

机械设计基础

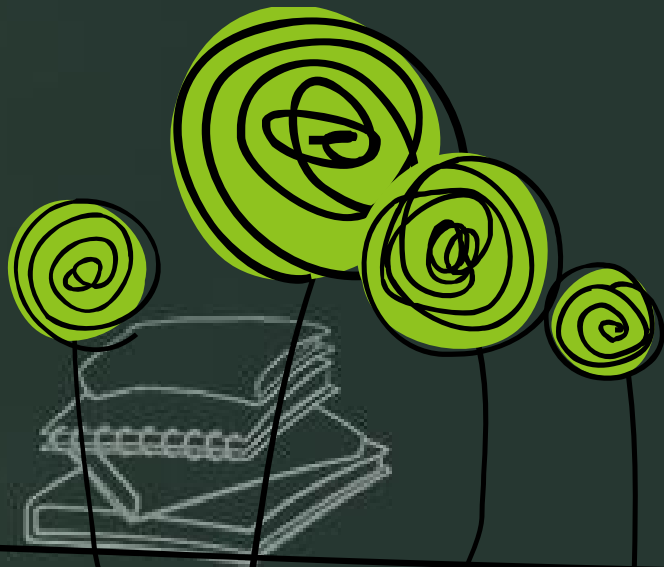
说课老师：

时间：2024.5.11



任务二：平面连杆机构具有确定相对运动的条件

TASK TWO:



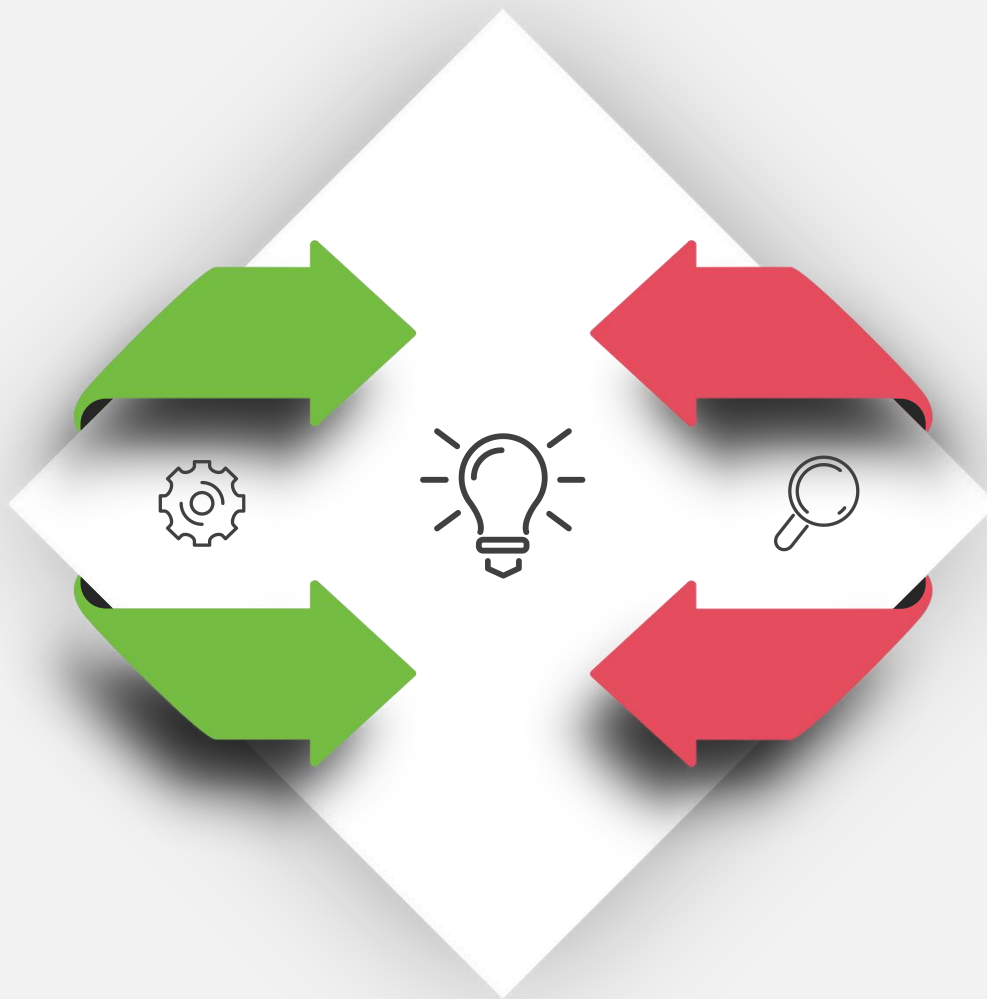


教学内容

TEACHING CONTENT

01 平面机构自由度的
计算

03 计算自由度注意事
项



机构具有确定运动
的条件

平面自由度的实用
意义

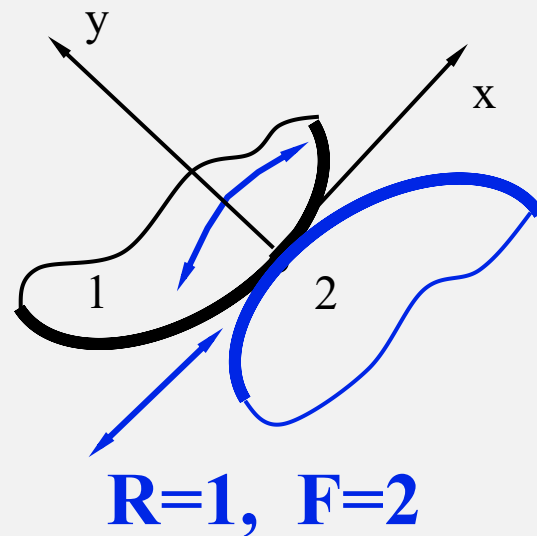
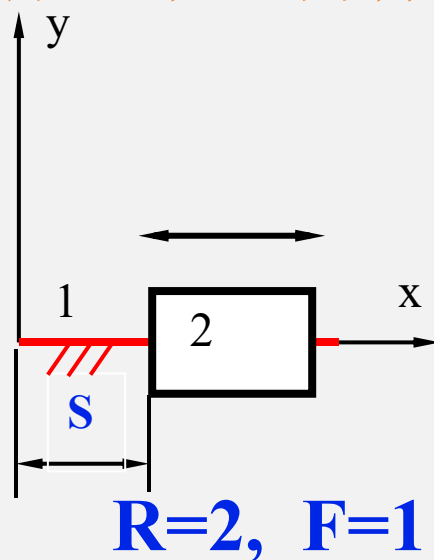
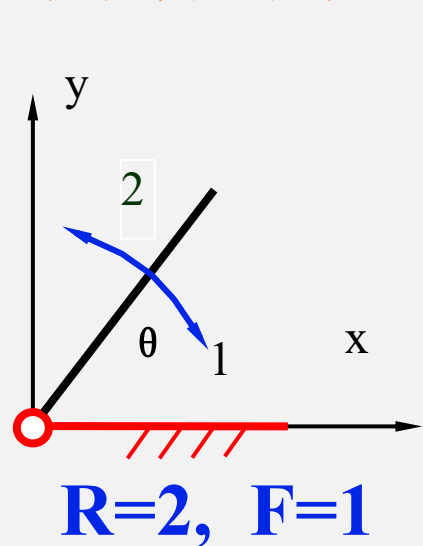
02

