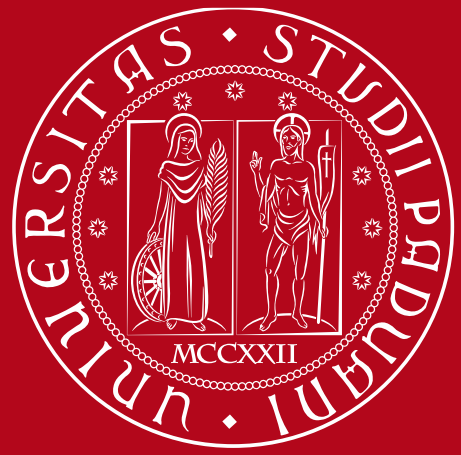
Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Industriale – Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

# Modello cinematico del meccanismo a ginocchiera utilizzato per la pressa meccanica

Laureando: Arucaj Klajdi
Numero di matricola: 2002526
Relatore: Giovanni Boschetti

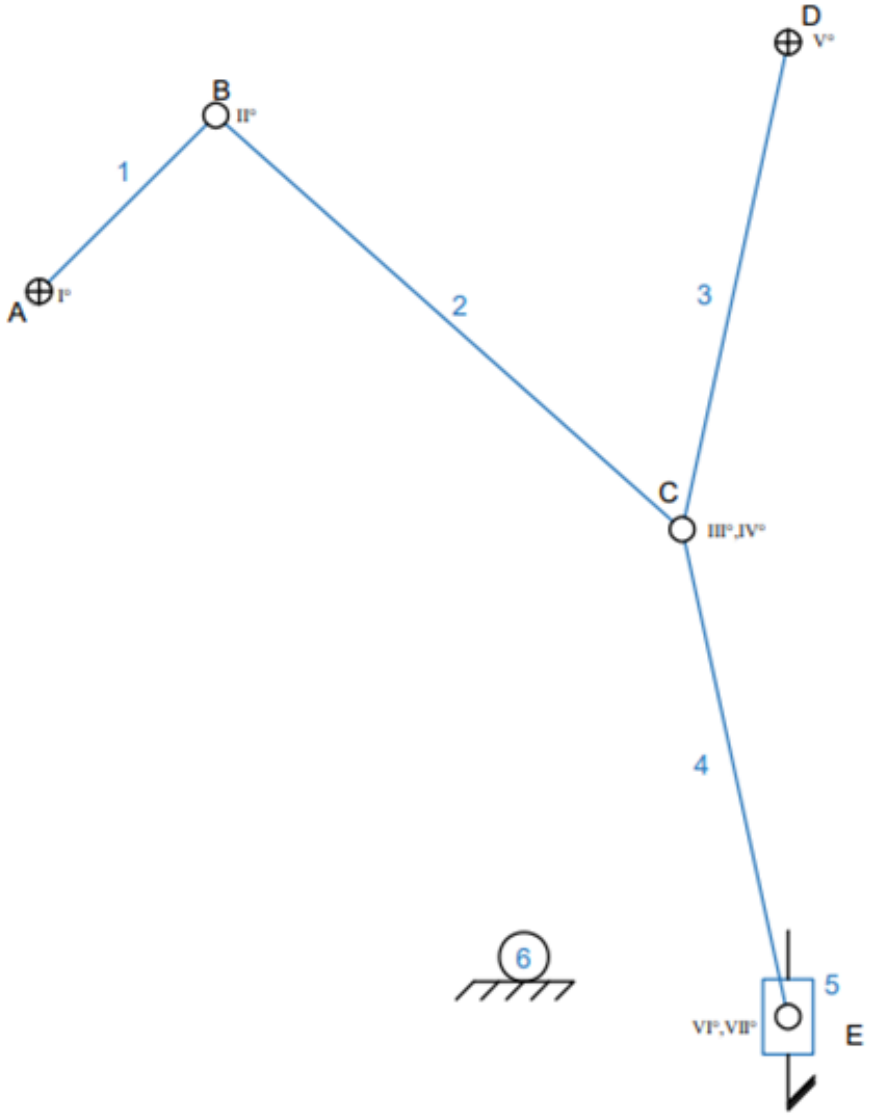
# Meccanismo a ginocchiera

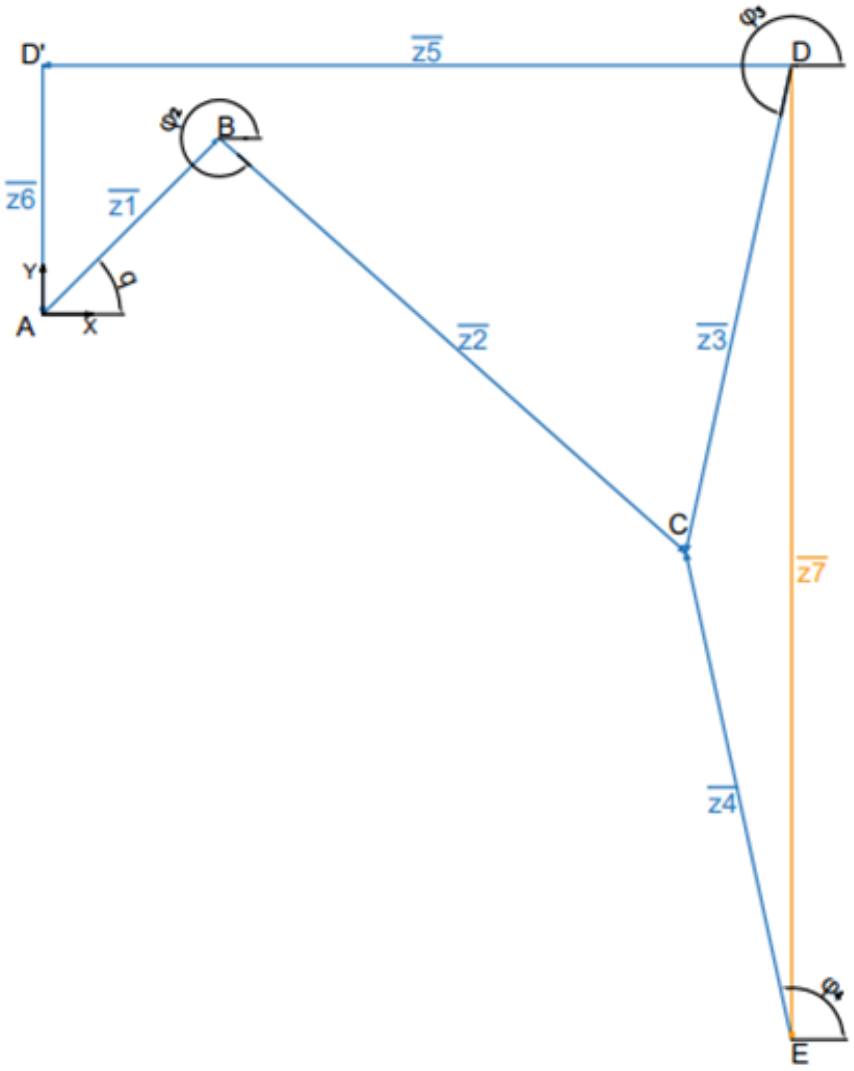
La pressa meccanica è una macchina che trasforma l'energia elettrica o meccanica in forza e movimento attraverso l'uso di un meccanismo a ginocchiera .

È composta da una struttura solida, un motore, due bielle (a2 e a4), una manovella (a1) un bilanciere (a3) e un piantone o peso (detto anche pattino) .

Il meccanismo può essere visto come un insieme formato dal quadrilatero articolato, di membri a1, a2 ed a3, combinato al meccanismo biella manovella formato dai membri a3, a4 e a5 ( il quale è un membro fittizio che indica la distanza tra i punti D ed E, e chiude il poligono di chiusura.

