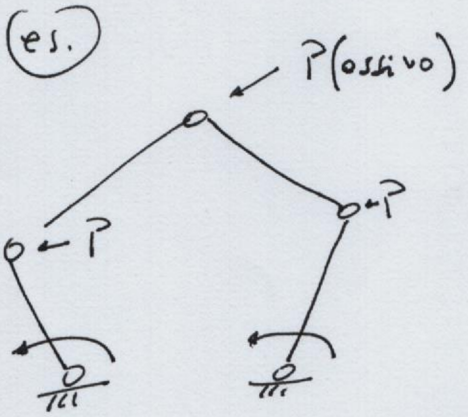
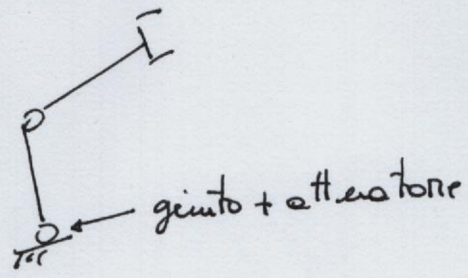
Parallel robots

- molti giunti sono passivi

es.



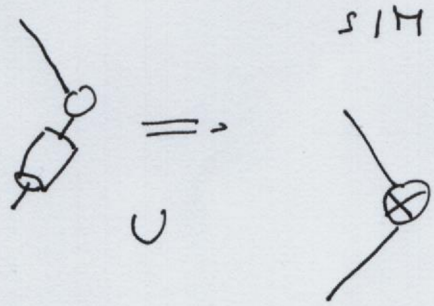
Non avviene così nei robot seriali



- giunti utilizzati

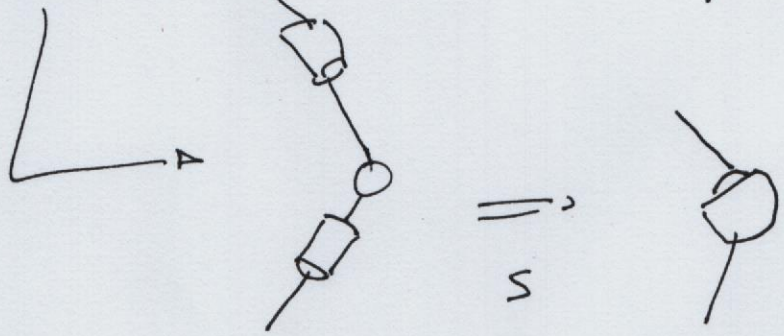
SIMBOLI

- universal joints



2 Dof relativi

- sferical Joints



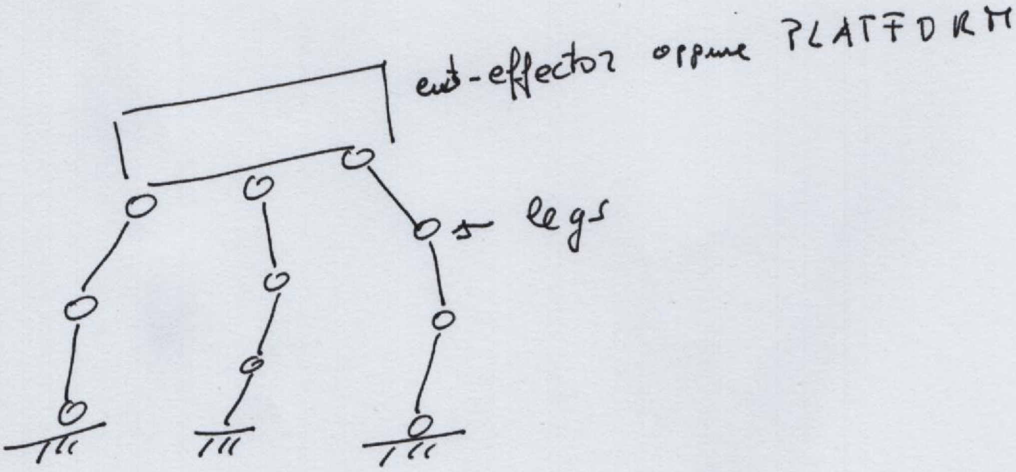
3 Dof relativi

R

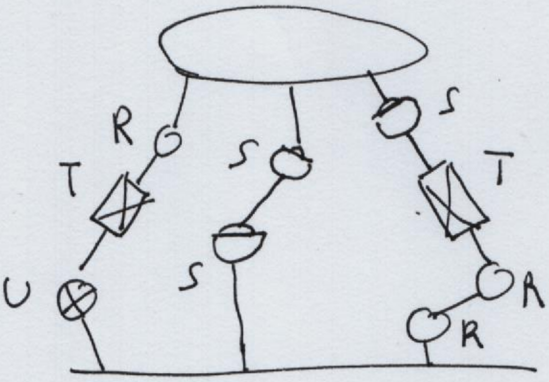
rotational

T

translational



Denominazioni



UTR-SS-RRTS

Gradi di libertà relativi e constraints per ogni joints

$$c_i = \lambda - f_i \quad (1)$$

vincoli di forze

$\lambda = 6$ perché si è nello spazio

f_i classe delle coppie

es. universal $\rightarrow$ $c_i = 6 - 2 = 4$

Grubler equation

$$F = N \cdot 6 - \sum_{i=1}^{n} c_i \quad (2)$$

n n° joints

F GdL robot

N n° corpi rigidi

c_i vincolo introdotti da ogni joints

Elaborando (si sostituisce (1) in (2))

