

## Analisi di un meccanismo articolato

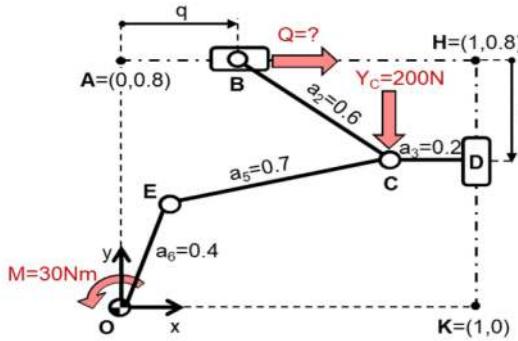
[15 punti]

Il movente del meccanismo mostrato in figura è costituito dal pattino AB che scorre orizzontalmente e comanda la biella BC, a sua volta collegata al telaio in tramite la coppia prismatica verticale D.

Completano il meccanismo la biella EC e il bilanciere OE. Si richiede:

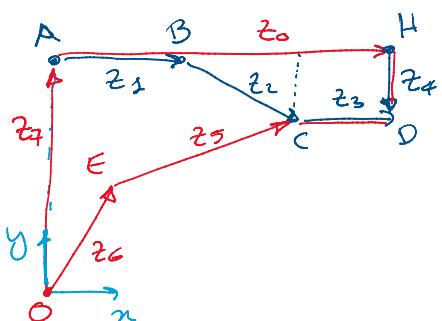
- l'analisi cinematica di posizione (per il meccanismo assemblato come in figura)
- l'analisi cinematica di velocità (per la sole variabili elencate in tabella)
- l'analisi statica

Scrivere la soluzione ANALITICA dettagliata in bella copia in uno dei fogli a quadretti.  
Riportare qui sotto i risultati NUMERICI (con tre cifre decimali) e il poligono dei vettori.



NB: schizzo non in scala, dimensioni in metri

analisi di posizione (8 punti)		
q	0.300	m
a <sub>4</sub>		m
φ <sub>2</sub>		rad
φ <sub>5</sub>		rad
φ <sub>6</sub>		m
analisi di velocità (5 punti)		
q̇	0.100	m/s
a <sub>4</sub> ̇		m/s
φ <sub>6</sub> ̇		rad/s
analisi statica (2 punti)		
Q		N



I maglia

$$z_1 + z_2 + z_3 - z_4 - z_5 = 0$$

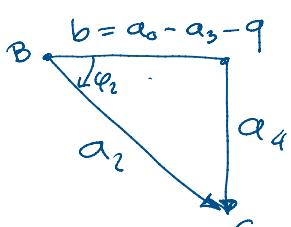
II maglia

$$z_6 + z_5 + z_3 - z_4 - z_6 - z_7 = 0$$

## 1a maglia: crociera

NB: calcoli in unità SI

Il quadrilatero ABCD è assimilabile ad un meccanismo a crociera



Thm di Pitagora

$$b^2 + a_4^2 = a_2^2 \Rightarrow a_4 = \sqrt{a_2^2 - b^2}$$

$$b = 1 - 0,2 - 0,3 = 0,5 \quad a_4 = \sqrt{0,6^2 - 0,5^2} = 0,332$$

$$\varphi_2 = -\arcsin \frac{a_4}{a_2} = -\arcsin \frac{0,332}{0,6} = 0,586$$

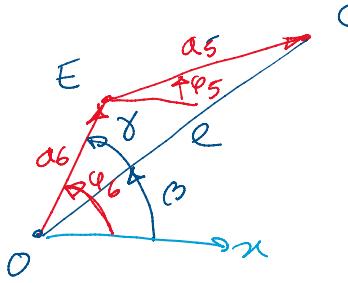
## Analisi di velocità

$$\begin{cases} q + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 - a_6 = 0 \\ a_2 \sin \varphi_2 - a_4 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{q} - a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = 0 \\ a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - \dot{a}_4 = 0 \end{cases}$$

$$\dot{\varphi}_2 = \frac{1}{a_2 \sin \varphi_2} \quad \dot{q} = 0.3 \text{ rad/s}$$

$$\begin{aligned} \ddot{a}_4 &= a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = \\ &= \dot{q} / \tan \varphi_2 = 0,151 \text{ m/s} \end{aligned}$$

## 2a maglia: diade RRR



$$\begin{aligned}x_c &= \alpha_6 - \alpha_3 = 0,800 \\y_c &= \alpha_7 - \alpha_4 = 0,468 \\\beta &= \tan \frac{y_c}{x_c} = 0,53 \\r &= \sqrt{x_c^2 + y_c^2} = 0,928\end{aligned}$$

THM CORNOT

$$\begin{aligned}\alpha_5^2 &= \alpha_6^2 + r^2 - 2\alpha_6 r \cos \gamma \\ \gamma &= \cos^{-1} \frac{r^2 + \alpha_6^2 - \alpha_3^2}{2\alpha_6 r} = 0,776 \\ \varphi_6 &= \beta + \gamma = 1,306\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_E &= \alpha_6 \cos \varphi_6 = 0,605 \\y_E &= \alpha_6 \sin \varphi_6 = 0,386 \\q_5 &= \tan^{-1} \frac{y_c - y_E}{x_c - x_E} = 0,118\end{aligned}$$

### Analisi di velocità

$$\begin{cases} \alpha_6 \cos \varphi_6 + \alpha_5 \cos \dot{\varphi}_5 + \alpha_3 - \alpha_0 = 0 \\ \alpha_6 \sin \varphi_6 + \alpha_5 \sin \dot{\varphi}_5 + \alpha_4 - \alpha_7 = 0 \\ -\alpha_6 \sin \varphi_6 \dot{\varphi}_c - \alpha_5 \sin \dot{\varphi}_5 \dot{\varphi}_5 = 0 \\ \alpha_6 \cos \varphi_6 \dot{\varphi}_6 + \alpha_5 \cos \dot{\varphi}_5 \dot{\varphi}_5 + \dot{\alpha}_4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} -\alpha_5 \sin \varphi_5 & -\alpha_6 \sin \varphi_6 \\ \alpha_5 \cos \varphi_5 & \alpha_6 \cos \varphi_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_5 \\ \dot{\varphi}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\dot{\alpha}_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\varphi}_5 \\ \dot{\varphi}_6 \end{bmatrix} = \frac{1}{\alpha_5 \alpha_6 \sin(\varphi_6 - \varphi_5)} \begin{bmatrix} -\alpha_6 \sin \varphi_6 \\ \alpha_5 \sin \varphi_5 \end{bmatrix} \dot{\alpha}_4 \quad \begin{aligned} \dot{\varphi}_5 &= -0,224 \text{ rad/s} \\ \dot{\varphi}_6 &= 0,048 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

### 3) Analisi statica

$$PLV \quad Q \delta q + Y_c \delta \alpha_4 + M \delta \varphi_6 = 0$$

poiché il sistema ha un solo CDL, posso usare le velocità:

$$Q \dot{q} + Y_c \dot{\alpha}_4 + M \dot{\varphi}_6 = 0$$

$$Q = - \frac{Y_c \dot{\alpha}_4 + M \dot{\varphi}_6}{\dot{q}} = -315,8$$

**Analisi di un meccanismo con il metodo di Assur**

[10 punti]

La figura mostra un meccanismo di sollevamento in cui il movente è rappresentato dal cilindro idraulico orizzontale  $q$ .

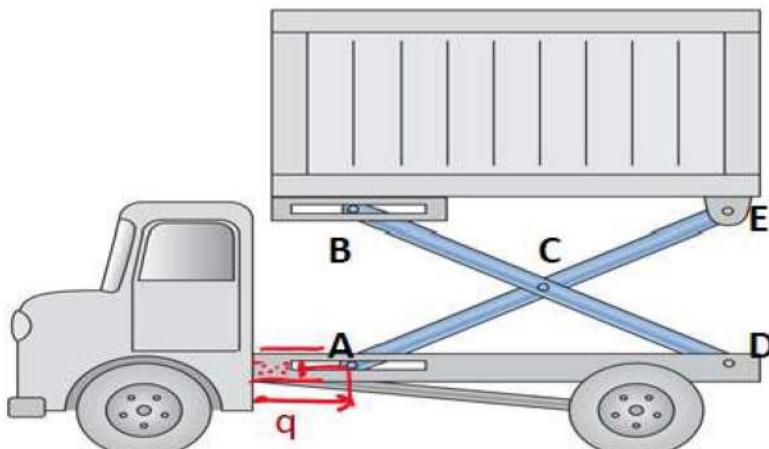
Si richiede di:

1) eseguire uno schizzo evidenziando coppie cinematiche e grandezze geometriche [2 punti]

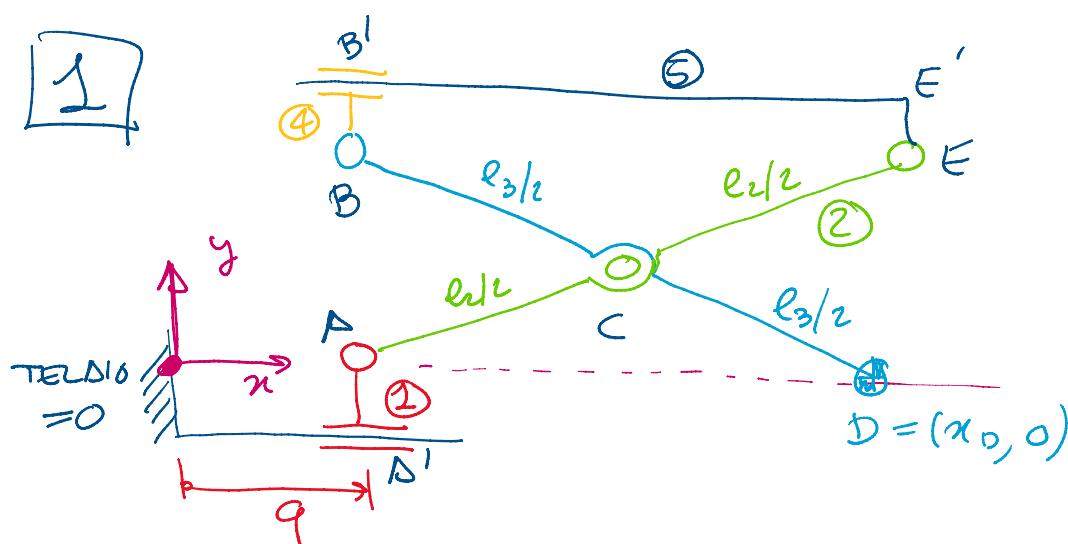
2) calcolare i gradi di libertà tramite l'equazione di Grubler [2 punti]

2) effettuare la scomposizione in diadi [3 punti]

3) scrivere il codice (pseudo-Matlab) per l'analisi cinematica di posizione [3 punti]



1



Costanti geometriche  
 $l_2$   
 $l_3 = l_2$   
 $x_0$

2

$$n = 3(m - 1) - 2R - 2P - C$$

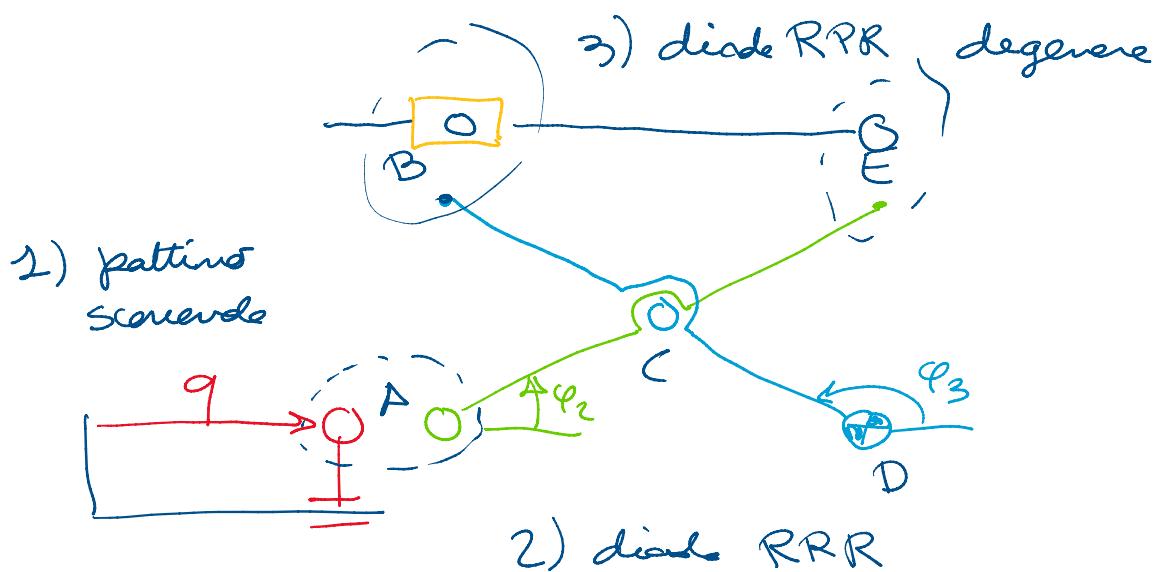
$$m = 5 + 1 \quad (\text{vedi numerazione sopra})$$

$$R = 5 \quad (A, B, C, D, E)$$

$$P = 2 \quad (A', B')$$

$$C = 1$$

3



4

$$A = \text{complex } (q, 0)$$

$$D = \text{complex } (\chi_0, 0)$$

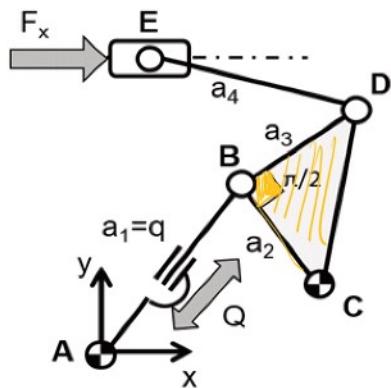
$$C = \text{diode RRR } (A, D, \ell_2/2, \ell_3/2, 'sx')$$

$$\varphi_2 = \text{angle}(C - A)$$

$$E = A + \ell_2 \cdot e^{i\varphi_2}$$

$$\varphi_3 = \text{angle}(C - D)$$

$$B = D + \ell_2 \cdot e^{-i\varphi_3}$$



Dati del problema

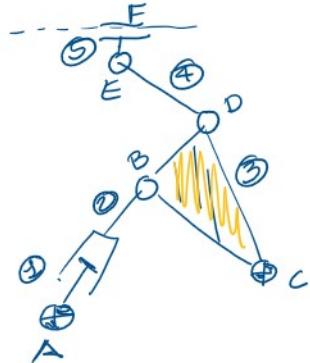
$$\begin{aligned} q &= a_1 = 130 \text{ mm} \\ x_C &= 180 \text{ mm} \\ y_C &= 40 \text{ mm} \\ y_E &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{q} &= -60 \text{ mm/s} \\ a_2 &= BC = 70 \text{ mm} \\ a_3 &= BD = 70 \text{ mm} \\ a_4 &= DE = 190 \text{ mm} \end{aligned}$$