# Meccanismo a ginocchiera

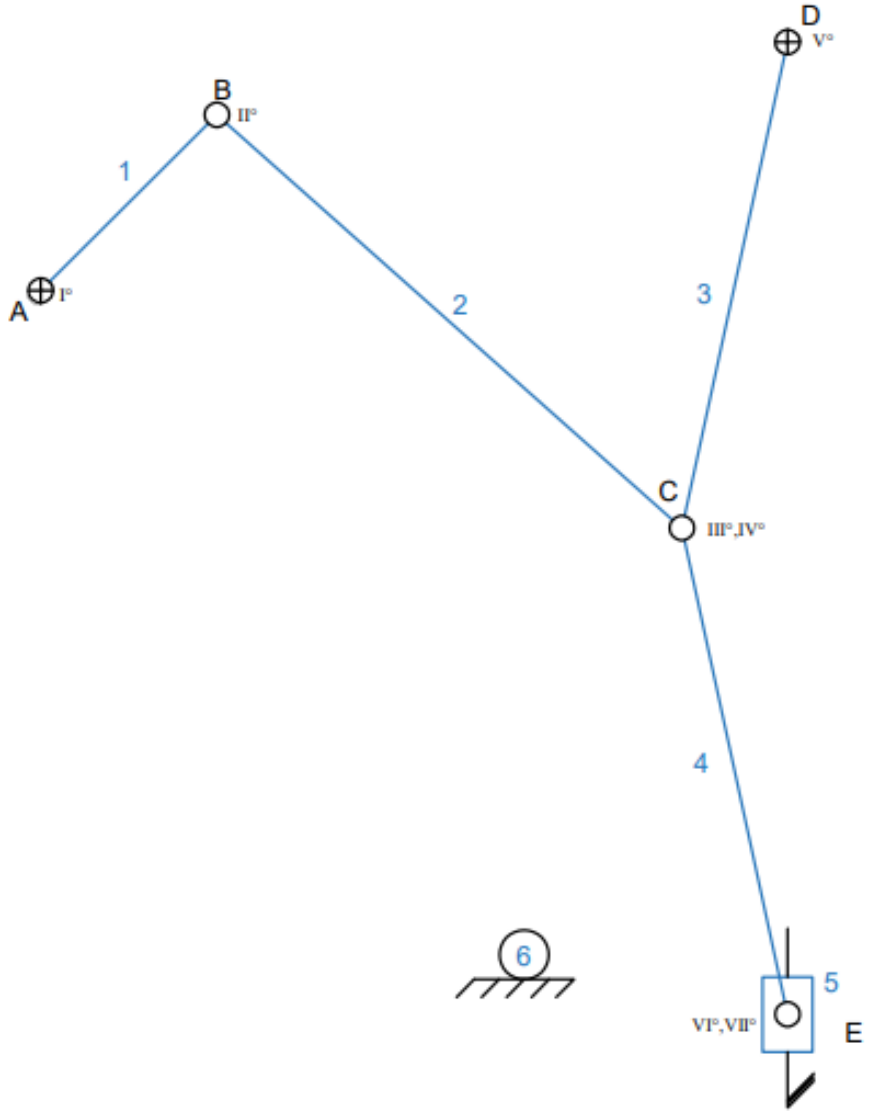


# Gradi di Libertà

Componenti del meccanismo:
Membri: 1,2,3,4,5,6;
Coppie rotoidali: I°,II°,III°,IV°,V°,VI°;
Coppie prismatiche: VII°;

Equazione di Grubler:
m=6;
C1=6 Coppie rotoidali;
C2=1 Coppie prismatiche;
N=3*(m-1)-2*C1-2*C2=3*(6-1)-2*6-2*1=1;



# Meccanismo a ginocchiera

Il meccanismo è moltiplicatore di forza e consente di applicare forze