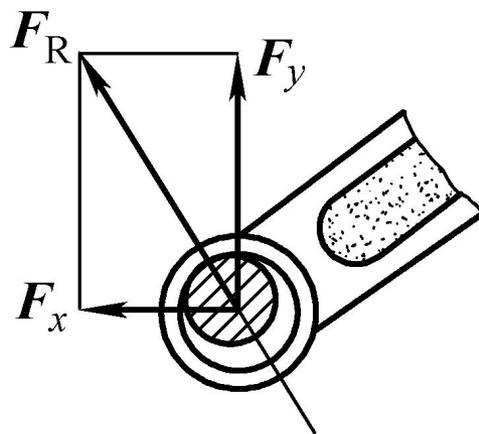


(2) 中间铰链

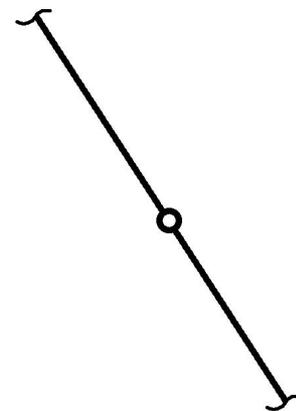
用来连接两个可以相对转动但不能相对移动的构件，如曲柄滑块机构中曲柄与连杆、连杆与滑块的连接。



a)



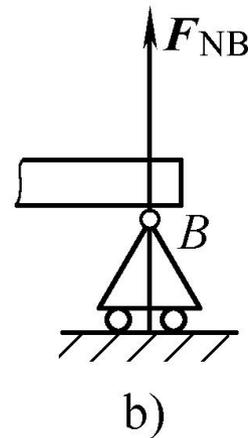
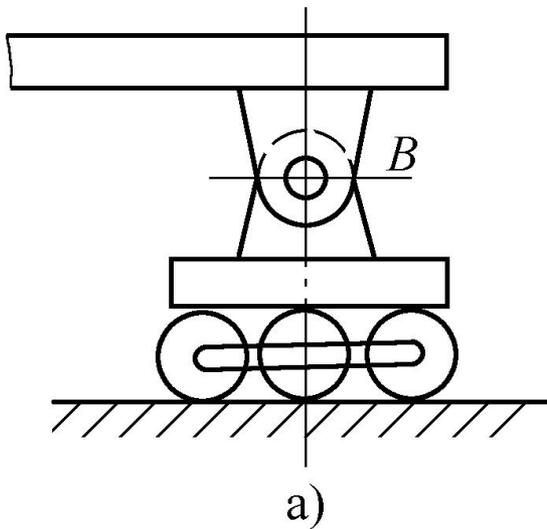
b)



c)