04



1.平面机构自由度的计算

经运动副相联后，由于有约束，构件自由度会有变化：



运动副	自由度数	运动副的约束数
转动副	$1 (\theta)$	$+ 2 (x, y) = 3$
移动副	$1 (x)$	$+ 2 (y, \theta) = 3$
高 副	$2 (x, \theta)$	$+ 1 (y) = 3$



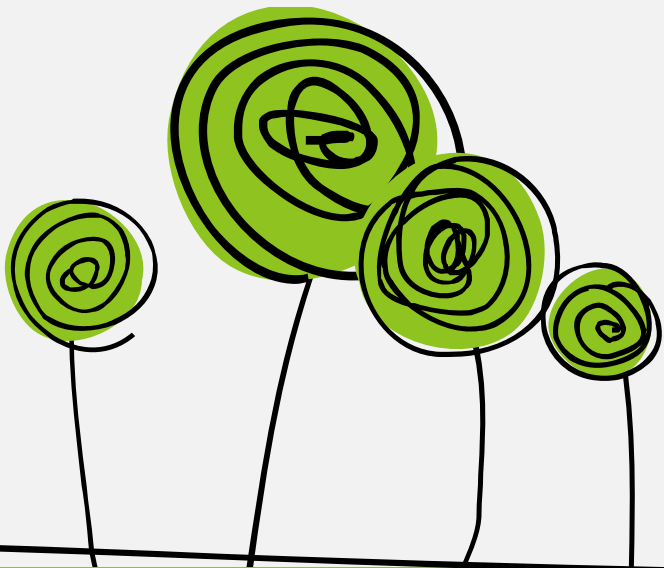
1.平面机构自由度的计算

结论：构件自由度=3-运动副的约束数

=自由构件的自由度数-运动副的约束数

活动构件数	构件总自由度	低副约束数	高副约束数
n	$3 \times n$	$2 \times P_L$ (低副数)	$1 \times P_h$ (高副数)