elevate sul piantone a fronte di un'applicazione di piccole coppie alla manovella.

Il meccanismo converte il movimento rotatorio del motore in un movimento alternativo lineare, che viene quindi trasmesso al piantone.

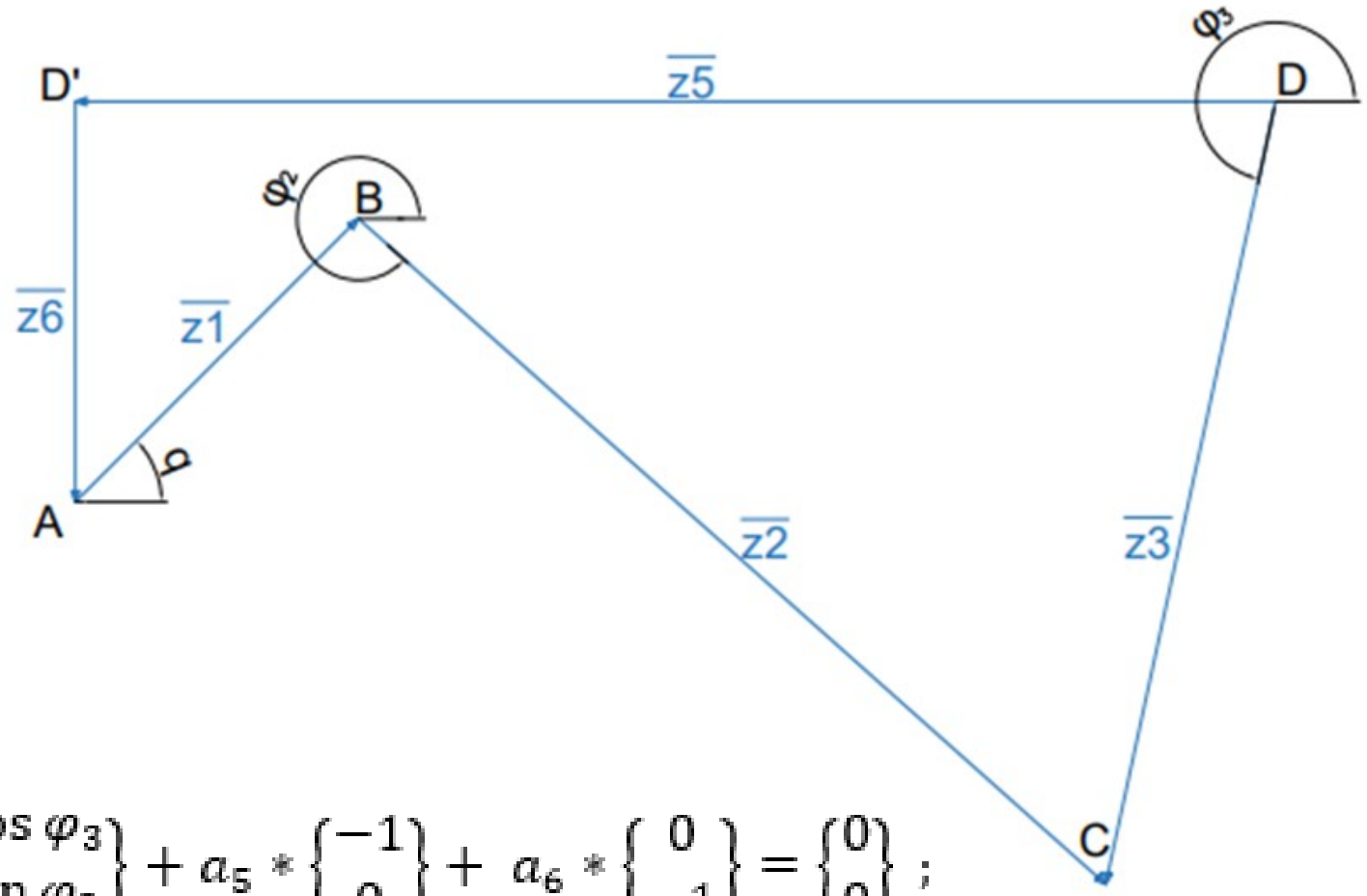
Il piantone è collegato a uno stampo o a un utensile che viene utilizzato per eseguire una varietà di operazioni, come piegatura, taglio, stampaggio e perforazione.