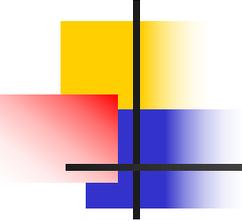
(3) 活动铰支座

在固定铰支座的下边安装上几个滚子称为活动铰支座。



4.4 工程构件受力图的绘制

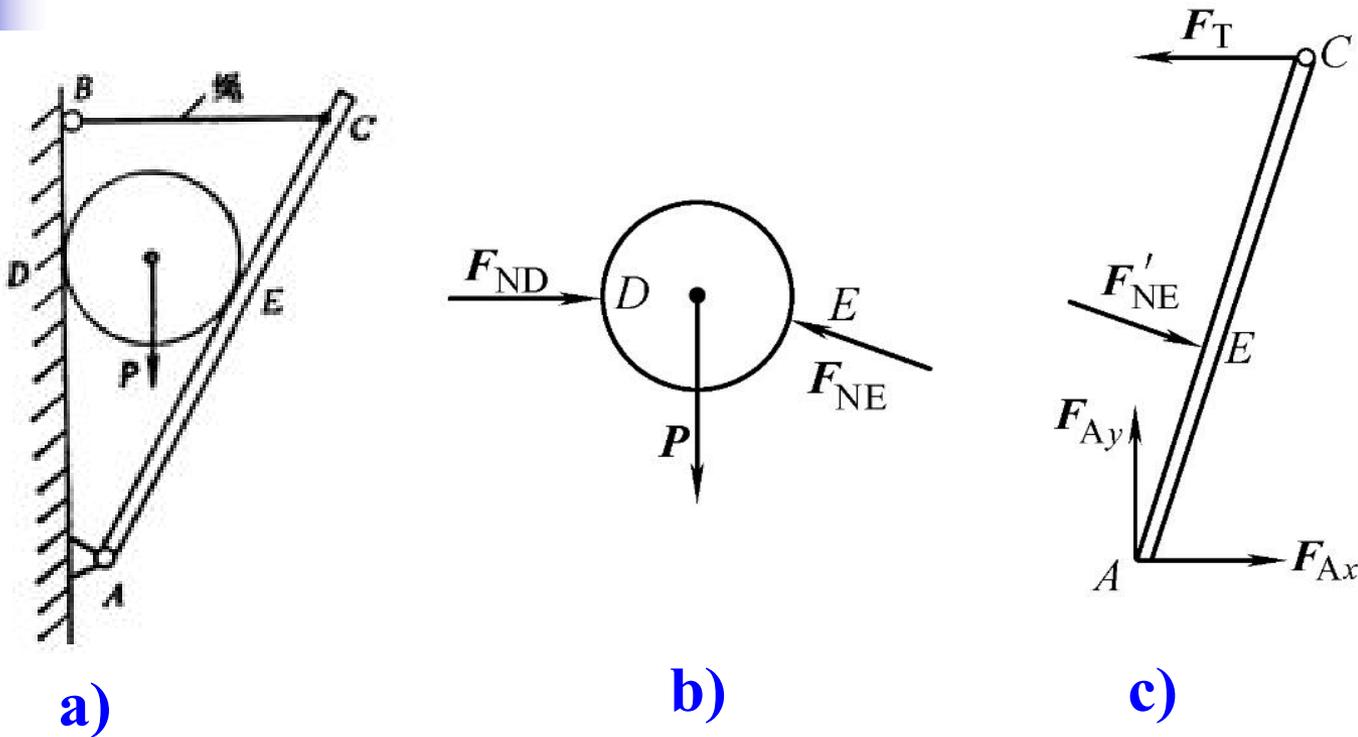
- ◆ **受力分析**：对物体受力状况进行分析的过程。
- ◆ **受力分类**：分为**主动力**和**约束力**两类。
 - 主动力**：如重力、风力、气体压力等；
 - 约束力**：约束对于物体的力。
- ◆ **分离体**：因解除约束而被认为是自由的构件。
- ◆ **受力图**：把分离体上所受的**全部主动力和约束力**以力矢画在其上，得到的简明图形。



画受力图的步骤

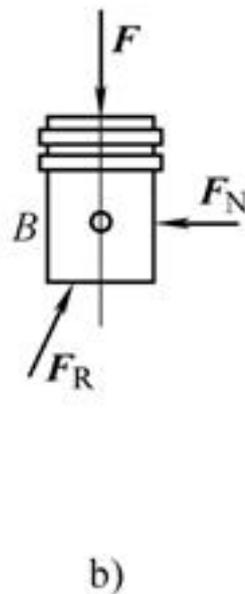
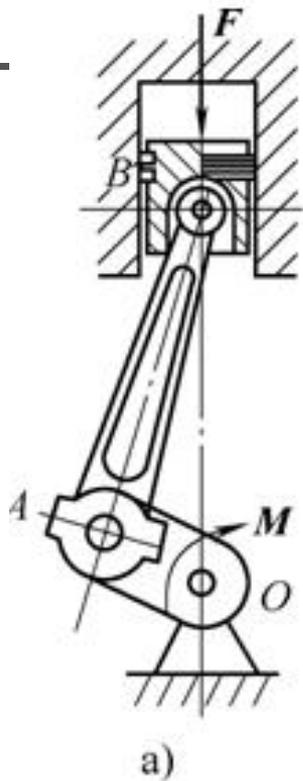
- 明确研究对象，取分离体；
- 在分离体上画出全部主动力；
- 在分离体上画出全部约束力。

