

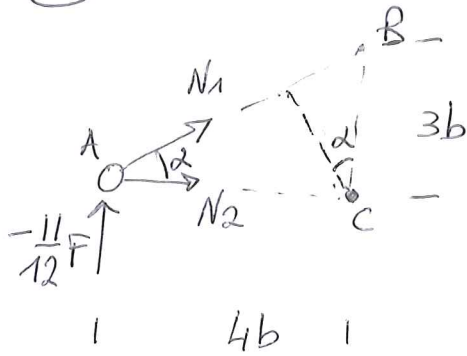
Verso effettivo dei carichi riportato nel disegno.
 Calcolare reazioni vincolari della struttura e delle aste.
 Tracciare i diagrammi delle azioni interne nelle aste.
 Esprimere le funzioni delle azioni interne nelle aste.
 A_{AB} x_{AB} ϑ_{AB} riferimento locale asta AB con origine in A.

MANTENERE I RISULTATI IN FORMA FRAZIONARIA

METODO DELLE SEZIONI DI RITTER

(1)

(I)



$$\sum M_{Z(C)}^{(I)} = 0 - \left(-\frac{11}{12}F\right) \cdot 4b - N_1 \cdot 3b \cos \alpha = 0$$

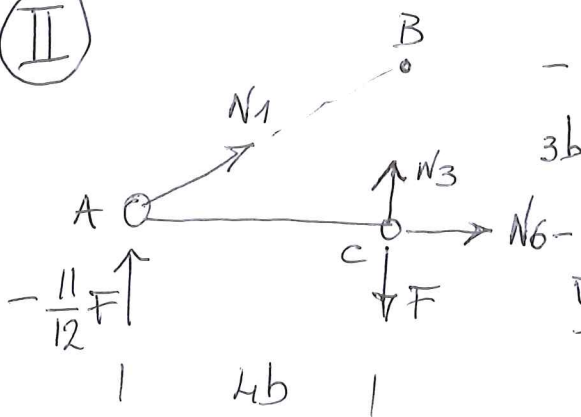
$$+ \frac{11}{3}Fb - N_1 \cdot 3b \cdot \frac{4}{5} = 0$$

$$N_1 = \frac{5}{4} \cdot \frac{11}{9}F = \frac{55}{36}F$$

$$\sum M_{Z(B)}^{(I)} = 0 - \left(-\frac{11}{12}F\right) \cdot 4b + N_2 \cdot 3b = 0$$

$$N_2 = -\frac{11}{9}F$$

(II)



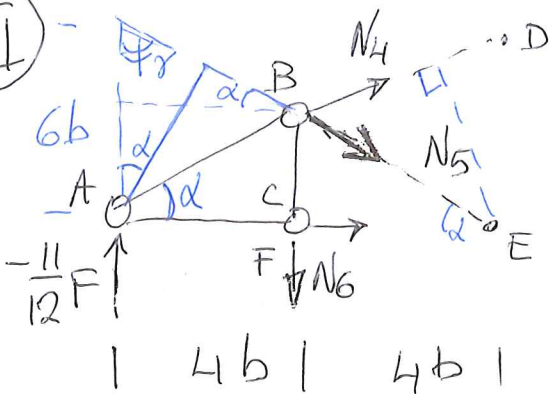
$$\sum M_{Z(A)}^{(II)} = 0 \quad N_3 \cdot 4b - F \cdot 4b = 0$$

$$N_3 = +F$$

$$\sum M_{Z(B)}^{(II)} = 0 - \left(-\frac{11}{12}F\right) \cdot 4b + N_6 \cdot 3b = 0$$

$$N_6 = -\frac{11}{9}F$$

(III)



$$\sum M_{Z(C)}^{(III)} = 0 - F \cdot 4b - N_5 \cdot 6b \cdot \cos \alpha = 0$$

$$- 4Fb - N_5 \cdot \frac{4}{5}6b = 0$$

$$N_5 = -\frac{5}{8}F$$

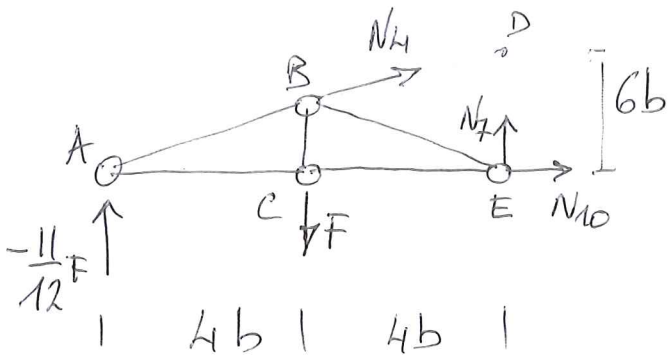
$$\sum M_{Z(E)}^{(III)} = 0 - \left(-\frac{11}{12}F\right) \cdot 8b + F \cdot 4b - N_4 \cdot 8b \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\frac{22}{3}Fb + 4Fb - N_4 \cdot 8b \cdot \frac{3}{5} = 0$$

$$\frac{34}{3}F - \frac{24}{5}N_4 = 0$$

$$N_4 = \frac{170}{72}F = \frac{85}{36}F$$

Ⓐ



Ⓐ $M_{Z(A)} = 0 - F \cdot 4b + N_7 \cdot \frac{2}{3}b = 0$ ②

$$N_7 = \frac{F}{2}$$

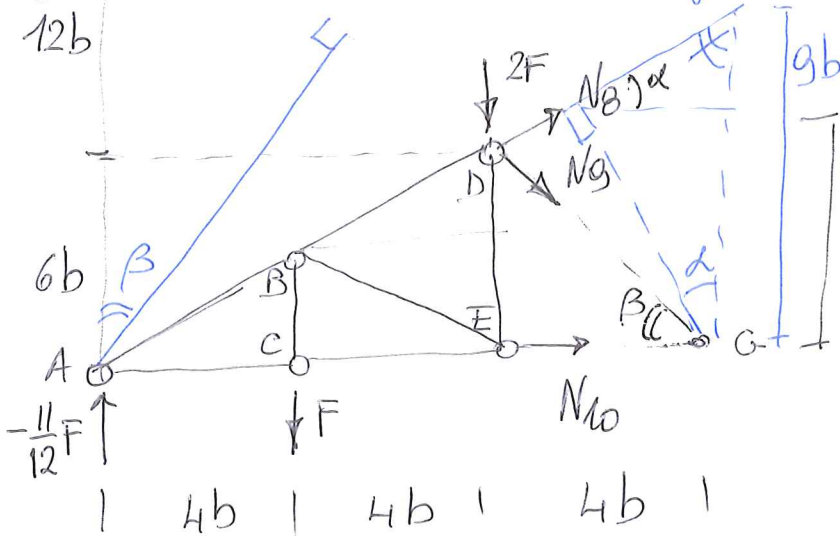
Ⓐ $M_{Z(D)} = 0 - \left(-\frac{11}{12}F\right) \cdot \frac{8}{3}b + F \cdot 4b + N_{10} \cdot 6b = 0$