La pressa meccanica è in grado di generare una forza significativa, che consente la formatura dei materiali in diverse forme e la realizzazione di operazioni di taglio con elevata precisione.)

L'obiettivo della tesi è riportare uno studio di una generica pressa con lunghezza dei membri arbitraria, e rilevare la variazione del momento da applicare al variare dell'inclinazione della manovella per ottenere una forza S in uscità.

# Prima maglia - Posizione

$$\underline{z}_1+\underline{z}_2+\underline{z}_3+\underline{z}_5+\underline{z}_6=0$$




$$a_1 * \begin{Bmatrix} \cos q \\ \sin q \end{Bmatrix} + a_2 * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 \end{Bmatrix} - a_3 * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 \end{Bmatrix} + a_5 * \begin{Bmatrix} -1 \\ 0 \end{Bmatrix} + a_6 * \begin{Bmatrix} 0 \\ -1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix};$$

# Analisi di Posizione

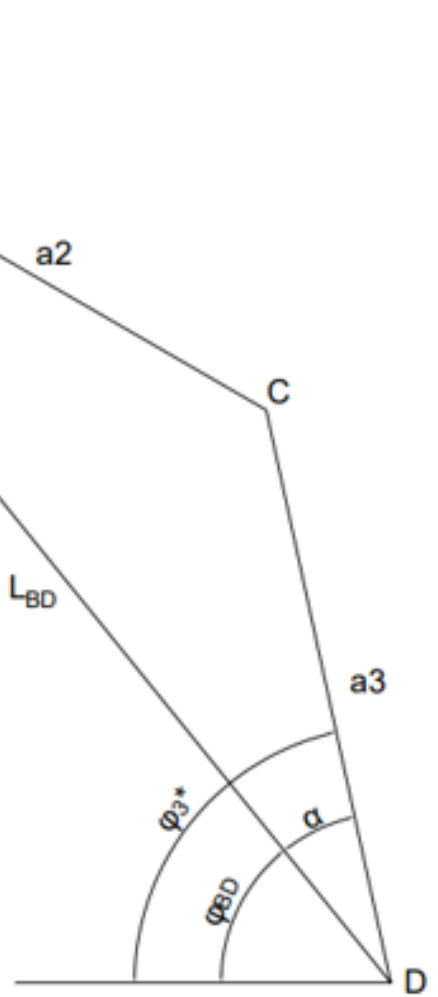
$$\begin{Bmatrix} X_B \\ Y_B \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} \cos q \\ \sin q \end{Bmatrix};$$

$$L_{BD} = \sqrt{(Y_B - Y_D)^2 + (X_B - X_D)^2};\ \varphi_{DB} = \operatorname{atan}\left(\frac{|Y_B - Y_D|}{|X_B - X_D|}\right);$$

Teorema di Carnot

$$2 * a_3 * L_{BD} * \cos(\alpha) = a_3^2 + L_{BD}^2 - a_2^2;\ \alpha = \operatorname{acos}\left(\frac{a_3^2 + L_{BD}^2 - a_2^2}{2 * a_3 * L_{BD}}\right);$$

$$\varphi_3 = \varphi_{DB} + \alpha + 180;\ \varphi_2 = \operatorname{acos}\left(\frac{a_1 * \cos(q) - a_3 * \cos(\varphi_3) - a_5}{-a_2}\right);$$



# Prima maglia - Velocità

Rapporti di Velocità $W_2$, $W_3$;

$$a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} * q' + a_2 * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * \varphi_2' - a_3 * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_3 \\ \cos \varphi_3 \end{Bmatrix} * \varphi_3{}' = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix};$$

