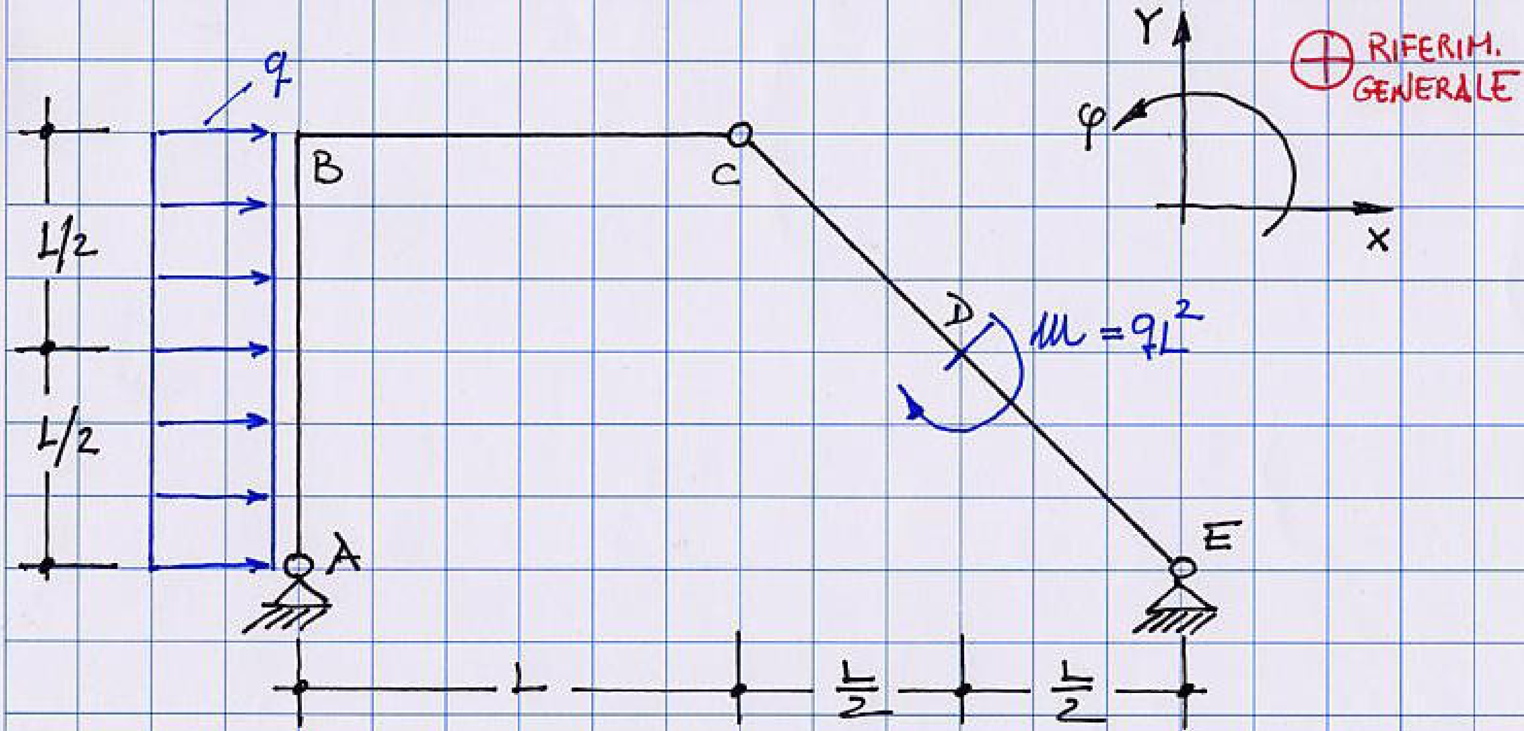
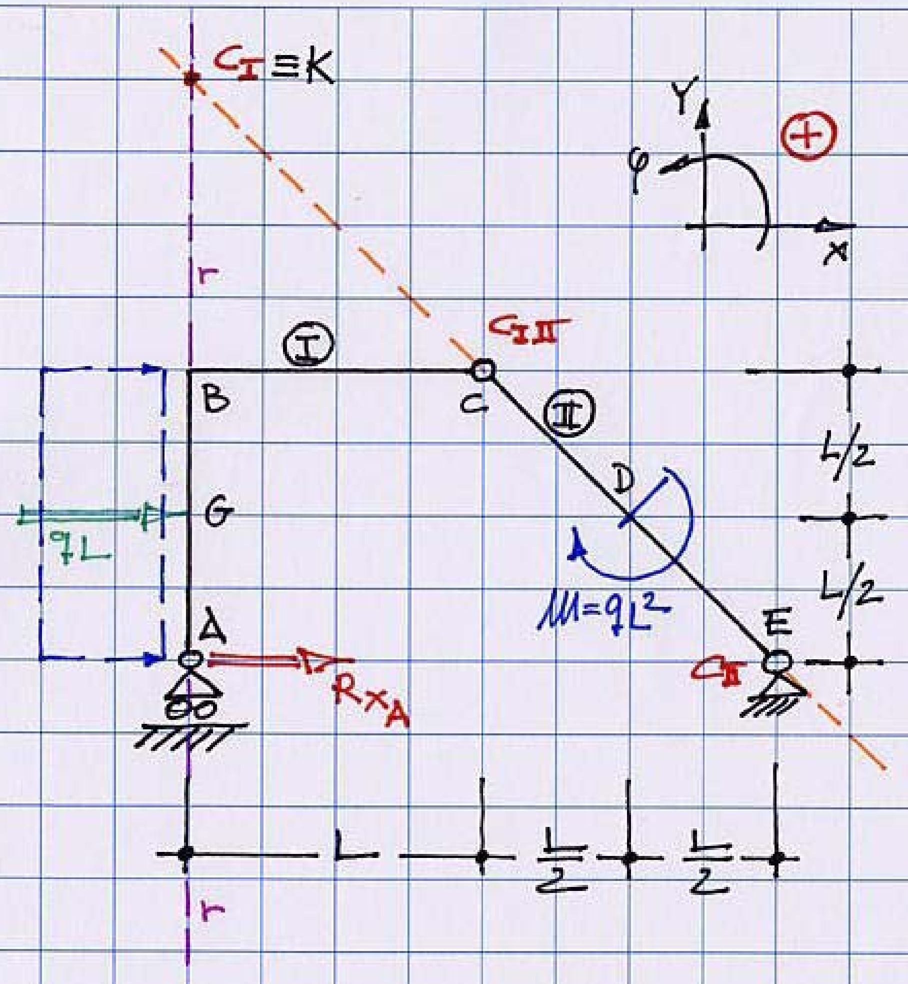
ESERCIZIO #3

DETERMINARE LE REAZIONI VINCOLARI DEL SISTEMA ISOSTATICO SEGUENTE TRAMITE LE CONDIZIONI DI EQUILIBRIO DEI CINEMATISMI.



- CALCOLO DI R_{x_A}

1. A tal fine è sufficiente considerare la catena cinematica ottenuta dal sistema isostatico originario sostituendo la cerniera A ($\mu=2$) con un carrello a piano di scorrimento orizzontale ($\mu=1$) e applicando in A la componente di reazione incognita R_{x_A} che si vuole valutare.
2. La reazione incognita R_{x_A} del sistema originario è infatti interpretabile, sulla catena cinematica così individuata, come un carico esterno incognito. La scrittura delle condizioni di equilibrio di tutti i carichi agenti sullo schema labile conduce alla determinazione di R_{x_A}.



- grado di labilità

$$\ell = 3N - \mu_t = 3 \times 2 - (1+2+2) = 1$$

- Individuazione centri assoluti e centro relativo

CARRELLO A $\rightarrow$ $C_I \in r$

CERNIERA C $\rightarrow$ $C_{I\,II} \equiv C$

CERNIERA E $\rightarrow$ $C_{II} \equiv E$

$C_I \equiv K$

dovendo essere allineato con C_{II} e $C_{I\,II}$ e dovendo appartenere alla retta r!

