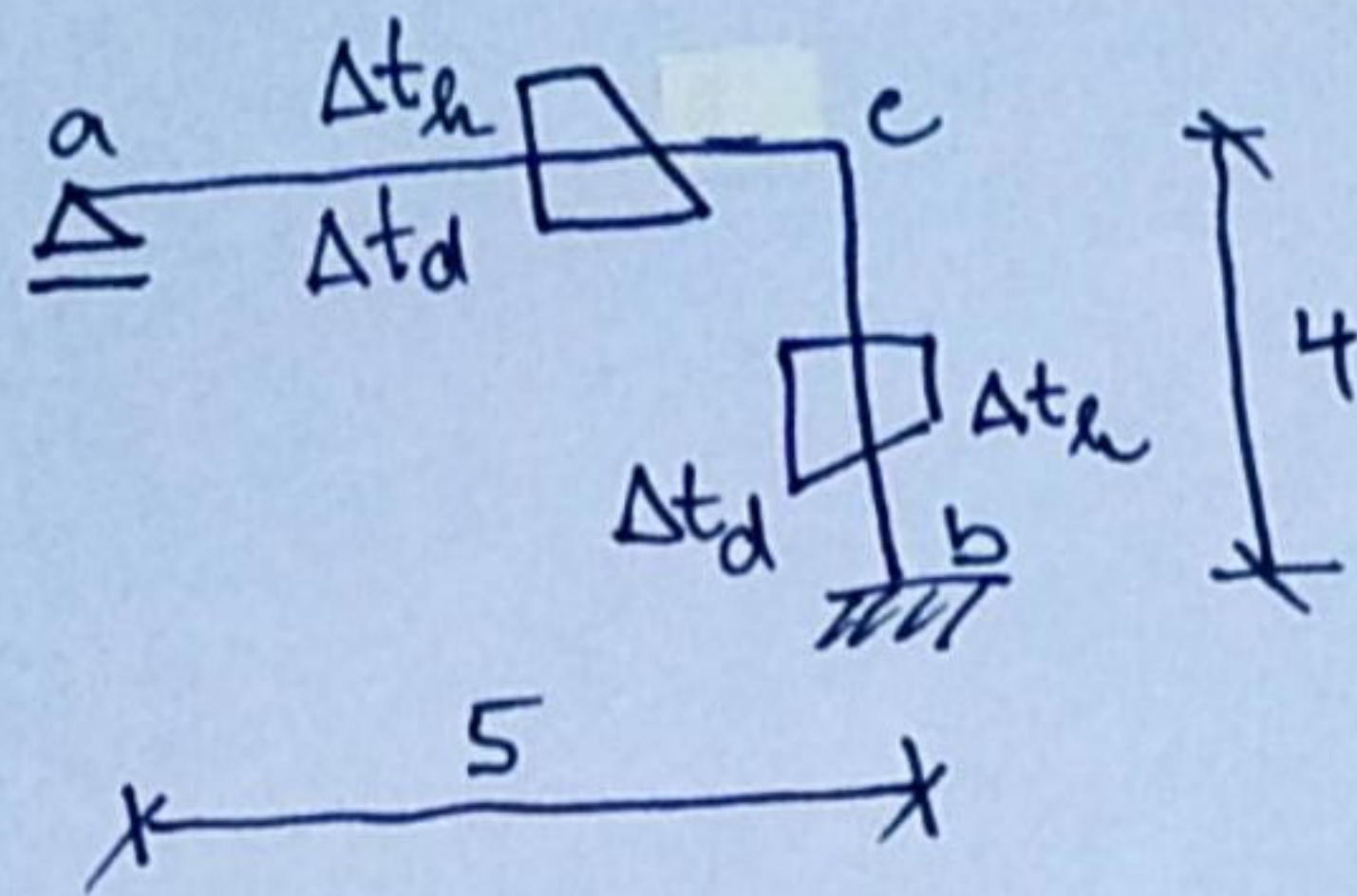


Statically indeterminate beam - influence of temperature



$$\Delta t_h = 10^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_d = 20^\circ\text{C}$$