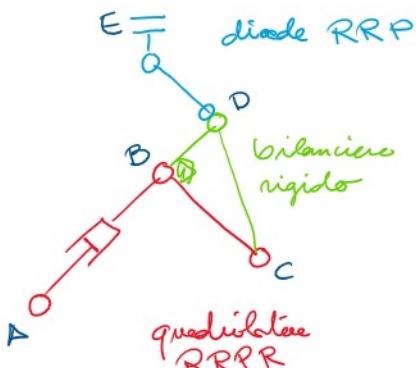
l'angolo in B del membro BCD è retto

$$F_x = 210$$

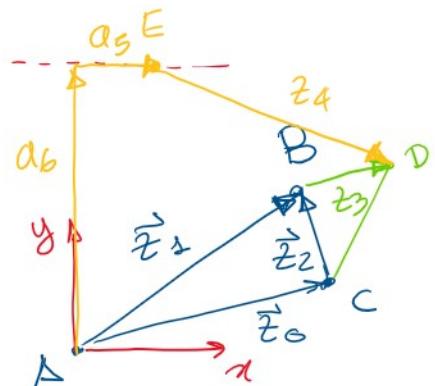
Schema cinematico



Scomposizione in sottomecanismi



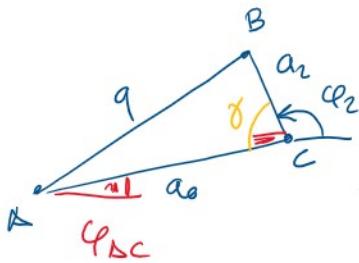
poligono di chiusura



Equazione di Grubler

$$N = 3(5-1) - 2 \cdot 5 - 2 \cdot 2 = 1$$

Quadrilatero RRPR = triangolo allungabile



$$\varphi_2 = 180^\circ - \gamma + \varphi_{AC}$$

$$\varphi_{AC} = \arctan \frac{y_C}{x_C} = \arctan \frac{40}{180} = 12.53^\circ$$

$$q^2 = a_2^2 + a_0^2 - 2a_2 a_0 \cos \gamma$$

$$a_0 = l_{AC} = \sqrt{x_C^2 + y_C^2} = 184.4 \text{ mm}$$

$$\gamma = \arccos \frac{a_2^2 + a_0^2 - q^2}{2a_2 a_0} =$$

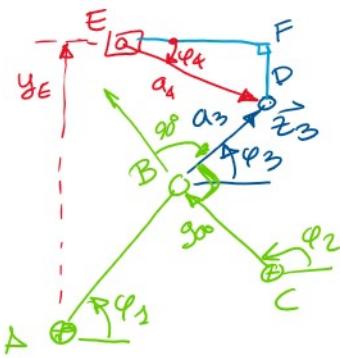
$$= \arccos \frac{70^2 + 184.4^2 - 130^2}{2 \cdot 70 \cdot 184.4} = 31.54^\circ$$

$$\varphi_2 = 180^\circ - 31.54^\circ + 12.53^\circ = 161^\circ$$

$$x_B = x_C + a_2 \cos \varphi_2 = 180 + 70 \cos 161^\circ = 113.8 \text{ mm}$$

$$y_B = y_C + a_2 \sin \varphi_2 = 40 + 70 \sin 161^\circ = 62.8 \text{ mm}$$

$$\varphi_1 = \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \arctan \frac{113.8 - 180}{62.8} = 28.9^\circ$$



$$\varphi_3 = \varphi_2 - 90^\circ = 71^\circ$$

$$x_D = x_B + a_3 \cos \varphi_3 = 113.8 + 70 \cos 71^\circ = 136.6 \text{ mm}$$

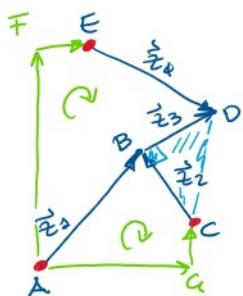
$$y_D = y_B + a_3 \sin \varphi_3 = 62.8 + 70 \sin 71^\circ = 129.0 \text{ mm}$$

$$y_D = y_E + a_4 \sin \varphi_4$$

$$\varphi_4 = \arcsin \frac{y_D - y_E}{a_4} = \arcsin \frac{129.0 - 180}{190} = -15.6^\circ$$

$$x_E = x_D - a_4 \cos \varphi_4 = 136.6 - 190 \cos 15.6^\circ = -46.4 \text{ mm}$$

## Analisi di velocità



$$C = A + \vec{z}_1 - \vec{z}_2$$

$$E = A + \vec{z}_1 + \vec{z}_3 - \vec{z}_4$$

$$E = C + \vec{z}_2 + \vec{z}_3 - \vec{z}_4$$

ceretta, ma non conviene  
in quanto  $\vec{z}_1$  avrà sia in  
modulo che in fase!

I maglia

$$\begin{cases} x_C = x_A + q \cos \varphi_1 - a_2 \cos \varphi_2 \\ y_C = y_A + q \sin \varphi_1 - a_2 \sin \varphi_2 \end{cases}$$

$$0 = \dot{q} \cos \varphi_1 - q \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = 0$$

$$0 = \dot{q} \sin \varphi_1 + q \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = 0$$

$$\begin{bmatrix} -q \sin \varphi_1 & a_2 \sin \varphi_2 \\ q \cos \varphi_1 & -a_2 \cos \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \cos \varphi_1 \\ \sin \varphi_1 \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_2 q \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \begin{Bmatrix} a_2 \cos \varphi_2 + a_2 \sin \varphi_1 \\ q \cos \varphi_1 + q \sin \varphi_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \cos \varphi_1 \\ \sin \varphi_1 \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_2 q \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \begin{Bmatrix} a_2 \cos \varphi_2 \cos \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2 \sin \varphi_1 \\ q \cos^2 \varphi_1 + q \sin^2 \varphi_1 \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{q \sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \dot{q} = \frac{\dot{q}}{q \operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{-60}{130 \cdot \operatorname{tg}(28.9^\circ - 161^\circ)} = -0.417 \text{ rad/s} = -23.9^\circ/\text{s}$$

$$\dot{\varphi}_2 = \frac{\dot{q}}{a_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} = \frac{-60}{70 \sin(28.9^\circ - 161^\circ)} = 1.15 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 66.2^\circ/\text{s}$$

II moglie

$$E = C + \vec{z}_2 + \vec{z}_3 - \vec{z}_4$$

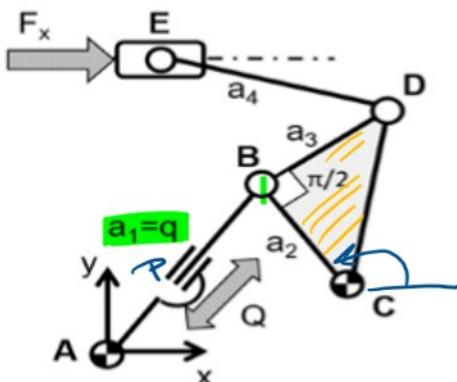
$$\begin{cases} x_E = x_C + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3 - a_4 \cos \varphi_4 \\ y_E = y_C + a_2 \sin \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_3 - a_4 \sin \varphi_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \ddot{x}_E = -a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3 + a_4 \sin \varphi_4 \dot{\varphi}_4 \\ \ddot{\theta} = +a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3 - a_4 \cos \varphi_4 \dot{\varphi}_4 \end{cases} \quad \dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_3 \quad \text{CORPO RIGIDE!}$$

$$\dot{\varphi}_4 = \frac{(a_2 \omega \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3)}{a_4 \omega \varphi_4} \dot{\varphi}_3 = -15.7^\circ/\text{s} = -0.274 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{x}_E = -88.8 \text{ mm/s}$$

## Analisi statica - PLV



$$F_x \delta x_E + Q \delta q = 0$$

$\delta q > 0$  allargamento mentale  
 $\delta q < 0$  ristretto "springe" per allungare la estensione

$$\delta x_E = \frac{\partial x_E}{\partial q} \delta q = W_{x_E} \delta q$$

$$F_x W_{x_E} \delta q + Q \delta q = 0$$

$$\text{sistema 3 GDL} \Rightarrow W_{x_E} = \frac{\dot{x}_E}{\dot{q}} = \frac{-88.8}{-60} = 1.48$$

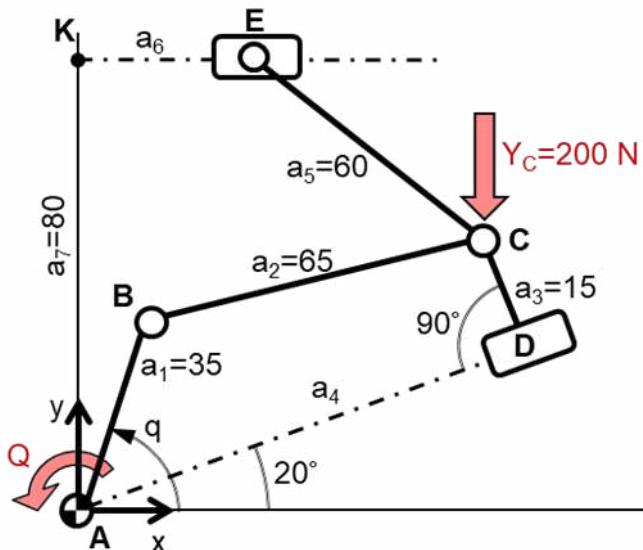
$$Q = -F W_{x_E} = -1.48 \cdot 210 = 311 \text{ N}$$

## Analisi di un meccanismo articolato

Il movente del meccanismo mostrato in figura è costituito dalla manovella AB, che tramite la biella BC comanda i restanti membri del meccanismo. Si noti che gli assi di scorrimento del meccanismo sono fissi a telaio.

Si richiede di effettuare:

- l'analisi cinematica di posizione (per il meccanismo assemblato come in figura)
- l'analisi cinematica di velocità per la sola prima maglia
- l'analisi statica



analisi di posizione (9 punti)		
$q_1$	75	deg
$\phi_2$		deg
$\phi_3$		deg
$a_4$		mm
$\phi_5$		deg
$a_6$		mm
analisi di velocità (4 punti)		
$q_{dot}$	15	deg/s
$\phi_{2dot}$		deg/s
$a_{4dot}$		mm/s
analisi statica (2 punti)		
$M_A$		Nm

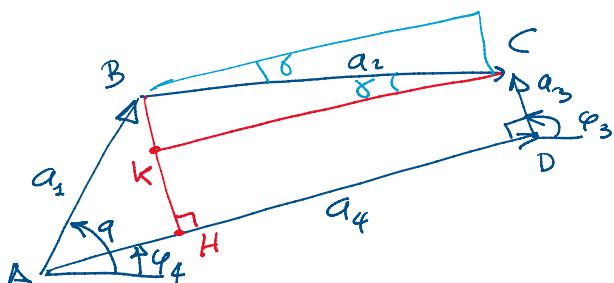
### Analisi di posizione - 1a maglia

La prima maglia è composta dal meccanismo di spinta non centrato ABCD, in cui l'asse di traslazione AD è orientato rispetto agli assi cartesiani di un angolo  $\varphi_4=20^\circ$

#### Primo metodo: diade RRP

Scompongo il quadrilatero in meccanismo base (manovella) e diade RRP.

L'inclinazione dell'asse di scorrimento è irrilevante.



$$l_{BH} = a_1 \sin(q - \varphi_4) = 35 \sin(75^\circ - 20^\circ) = 28,7 \text{ mm}$$

$$l_{BK} = l_{BH} - a_3 = 28,7 - 15 = 13,7 \text{ mm}$$

$$l_{HD} = l_{CO} = \sqrt{a^2 - l_{BK}^2} = \sqrt{65^2 - 13,7^2} = 63,5 \text{ mm}$$

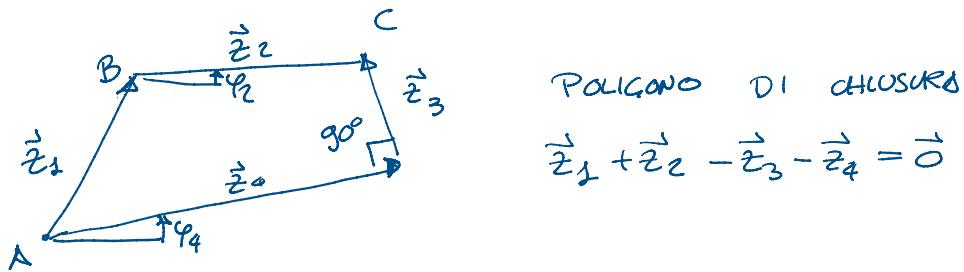
$$l_{DH} = a_1 \cos(q - \varphi_4) = 35 \cos 55^\circ = 20 \text{ mm}$$

$$a_4 = l_{AH} + l_{HD} = 20 + 63,5 = 83,5 \text{ mm}$$

$$\gamma = \arcsin(l_{BK}/a_2) = \arcsin(13,7/65) = 12,1^\circ$$

$$\varphi_2 = \varphi_4 - \gamma = 20 - 12,1 = 7,9^\circ$$

### Secondo metodo: poligono di chiusura



$$\begin{cases} a_1 \cos q + a_2 \cos \varphi_2 - a_3 \cos \varphi_3 - a_4 \cos \varphi_4 = 0 \\ a_1 \sin q + a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \sin \varphi_3 - a_4 \sin \varphi_4 = 0 \end{cases}$$

Movente  $q$       INCognite  $\varphi_2, \varphi_4$

COSTANTI  $a_1, a_2, a_3, \varphi_4, \varphi_3 = \varphi_4 + 90^\circ$

Riscrivere le equazioni come

$$\begin{cases} a_1 \cos q + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_4 - a_4 \cos \varphi_4 = 0 \\ a_1 \sin q + a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \cos \varphi_4 - a_4 \sin \varphi_4 = 0 \end{cases}$$

Le incognite  $\varphi_2, \varphi_4$  compaiono in entrambe le equazioni.