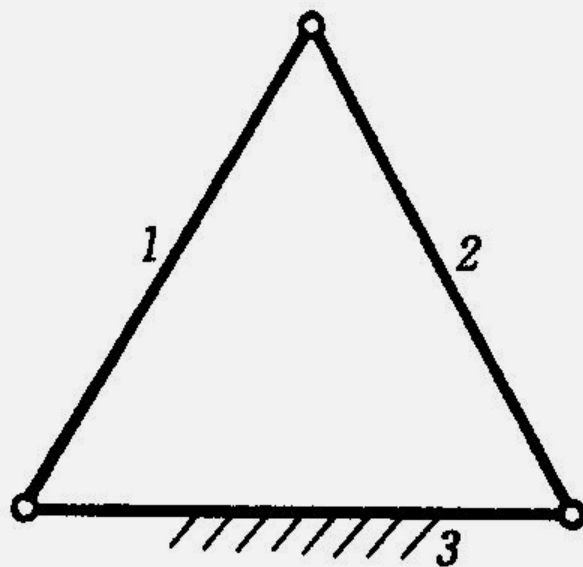
计算公式： $F=3n-(2P_L+P_h)$



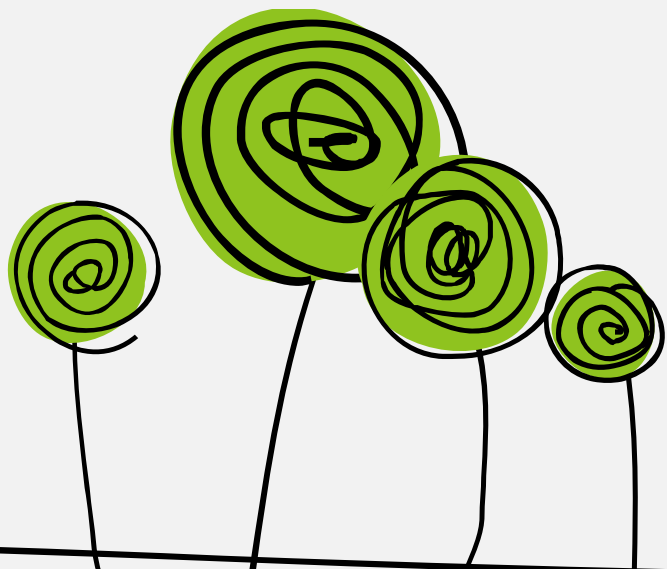


2. 机构具有确定运动的条件

1. 实例分析

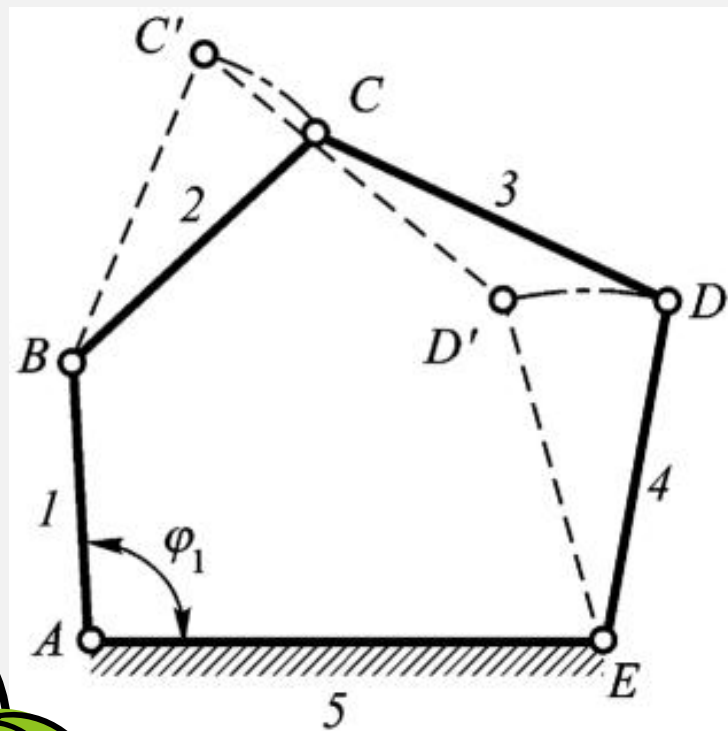


不能产生运动

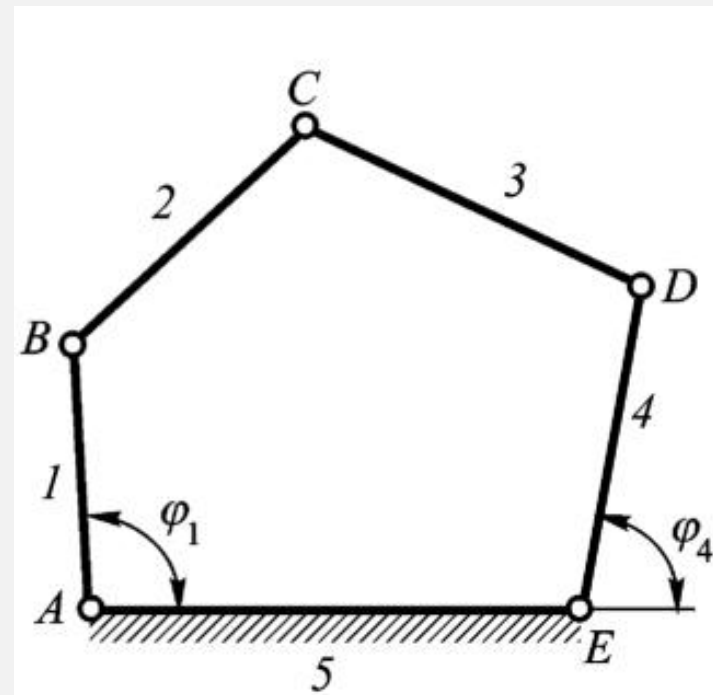


2. 机构具有确定运动的条件

2. 实例分析



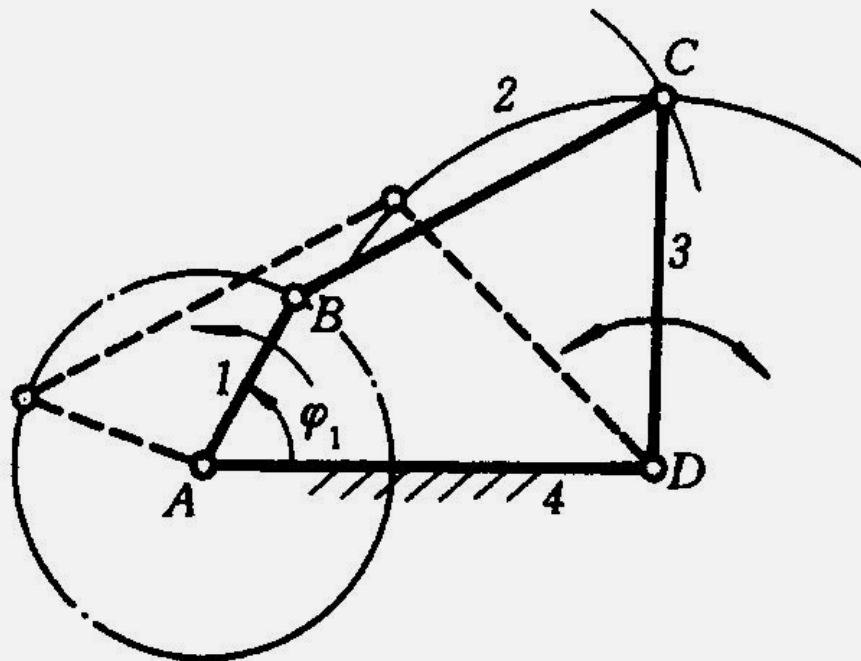
运动不确定



运动确定

2. 机构具有确定运动的条件

3. 实例分析



给定构件1运动参数 $\varphi_1 = \varphi_1(t)$

构件2、3的运动是确定的

运动确定

2.机构具有确定运动的条件

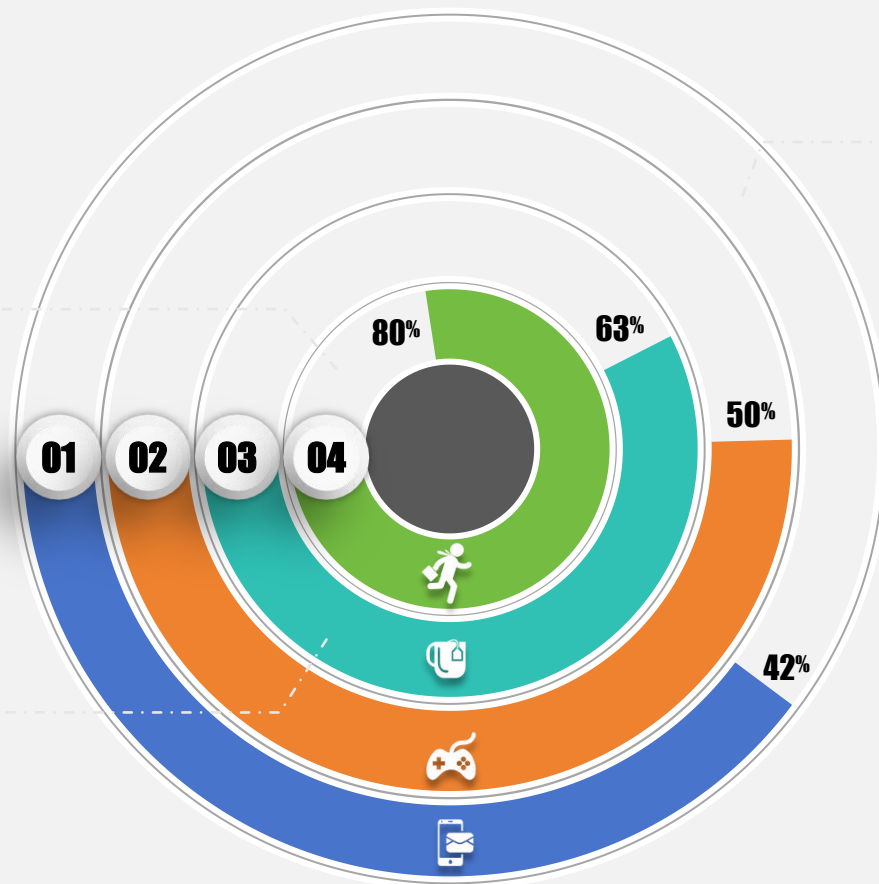
结论



机构具有确定运动时所必须给定的独立运动参数的数目称机构的自由度。



平面机构具有确定运动的条件：机构原动件个数应等于机构的自由度数目。



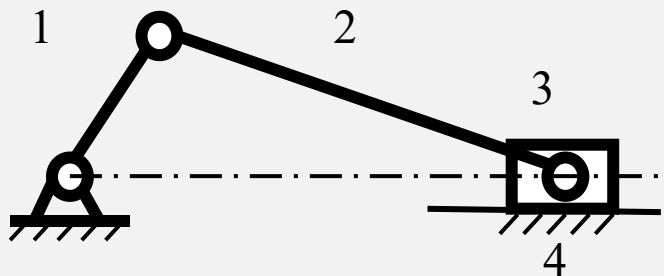
原动件数 $>$ 自由度数，
机构在薄弱处损坏



原动件数 $<$ 自由度数，
机构无确定运动

2. 机构具有确定运动的条件

1. 计算自由度



解：活动构件数 $n=3$

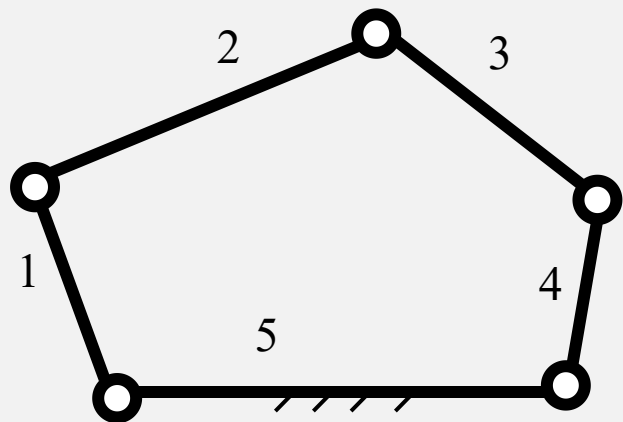
低副数 $P_L=4$

高副数 $P_H=0$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 \\ &= 1 \end{aligned}$$