$$\alpha_T = 10^{-5} \text{K}^{-1}$$

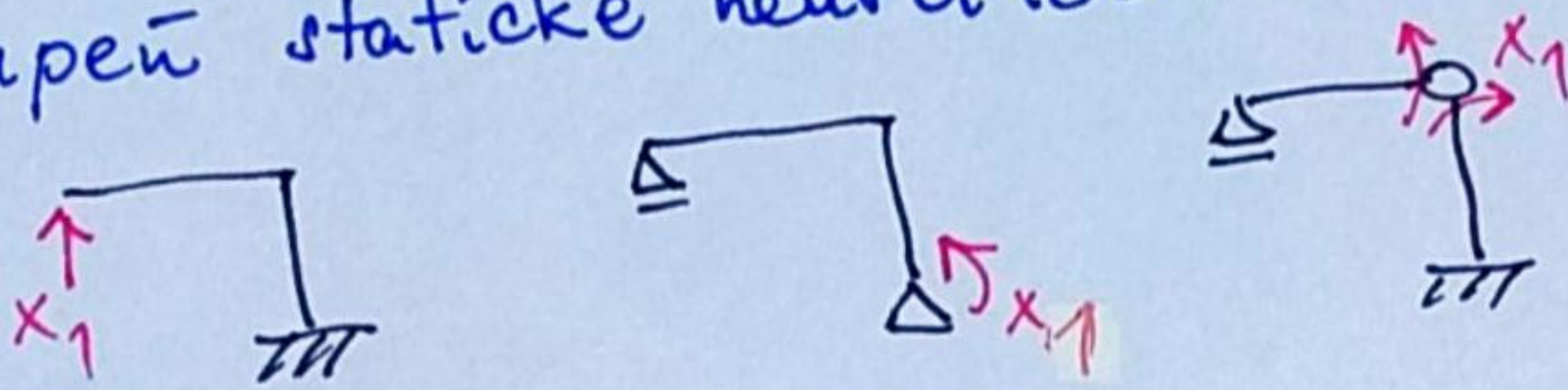
$$E = 306 \text{ Pa}$$

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

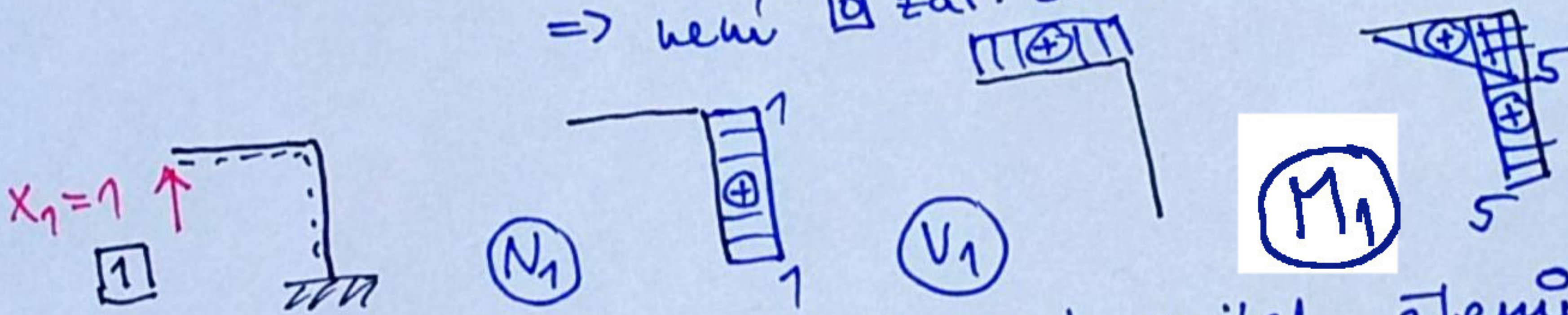
$$EI = 48000 \text{ kPa m}^4 \quad EA = 3600000 \text{ kPa m}^2$$

1) stupeň statické neurčitosti a základní SU soustava



$$n_s = 1x$$

2) vykreslení vnitřních sil pro jednotlivé zat. stavy
- nosník není zatížen silovým zatížením $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ není $\square$ zat. stav