Usa quindi il metodo di eliminazione

$$\begin{cases} -\sin \varphi_4 (a_1 \cos q + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_4 - a_4 \cos \varphi_4) = 0 \\ \cos \varphi_4 (a_1 \sin q + a_2 \sin \varphi_2 - a_3 \cos \varphi_4 - a_4 \sin \varphi_4) = 0 \end{cases}$$

Sommando si ottiene

$$a_1 (\sin q \cos \varphi_4 - \cos q \sin \varphi_4) + a_2 (\sin \varphi_2 \cos \varphi_4 - \cos \varphi_2 \sin \varphi_4) - a_3 = 0$$

$$a_1 \sin(q - \varphi_4) + a_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_4) - a_3 = 0$$

$$\sin(\varphi_2 - \varphi_4) = \frac{a_3 - a_1 \sin(q - \varphi_4)}{a_2} = \frac{15 - 35 \sin(75^\circ - 20^\circ)}{65} = -0.21$$

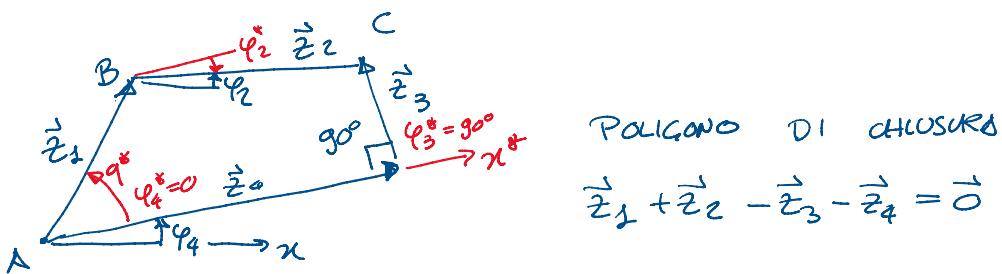
$$\varphi_2 = \varphi_4 + a \sin(-0.21) = 20^\circ - 12,1^\circ = 7,9^\circ$$

Possiamo ora calcolare  $a_4$  scegliendo arbitrariamente una delle equazioni di chiusura

**NOTA:** in alternativa, possiamo isolare ed eliminare  $\varphi_2$  dalle equazioni di chiusura. Otterremo in questo caso un'equazione di secondo grado rispetto ad  $a_4$ , l'intero procedimento risulta più laborioso di quello mostrato sopra.

### Poligono di chiusura "smart"

A causa dell'inclinazione dell'asse della coppia prismatica, le equazioni di chiusura precedenti erano accoppiate e la loro soluzione è stata piuttosto laboriosa. Possiamo però evitare questo problema scrivendo il poligono di chiusura in una terna in cui l'asse  $x^*$  coincide con l'asse di scorrimento del pattino come segue:



$$\begin{cases} a_1 \cos q^* + a_2 \cos q_2^* - a_4 = 0 \\ a_1 \sin q^* + a_2 \sin q_2^* - a_3 = 0 \end{cases} \quad q^* = q - q_4 = 55^\circ$$

$$\sin q_2^* = \frac{a_3 - a_1 \cos q^*}{a_2} = \frac{15 - 35 \cos 55^\circ}{65} = -0.21$$

$$q_2^* = -12,1^\circ \quad q_2 = q_2^* + q_4 = 7,9^\circ$$

$$a_4 = a_1 \cos q^* + a_2 \cos q_2^* = 35 \cos 55^\circ + 65 \cos (-12,1^\circ) = 83,6 \text{ mm}$$

### Analisi di velocità - 1a maglia

Ricopio le equazioni di chiusura

$$\begin{cases} a_1 \cos q + a_2 \cos q_2 - a_3 \cos q_3 - a_4 \cos q_4 = 0 \\ a_1 \sin q + a_2 \sin q_2 - a_3 \sin q_3 - a_4 \sin q_4 = 0 \end{cases}$$

derivo rispetto al tempo

$$-a_1 \sin q \dot{q} - a_2 \sin q_2 \dot{q}_2 - \cos q_4 \dot{q}_4 = 0$$

$$a_1 \cos q \dot{q} + a_2 \cos q_2 \dot{q}_2 - \sin q_4 \dot{q}_4 = 0$$

$$\begin{bmatrix} -a_2 \sin q_2 & -\cos q_4 \\ a_1 \cos q_2 & -\sin q_4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{q}_2 \\ \dot{q}_4 \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} -a_1 \sin q \\ a_1 \cos q \end{bmatrix} \dot{q}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{q}_2 \\ \dot{q}_4 \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_1 \cos(q_4 - q_2)} \begin{bmatrix} -\sin q_4 & \cos q_4 \\ -a_2 \cos q_2 & -a_2 \sin q_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \sin q \\ -a_1 \cos q \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{q}_2 \\ \dot{q}_4 \end{Bmatrix} = \frac{a_1}{a_1 \cos(q_4 - q_2)} \begin{Bmatrix} -\cos(q_4 - q) \\ a_2 \sin(q_2 - q) \end{Bmatrix} \dot{q} \quad \dot{q}_2 = -4,7^\circ/s \quad \dot{q}_4 = -8,6 \text{ mm/s}$$

# Compito del 2023\_02

Movente q = phi1 = 75°

$$\dot{\phi}_1 = 15^\circ/\text{s}$$

## Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$\phi_2 = -7.9^\circ = 360 - 352.1 = 180 - 172.1 = -180 + 187.9$$

$$\phi_{13} = 7.5^\circ = 360 - 352.1^\circ = 180 - 172.1^\circ = 180 + 187.5^\circ$$

a4 = 83.6 mm

$$\text{phi5} = 321.6^\circ = 360 - 38.4 = 180 + 141.6 = -180 + 501.6$$

a6 = 265 mm

Coordinate di punti notevoli (non richiesto)

$$R = (-91 \quad -338) \text{ mm}$$

$$C = \begin{pmatrix} 73.4 & 42.7 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

$$D = (78.6 \quad 28.6) \text{ mm}$$

$$F = (-26.5 \quad -80.0) \text{ mm}$$

$$K = (0.0 \quad 80.0) \text{ mm}$$

Analisi Cinematica di VEL OCTA'

phi2dot = -4.7 °/s

a4dot = -8.6 mm/s

phi5dot = -3.6 °/s

$a_6dot = -5.8 \text{ mm/s}^2$

Velocità di punti notevoli (non richiesto)

$$\sqrt{B} = (-8.9, 2.4) \text{ mm}$$

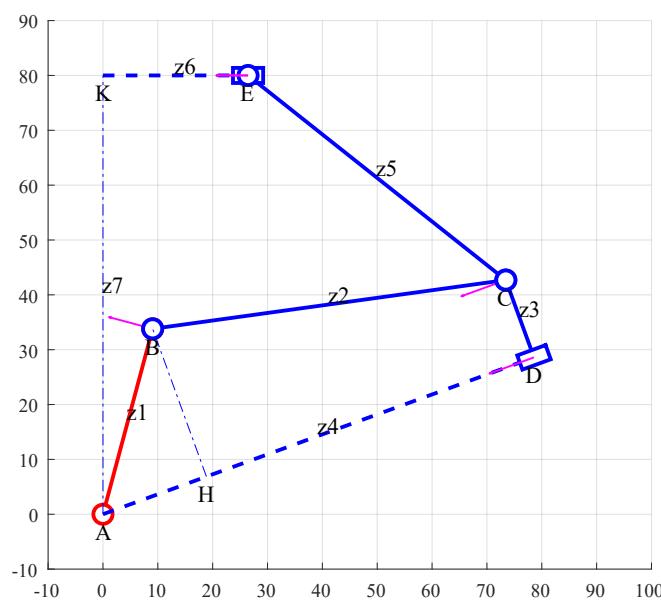
$$vC = (-8.1, -3.0) \text{ mm}$$

$$vD = (-8.1, -3.0) \text{ mm}$$

Analisi STATICA

forceYC = -200.0 N

torqueMA = -2.3 N



Cognome	Nome	Matricola
---------	------	-----------

Università degli Studi di Padova - Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

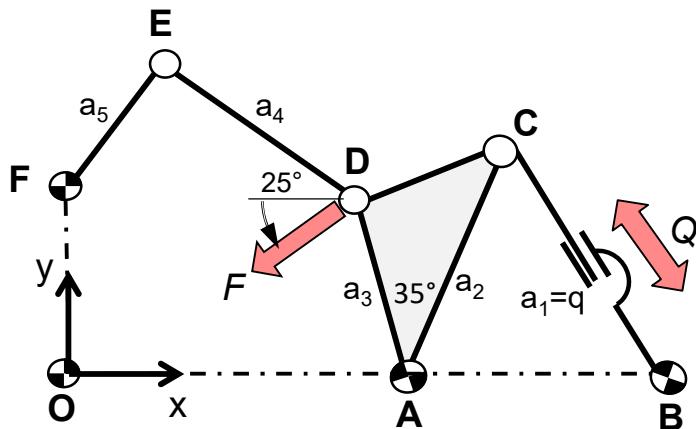
### Prova Scritta di Meccanica per Bioingegneria - 26 gennaio 2023

**1° appello AA 2022-23 - tempo a disposizione 2 ore**

#### 1) Analisi di un meccanismo articolato

[15 punti]

**Descrizione.** Il movente del meccanismo mostrato in figura è costituito dall'attuatore lineare BC, il quale comanda direttamente il bilanciere ACD e indirettamente la biella DE e il bilanciere EF.



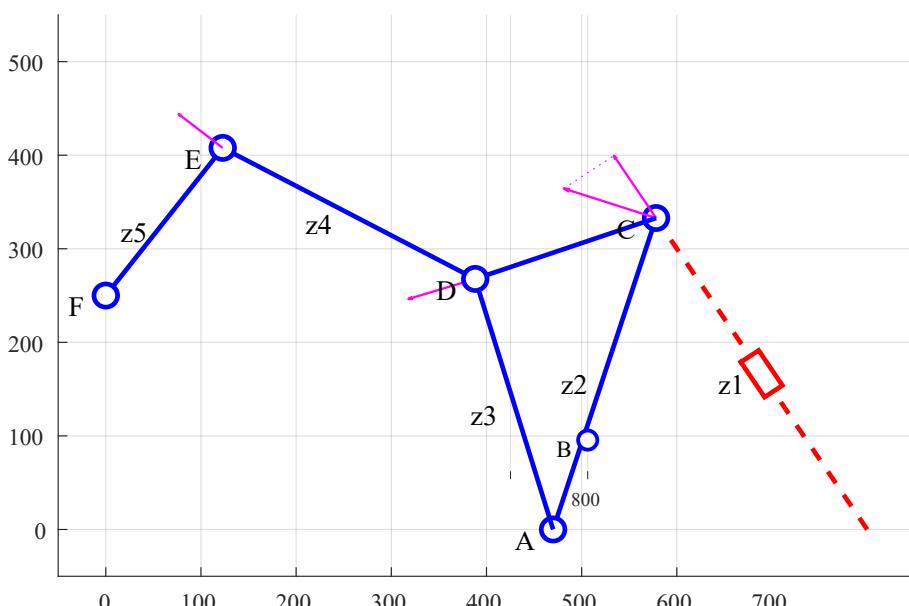
$$\begin{aligned}
 A &= (470,0) \text{ mm} \\
 B &= (800,0) \text{ mm} \\
 F &= (0,250) \text{ mm} \\
 a_2 &= AC = 350 \text{ mm} \\
 a_3 &= AD = 280 \text{ mm} \\
 a_4 &= DE = 300 \text{ mm} \\
 a_5 &= EF = 200 \text{ mm} \\
 q &= a_1 = BC = 400 \text{ mm} \\
 q\dot{o} &= 80 \text{ mm/s} \\
 F &= 200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Si richiede di effettuare:

- l'analisi cinematica di posizione (per il meccanismo assemblato come in figura)
- l'analisi cinematica di velocità della 1° maglia
- l'analisi statica

Scrivere la soluzione ANALITICA dettagliata e in bella copia in uno dei fogli a quadretti,  
Riportare qui sotto il poligono dei vettori e in tabella i risultati numerici

Polygono di chiusura



grandezza	valore (una cifra decimale))	
<b>analisi cinematica di posizione (9 punti)</b>		
φ1		deg
φ2		deg
φ3		deg
φ4		deg
φ5		deg
<b>analisi cinematica di velocità (4 punti)</b>		
φ1dot		deg/s
φ2dot		deg/s
<b>analisi statica (2 punti)</b>		
Q		N

### Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$a_1 = 400.0 \text{ mm}$$

$$\phi_1 = 123.7^\circ = 360 - 236.3 = 180 - 56.3 = -180 + 303.7$$

$$\phi_2 = 72.0^\circ = 360 - 288.0 = 180 - 108.0 = -180 + 252.0$$

$$\phi_3 = 107.0^\circ = 360 - 253.0 = 180 - 73.0 = -180 + 287.0$$

$$\phi_4 = 152.2^\circ = 360 - 207.8 = 180 - 27.8 = -180 + 332.2$$

$$\phi_5 = 232.1^\circ = 360 - 127.9 = 180 + 52.1 = -180 + 412.1$$

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

$$C = (578.2, 332.9) \text{ mm}$$

$$D = (388.2, 267.8) \text{ mm}$$

$$E = (122.9, 407.8) \text{ mm}$$

### Analisi Cinematica di VELOCITA'

$$a_1dot = 80.0 \text{ mm/s}$$

$$\phi_1dot = 9.1^\circ/\text{s}$$

$$\phi_2dot = 16.7^\circ/\text{s}$$

$$\phi_3dot = 16.7^\circ/\text{s}$$

$$\phi_4dot = -12.9^\circ/\text{s}$$

$$\phi_5dot = -16.8^\circ/\text{s}$$

$$xdotD = -78.0 \text{ mm/s}$$

$$ydotD = -23.8 \text{ mm/s}$$

### Analisi STATICÀ

$$forceDx = -181.3 \text{ N}$$

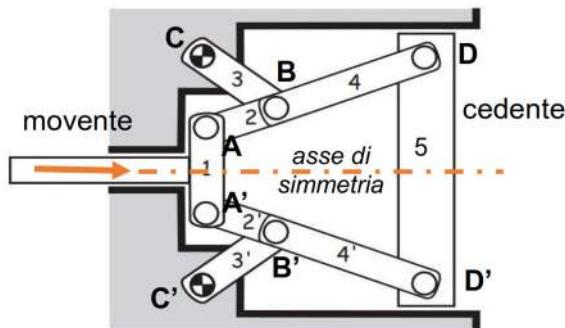
$$forceDy = -84.5 \text{ N}$$

$$forceQ = -201.9 \text{ Nm}$$

## 3) Analisi di un meccanismo con il metodo di Assur

[9 punti]

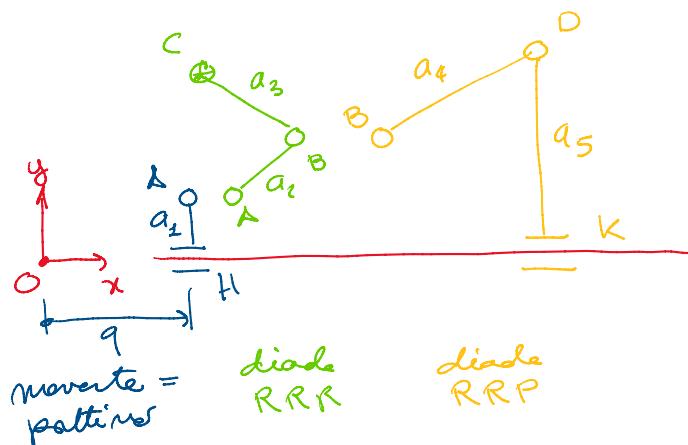
La figura mostra un meccanismo a ginocchiera in cui il movente è rappresentato dal pistone 1 e il cedente dal membro 5. Si noti che il meccanismo è simmetrico rispetto ad un asse orizzontale.



