PAS - COSTRUZIONE DI MACCHINE

LEZ. 1

PROGRAMMA

- SISTEMI DI FORZE, RICHIAMI DI STATICA, CINEMATICA E DINAMICA: DEFINIZIONI E LEGGI FONDAMENTALI. LAVORO, ENERGIA, POTENZA, RESISTENZE PASSIVE: ATTRITO RADENTE E VOLVENTE, RESISTENZA NEL MEZZO (2 LEZIONI)

- MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE: COPPIE CINEMATICHE E MECCANISMI. FORZE AGENTI SULLE MACCHINE: LAVORO MOTORE, LAVORO RESISTENTE, BILANCIO ENERGETICO E RENDIMENTO (2 LEZIONI)

- ORGANI PER LA TRASMISSIONE DELLA POTENZA: RUOTE DENTATE, CINGHIE, FUNI METALLICHE E CATENE, ACCENNI A TRIBOLOGIA E LUBRIFICAZIONE (1 LEZIONE)

- RESISTENZA DEI MATERIALI: LEGGE DI HOOKE, PROVA DI TRAZIONE, TIPI METALLI STRUTTURALI, TIPI DI SOLLECITAZIONE, CRITERI DI RESISTENZA, TEORIA DELLE TRAVI, CONCENTRAZIONE DELLE TENSIONI, RESISTENZA A FATICA (2 LEZIONI)

- DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DI ORGANI DI MACCHINE E DI SEMPLICI MECCANISMI (RUOTE DENTATE, PERNI, ALBERI, SUPPORTI, GIUNTI, INNESTI, MOLLE) (2 LEZIONI)

- ESEMPI DI COSTRUZIONE DI MACCHINE: RIDUTTORI AD INGRANAGGI; MECCANISMO DI BIELLA - MANOVELLA E ALBERO A GOMITI CON VOLANO; APPARECCHI DI SOLLEVAMENTO (2 LEZIONI)
- VISITA AI LABORATORI (E VIDEO DIMOSTRATIVI) (1 LEZIONE)

LEZ. 01 - SISTEMI DI FORZE E RICHIAMI DI STATICA

FORZA → VETTORE: MODULO (E UNITÀ DI MISURA)
DIREZIONE E VERSO
P.TO DI APPLICAZIONE

SISTEMA DI FORZE: E' UN INSIEME DI FORZE
PIÙ FORZE CONSIDERATE COMPLESSIVAMENTE

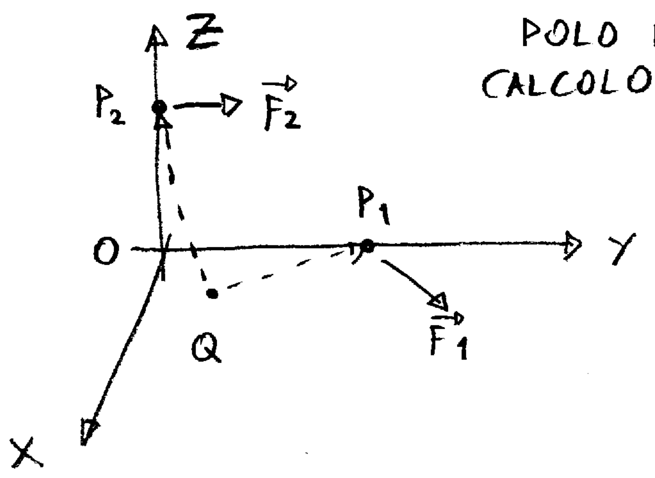
SISTEMA DI FORZE → RISULTANTE
→ MOMENTO RISULTANTE (RISPETTO AD UN POLO DI CALCOLO)