3. Le equazioni di equilibrio dei cinematismi hanno la forma generale $\underline{\underline{C}}^T \underline{F} = \underline{0}$ con $\underline{\underline{C}}^T :=$ matrice di equilibrio, $\underline{F} :=$ vettore dei carichi (i carichi distribuiti sono sostituiti da carichi concentrati equivalenti). Nel caso in esame, essendo in presenza di una catena cinematica ($\ell = 1$), il sistema $\underline{\underline{C}}^T \underline{F} = \underline{0}$ si riduce all'equazione $\underline{C}^T \underline{F} = 0$ (la matrice di equilibrio è costituita da una sola riga ovvero $\underline{C}$, matrice di compatibilità, è costituita da una sola colonna).

4. Tenendo conto dei versi positivi individuati dal riferimento generale e assumendo:

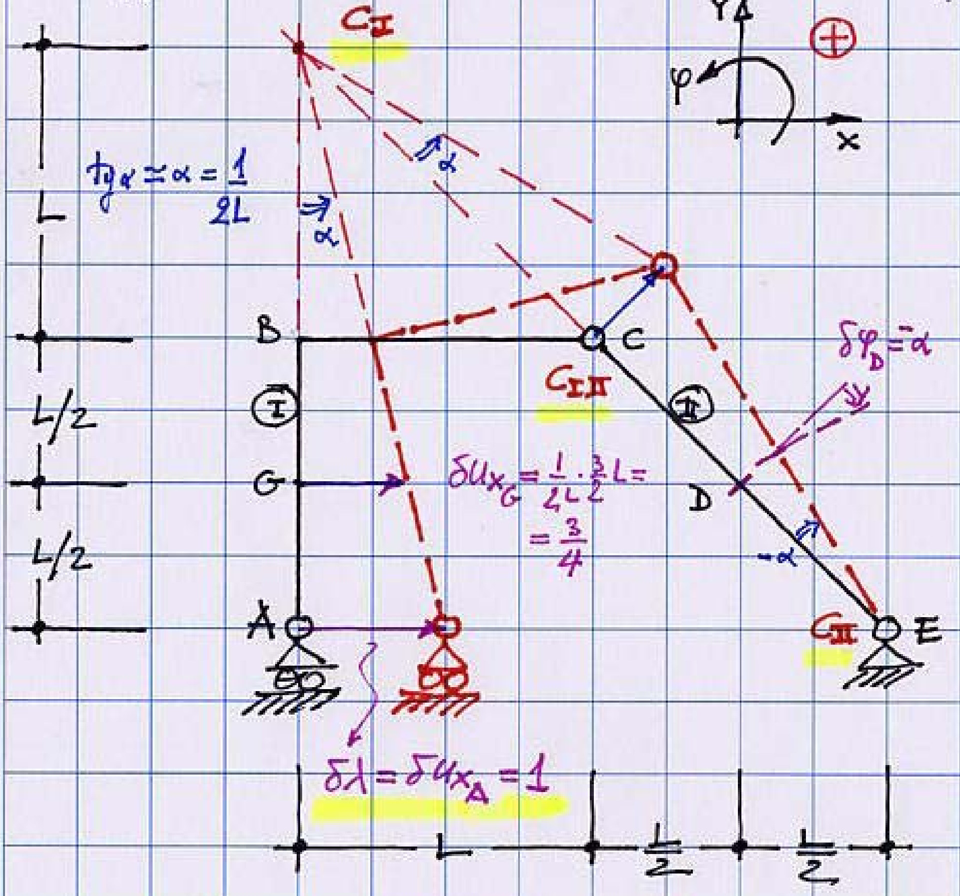
$$\delta\lambda = \delta u_{x_A} \; ; \quad \delta \underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_A} \\ \delta u_{x_G} \\ \delta \varphi_D \end{bmatrix} \; ; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} R_{x_A} \\ qL \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} \; ;$$

PARAMETRO LAGRANGIANO

VETTORE DEGLI SPOSTAMENTI DIPENDENTI DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI (COMPONENTI DI SPOSTAMENTO NELLA DIREZIONE DEI CARICHI)

VETTORE DEI CARICHI (ORGANIZZATO COME $\delta \underline{u}_D$)

l'individuazione di $\underline{c}$ (unica colonna della matrice di compatibilità) può effettuarsi considerando la spostata della catena cinematica ottenuta per $\delta\lambda = \delta u_{x_A} = 1$ e valutando gli spostamenti dei punti di applicazione dei carichi, risulta infatti $\underline{c} \equiv \delta \underline{u}_D \big|_{\delta\lambda=1}$ -



$$\delta \underline{u}_D \big|_{\delta\lambda=1} = \underline{c} = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{3}{4} \\ -1/2L \end{bmatrix}$$

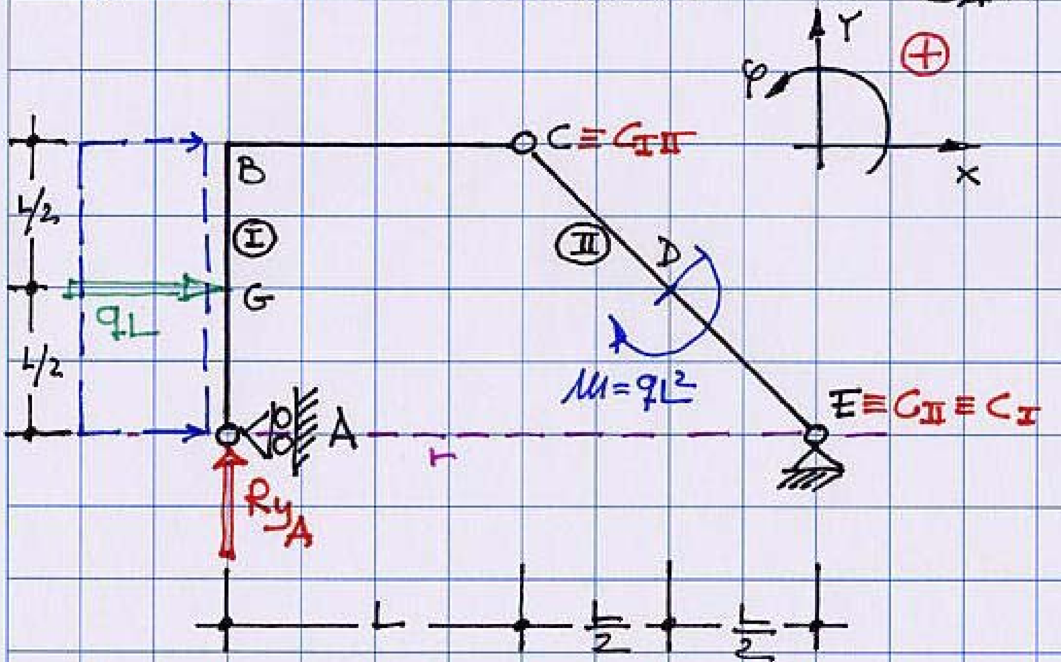
Si ha in definitiva: $\underline{c}^T \underline{F} = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & \frac{3}{4} & -\frac{1}{2L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{x_A} \\ qL \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} = 0$

$$R_{x_A} + \frac{3}{4} qL + \frac{\overset{qL^2}{\mathcal{M}}}{2L} = 0 \rightarrow \boxed{R_{x_A} = -\frac{5}{4} qL}^{(*)}$$

(*) Il verso effettivo di R_{x_A} è opposto a quello ipotizzato!

- CALCOLO DI Ry_A

1. A tal fine è sufficiente considerare la catena cinematica ottenuta dal sistema isostatico originario sostituendo la cerniera A ($\mu=2$) con un carrello a piano di scorrimento verticale ($\mu=1$) e applicando in A la componente di reazione incognita Ry_A che si vuole valutare.
2. La reazione incognita Ry_A del sistema originario è infatti interpretabile come un carico esterno incognito sulla catena cinematica così individuata. La scrittura delle condizioni di equilibrio di tutti i carichi agenti sullo schema labile conduce alla determinazione di Ry_A.



