MACCHINE E MECCANISMI
(Mechanisms and Machines)

Nozioni generali

General notions

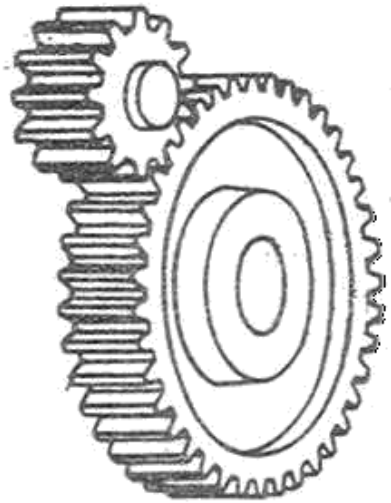
Macchina (Machine)

Def.: Sistema (deformabile) costruito per il raggiungimento di un obiettivo e formato da membri (solidi o fluidi) con moto relativo definito.

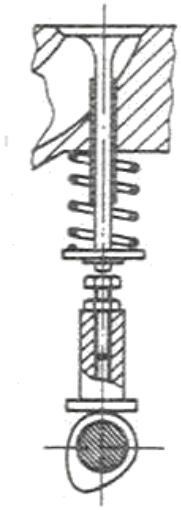
deformable systems for a task by links with relative motion.

Macchine Trasmettitrici (o meccanismi)

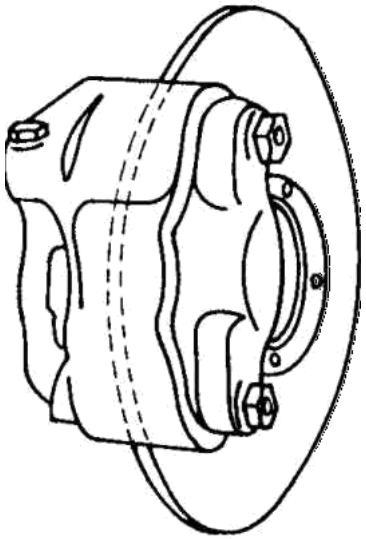
Def.: Macchine elementari che hanno la funzione di trasmettere energia meccanica modificando i fattori del lavoro, cioè forza e spostamento. (to transmit mechanical energy by trasforming ….)



Ingranaggio (gear)



Camma (cam)



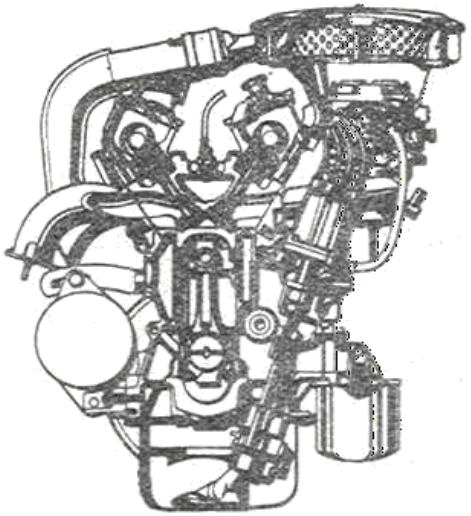
freno a disco (disk brake)

Macchine Motrici (drive)

Def.: Hanno come unica funzione quella di trasformare in energia meccanica ogni altra forma di energia.

To change other form of energy into mechanical energy .

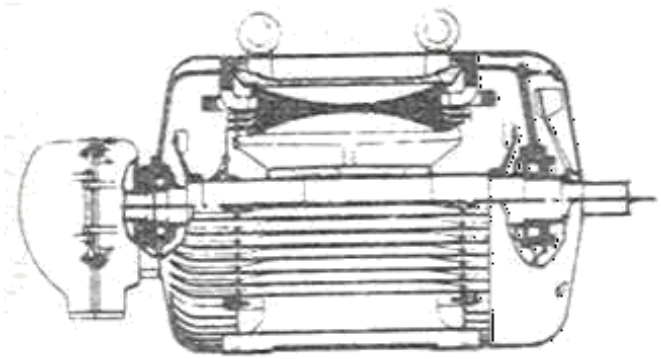
Macchine a fluido
Fluid machinery



otore a c.i.

ternal combuastion engines ICE

Macchine elettriche
Elettrical Motor



motore elettrico c.c.

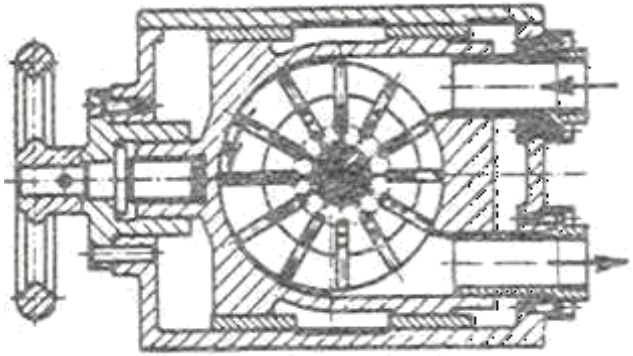
Elettrical motor – direct current

Macchine Generatrici (generator)

Def.: Hanno come unica funzione quella di trasformare energia meccanica in ogni altra forma di energia

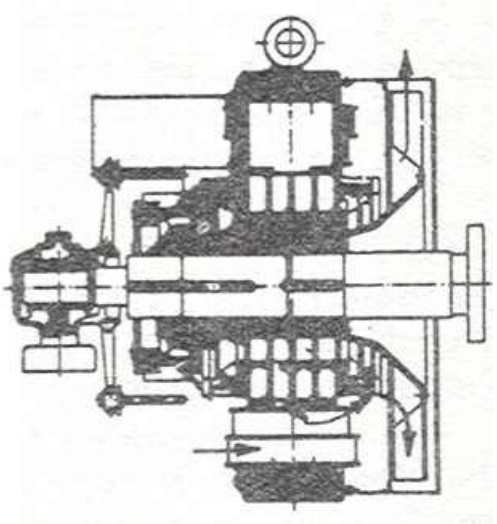
to change mechanical energy in other form of energy.

Macchine a fluido



Pompa (pump)

Macchine elettriche



Dinamo (dynamo)

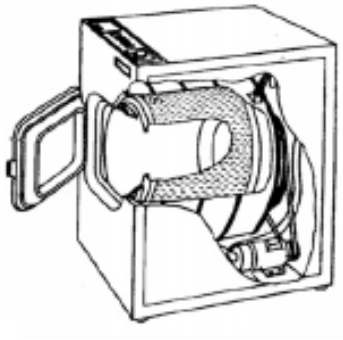
Macchine Operatrici

SOLLEVAMENTO

Def.: Sono destinate alla realizzazione di specifiche operazioni diverse da semplici trasformazioni di energia.

USO DOMESTICO

Domestic use

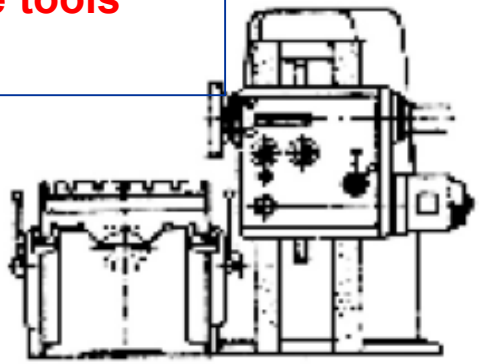


TRASPORTO

motor car

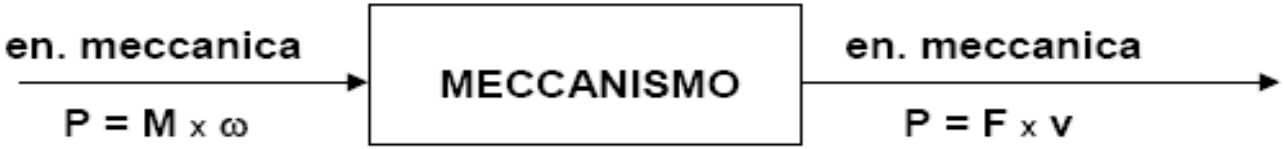
UTENSILI

Machine tools



Meccanismi (mechanisms)

Def.: Insieme di corpi rigidi interconnessi (rigid bodies, linkages) che possono muovere l'uno rispetto all'altro **congruentemente** con i vincoli (constraints) che ne limitano il reciproco moto relativo (relative motion). Il membro che rispetto al sistema di riferimento del moto è fermo, se esiste, prende il nome di **telaio (frame)**. Un meccanismo può, ad esempio, trasferire energia meccanica da un membro **movente** (motive, input link, acting) con moto rotatorio (rotatory motion) a un membro **cedente** (output link, follower) con moto traslatorio (sliding or translational motion).



I meccanismi sono gli elementi di base per le macchine e sono a loro volta costituiti da membri.

Tipi di Meccanismi

I meccanismi possono essere divisi in due categorie:

MECCANISMI per la trasmissione di potenza

obiettivo principale è la variazione di forze e momenti trasmessi:

– ruote dentate (gears)
– ruote e flessibili (whells and flexibles)
– innesti (grafts)
– freni (brakes)

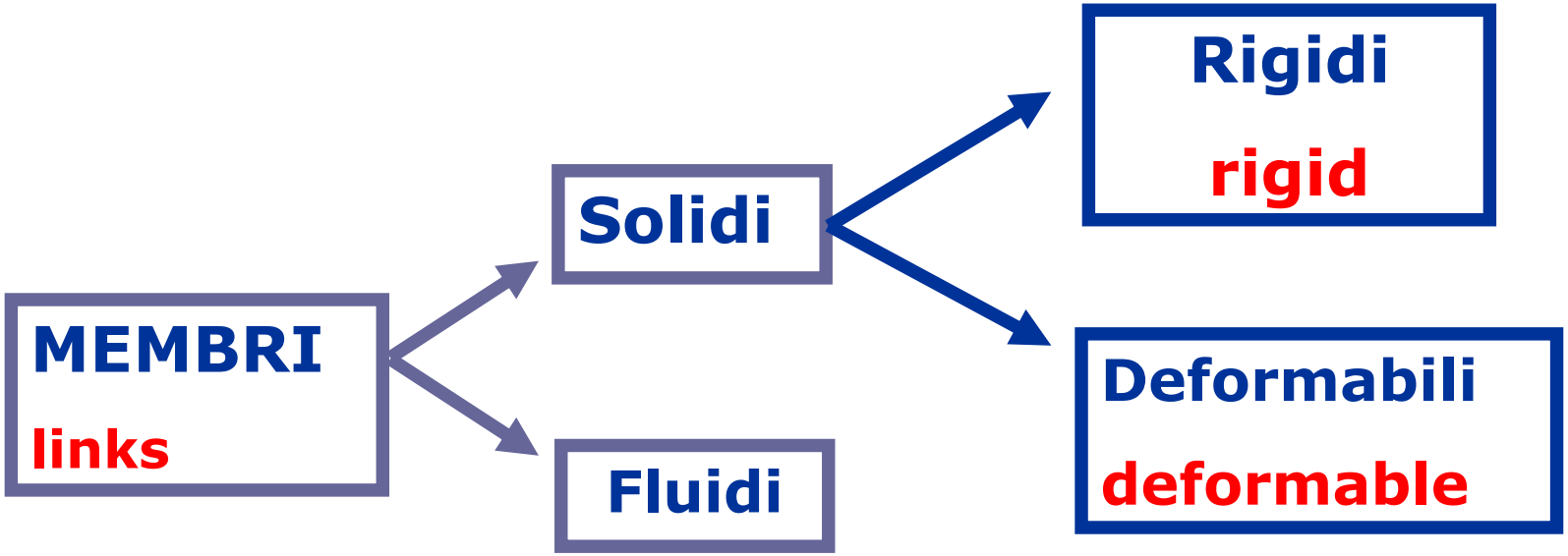
MECCANISMI per il moto vario

obiettivo principale è la variazione della legge del moto:

– sistemi articolati (linkages)
– camme (cams)
– meccanismi per moto intermittente (linkages by intermittent motion)

Membri

Def.: Gli organi che compongono una macchina, od un meccanismo , si dicono *membri.*



Moto delle Macchine

MOTO

Vincolato

constraint

Si definisce moto vincolato quello di un membro materialmente connesso ad altri in modo che il suo moto, relativamente ad essi, debba avere una caratteristica definita.

Libero

free

Si definisce moto libero quello di un corpo che non abbia alcun vincolo materiale con altri corpi.

Moto delle Macchine

MOTO VINCOLATO

Diretto

forward

Si definisce moto diretto il moto di (A) rispetto a (B)

Retrogrado

backward

Quando un membro, il cui moto è definito come quello che, in un dato verso, fa percorrere ai suoi punti certe traiettorie, se esso, poi, si muove invece in verso opposto, in modo che i suoi punti ripercorrono le medesime traiettorie, si dice che esso è in moto retrogrado

Moto delle Macchine

Def.: Quando una macchina, partendo da una configurazione iniziale dei suoi membri, dopo aver assunto configurazioni diverse, si ripresenta dopo un certo tempo nella medesima configurazione, si dice che essa ha compiuto un **ciclo di movimento (cycle motion)** .

Moto delle Macchine

Il moto del membro di una macchina può essere:

Continuativo → Se al termine di ogni ciclo la macchina non si arresta.

continuing

Intermittente → Se si arresta per un intervallo di tempo finito prima che inizi il ciclo successivo.

intermittent

Alternativo → Se durante il ciclo il suo moto si inverte.

alternative

Periodico → Se cicli successivi sono compiuti secondo una identica legge del moto.

periodic

Funzionamento di una Macchina

Il funzionamento di una macchina può essere:

A regime periodico → Se è nulla la variazione di energia cinetica in ogni periodo di funzionamento.

Periodic regime

A regime uniforme → Se la variazione di energia cinetica è nulla in qualunque intervallo di tempo.

Uniform regime

(o assoluto)

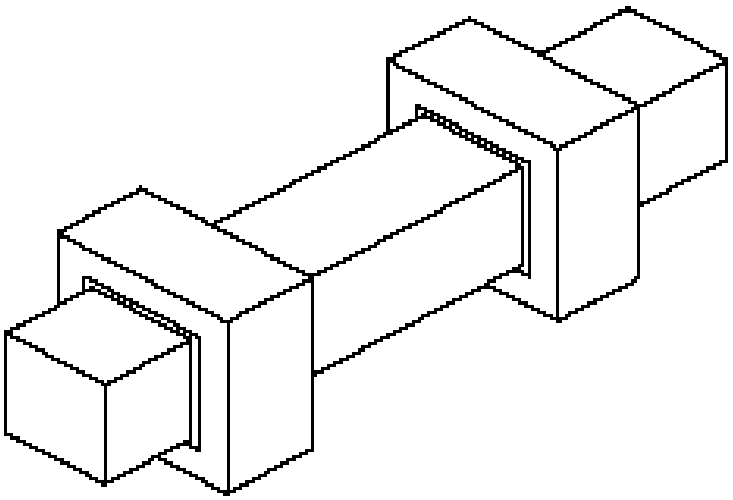
Transitorio → Quando il funzionamento di una macchina non è in condizioni di regime.

Transient state

Coppie Cinematiche

Kinematic pair

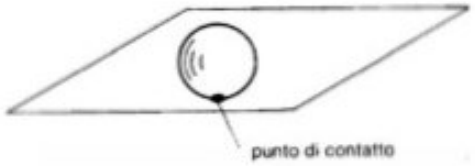
Per poter avere trasmissione di lavoro fra **due membri** di una macchina, questi devono essere innanzitutto a contatto; e lo sono, in generale, attraverso due superfici, sagomate in modo opportuno, che prendono il nome di **superfici coniugate (conjugate)**. L'insieme delle due superfici coniugate, fra le quali esiste moto relativo, ed attraverso le quali si trasmettono le forze, si definisce **coppia**.



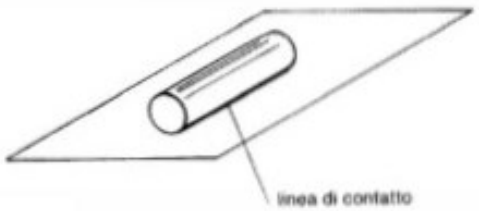
Coppie Cinematiche

In relazione alla geometria del contatto si hanno :

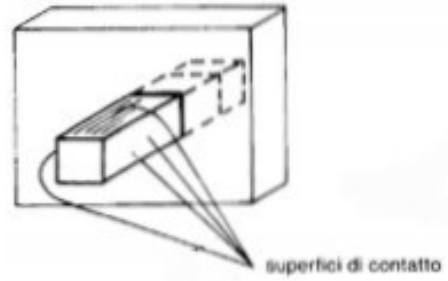
– contatti puntiformi (cuscinetto a sfere)
(ball bearing)



– contatti lineari (cuscinetto a rulli)
(roller bearing)



– contatti superficiali (coppia prismatica)
(sliding pair or prismatic)

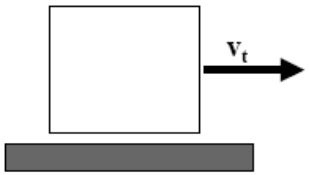


Coppie Cinematiche

Dal punto di vista cinematico si distinguono:

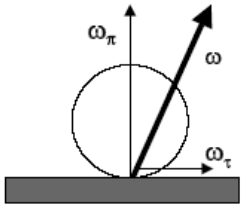
– contatti di strisciamento

contact at a common plane



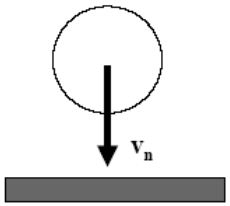
– contatti di rotolamento

rolling contact



– contatti di urto

impact contact



Coppie Cinematiche

Le coppie cinematiche si distinguono in due categorie:

Coppie cinematiche elementari (o inferiori)
LOWER KINEMATIC PAIRS

Def.: Le **coppie cinematiche inferiori** sono le coppie **rigide (rigid bodies)** (costituite da membri rigidi), **indipendenti**, le cui superfici presentano un **contatto di combaciamento (when contact takes place along common surface to the two bodies)**. Le loro superfici sono identiche e devono poter scorrere fra loro senza deformarsi.

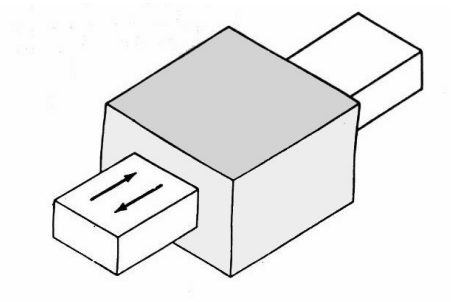
Coppie cinematiche superiori
. UPPER KINEMATIC PAIRS

Def.: Si definiscono **superiori** le coppie cinematiche che non sono inferiori; esse non sono in alcun modo realizzabili tramite contatti di superficie ma esclusivamente tramite contatti lineari o puntiformi (when contacts takes place along a line or at a point, between rigid body, for example, cam-and-follower mechanisms or gear trains, or roller bearings)

Coppie Cinematiche inferiori

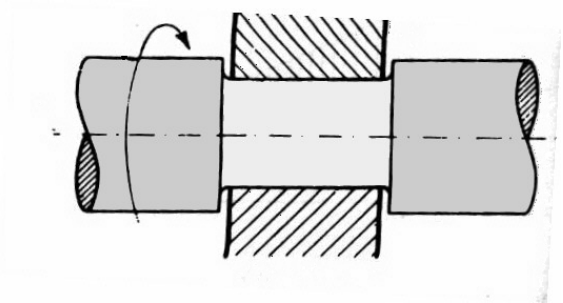
Coppia prismatica **prismatic pair**

le superfici sono prismatiche ed il moto relativo è di traslazione parallelamente agli spigoli;



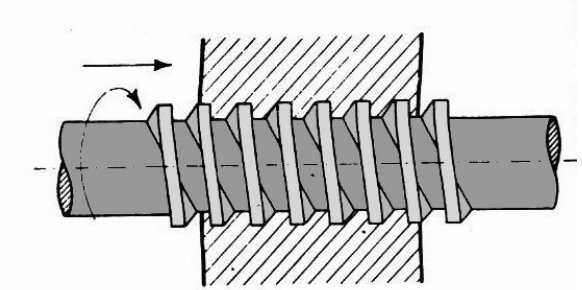
Coppia rotoidale **Rotating pair or revolute**

le superfici a contatto sono cilindriche ed il moto relativo è di rotazione intorno all'asse comune;



Coppia elicoidale **Elicoidal pair**

le superfici a contatto sono elicoidi ed il moto è elicoidale intorno all'asse (esempio vite-madrevite) .

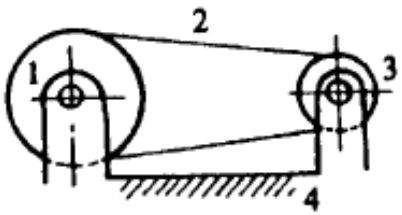


Coppie Cinematiche superiori

Coppia combaciante, ma non rigida

when contact takes place along common surface to the two bodies and is not rigid body

Accoppiamento puleggia flessibile;

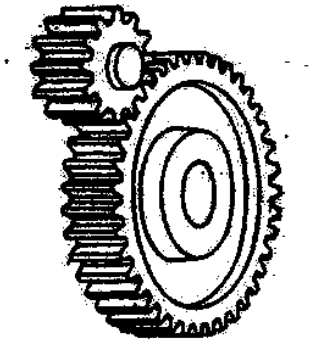


Coppia rigida non combaciante

Il moto relativo consentito non è un moto rigido elementare:

when contact not takes place along common surface to the two bodies, but along a line or point and is rigid body

(ruote dentate accoppiate).



