

4. VAJA IZ TRDNOSTI (princip o dopolnilnem virtualnem delu)

NALOGA 1. Izpelji dopolnilno virtualno delo δD^* notranjih sil N_x , M_y in M_z ravnega nosilca dolžine a za Hookeov konstitucijski zakon. Pri izpeljavi upoštevaj glavni koordinatni sistem v središču prečnega prereza.

Podatki: N_x , M_y , M_z , a , E , A_x

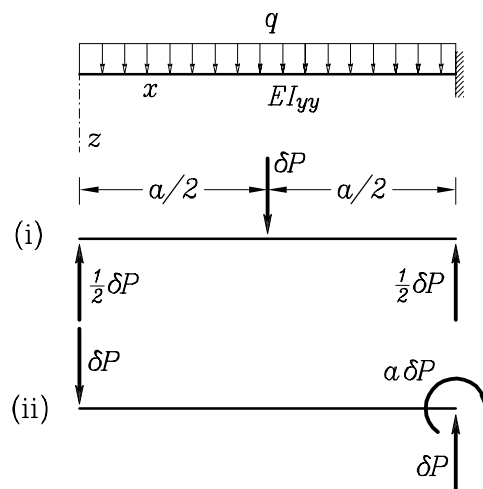
REŠITEV.

$$\delta D^* = \int_0^a \left(\frac{N_x \delta N_x}{EA_x} + \frac{M_y \delta M_y}{EI_{yy}} + \frac{M_z \delta M_z}{EI_{zz}} \right) dx$$

NALOGA 2. Konzola dolžine a je obremenjena z enakomerno zvezno obtežbo q . S principom o dopolnilnem virtualnem delu, $\delta W^* = \delta D^*$, izpelji kinematični enačbi za prikazani statično dopustni virtualni obtežbi.

Podatki: EI_{yy} , q , a

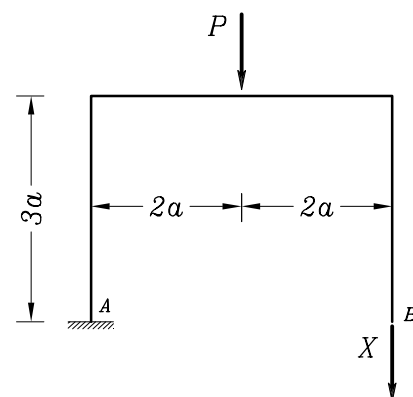
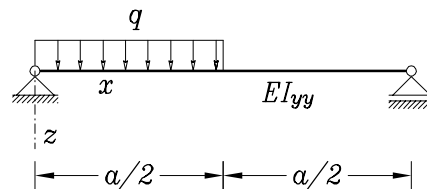
REŠITEV. (i) $-\frac{1}{2}w(0) + w(\frac{a}{2}) + \frac{7qa^4}{384EI_{yy}} = 0$; (ii) $w(0) - \frac{qa^4}{8EI_{yy}} = 0$



NALOGA 3. Prostoležeči nosilec dolžine a je obremenjen s konstantno obtežbo q , kot kaže slika. Izračunaj pomik in zasuk na sredini nosilca.

Podatki: EI_{yy} , q , a

REŠITEV. $w(\frac{a}{2}) = \frac{5qa^4}{768EI_{yy}}$, $\varphi(\frac{a}{2}) = \frac{5qa^3}{384EI_{yy}}$



NALOGA 4. Določi silo X tako, da bo navpični pomik v točki B enak $u_Z(B)$.

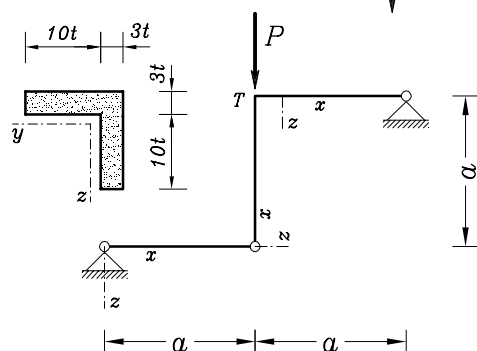
Podatki: $a = 1$ m, $EI_{yy} = 6400$ kNm², $P = 4$ kN, $u_Z(B) = 3$ cm

REŠITEV. $X = \frac{1}{208} (3 \frac{EI_{yy}}{a^3} u_Z(B) - 92P) = 1$ kN

NALOGA 5. Izračunaj navpični pomik v točki T . Upoštevaj tudi vpliv osnih sil na deformiranje.

