

Curso de Graduação em Engenharia Mecânica
Cinemática dos Mecanismos

Aula 3

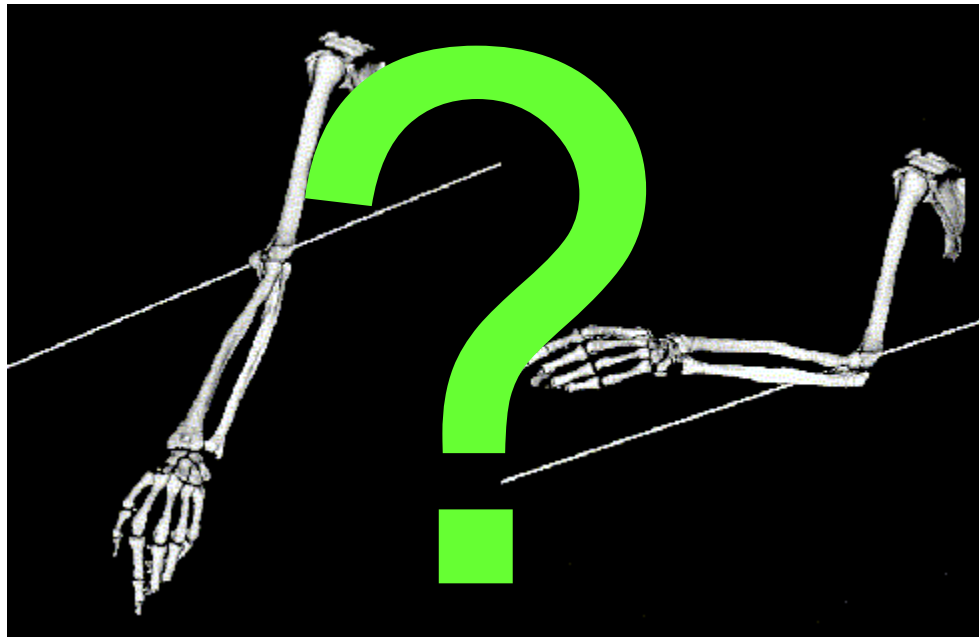
**Tipos de Mecanismos:
Simples e Complexos**



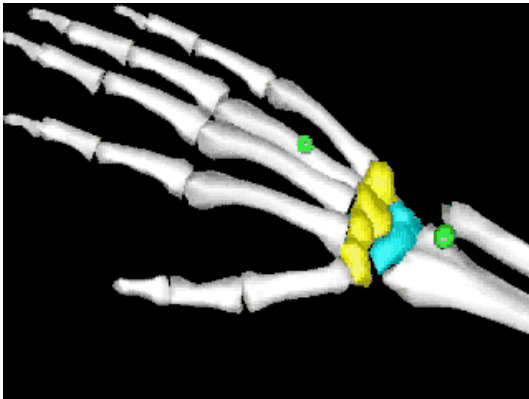
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas
Instituto Politécnico – IPUC

Pergunta da Aula Passada

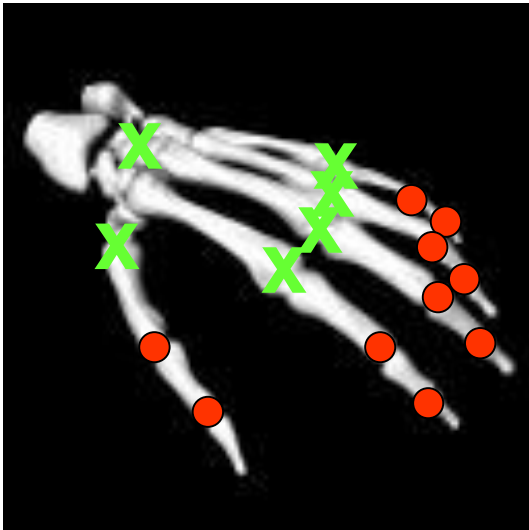
Quantos GDLs possui o conjunto mão, ante-braço e braço?



Pergunta da Aula Passada



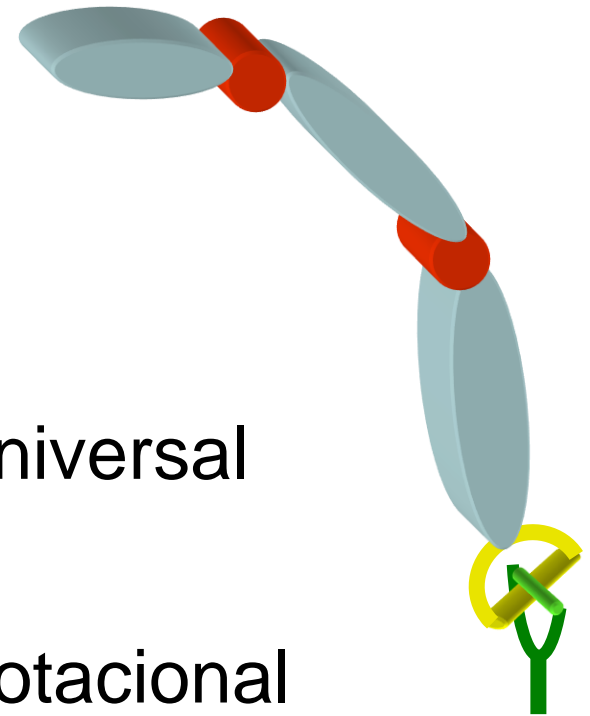
22 DOFs



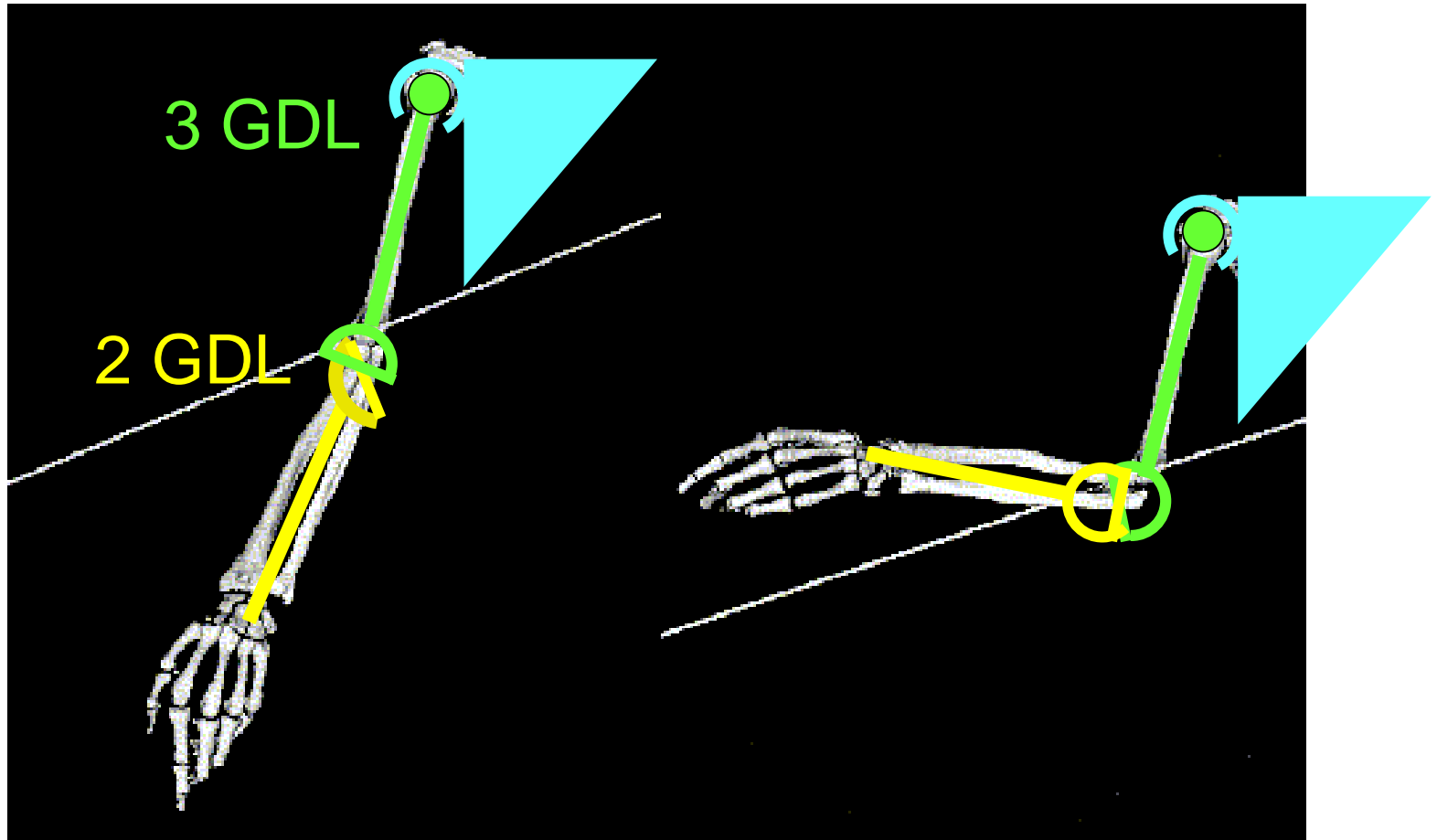
X Junta Universal



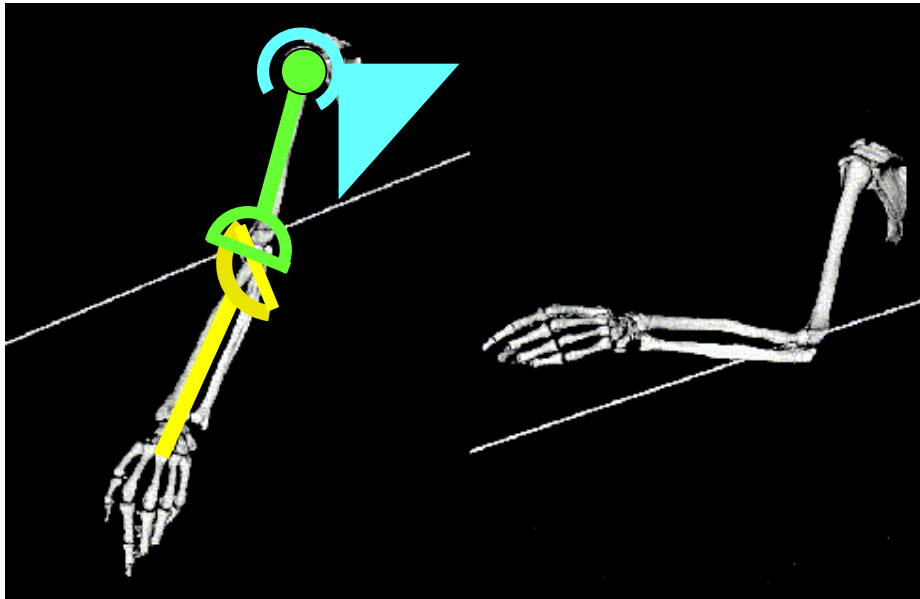
• Junta Rotacional



Pergunta da Aula Passada



Pergunta da Aula Passada



No Total:

22 DOFs da mão

3 DOFs do braço

2 DOFs do ante-braço

27 DOFs

Sumário da Aula

- Classificação de Mecanismos
- Lei de Grashof
- Lei de Reuleaux
- Mecanismos Simples
 - 4 Barras
 - Biela Manivela
- Mecanismos Complexos

Classificação de Mecanismos

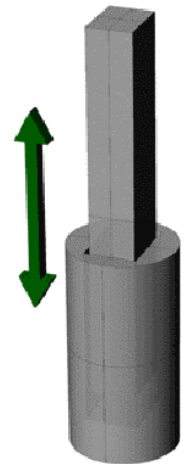
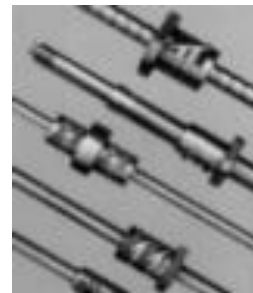
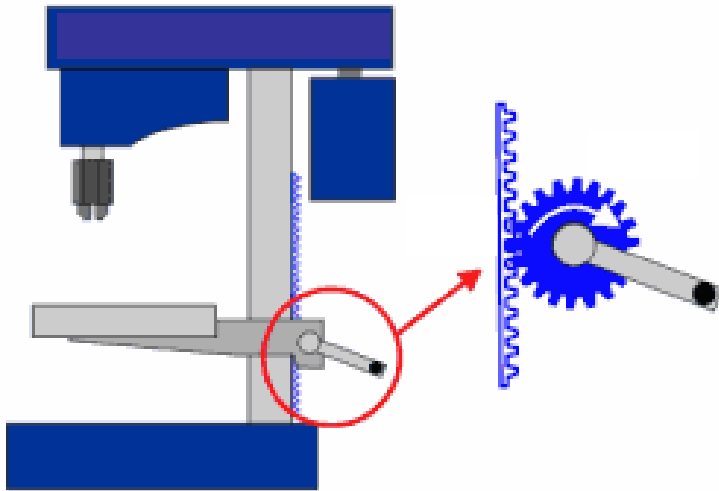
L. E. Torfason