RISULTANTE: SOMMA (VETTORIALE) DI TUTTE LE FORZE DEL SISTEMA

MOMENTO (DI UNA FORZA): PRODOTTO VETTORIALE FRA BRACCIO E FORZA

MOM. RISULTANTE: SOMMA (VETTORIALE) DEI MOMENTI DI TUTTE LE FORZE DEL SISTEMA

ESEMPIO SISTEMA TRIDIMENSIONALE



POLO DI CALCOLO

$O = (0, 0, 0)$ m

$\rightarrow Q = (1, 1, 0)$ m

$P_1 = (0, 4, 0)$ m

$P_2 = (0, 0, 3)$ m

$F_1 = (10, 10, 0)$ N

$F_2 = (0, 7, 0)$ N

RISULTANTE

$$\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2} =$$
$$= (10, 10, 0) + (0, 7, 0) = (10, 17, 0) \text{ N}$$

BRACCIO DI CIASCUNA FORZA

$$\overline{QP_1} = \overline{OP_1} - \overline{OQ} = (0, 4, 0) - (1, 1, 0) = (-1, 3, 0)$$
$$\overline{QP_2} = \overline{OP_2} - \overline{OQ} = (0, 0, 3) - (1, 1, 0) = (-1, -1, 3)$$

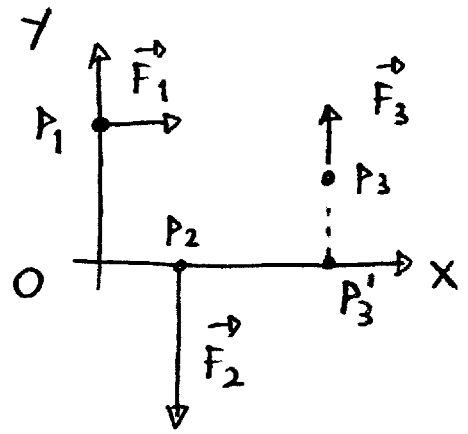
MOMENTO: PRODOTTO VETTORIALE BRACCIO X FORZA

$$\vec{M_1} = \overline{QP_1} \times \vec{F_1} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ -1 & 3 & 0 \\ 10 & 10 & 0 \end{vmatrix} = \hat{x} \begin{vmatrix} 3 & 0 \\ 10 & 0 \end{vmatrix} - \hat{y} \begin{vmatrix} -1 & 0 \\ 10 & 0 \end{vmatrix}$$
$$+ \hat{z} \begin{vmatrix} -1 & 3 \\ 10 & 10 \end{vmatrix} = (0, 0, -10 - 30) = (0, 0, -40) \text{ N m}$$

$$\vec{M_2} = \overline{QP_2} \times \vec{F_2} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ -1 & -1 & 3 \\ 0 & 7 & 0 \end{vmatrix} = \hat{x} \begin{vmatrix} -1 & 3 \\ 7 & 0 \end{vmatrix} - \hat{y} \begin{vmatrix} -1 & 3 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$$
$$+ \hat{z} \begin{vmatrix} -1 & -1 \\ 0 & 7 \end{vmatrix} = (-21, 0, -7) \text{ N m}$$

$$\vec{M} = \vec{M_1} + \vec{M_2} = (-21, 0, -47) \text{ N m}$$

ESEMPIO SISTEMA PIANO



$\vec{F}_1 = (5, 0)$ N

$\vec{F}_2 = (0, -10)$ N

$\vec{F}_3 = (0, 5)$ N

$P_1 = (0, 3)$ m

$P_2 = (1, 0)$ m

$P_3 = (4, 1.5)$ m

$M = ?$

(POLO: O)

RIAPPLICARE LA REGOLA

ES.

$$\vec{M}_1 = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ 0 & 3 & 0 \\ 5 & 0 & 0 \end{vmatrix} = \hat{x}\begin{vmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} - \hat{y}\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 5 & 0 \end{vmatrix} + \hat{z}\begin{vmatrix} 0 & 3 \\ 5 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= (0, 0, -15) \text{ Nm}$$

RIMANE UNA SOLA COMPONENTE (SECONDO z) COME SE FOSSE UNO SCALARE:

SI PUÓ CALCOLARE COME PRODOTTO FRA BRACCIO MINIMO E MODULO. BRACCIO MINIMO: PERP. ALLA FORZA

VERSO: + ANTIORARIO, − ORARIO

$M_1 = -3 \times 5 = -15$ Nm

$M_2 = -1 \times \underset{\text{MODULO}}{10} = -10$ Nm

$M_3 = \underset{\overline{OP_3'}\text{ MODULO DEL BRACCIO MINIMO}}{4} \times 5 = 20$ Nm

MOMENTO RISULTANTE

$M = M_1 + M_2 + M_3 =$

$= -15 - 10 + 20 =$

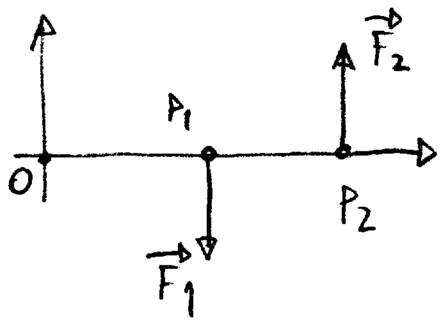
$= -5$ Nm

IL MOMENTO (E QUINDI ANCHE IL MOMENTO RISULTANTE) DIPENDE DAL POLO. SE SCELGO UN ALTRO POLO IL MOMENTO CAMBIA. SI DIMOSTRA CHE:

$$M_{Q'} = M_Q + \vec{Q'Q} \times \vec{R}$$

QUESTA FORMULA PERMETTE DI PASSARE DAL POLO Q AL POLO Q'

ESISTE UN PARTICOLARE SIST. DI FORZE PER CUI IL MOMENTO NON DIPENDE DAL POLO: <u>COPPIA DI FORZE</u>



$M = M_1 + M_2$ NON DIPENDE DAL POLO DATO CHE $\vec{R} = 0$

ES. POLO O

$$\begin{aligned} M &= -OP_1 F_1 + OP_2 F_2 \\ &= -OP_1 F_1 + OP_2 F_1 \\ &= (-OP_1 + OP_2) F_1 \\ &= \underline{P_1 P_2 \; F_1} \end{aligned}$$