- grado di labilità

$l = 3N - \mu_t =$
$= 3\times2 - (1+2+2) = 1$

- Individuazione Centri Assoluti e Centri Relativi di rotazione

CARRELLO A → $C_I \in r$
CERNIERA C → $C_{I\,II} \equiv C$
CERNIERA E → $C_{II} \equiv E$

$C_I \in r$ e deve essere allineato con C_{II} e $C_{I\,II}$ quindi $C_I \equiv E \equiv C_{II}$

3. Le equazioni di equilibrio dei cinematismi hanno la forma generale $\underline{C}^T \underline{F} = \underline{0}$ con $\underline{C}^T :=$ matrice di equilibrio, $\underline{F} :=$ vettore dei carichi (i carichi distribuiti sono sostituiti da carichi concentrati equivalenti). Nel caso in esame, essendo in presenza di una catena cinematica ($l=1$), il sistema

SCBAA LABSTA
campus
FUSCHI
PISANO
SOFI

$\underline{\underline{C}}^T \underline{F} = \underline{0}$ si riduce all'equazione $\underline{C}^T \underline{F} = 0$ (la matrice di equilibrio è costituita da una sola riga ovvero $\underline{C}$, matrice di compatibilità, è costituita da una sola colonna).

4. Tenendo conto dei versi positivi individuati dal riferimento generale e assumendo:

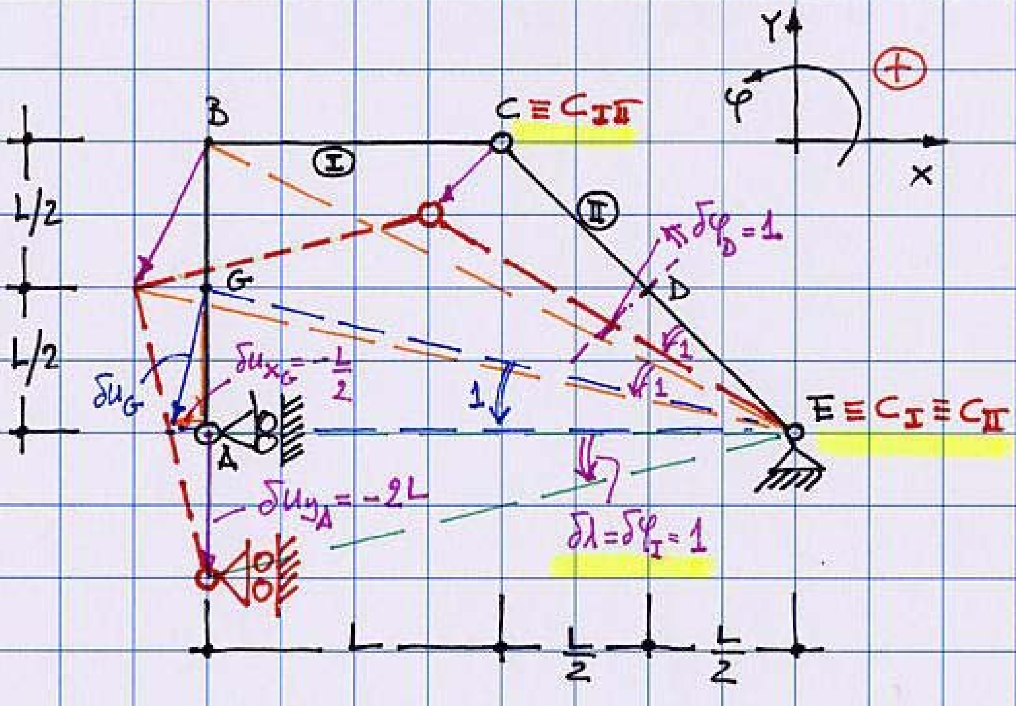
$$\delta\lambda = \delta\varphi_I \; ; \qquad \delta\underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{y_A} \\ \delta u_{x_G} \\ \delta\varphi_D \end{bmatrix} ; \qquad \underline{F} = \begin{bmatrix} R_{y_A} \\ qL \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix}$$

PARAMETRO LAGRANGIANO (ROTAZIONE RIGIDA DEL CORPO I).

VETTORE SPOSTAMENTI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI (COMPONENTI DI SPOST. NELLA DIREZIONE DEI CARICHI)

VETTORE DEI CARICHI (ORGANIZZATO COME $\delta\underline{u}_D$)

l'individuazione di $\underline{C}$ (unica colonna della matrice di compatibilità) può effettuarsi considerando la spostata della catena cinematica ottenuta per $\delta\lambda = \delta\varphi_I = 1$ e valutando gli spostamenti dei punti di applicazione dei carichi, risulta infatti $\underline{C} \equiv \delta\underline{u}_D \big|_{\delta\lambda=1}$.



$$\delta\underline{u}_D \Big|_{\delta\lambda=1} \equiv \underline{C} = \begin{bmatrix} -2L \\ -\frac{L}{2} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Si ha in definitiva: $\underline{C}^T \underline{F} = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} -2L & -\frac{L}{2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{y_A} \\ qL \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} = 0$

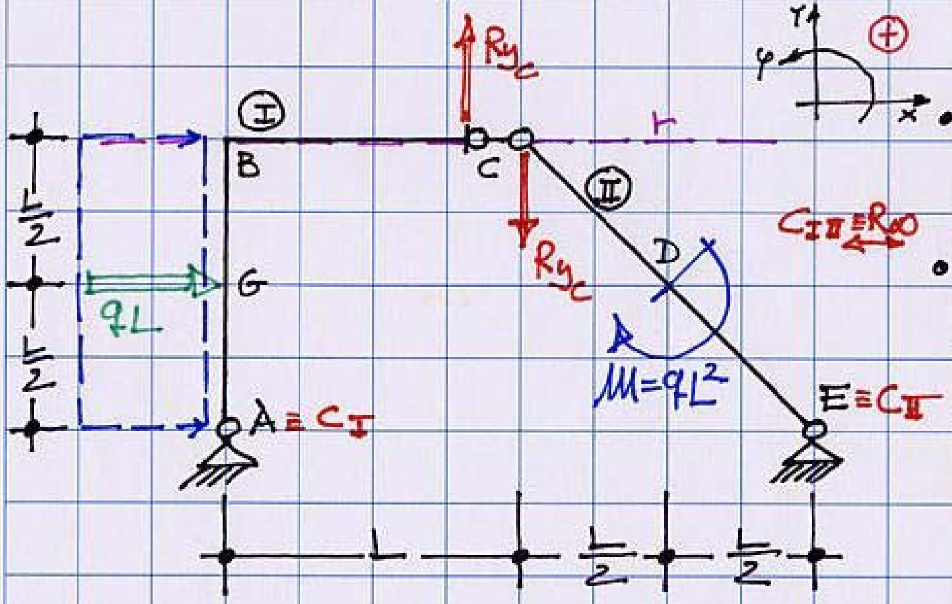
$$-2L\, R_{y_A} + \frac{qL^2}{2} - \overset{qL^2}{\mathcal{M}} = 0 \rightarrow \boxed{R_{y_A} = -\frac{3}{4} qL} \; (*)$$

(*) Il verso effettivo di R_{y_A} è opposto a quello ipotizzato!

• CALCOLO DI R_{y_C}

1. A tal fine è sufficiente considerare la catena cinematica ottenuta dal sistema isostatico originario sostituendo la cerniera interna C ($\mu=2$) con un pendolo interno ad asse orizzontale ($\mu=1$) e applicando in C la reazione interna mutua R_{y_C} che si vuole valutare. Quest'ultima è assunta arbitrariamente ma di uguale modulo e verso opposto sui due tratti.

2. La reazione mutua incognita R_{y_C} agente sui due corpi del sistema originario è infatti interpretabile, sulla catena cinematica così individuata, come un carico esterno autoequilibrato incognito. La scrittura delle condizioni di equilibrio di tutti i carichi agenti sullo schema labile conduce alla determinazione di R_{y_C}.