【例4-2】 重力为 P 的圆球放在板 AC 与墙壁 AB 之间，如图a所示。设板 AC 重力不计，试画出球与板 AC 的受力图。



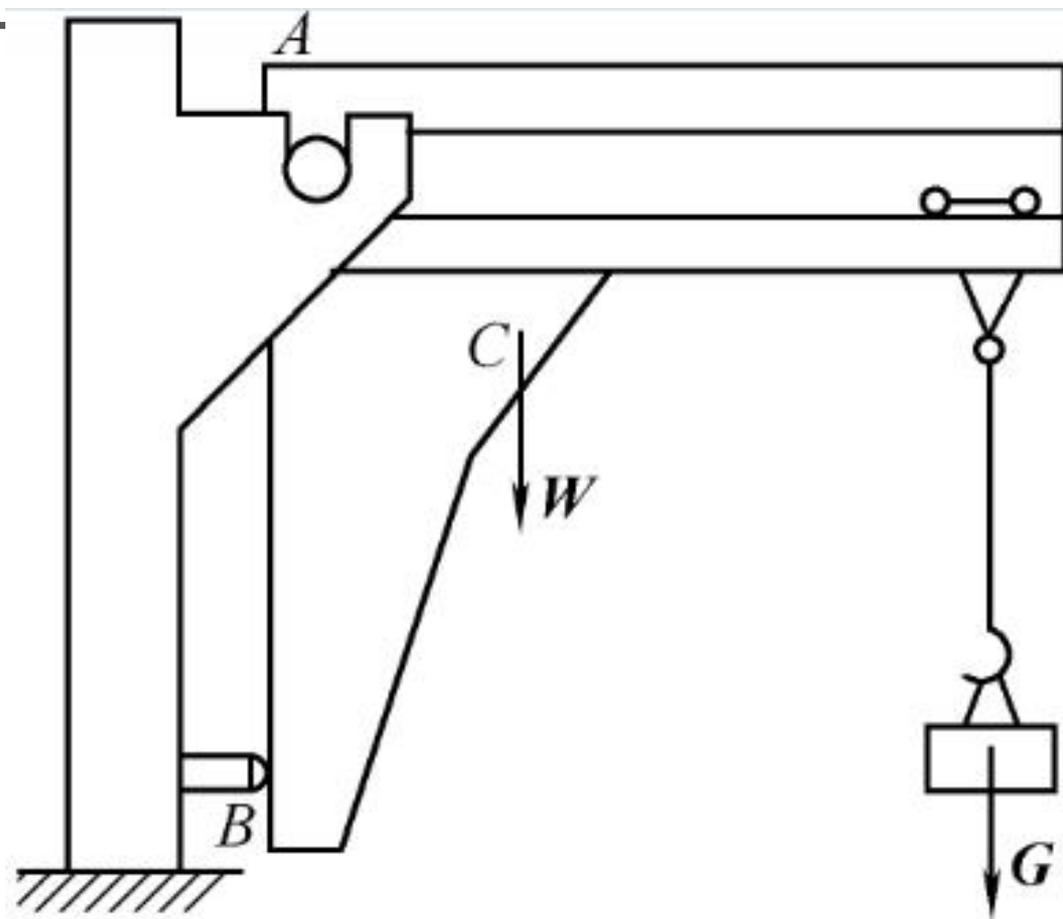
解： 先取球为研究对象，得受力图如图b所示。
再取板为研究对象，得受力图如图c所示。