3) sestavení rovnice a výpočet jejich členů

$$\delta_{11} X_1 + \delta_{10} = 0$$

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \int M_1 M_1 dx = \frac{1}{EI} \left[\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 5 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 5\right) + 5 \cdot 4 \cdot (5) \right] = \frac{141,6}{EI}$$

$$2,9514 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta_{10} = \int N \alpha_T \Delta t_0 dx + \int M \alpha_T \frac{\Delta t_1}{h} dx =$$

$$= \left(\Delta t_0 = \frac{t_h + t_d}{2} = \frac{10 + 20}{2} = 15^\circ\text{C} \right) =$$

$$= \left(\Delta t_1 = t_d - t_h = 20 - 10 = 10^\circ\text{C} \right)$$

$$= 10^{-5} \left[0 + (1 \cdot 4) \cdot 15 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 5 + 5 \cdot 4 \right) \cdot \frac{10}{0,4} \right] = 8,725 \cdot 10^{-3}$$

$$X_1 = - \frac{\delta_{10}}{\delta_{11}} = - \frac{8,725 \cdot 10^{-3}}{2,9514 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{-2,956 \text{ kN}}}$$

4) přidání normálového členu do f_{11}

$$J = \frac{1}{EI} \int M \bar{M} dx + \frac{1}{EA} \int N \bar{N} dx$$

$$J_{11}' = \frac{1}{EA} \int N \bar{N} dx = \frac{1}{EA} \cdot \left[\begin{matrix} \boxed{\oplus 1}^1 & \boxed{\oplus 1}^1 \\ 4 \cdot 1 & (1) \end{matrix} \right] = \frac{4}{EA} = 1,1 \cdot 10^{-6}$$