$$\frac{22}{3}F + 4F + 6N_{10} = 0$$

$$\frac{17}{3}F + 6N_{10} = 0$$

$$N_{10} = -\frac{17}{9}F$$

Ⓑ



Ⓑ $M_{Z(A)} = 0$

$$-F \cdot 4b - 2F \cdot 8b - N_8 \cdot 18b \cdot \cos\beta = 0$$

$$-20F - N_8 \cdot 18 \cdot \frac{4}{2\sqrt{13}} = 0$$

$$-20F - \frac{36}{\sqrt{13}} N_8 = 0$$

$$N_8 = -\frac{5\sqrt{13}}{9}F$$

$$N_8 = -\frac{5\sqrt{13}}{9}F$$

Ⓒ

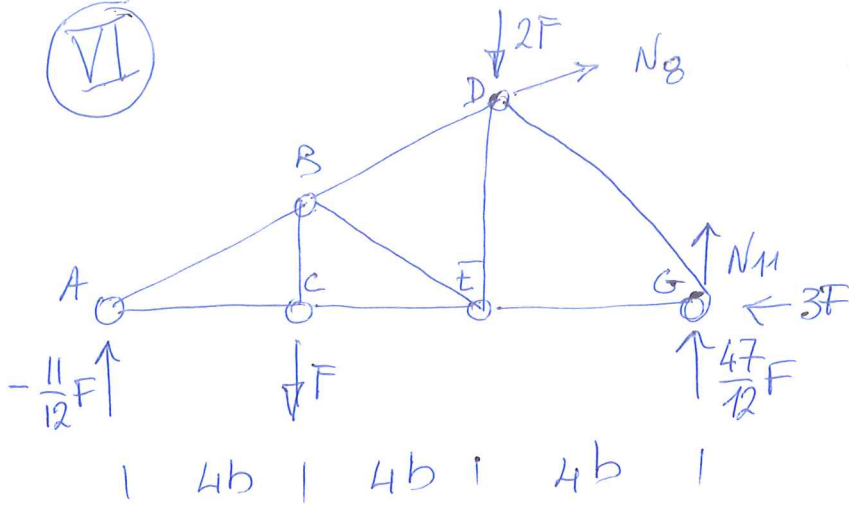
Ⓒ $M_{Z(G)} = 0 - \left(-\frac{11}{12}F\right) \cdot 12b + F \cdot 8b + 2F \cdot 4b - N_8 \cdot 9b \sin\gamma = 0$

$$11Fb + 8Fb + 8Fb - N_8 \cdot 9b \cdot \frac{4}{5} = 0$$

$$27F - \frac{36}{5}N_8 = 0$$

$$N_8 = \frac{5 \cdot 27}{36}F = \frac{15}{4}F$$

VI



3

$$\sum M_{Z(G)} = 0$$

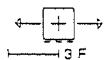
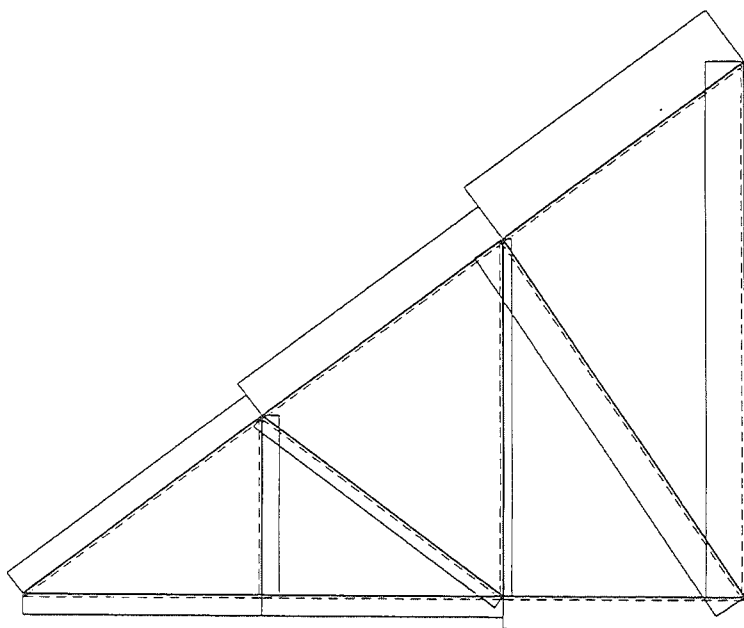
$$-F \cdot 4b - 2F \cdot 8b + \frac{47}{12}F \cdot 12b + N_{11} \cdot 12b = 0$$

$$\underbrace{-4F - 16F + 47F}_{\frac{27F}{3}} + \frac{12}{4}N_{11} = 0$$

$$N_{11} = -\frac{9F}{4}$$

AZIONI INTERNE (coordinate locali)

| | | | |
|---------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| $N_{AB} = 55/36F$ | $N_{AC} = -11/9F$ | $N_{BC} = F$ | $N_{BE} = -5/6F$ |
| $T_{AB} = 0$ | $T_{AC} = 0$ | $T_{BC} = 0$ | $T_{BE} = 0$ |
| $M_{AB} = 0$ | $M_{AC} = 0$ | $M_{BC} = 0$ | $M_{BE} = 0$ |
| $N_{CE} = -11/9F$ | $N_{BD} = 85/36F$ | $N_{DE} = 1/2F$ | $N_{EG} = -17/9F$ |
| $T_{CE} = 0$ | $T_{BD} = 0$ | $T_{DE} = 0$ | $T_{EG} = 0$ |
| $M_{CE} = 0$ | $M_{BD} = 0$ | $M_{DE} = 0$ | $M_{EG} = 0$ |
| $N_{DG} = -5\sqrt{13}/9F$ | $N_{DF} = 15/4F$ | $N_{FG} = -9/4F$ | |
| $T_{DG} = 0$ | $T_{DF} = 0$ | $T_{FG} = 0$ | |
| $M_{DG} = 0$ | $M_{DF} = 0$ | $M_{FG} = 0$ | |



Esercizio n. 2 (16 punti)

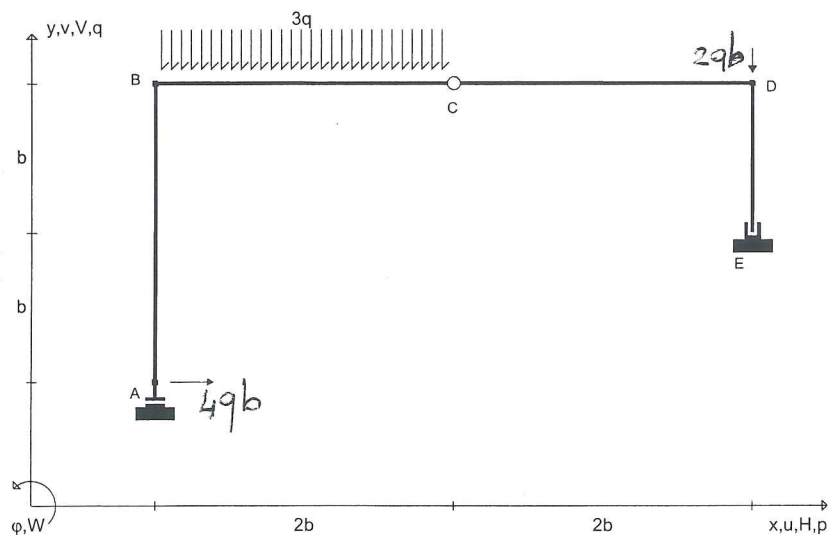
Per la struttura, indicata in Figura, determinare la reazione vincolare M_A applicando il principio dei lavori virtuali (PLV). Si richiede di:

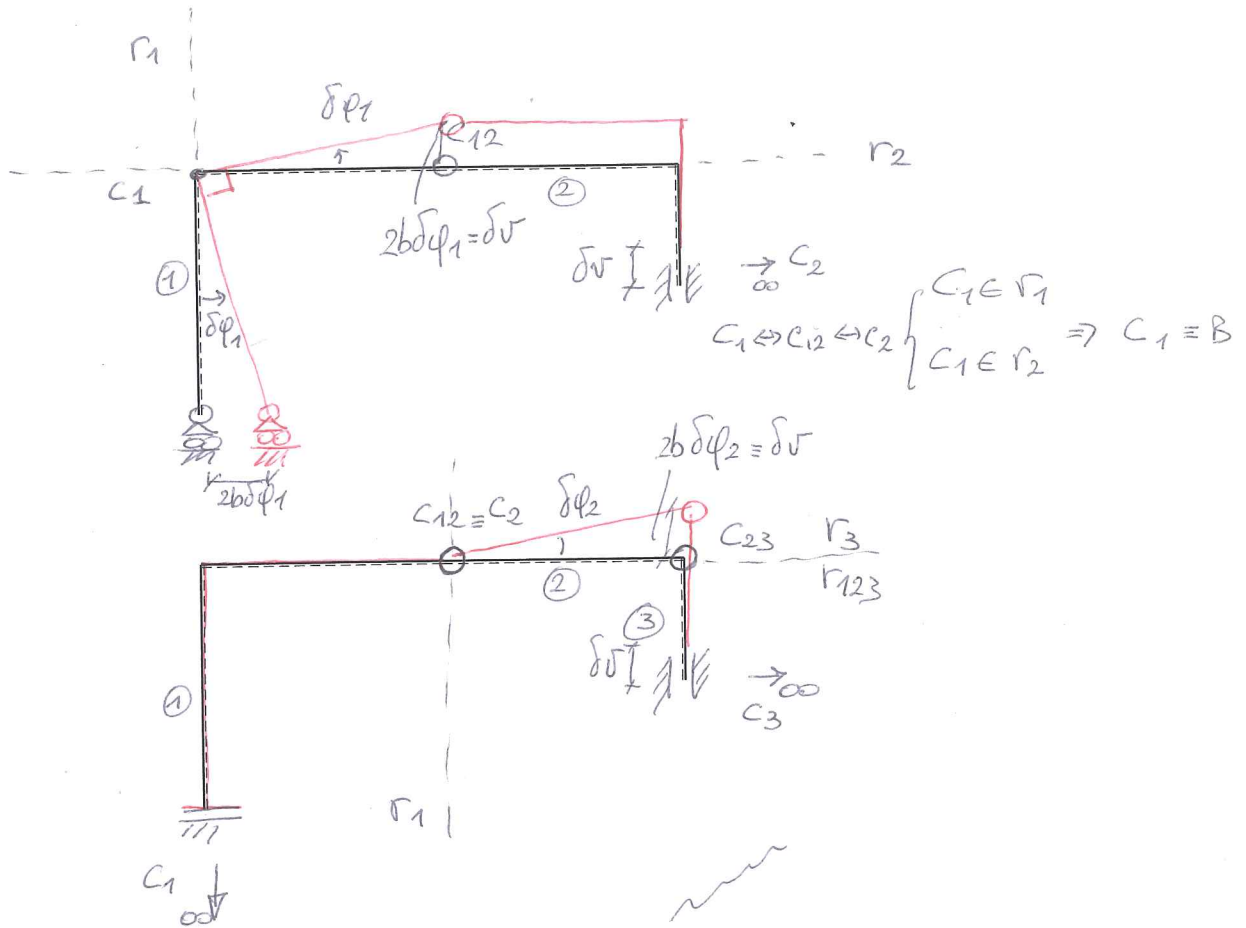
1. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 1 (asta ABC), C_1 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta CDE), C_2 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{12} ;
2. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
3. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti orizzontali dello spostamento virtuale dei punti A , C e D , u_A , u_C e u_D ;

Calcolare poi, riapplicando il PLV, il valore del momento flettente nel punto D , M_D . In questa situazione si richiede di:

4. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
5. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti orizzontali dello spostamento virtuale dei punti B e D , u_B e u_D , e la componente verticale dello spostamento del punto D , v_D .

Nota: Nel caso di punti impropri, si indichino le coordinate dei centri di rotazione in questa forma: (∞, m) , dove m è il coefficiente angolare della retta a cui appartiene il punto improprio





$$\left. \begin{array}{l} C_1 \leftrightarrow C_{12} \leftrightarrow C_2 \in r_1 \\ C_3 \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_2 \in r_3 \end{array} \right\} C_2 \equiv C_{12}$$

$$\left. \begin{array}{l} C_1 \leftrightarrow C_3 \leftrightarrow C_{13} \quad C_{13} \in r_{\infty} \text{ (punto della retta impropria)} \\ C_{12} \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_{13} \quad C_{13} \in r_{123} \end{array} \right\} C_{13} \rightarrow \infty \equiv C_3$$

Poiché $C_{12} \equiv C_2$ il nodo rigido ① non subisce spostamenti

$$M_A (\curvearrowright) = \dots 2qb^2 \dots; C_1 = (\dots 0, \dots 2b \dots); C_2 = (\dots \infty, \dots 0 \dots); C_{12} = (\dots 2b, \dots 2b \dots);$$

$$u_A = \dots 2b\delta\phi_1 \dots; u_C = \dots 0 \dots; u_D = \dots 0 \dots;$$

$$M_D (\curvearrowright) = \dots 4qb^2 \dots; u_B = \dots 0 \dots; u_D = \dots 0 \dots; v_D = \dots 2b\delta\phi_2 = \delta v \dots;$$

Esercizio n. 2 (16 punti)

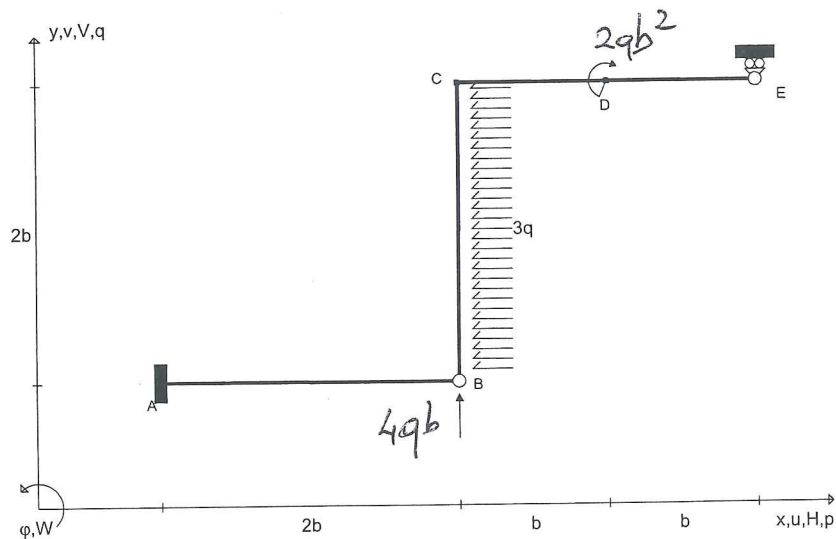
Per la struttura, indicata in Figura, determinare la reazione vincolare M_A applicando il principio dei lavori virtuali (PLV). Si richiede di:

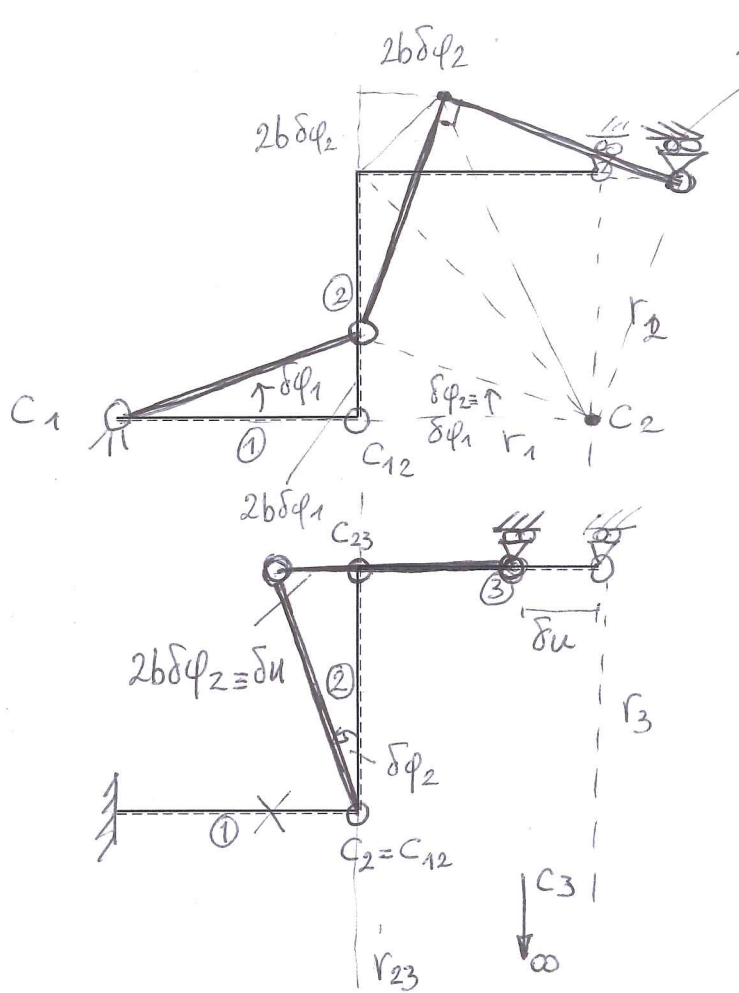
1. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 1 (asta AB), C_1 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta $BCDE$), C_2 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{12} ;
2. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
3. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti verticali dello spostamento virtuale dei punti B , C e D , v_B , v_C e v_D ;

Calcolare poi, *riapplicando* il PLV, il valore del momento flettente nel punto C , M_C . In questa situazione si richiede di:

4. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
5. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti verticali dello spostamento virtuale dei punti B , C e D , v_B , v_C e v_D .

Nota: Nel caso di punti impropri, si indichino le coordinate dei centri di rotazione in questa forma: (∞, m) , dove m è il coefficiente angolare della retta a cui appartiene il punto improprio





$C_2 \in r_2$
 $C_1 \leftrightarrow C_{12} \leftrightarrow C_2$
 $\Rightarrow C_2 \in r_1 \text{ e } r_2$

$C_1 \nexists$ (incaste!)
 $C_2 \equiv C_{12}$
 $C_3 \in r_3$
 $C_2 \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_3$ } $C_3 \downarrow \infty$

$M_A (\curvearrowright) = \dots -4qb^2 \dots$; $C_1 = (\dots 0 \dots, \dots 0 \dots)$; $C_2 = (\dots 4b \dots, \dots 0 \dots)$; $C_{12} = (\dots 2b \dots, \dots 0 \dots)$;
 $v_B = \dots 2b\delta\varphi_1 \dots$; $v_C = \dots 2b\delta\varphi_1 \dots$; $v_D = \dots b\delta\varphi_1 \dots$;
 $M_C (\curvearrowright) = \dots -6qb^2 \dots$; $v_B = \dots 0 \dots$; $v_C = \dots 0 \dots$; $v_D = \dots 0 \dots$;

Esercizio n. 2 (16 punti)

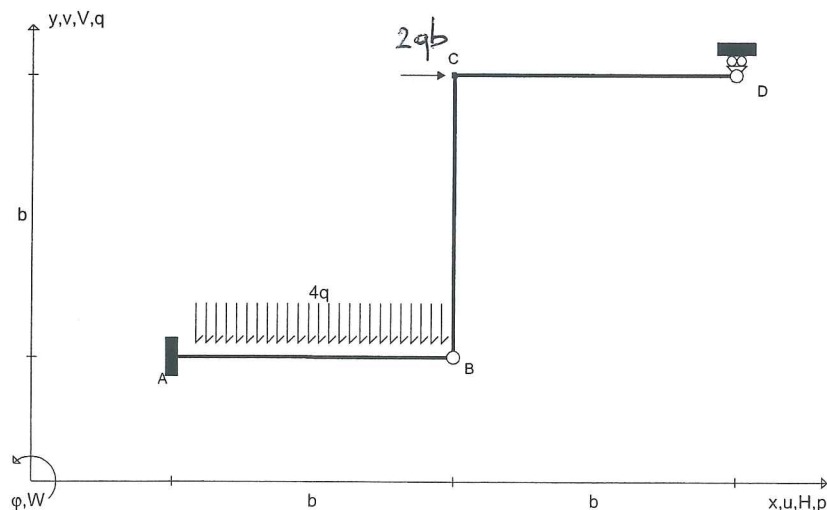
Per la struttura, indicata in Figura, determinare la reazione vincolare V_A applicando il principio dei lavori virtuali (PLV). Si richiede di:

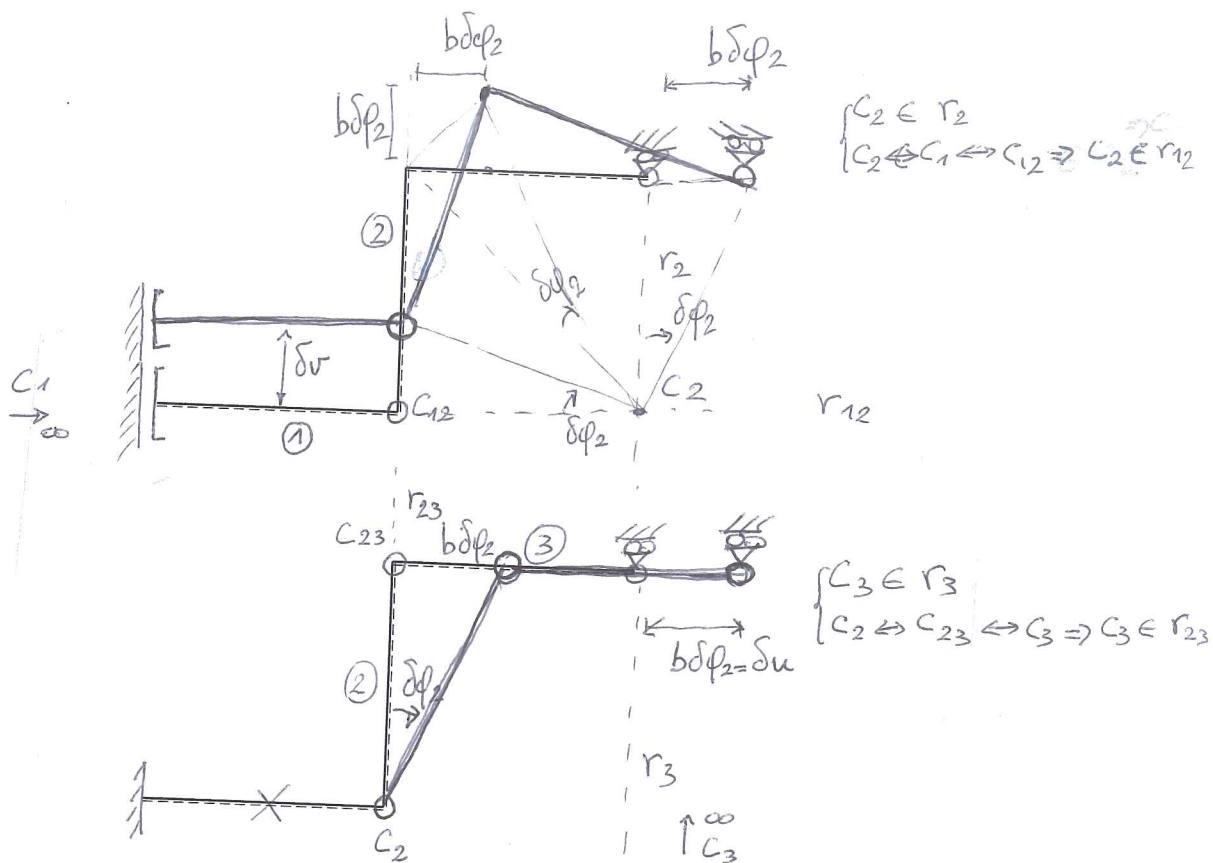
1. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 1 (asta AB), C_1 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta BCD), C_2 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{12} ;
2. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
3. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti verticali dello spostamento virtuale dei punti B e C , v_B e v_C , e lo spostamento orizzontale del punto D , u_D ;

Calcolare poi, *riapplicando* il PLV, il valore del momento flettente nel punto C , M_C . In questa situazione si richiede di:

4. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta BC), C_2 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 3 (asta CD), C_3 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{23} ;
5. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
6. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti verticali dello spostamento virtuale dei punti B e C , v_B e v_C , e lo spostamento orizzontale del punto D , u_D ;

Nota: Nel caso di punti impropri, si indichino le coordinate dei centri di rotazione in questa forma: (∞, m) , dove m è il coefficiente angolare della retta a cui appartiene il punto improprio





$$V_A(\hat{u}) = \dots 2qh \dots; C_1 = (\dots \infty, \dots 0 \dots); C_2 = (\dots 2b, \dots 0 \dots); C_{12} = (\dots b, \dots 0 \dots);$$

$$v_B = \dots b \delta \phi_2 = \delta v \dots; v_C = \dots b \delta \phi_2 \dots; u_D = \dots b \delta \phi_2 \dots;$$

$$M_C(\hat{\phi}) = \dots 2qb^2 \dots; C_2 = (\dots b, \dots 0 \dots); C_3 = (\dots \infty, \dots \infty \dots); C_{23} = (\dots b, \dots b \dots);$$

$$v_B = \dots 0 \dots; v_C = \dots 0 \dots; u_D = \dots b \delta \phi_2 = \delta u \dots;$$

Esercizio n. 2 (16 punti)

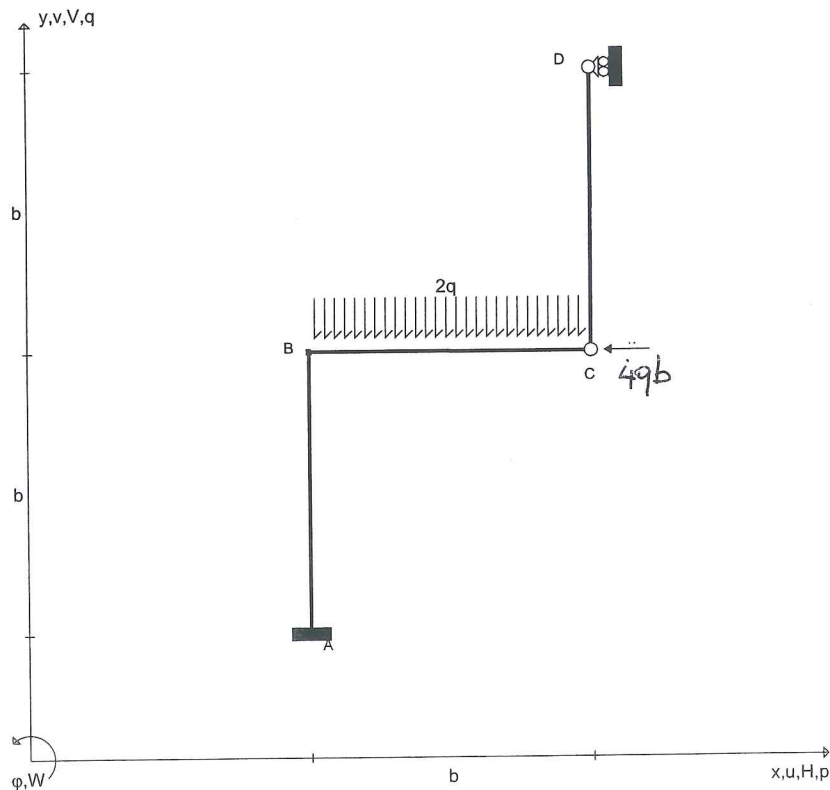
Per la struttura, indicata in Figura, determinare la reazione vincolare H_A applicando il principio dei lavori virtuali (PLV). Si richiede di:

1. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 1 (asta ABC), C_1 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta CD), C_2 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{12} ;
2. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
3. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti orizzontali dello spostamento virtuale dei punti B e C , u_B , e u_C , e lo spostamento verticale del punto D , v_D ;

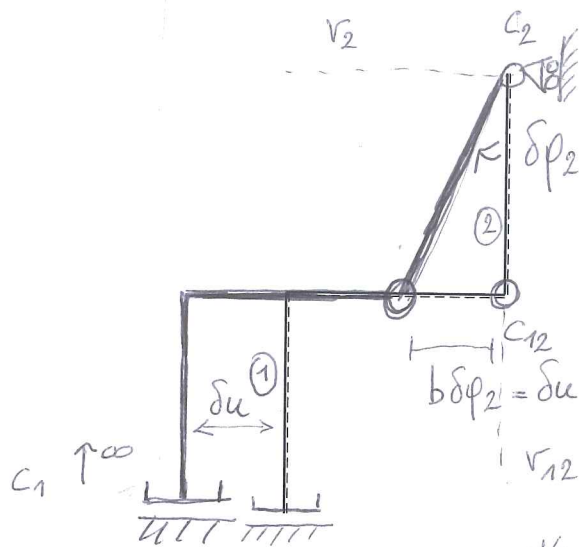
Calcolare poi, *riapplicando* il PLV, il valore del momento flettente nel punto B , M_B . In questa situazione si richiede di:

4. Determinare le coordinate (sempre riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta BC), C_2 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 3 (asta CD), C_3 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{23} ;
5. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
6. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, le componenti orizzontali dello spostamento virtuale dei punti B e C , u_B , e u_C , e lo spostamento verticale del punto D , v_D ;