SCOMPARE IL POLO O

$\vec{F_1} = -\vec{F_2}$ $(F_1 = F_2)$

STESSA DIREZIONE E MODULO MA VERSO OPPOSTO

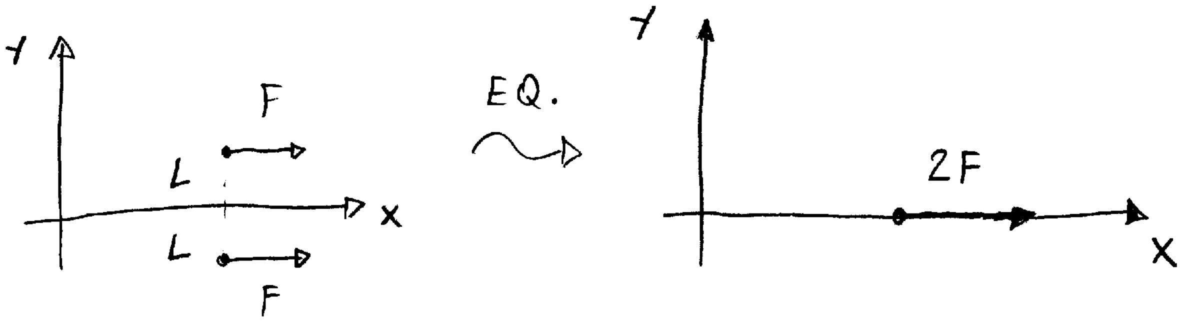
COPPIA: IL MOMENTO E' PARI A FORZA PER LA DISTANZA FRA I DUE VETTORI

SISTEMI DI FORZE EQUIVALENTI

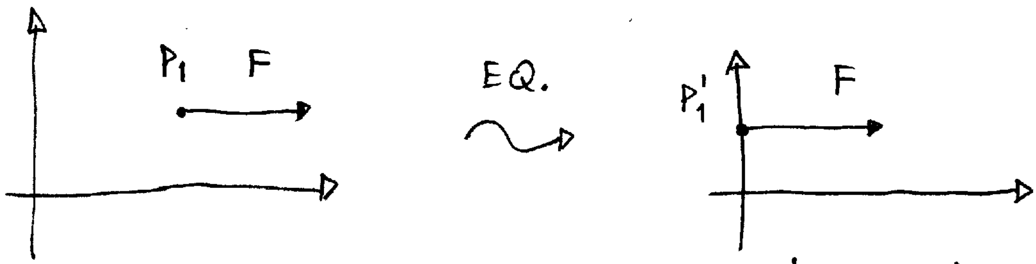
DUE SIST. SONO EQ. SE HANNO STESSA RISULTANTE E STESSO MOM. RISULTANTE RISPETTO AD OGNI POLO

PER LA FORMULA DI PASSAGGIO DA UN POLO ALL'ALTRO SE DUE SISTEMI HANNO STESSA RISULTANTE E STESSO MOMENTO RISPETTO AD UN POLO ALLORA HANNO STESSO MOMENTO RISPETTO AD UN QUALSIASI ALTRO POLO

ESEMPIO DI SISTEMI EQUIVALENTI



ALTRO ESEMPIO: TRASLAZIONE DI UNA FORZA LUNGO LA SUA RETTA D'AZIONE



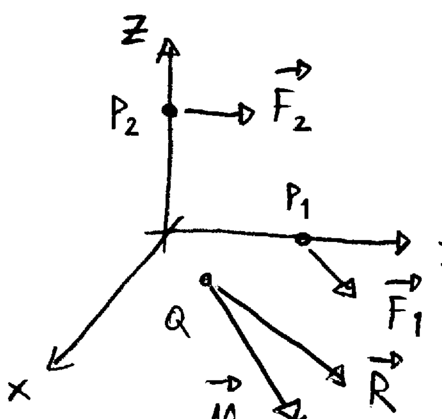
$P_1 = (4, 1)$ m $\qquad$ $P_1' = (0, 1)$ m

$F = (10, 0)$ N $\qquad$ $F = (10, 0)$ N

RIDUZIONE DI UN SISTEMA (DI FORZE) AD UN PUNTO (FONDAMENTALE PER LA TH. DELLE TRAVI)

DATO UN SIST. DI FORZE E UN P.TO SI OTTIENE UN SIST. EQUIVALENTE APPLICANDO LA RISULTANTE A QUEL PUNTO E AGGIUNGENDO UNA COPPIA PARI AL MOMENTO RISULTANTE DEL SISTEMA CALCOLATO PROPRIO RISPETTO A QUEL PUNTO

ESEMPIO PRECEDENTE



I SISTEMI $\vec{F_1}$ E $\vec{F_2}$ E $\vec{R}$ E $\vec{M}$ SONO EQUIVALENTI

NOTA: $\vec{M}$ RAPPRESENTA UNA (QUALUNQUE) COPPIA DI FORZA DI MOMENTO $\vec{M}$ E QUINDI NON HA SENSO IL P.TO DI APPLICAZIONE, PER COMODITÀ SI APPLICA A Q

STATICA

→ LEGGE FONDAMENTALE DELLA STATICA DEL PUNTO MATERIALE

IL P.TO MATERIALE E' UN CORPO DI DIMENSIONI TRASCURABILI SISPETTO ALLE DIMENSIONI DEL PROBLEMA

ESEMPIO: UN PIANETA CHE E' PICCOLO RISPETTO ALLA SUA ORBITA

NON AVENDO DIMENSIONI IL P.TO MATERIALE PUO' SOLO SUBIRE FORZE CHE HANNO COME PUNTO DI APPLICAZIONE IL PUNTO STESSO

AFFINCHE' IL P.TO MATERIALE SIA IN EQUILIBRIO STATICO E' NECESSARIO CHE LA RISULTANTE DI TUTTE LE FORZE RIA NULLA

$$\vec{R} = \sum_i \vec{F_i} = 0$$

→ LEGGE FONDAMENTALE DELLA STATICA DEL CORPO RIGIDO

IL CORPO RIGIDO E' INVECE "ESTESO", DIMENSIONI NON PIU' TRASCURABILI, CON LA PROPRIETA CHE QUALUNQUE SUA COPPIA DI PUNTI MANTIENE SEMPRE LA STESSA DISTANZA