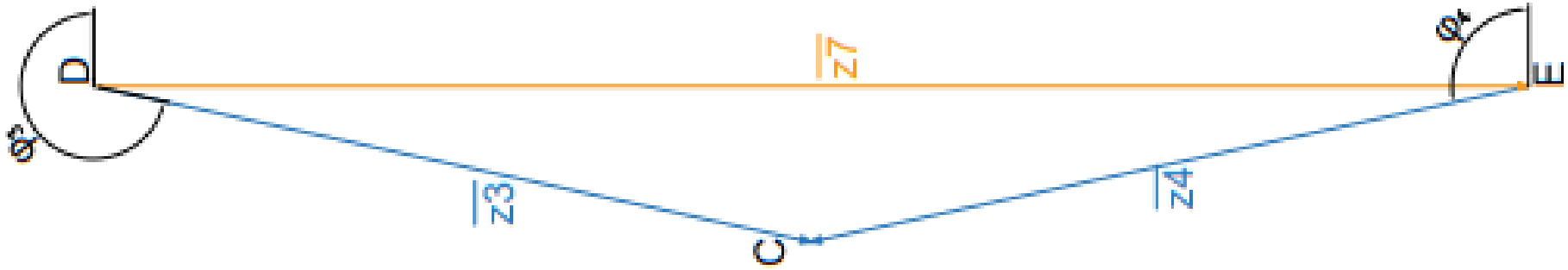
$$\begin{bmatrix} -a_2 \sin \varphi_2 & a_3 \sin \varphi_3 \\ a_2 \cos \varphi_2 & -a_3 \cos \varphi_3 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} \varphi_2{}' \\ \varphi_3{}' \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -a_1 \sin q \\ a_1 \cos q \end{Bmatrix} * q' = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix};$$

$$\begin{Bmatrix} \varphi_2{}' \\ \varphi_3{}' \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_2 * a_3 * \sin(\varphi_3 - \varphi_2)} * \begin{bmatrix} -a_3 \cos \varphi_3 & -a_3 \sin \varphi_3 \\ -a_2 \cos \varphi_2 & -a_2 \sin \varphi_2 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} -a_1 \sin q \\ a_1 \cos q \end{Bmatrix} * q';$$

$$\begin{Bmatrix} W_2 \\ W_3 \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_2 * a_3 * \sin(\varphi_3 - \varphi_2)} * \begin{bmatrix} -a_3 \cos \varphi_3 & -a_3 \sin \varphi_3 \\ -a_2 \cos \varphi_2 & -a_2 \sin \varphi_2 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} -a_1 \sin q \\ a_1 \cos q \end{Bmatrix};$$

# Seconda maglia - Posizione

$\underline{z_3}+\underline{z_4}+\underline{z_7}=0$




$$-a_3 * \begin{Bmatrix}\cos\varphi_3\\ \sin\varphi_3\end{Bmatrix} + a_4 * \begin{Bmatrix}\cos\varphi_4\\ \sin\varphi_4\end{Bmatrix} + a_7 * \begin{Bmatrix}0\\ -1\end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix}0\\ 0\end{Bmatrix};$$

$$\varphi_4 = acos\left(\frac{a_3 * \cos(\varphi_3)}{a_4}\right);\ a_7 = a_4 * \sin(\varphi_4) - a_3 * \sin(\varphi_3);$$

# Seconda maglia - Velocità

Rapporti di Velocità $W_4$, $W_{a7}$;

$$-a_3 * \begin{Bmatrix} -\sin\varphi_3 \\ \cos\varphi_3 \end{Bmatrix} * \varphi_3' + a_4 * \begin{Bmatrix} -\sin\varphi_4 \\ \cos\varphi_4 \end{Bmatrix} * \varphi_4' + a_7' * \begin{Bmatrix} 0 \\ -1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} -a_4 * \sin\varphi_4 & 0 \\ a_4 * \cos\varphi_4 & -1 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} \varphi_4' \\ a_7' \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} a_3 * \sin\varphi_3 * W_3 \\ -a_3 * \cos\varphi_3 * W_3 \end{Bmatrix} * q' = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix};$$

$$\begin{Bmatrix} \varphi_4' \\ a_7' \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_4 * \sin\varphi_4} * \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -a_4 * \cos\varphi_4 & -a_4 * \sin\varphi_4 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} a_3 * \sin\varphi_3 * W_3 \\ -a_3 * \cos\varphi_3 * W_3 \end{Bmatrix} * q';$$

$$\begin{Bmatrix} W_4 \\ W_{a7} \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_4 * \sin\varphi_4} * \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -a_4 * \cos\varphi_4 & -a_4 * \sin\varphi_4 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} a_3 * \sin\varphi_3 * W_3 \\ -a_3 * \cos\varphi_3 * W_3 \end{Bmatrix};$$

# Baricentri – Posizione e Rapporti di velocità

Baricentro b1

$$\begin{Bmatrix} x_{b1} \\ y_{b1} \end{Bmatrix} = \frac{a_1}{2} * \begin{Bmatrix} \cos q \\ \sin q \end{Bmatrix}; \begin{Bmatrix} x_{b1}{}' \\ y_{b1}{}' \end{Bmatrix} = \frac{a_1}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} * q'; \begin{Bmatrix} W_{xb1} \\ W_{yb1} \end{Bmatrix} = \frac{a_1}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix};$$