Catena Cinematica kinematic chain

Aperta	Ciascuno dei membri presenta due soli accoppiamenti l'uno con il membro che lo precede l'altro con quello che lo segue.
Chiusa	l'ultimo membro forma coppia con il primo .
Composta	vi sono membri con più di due accoppiamenti.
Meccanismo	catena cinematica kinematic chair in cui é stato reso fisso un membro (telaio- frame).

Vincoli di un meccanismo

constrains

Per realizzare un meccanismo è necessario collegare i **membri** con **vincoli** .

I **vincoli** si classificano in base ai gradi di libertà sottratti (dof fixed).

Vincoli di un meccanismo

Def.: si definisce vincolo qualsiasi restrizione sulla posizione o sul moto dei punti di un corpo

Interno – se schematizza proprietà intrinseche del corpo (es: due punti di un corpo non possono muoversi indipendentemente)

Esterno – se è dovuto all'intervento di dispositivi non appartenenti al corpo

Vincoli di un meccanismo

I vincoli in base alla loro rappresentazione analitica si classificano in:

Olonomi (holonomic):

se i legami di vincolo sono esprimibili analiticamente per mezzo di equazioni tra i soli parametri che definiscono le posizioni dei membri stessi (indipendenti dal tempo)

Anolonomi (Nonholonomic):

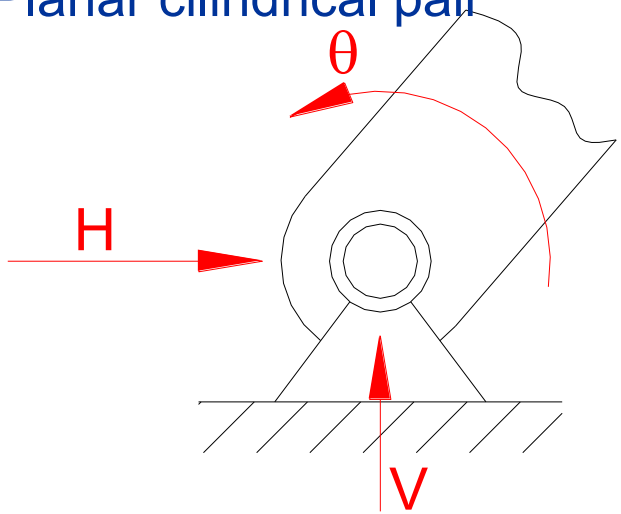
quando vengono imposte delle limitazioni alle possibilità di moto del sistema, per ciascuna configurazione da esso assunta, i legami vengono espressi mediante equazioni differenziali.

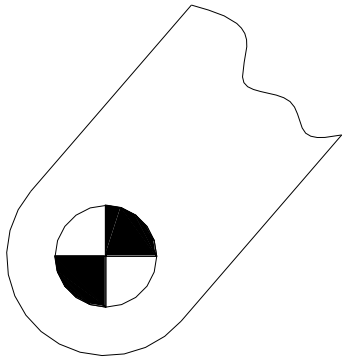
Vincoli di un meccanismo

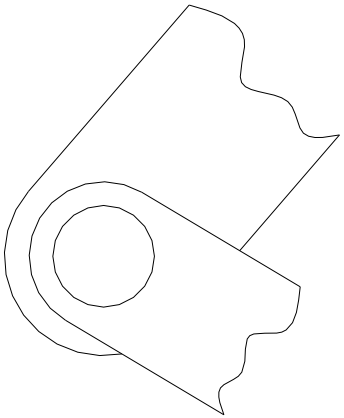
Cerniera cilindrica piana

sottrae 2 g.d.l.

Planar cilindrical pair





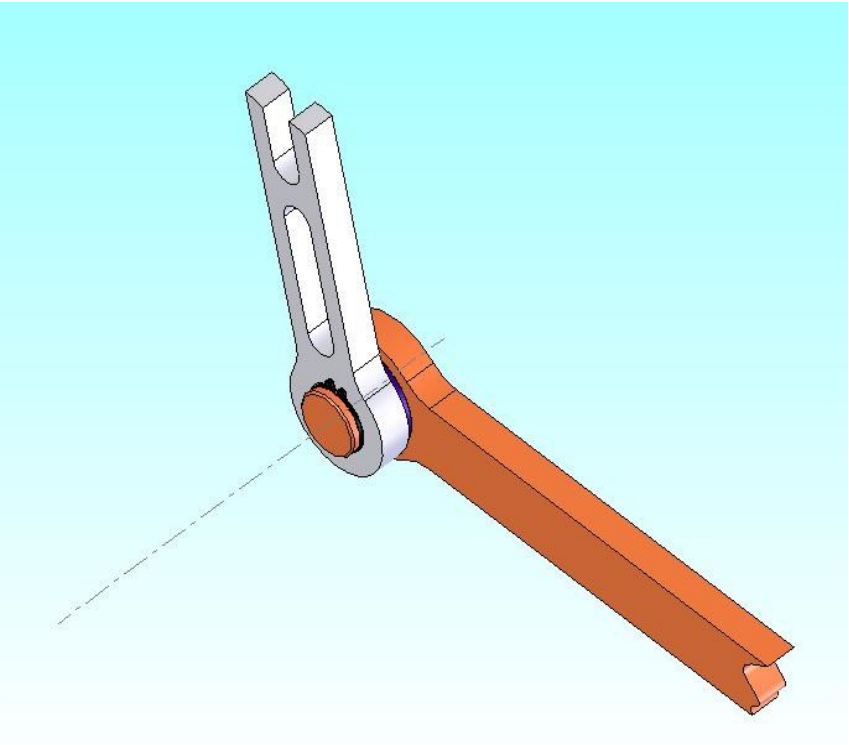


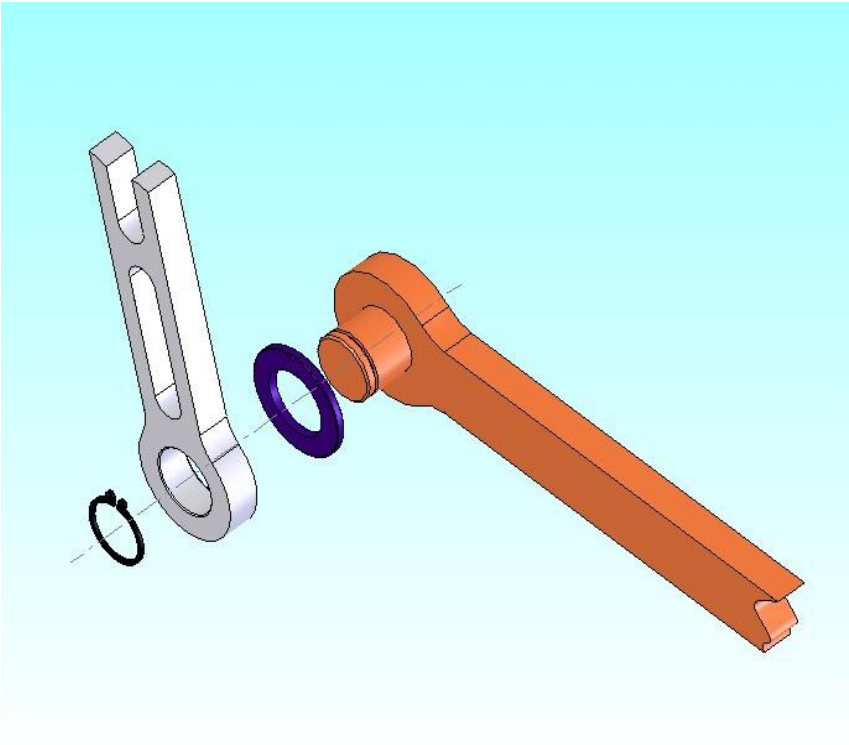
scambia forze aventi retta d'azione

passante per il centro del perno-boccola

Vincoli nel piano

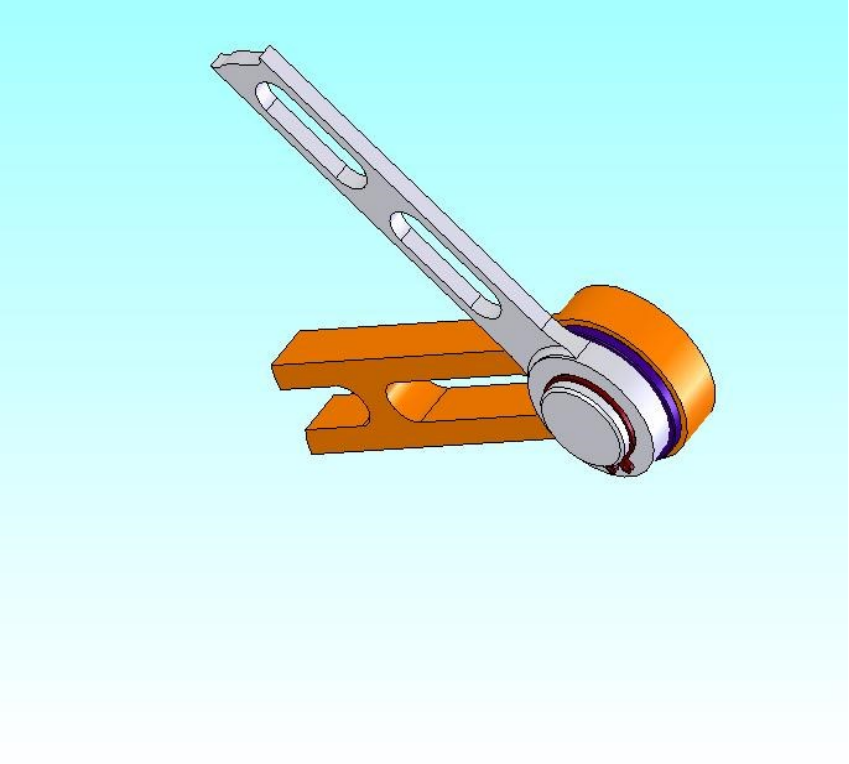
Cerniera cilindrica: esempio realizzazione (2 elementi)