• grado di labilità
$$l = 3N - \mu_t = 3\times 2 - (2+1+2) = 1$$

• Individuazione Centri Assoluti e Centri Relativi di rotazione.

CERNIERA A ⇝ $C_I \equiv A$

CERNIERA E ⇝ $C_{II} \equiv E$

PENDOLO C ⇝ $C_{I\,II} \in r$

$C_{I\,II} \in r$ e deve essere allineato con C_I, C_{II} quindi
$$C_{I\,II} \equiv R_\infty$$

3. Le equazioni di equilibrio dei cinematismi hanno la forma generale $\underline{C}^T \underline{F} = \underline{0}$ con $\underline{C}^T$:= matrice di equilibrio, $\underline{F}$:= vettore dei carichi (i carichi distribuiti sono sostituiti da carichi

concentrati equivalenti). Nel caso in esame, essendo in presenza di una catena cinematica ($\ell=1$), il sistema $\underline{C}^T\underline{F}=\underline{0}$ si riduce all'equazione $\underline{C}^T\underline{F}=0$ (la matrice di equilibrio è costituita da una sola riga ovvero $\underline{C}$, matrice di compatibilità, è costituita da una sola colonna).

4. Tenendo conto dei versi positivi individuati dal riferimento generale e assumendo:

$$\delta\lambda = \delta\varphi_A \; ; \quad \delta\underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_G} \\ \delta u^{(I)}_{y_C} \\ \delta u^{(II)}_{y_C} \\ \delta\varphi_D \end{bmatrix} ; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} qL \\ R_{y_C} \\ -R_{y_C} \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} ;$$

$\delta\lambda$: PARAMETRO LAGRANGIANO

$\delta\underline{u}_D$: VETTORE SPOSTAMENTI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI (COMP. DI SPOST. NELLA DIREZ. DEI CARICHI)

$\delta u^{(I)}_{y_C}$: SPOSTAMENTO VERTICALE DELLA SEZIONE C APPARTENENTE AL CORPO I

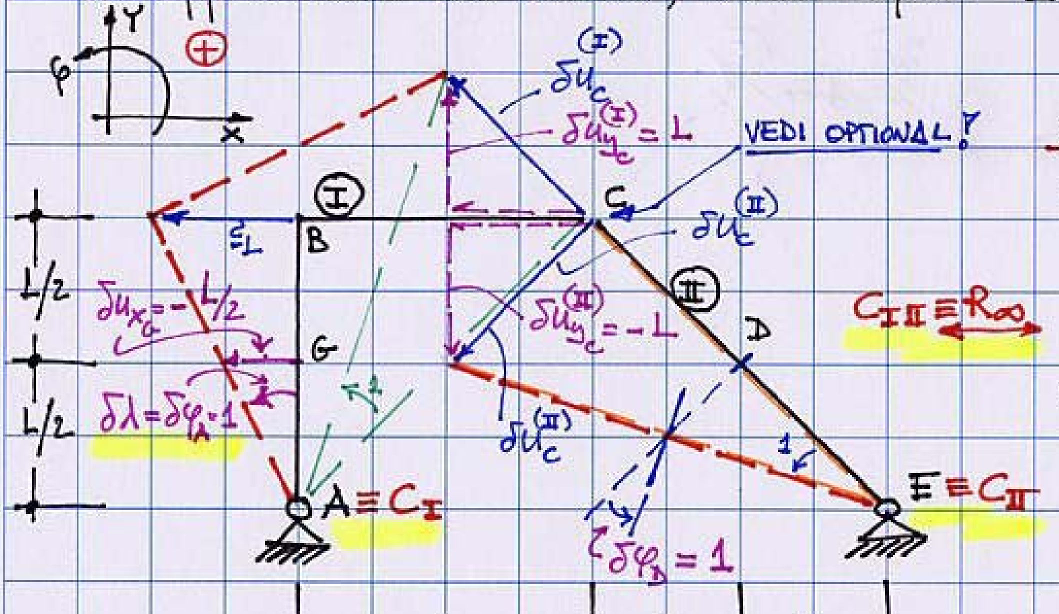
$\delta u^{(II)}_{y_C}$: SPOSTAMENTO VERTICALE DELLA SEZ. C APPARTENENTE AL CORPO II

R_{y_C} AGENTE SUL CORPO I

$-R_{y_C}$: R_{y_C} AGENTE SUL CORPO II

$\underline{F}$: VETTORE DEI CARICHI (ORGANIZZATO COME $\delta\underline{u}_D$)

l'individuazione di $\underline{C}$ (unica colonna della matrice di compatibilità) può effettuarsi considerando la spostata della catena cinematica ottenuta per $\delta\lambda = \delta\varphi_A = 1$ e valutando gli spostamenti dei punti di applicazione dei carichi, risulta infatti $\underline{C} \equiv \delta\underline{u}_D\big|_{\delta\lambda=1}$.

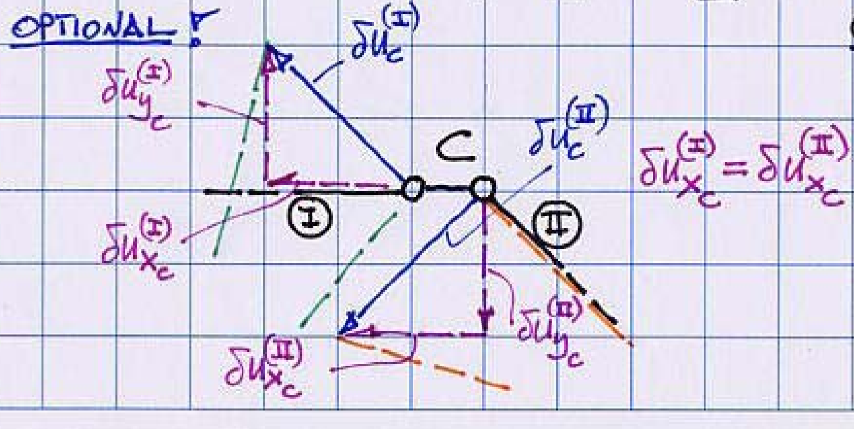


REMARKS

#1 IN C SI HA UN PENDOLO AD ASSE ORIZZONTALE!
→ TRASLAZIONE ORIZZONT. RELATIVA IMPEDITA!

#2 $C_{I\,II} \equiv R_\infty$
→ NO ROTAZIONI RELATIVE SOLO TRASLAZ. VERTICALE RELATIVA!

$$\underline{C} \equiv \delta\underline{u}_D\big|_{\delta\lambda=1} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ L \\ -L \\ 1 \end{bmatrix}$$



Si ha in definitiva:

$$\underline{C}^T \underline{F} = 0 \rightsquigarrow \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} & L & -L & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ R_{y_C} \\ -R_{y_C} \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} = 0$$

$$-\frac{qL^2}{2} + R_{y_C} L + R_{y_C} L - \underset{qL^2}{\underset{\parallel}{\mathcal{M}}} = 0$$