2. 机构具有确定运动的条件

2. 计算自由度



解：活动构件数 $n=4$

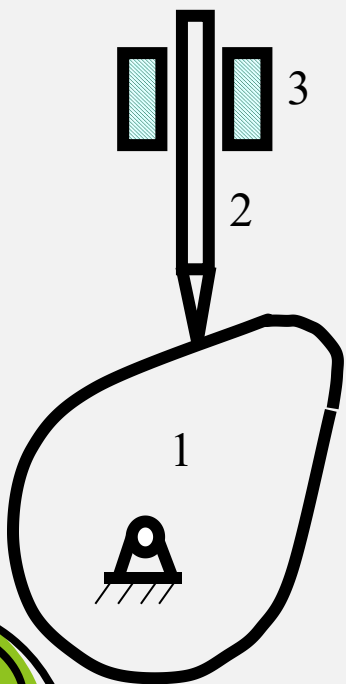
低副数 $P_L=5$

高副数 $P_H=0$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 5 \\ &= 2 \end{aligned}$$

2. 机构具有确定运动的条件

3. 计算自由度



解：活动构件数 $n=2$

低副数 $P_L=2$

高副数 $P_H=1$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

3. 计算自由度注意事项

计算图示圆盘锯机构的自由度。

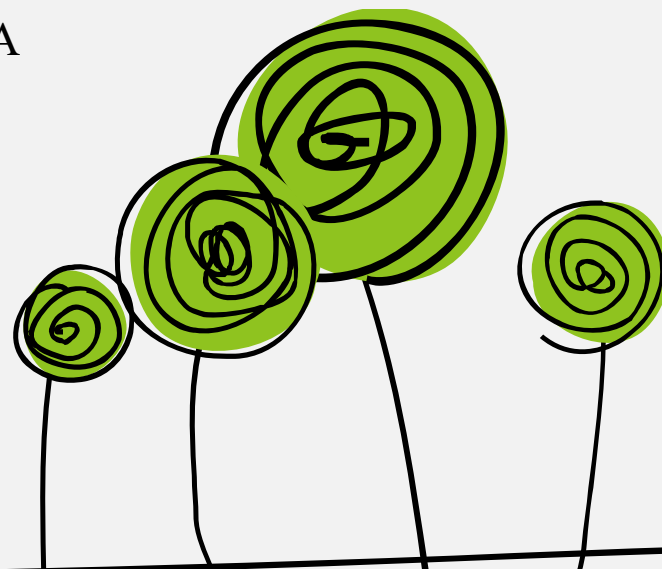
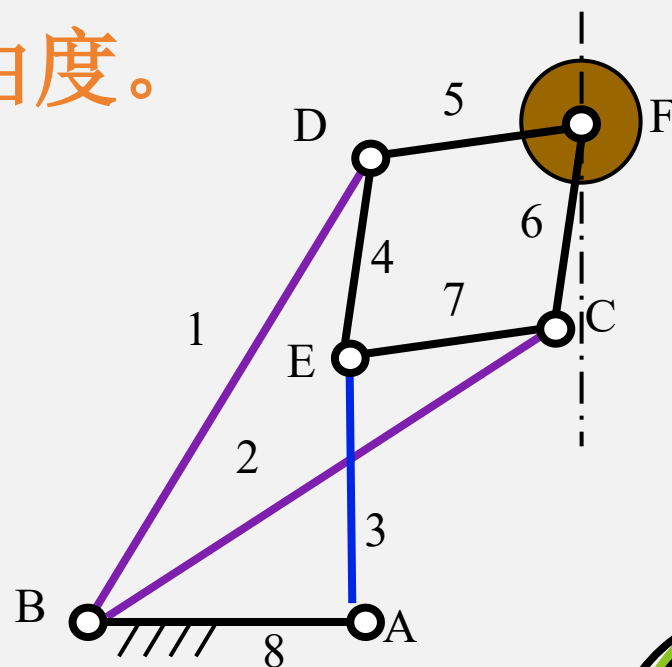
解：活动构件数 $n=7$

低副数 $P_L=6$

高副数 $P_H=0$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 6 - 0 \\ &= 9 \end{aligned}$$

计算结果肯定不对！

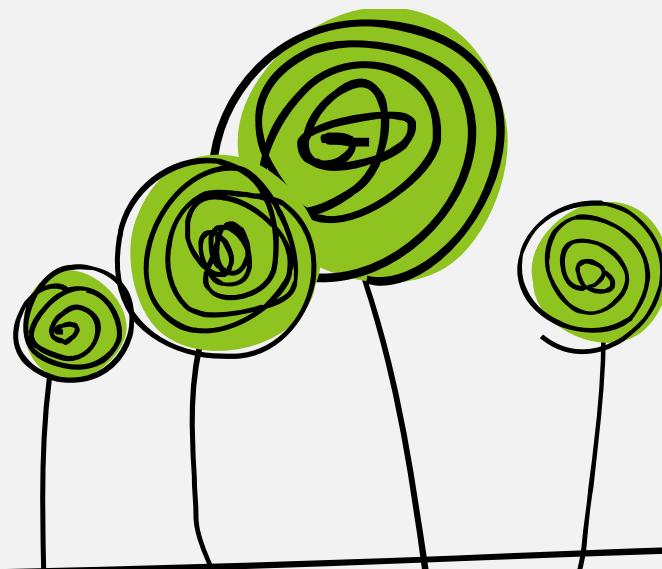
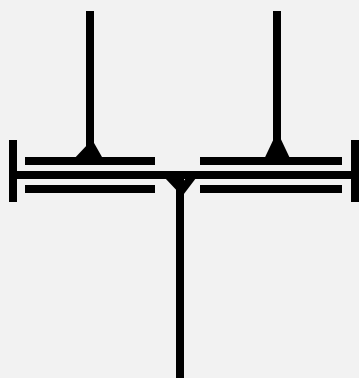
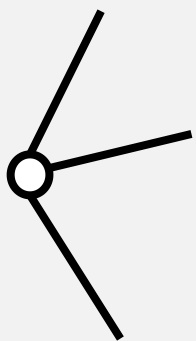


3. 计算自由度注意事项

1. 复合铰链 multiple pin joints

——两个以上的构件在同一处以转动副相联。

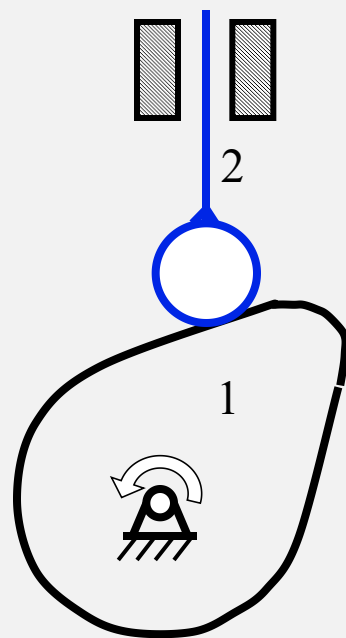
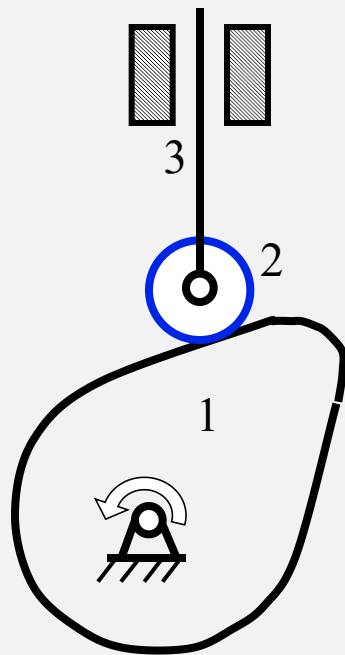
计算： m 个构件， 有 $m-1$ 转动副。