- Feita pelo tipo de transformação de movimento (262 Classes)
- 12 Classes Principais:
 - Atuadores Lineares
 - Ajuste Fino
 - Hesitação, Pausa e Parada
 - Posicionamento
 - Catraca
 - Contadores
 - Osciladores
 - Retorno Rápido
 - Reversíveis
 - Acoplamento
 - Geradores de Curvas
 - Geradores de Retas

Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Atuadores Lineares

- Parafuso Fixo, Porca Fixa
- Cilindro Pneumático ou Hidráulico
- Pinhão - Cremalheira



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – **Ajuste Fino**

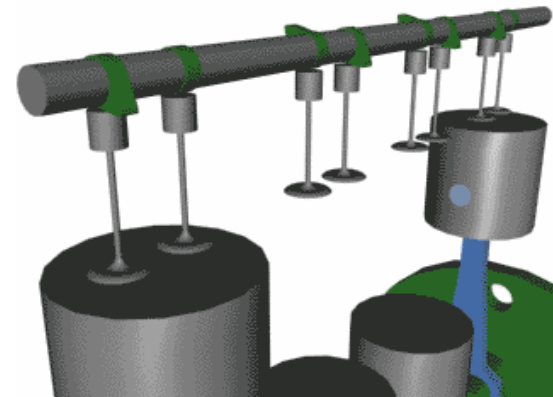
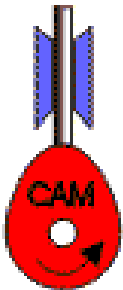
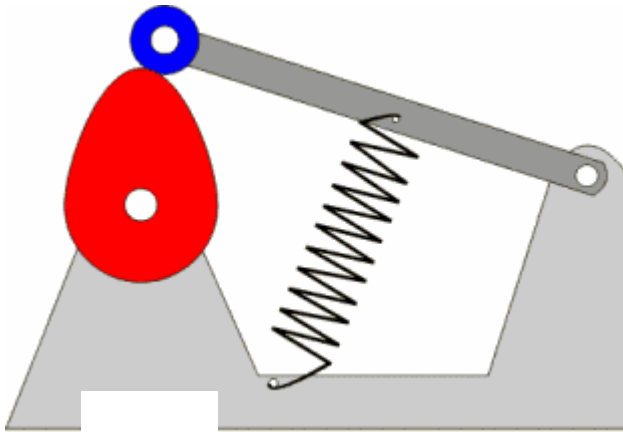
- Parafuso e Porca
- Engrenagens



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – **Hesitação, Pausa e Parada**

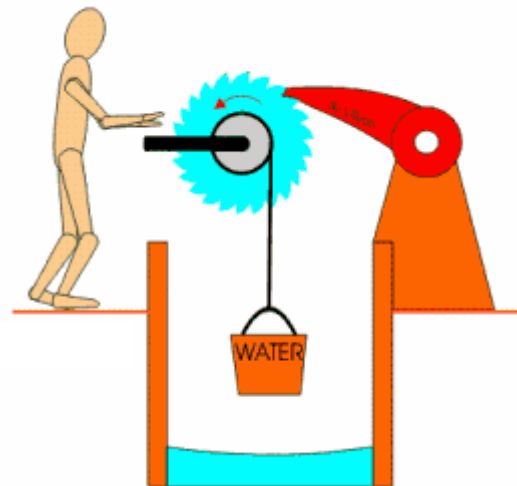
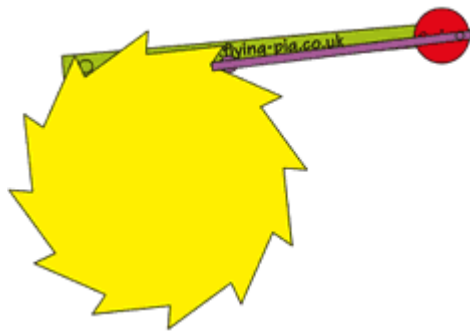
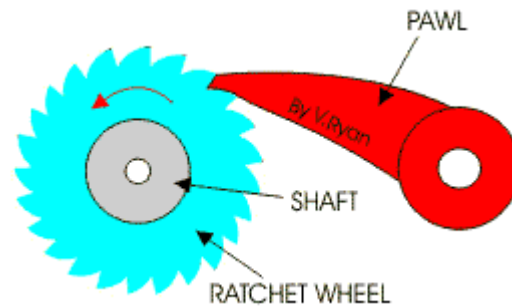
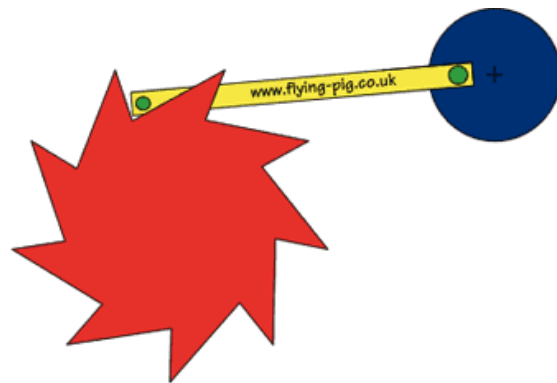
- Came-Seguidor



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – **Catraca**

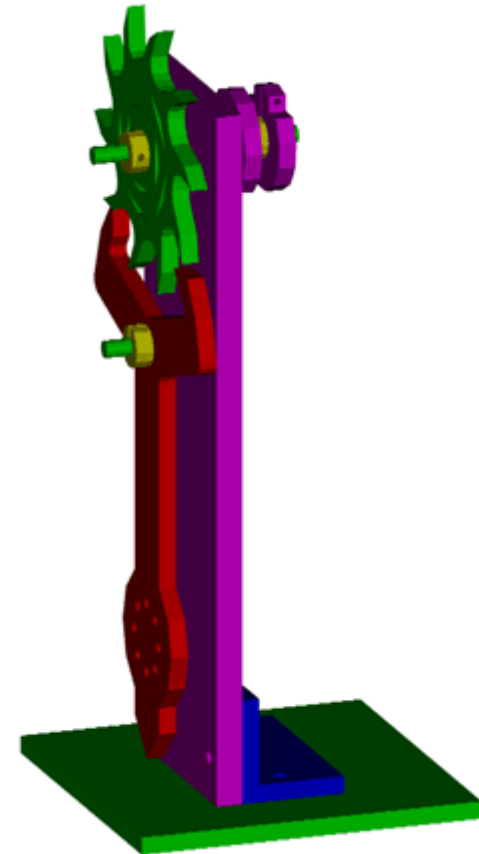
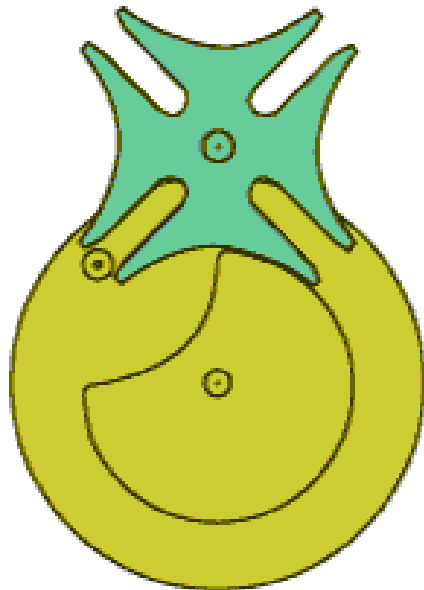
- Ratchet



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Contadores

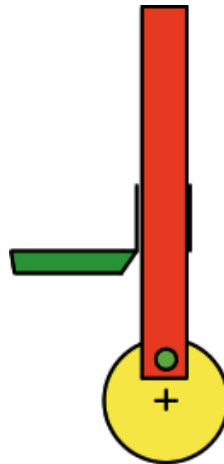
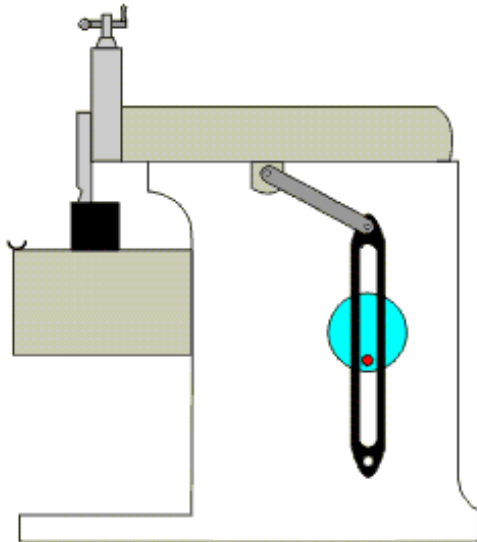
- Roda de Genebra
- Ratchet



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Osciladores

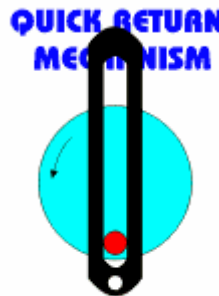
- Biela-Manivela



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Retorno Rápido

- Mecanismo de Retorno Rápido
 - Caracterizam-se por possuírem 2 fases de movimento para uma dada velocidade angular constante
 - Relação de tempo “ida-retorno”
 - Podem ser constituídos apenas por uma biela manivela ou por mecanismos mais complexos.



Classificação de Mecanismos

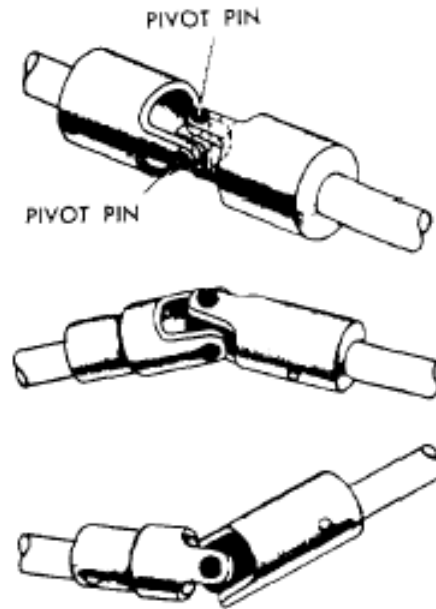
L. E. Torfason – Reversíveis

- Permitem que a direção de rotação possa ser alterada
 - Engrenagens
 - 4 Barras
 - Etc.

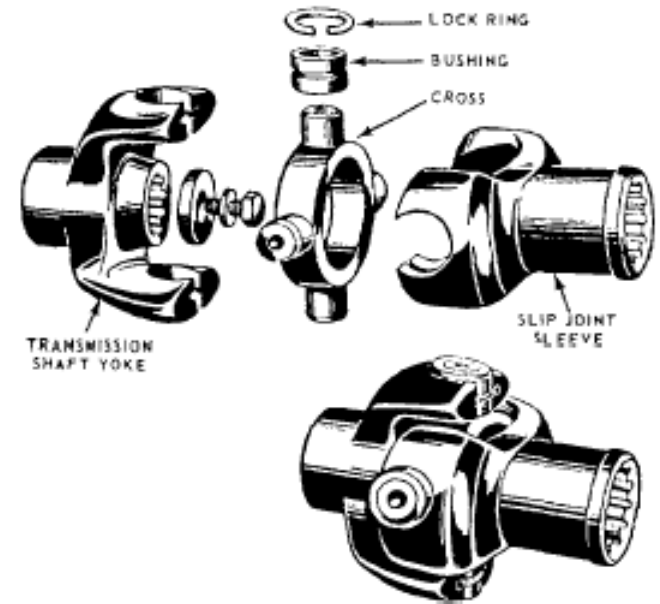
Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Acoplamento