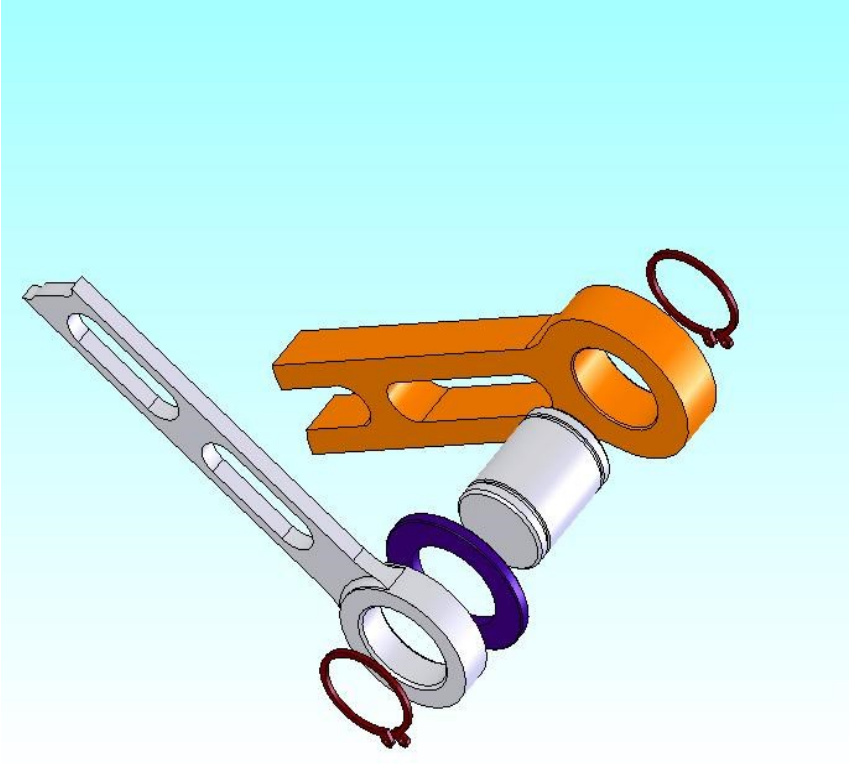




Vincoli nel piano

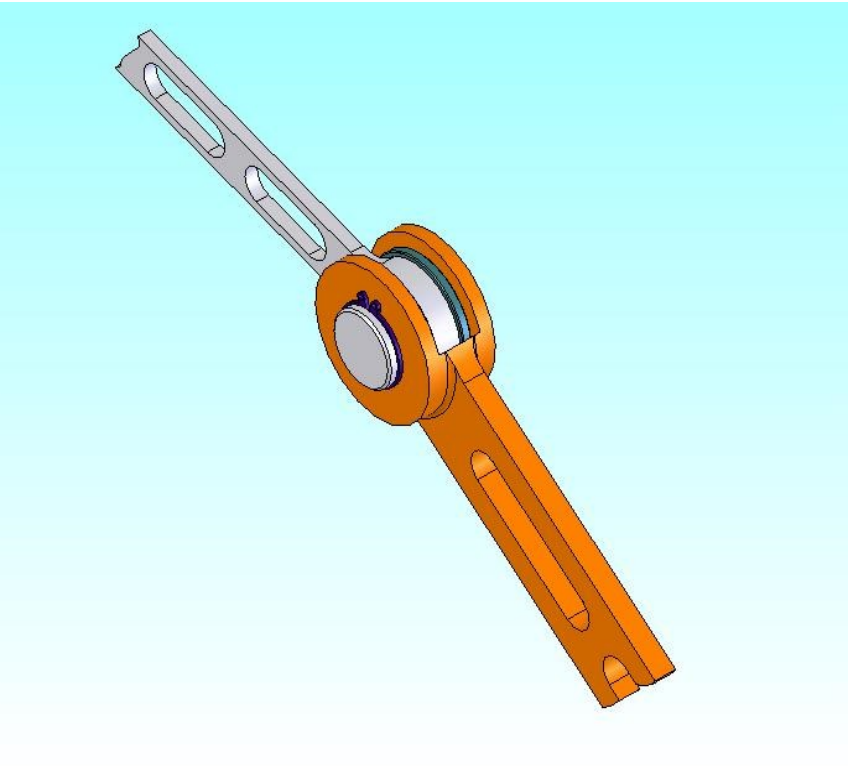
Cerniera cilindrica: esempio realizzazione (3 elementi)

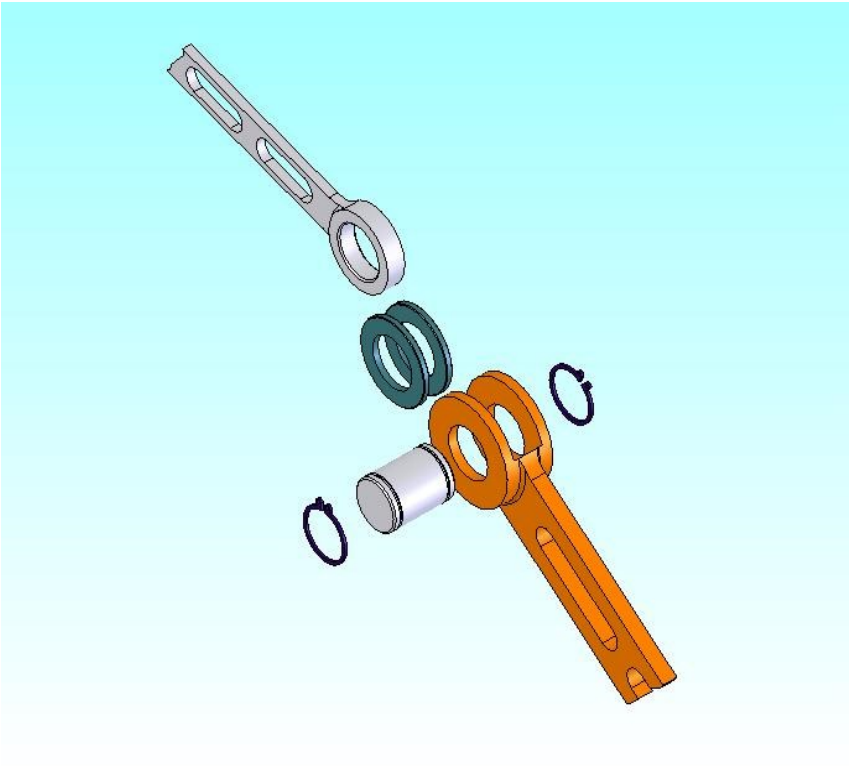




Vincoli nel piano

Cerniera cilindrica a forcella: esempio di realizzazione

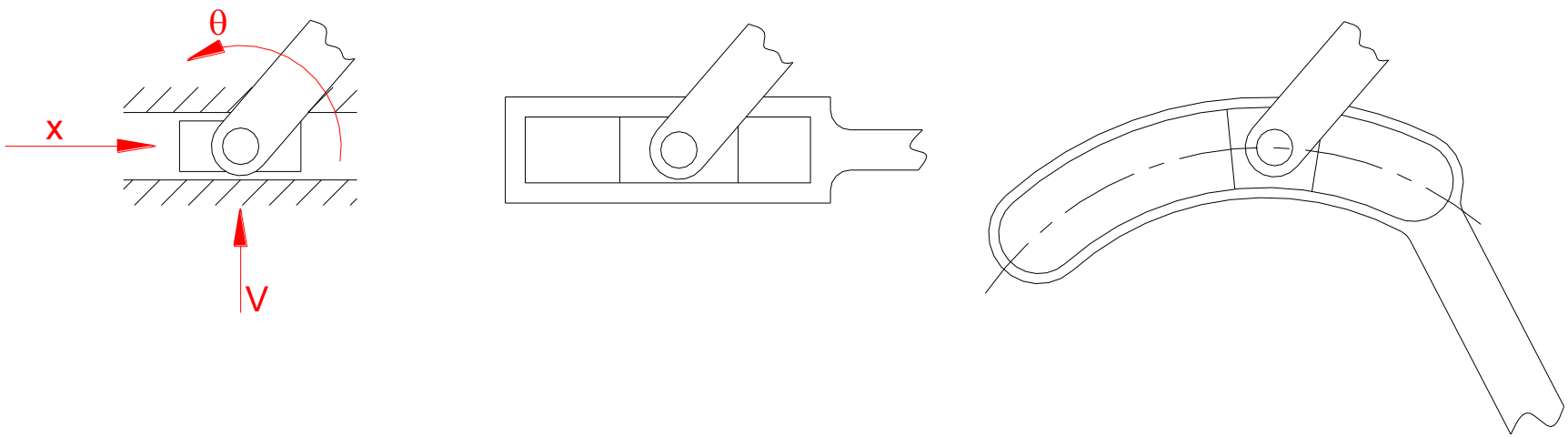




Vincoli nel piano

Glifo (Glyph)

sottrae 1 g.d.l.