【例4-3】 下图a所示曲柄滑块机构，在图示状态下处于平衡，不计各构件的自重，试画出图中滑块受力图。

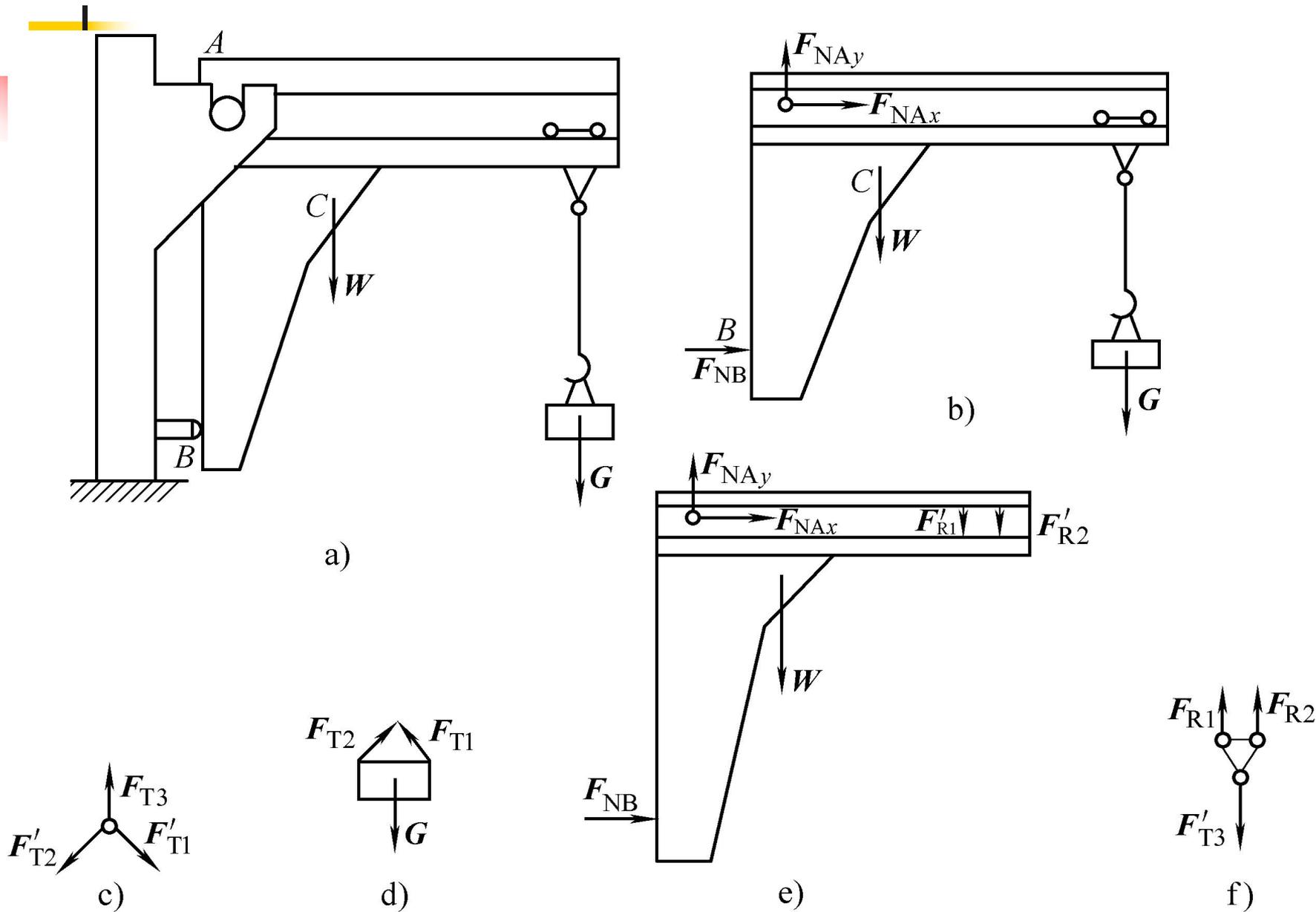


解： 先滑块为研究对象，得滑块受力图如图b所示。

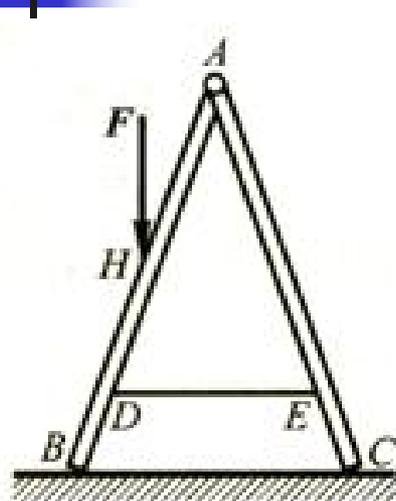
【例4-4】 下图所示为一起重机支架，已知支架重量 W 、吊重 G 。试画出重物、吊钩、滑车与支架以及物系整体的受力图。



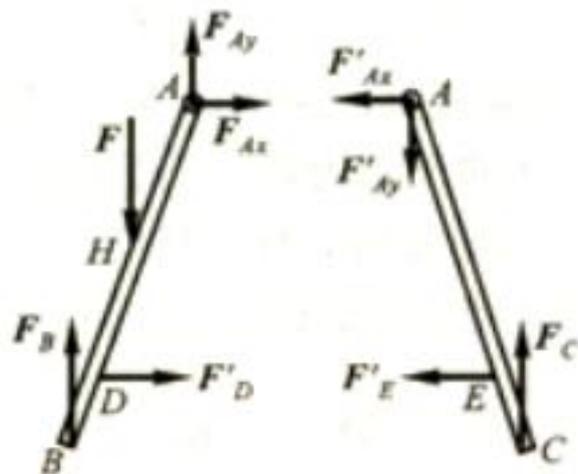
解： 分别取各部分及整体为研究对象，得受力图如图b~f 所示。
注： 在整体受力图中，各构件间的内力不表示出来。



【例4-5】 如图a所示，梯子两部分 AB 和 AC 在点 A 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 AB 中点 H 处作用一铅直载荷 F 。试分别画出绳子 DE 和梯子 AB 、 AC 部分以及整个系统的受力图。



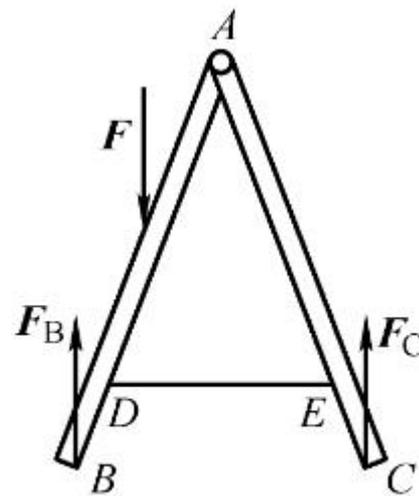
a)



b)

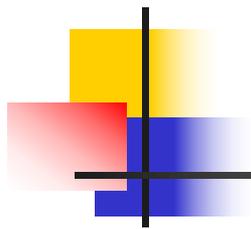


c)



d)

解： 分别取各部分及整体为研究对象，得受力图如图b~d所示。



END