- Junta Universal
- Correia
- Corrente



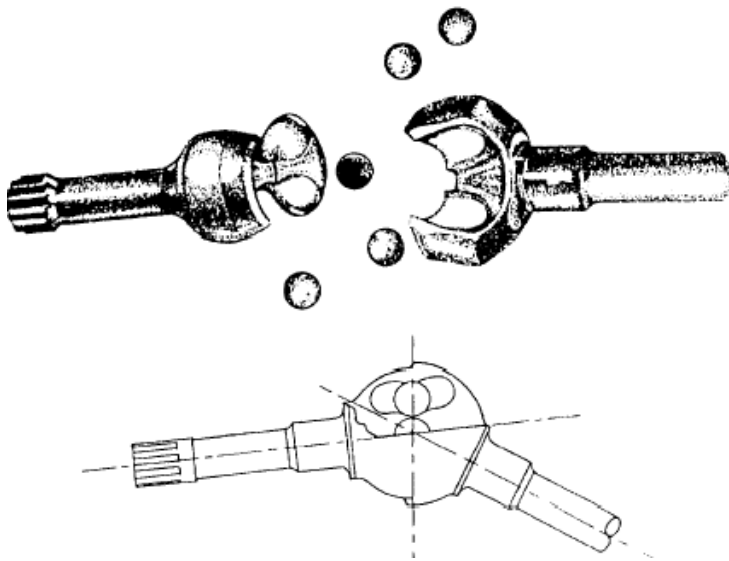
Hooke



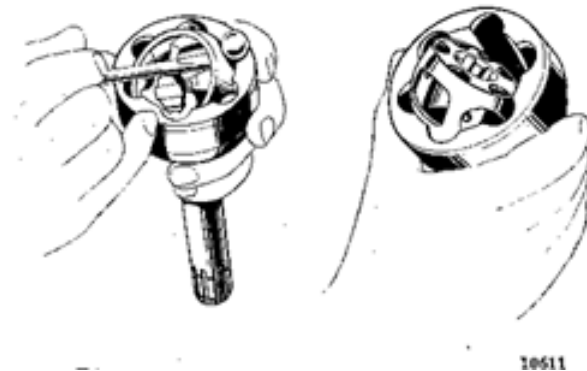
Ring and Trunnion

Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – **Acoplamento**



Bendix-Zeiss

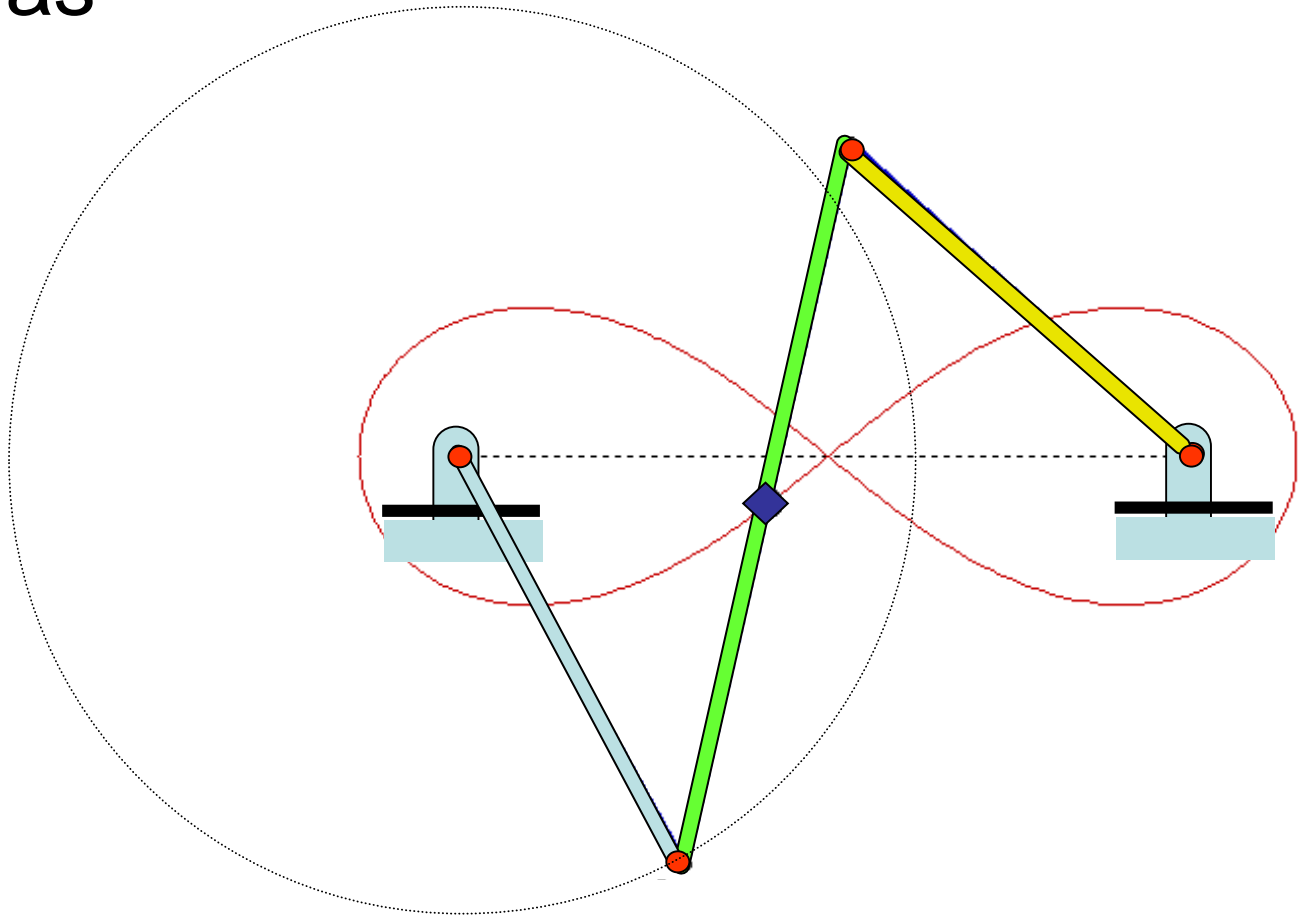


Rzeppa

Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

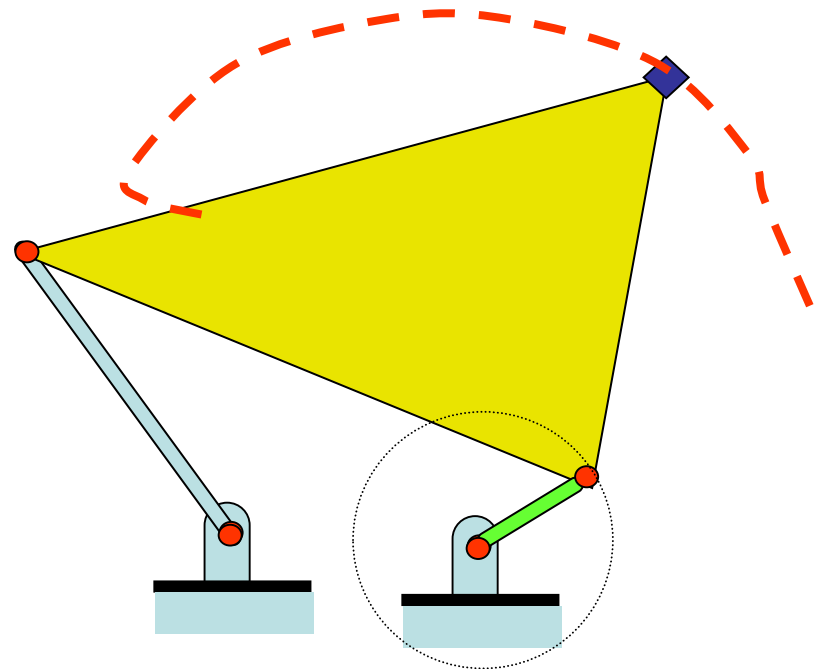
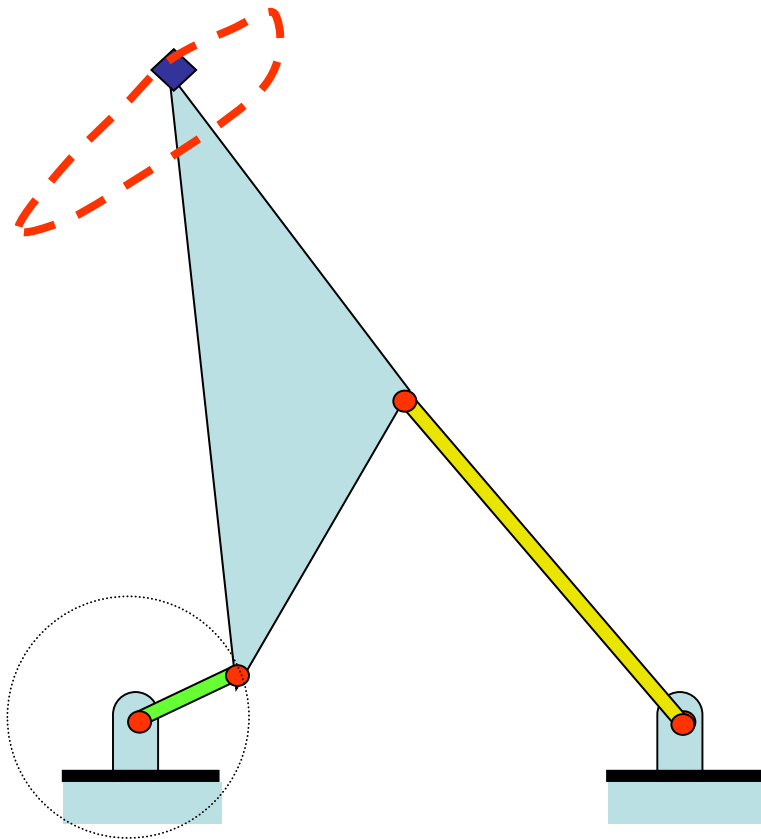
- 4 Barras



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

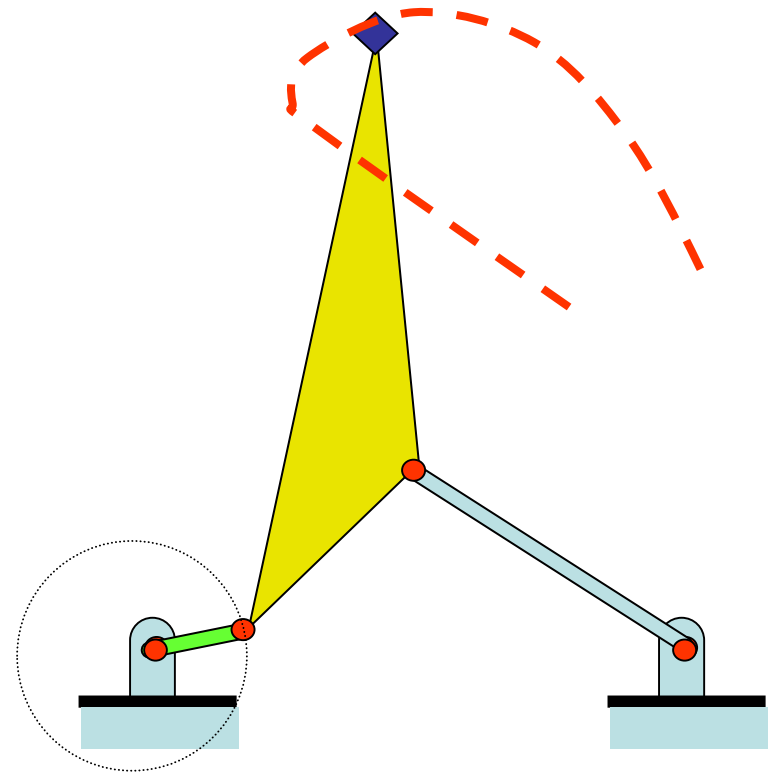
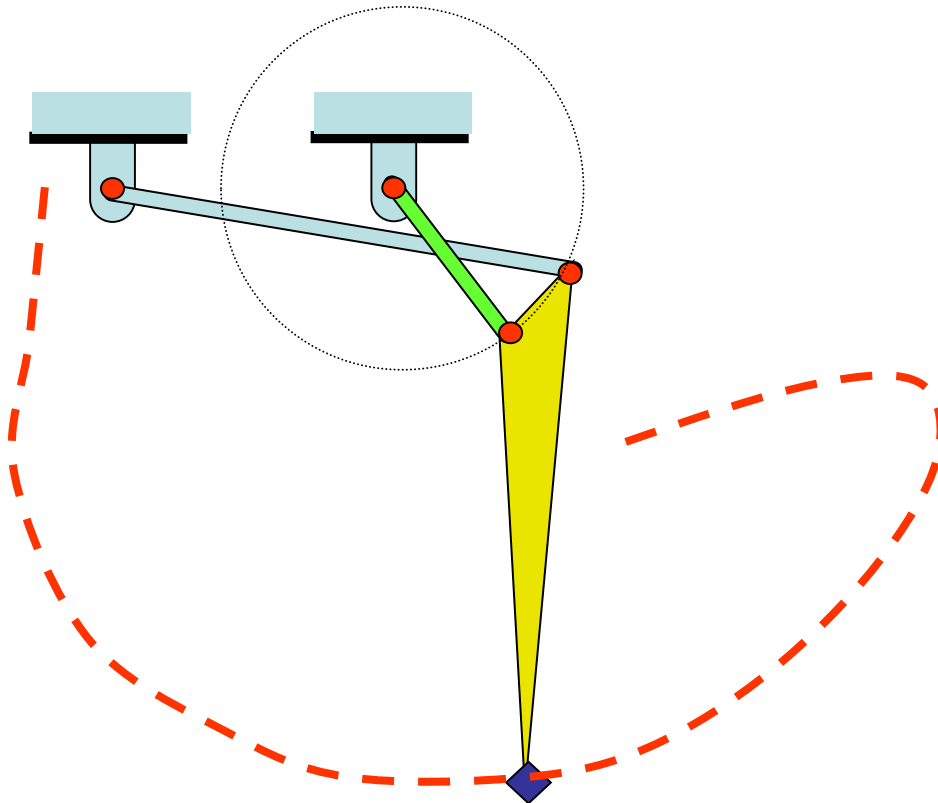
- 4 Barras