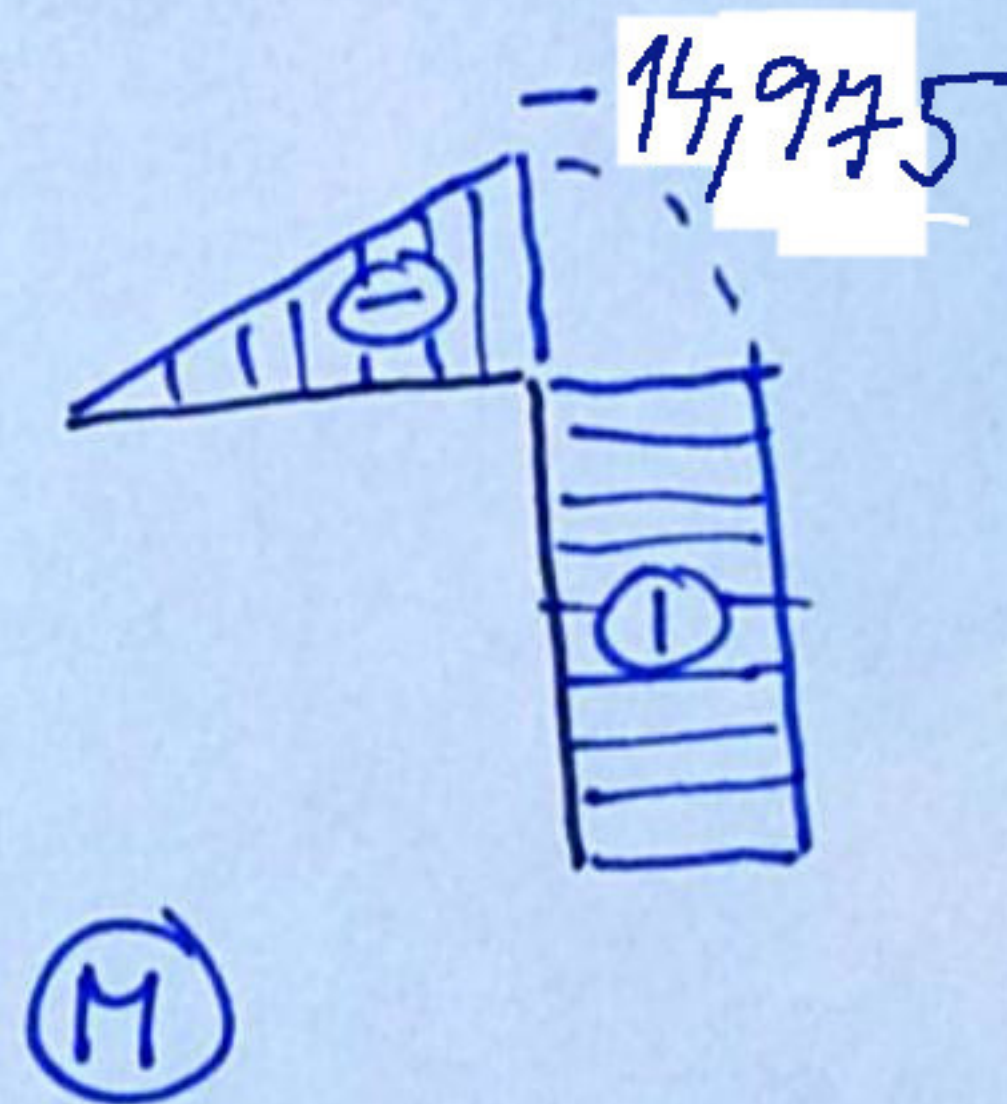
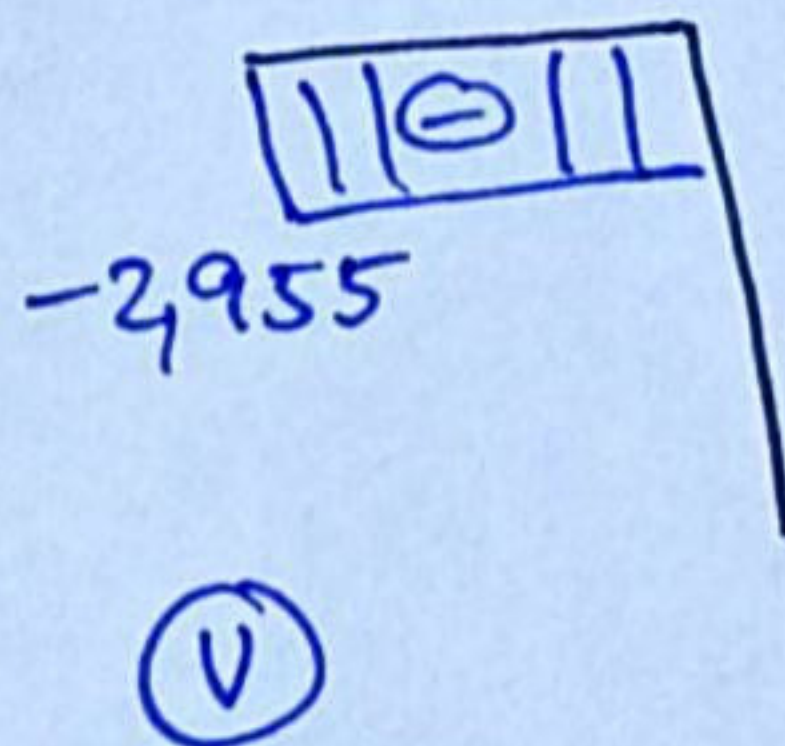
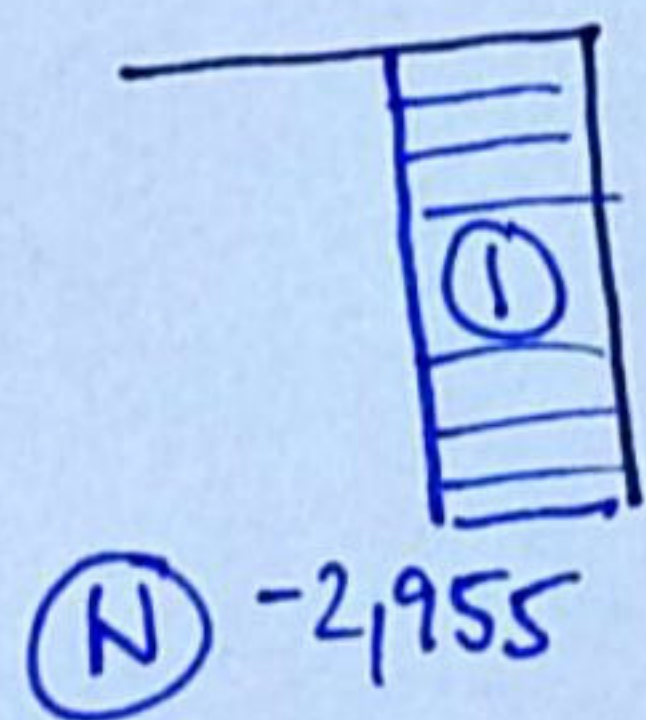
$$X_1 = - \frac{8,425 \cdot 10^{-3}}{2,9514 \cdot 10^{-3} + 1,1 \cdot 10^{-6}} = \underline{\underline{-2,955 \text{ kN}}}$$