Per la sola metà superiore del meccanismo:

- 1) effettuare la scomposizione in diadi
- 2) identificare le costanti geometriche del meccanismo
- 3) scrivere il codice (pseudo-Matlab) per l'analisi cinematica di posizione

## SCOMPOSIZIONE IN DIADI



## COSTANTI GEOMETRICHE

C coordinate puro a telai

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$  lunghezza dei membri (scrab lo schizzo!)

$\alpha = 0$  direzione asse di scorrimento coppia pinoincide H, K

## (PSEUDO) CODICE MATLAB

A = complex ( $q, \alpha_5$ )

C = complex ( $x_C, y_C$ )

B = diade RRR (A, C,  $\alpha_2, \alpha_3$ , "dx")

O = complex (0, 0)

$\alpha = 0$

[D, K] = diade RRP (B, O,  $\alpha$ ,  $\alpha_4, \alpha_5$ , "pos")

**2) Analisi di un meccanismo articolato**

**[20 punti]**

**Descrizione.** Il movente del meccanismo è costituito dal pattino F, che scorre orizzontalmente lungo l'asse x. Il bilanciere AB è vincolato a telaio in A ed è collegato al movente tramite la biella BCF. Il pattino E scorre verticalmente lungo l'asse y ed è collegato alla biella CD, che è a sua volta connessa alla biella BCF.

Sulla coppia rotoidale D è presente una forza verticale  $F_D$ , Q rappresenta invece la forza esercitata dall'attuatore.

**Dati numerici.**

$$a_1 = AB = 40 \text{ mm}$$

$$q=a_7=100 \text{ mm}$$

$$a_2 = BC = 25 \text{ mm}$$

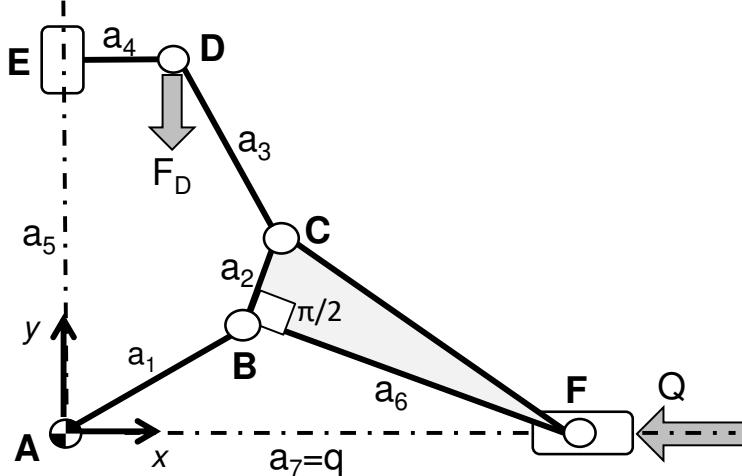
$$\dot{q} = a_7 \dot{q} = -15 \text{ mm/s}$$

$$a_3 = CD = 40 \text{ mm}$$

$$F_D = 140 \text{ N}$$

$$a_4 = DE = 20 \text{ mm}$$

$$a_5 = BF = 70 \text{ mm}$$



*NB: meccanismo NON in scala*

Si richiede di effettuare:

- a) l'analisi cinematica di posizione (per il meccanismo assemblato come in figura)
- b) l'analisi cinematica di velocità
- c) l'analisi statica

Scrivere la soluzione ANALITICA dettagliata e in bella copia in uno dei fogli a quadretti,  
Riportare di fianco i risultati NUMERICI e il poligono dei vettori.

## Compito del 2022\_09

Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$xF = 100.0 \text{ mm}$$

$$\phi_1 = 33.1^\circ = 360 - 326.9 = 180 - 146.9 = -180 + 213.1$$

$$\phi_2 = 71.8^\circ = 360 - 288.2 = 180 - 108.2 = -180 + 251.8$$

$$\phi_3 = 122.2^\circ = 360 - 237.8 = 180 - 57.8 = -180 + 302.2$$

$$\phi_6 = 341.8^\circ = 360 - 18.2 = 180 + 161.8 = -180 + 521.8$$

$$y_E = 79.5 \text{ mm}$$

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

$$B = (33.5, 21.9) \text{ mm}$$

$$C = (41.3, 45.6) \text{ mm}$$

$$D = (20.0, 79.5) \text{ mm}$$

Analisi Cinematica di VELOCITA'

$$xF_{dot} = -15.0 \text{ mm/s}$$

$$\phi_1_{dot} = 26.1^\circ/\text{s}$$

$$\phi_2_{dot} = -13.2^\circ/\text{s}$$

$$\phi_3_{dot} = -7.6^\circ/\text{s}$$

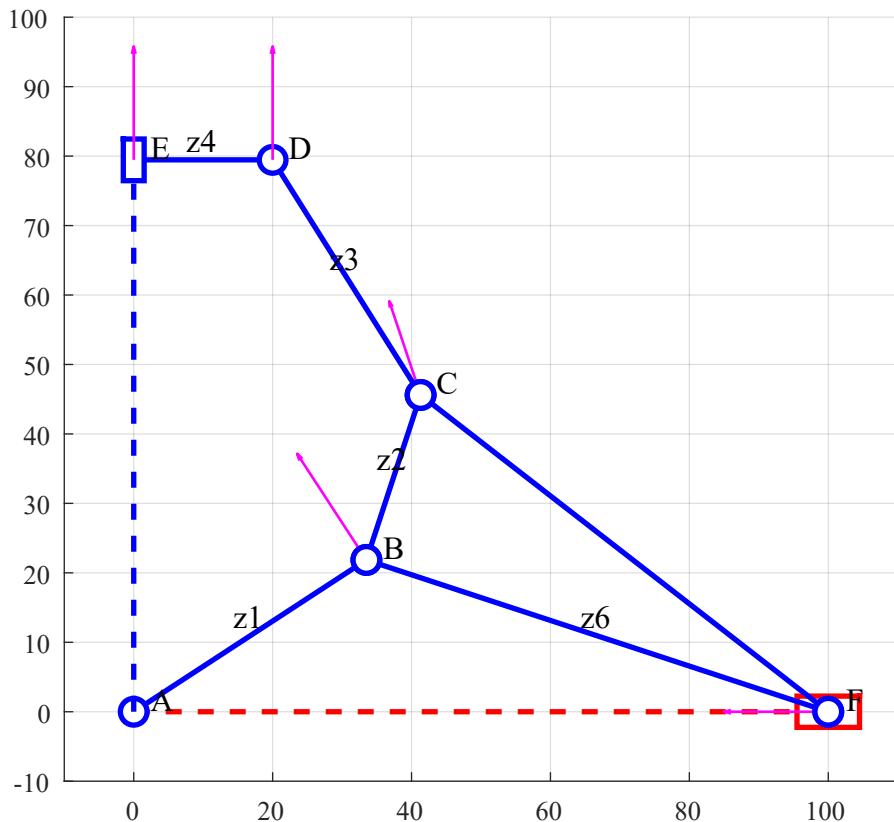
$$\phi_6_{dot} = -13.2^\circ/\text{s}$$

$$y_E_{dot} = 16.3 \text{ mm/s}$$

Analisi STATICÀ

$$\text{forceFD} = 140.0 \text{ N}$$

$$\text{forceQ} = 152.5 \text{ N}$$

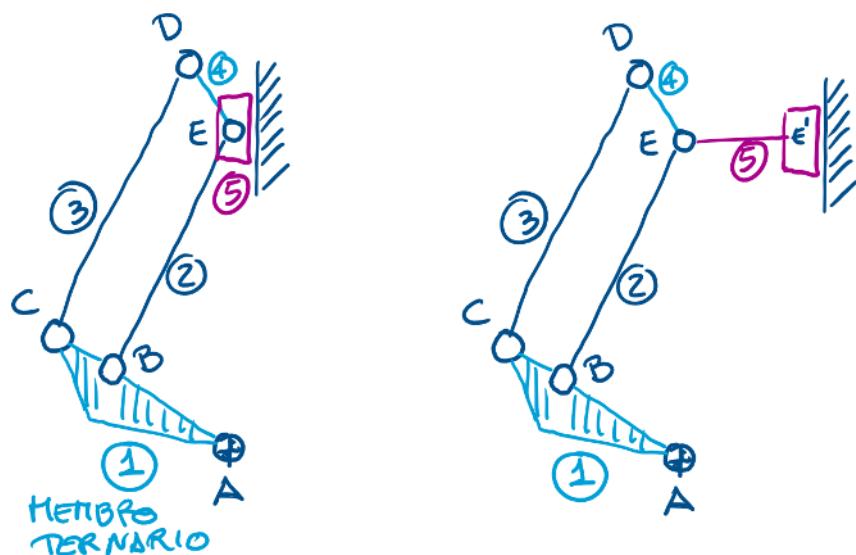
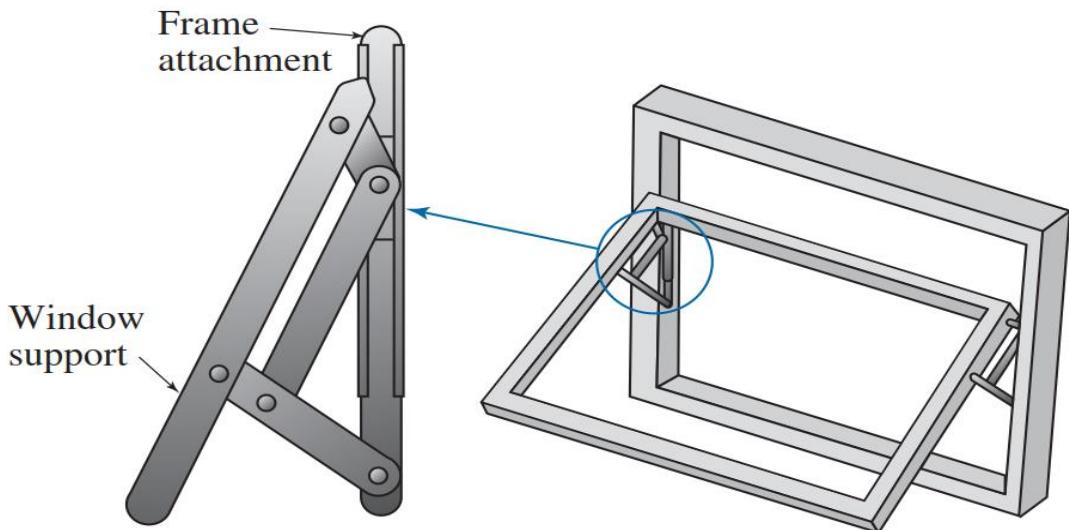


3) Analisi del meccanismo di guida di una finestra

[6 punti]

a) disegnare lo schema cinematico del meccanismo

b) calcolare il numero di gradi di libertà tramie l'equazione di Grubler



$$\text{CORPI} \quad m = 5 + \text{TERARIO} \quad (\text{ESCALAERO})$$

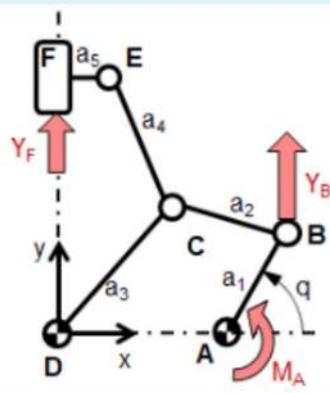
$$\text{GRPIE ROTOIDALI} \quad R = A + B + C + D + E \times 2 = 6$$

$$\text{GRPIE PRISMATICHE} \quad P = E = 1$$

$$\text{GDL} \quad m = 3(m - 1) - 2R - 2P$$

$$m = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 6 - 2 \cdot 1 = 1$$

Il movente del meccanismo mostrato in figura è rappresentato dalla manovella  $AB$ , che è connessa alla biella  $BC$  e al bilanciere  $CD$ , a sua volta collegato al telaio in  $D$ . Una seconda biella  $CE$  collega il meccanismo al membro  $EF$ , che è vincolato a scorrere lungo l'asse verticale dalla presenza del pattino  $F$ . Sulla manovella  $AB$  agisce una coppia  $M_A$ , in  $B$  è presente una forza verticale  $Y_B$ , mentre in  $F$  è presente una forza verticale  $Y_F$ .