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

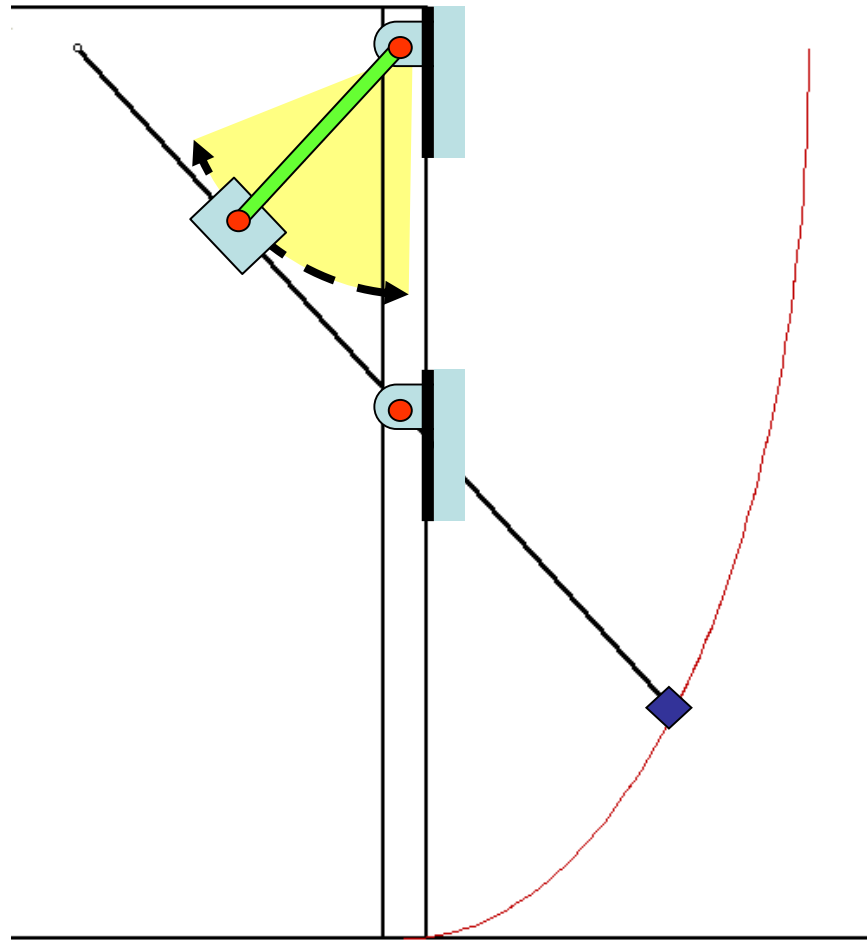
- 4 Barras



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

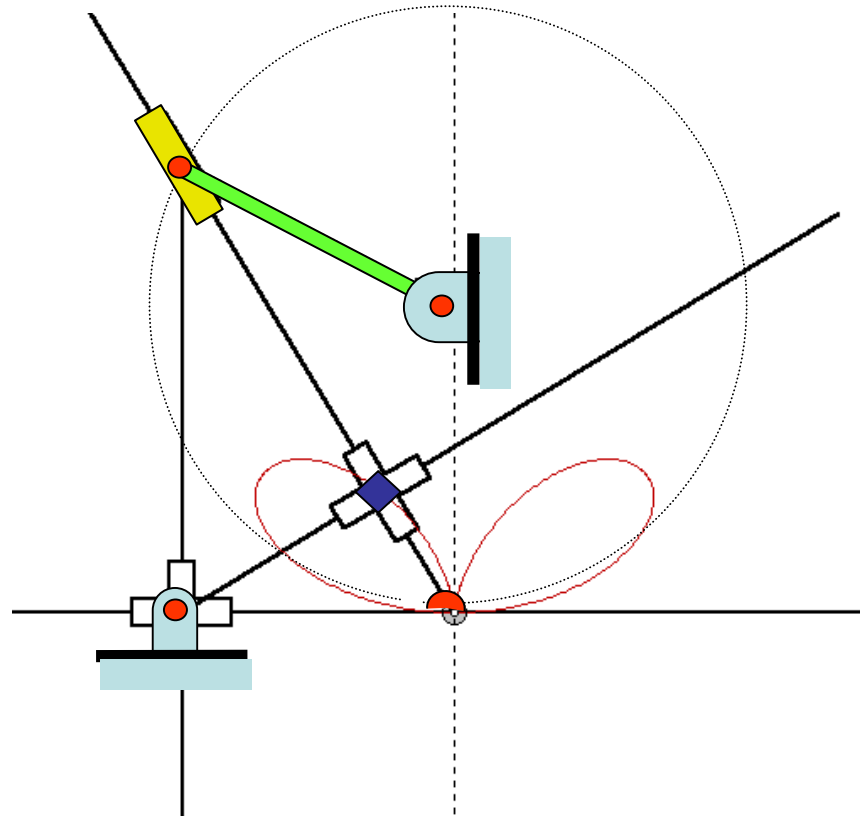
- Biela-Manivela



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

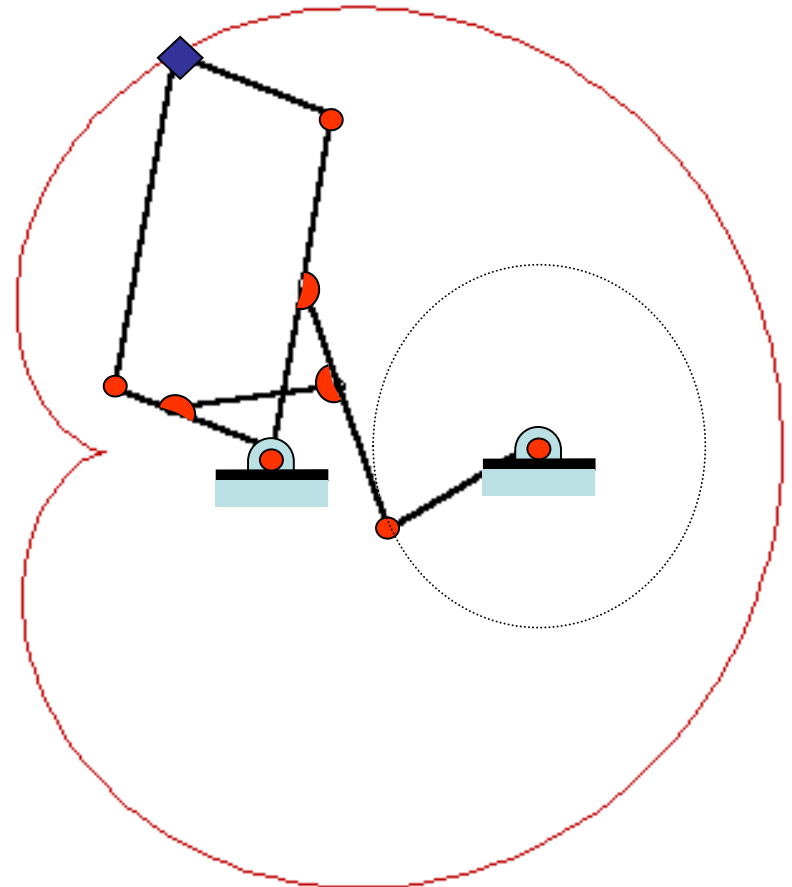
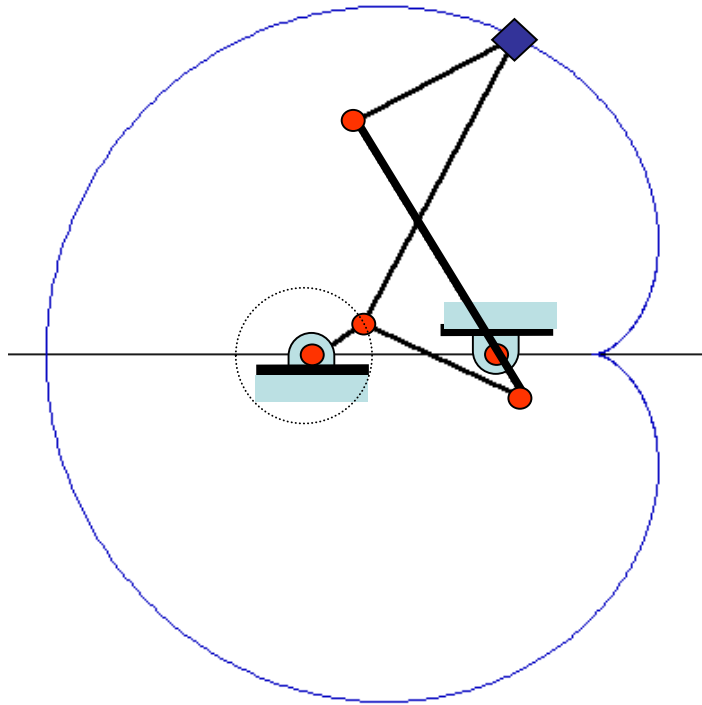
- Biela-Manivela



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

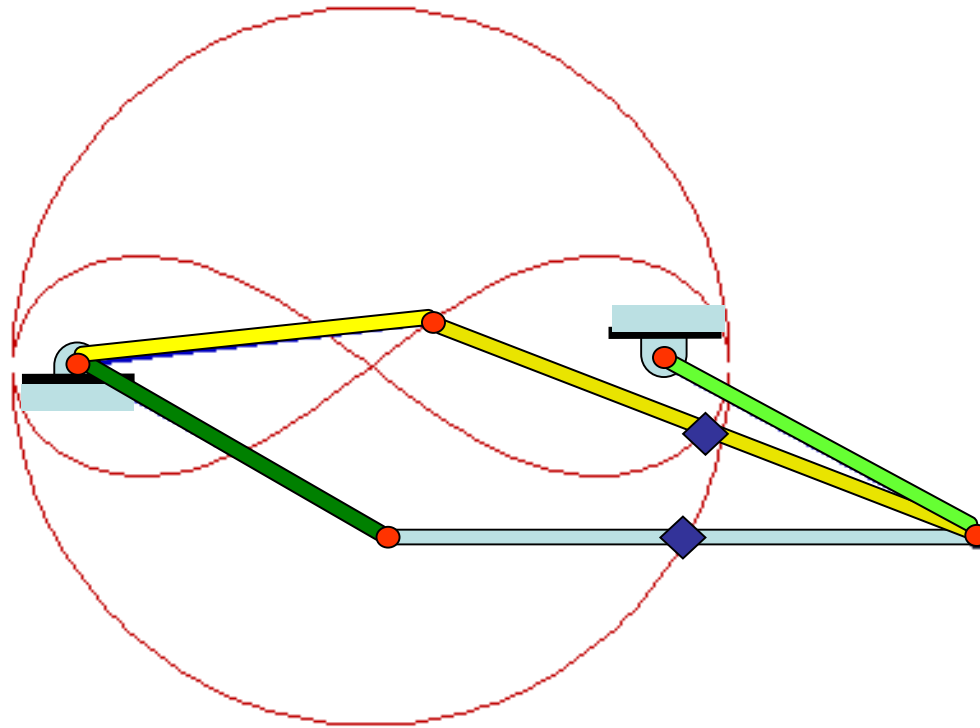
- 6 Barras
- 8 Barras



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Curvas

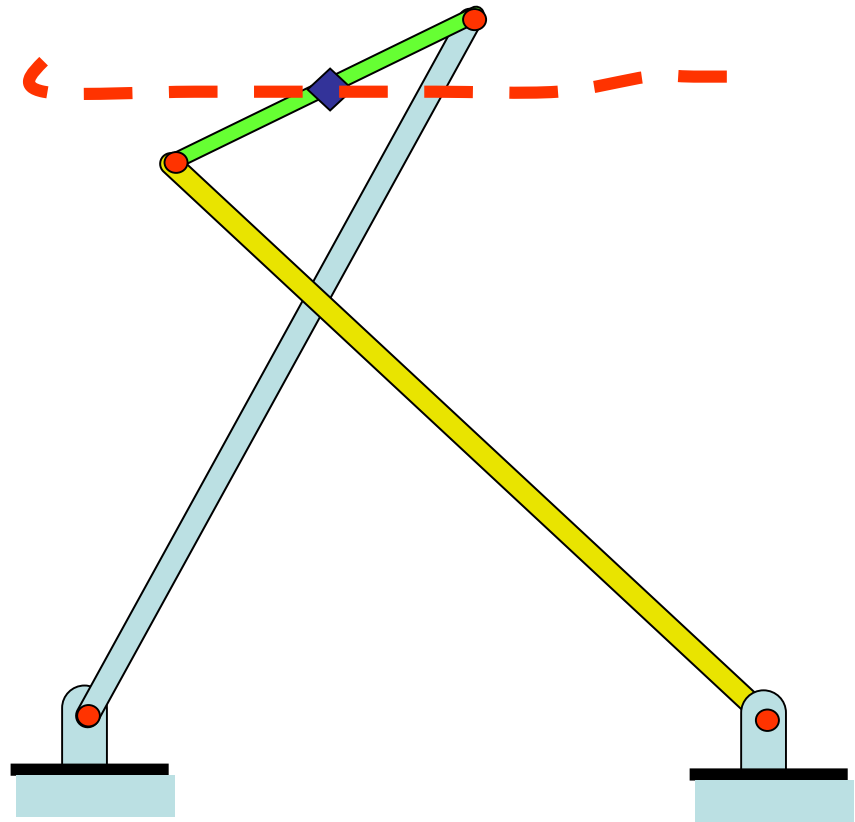
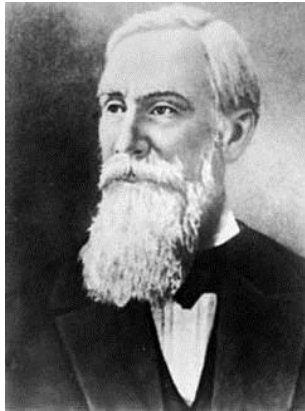
- 6 Barras