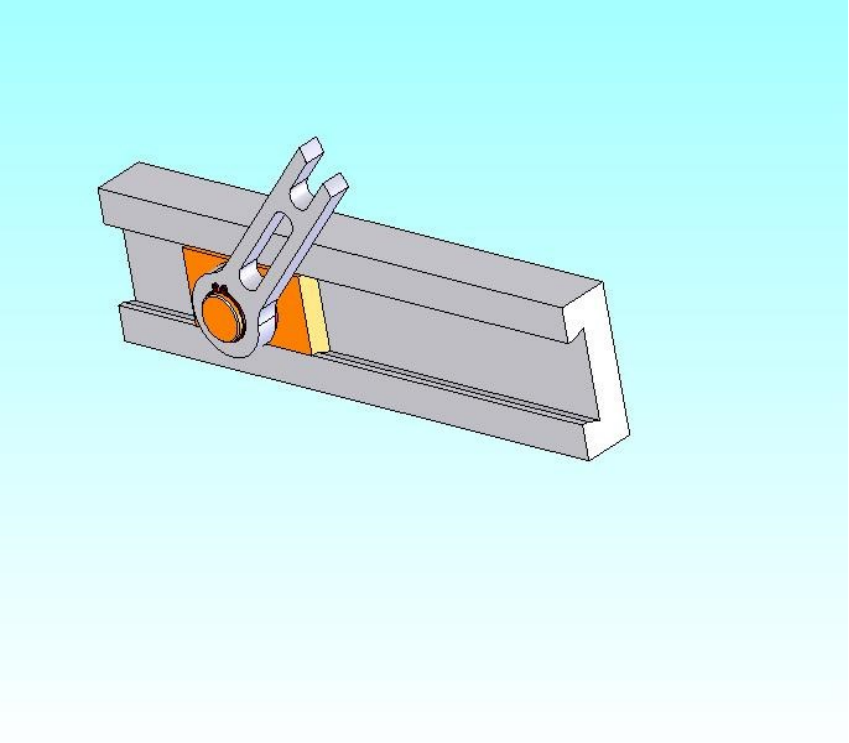


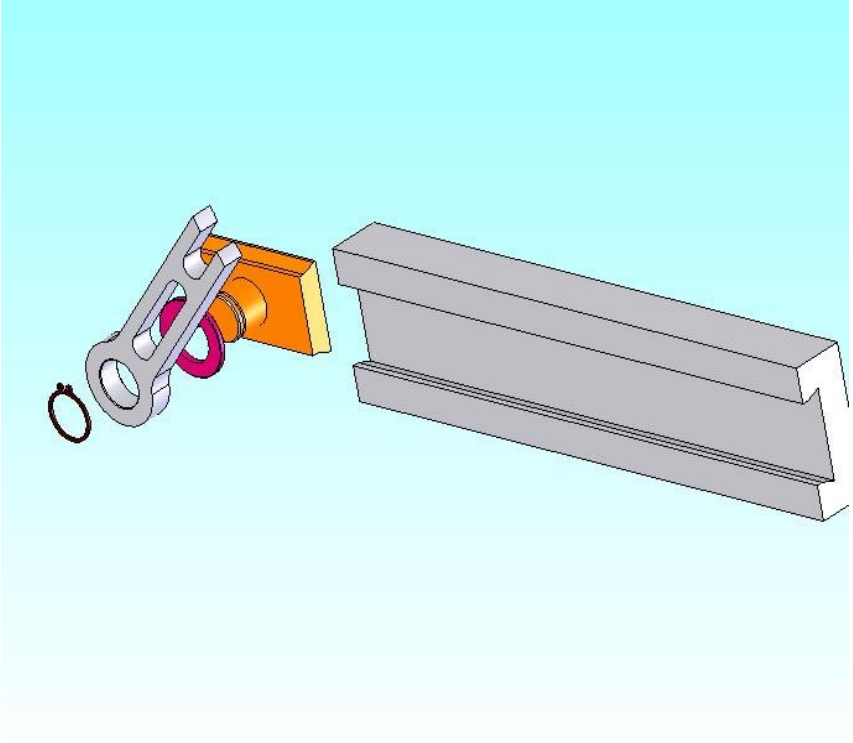
scambia forze perpendicolari

all'asse di scorrimento consentito (axis of the prismatic)

Vincoli nel piano

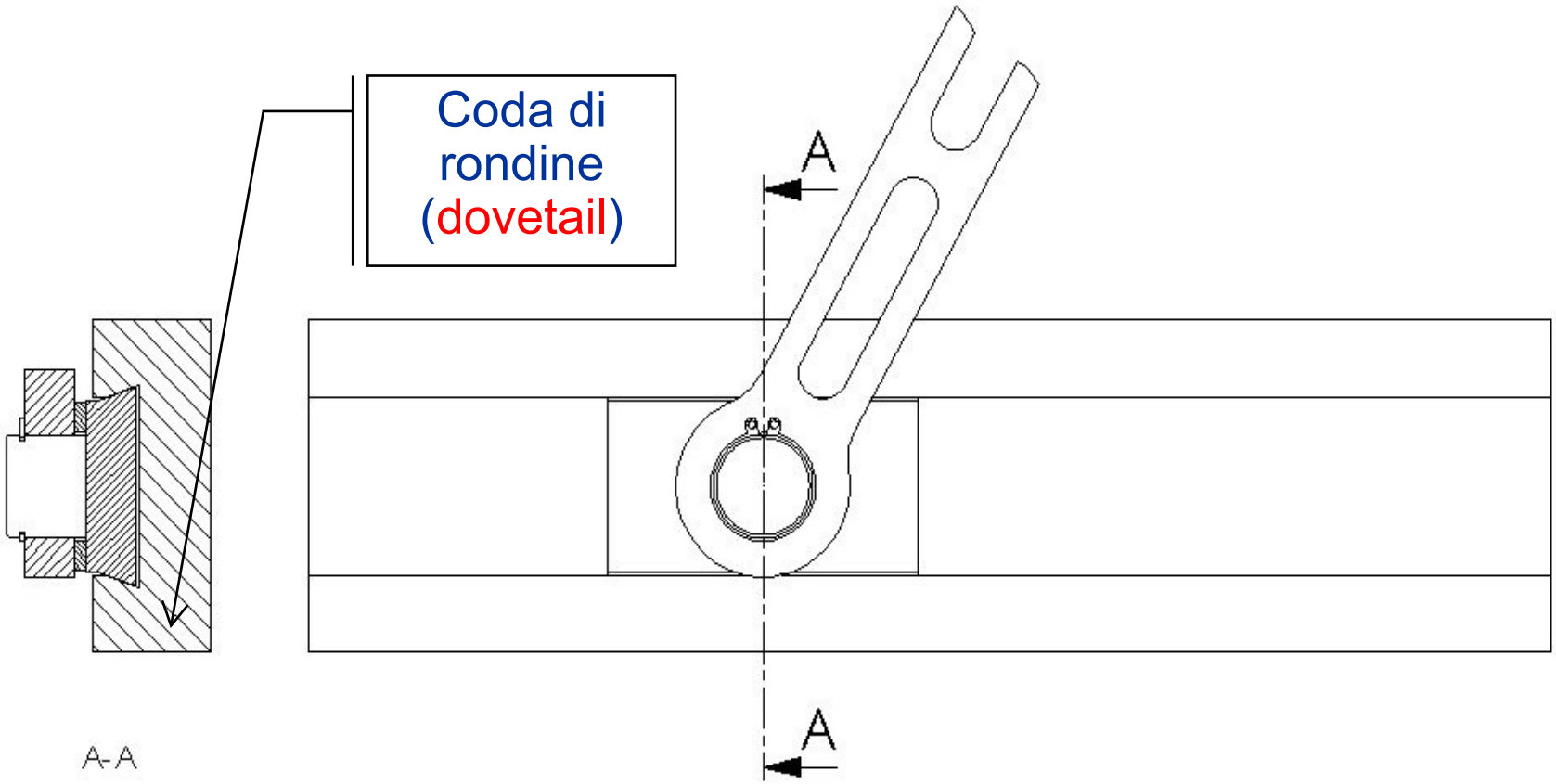
Glifo con cerniera glyph with revolute pair: esempio costruttivo