$$F = N \cdot 6 - \sum_{i=1}^{n} (6 - f_i) = (N - n)6 + \sum_{i=1}^{n} f_i$$

- F è anche il numero di attuatori

Per quanto riguarda i robot seriali

$$N = n \implies F = \sum_{i=1}^{n} f_i = n$$

se vi sono solo coppie rotoidali e prismatiche

Esempio applicato al robot (*) visto prima

UTR - SS - RRTS

$$F = 6(N - n) + \sum_{i=1}^{n} f_i =$$

3 giunti sferici

$$= 6(7 - 9) + (5 + 2 + 3 \times 3) = 4$$

non si conta il telaio e contare una volta sola la piattaforma

rotoidali e prismatiche

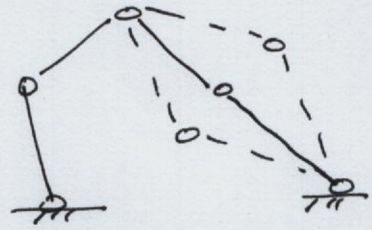
1 universal joints

Vantaggi robot paralleli

- carico
- rigidità => ~~xxx~~ accuracy
- velocità => frequenze di risonanza elevate
- semplicità costruttive

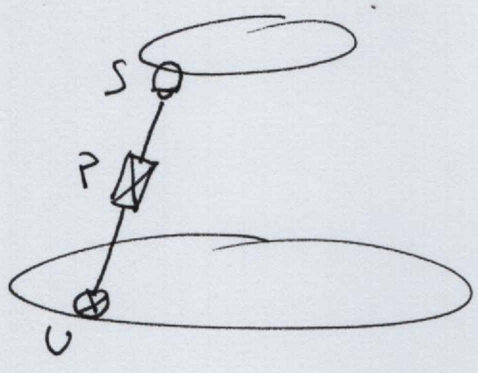
Svantaggi:

- spazio di lavoro limitato
- cinematica complessa
- singolarità => cause failure →



6

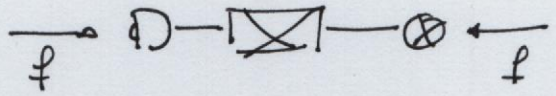
Stewart Platform



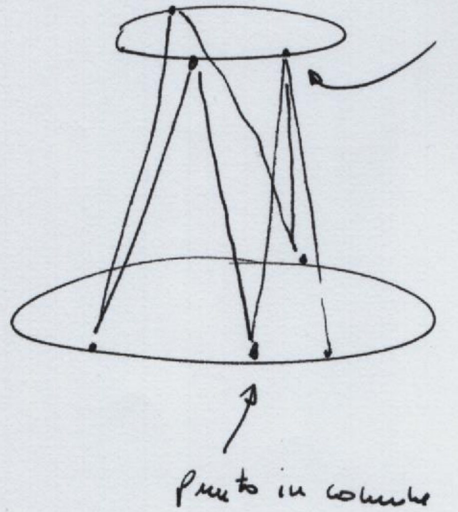
G.D.L.