3. 计算自由度注意事项

解： $n=3$ ， $P_L=3$ ， $P_H=1$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$



对于右边的机构，有：

$$F = 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 = 1$$

事实上，两个机构的运动相同，且 $F=1$

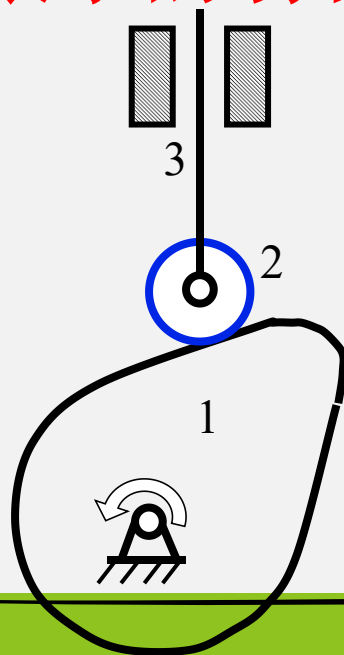


3. 计算自由度注意事项

2. 局部自由度 Partial freedom

——构件局部运动所产生的自由度。

计算：出现在加装滚子的场合，计算时应去掉 F_p 。



3. 计算自由度注意事项

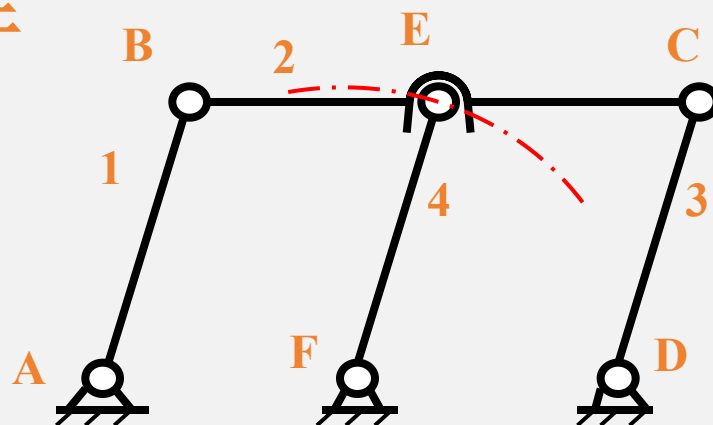
$AB=CD=EF$ ，并且都平行

解： $n=4$ ， $P_L=6$ ， $P_H=0$

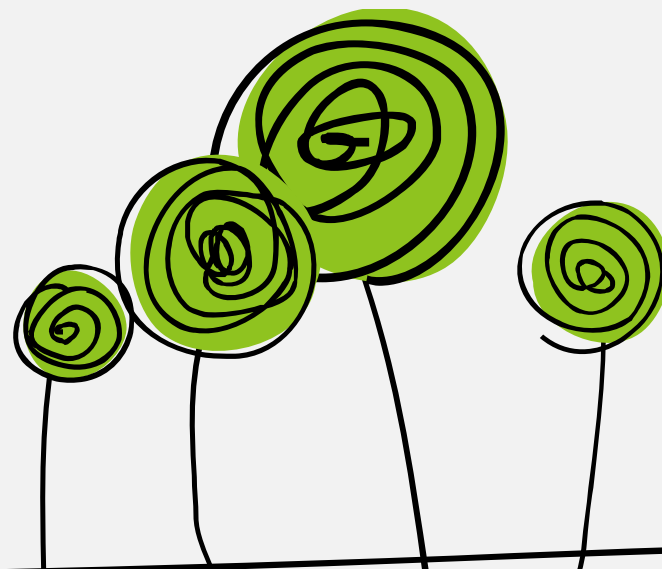
$$F=3n - 2P_L - P_H$$

$$=3 \times 4 - 2 \times 6$$

$$=0$$



计算结果肯定不对！

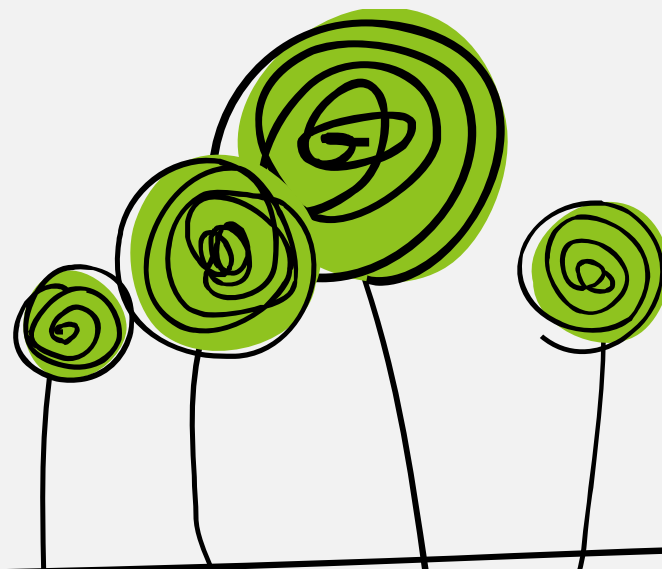
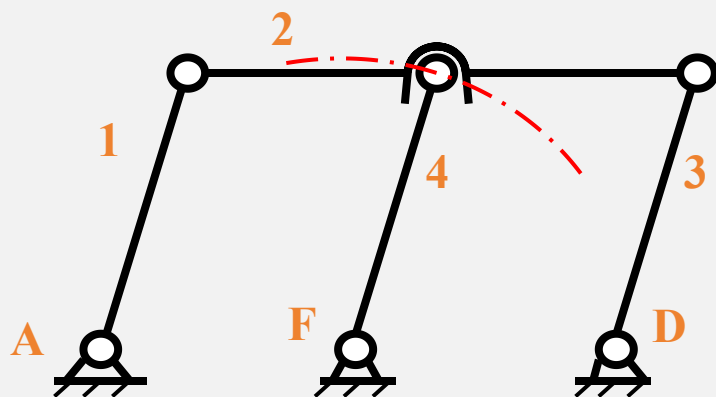