Vincoli nel piano

Glifo con cerniera

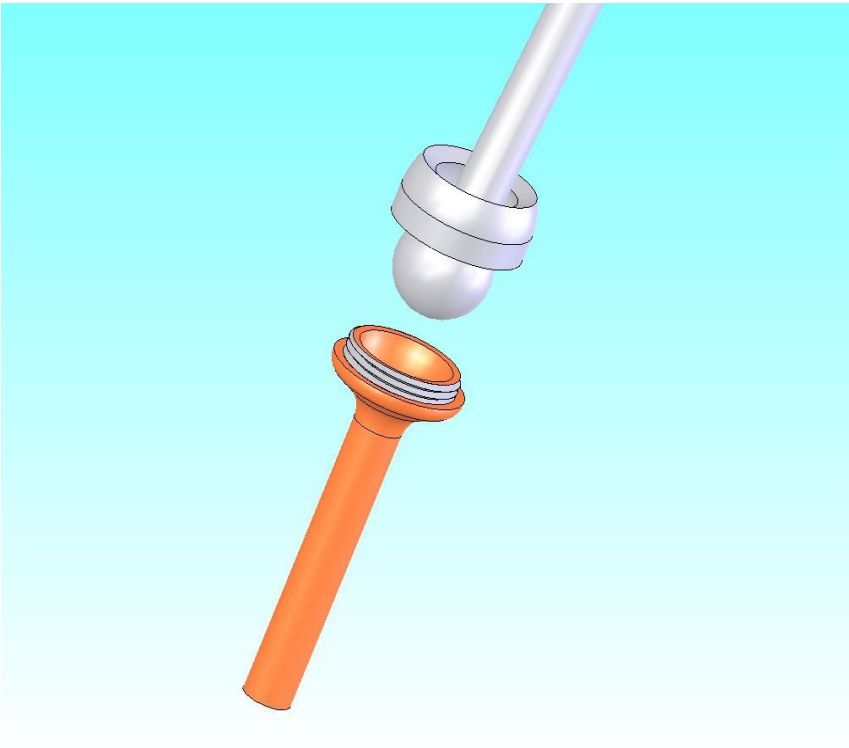


Vincoli nello spazio

Cerniera cilindrica sferica

Spherical pair

sottrae 3 g.d.l. nello spazio

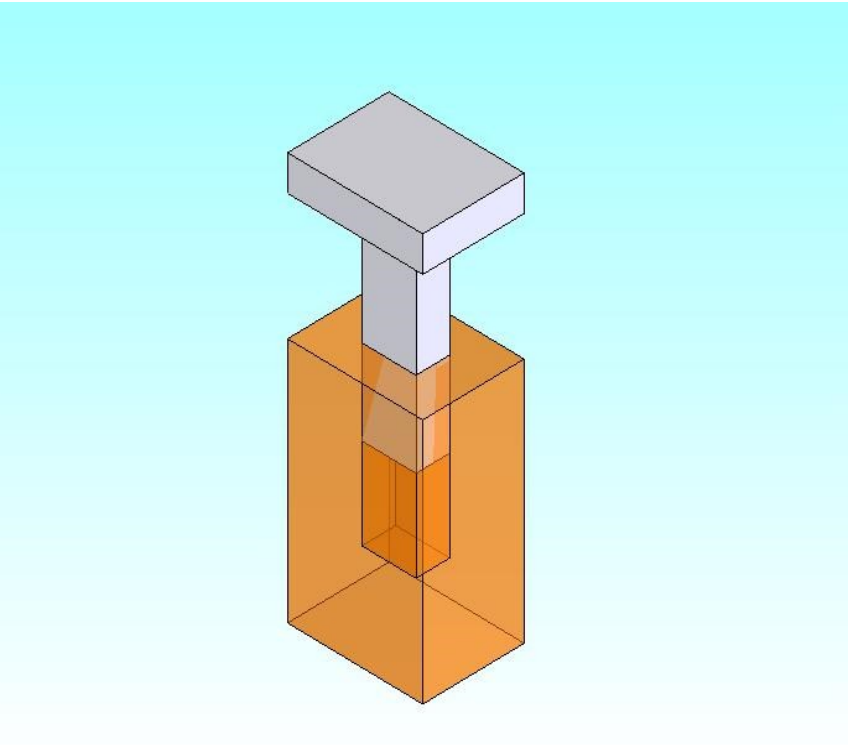


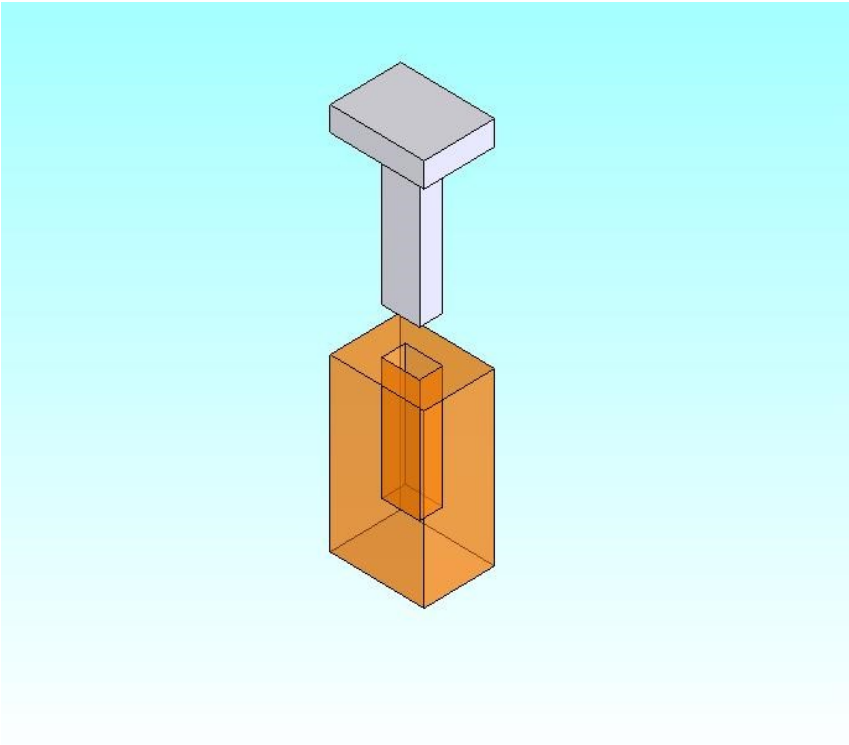
Vincoli nello spazio

Sfilo prismatico

sottrae 5 g.d.l. nello spazio

Extension



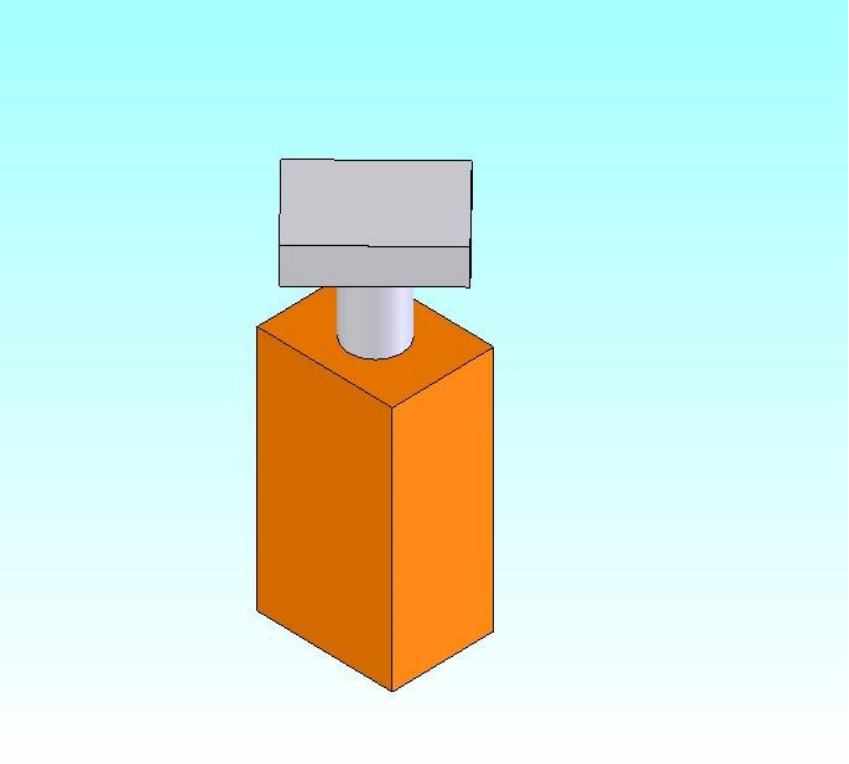


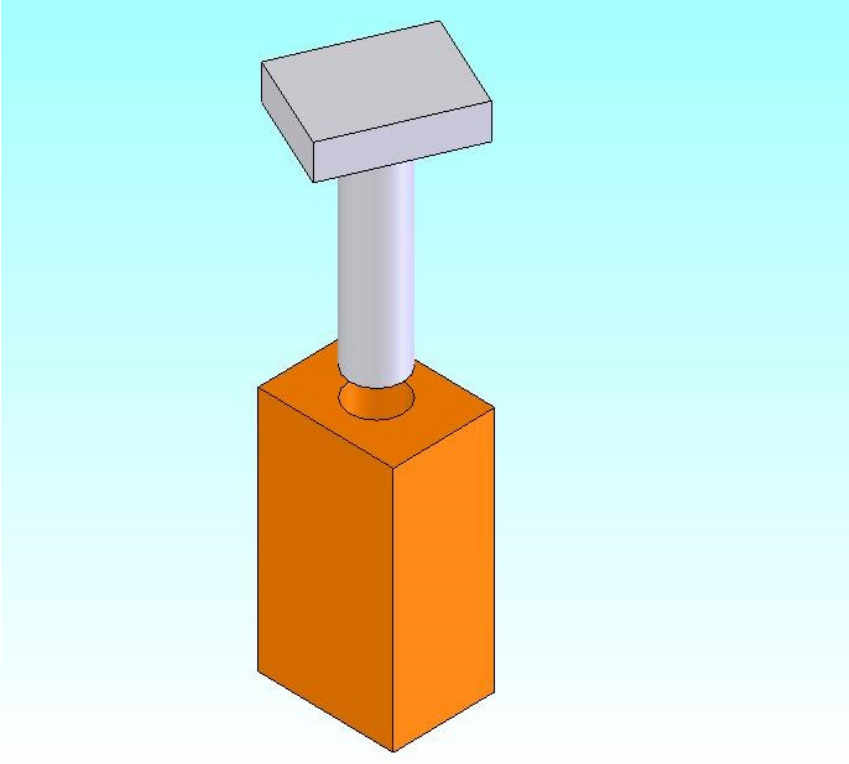
Vincoli nello spazio

Sfilo cilindrico

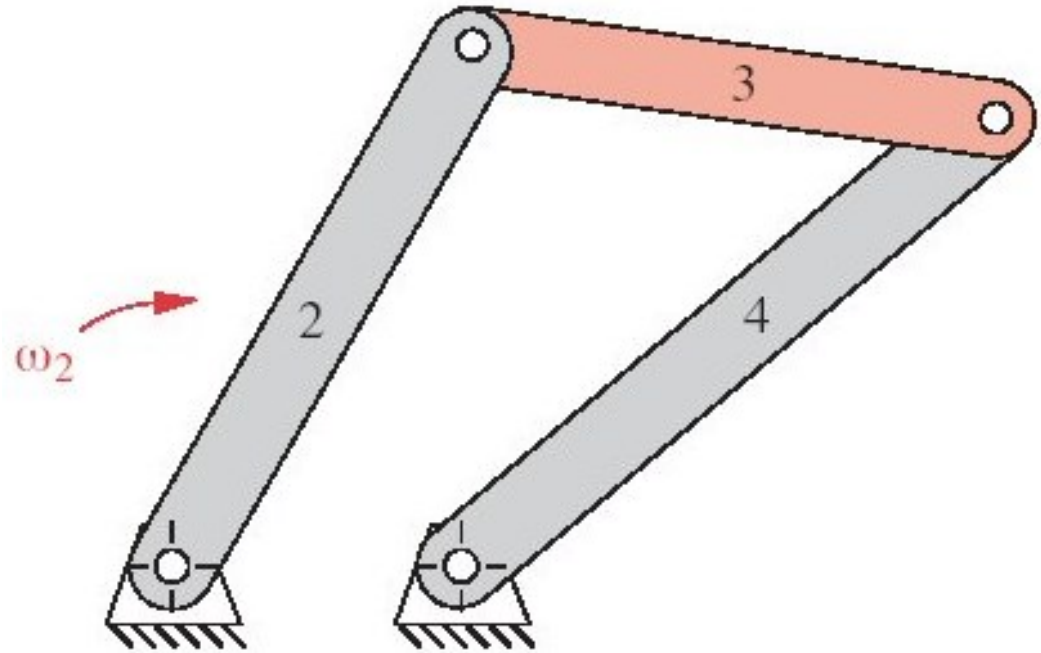
Cilindrical pair

sottrae 4 g.d.l. nello spazio



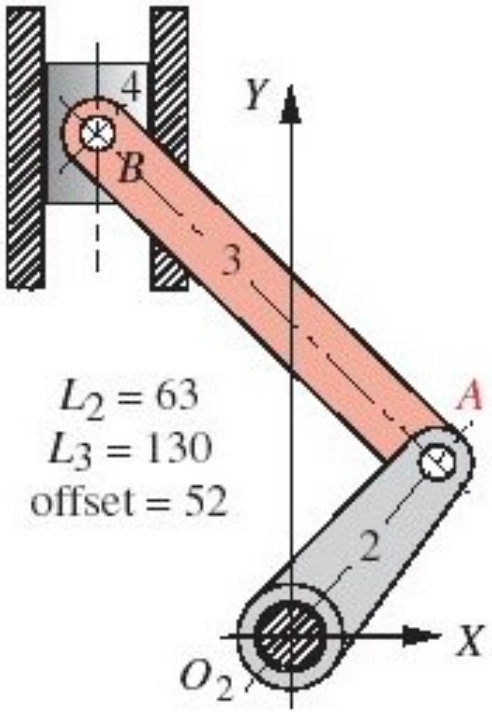


Esempi di meccanismi



quadrilatero articolato

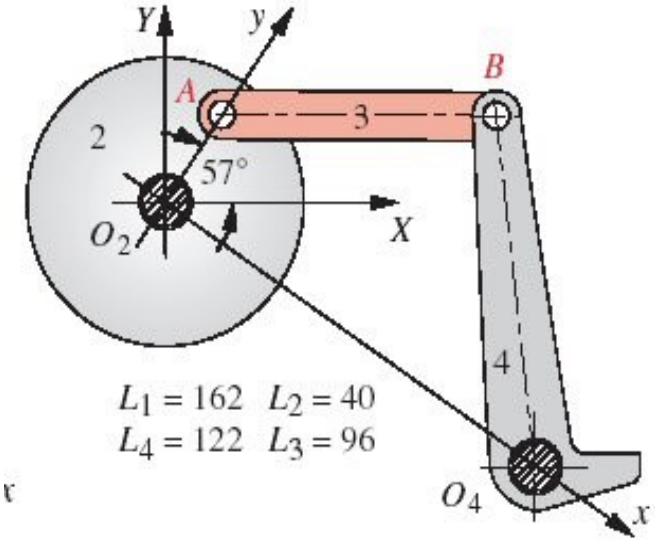
Four bar likkage



biella – manovella

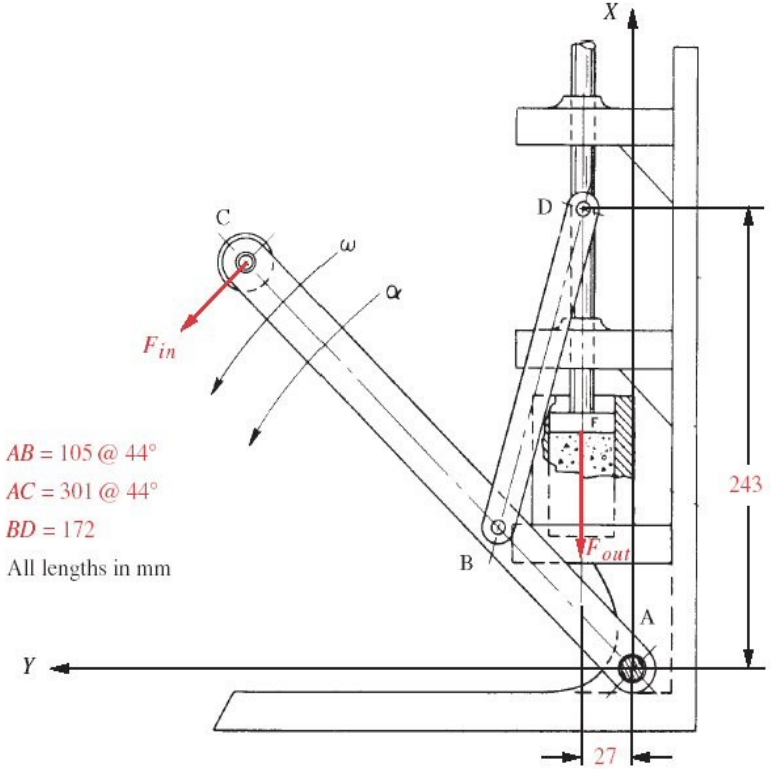
Slider-crank

Esempi di meccanismi



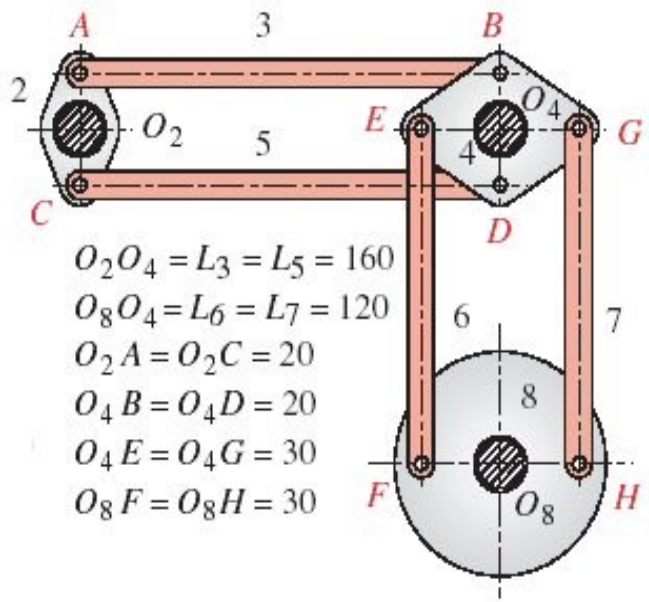
(b) Fourbar linkage

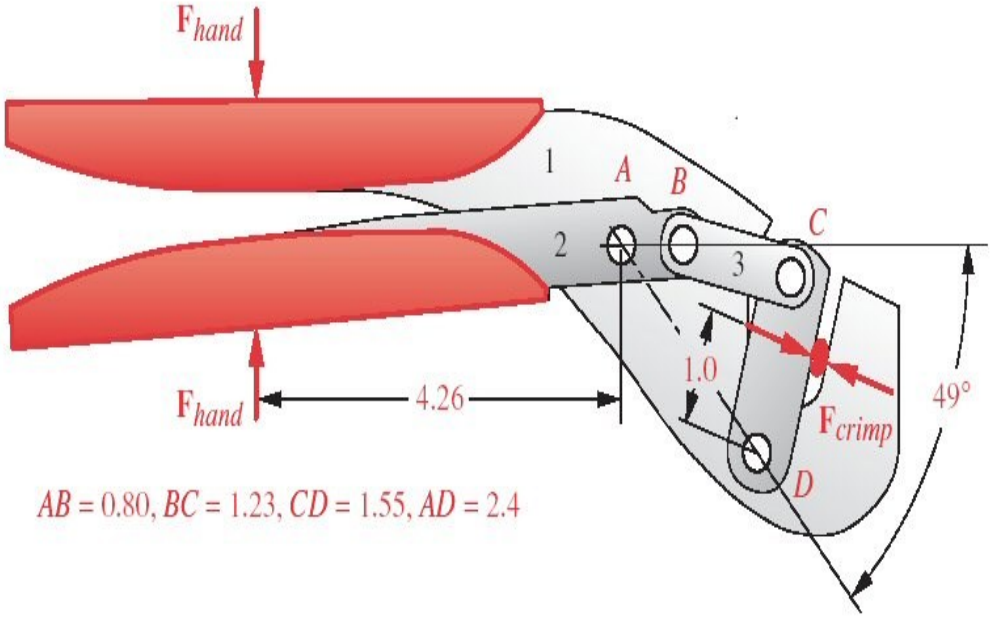
pedivella



pressa farina

Esempi di meccanismi





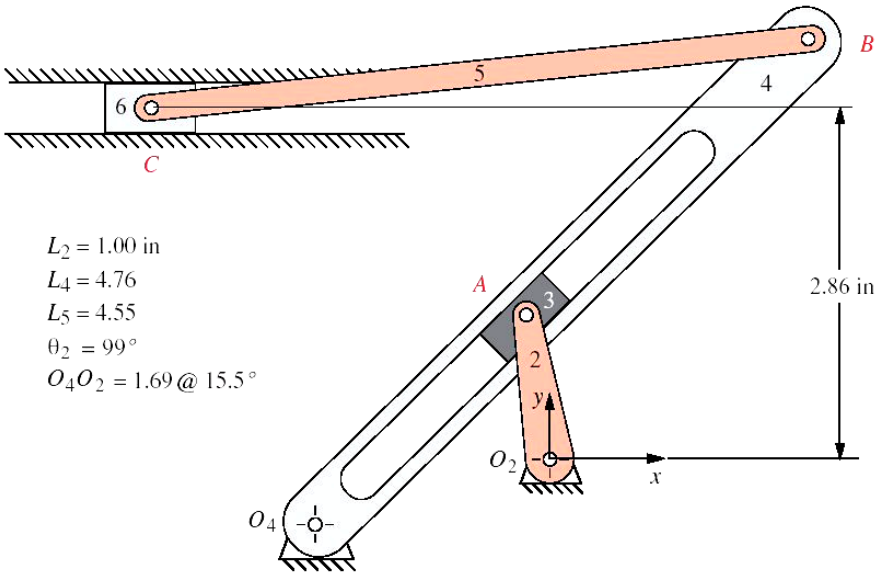
Pantografo

pantograph

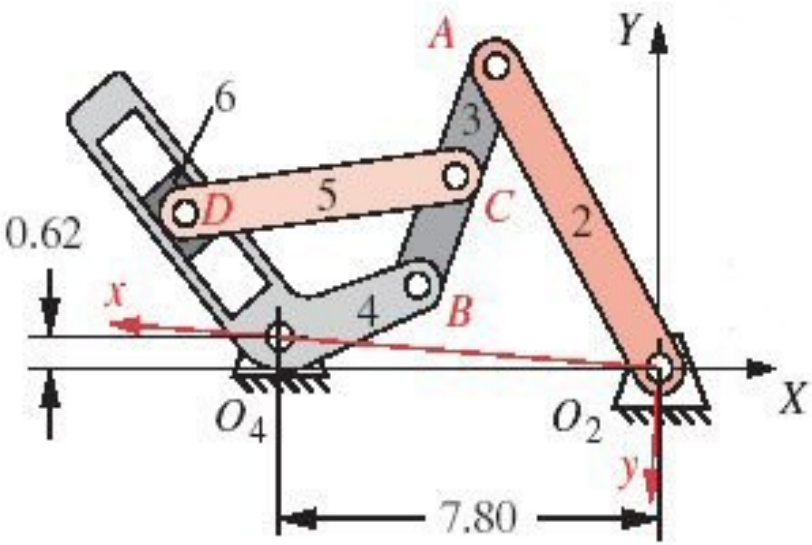
Pinza

pliers

Esempi di meccanismi

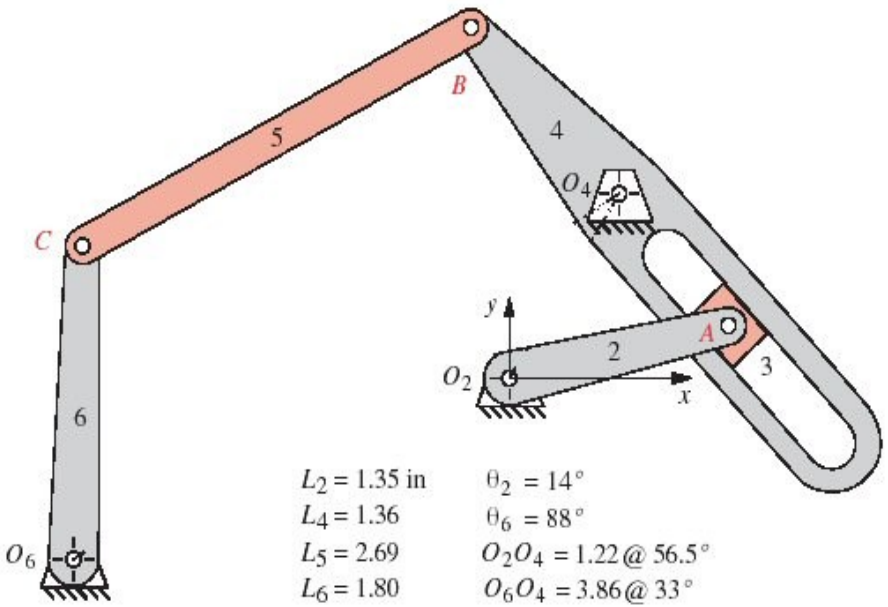


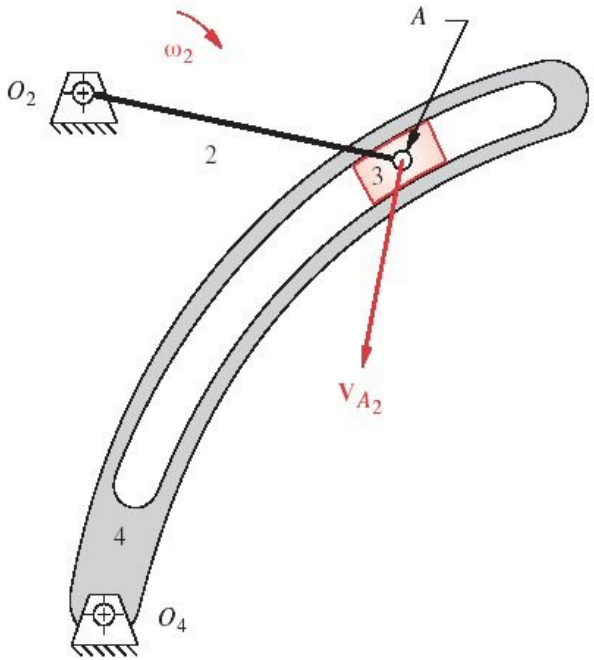
guida Fairbain



glifo oscillante
Glyph oscillating
+
quadrilatero

Esempi di meccanismi





glifo oscillante

G.D.L. di un Meccanismo

D.O.F.

Def.: si definisce **meccanismo piano,** un insieme di membri vincolati fra loro in modo che ciascun loro punto possa descrivere solamente traiettorie parallele ad un piano.

$$\ell \qquad) - 2 \cdot C_1 - C_2 \quad \text{(Grubler)}$$

m numero dei membri di un meccanismo