$$\boxed{R_{y_C} = \frac{3}{4} qL}$$

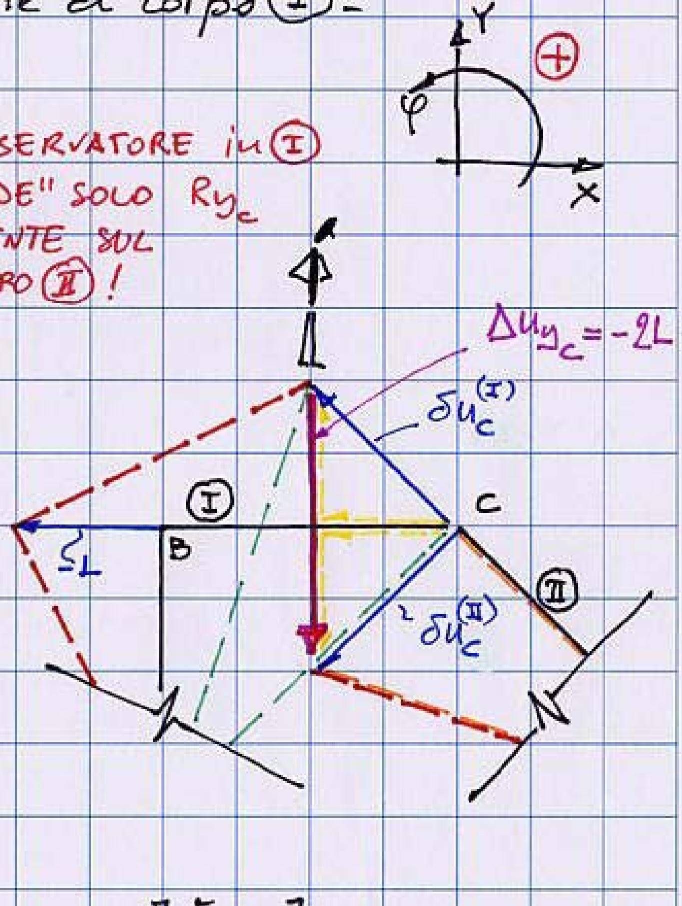
5. Allo stesso risultato si perviene se nella sezione C si considera lo spostamento relativo tra i due corpi, Δu_{y_C}, valutato per esempio da un osservatore solidale al corpo (I).

In questo caso assumendo:

$$\delta \underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_G} \\ \Delta u_{y_C} \\ \delta \varphi_D \end{bmatrix} ; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} qL \\ -R_{y_C} \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} ;$$

L'OSSERVATORE in (I) "VEDE" SOLO R_{y_C} AGENTE SUL CORPO (II)!

con riferimento alla spostata prima individuata di cui si riporta solo la porzione di interesse, per $\delta\lambda = 1$ si ha:



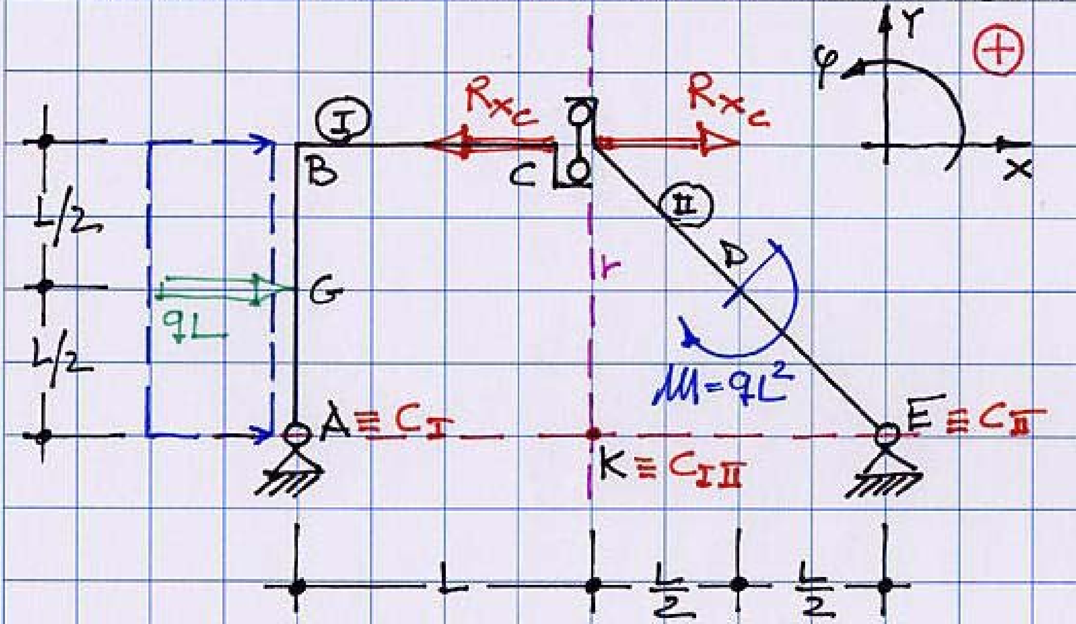
$$\underline{C} \equiv \delta \underline{u}_D \Big|_{\delta\lambda=1} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ -2L \\ 1 \end{bmatrix} .$$

In definitiva si ottiene: $\begin{bmatrix} -\frac{L}{2} & -2L & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ -R_{y_C} \\ -\mathcal{M} \end{bmatrix} = 0$

che fornisce la stessa equazione di equilibrio determinata in precedenza.

- CALCOLO DI R_{x_C}

1. A tal fine è sufficiente considerare la catena cinematica ottenuta dal sistema isostatico originario sostituendo la cerniera interna C ($\mu=2$) con un pendolo interno ad asse verticale ($\mu=1$) e applicando in C la reazione interna mutua R_{x_C} che si vuole valutare. Quest'ultima è assunta arbitrariamente ma di uguale modulo e verso opposto sui due tratti.
2. La reazione mutua incognita R_{x_C} agente sui due corpi del sistema originario è infatti interpretabile, sulla catena cinematica così individuata, come un carico esterno autoequilibrato incognito. La scrittura delle condizioni di equilibrio di tutti i carichi agenti sullo schema labile conduce alla determinazione di R_{x_C}.



- grado di labilità
  $l = 3N - \mu_t = 3\times2-(2+1+2)=1$
- Individuazione Centri Assoluti e Relativo di Rotazione:

CERNIERA A $\rightsquigarrow C_I \equiv A$
CERNIERA E $\rightsquigarrow C_{II} \equiv E$
PENDOLO C $\rightsquigarrow C_{I\,II} \in r$

$C_{I\,II} \in r$ deve essere allineato con C_I e C_{II} quindi $C_{I\,II} \equiv K$

3. Le equazioni di equilibrio dei cinematismi hanno la forma generale $\underline{C}^T\underline{F}=\underline{0}$ con $\underline{C}^T :=$ matrice di equilibrio, $\underline{F} :=$ vettore dei carichi (i carichi distribuiti sono sostituiti da carichi concentrati equivalenti). Nel caso in esame, essendo in presenza di una

SCBAA LABSTA
FUSCHI
PISANO
SOFI

catena cinematica ($\ell = 1$), il sistema $\underline{C}^T\underline{F} = \underline{0}$ si riduce all'equazione $\underline{C}^T\underline{F} = 0$ (la matrice di equilibrio è costituita da una sola riga ovvero $\underline{C}$, matrice di compatibilità, è costituita da una sola colonna).

4. Tenendo conto dei versi positivi individuati dal riferimento generale e assumendo:

$$\delta\lambda = \delta\varphi_A \; ; \quad \delta\underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_G} \\ \delta u_{x_C}^{(I)} \\ \delta u_{x_C}^{(II)} \\ \delta\varphi_D \end{bmatrix} ; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} qL \\ -R_{x_C} \\ R_{x_C} \\ -M \end{bmatrix} ;$$

PARAMETRO LAGRANGIANO

VETTORE SPOSTAMENTI DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI (COMPONENTI DI SPOSTAM. NELLA DIREZIONE DEI CARICHI)