3. 计算自由度注意事项

3. 虚约束 formal constraint

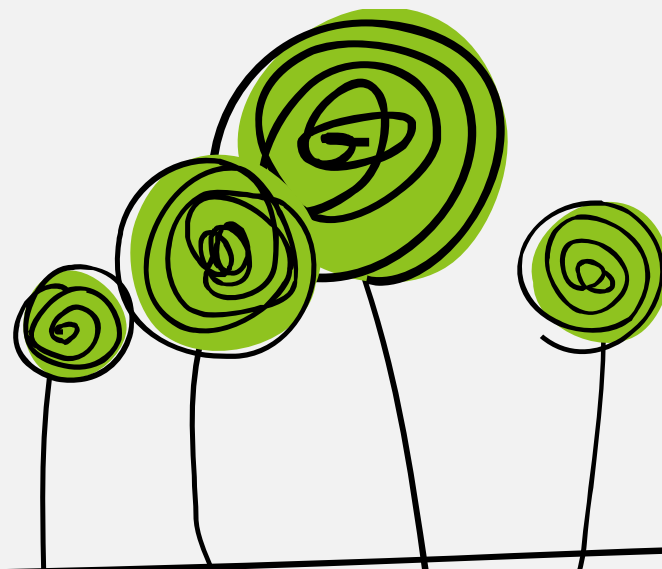
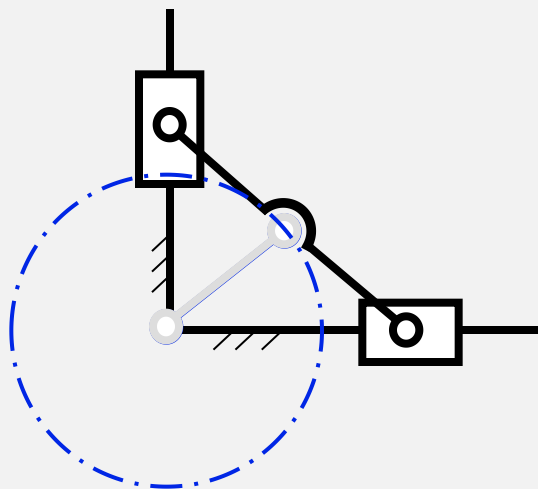
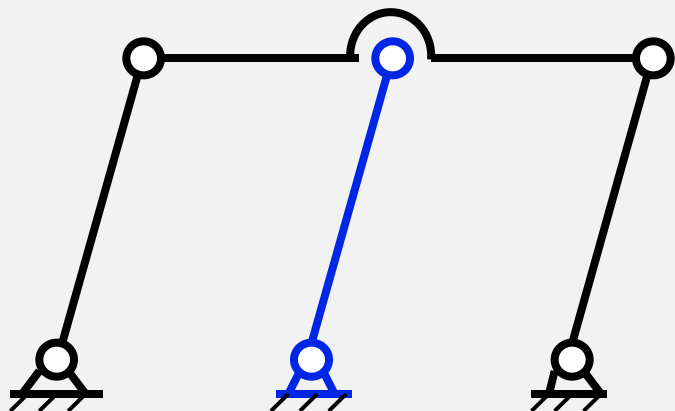
——对机构的运动实际不起作用的约束。

计算：计算自由度时应去掉虚约束。



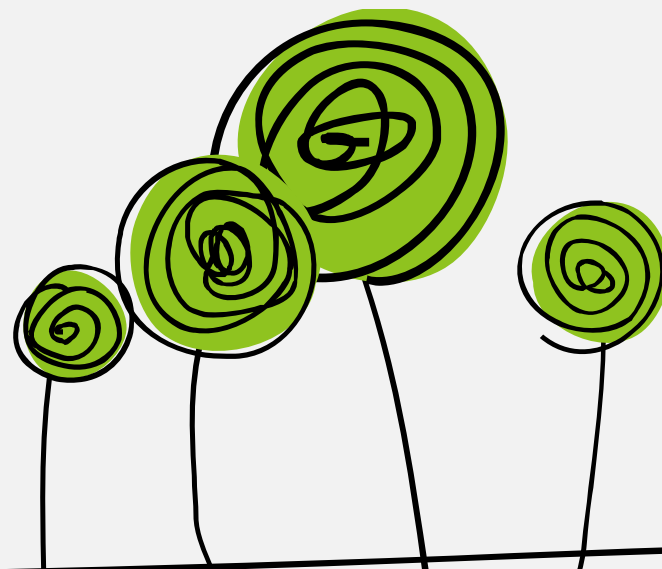
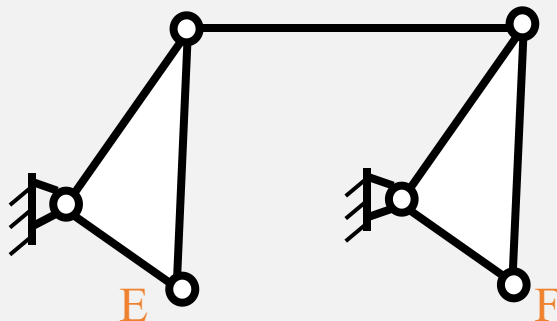
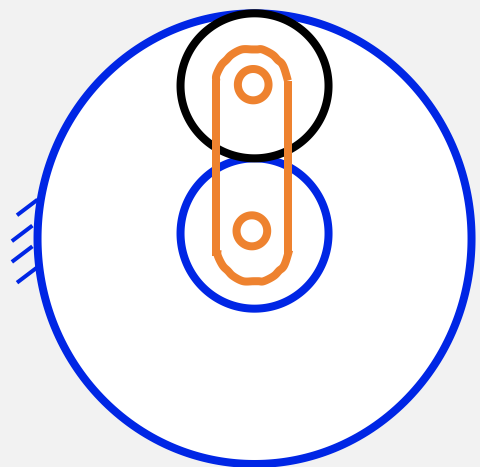
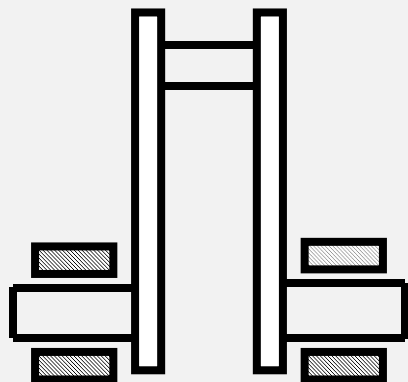
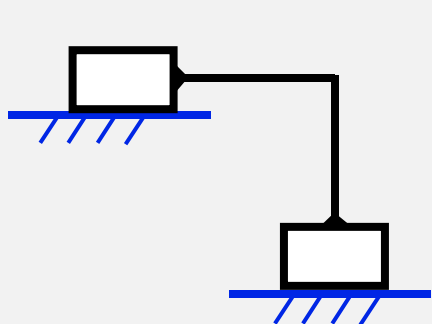
3. 计算自由度注意事项