C_1 numero di coppie che lasciano liberi ***1 g.d.l.*** (cioè che nel piano tolgono ***2 g.d.l.***)

C_2 numero di coppie che lasciano liberi ***2 g.d.l.*** (cioè che nel piano tolgono ***1 g.d.l.***)

ℓ numero dei gradi di libertà di un meccanismo

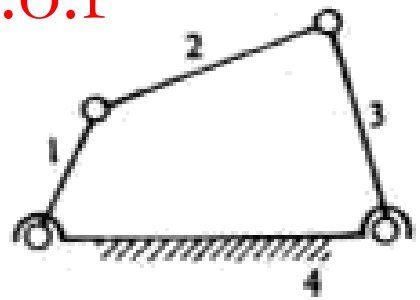
$\ell > 1$ struttura labile

$\ell = 0$ struttura isostatica

$\ell < 0$ struttura iperstatica

G.D.L. di un Meccanismo

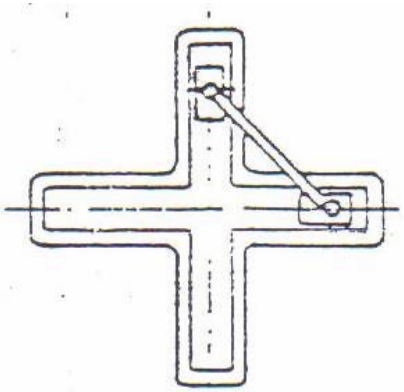
d.o.f



Quadrilatero articolato accoppiato tramite coppie rotoidali

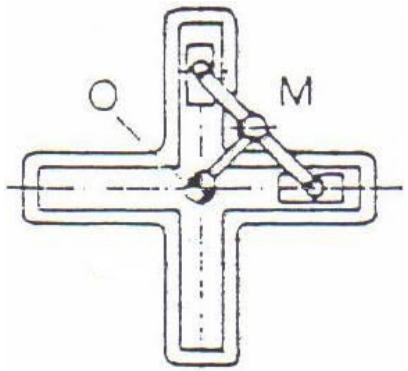
$$m=4,\ C_1=4,\ C_2=0 \quad \Rightarrow \ \ell$$

In qualche caso la relazione precedente può dare per ℓ un valore superiore a quello effettivo. Ciò perché può accadere che alcuni dei vincoli di un meccanismo siano soltanto apparenti.



$m=4,\ C_1=4,\ C_2=0$

$\Rightarrow \ \ell$



$m=5,\ C_1=6,\ C_2=0$

$\Rightarrow \ \ell$

Il punto medio dell'asta descrive una traiettoria circolare L'aggiunta di un'asta infulcrata tra O e M non aggiunge alcun vincolo a quelli già esistenti anche se si ha:

G.D.L. di un Meccanismo

Meccanismi nello spazio (spatial mechanism)

m numero dei membri di un meccanismo

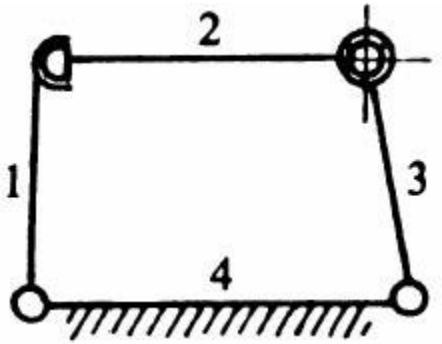
C_i numero di coppie che lasciano liberi ***i g.d.l.*** (cioè che nel piano tolgono ***6-i g.d.l.***)

ℓ numero dei gradi di libertà di un meccanismo

$$\ell \qquad) - 5 \cdot C_1 - 4 \cdot C_2 - 3 \cdot C_3 - 2 \cdot C_4 - C_5 \quad \text{(Kutzbach)}$$

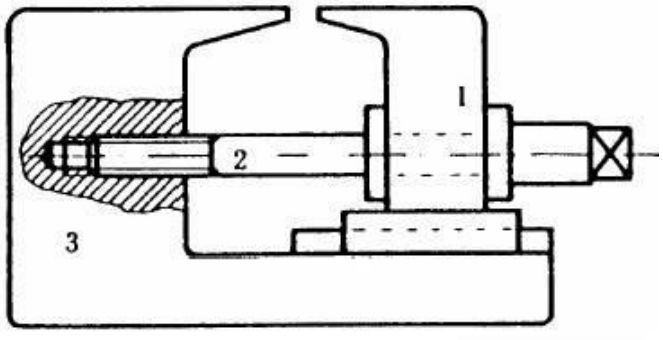
$m = 4$, $C_1 = 4$ => $\ell = -2$ quindi il quadrilatero è iperstatico, cioè supervincolato, e può funzionare solo se i vincoli sovrabbondanti non sono in contrasto con i vincoli essenziali.