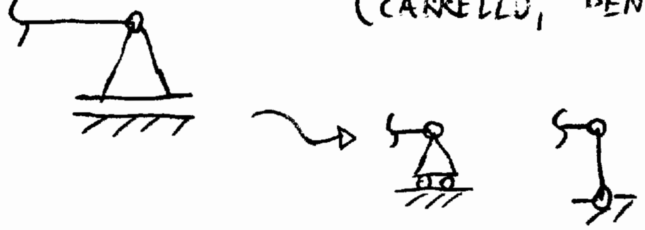
AFFINCHE' IL CORPO RIGIDO SIA IN EQUILIBRIO STATICO E' NECESSARIO CHE IL SISTEMA DI FORZE SIA EQUIVALENTE AD UN SISTEMA NULLO:

$\vec{R} = 0$ $\quad$ $\vec{M}_Q = 0$ $\quad$ (Q POLO DI CALCOLO QUALUNQUE)

IL SISTEMA DI FORZE CHE AGISCE SUL CORPO COMPRENDE <u>TUTTE</u> LE FORZE ANCHE LE REAZIONI VINCOLARI

TIPI DI VINCOLO (PIANO)

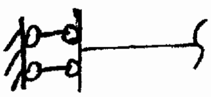
1) APPOGGIO (CARRELLO, PENDOLO)



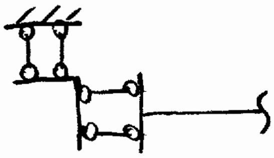
2) CERNIERA

3) INCASTRO

4) BIPENDOLO

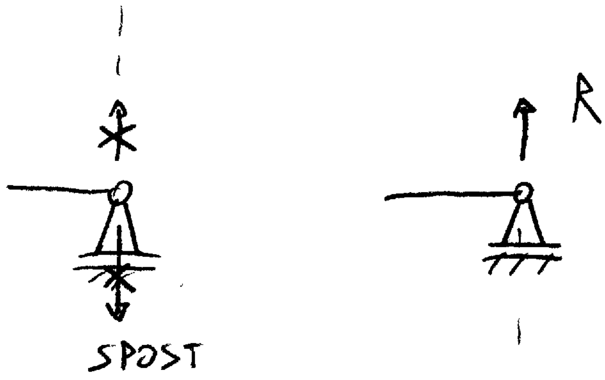


5) DOPPIO BIPENDOLO



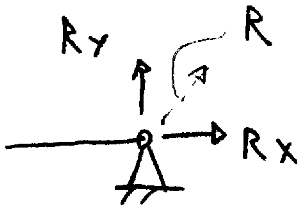
1) APPOGGIO

IMPEDISCE LO SPOSTAMENTO SECONDO UNA SOLA DIREZIONE (COMUNQUE BILATERALE) INTRODUCENDO UNA REAZIONE VINCOLARE: UNA FORZA OPPORTUNA TALE DA IMPEDIRE LO SPOSTAMENTO DI QUEL PUNTO



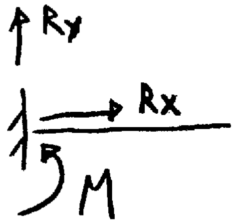
2) CERNIERA

IMPEDISCE LO SPOST. IN ENTRAMBE LE DIREZ.
ALTRETTANTE COMPONENTI DI FORZA



3) INCASTRO

IMPEDISCE, OLTRE ALLO SPOST. SECONDO ENTRAMBE LE DIREZIONI, ANCHE LA ROTAZIONE



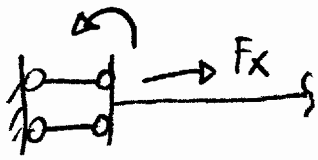
2 COMP. DI FORZA

1 MOMENTO

M HA IL SIGNIFICATO DI UNA COPPIA, DI MOMENTO M (INDIPENDENTEMENTE DAL POLO)