Costanti geometriche

$$\begin{aligned}x_A &= 90 \text{ mm} \\a_1 &= 40 \text{ mm} \\a_2 &= 70 \text{ mm} \\a_3 &= 70 \text{ mm} \\a_4 &= 75 \text{ mm} \\a_5 &= 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nota: schizzo fuori scala

## Soluzione

Inserire qui i risultati con una cifra decimale

### Analisi Cinematica di POSIZIONE (9 punti)

movente  $q = \phi_1 = 60 \text{ deg}$

$$\phi_2 = 162,9 \text{ deg}$$

$$\phi_3 = 232 \text{ deg}$$

$$\phi_4 = 100 \text{ deg}$$

$$y_F = 129 \text{ mm}$$

$$x_C = 43,1 \text{ mm}$$

### Analisi Cinematica di VELOCITA' (9 punti)

movente  $\dot{q} = \dot{\phi}_1 = 20 \text{ deg/s}$

$$\dot{\phi}_2 = -1,7 \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_3 = 11,9 \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_4 = -8,9 \text{ deg/s}$$

$$\dot{y}_B = 7 \text{ mm/s}$$

$$\dot{y}_F = 11 \text{ mm/s}$$

### Analisi STATICÀ (2 punti)

$$Y_F = 260 \text{ N}$$

$$Y_B = 140 \text{ N}$$

$$M_A = -11 \text{ Nm}$$

## Compito del 2021\_02\_pari

Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$\begin{aligned}\text{phi1} &= 60.0^\circ = 360 - 300.0 = 180 - 120.0 = -180 + 240.0 \\ \text{phi2} &= 162.9^\circ = 360 - 197.1 = 180 - 17.1 = -180 + 342.9 \\ \text{phi3} &= 232.0^\circ = 360 - 128.0 = 180 + 52.0 = -180 + 412.0 \\ \text{phi4} &= 100.0^\circ = 360 - 260.0 = 180 - 80.0 = -180 + 280.0 \\ yF &= 129.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

$$\begin{aligned}B &= (110.0, 34.6) \text{ mm} \\ C &= (43.1, 55.2) \text{ mm} \\ E &= (30.0, 129.0) \text{ mm} \\ F &= (0.0, 129.0) \text{ mm}\end{aligned}$$

Analisi Cinematica di VELOCITA'

$$\begin{aligned}\text{phildot} &= 20.0^\circ/\text{s} \\ \text{phi2dot} &= -1.7^\circ/\text{s} \\ \text{phi3dot} &= 11.9^\circ/\text{s} \\ \text{phi4dot} &= -8.9^\circ/\text{s} \\ yBdot &= 7.0 \text{ mm/s} \\ yFdot &= 11.0 \text{ mm/s}\end{aligned}$$

Analisi STATICHE

$$\begin{aligned}\text{forceYB} &= 140.0 \text{ N} \\ \text{forceYF} &= 260.0 \text{ N} \\ \text{torqueMA} &= -11.0 \text{ Nm}\end{aligned}$$

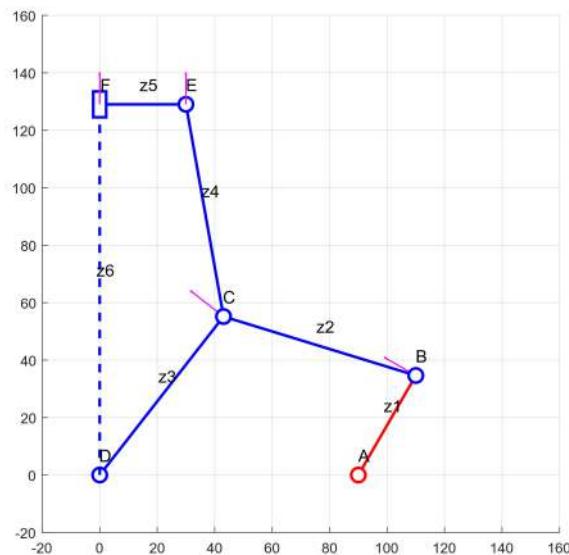
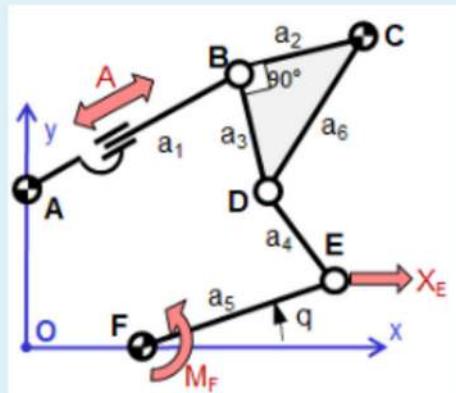


Figura 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

Il movente del meccanismo è costituito dalla manovella ***EF***, che è vincolata al telaio in ***F*** e collegata alla biella ***DE***. Quest'ultima è collegata al bilanciere triangolare ***BCD***, dove l'angolo in ***B*** è retto. Il bilanciere è collegato al telaio in ***C***, mentre la coppia rotoidale ***B*** è collegata alla manovella allungabile ***AB***. Su quest'ultima agisce una forza assiale ***A*** (positiva quando tende ad allontanare le estremità), sono inoltre presenti una coppia ***M<sub>F</sub>*** applicata al bilanciere ***EF*** ed una forza orizzontale ***X<sub>E</sub>*** in corrispondenza della coppia rotoidale ***E***.



### Costanti geometriche

$y_A = 50 \text{ mm}$	$x_F = 100 \text{ mm}$
$x_C = 170 \text{ mm}$	$y_C = 150 \text{ mm}$
$a_2 = 50 \text{ mm}$	$a_3 = 50 \text{ mm}$
$a_4 = 70 \text{ mm}$	$a_5 = 45 \text{ mm}$

### Soluzione

Inserire qui i risultati con una cifra decimale

#### Analisi Cinematica di POSIZIONE (9 punti)

movente  $q = \phi_5 = 45 \text{ deg}$

$$a_1 = 156,7 \text{ mm}$$

$$\phi_1 = 40 \text{ deg}$$

$$\phi_2 = 359,2 \text{ deg}$$

$$\phi_3 = 269,2 \text{ deg}$$

$$\phi_4 = 280,3 \text{ deg}$$

#### Analisi Cinematica di VELOCITA' (9 punti)

movente  $\dot{q} = \dot{\phi}_5 = 30 \text{ deg/s}$

$$\dot{a}_1 = 10,8 \text{ mm/s}$$

$$\dot{\phi}_1 = 4,6 \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_2 = -18,9 \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_4 = -0,3 \text{ deg/s}$$

$$\dot{x}_E = -16,7 \text{ mm/s}$$

#### Analisi STATICÀ (2 punti)

$$A = 150 \text{ N}$$

$$X_E = -280 \text{ N}$$

$$M_F = -12 \text{ Nm}$$

## Compito del 2021\_02\_dispari

Analisi Cinematica di POSIZIONE

a1 = 156.7 mm  
phi1 = 40.0 ° = 360 - 320.0 = 180 - 140.0 = -180 + 220.0  
phi2 = 359.2 ° = 360 - 0.8 = 180 + 179.2 = -180 + 539.2  
phi3 = 269.2 ° = 360 - 90.8 = 180 + 89.2 = -180 + 449.2  
phi4 = 280.3 ° = 360 - 79.7 = 180 + 100.3 = -180 + 460.3  
phi5 = 225.0 ° = 360 - 135.0 = 180 + 45.0 = -180 + 405.0

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

B = ( 120.0 , 150.7 ) mm  
D = ( 119.3 , 100.7 ) mm  
E = ( 131.8 , 31.8 ) mm

Analisi Cinematica di VELOCITA'

alddot = 10.8 mm/s  
phildot = 4.6 °/s  
phi2dot = -18.9 °/s  
phi4dot = -0.3 °/s  
phi5dot = 30.0 °/s  
xdotE = -16.7 mm/s

Analisi STATICÀ

forceA = 150.0 N  
forceXE = -280.0 N  
torqueMF = -12.0 Nm

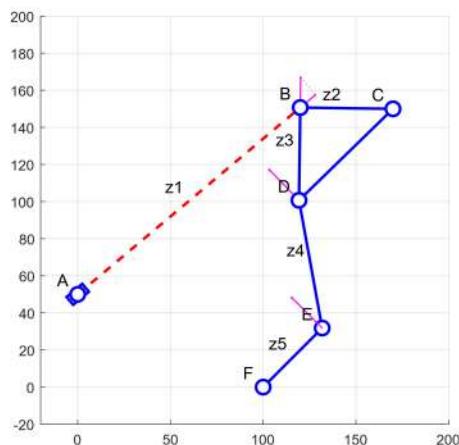
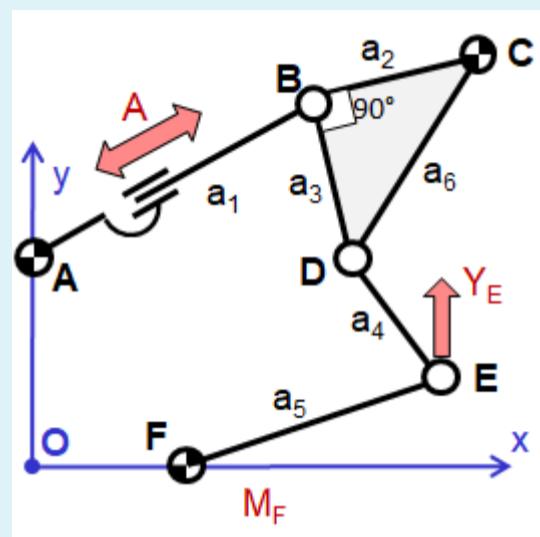


Figura 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

Domanda 1  
Risposta non ancora data

Il movente del meccanismo è costituito dalla manovella allungabile  $AB$  vincolata al telaio in  $A$  e collegata al bilanciere triangolare  $BCD$ , per il quale l'angolo in  $B$  è retto. Il bilanciere è a sua volta collegato al telaio in  $C$ , nonché alla biella  $DE$ , che tramite il bilanciere  $EF$  consente un ulteriore collegamento al telaio.

Sulla manovella allungabile agisce una forza assiale  $A$  (positiva quando tende ad allontanare le estremità), sono inoltre presenti una coppia  $M_F$  applicata al bilanciere  $EF$  ed una forza verticale  $Y_E$  in corrispondenza della coppia rotoidale  $EE$ .



NB: disegno NON in scala

### Costanti geometriche

$$\begin{array}{ll} y_A = 50 \text{ mm} & a_2 = 50 \text{ mm} \\ x_F = 100 \text{ mm} & a_3 = 50 \text{ mm} \\ x_C = 180 \text{ mm} & a_4 = 90 \text{ mm} \\ y_C = 150 \text{ mm} & a_5 = 70 \text{ mm} \end{array}$$

### Soluzione

Inserire qui i risultati con una cifra decimale

#### Analisi Cinematica di POSIZIONE (9 punti)

movente  $q = a_1 = 159$

$\phi_1 =$   deg

$\phi_2 =$   deg

$\phi_3 =$   deg

$\phi_4 =$   deg

$\phi_5 =$   deg

#### Analisi Cinematica di VELOCITA' (9 punti)

movente  $\dot{q} = \dot{a}_1 = 9 \text{ mm/s}$

$\dot{\phi}_1 =$   deg/s

$\dot{\phi}_2 =$   deg/s

$\dot{\phi}_3 =$   deg/s

$\dot{\phi}_4 =$   deg/s

$\dot{\phi}_5 =$   deg/s

#### Analisi STATICA (2 punti)

$$Y_E = 304 \text{ N}$$

$$M_F = 20 \text{ Nm}$$

$$A =$$
  N

---

## Compito del 2021\_01\_pari

Analisi Cinematica di POSIZIONE

```
a1 = 159.0 mm
phi1 = 34.5 ° = 360-325.5 = 180-145.5 = -180+214.5
phi2 = 11.4 ° = 360-348.6 = 180-168.6 = -180+191.4
phi3 = 281.4 ° = 360 -78.6 = 180+101.4 = -180+461.4
phi4 = 288.7 ° = 360 -71.3 = 180+108.7 = -180+468.7
phi5 = 184.8 ° = 360-175.2 = 180 +4.8 = -180+364.8
```

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

```
B = ( 131.0 , 140.1 ) mm
D = ( 140.8 , 91.1 ) mm
E = ( 169.8 , 5.9 ) mm
```

Analisi Cinematica di VELOCITA'

```
alddot = 9.0 mm/s
phildot = 7.6 °/s
phi2dot = -26.2 °/s
phi4dot = 16.6 °/s
phi5dot = 21.6 °/s
```

Analisi STATICÀ

```
forceA = -50.0 N
torqueMF = -20.0 Nm
forceYE = 303.8 N
```

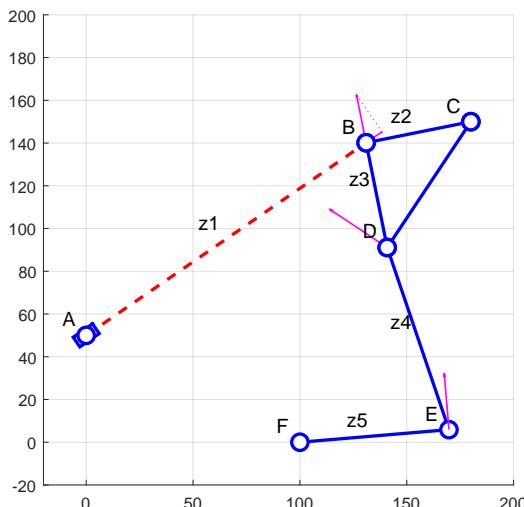
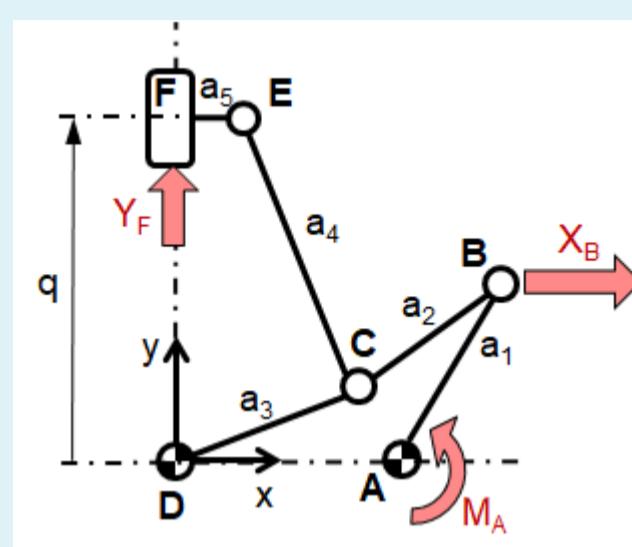


Figura 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

Domanda 1  
Risposta non ancora data

Il movente del meccanismo è costituito dal pattino  $F$  che scorre lungo l'asse coordinato  $y$  ed è connesso alla biella  $EC$ . La coppia rotoidale  $C$  connette il meccanismo a telaio attraverso il bilanciere  $CD$ , nonché attraverso i due membri articolati  $BC$  e  $BA$ .

Sulla manovella  $AB$  agisce una coppia  $M_A$ , in  $B$  è presente una forza orizzontale  $X_B$ , mentre in  $F$  è presente una forza verticale  $X_F$ .