3. 虚约束 formal constraint —— 出现场合。



3. 计算自由度注意事项

3. 虚约束 formal constraint —— 出现场合。



3. 计算自由度注意事项

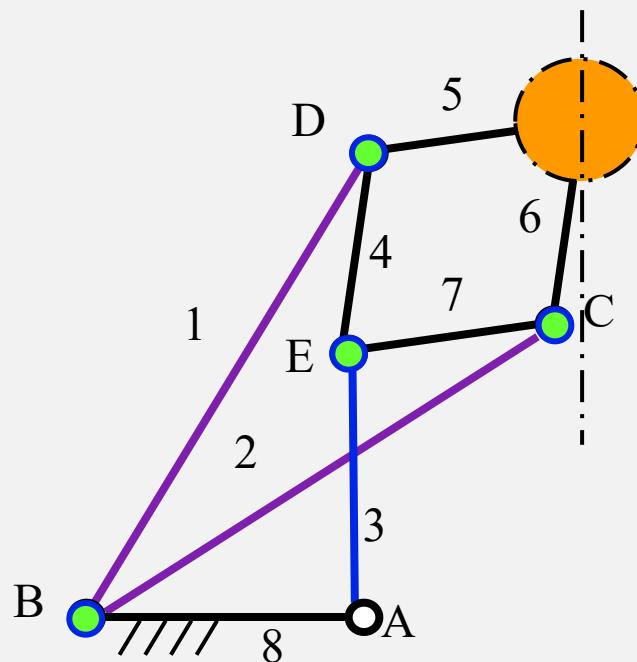
1. 实例分析

解：活动构件数 $n=7$

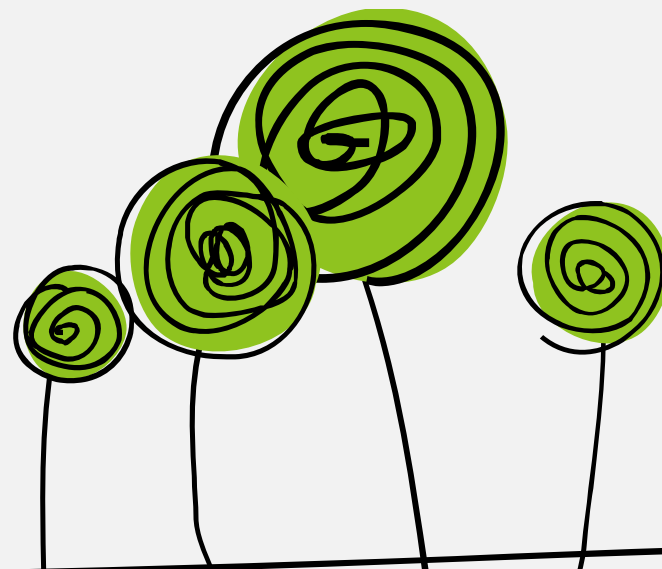
低副数 $P_L=10$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

可以证明：F点的轨迹为一直线。



圆盘锯机构



3. 计算自由度注意事项

2. 实例分析

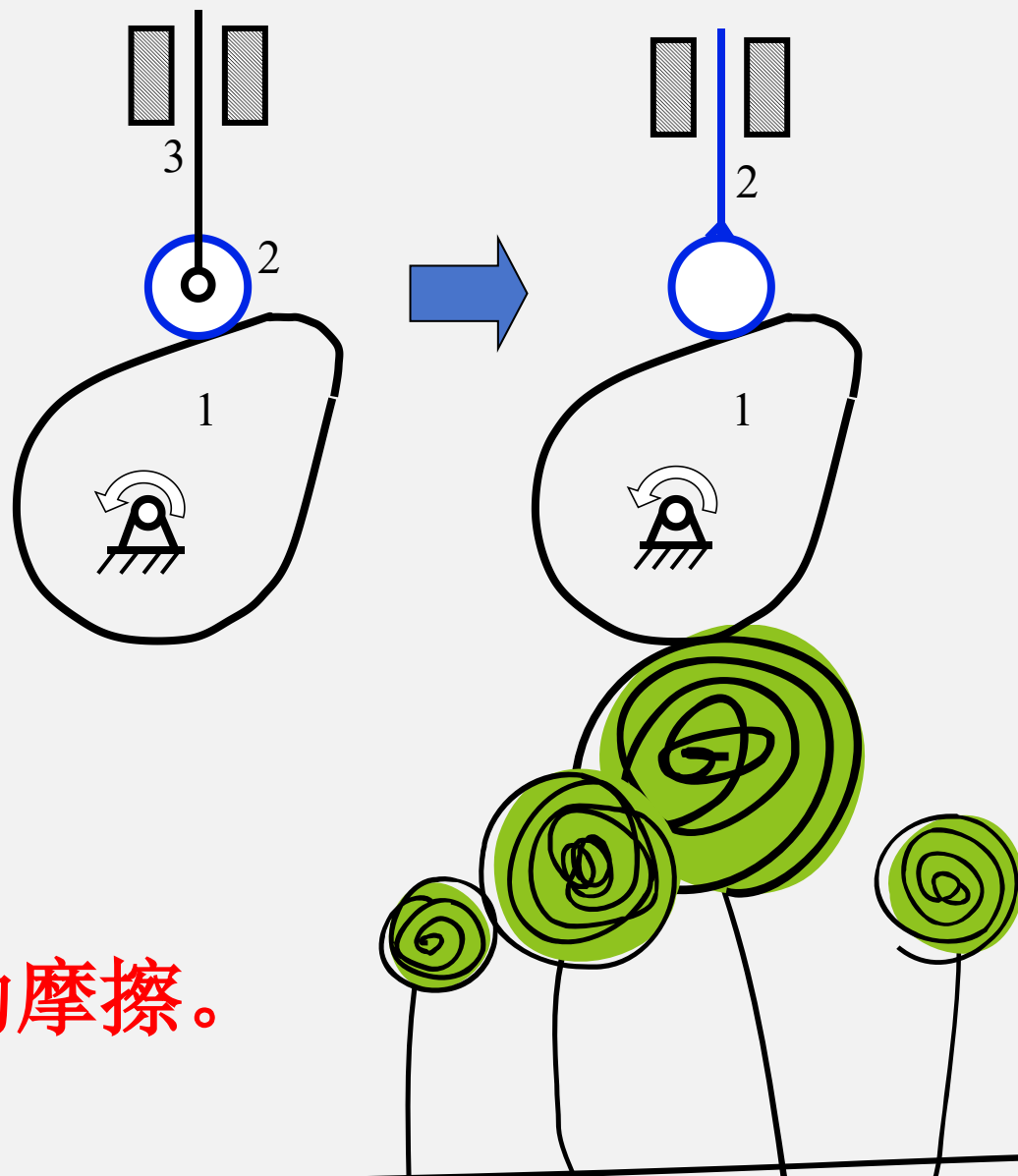
本例中局部自由度 $F_P=1$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H - F_P \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 3 - 1 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