$$F = 6(12+1-18) + 36 = 6$$

- si usano 6 motori che eseguono la traslazione
  => forza solo longitudinale

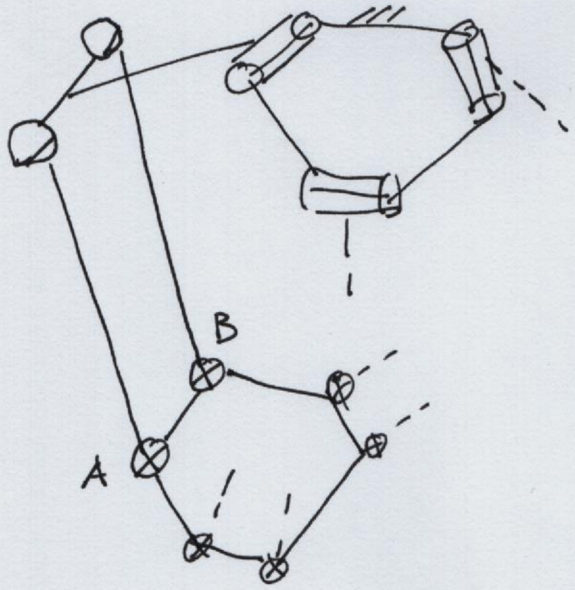


- Configurazione semplificata

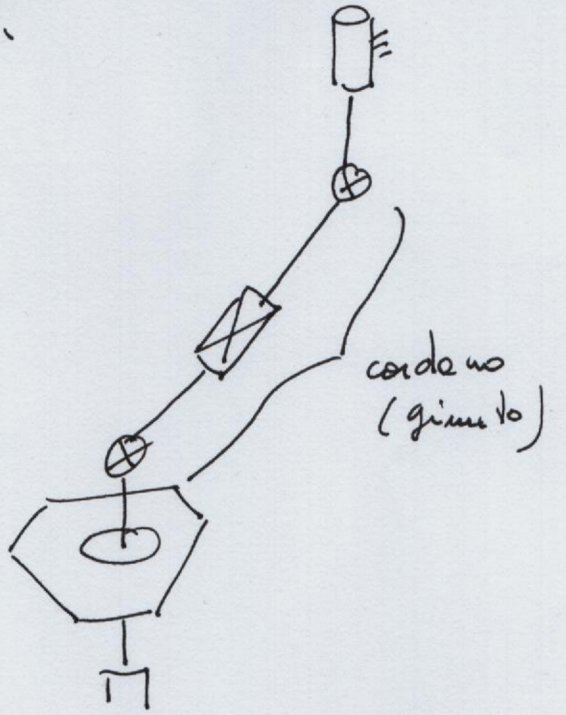


Delta robot

- obiettivo della cinematica => robot leggero
- trasforma 3 moti rotatori in 3 di traslazione



• In più c'è un asse centrale per la rotazione

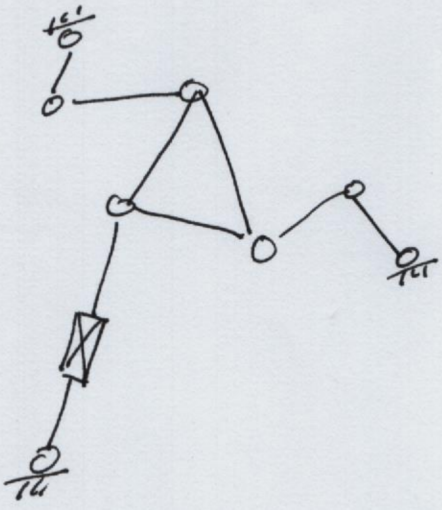


$$F = 6(10-15)+\left(\underset{\text{rotoidale}}{3}+\underset{\text{sferico}}{3\cdot 6}+\underset{\text{universal}}{2\times 6}\right) = 3$$

- Il parallelogramma fa in modo che ogni lato (es. $\overline{AB}$) sia sempre parallelo al piano => la piattaforma non ruota
- Il sistema è leggero perché tutti i motori stanno alla base => inerzie basse

Robot pieni

es.