### Costanti geometriche

$$x_A = 90 \text{ mm}$$

$$a_1 = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 70 \text{ mm}$$

$$a_3 = 70 \text{ mm}$$

$$a_4 = 119 \text{ mm}$$

$$a_5 = 22 \text{ mm}$$

### Soluzione

Inserire qui i risultati con una cifra decimale

#### Analisi Cinematica di POSIZIONE (9 punti)

movente  $q = y_F = 123 \text{ mm}$

$$\phi_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg}$$

$$\phi_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg}$$

$$\phi_3 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg}$$

$$\phi_4 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg}$$

$$x_B = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm}$$

#### Analisi Cinematica di VELOCITA' (9 punti)

movente  $\dot{q} = \dot{y}_F = -85 \text{ mm/s}$

$$\dot{\phi}_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_3 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_4 = \boxed{\phantom{000}} \text{ deg/s}$$

$$\dot{x}_B = \boxed{\phantom{000}} \text{ mm/s}$$

#### Analisi STATICA (2 punti)

$$M_A = 12 \text{ Nm}$$

$$X_B = 99 \text{ N}$$

$$Y_F = \boxed{\phantom{000}} \text{ N}$$

---

## Compito del 2021\_01\_dispari

Analisi Cinematica di POSIZIONE

phi1 = 45.0 ° = 360-315.0 = 180-135.0 = -180+225.0  
phi2 = 204.4 ° = 360-155.6 = 180 +24.4 = -180+384.4  
phi3 = 191.1 ° = 360-168.9 = 180 +11.1 = -180+371.1  
phi4 = 113.1 ° = 360-246.9 = 180 -66.9 = -180+293.1  
yF = 123.0 mm

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

B = ( 132.4 , 42.4 ) mm  
C = ( 68.7 , 13.5 ) mm  
E = ( 22.0 , 123.0 ) mm  
F = ( 0.0 , 123.0 ) mm

Analisi Cinematica di VELOCITA'

phildot = 50.0 °/s  
phi2dot = 103.8 °/s  
phi3dot = -65.4 °/s  
phi4dot = 8.1 °/s  
xBdot = -37.0 mm/s  
yFdot = -85.0 mm/s

Analisi STATICHE

torqueMA = 12.0 Nm  
forceYF = 80.0 N  
forceXB = 99.1 N

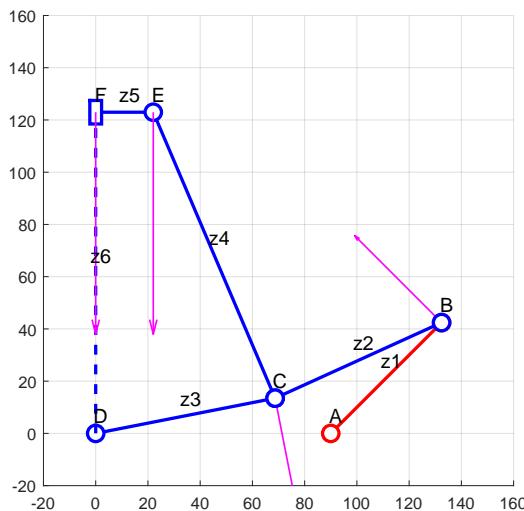
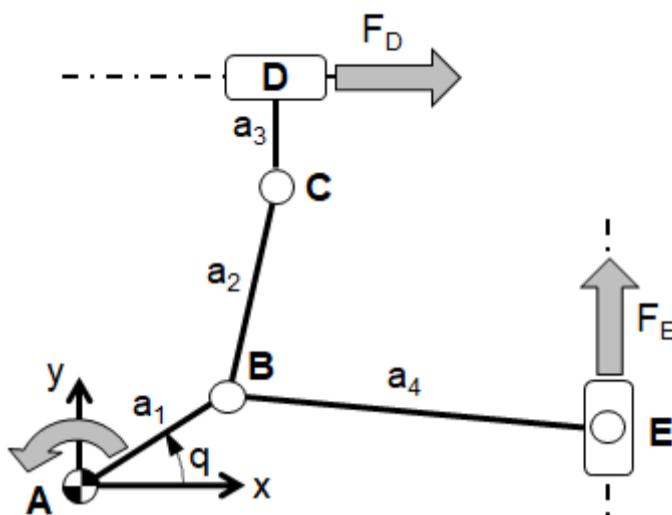


Figura 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

Domanda 1  
Risposta non ancora data  
Punteggio max.: 21,00

Il meccanismo mostrato in figura è composto dalla manovella  $AB$  vincolata al telaio in  $A$  e collegata alla biella  $BC$ , a sua volta connessa al pattino  $D$  che scorre lungo un asse orizzontale. La manovella è inoltre collegata alla biella  $BE$ , a sua volta connessa tramite la coppia rotoidale  $E$  ad un pattino che scorre lungo un asse verticale. Sul pattini agiscono rispettivamente le forze  $F_D$  ed  $F_E$ , l'equilibrio è garantito dalla coppia  $Q$  agente sulla manovella, la cui rotazione  $q = \dot{\phi}_1$  è assegnata quale coordinata indipendente.



### Dati del problema

$$\begin{array}{ll} q = \phi_1 = 30 \text{ deg} & \dot{q} = \dot{\phi}_1 = 50 \text{ deg/s} \\ a_1 = AB = 60 \text{ mm} & y_D = 170 \text{ mm} \\ a_2 = BC = 120 \text{ mm} & x_E = 200 \text{ mm} \\ a_3 = CD = 50 \text{ mm} & F_D = 200 \text{ N} \\ a_4 = BE = 180 \text{ mm} & F_E = 300 \text{ N} \end{array}$$

### Soluzione

Inserire qui i risultati con una cifra decimale

#### Analisi Cinematica di POSIZIONE (9 punti)

$$\phi_2 = \boxed{\quad} \text{ deg}$$

$$\phi_4 = \boxed{\quad} \text{ deg}$$

$$x_D = \boxed{\quad} \text{ mm}$$

$$y_E = \boxed{\quad} \text{ mm}$$

#### Analisi Cinematica di VELOCITA' (9 punti)

$$\dot{\phi}_2 = \boxed{\quad} \text{ deg/s}$$

$$\dot{\phi}_4 = \boxed{\quad} \text{ deg/s}$$

$$\dot{x}_D = \boxed{\quad} \text{ mm/s}$$

$$\dot{y}_E = \boxed{\quad} \text{ mm/s}$$

#### Analisi STATICHE (3 punti)

$$Q = \boxed{\quad} \text{ Nm}$$

[Ricomincia](#) [Salva](#) [Inserisci le risposte esatte](#) [Invia e termina](#) [Chiudi anteprima](#)

[Informazioni tecniche](#)

[Esporta la domanda nel formato Moodle XML](#)

[Minimizza tutto](#)

[Opzioni per il tentativo](#)

---

## Compito del 2020\_09 - SOLUZIONE per k =2

Movente q = phil

Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$\text{phil} = 30.0^\circ = 360 - 330.0 = 180 - 150.0 = -180 + 210.0$$

$$\text{phi2} = 48.6^\circ = 360 - 311.4 = 180 - 131.4 = -180 + 228.6$$

$$\text{phi4} = 325.3^\circ = 360 - 34.7 = 180 + 145.3 = -180 + 505.3$$

$$xD = 131.3 \text{ mm}$$

$$yE = -72.4 \text{ mm}$$

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

$$B = (52.0, 30.0) \text{ mm}$$

$$C = (131.3, 120.0) \text{ mm}$$

$$D = (131.3, 170.0) \text{ mm}$$

$$E = (200.0, -72.4) \text{ mm}$$

Analisi Cinematica di VELOCITA'

$$\text{phildot} = 50.0^\circ/\text{s}$$

$$\text{phi2dot} = -32.7^\circ/\text{s}$$

$$\text{phi4dot} = 14.6^\circ/\text{s}$$

$$xDdot = 25.2 \text{ mm/s}$$

$$yEdot = 83.2 \text{ mm/s}$$

Analisi STATICÀ

$$\text{forceFD} = 200.0 \text{ N}$$

$$\text{forceFE} = 300.0 \text{ N}$$

$$\text{torqueQ} = -34.4 \text{ Nm}$$

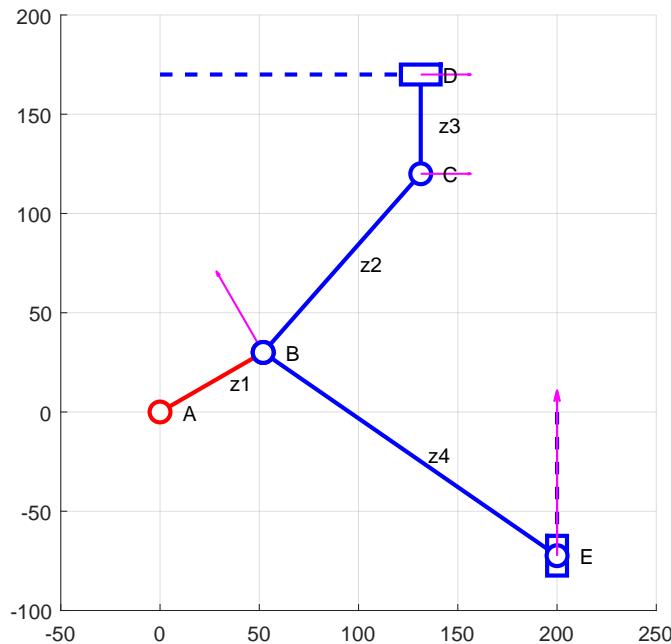
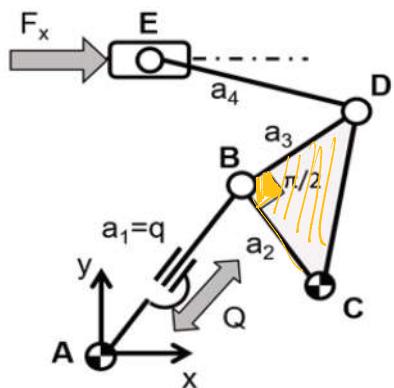


Figura 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

2020.07



Dati del problema

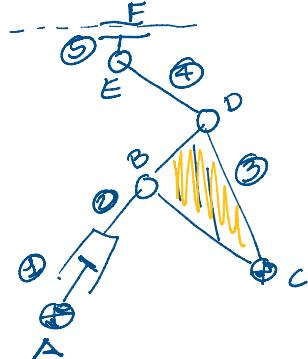
$$\begin{aligned} q &= a_1 = 130 \text{ mm} \\ x_C &= 180 \text{ mm} \\ y_C &= 40 \text{ mm} \\ y_E &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{q} &= -60 \text{ mm/s} \\ a_2 &= BC = 70 \text{ mm} \\ a_3 &= BD = 70 \text{ mm} \\ a_4 &= DE = 190 \text{ mm} \end{aligned}$$

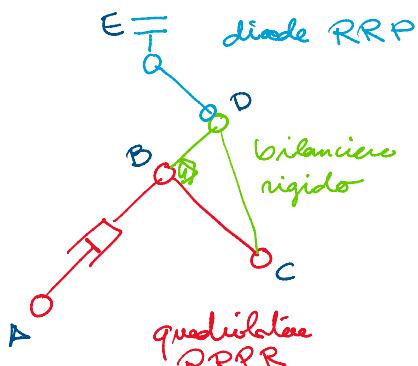
l'angolo in B del membro BCD è retto

$$F_x = 210$$

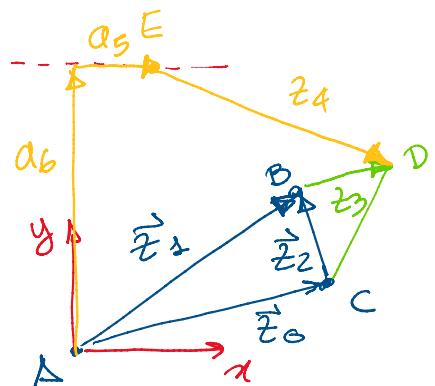
Schema cinematico



Scomposizione in sottomecanismi



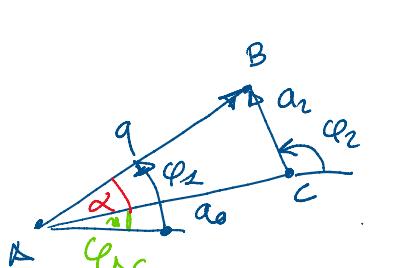
poligono di chiusura



Equazione di Grubler

$$N = 3(6-2) - 2 \cdot 5 - 2 \cdot 2 = 1$$

Quadrilatero RRPR = triangolo allungabile



$$\varphi_{AC} = \arctan \frac{y_C}{x_C} = \arctan \frac{40}{180} = 12.5^\circ$$

$$a_0 = l_{AC} = \sqrt{x_C^2 + y_C^2} = 184.4 \text{ mm}$$

$$a_2^2 = q^2 + l_{AC}^2 - 2q l_{AC} \cos \alpha$$

$$\alpha = \arccos \frac{q^2 + l_{AC}^2 - a_2^2}{2q l_{AC}} = 16.4^\circ$$

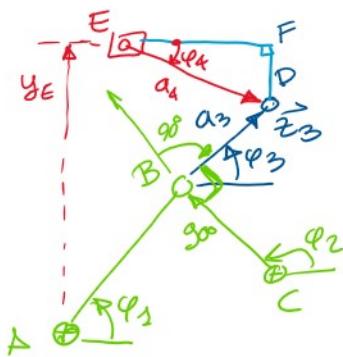
$$\varphi_1 = \varphi_{AC} + \alpha = 28.9^\circ$$

$$x_B = x_A + q \cos \varphi_1 = 130 \cos 28.9^\circ = 113.8$$

$$y_B = y_A + q \sin \varphi_1 = 130 \sin 28.9^\circ = 62.8$$

$$\varphi_2 = \arctan \frac{y_B - y_C}{x_B - x_C} = \arctan \frac{62.8 - 40}{113.8 - 18} = 162^\circ$$

## diade RRP



$$\varphi_3 = \varphi_2 - 90^\circ = 71^\circ$$

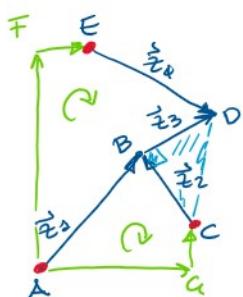
$$x_D = x_B + a_3 \cos \varphi_3 = 113.8 + 70 \cos 71^\circ = 136.6 \text{ mm}$$

$$y_D = y_B + a_3 \sin \varphi_3 = 62.8 + 70 \sin 71^\circ = 129.0 \text{ mm}$$

$$\varphi_4 = \arcsin \frac{y_D - y_E}{a_4} = \arcsin \frac{129.0 - 180}{190} = -15.6^\circ$$

$$x_E = x_D - a_4 \cos \varphi_4 = 136.6 - 190 \cos 15.6^\circ = -46.4 \text{ mm}$$

## Analisi di velocità



$$C = A + \vec{z}_1 - \vec{z}_2$$

$$E = A + \vec{z}_1 + \vec{z}_3 - \vec{z}_4$$

$$E = C + \vec{z}_2 + \vec{z}_3 - \vec{z}_4$$

ceretta, ma non conviene  
in quanto  $\vec{z}_1$  avrà sia in  
modulo che in fase!