或计算时去掉滚子和铰链：

$$\begin{aligned} F &= 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

滚子的作用：滑动摩擦 $\Rightarrow$ 滚动摩擦。



3. 计算自由度注意事项

3. 实例分析

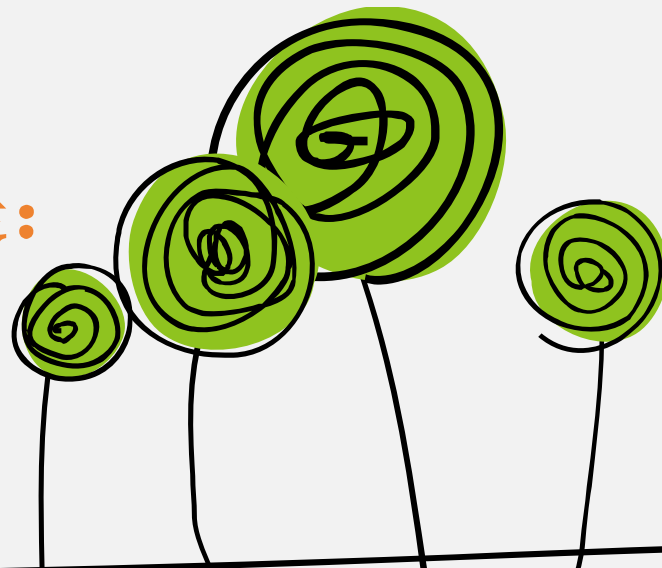
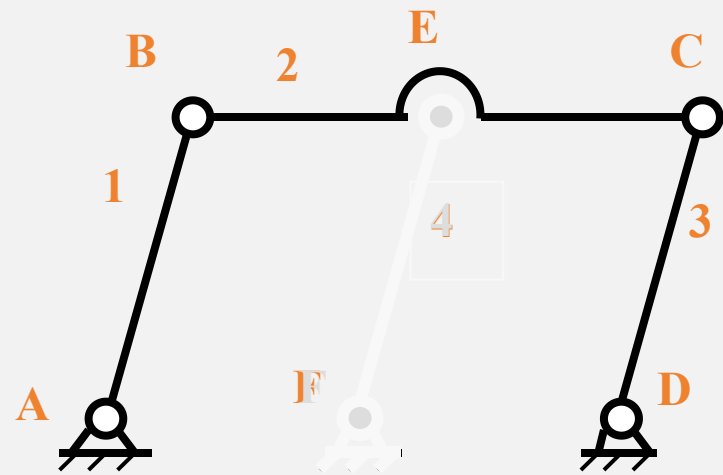
$AB=CD=EF$ ，并且都平行

重新计算： $n=3$ ， $P_L=4$ ， $P_H=0$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 \\ &= 1 \end{aligned}$$

特别注意：此例存在虚约束的几何条件是：

$$AB \parallel CD \parallel EF$$



3. 计算自由度注意事项

4. 实例分析

分析：

复合铰链：位置C， 2个低副

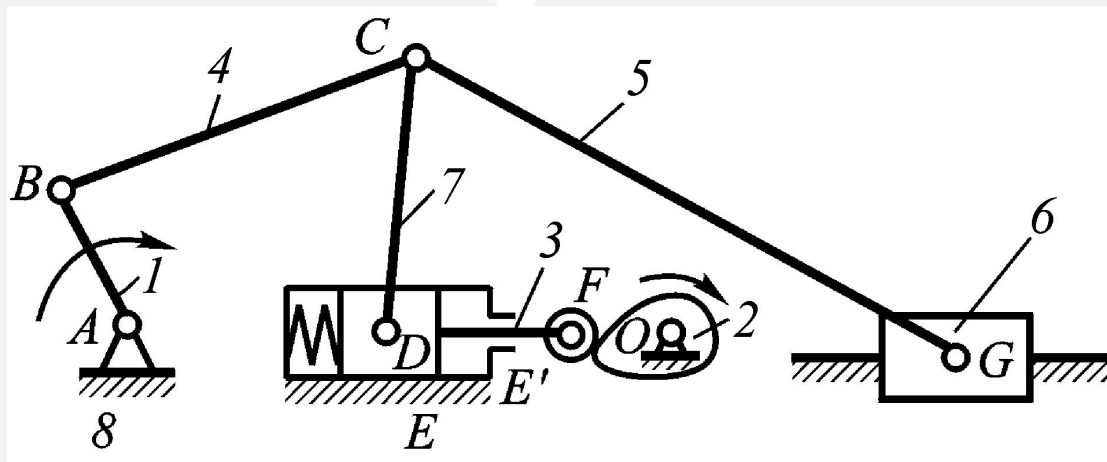
局部自由度 1个

虚约束 1处

$$n = 7, PL = 9, PH = 1$$

$$F = 3n - 2PL - PH \\ = 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1$$

$= 2$ 共有两个原动件(构件1和2)，即自由度与原动件数目相等，且大于零，所以该运动链是具有确定运动的机构。

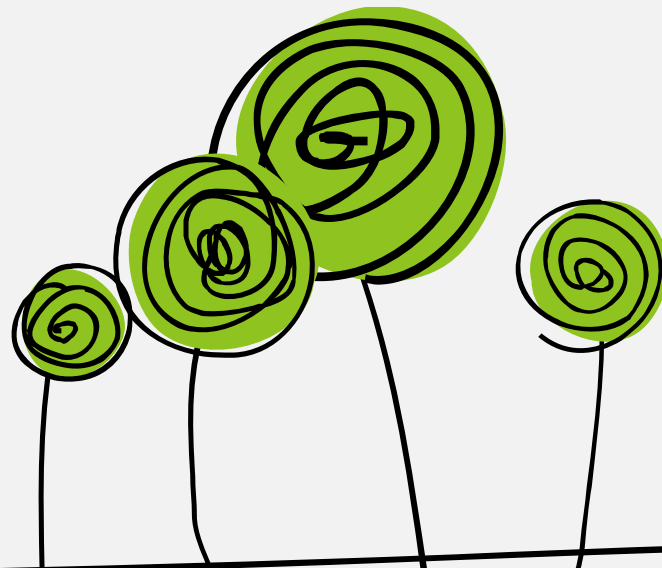




4.平面自由度的实用意义

确定运动类型： 自由度等于1的机构只有一个原动件，运动轨迹固定，如冲压机。自由度大于1的机构具有多个原动件，运动轨迹不确定。

运动确定性： 机构自由度必须等于原动件数，才能保证机构的确定运动。如果自由度大于原动件数，机构将无法运动；如果自由度小于原动件数，机构将出现过约束，导致运动无法实现。

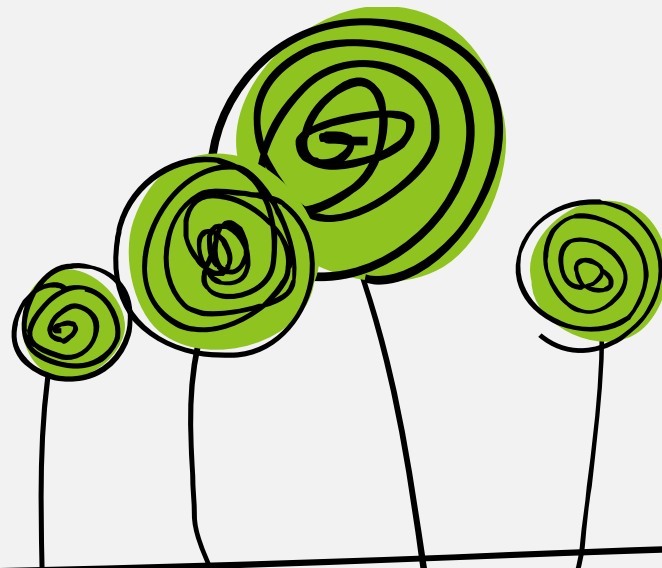




4.平面自由度的实用意义

设计考虑：合理设定机构自由度是机构设计的重要原则。根据机构所需运动类型和性能要求，通过改变构件数、运动副类型和数量，来调整机构自由度。

故障诊断：机构自由度异常可能是机构故障的原因之一。通过测量机构实际自由度与理论自由度之间的差异，可以诊断机构中是否存在异常约束或磨损。



谢谢欣赏

说课老师：

时间：2024.5.11