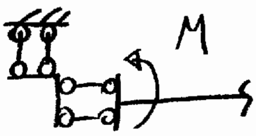
4) BIPENDOLO

IMPEDISCE LO SPOSTAMENTO SECONDO LA DIREZIONE DEI PENDOLI (PARALLELI) E ANCHE LA ROTAZIONE



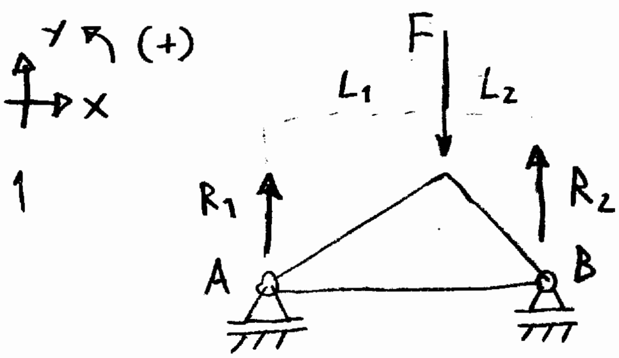
5) DOPPIO BIPENDOLO

IMPEDISCE SOLO LA ROTAZIONE, NON IMPEDISCE GLI SPOSTAMENTI



LE REAZ. VINCOLARI AGISCONO PER RIPRISTINARE L'EQUILIBRIO

ES. 1



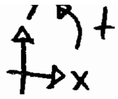
R_1, R_2, F FORMANO UN SISTEMA DI FORZE EQUILIBRATO

SI PUO' QUINDI IMPOSTARE UN SISTEMA E DEDURRE LE REAZIONI INCOGNITE

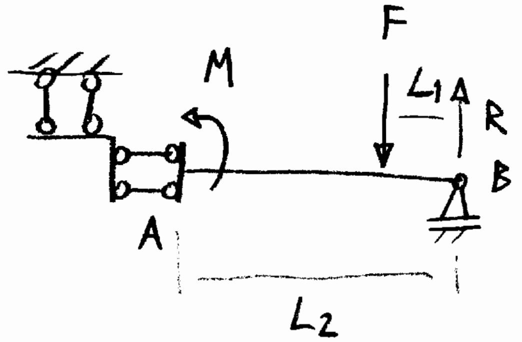
$$\begin{cases} R_1 + R_2 - F = 0 \\ 0 \times R_1 + R_2 (L_1 + L_2) - F L_1 = 0 \end{cases}$$

POLO RISPETTO AD A

$$\begin{cases} R_2 = F \dfrac{L_1}{L_1+L_2} \\ R_1 = F - R_2 = F - F \dfrac{L_1}{L_1+L_2} = F \dfrac{L_2}{L_1+L_2} \end{cases}$$



ES. 2



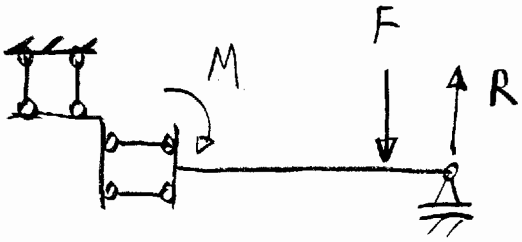
$$\begin{cases} -F + R = 0 \\ FL + M = 0 \end{cases}$$

POLO: B

$$\downarrow$$

$$\begin{cases} R = F \\ M = -FL_1 \end{cases}$$

NEL CASO DI UNA REAZIONE NEGATI E' CONSIGLIATO RIFARE LO SCHEMA IN MODO CHE IL SIMBOLO COINCIDA CON IL MODULO E LO SCHEMA SIA PIU' CHIARO

