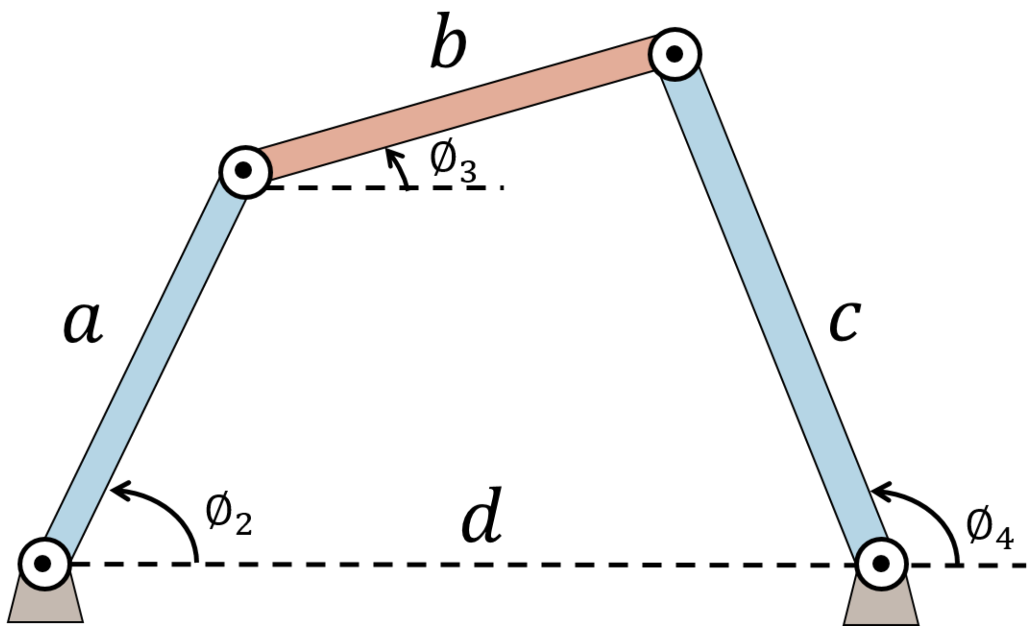
FOUR BAR LINKAGE



Kinematic equiations

$$\vec{a}+\vec{b}=\vec{c}+\vec{d}$$

$$\gamma=\vec{a}+\vec{b}-\vec{c}-\vec{d}=0$$

$$\vec{a}e^{i\varphi_2}+\vec{b}e^{i\varphi_3}-\vec{c}e^{i\varphi_4}-\vec{d}=0$$

$$\begin{bmatrix} acos\varphi_2 & bcos\varphi_3 & -ccos\varphi_4 & -d \\ asin\varphi_2 & bsin\varphi_3 & -csin\varphi_4 & 0 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}=\gamma$$

Newton-Raphson

$$x_f=-f(x_0)f'(x_0)^{-1}+x_0$$

Unknown vector

$$\vec{x}=\begin{bmatrix} \varphi_3 \\ \varphi_4 \end{bmatrix}$$

$$J=\begin{bmatrix} -bsin\,\varphi_3 & csin\,\varphi_4 \\ bcos\varphi_3 & -ccos\,\varphi_4 \end{bmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} \varphi_3 \\ \varphi_4 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} -bsin\,\varphi_3 & csin\,\varphi_4 \\ bcos\varphi_3 & -ccos\,\varphi_4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} acos\varphi_2 & bcos\varphi_3 & -ccos\varphi_4 & -d \\ asin\varphi_2 & bsin\varphi_3 & -csin\varphi_4 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varphi_{3o} \\ \varphi_{4\,o} \end{bmatrix}$$

Velocity

$$\gamma(\vec{x}) = 0$$

$$\vec{v} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\gamma(\vec{x})}{dt}(\dot{\vec{x}}) = J(\dot{\vec{x}}) = 0$$

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} -bsin\,\varphi_3 & csin\,\varphi_4 \\ bcos\varphi_3 & -ccos\,\varphi_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \begin{bmatrix} -asin\varphi_2\omega_2 & -bsin\varphi_3\omega_3 & csin\varphi_4\,\omega_4 \\ acos\varphi_2\omega_2 & bsin\varphi_3\omega_3 & -ccos\varphi_4\,\omega_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \begin{bmatrix} -asin\varphi_2\omega_2 \\ acos\varphi_2\omega_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -bsin\varphi_3\omega_3 & csin\varphi_4\,\omega_4 \\ bsin\varphi_3\omega_3 & -ccos\varphi_4\,\omega_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \begin{bmatrix} -asin\varphi_2\omega_2 \\ acos\varphi_2\omega_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -bsin\varphi_3 & csin\varphi_4 \\ bsin\varphi_3 & -ccos\varphi_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \overrightarrow{x_o} + J(\dot{\overrightarrow{x}}) = 0$$

$$\overrightarrow{x_o} = -J^{-1}(\dot{\overrightarrow{x}})$$