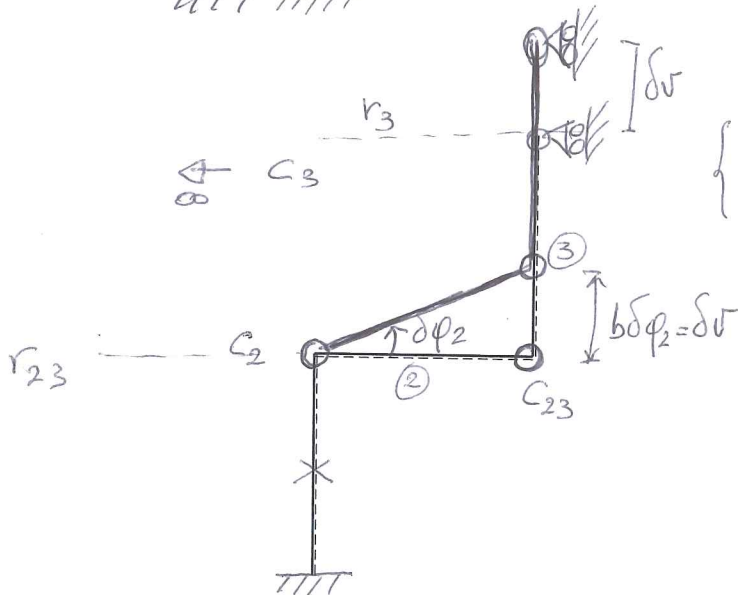
Nota: Nel caso di punti impropri, si indichino le coordinate dei centri di rotazione in questa forma: (∞, m) , dove m è il coefficiente angolare della retta a cui appartiene il punto improprio



Allievo: _____



$$\begin{cases} C_2 \in \Gamma_2 \\ C_2 \leftrightarrow C_1 \leftrightarrow C_{12} \rightarrow C_2 \in \Gamma_{12} \end{cases} \Rightarrow C_2 \equiv D$$



$$\begin{cases} C_3 \in \Gamma_3 \\ C_3 \leftrightarrow C_2 \leftrightarrow C_{23} \Rightarrow C_3 \in \Gamma_{23} \end{cases}$$

$$H_A (\Rightarrow) = +4qb \dots; C_1 = (\dots, \dots); C_2 = (\dots, 2b \dots); C_{12} = (\dots, \dots);$$

$$u_B = -b\delta\varphi_2 = -\delta u; u_C = -b\delta\varphi_2 = -\delta u; v_D = 0 \dots;$$

$$M_B (\curvearrowright) = -qb^2 \dots; C_2 = (\dots, \dots); C_3 = (\dots, \dots); C_{23} = (\dots, \dots);$$

$$u_B = 0 \dots; u_C = 0 \dots; v_D = b\delta\varphi_2 = \delta v \dots;$$

Esercizio n. 2 (16 punti)

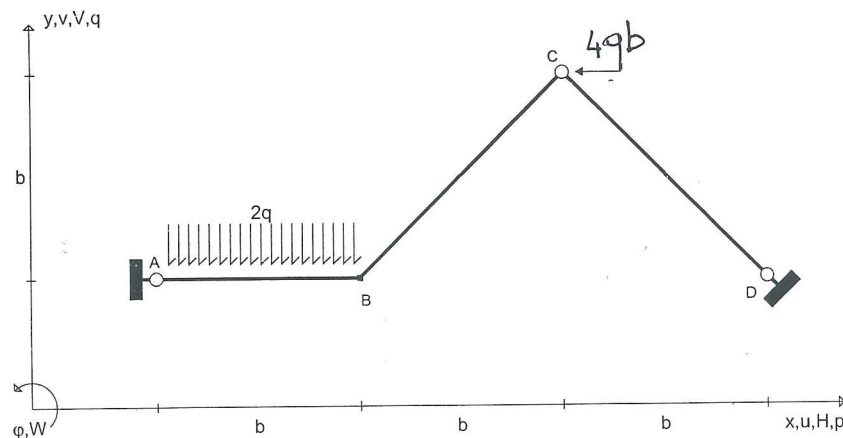
Per la struttura, indicata in Figura, determinare la reazione vincolare H_D applicando il principio dei lavori virtuali (PLV). Si richiede di:

1. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 1 (asta ABC), C_1 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta CD), C_2 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{12} ;
2. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
3. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, la componente orizzontale dello spostamento virtuale del punto C, u_C , e quella dello spostamento verticale dei punti B e C, v_B e v_C ;

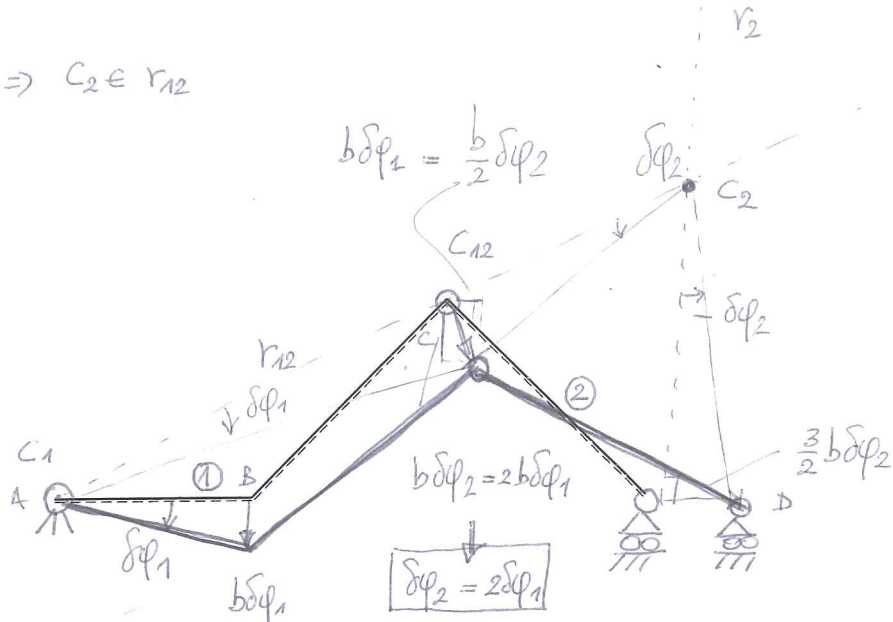
Calcolare poi, riapplicando il PLV, il valore del momento flettente nel punto B, M_B . In questa situazione si richiede di:

4. Determinare le coordinate (sempre riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta BC), C_2 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 3 (asta CD), C_3 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{23} ;
5. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
6. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, la componente orizzontale dello spostamento virtuale del punto C, u_C , e quella dello spostamento verticale dei punti B e C, v_B e v_C ;