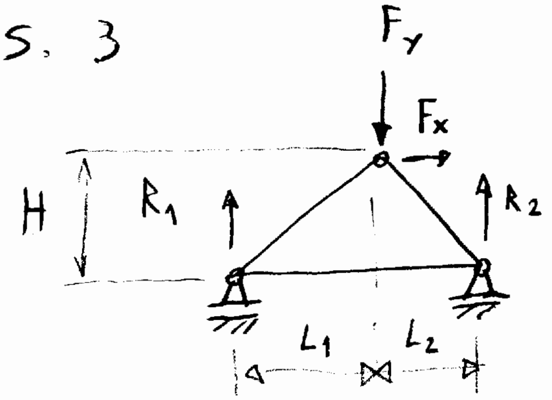


$R = F$

$M = FL_1$

NOTARE CHE F - R COSTITUISCONO UNA COPPIA E M E' LA CONTROCOPPIA, INOLTRE L_1 NON HA RUOLO NELLA SOLUZIONE

ES. 3



STESSO CASO PRECEDENTE CON PERO' F_x

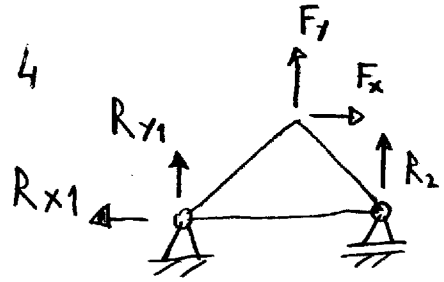
$$\begin{cases} F_x + 0 = 0 \\ R_1 + R_2 - F_y = 0 \\ 0 \times R_1 + R_2 (L_1 + L_2) - F_x H - F_y L_1 = 0 \end{cases}$$

IN QUESTO CASO LA SOLUZ. NON ESISTE! → SISTEMA <u>LABILE</u>

QUALUNQUE COPPIA DI VALORI R_1, R_2 IL SISTEMA COMPLESSIVO DI FORZE NON HA RISULTANTE NULLA

SOSTITUENDO UN APPOGGIO CON UNA CERNIERA :

ES. 4

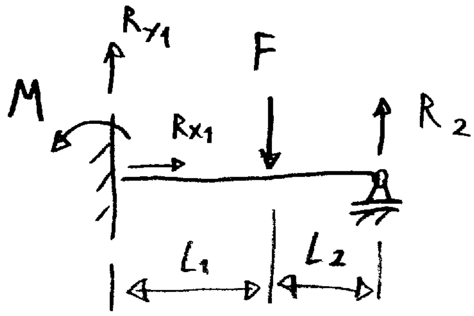


$$\begin{cases} F_x - R_{x1} = 0 \\ R_{y1} + R_2 - F_y = 0 \\ R_2 (L_1 + L_2) - F_x H - F_y L_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_{x1} = F_x \\ R_2 = \dfrac{F_x H + F_y L_1}{L_1 + L_2} \\ R_{y1} = F_y - R_2 = \dfrac{F_y L_2 - F_x H}{L_1 + L_2} \end{cases}$$

IN QUESTO CASO
IL SISTEMA TORNA
AD ESSERE <u>ISOSTATICO</u>
(UNA ED UNA SOLA SOLUZ.)

ES. 5



NOTARE IL SIGNIFICATO DIVERSO DI $(F_x = 0)$ DEL CASO PRECEDENTE

$$\begin{cases} R_{x1} = 0 \\ R_{y1} + R_2 - F = 0 \\ M - F L_1 + R_2 (L_1 + L_2) = 0 \end{cases}$$

POLO: INCASTRO

IN QUESTO CASO ESISTONO ∞ SOLUZIONI :
POSSO SCEGLIERE UN QUALUNQUE VALORE DI R_2 ED AVERE
DI CONSEGUENZA AVERE R_{y1}, M, OPPURE POSSO
SCEGLIERE M COME PARAMETRO

SISTEMA <u>IPERSTATICO</u>

SCONSIGLIATO IL SISTEMA DEL CONTEGGIO DELLA NUMEROSITA' DEI VINCOLI ...

ANALOGIA CON I SISTEMI DI EQUAZIONI

SCHEMI DI STATICA	$\longleftrightarrow$	SISTEMI DI EQUAZIONI LINEARI