5) průběh vnitřních sil

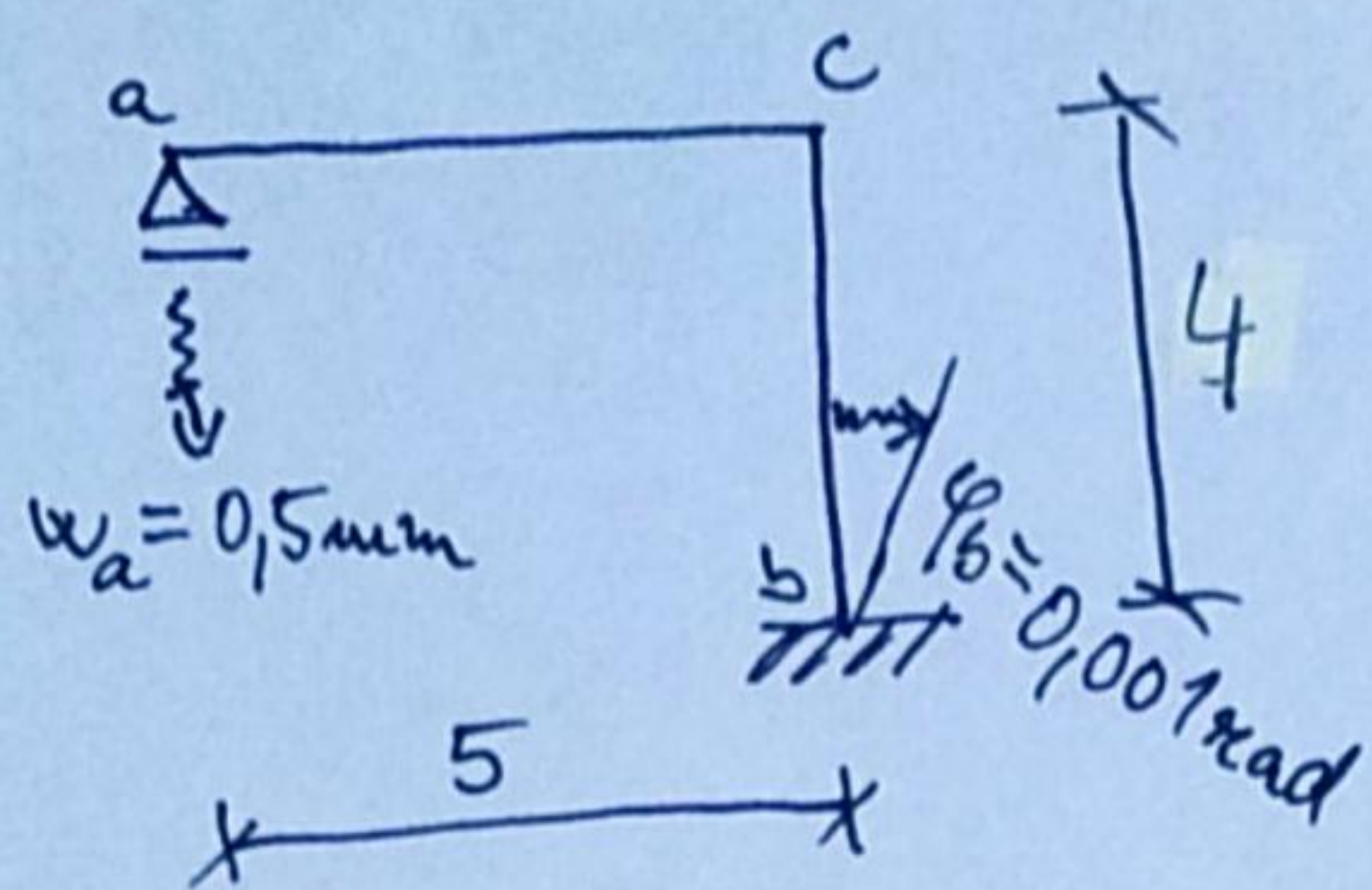
$$N = N_0 + N_1 X_1$$

$$V = V_0 + V_1 X_1$$

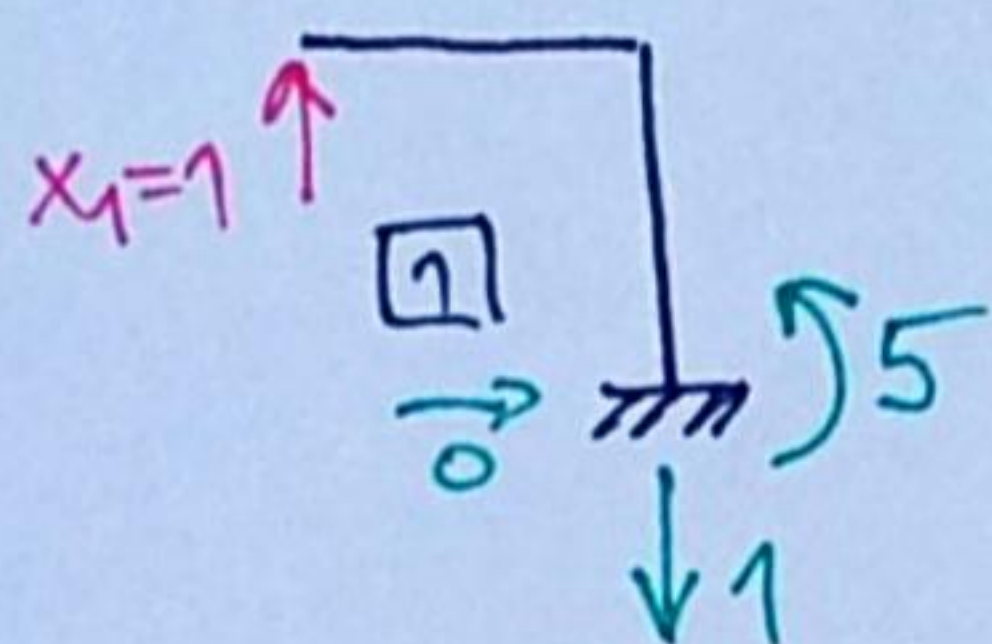
$$M = M_0 + M_1 X_1$$



Statically neurčitý rám - posun podpor



- 1) viz příklad - vliv změny teploty
- 2) výpočet reakcí a vnitřních sil viz předchozí příklad



- 3) sestavení rovnice a výpočet δ opačný směr X_1 vs w_a

$$\delta_{11} X_1 + (\delta_{10} + \delta_{10}^{PP}) = -w_a$$

posun / otočením v místě odebrané vazby

ostatní posuny ostatních podpor

typu odebrané vazby se objeví na pravé straně rce

$\oplus \uparrow X_1 \uparrow w \downarrow X_1 \downarrow w \rightarrow X_1 \rightarrow u$ mají stejný směr

$$\delta_{11} = \frac{141,6}{EI} = 2,9514 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta_{10}^{PP} = - \sum_n (R_{xx} \cdot u_r + R_{zn} \cdot w_n + M_n \varphi_n) =$$

$$= - (R_{bx} u_b + R_{bz} w_b + M_b \varphi_b) =$$

$$= - [0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + (-5) \cdot 0,001] = + 0,005$$

$$2,9514 \cdot 10^{-3} X_1 + 0,005 = -0,0005$$

$$\underline{X_1 = -1,8635 \text{ kN}}$$

- 4) vykreslení vnitřních sil - viz předchozí příklad