## I maglia

$$\begin{cases} x_C = x_A + q \cos \varphi_1 - a_2 \cos \varphi_2 \\ y_C = y_A + q \sin \varphi_1 - a_2 \sin \varphi_2 \end{cases}$$

$$0 = \dot{q} \cos \varphi_1 - q \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi} = 0$$

$$0 = \dot{q} \sin \varphi_1 + q \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = 0$$

$$\begin{bmatrix} -q \sin \varphi_1 & a_2 \sin \varphi_2 \\ q \cos \varphi_1 & -a_2 \cos \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \cos \varphi_1 \\ \sin \varphi_1 \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_2 q \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 - a_2 q \cos \varphi_1 \sin \varphi_2} \begin{bmatrix} +a_2 \cos \varphi_2 + a_2 \sin \varphi_2 \\ +q \cos \varphi_1 + q \sin \varphi_1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \cos \varphi_1 \\ \sin \varphi_1 \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{a_2 q \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \begin{Bmatrix} a_2 \cos \varphi_2 \cos \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2 \sin \varphi_1 \\ q \cos^2 \varphi_1 + q \sin^2 \varphi_1 \end{Bmatrix} \dot{q}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}{q \sin(\varphi_2 - \varphi_1)} \dot{q} = \frac{\dot{q}}{q \operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{-60}{130 \cdot \operatorname{tg}(28.9^\circ - 161^\circ)} = -0.417 \text{ rad/s} = -23.9^\circ/\text{s}$$

$$\dot{\varphi}_2 = \frac{\dot{q}}{a_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} = \frac{-60}{70 \sin(28.9^\circ - 161^\circ)} = 1.15 \frac{\text{rad}}{5} = 66.2^\circ/\text{s}$$

## II maglie

$$E = C + \vec{z}_2 + \vec{z}_3 - \vec{z}_4$$

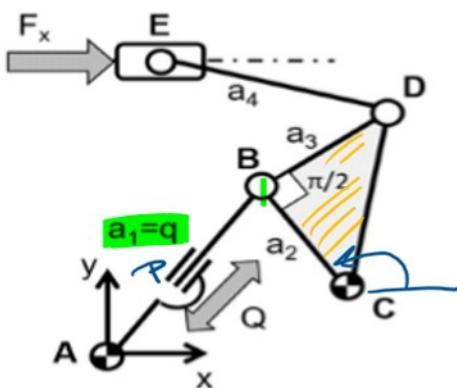
$$\begin{cases} x_E = x_C + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3 - a_4 \cos \varphi_4 \\ y_E = y_C + a_2 \sin \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_3 - a_4 \sin \varphi_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{x}_E = -a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 - a_3 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_3 + a_4 \sin \varphi_4 \dot{\varphi}_4 \\ \dot{0} = +a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + a_3 \cos \varphi_3 \dot{\varphi}_3 - a_4 \cos \varphi_4 \dot{\varphi}_4 \end{cases} \quad \dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_3 \quad \text{CORPO RIGIDE!}$$

$$\dot{\varphi}_4 = \frac{(a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3)}{a_4 \cos \varphi_4} \dot{\varphi}_3 = -15.7^\circ/\text{s} = -0.274 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{x}_E = -88.8 \text{ mm/s}$$

## Analisi statica - PLV



$$F_x \delta x_E + Q \delta q = 0$$

$\delta q > 0$  allungamento normale  
 $Q > 0$  situazione "springe" per allungare la estensione

$$\delta x_E = \frac{\partial x_E}{\partial q} \delta q = W_{x_E} \delta q$$

$$F_x W_{x_E} \delta q + Q \delta q = 0$$

$$\text{sistema 1 GDL} \Rightarrow W_{x_E} = \frac{\dot{x}_E}{\dot{q}} = \frac{-88.8}{-60} = 1.48$$

$$Q = -F W_{x_E} = -1.48 \cdot 210 = -311 \text{ N}$$

---

## Compito del 2020\_07 - SOLUZIONE per k=2

Movente q = a1

Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$a1 = 130.0 \text{ mm}$$

$$\phi_{11} = 28.9^\circ = 360 - 331.1 = 180 - 151.1 = -180 + 208.9$$

$$\phi_{12} = 341.0^\circ = 360 - 19.0 = 180 + 161.0 = -180 + 521.0$$

$$\phi_{13} = 71.0^\circ = 360 - 289.0 = 180 - 109.0 = -180 + 251.0$$

$$\phi_{14} = 164.4^\circ = 360 - 195.6 = 180 - 15.6 = -180 + 344.4$$

$$x_E = -46.4 \text{ mm}$$

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

$$B = (113.8, 62.8) \text{ mm}$$

$$C = (180.0, 40.0) \text{ mm}$$

$$D = (136.6, 129.0) \text{ mm}$$

$$E = (-46.4, 180.0) \text{ mm}$$

Analisi Cinematica di VELOCITA'

$$a1dot = -60.0 \text{ mm/s}$$

$$\phi_{11dot} = -23.9^\circ/\text{s}$$

$$\phi_{12dot} = 66.2^\circ/\text{s}$$

$$\phi_{14dot} = -15.7^\circ/\text{s}$$

$$xEdot = -88.8 \text{ mm/s}$$

Analisi STATICÀ

$$forceFx = 210.0 \text{ N}$$

$$forceQ = -310.9 \text{ N}$$

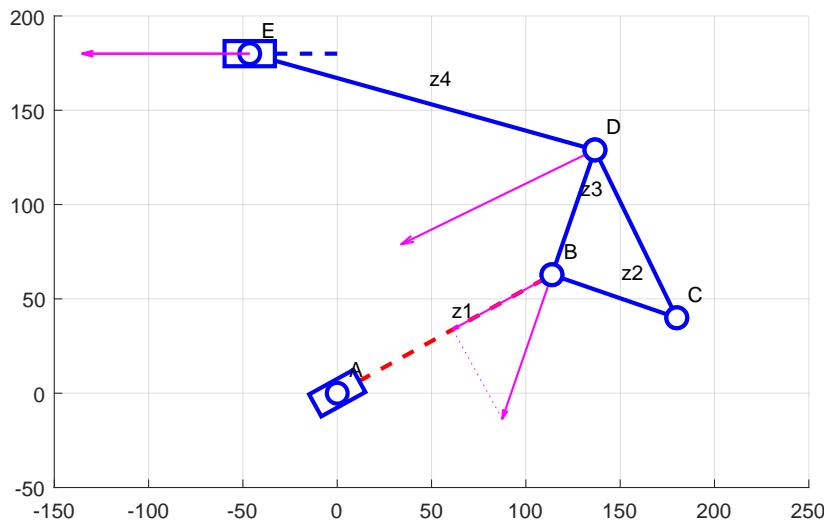


Figura 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

Cognome	Nome	Matricola
---------	------	-----------

Università degli Studi di Padova  
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

Prova Scritta di Meccanica per Bioingegneria - 19 febbraio 2020

tempo a disposizione 2 ore

**1) Analisi di un meccanismo articolato (20 punti)**

**Descrizione.** Il meccanismo mostrato in figura è composto dalla manovella allungabile AB vincolata al telaio in A; l'altra estremità è collegata alla biella BCD, a sua volta connessa al bilanciere DE, il quale è vincolato in E ad una coppia rotoidale e ad un pattino che scorre lungo l'asse coordinato x. Sul pattino agisce la forza orizzontale  $F_x$ , l'equilibrio è garantito dalla forza assiale Q agente sulla manovella allungabile, la cui lunghezza  $q=a_1$  è assegnata quale coordinata indipendente.

**Dati numerici.** Detta k l'ultima cifra del numero di matricola, i dati del problema sono:

$$q=a_1 = 200 + 10k \text{ mm}$$

$$\dot{q} = 100 \text{ mm/s}$$

$$x_C = 280 \text{ mm}$$

$$a_2 = BC = 180 \text{ mm}$$

$$y_C = 70 \text{ mm}$$

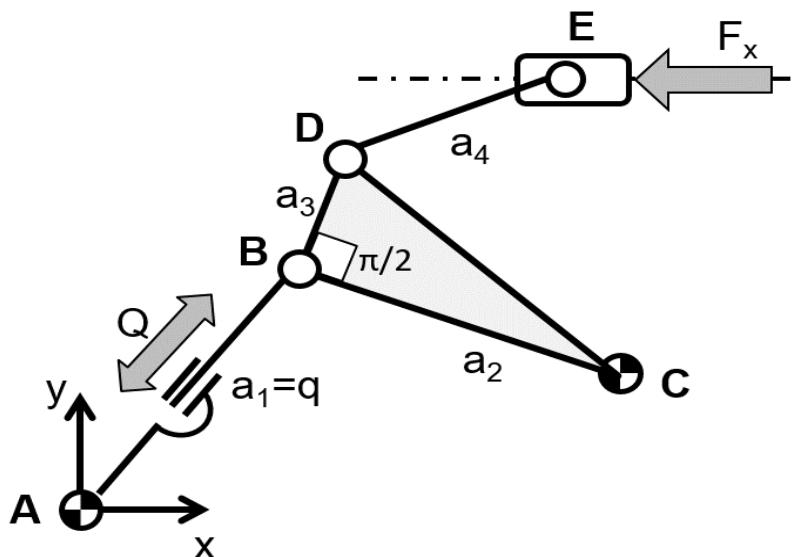
$$a_3 = BD = 90 \text{ mm}$$

$$y_E = 320 \text{ mm}$$

$$a_4 = DE = 220 \text{ mm}$$

l'angolo in B della biella è retto

$$F_x = 200 + 50k \text{ N (orientata verso sinistra)}$$



*NB: meccanismo NON in scala*

Si richiede di effettuare:

- a) l'analisi cinematica di posizione (per il meccanismo assemblato come in figura)
- b) l'analisi cinematica di velocità
- c) l'analisi statica (per convenzione  $Q > 0$  quando l'attuatore è sollecitato a compressione)

Scrivere la soluzione ANALITICA dettagliata e in bella copia in uno dei fogli a quadretti,  
Riportare nel retro del foglio i risultati NUMERICI (con una cifra decimale e rispettando le unità di misura indicate) e il poligono dei vettori.

**Matricola**

analisi cinematica di posizione (9 punti)		
q		mm
$\varphi_1$		deg
$\varphi_2$		deg
$\varphi_3$		deg
$\varphi_4$		deg
$x_E$		mm
analisi cinematica di velocità (9 punti)		
qdot		deg/s
$\varphi_1\text{dot}$		deg/s
$\varphi_2\text{dot}$		deg/s
$\varphi_3\text{dot}$		deg/s
$\varphi_4\text{dot}$		deg/s
$x_E\text{dot}$		mm/s
analisi statica (2 punti)		
Fx		N
Q		N

Poligono di chiusura

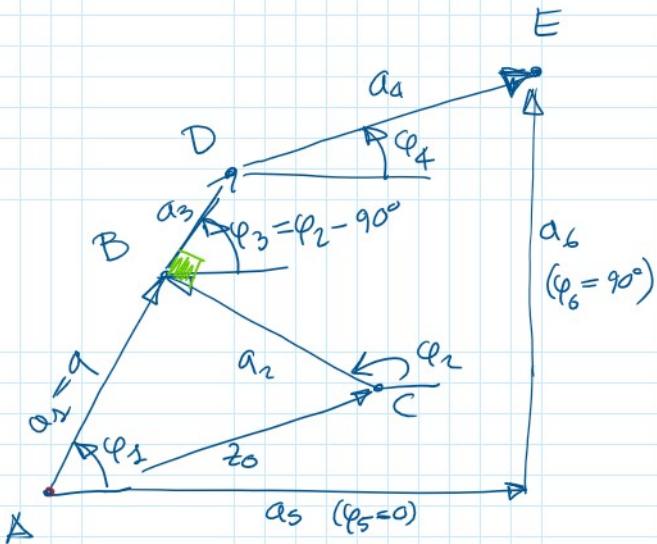
febbraio 2020

mercoledì 19 febbraio 2020 10:38

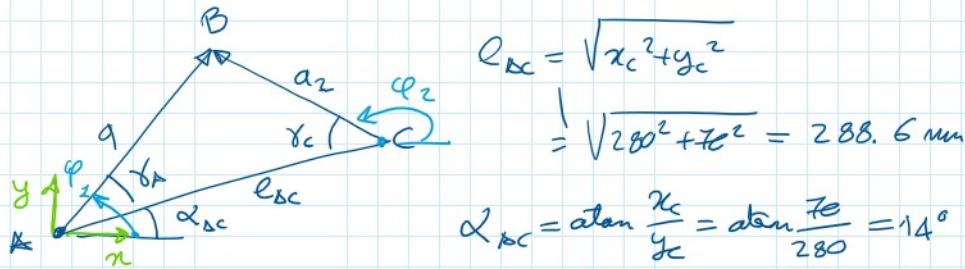
 $R=5$ 

$$q = 250 \text{ mm}$$

$$F_x = -450 \text{ N}$$



## Analisi di posizione



$$a_2^2 = q^2 + l_{dc}^2 - 2ql_{dc} \cos \gamma_d$$

$$\gamma_d = \arccos \frac{q^2 + l_{dc}^2 - a_2^2}{2ql_{dc}} = \arccos \frac{250^2 + 288.6^2 - 180^2}{2 \cdot 288.6 \cdot 250} = \arccos(0.7858)$$

$$\gamma_d = 38.2^\circ$$

$$\varphi_1 = \alpha_{dc} + \gamma_d = 52.2^\circ$$

$$q^2 = a_2^2 + l_{dc}^2 - 2a_2 l_{dc} \cos \gamma_c$$

$$\gamma_c = \arccos \frac{a_2^2 + l_{dc}^2 - q^2}{2a_2 l_{dc}} = \arccos \frac{180^2 + 288.6^2 - 250^2}{2 \cdot 180 \cdot 288.6}$$