SPOSTAMENTO ORIZZONTALE DELLA SEZ. C APPARTENENTE AL CORPO I

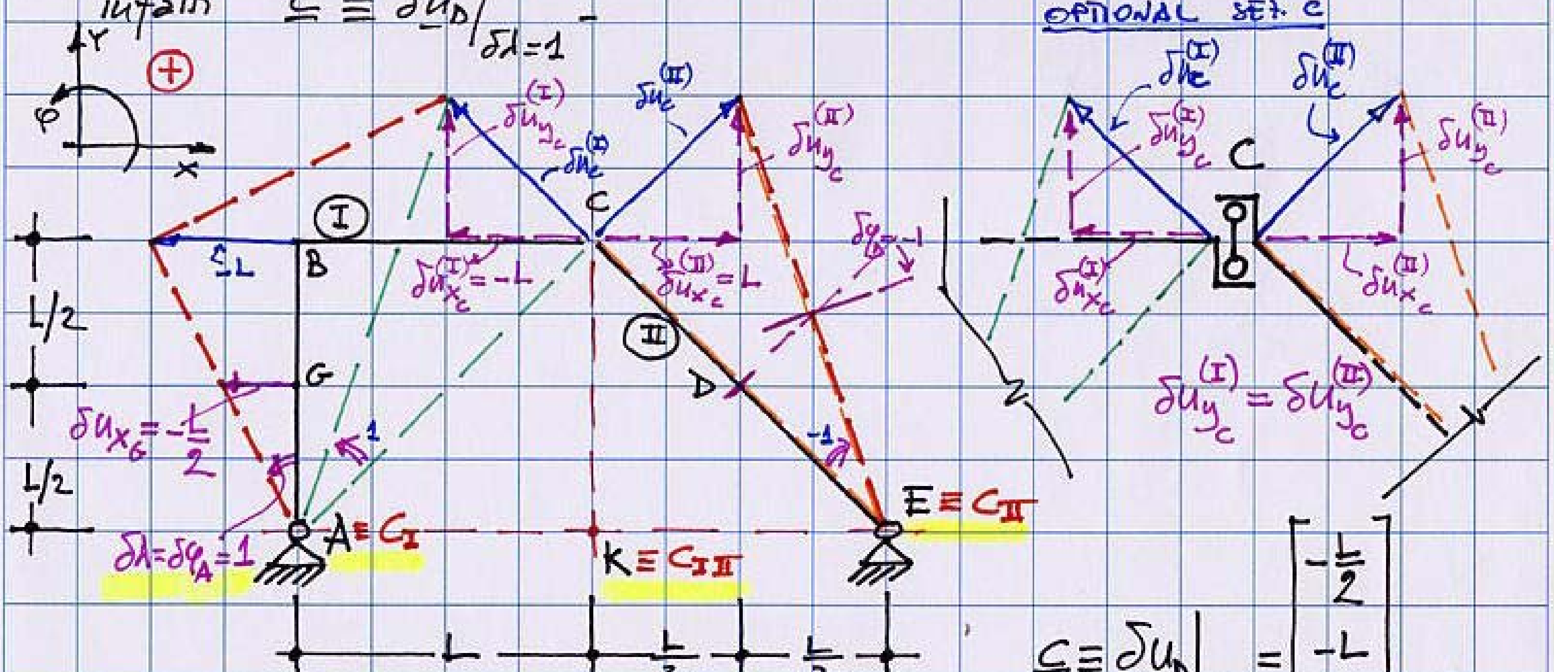
SPOSTAMENTO ORIZZONTALE DELLA SEZ. C APPARTENENTE AL CORPO II

R_{x_C} AGENTE SUL CORPO I

R_{x_C} AGENTE SUL CORPO II

VETTORE DEI CARICHI (ORGANIZZATO COME $\delta\underline{u}_D$).

l'individuazione di $\underline{C}$ (unica colonna della matrice di compatibilità) può effettuarsi considerando la spostata della catena cinematica ottenuta per $\delta\lambda = \delta\varphi_A = 1$ e valutando gli spostamenti dei punti di applicazione dei carichi, risulta infatti $\underline{C} \equiv \delta\underline{u}_D\big|_{\delta\lambda=1}$.



$$\underline{C} \equiv \delta\underline{u}_D\big|_{\delta\lambda=1} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ -L \\ +L \\ -1 \end{bmatrix}$$

REMARK

IN C SI HA UN PENDOLO AD ASSE VERTICALE!
NON SI HA QUINDI TRASLAZIONE VERTICALE RELATIVA! $\Rightarrow \delta u_{y_C}^{(I)} = \delta u_{y_C}^{(II)}$

Si ha in definitiva:

$$\underline{C}^T \underline{F} = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} & -L & L & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ -R_{x_c} \\ R_{x_c} \\ -M \end{bmatrix} = 0$$

$$-\frac{qL^2}{2} + R_{x_c} L + R_{x_c} L + \overset{qL^2}{\overset{\shortparallel}{M}} = 0 \quad \rightsquigarrow \quad \boxed{R_{x_c} = -\frac{qL}{4}}^{(*)}$$

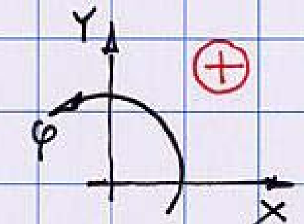
(*) Il verso effettivo di R_{x_c} è opposto a quello ipotizzato!

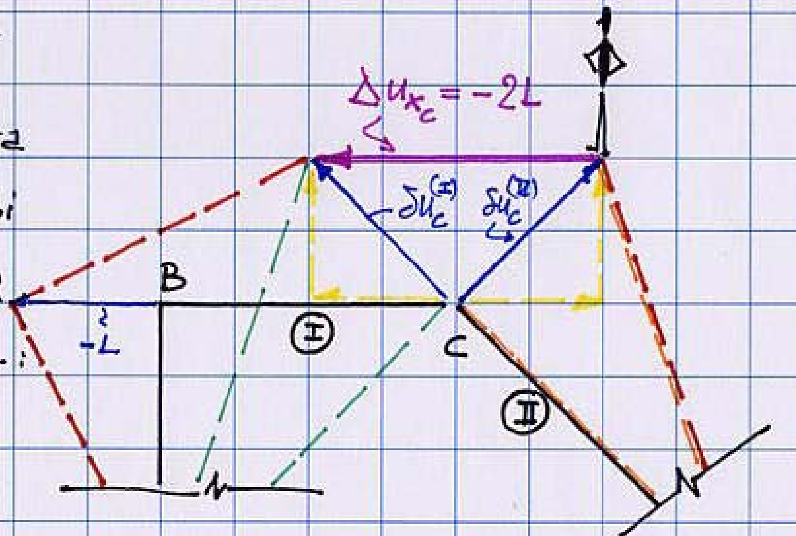
5. Allo stesso risultato si perviene se nella sezione C si considera lo spostamento relativo tra i due corpi, Δu_{x_c}, valutato per esempio da un osservatore solidale al corpo (II).

In questo caso assumendo:

$$\delta \underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_a} \\ \Delta u_{x_c} \\ \delta \varphi_D \end{bmatrix} ; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} qL \\ -R_{x_c} \\ -M \end{bmatrix} ;$$

L'OSSERVATORE IN (II) "VEDE" SOLO R_{x_c} AGENTE SU (I)!





con riferimento alla spostata prima individuata di cui si riporta solo la porzione di interesse, per $\delta\lambda = 1$ si ha:

$$\underline{C} \equiv \delta \underline{u}_D \Big|_{\delta\lambda=1} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ -2L \\ -1 \end{bmatrix}.$$

In definitiva si ottiene:

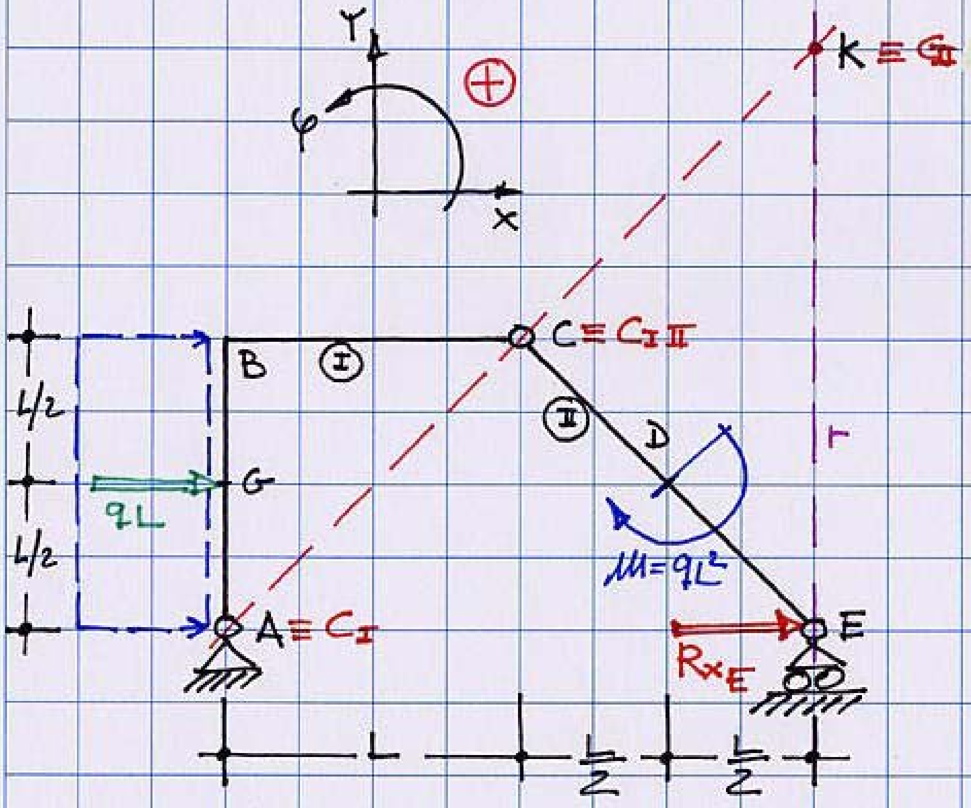
$$\begin{bmatrix} -\frac{L}{2} & -2L & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ -R_{x_c} \\ -M \end{bmatrix} = 0$$

che conduce alla stessa equazione di equilibrio determinata in precedenza.

SCBAA LABSTA
FUSCHI
PISANO
SOFI

• CALCOLO DI R_{x_E}

1. A tal fine è sufficiente considerare la catena cinematica ottenuta dal sistema isostatico originario sostituendo la cerniera E ($\mu=2$) con un carrello a piano di scorrimento orizzontale ($\mu=1$) e applicando in E la componente di reazione incognita R_{x_E} che si vuole valutare.
2. La reazione incognita R_{x_E} del sistema originario è infatti interpretabile come un carico esterno incognito sulla catena cinematica così individuata. La scrittura delle condizioni di equilibrio di tutti i carichi agenti sullo schema labile conduce alla determinazione di R_{x_E}.



• grado di labilità

$\ell = 3N - \mu_t = 3\times 2 - (2+2+1) = 1$

• Individuazione Centri Assoluti e Relativo

CERNIERA A → $C_I \equiv A$

CERNIERA C → $C_{I\,II} \equiv C$

CARRELLO E → $C_{II} \in r$

⇓

$C_{II} \in r$ e deve essere allineato con C_I, $C_{I\,II}$ quindi

$C_{II} \equiv K$

3. Le equazioni di equilibrio dei cinematismi hanno la forma generale $\underline{C}^T\underline{F}=\underline{0}$ con $\underline{C}^T$:= matrice di equilibrio, $\underline{F}$:= vettore dei carichi (i carichi distribuiti sono sostituiti da carichi concentrati equivalenti). Nel caso in esame, essendo in presenza di una catena cinematica ($\ell=1$), il sistema $\underline{C}^T\underline{F}=\underline{0}$ si riduce all'equazione $\underline{C}^T\underline{F}=0$ (la matrice di

equilibrio è costituita da una sola riga ovvero $\underline{C}$, matrice di compatibilità, è costituita da una sola colonna).

4. Tenendo conto dei versi positivi individuati dal riferimento generale e assumendo:

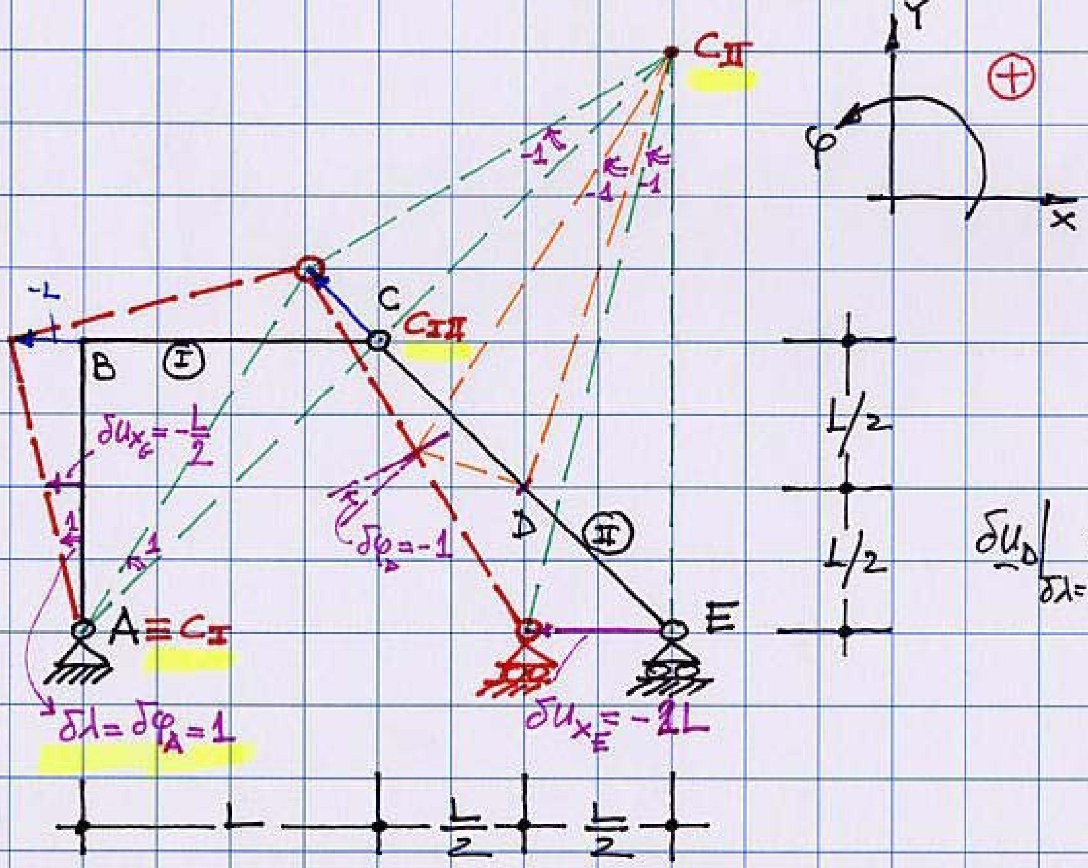
$$\delta\lambda = \delta\varphi_A \, ; \qquad \delta \underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_G} \\ \delta\varphi_D \\ \delta u_{x_E} \end{bmatrix} ; \qquad \underline{F} = \begin{bmatrix} qL \\ -\mathcal{M} \\ R_{x_E} \end{bmatrix} ;$$

PARAMETRO LAGRANGIANO

VETTORE SPOSTAMENTI DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI (COMPONENTI DI SPOST. NELLA DIREZ. DEI CARICHI)

VETTORE DEI CARICHI (ORGANIZZATO COME $\delta\underline{u}_D$)

l'individuazione di $\underline{C}$ (unica colonna della matrice di compatibilità) può effettuarsi considerando la spostata della catena cinematica ottenuta per $\delta\lambda = \delta\varphi_A = 1$ e valutando gli spostamenti dei punti di applicazione dei carichi, risulta infatti $\underline{C} = \delta\underline{u}_D|_{\delta\lambda=1}$.



$$\delta\underline{u}_D \Big|_{\delta\lambda=1} \equiv \underline{C} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ -1 \\ -2L \end{bmatrix}$$

Si ha in definitiva:

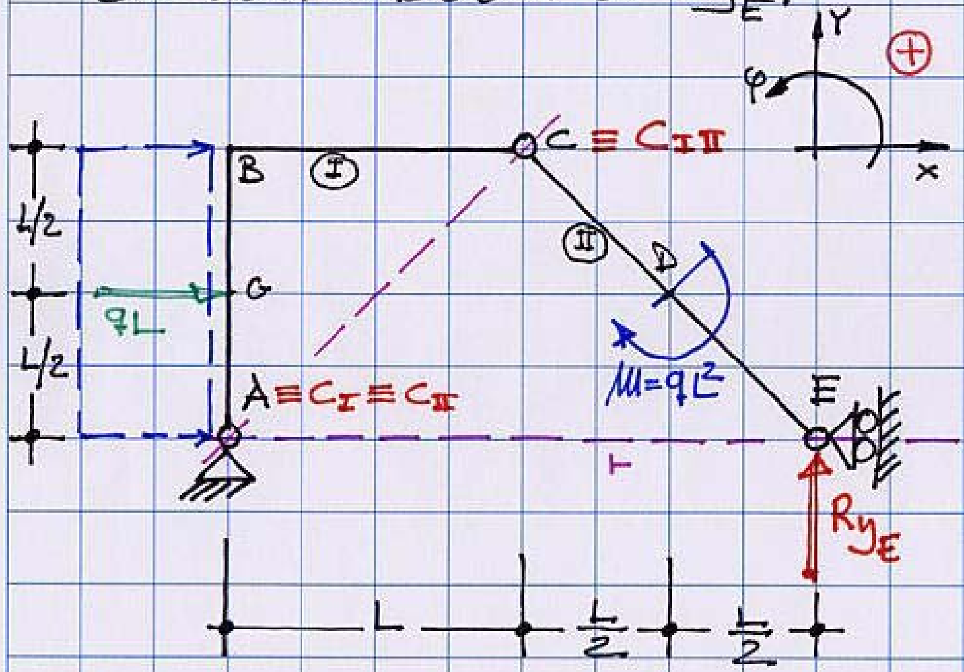
$$\underline{C}^T \underline{F} = 0 \rightsquigarrow \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} & -1 & -2L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ -\mathcal{M} \\ R_{x_E} \end{bmatrix} \stackrel{!}{=} 0$$

$$-\frac{qL^2}{2} + \overset{= qL^2}{\mathcal{M}} - 2L R_{x_E} = 0$$

$$\rightsquigarrow \boxed{R_{x_E} = \frac{qL}{4}}$$

- CALCOLO DI Ry_E

1. A tal fine è sufficiente considerare la catena cinematica ottenuta dal sistema isostatico originario sostituendo la cerniera E ($\mu=2$) con un carrello a piano di scorrimento verticale ($\mu=1$) e applicando in E la componente di reazione incognita Ry_E che si vuole valutare.
2. La reazione incognita Ry_E del sistema originario è infatti interpretabile come un carico esterno incognito sulla catena cinematica così individuata. La scrittura delle condizioni di equilibrio di tutti i carichi agenti sullo schema labile conduce alla determinazione di Ry_E.



- grado di labilità
$$\ell = 3N - \mu_t = 3\times 2 - (2+2+1) = 1$$
- Individuazione Centri assoluti e relativo

CERNIERA A $\rightsquigarrow$ $C_I \equiv A$

CERNIERA C $\rightsquigarrow$ $C_{I\,II} \equiv C$

CARRELLO E $\rightsquigarrow$ $C_{II} \in r$

$C_{II} \in r$ e deve essere allineato con C_I e $C_{I\,II}$ quindi $C_{II} \equiv C_I \equiv A$

3. Vale quanto osservato ai punti 3. dei calcoli precedenti.
4. Tenendo conto dei versi positivi individuati dal riferimento generale e assumendo:

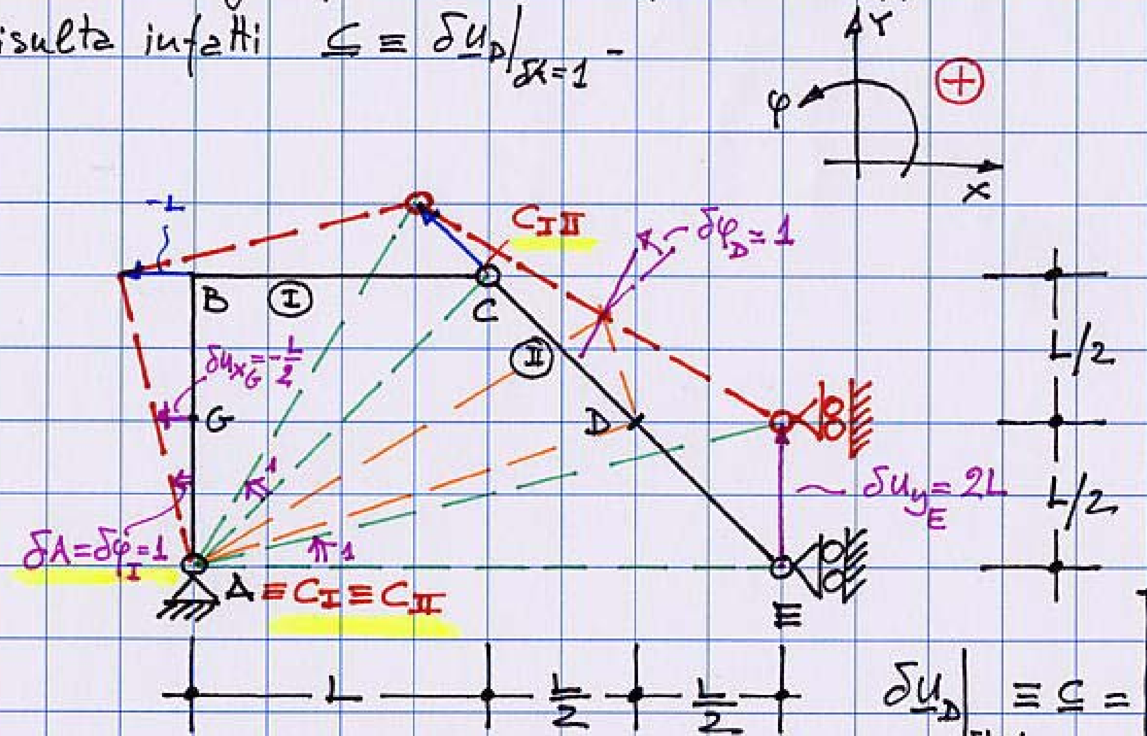
$$\delta\lambda = \delta\varphi_I \; ; \quad \delta \underline{u}_D = \begin{bmatrix} \delta u_{x_G} \\ \delta\varphi_D \\ \delta u_{y_E} \end{bmatrix} ; \quad \underline{F} = \begin{bmatrix} qL \\ -M \\ Ry_E \end{bmatrix} ;$$

PARAMETRO LAGRANGIANO

VETTORE SPOSTAMENTI DEI PUNTI DI APPLICAZIONE DEI CARICHI (COMPONENTI DI SPOSTAMENTO NELLA DIREZIONE DEI CARICHI)

VETTORE DEI CARICHI (ORGANIZZATO COME $\delta \underline{u}_D$)

l'individuazione di $\underline{c}$ (unica colonna della matrice di compatibilità) può effettuarsi considerando la sposta della catena cinematica ottenuta per $\delta\lambda = \delta\varphi_I = 1$ e valutando gli spostamenti dei punti di applicazione dei carichi, risulta infatti $\underline{c} \equiv \delta\underline{u}_D\big|_{\delta\lambda=1}$ -



$$\delta\underline{u}_D\Big|_{\delta\lambda=1} \equiv \underline{c} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ 1 \\ 2L \end{bmatrix}$$

Si ha in definitiva: $\underline{c}^T \underline{F} = 0 \rightsquigarrow \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} & 1 & 2L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ -\mathcal{M} \\ R_{y_E} \end{bmatrix} = 0$

$$-\frac{qL^2}{2} - \overset{qL^2}{\overset{=}{\mathcal{M}}} + 2L\,R_{y_E} = 0 \rightsquigarrow \boxed{R_{y_E} = \frac{3}{4}qL}$$

- REAZIONI VINCOLARI DEL SISTEMA ISOSTATICO