Baricentro b2

$$\begin{Bmatrix} x_{b2} \\ y_{b2} \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} \cos q \\ \sin q \end{Bmatrix} + \frac{a_2}{2} * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 \end{Bmatrix}; \begin{Bmatrix} x_{b2}{}' \\ y_{b2}{}' \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} * q' + \frac{a_2}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * \varphi_2';$$

$$\begin{Bmatrix} W_{xb1} \\ W_{yb1} \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} + \frac{a_2}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * W_2;$$

# Baricentri – Posizione e Rapporti di velocità

Baricentro b3

$$\begin{Bmatrix} x_{b3} \\ y_{b3} \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} \cos q \\ \sin q \end{Bmatrix} + a_2 * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 \end{Bmatrix} - \frac{a_3}{2} * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 \end{Bmatrix};$$

$$\begin{Bmatrix} x_{b3}' \\ y_{b3}' \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} * q' + a_2 * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * \varphi_2' - \frac{a_3}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_3 \\ \cos \varphi_3 \end{Bmatrix} * \varphi_3';$$

$$\begin{Bmatrix} W_{xb3} \\ W_{yb3} \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} + a_2 * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * W_2 - \frac{a_3}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_3 \\ \cos \varphi_3 \end{Bmatrix} * W_3;$$

Baricentro b4

$$\begin{Bmatrix} x_{b3} \\ y_{b3} \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} \cos q \\ \sin q \end{Bmatrix} + a_2 * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 \end{Bmatrix} - \frac{a_4}{2} * \begin{Bmatrix} \cos \varphi_4 \\ \sin \varphi_4 \end{Bmatrix};$$

$$\begin{Bmatrix} x_{b3}' \\ y_{b3}' \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} * q' + a_2 * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * \varphi_2' - \frac{a_4}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_4 \\ \cos \varphi_4 \end{Bmatrix} * \varphi_4';$$

$$\begin{Bmatrix} W_{xb3} \\ W_{yb3} \end{Bmatrix} = a_1 * \begin{Bmatrix} -\sin q \\ \cos q \end{Bmatrix} + a_2 * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_2 \\ \cos \varphi_2 \end{Bmatrix} * W_2 - \frac{a_4}{2} * \begin{Bmatrix} -\sin \varphi_4 \\ \cos \varphi_4 \end{Bmatrix} * W_4;$$

# Forze

La sezione dei membri $a_1$, $a_2$, $a_3$, $a_4$ uguale per tutti e 4.

$A=A_1=A_2=A_3=A_4=b*h;$

$\rho$=densità del materiale dei membri;

Le forze sono dipendenti dalle lunghezze dei membri:

$F_1=\rho*a_1*A_1*g;$

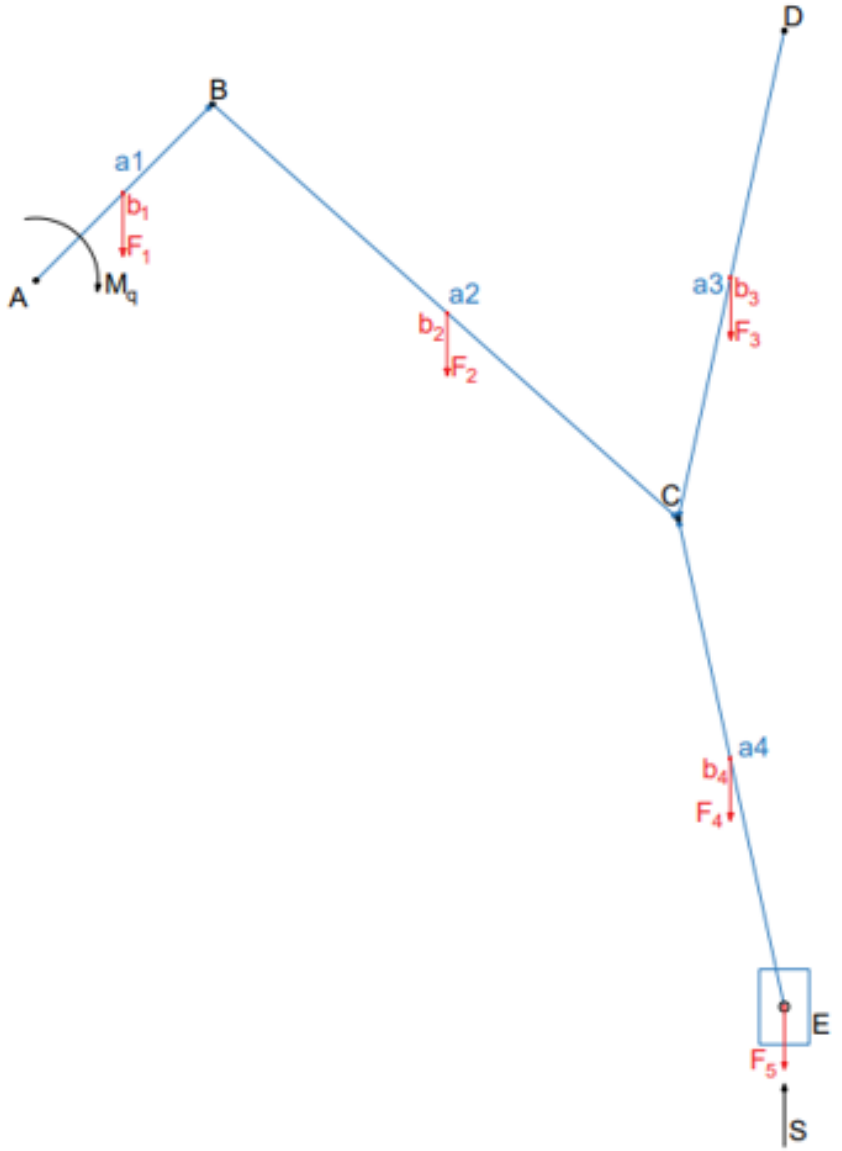
$F_2=\rho*a_2*A_2*g;$

$F_3=\rho*a_3*A_3*g;$

$F_3=\rho*a_3*A_3*g;$

La forza $F_5$ è:

$F_5=m_5*g;$



# Statica

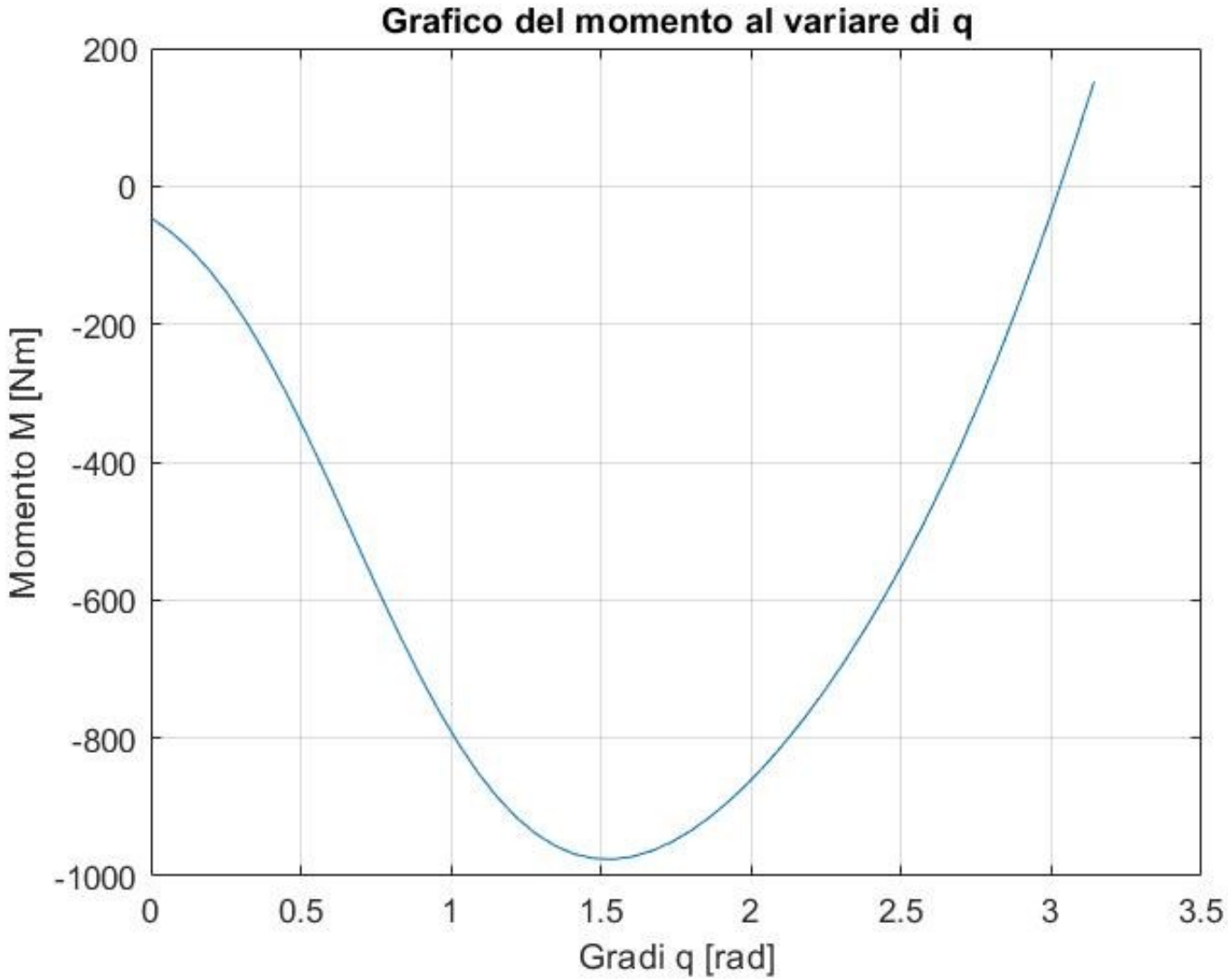
$$S = \begin{pmatrix} M_q \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ F_5 \\ S \end{pmatrix}; \; U = \begin{pmatrix} q \\ y_{b1} \\ y_{b2} \\ y_{b3} \\ y_{b4} \\ y_7 \\ y_7 \end{pmatrix}; \; W = \frac{dU}{dt} = \begin{pmatrix} 1 \\ W_{yb1} \\ W_{yb2} \\ W_{yb3} \\ W_{yb4} \\ W_{a7} \\ W_{a7} \end{pmatrix};$$