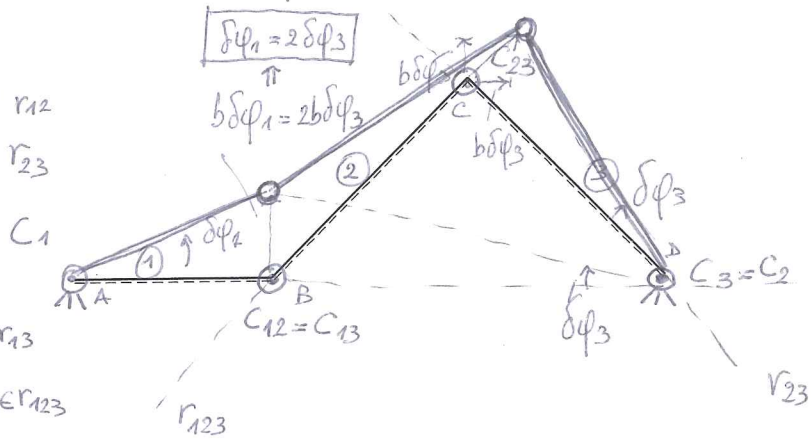
Nota: Nel caso di punti impropri, si indichino le coordinate dei centri di rotazione in questa forma: (∞, m) , dove m è il coefficiente angolare della retta a cui appartiene il punto improprio



$$\begin{cases} C_2 \in r_2 \\ C_2 \leftrightarrow C_1 \leftrightarrow C_{12} \Rightarrow C_2 \in r_{12} \end{cases}$$



$$\begin{cases} C_1 \leftrightarrow C_{12} \leftrightarrow C_2 \Rightarrow C_2 \in r_{12} \\ C_3 \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_2 \Rightarrow C_2 \in r_{23} \end{cases}$$

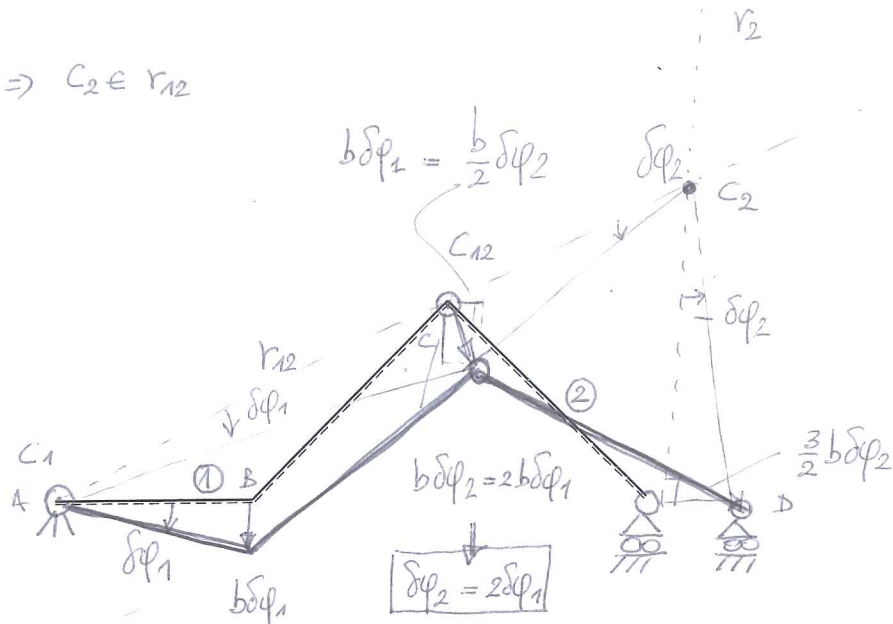


$$\begin{cases} C_1 \leftrightarrow C_{13} \leftrightarrow C_3 \Rightarrow C_{13} \in r_{13} \\ C_{12} \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_{13} \Rightarrow C_{13} \in r_{123} \end{cases}$$

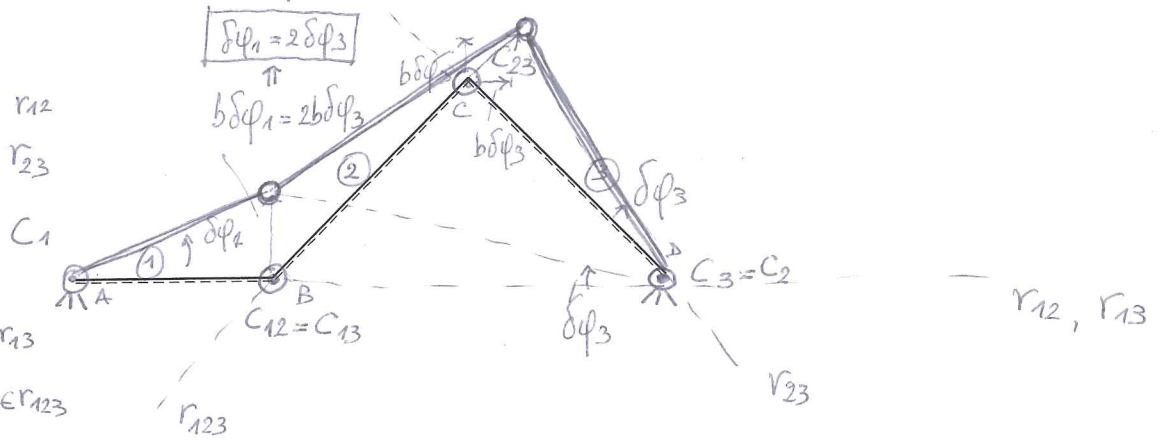
NB: i corpi ripidi ② e ③ non subiscono spostamenti relativi!

$$\begin{aligned} H_D (\Rightarrow) &= \dots + qh \dots; C_1 = (\dots, \dots); C_2 = (\dots, \dots); C_{12} = (\dots, \dots); \\ u_C &= \frac{b}{2}\delta\varphi_2 = b\delta\varphi_1; v_B = -b\delta\varphi_1; v_C = -b\delta\varphi_2 = -2b\delta\varphi_1; \\ M_B (\curvearrowright) &= \dots + 2qh^2 \dots; C_2 = (\dots, \dots); C_3 = (\dots, \dots); C_{23} = (\dots, \dots); \\ u_C &= \frac{b}{2}\delta\varphi_3 = \frac{b}{2}\delta\varphi_1; v_B = b\delta\varphi_3 = 2b\delta\varphi_1; v_C = b\delta\varphi_3 = b\delta\varphi_1; \end{aligned}$$

$$\begin{cases} C_2 \in r_2 \\ C_2 \leftrightarrow C_1 \leftrightarrow C_{12} \Rightarrow C_2 \in r_{12} \end{cases}$$



$$\begin{cases} C_1 \leftrightarrow C_{12} \leftrightarrow C_2 \Rightarrow C_2 \in r_{12} \\ C_3 \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_2 \Rightarrow C_2 \in r_{23} \end{cases}$$



$$\begin{cases} C_1 \leftrightarrow C_{13} \leftrightarrow C_3 \Rightarrow C_{13} \in r_{13} \\ C_{12} \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_{13} \Rightarrow C_{13} \in r_{123} \end{cases}$$

NB: i corpi riferiti a C2 e C3 non subiscono spostamenti relativi!

$$\begin{aligned} H_D (\Rightarrow) &= \dots + qh \dots; C_1 = (\dots, \dots); C_2 = (3b, \frac{3}{2}h); C_{12} = (2b, b); \\ u_C &= \frac{b}{2} \delta \varphi_2 = b \delta \varphi_1; v_B = -b \delta \varphi_1; v_C = -b \delta \varphi_2 = -2b \delta \varphi_1; \\ M_B (\curvearrowright) &= +2qh^2; C_2 = (3b, 0); C_3 = (3b, 0); C_{23} = (2b, b); \\ u_C &= \frac{b}{2} \delta \varphi_3 = \frac{b}{2} \delta \varphi_1; v_B = b \delta \varphi_1 = 2b \delta \varphi_3; v_C = b \delta \varphi_3 = \frac{b}{2} \delta \varphi_1; \end{aligned}$$

Esercizio n. 2 (16 punti)