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Retas

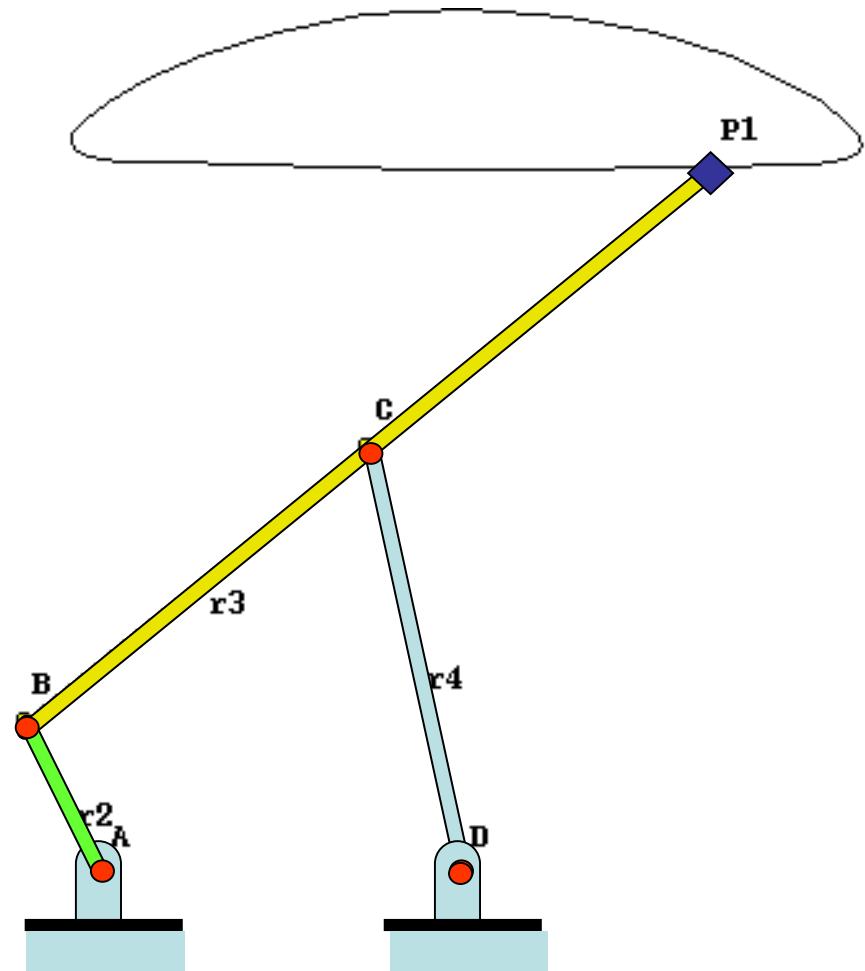
- Chebyshev



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Retas

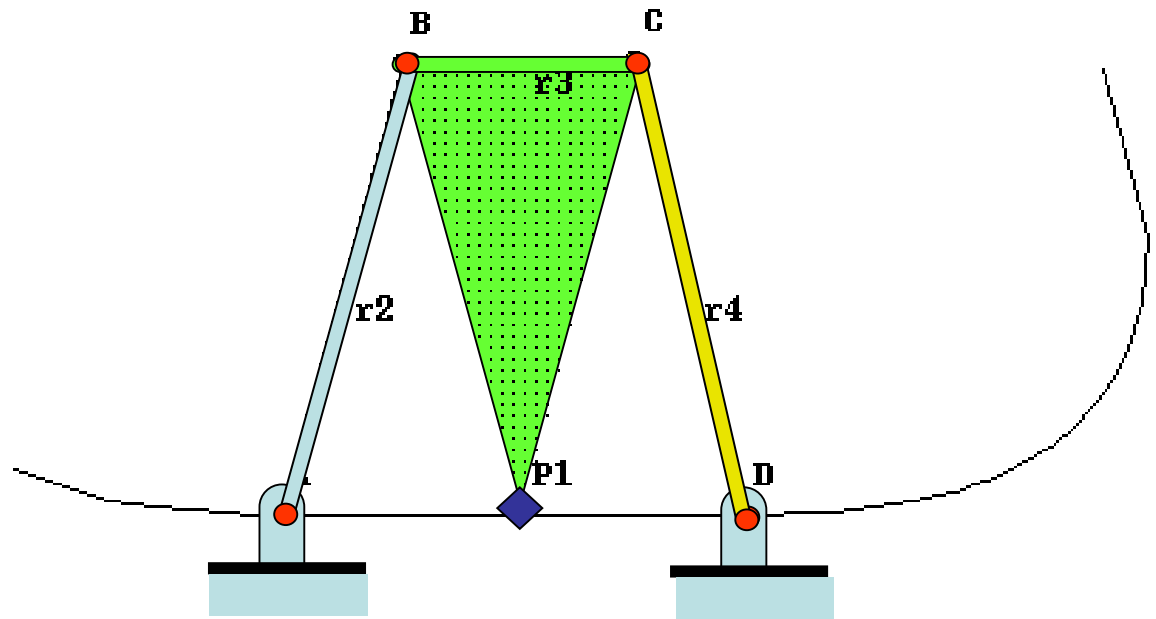
- Hoeckens



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Retas

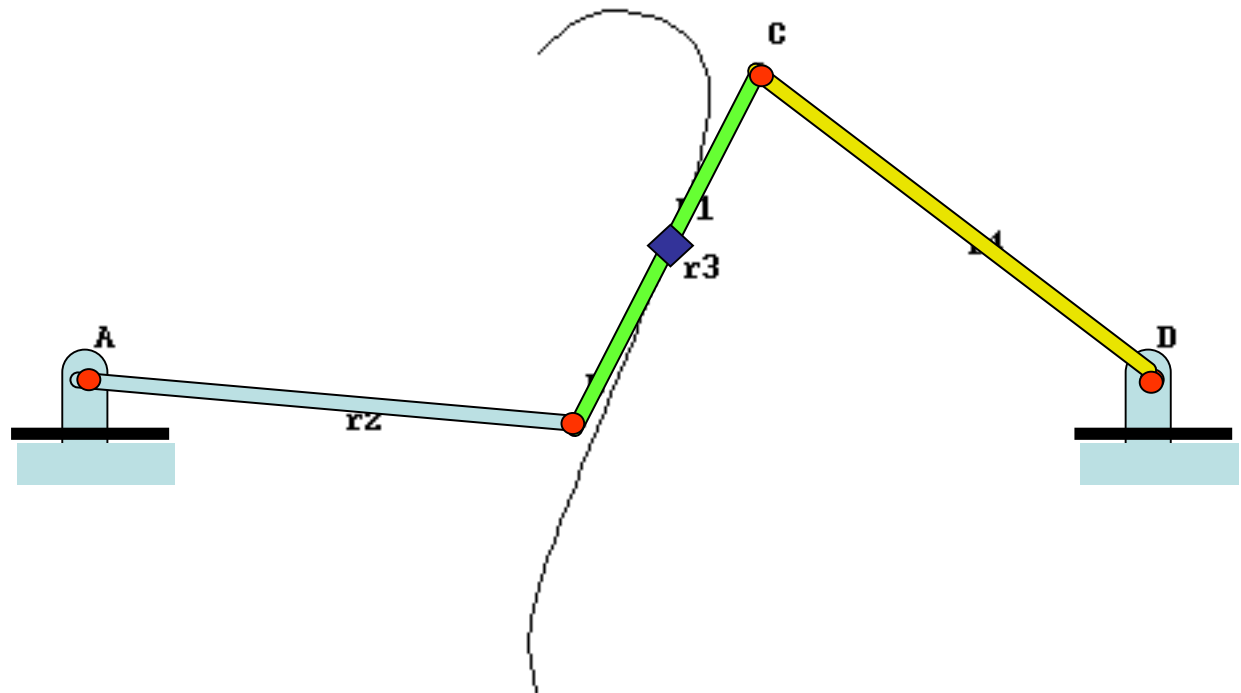
- Roberts



Classificação de Mecanismos

L. E. Torfason – Geradores de Retas

- Watt



Sumário da Aula

- Classificação de Mecanismos
- Lei de Grashof
- Lei de Reuleaux
- Mecanismos Simples
 - 4 Barras
 - Biela Manivela
- Mecanismos Complexos

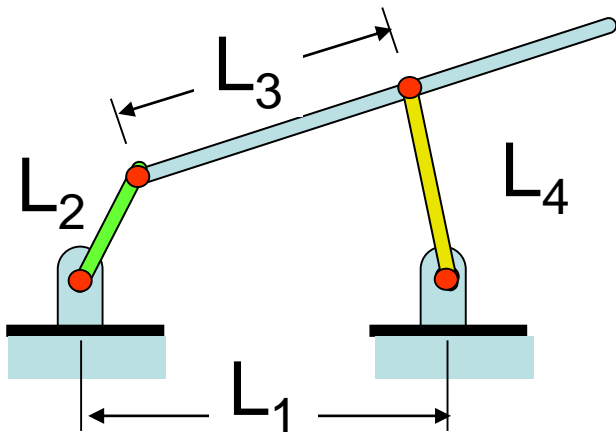
Lei de Grashof

- Franz Grashof



Condição para rotação completa da barra motriz de mecanismo 4-barras

“A soma da menor e da maior barra de um mecanismo 4-barras não pode ser maior que a soma das 2 outras barras”