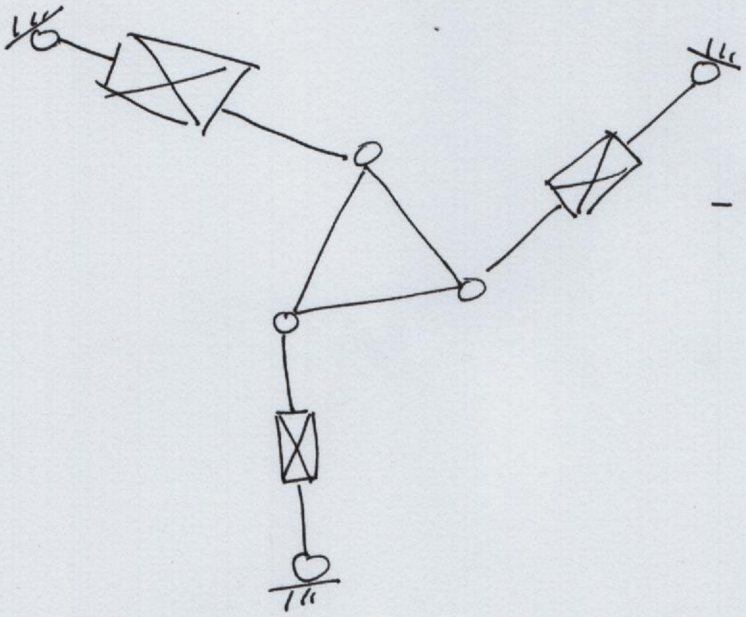


RTR - RRR - RRR

$$\bar{F} = 3(7-9)+(9) = 3$$

Caso che non c'è sul libro ma è reale

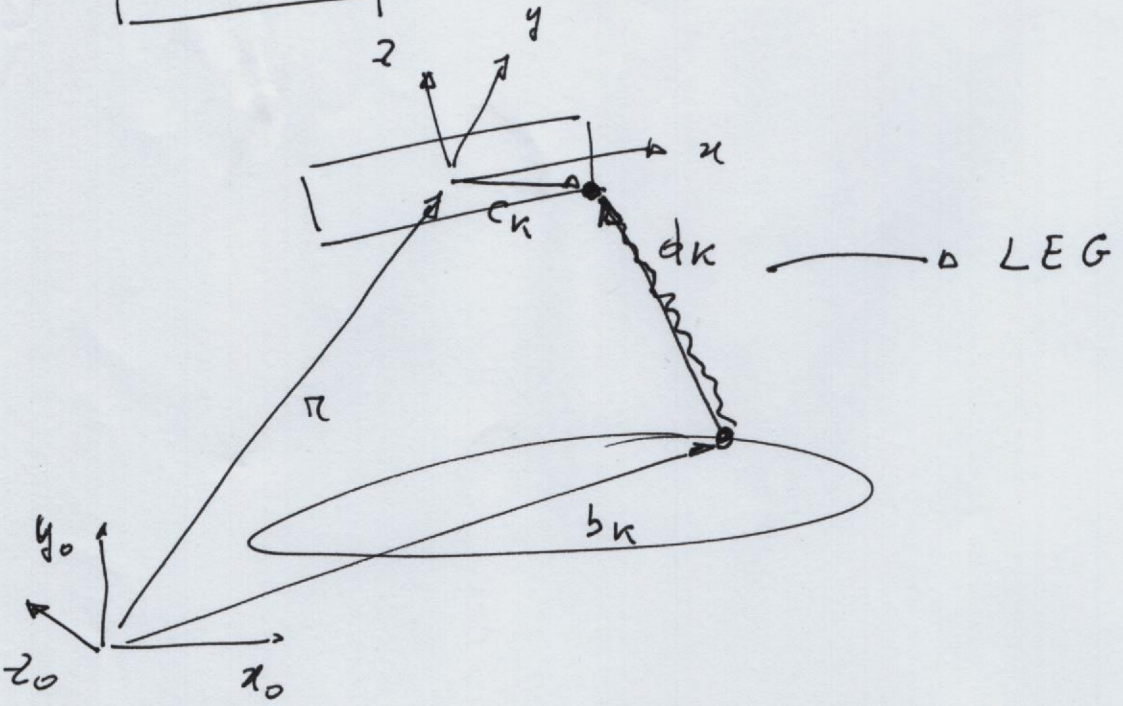
(Mostrare video VI Grade)