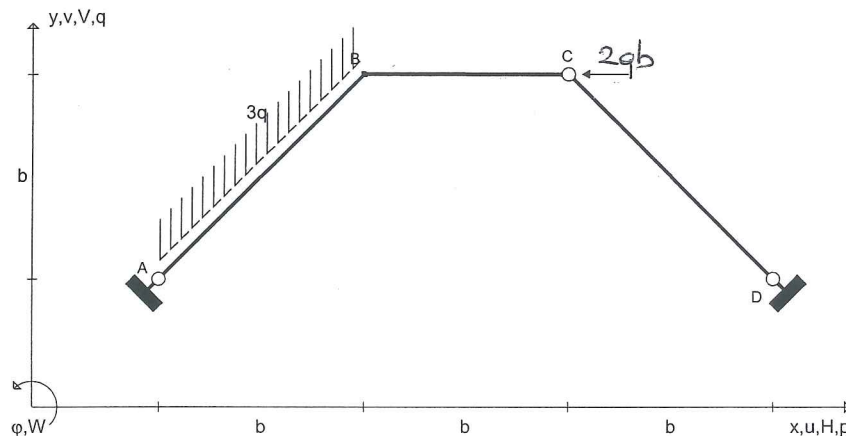
Per la struttura, indicata in Figura, determinare la reazione vincolare H_D applicando il principio dei lavori virtuali (PLV). Si richiede di:

1. Determinare le coordinate (riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 1 (asta ABC), C_1 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta CD), C_2 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{12} ;
2. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
3. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, la componente orizzontale dello spostamento virtuale del punto C , u_C , e quella dello spostamento verticale dei punti B e C , v_B e v_C ;

Calcolare poi, riapplicando il PLV, il valore del momento flettente nel punto B , M_B . In questa situazione si richiede di:

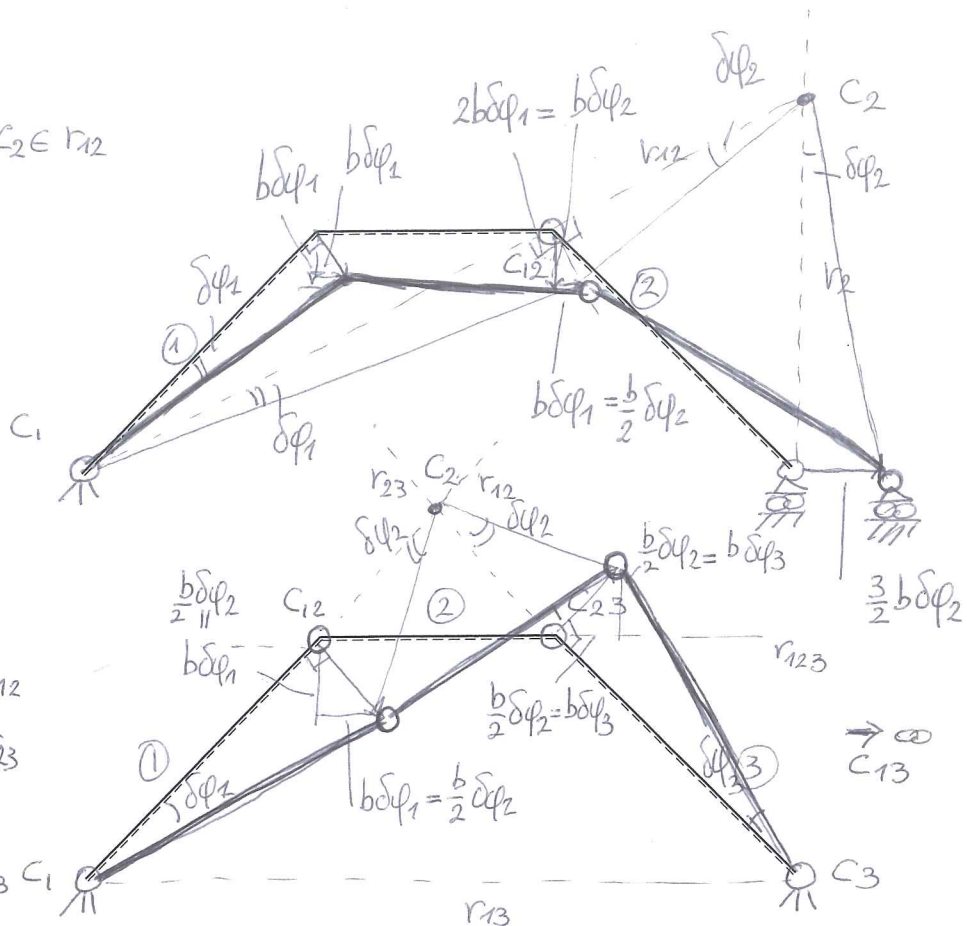
4. Determinare le coordinate (sempre riferite all'origine A) del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 2 (asta BC), C_2 , del centro di istantanea rotazione assoluto del corpo 3 (asta CD), C_3 , del centro di istantanea rotazione relativo fra i due corpi, C_{23} ;
5. Tracciare nel grafico predisposto la spostata rigida corrispondente agli spostamenti virtuali che la struttura può subire;
6. Valutare, in funzione dell'ampiezza dell'atto di moto, la componente orizzontale dello spostamento virtuale del punto C , u_C , e quella dello spostamento verticale dei punti B e C , v_B e v_C ;

Nota: Nel caso di punti impropri, si indichino le coordinate dei centri di rotazione in questa forma: (∞, m) , dove m è il coefficiente angolare della retta a cui appartiene il punto improprio



$$\begin{cases} C_2 \in r_2 \\ C_1 \leftrightarrow C_{12} \leftrightarrow C_2 \Rightarrow C_2 \in r_{12} \end{cases}$$

$$\delta\varphi_1 = \frac{1}{2} \delta\varphi_2$$



$$\begin{cases} C_2 \leftrightarrow C_{12} \leftrightarrow C_1 \Rightarrow C_2 \in r_{12} \\ C_2 \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_3 \Rightarrow C_2 \in r_{23} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_1 \leftrightarrow C_3 \leftrightarrow C_{13} \Rightarrow C_{13} \in r_{13} \\ C_{12} \leftrightarrow C_{23} \leftrightarrow C_{13} \Rightarrow C_{13} \in r_{23} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \delta\varphi_1 &= \frac{1}{2} \delta\varphi_2 \\ \delta\varphi_3 &= \frac{1}{2} \delta\varphi_2 \\ \Rightarrow \delta\varphi_1 &= \delta\varphi_3 \end{aligned}$$

$H_D (\Rightarrow) = \dots \frac{qb}{6} \dots$; $C_1 = (\dots, \dots)$; $C_2 = (\dots, \dots)$; $C_{12} = (\dots, \dots)$;
 $u_C = \frac{b\delta\varphi_1}{2} = \frac{b\delta\varphi_2}{2}$; $v_B = -b\delta\varphi_1$; $v_C = -2b\delta\varphi_1 = b\delta\varphi_2$;
 $M_B (\curvearrowright) = \dots \frac{1}{6}qb^2 \dots$; $C_2 = (\dots, \dots)$; $C_3 = (\dots, \dots)$; $C_{23} = (\dots, \dots)$;
 $u_C = \frac{b\delta\varphi_2}{2} = b\delta\varphi_3$; $v_B = -\frac{b\delta\varphi_2}{2} = -b\delta\varphi_3$; $v_C = +\frac{b\delta\varphi_2}{2} = b\delta\varphi_3$;