$$Me = L_2$$

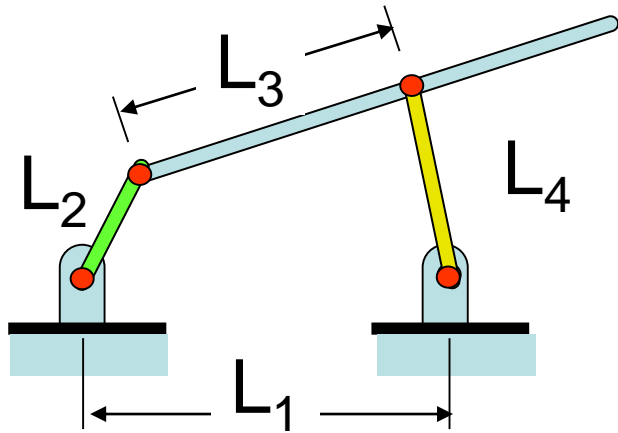
$$Ma = L_1$$

$$b_1 = L_3$$

$$b_2 = L_4$$

Lei de Grashof

Equação



$$L_2 + L_4 \leq L_1 + L_3$$

$$L_2 = L_2$$

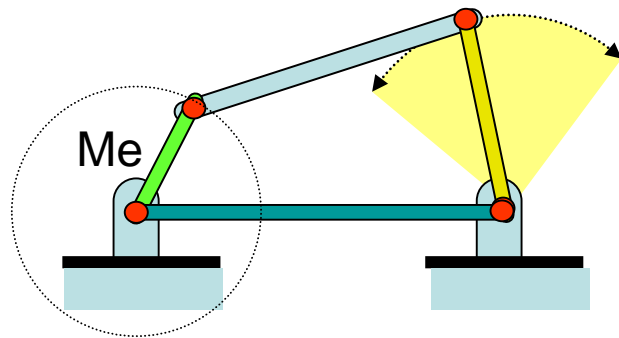
$$L_4 = L_4$$

$$L_3 = L_3$$

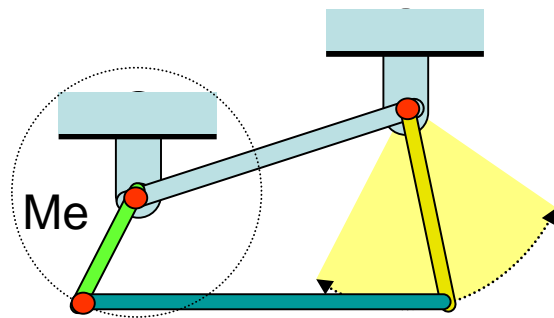
$$L_1 = L_1$$

Lei de Grashof

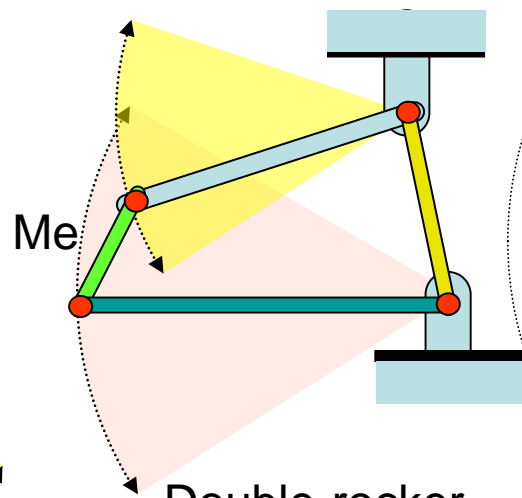
Inversões do Mecanismo 4-Barras



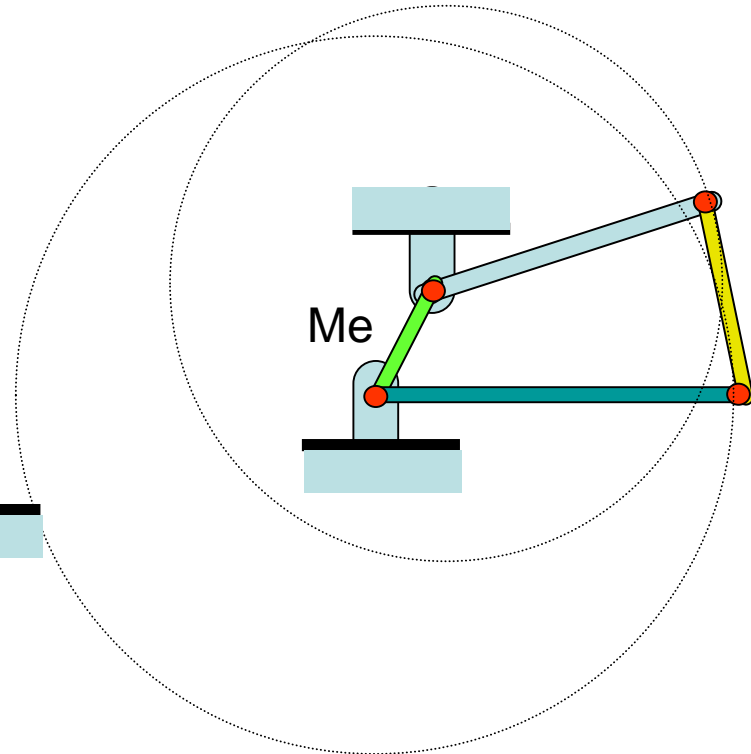
Crank-rocker



Crank-rocker



Double-rocker

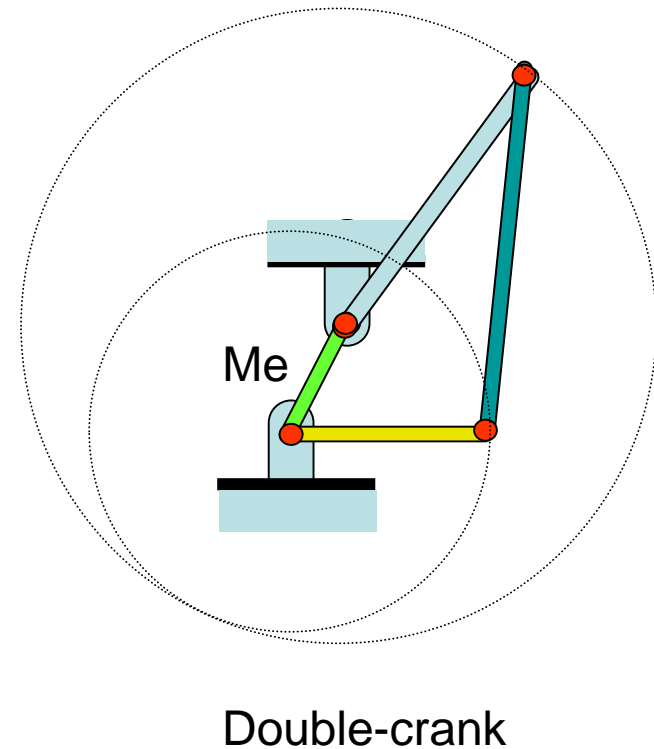
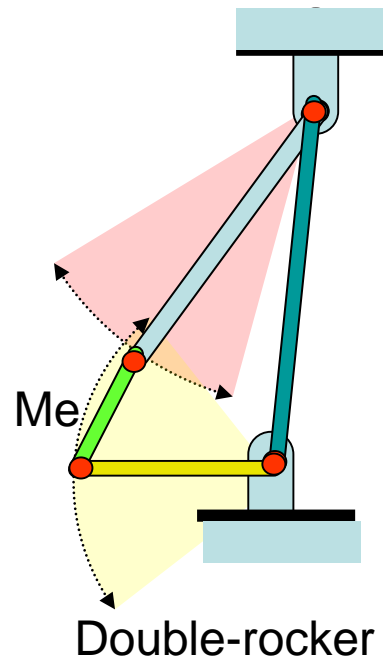
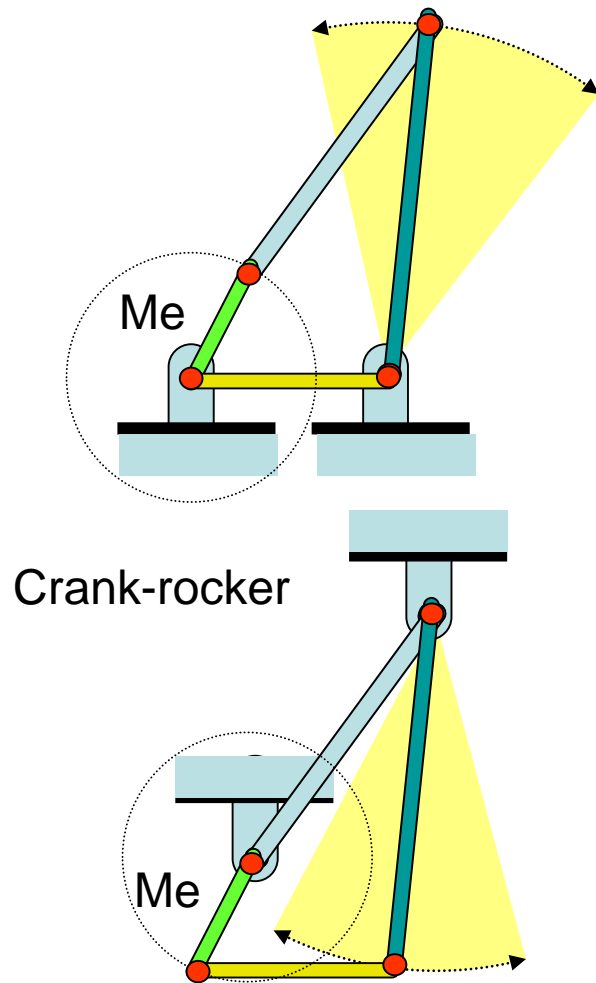


Double-crank

Me adjacente a Ma

Lei de Grashof

Inversões do Mecanismo 4-Barras



Me oposto a Ma

Sumário da Aula

- Classificação de Mecanismos
- Lei de Grashof
- Lei de Reuleaux
- Mecanismos Simples
 - 4 Barras
 - Biela Manivela
- Mecanismos Complexos

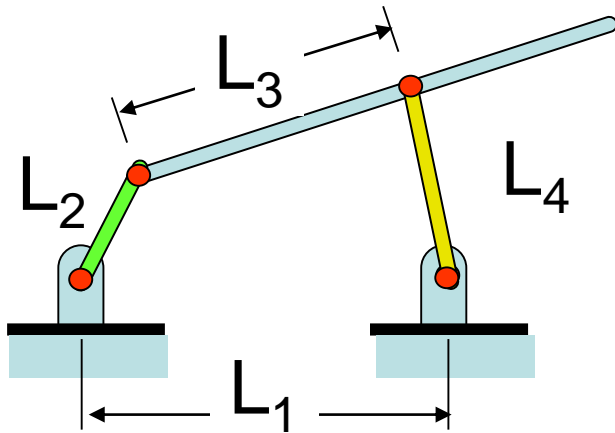
Lei de Reuleaux

Montagem do Mecanismo 4-Barras

- Franz Reuleaux



Condição para a montagem de mecanismos 4-barras



L_2 : link motor

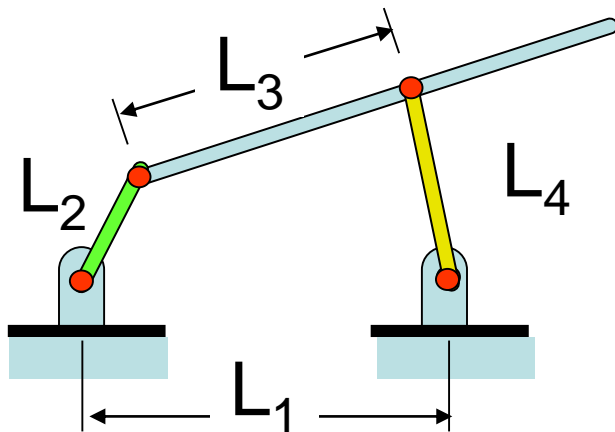
L_1 : solo

L_3 : link acoplador

L_4 : link seguidor

Lei de Reuleaux

Montagem do Mecanismo 4-Barras



$$L_2 + L_3 + L_4 \geq L_1$$

$$L_2 + L_3 - L_4 \leq L_1$$

$$L_2 + L_1 + L_4 \geq L_3$$

$$L_2 + L_1 - L_4 \leq L_3$$

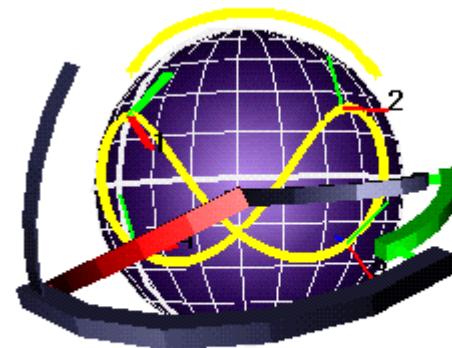
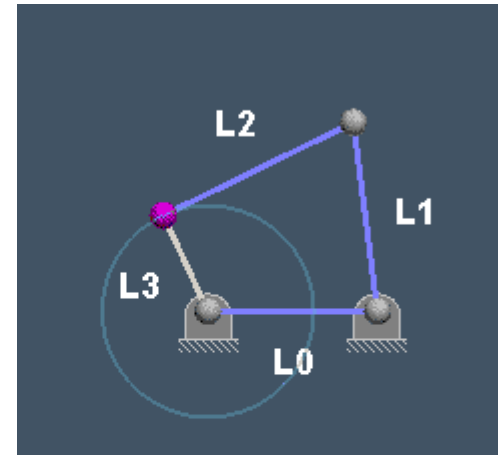
Sumário da Aula

- Classificação de Mecanismos
- Lei de Grashof
- Lei de Reuleaux
- Mecanismos Simples
 - 4 Barras
 - Biela Manivela
- Mecanismos Complexos

Mecanismos Simples

4 Barras

- Mecanismo Simples
- Movimento Oscilatório do link seguidor
- 4 Barras Plano
- 4 Barras Espacial