$$\gamma_c = \arccos 0.512 = 59.2^\circ$$

$$\varphi_2 = 180^\circ + \alpha_{dc} - \gamma_c = 134.8^\circ$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 - 90^\circ = 44.8^\circ$$

$$D = C + \vec{z}_2 + \vec{z}_3$$

$$x_D = x_C + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3$$

$$\frac{1}{2} 280 + 180 \cos 134.9^\circ + 90 \cos 44.8^\circ = 217 \text{ mm}$$

$$y_D = y_C + a_2 \sin \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_3 = 261.1 \text{ mm}$$

$$\varphi_4 = \arctan \frac{y_E - y_D}{a_4}$$

$$\varphi_4 = \arctan \frac{320 - 261.1}{220} = 15.5^\circ$$

$$x_E = x_D + a_4 \cos \varphi_4 = 428.9 \text{ mm}$$

## ANALISI DI VELOCITA'

1^a MAGLIA ( poligono ABC )

$$\vec{z}_1 - \vec{z}_2 - \vec{z}_0 = \vec{0}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q \cos \varphi_1 - a_2 \cos \varphi_2 - x_c = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q \sin \varphi_1 - a_2 \sin \varphi_2 - y_c = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q \cos \varphi_1 - q \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + a_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = 0 \\ q \sin \varphi_1 + q \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - a_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 = 0 \end{array} \right.$$

$$\begin{bmatrix} -q \sin \varphi_1 & +a_2 \sin \varphi_2 \\ +q \cos \varphi_1 & -a_2 \cos \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \cos \varphi_1 \\ \sin \varphi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q \\ q \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{q a_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \begin{bmatrix} -a_2 \cos \varphi_2 & -a_2 \sin \varphi_2 \\ -q \cos \varphi_1 & -q \sin \varphi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \varphi_1 \\ \sin \varphi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q \\ q \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{q a_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \begin{bmatrix} a_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \\ q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{q}{q} \cot(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{100 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}{250 \text{ mm}} \cot(52.2^\circ - 134.8^\circ) = -0.05 \text{ rad/s}$$

$$\dot{\varphi}_1 = -3^\circ/\text{s}$$

$$\dot{\varphi}_2 = -0.563 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = -32.1^\circ/\text{s}$$



$\varphi_2$  - s -  $\omega = 1$

2<sup>a</sup> MDCU

$$\dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_3$$

$$E = C + z_2 + z_3 + z_4$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_E = x_c + a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3 + a_4 \cos \varphi_4 \\ y_E = y_c + a_2 \sin \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_3 + a_4 \sin \varphi_4 \end{array} \right.$$

$$\ddot{x}_E = -(a_2 \sin \varphi_2 + a_3 \sin \varphi_3) \dot{\varphi}_2 - a_4 \sin \varphi_4 \dot{\varphi}_4$$

$$0 = (a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3) \dot{\varphi}_2 + a_4 \cos \varphi_4 \dot{\varphi}_4$$

$$\dot{\varphi}_4 = - \frac{a_2 \cos \varphi_2 + a_3 \cos \varphi_3}{a_4 \cos \varphi_4} \dot{\varphi}_2$$

$$\dot{\varphi}_4 = - \frac{180 \cdot \cos(134.8^\circ) + 90 \cos(44.8^\circ)}{220 \cos(15.5^\circ)} (-32.1^\circ/s)$$

$$\dot{\varphi}_4 = -9.5^\circ/s$$

$$\ddot{x}_E = -191.1 \dot{\varphi}_2 - 58.8 \dot{\varphi}_4$$

$$= \left( \frac{191.1}{mm} \cdot \frac{32.1}{deg/s} + \frac{58.8}{mm} \cdot \frac{9.5}{deg/s} \right) \frac{\pi}{180} = 117.4 \text{ mm/s}$$

## ANALISI STATICA (P.L.V)

$$Q \delta q - F_x \delta x_E = 0$$

$$\left( Q - F_x \frac{\partial x_E}{\partial q} \right) \delta q = 0$$

$$Q = F_x \frac{\partial x_E}{\partial q}$$

rapporto di  
velocità  $W = \frac{\partial x_E}{\partial q} = \frac{\dot{x}_E}{\dot{q}} = 1.17$

$$Q = 450 \cdot 1.17 = 526 \text{ N}$$

---

## Compito del 2020\_02 - SOLUZIONE per k = 5

Movente q = a1

Analisi Cinematica di POSIZIONE

$$\begin{aligned} a1 &= 250.0 \text{ mm} \\ \phi_{11} &= 52.2^\circ = 360 - 307.8 = 180 - 127.8 = -180 + 232.2 \\ \phi_{12} &= 314.8^\circ = 360 - 45.2 = 180 + 134.8 = -180 + 494.8 \\ \phi_{13} &= 44.8^\circ = 360 - 315.2 = 180 - 135.2 = -180 + 224.8 \\ \phi_{14} &= 15.5^\circ = 360 - 344.5 = 180 - 164.5 = -180 + 195.5 \\ x_E &= 428.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

$$\begin{aligned} B &= (153.1, 197.6) \text{ mm} \\ C &= (280.0, 70.0) \text{ mm} \\ D &= (216.9, 261.1) \text{ mm} \\ E &= (428.9, 320.0) \text{ mm} \end{aligned}$$

Analisi Cinematica di VELOCITA'

$$\begin{aligned} a_{1dot} &= 100.0 \text{ mm/s} \\ \phi_{11dot} &= -3.0^\circ/\text{s} \\ \phi_{12dot} &= -32.1^\circ/\text{s} \\ \phi_{14dot} &= -9.6^\circ/\text{s} \\ x_{Edot} &= 116.9 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

Analisi STATICÀ

$$\begin{aligned} forceFx &= -450.0 \text{ N} \\ forceQ &= 526.0 \text{ N} \end{aligned}$$

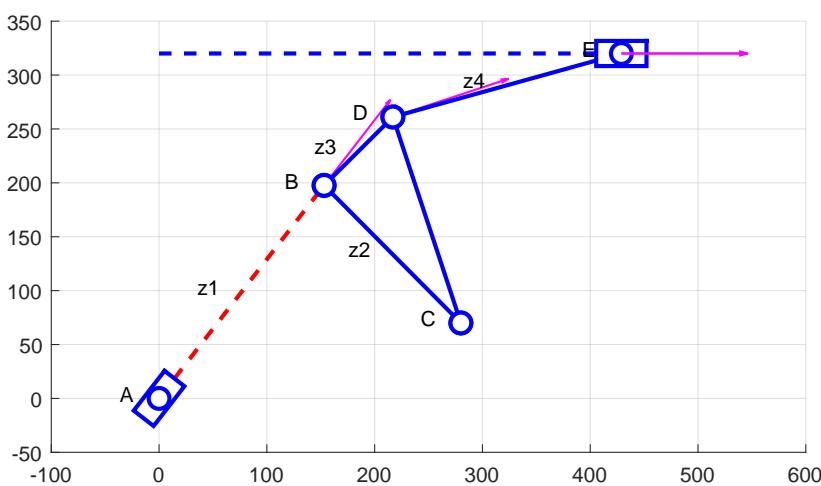


Figura 6. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)

Cognome	Nome	Matricola
---------	------	-----------

Università degli Studi di Padova  
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

Prova Scritta di Meccanica per Bioingegneria - 22 gennaio 2019

tempo a disposizione 2 ore

**1) Analisi di un meccanismo articolato (21 punti)**

**Descrizione.** Il meccanismo mostrato in figura è composto dalla manovella AB vincolata al telaio in A; l'altra estremità è collegata alla biella BCE, a sua volta connessa al bilanciere CD e al bilanciere EF. Il primo bilanciere è collegato al telaio tramite la coppia rotoidale D posta sull'asse coordinato x, il secondo bilanciere è connesso tramite la coppia rotoidale F ad un pattino che scorre lungo l'asse coordinato x. Sul pattino agisce la forza orizzontale  $F_x$ , l'equilibrio è garantito dalla coppia Q agente sulla manovella, la cui rotazione  $q=\varphi_1$  è assegnata quale coordinata indipendente.

**Dati numerici.** Detta k l'ultima cifra del numero di matricola, i dati del problema sono:

$$q=\varphi_1 = 20 + 10k \text{ deg}$$

$$a_1 = AB = 80 \text{ mm}$$

$$a_4 = CE = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = BC = 220 \text{ mm}$$

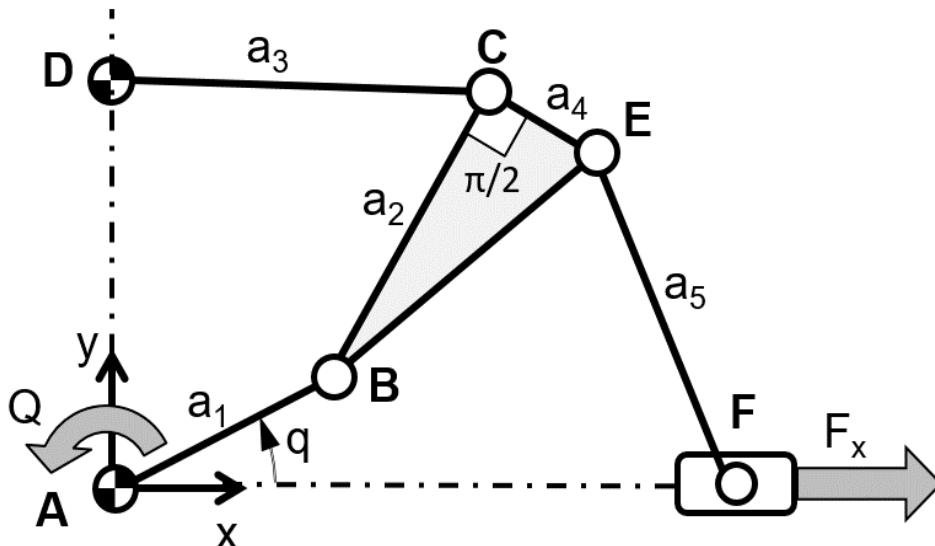
$$a_5 = EF = 240 \text{ mm}$$

$$a_3 = CD = 180 \text{ mm}$$

$$y_D = 300 \text{ mm}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \varphi_{1\dot{}} = 100 \text{ deg/s}$$

$$F_x = 300 + 50k \text{ N}$$



*NB: meccanismo NON in scala*

Si richiede di effettuare:

- a) l'analisi cinematica di posizione (per il meccanismo assemblato come in figura)
- b) l'analisi cinematica di velocità
- c) l'analisi statica

Scrivere la soluzione ANALITICA dettagliata e in bella copia in uno dei fogli a quadretti,

Riportare nel retro del foglio i risultati NUMERICI (con una cifra decimale e rispettando le unità di misura indicate) e il poligono dei vettori.

**Matricola:**

analisi cinematica di posizione (9 punti)		
q		deg
$\varphi_2$		deg
$\varphi_3$		deg
$\varphi_4$		deg
$\varphi_5$		deg
$x_F$		mm
analisi cinematica di velocità (9 punti)		
qdot		deg/s
$\varphi_2\text{dot}$		deg/s
$\varphi_3\text{dot}$		deg/s
$\varphi_4\text{dot}$		deg/s
$\varphi_5\text{dot}$		deg/s
$x_F\text{dot}$		mm/s
analisi statica (3 punti)		
$F_x$		N
Q		Nm

Poligono di chiusura

---

## Compito del 2020\_01 - SOLUZIONE per k=0

Movente q = phil

Analisi Cinematica di POSIZIONE

phil = 20.0 deg = 180-160.0 = 360-340.0  
phi2 = 65.9 deg = 180-114.1 = 360-294.1  
phi3 = 156.5 deg = 180 -23.5 = 360-203.5  
phi4 = 335.9 deg = 180+155.9 = 360 -24.1  
phi5 = 301.9 deg = 180+121.9 = 360 -58.1  
xF = 346.8 mm

Coordinate di punti notevoli (non richieste)

B = ( 75.2 , 27.4 ) mm  
C = ( 165.0 , 228.2 ) mm  
D = ( 0.0 , 300.0 ) mm  
E = ( 219.8 , 203.7 ) mm  
F = ( 346.8 , 0.0 ) mm

Analisi Cinematica di VELOCITA'

phildot = 100.0 deg/s  
phi2dot = -25.0 deg/s  
phi3dot = 31.9 deg/s  
xFdot = -79.8 mm/s

Analisi STATICÀ

forceFx = 300.0 N  
torqueQ = 13.7 Nm

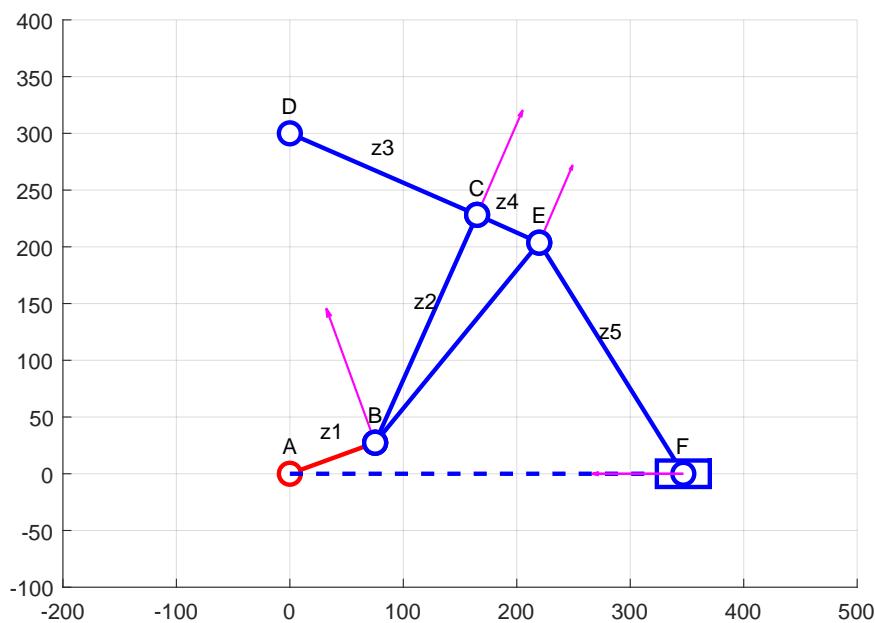


Figure 1. NB: i vettori sono orientati secondo l'ordine alfabetico dei vertici (cioè da A verso B, etc.)