$$M_q - F_1 * W_{yb1} - F_2 * W_{yb2} - F_3 * W_{yb3} - F_4 * W_{yb4} - F_5 * W_{a7} + S * W_{a7} = 0;$$

$$M_q = F_1 * W_{yb1} + F_2 * W_{yb2} + F_3 * W_{yb3} + F_4 * W_{yb4} + F_5 * W_{a7} - S * W_{a7};$$

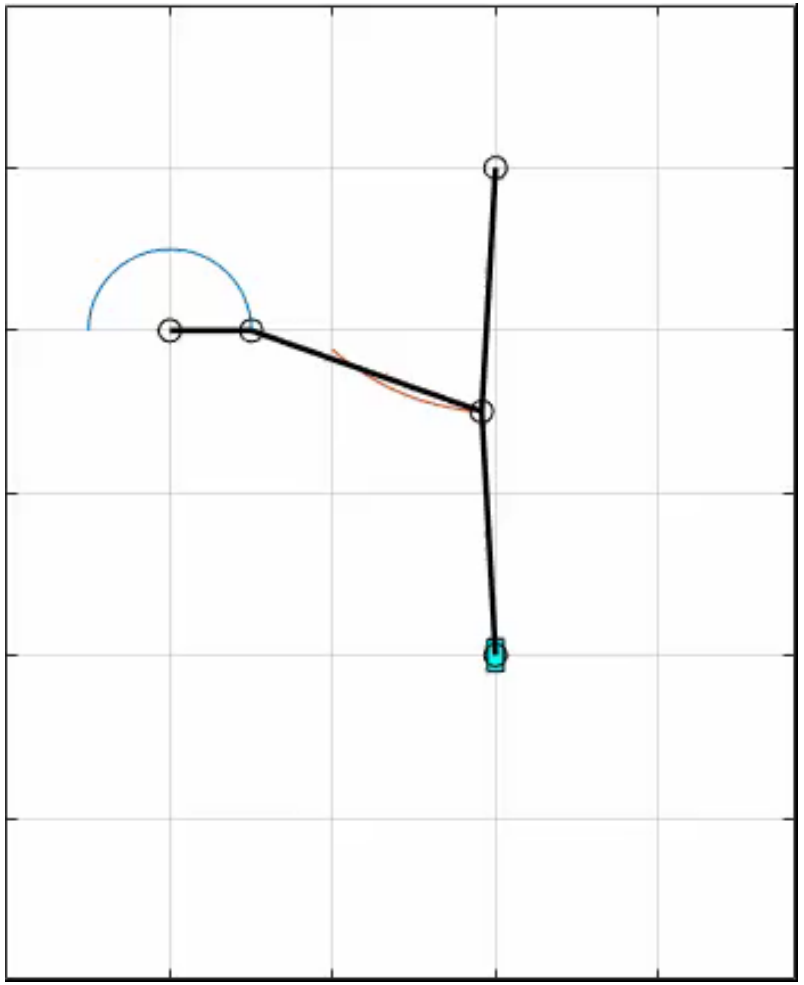
# Grafico del momento Mq - Matlab

Andamento di Mq al variare di q in un intervallo di q=[0,π];



# Animazione del meccanismo - Matlab

Animazione del meccanismo
in un intervallo di q=[0,π];



# Considerazioni sulla Potenza

Per determinare la potenza necessaria ad ottenere una forza di 1,5 tonnellate grazie al meccanismo a ginocchiera svolgiamo i seguenti passi:

1) Conversione forza in Newton: 1.5 t= 1500kg , S=1500*g=14715 N
2) Calcolare il lavoro: L=F*ΔS;
3) Determinare la potenza: Pid=L*t;
4) Considerare l'efficienza del sistema: Pid=P*η; P=Pid/ η;

Dove ΔS e t sono le specifiche richieste dalla lavorazione, e η è il rendimento del macchinario.

Esempio:

| | | |
|---|---|---|
| S | 1,500 | [t] |
| t | 3,927 | [s] |
| Δs | 0,100 | [m] |
| Ffin | 14715,000 | [N] |
| L | 1471,500 | [J] |
| Pid | 374,714 | [W] |
| | 0,375 | [kW] |
| η | 0,800 | |
| P | 0,468 | [kW] |

1222 • 2022

800 ANNI

# Università degli Studi di Padova