Mecanismos Simples

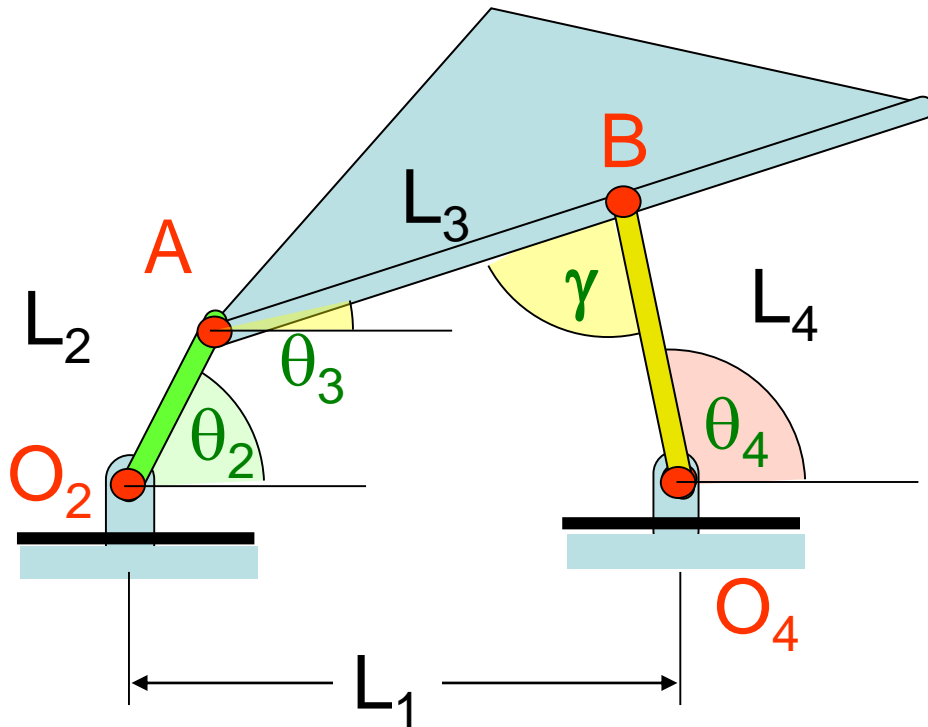
4 Barras – Exemplo de Aplicação

- Porta malas de veículos de passeio



Mecanismos Simples

4 Barras - Equacionamento



L_2 : link motor

L_1 : solo

L_3 : link acoplador

L_4 : link seguidor

θ_2 : âng. da barra motriz

θ_4 : âng. da barra seguidora

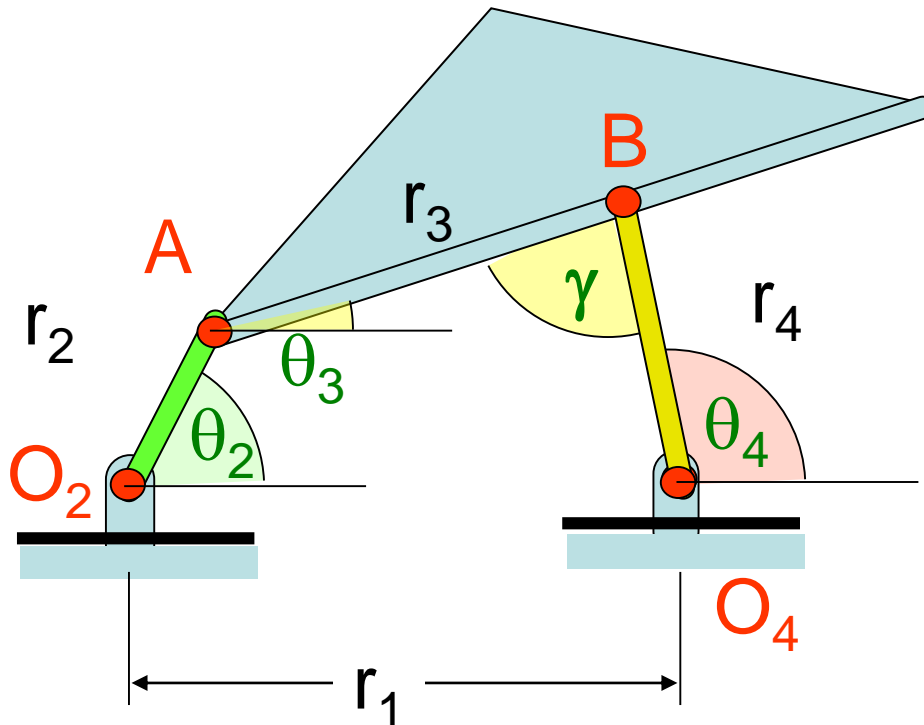
θ_3 : âng. da barra acopladora

γ : âng. de transmissão

Mecanismos Simples

4 Barras - Equacionamento

- Adotando a mesma nomenclatura do Mabie



r_2 : link motor

r_1 : solo

r_3 : link acoplador

r_4 : link seguidor

θ_2 : âng. da barra motriz

θ_4 : âng. da barra seguidora

θ_3 : âng. da barra acopladora

γ : âng. de transmissão

Mecanismos Simples

4 Barras - Equacionamento

- Aplicando-se a Lei dos cossenos nos triângulos

ΔAO_2O_4 e ΔABO_4

$$z^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos(\theta_2)$$

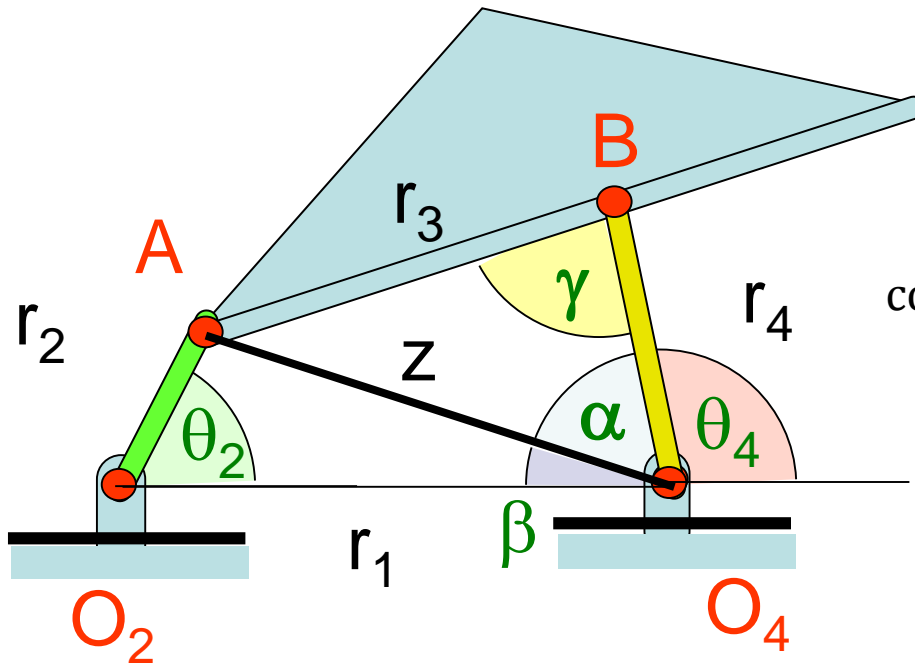
$$z^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2r_3r_4 \cos(\gamma)$$

Igualando z^2 , temos:

$$\cos(\gamma) = \frac{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos(\theta_2) - r_3^2 - r_4^2}{-2r_3r_4}$$

$$\gamma = \cos^{-1} \left(\frac{z^2 - r_3^2 - r_4^2}{-2r_3r_4} \right)$$

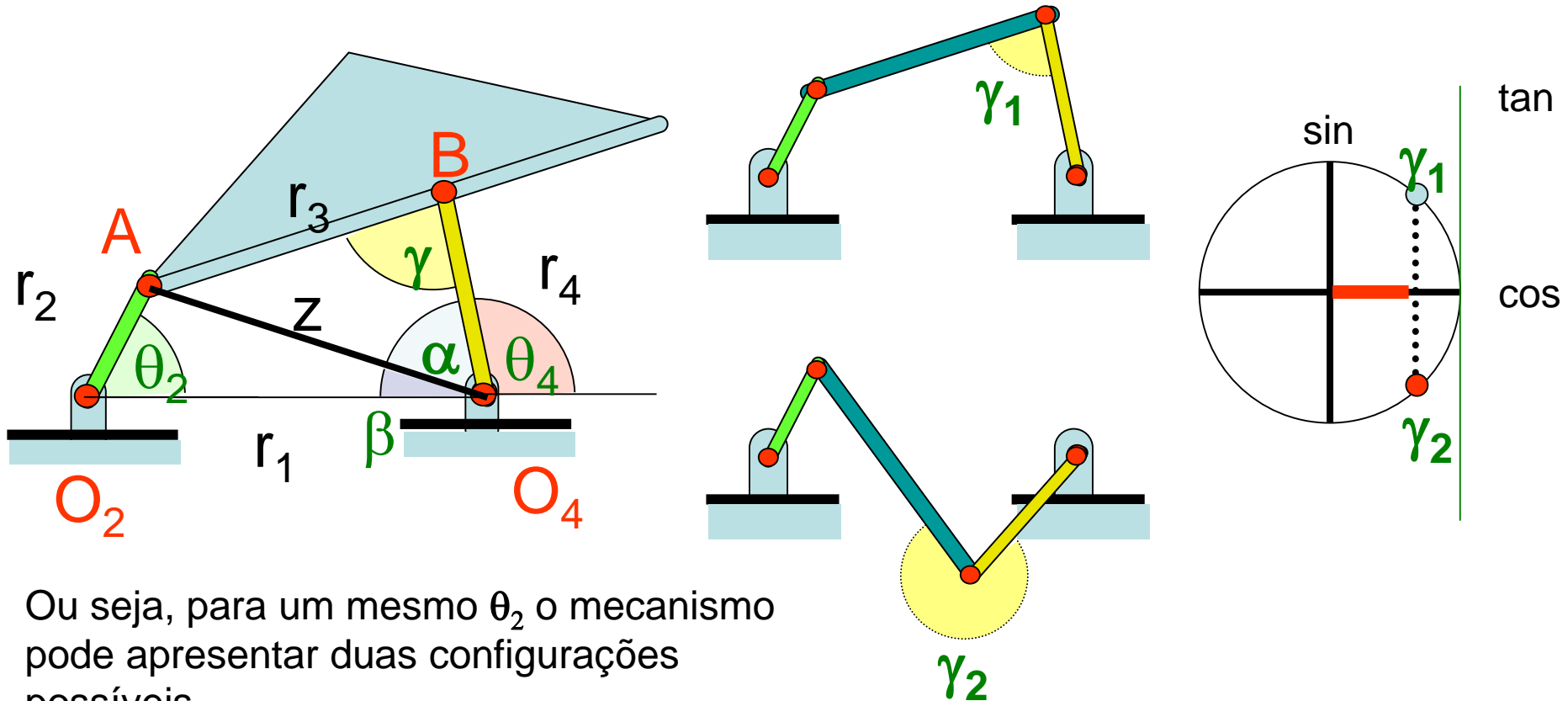
Ou seja, conhecendo-se os valores dos links (r_i 's), o ângulo de transmissão será função apenas do ângulo de entrada θ_2 .



Mecanismos Simples

4 Barras - Equacionamento

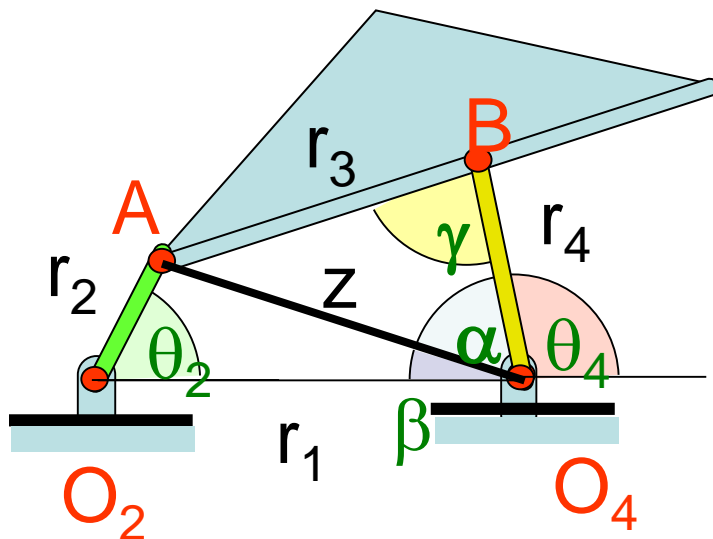
- A solução para γ pode apresentar dois valores, cujo significado físico é mostrado abaixo:



Mecanismos Simples

4 Barras - Equacionamento

- E os ângulos α , β e θ_4 serão:



$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{z^2 + r_4^2 - r_3^2}{2zr_4} \right)$$

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{z^2 + r_1^2 - r_2^2}{2zr_1} \right)$$

$$\theta_4 = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

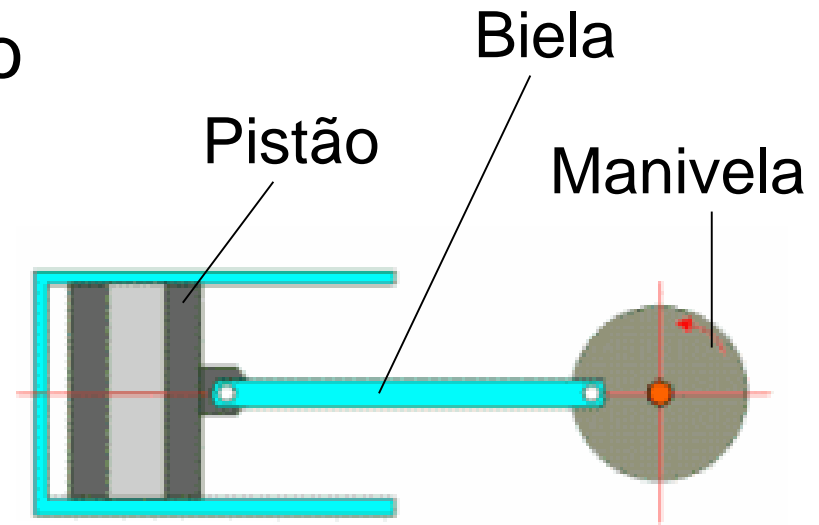
Se o ângulo de transmissão, γ , for menor que 40° , a tendência é, no mecanismo real, de travamento por atrito.

O intervalo entre a máxima e mínima força ocorrem para γ entre 40° e 140°

Mecanismos Simples

Biela-Manivela

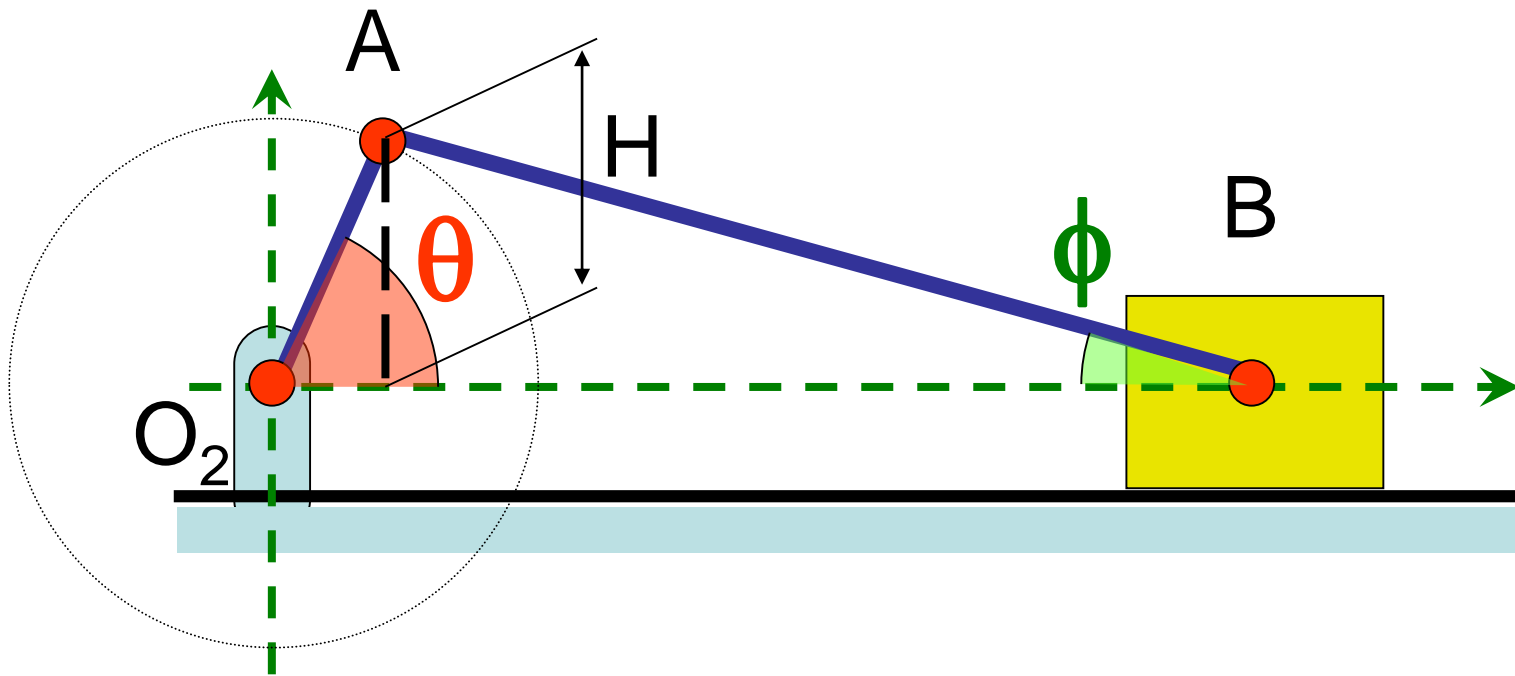
- Exemplos de Aplicação: Motores de Combustão Interna, Máquinas Ferramenta, Compressores, etc.
- Deslocamento do Pistão
- Velocidades
- Aceleração