$$\bar{F} = 3(7-9)+9 = 3$$

- Usato come simulatore di guida

$\boxed{\text{Cinematica}}$



- x-y-z attaccato alla piattaforma
- x_0-y_0-z_0 reference frame
- $\overline{\pi}$ posizione della piattaforma
- $\psi, \vartheta, \varphi \rightarrow$ angoli di orientazione della piattaforma
  $\Rightarrow R = R(\psi, \vartheta, \varphi)$
- b_k = posizione del piede di gamba (rispetto a x_0, y_0, z_0)
- c_k = " della testa di gamba (" a x-y-z)

equazione di chiusura

$$\pi + R c_k - d_k - b_k = 0 \qquad \underbrace{k = 1, \dots, 6}_{\text{se si tratta della Stewart-platform}}$$

in coordinate omogenee

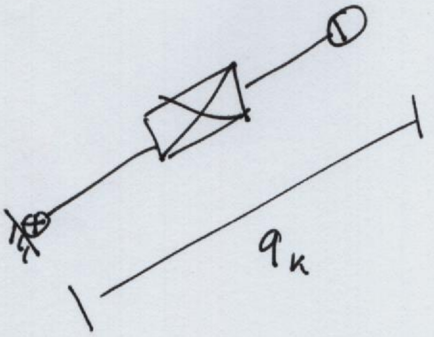
$d_k = H c_k$, dove

$$H = \begin{bmatrix} R & \pi - b_k \\ 0\ 0\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Cinematica inversa

$\left\{\begin{matrix} R \\ \pi \end{matrix}\right\} \to$ sono gli input $\Rightarrow$ si calcola d_k con la (4)

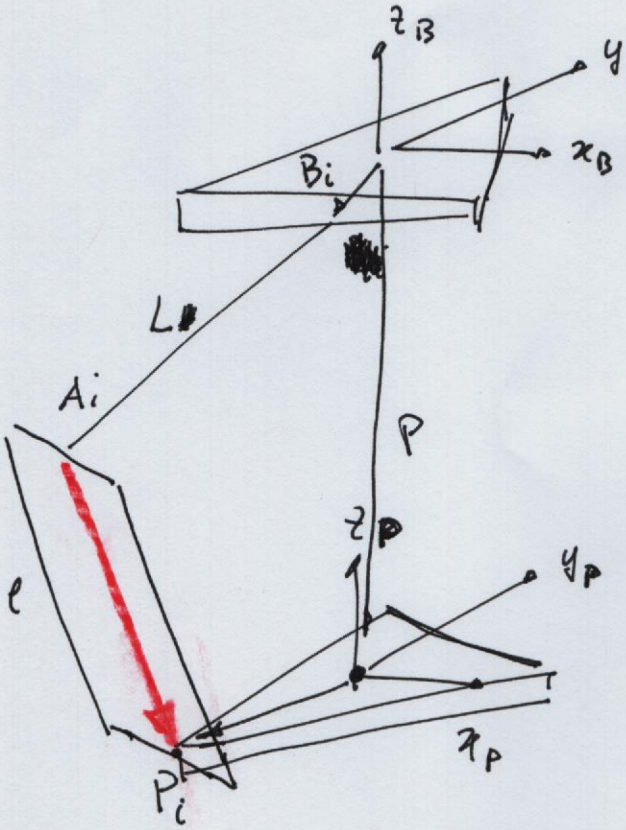
q_k = valore di giunto $= \| d_k \| = \| \pi + R\, c_k - b_k \|$
(lunghezza gamba)



Cinematica diretta ?
non c'è una forma chiusa

Delta robot: cinematica

p. 11 delle dispense "DeltaKin"



$x_B - y_B - z_B$ = frame di base

$x_P - y_P - z_P$ = frame della piattaforma

P = punto della piattaforma rispetto alle coordinate della base $= \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$

- $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ sono le coordinate dei giunti

Analisi cinematica inversa:

- suggerimento: A_i deriva dall'intersezione del cerchio centrato in B_i (e di raggio L) e la sfera centrata in P_i (e di raggio ℓ)