Affinché il quadrilatero abbia un grado di libertà I membri 2 e 3 sono vincolati con una coppia rotoidale assialmente scorrevole, i membri 1 e 2 sono vincolati con uno snodo sferico (***S***)



G.D.L. di un Meccanismo

Un altro esempio è la morsa da fabbro



- 3-1 coppia prismatica (P)
- 1-2 coppia rotoidale (R)
- 2-3 coppia elicoidale (E)

ℓ

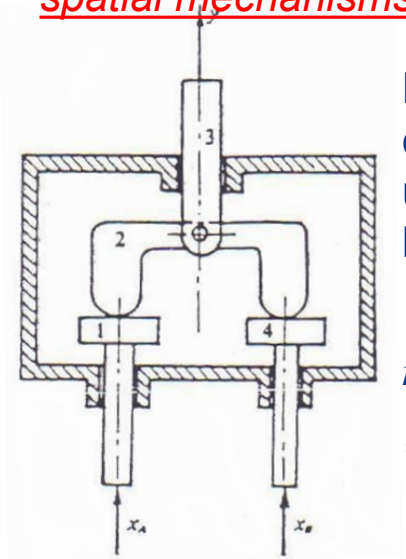
Il sistema funziona solo perché i vincoli esuberanti finiscono con l'essere ripetizioni di quelli essenziali (*vincoli ridondanti*).

Nei meccanismi con ***1 g.d.l.*** si ha un membro (movente) e un membro cedente, nei meccanismi con ***2*** o più ***g.d.l.*** vi possono essere più moventi e/o più cedenti.

Sono utilizzati o quando si vuole sommare i contributi di due entrate indipendenti o quando si vuole ripartire l'effetto di un'entrata indipendente su più uscite.

G.D.L. di un Meccanismo

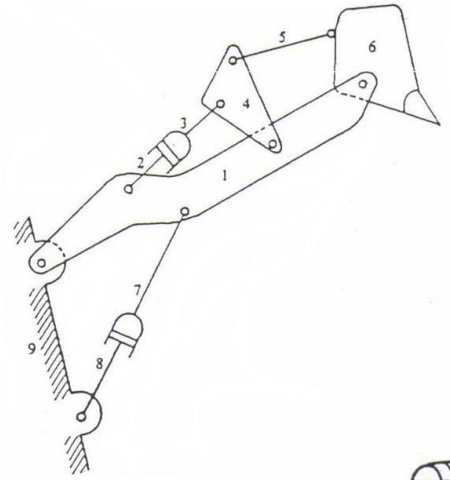
Esempi di meccanismi nello spazio con due gradi di libertà-
spatial mechanisms with 2-dof



Lo spostamento del membro 3 è una combinazione lineare dei membri 1 e 4

$m=5, \quad C_1=4, \quad C_2=2$

$=> \ell \ =2$



2 entrate:

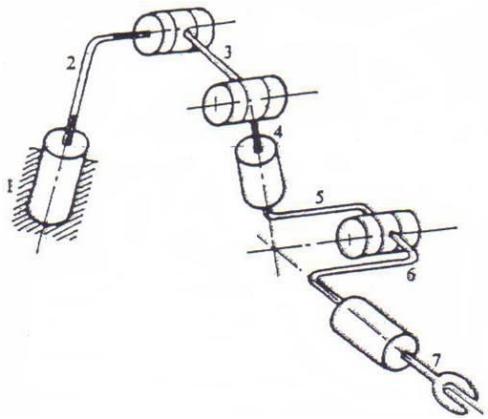
motori idraulici

2 g.d.l. del cucchiaio

$m=9, C_1=4, => \ell \ =2$

Il telaio 9 è in moto su un veicolo traslante => $\ell \ =3$

Catena cinematica aperta, 6 entrate (rotazioni) Il membro 1 è a telaio, La posizione del membro 7 è una combinazione lineare delle sei rotazioni.

Serial six-axis manipulator

$m=7, \ C_1=6 \ => \ell \ =6$