Mecanismos Simples

Biela-Manivela

- Diagrama de Corpo Livre e Equacionamento

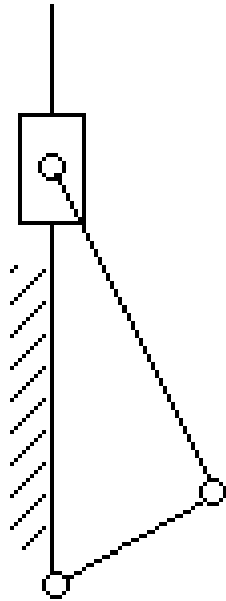


Dedução - link

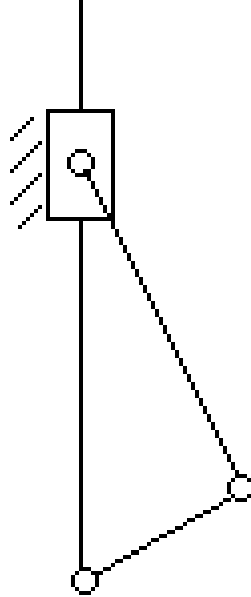
Mecanismos Simples

Biela-Manivela

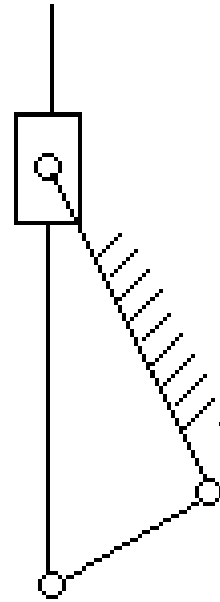
- Outras Configurações para o Biela-Manivela



Compressores
Motores



Bomba de
água Manual



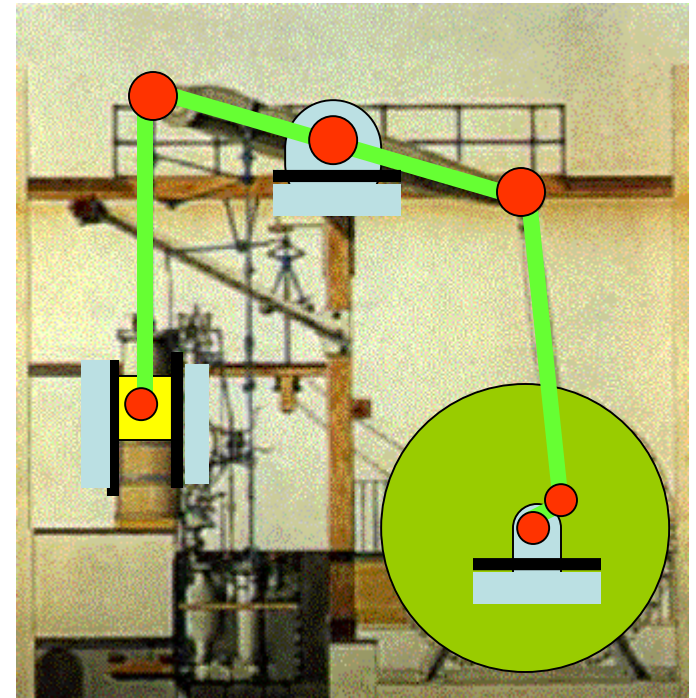
Motores de Avião
Mecanismo de
Whitworth

Sumário da Aula

- Classificação de Mecanismos
- Lei de Grashof
- Lei de Reuleaux
- Mecanismos Simples
 - 4 Barras
 - Biela Manivela
- Mecanismos Complexos

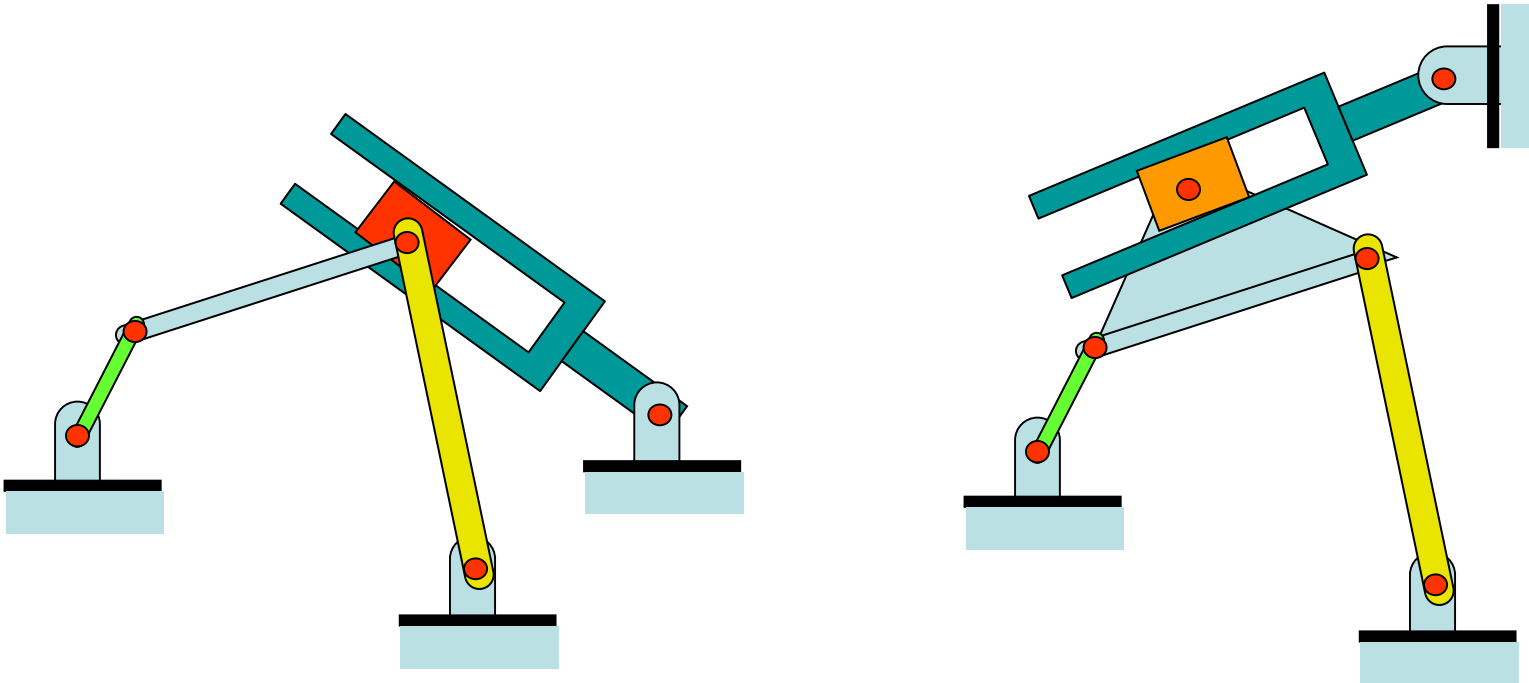
Mecanismos Complexos

- União de 2 ou mais mecanismos simples
4 Barras + Biela-Manivela



Mecanismos Complexos

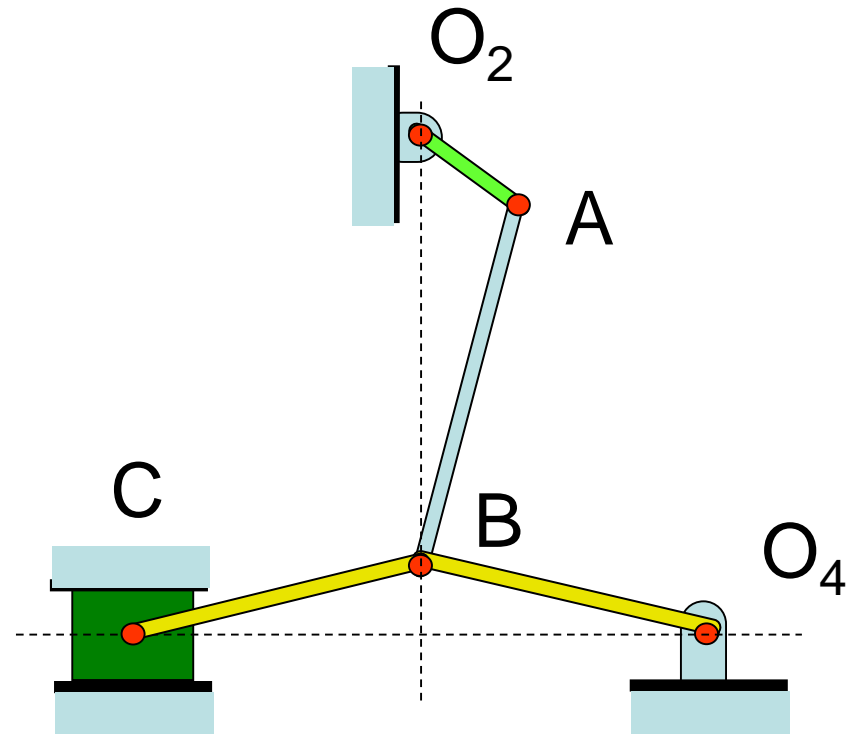
- União de 2 ou mais mecanismos simples
4 Barras + Biela-Manivela



Mecanismos Complexos

Mecanismo Toggle

- Sobrepujar grandes resistências com a aplicação de pequenas forças
- Aplicações:
 - Prensas
 - Travas de Portas
 - Etc.
- Barras CB e BO₄ com Mesmo comprimento



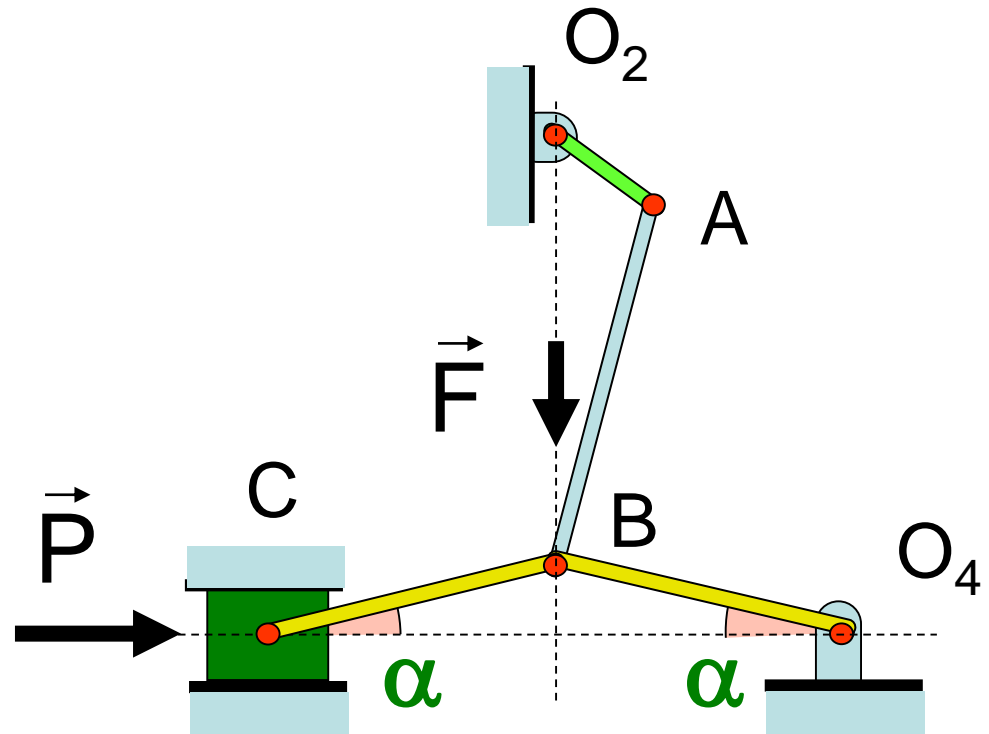
Mecanismos Complexos

Mecanismo Toggle

- Equacionamento

$$\frac{F}{P} = 2 \tan \alpha$$

$$\alpha \rightarrow 0 \quad P \rightarrow \infty$$



Mecanismos Complexos

Mecanismo Toggle

- Exemplos de Aplicação