- Si scrive la seguente equazione per ogni gamba

$$B_i + L + \ell = P + P_i$$

B_i: costante espresso nel sistema di base

L: contiene il parametro di giunto

ℓ: vettore rosso (asse di simmetria del parallelogramma)

P: centro dell'end-effector $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$

P_i: costante (la piattaforma non ruota rispetto alla base)

$$\ell = P - P_i - B_i - L_i$$

$$\Downarrow$$

Per la prima gamba vale:

$$L = \begin{Bmatrix} 0 \\ -L\,c\,\vartheta_1 \\ -L\,s\,\vartheta_1 \end{Bmatrix}$$

$$\ell = \begin{Bmatrix} x - P_{ix} - B_{ix} + 0 \\ y - P_{iy} - B_{iy} + L c\vartheta_1 \\ z + 0 + 0 + L s\vartheta_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} a \\ b + L c\vartheta_1 \\ c + L s\vartheta_1 \end{Bmatrix}$$

elevando al quadrato (norma del vettore)

$$\ell^2 = a^2 + (b + L c\vartheta_1)^2 + (c + L s\vartheta_1)^2$$

$$\ell^2 = a^2 + b^2 + \underline{L^2 c^2\vartheta_1} + 2bLc\vartheta_1 + c^2 + \underline{L^2 s^2\vartheta_1} + 2cLs\vartheta_1$$

$$\ell^2 = a^2 + b^2 + L^2 + 2bLc\vartheta_1 + 2cLs\vartheta_1$$

parametro geometrico

<u>Equazione della forma</u>

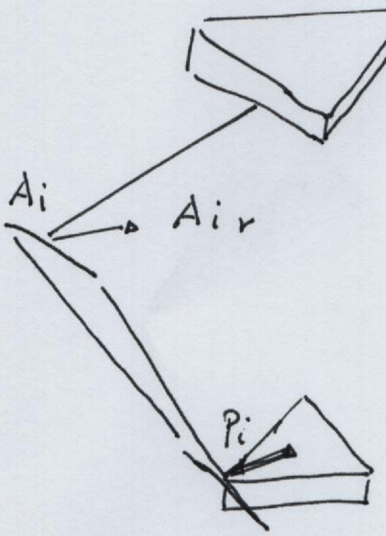
$$E\cos\vartheta_1 + F\sin\vartheta_1 + G = 0$$

- Si risolve con le formule di WEIRSTRASS

$$t = tg\left(\frac{\vartheta}{2}\right) \qquad \cos\vartheta = \frac{1-t^2}{1+t^2} \qquad \sin\vartheta = \frac{2t}{1+t^2}$$

Analisi cinematica diretta

(P13 di DeltaKin.pdf)



• ϑ_1, ϑ_2 e ϑ_3 vengono forniti

perciò i punti A_i sono noti

$$A_i = B_i + L$$

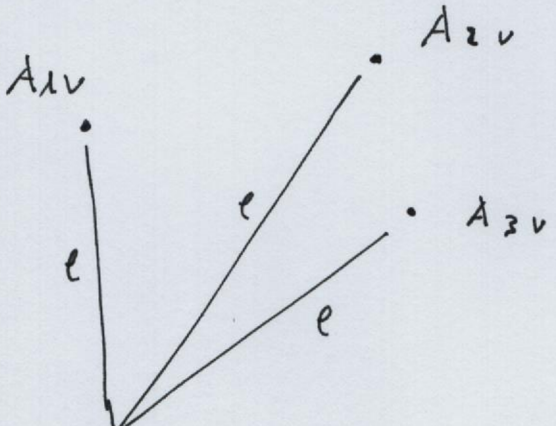
funzione di ϑ_i

- calcoliamo A_{iv}

$$A_{iv} = A_i - P_i$$

punto di attacco sulla piattaforma

• Il centro dell'end-effector è l'intersezione di 3 sfere (di raggio "l") centrate in A_{iv}



$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$

Il sistema ~~contiene~~ che si ottiene è del tipo:

$$\begin{cases} (x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2 = l^2 \\ (x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2 = l^2 \\ (x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2 = l^2 \end{cases}$$

dove $\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = A_{iv}$