Podatki: $t = 1$ cm, $a = 2$ m, $E = 20\,000$ kN/cm², $P = 10$ kN

REŠITEV. $u_Z(T) = \frac{2Pa}{EA_x} + \frac{Pa^3}{3EI_{\eta\eta}} + \frac{Pa^3}{3EI_{\zeta\zeta}} = 3.864$ cm

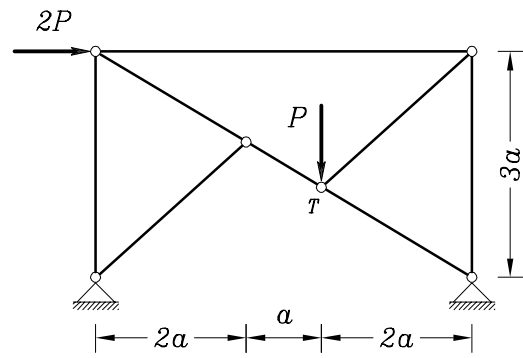


NALOGA 6. Izračunaj vektor pomika v točki T . Vse palice so enake. Nalogo reši tudi s togostnimi matrikami, $\mathbf{K} \cdot \mathbf{U} = \mathbf{F}$ (glej mehaniko trdnih teles).

Podatki: a, P, EA_p

REŠITEV. $\mathbf{u}(T) = \frac{aP}{EA_p} (6.178 \mathbf{e}_X + 0.277 \mathbf{e}_Z)$,

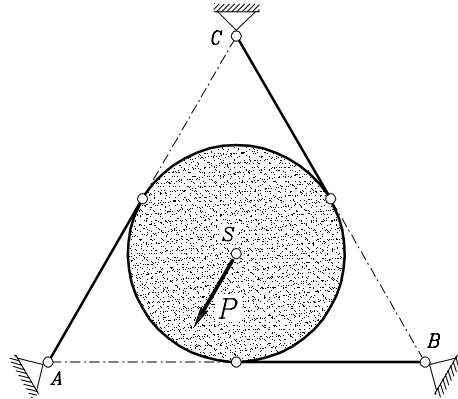
$$u|_{\delta P=1} = \sum_{i=1}^{n_{el}} \ell_i \frac{N_i \bar{N}_i}{E_i A_i}$$



NALOGA 7. Izračunaj vektor pomika v središču toge okrogle plošče, ki je podprta s tremi palicami, kot kaže slika. Plošča je obremenjena s silo P , ki je vzporedna s stranico $a = \overline{AC}$ enakostraničnega trikotnika $\triangle ABC$. Za koliko se zavrti toga plošča?

Podatki: P, a, EA_p

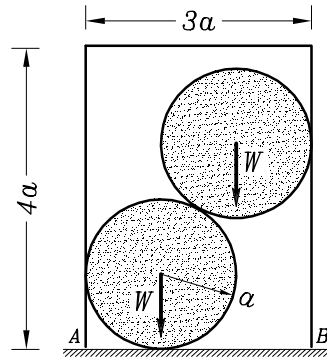
REŠITEV. $\mathbf{u}(S) = \left(-\frac{aP}{6EA_p}, \frac{aP\sqrt{3}}{6EA_p}\right)$, $\varphi_Y = 0$



NALOGA 8. Togi okrogli plošči teže W in polmera a sta pokriti z okvirom, kot kaže slika. Trenje med ploščama in okvirom ter med okvirom in podlago zane-marimo. Za koliko se točki A, B razmakneta, ko plošči pokrijemo?

Podatki: a, W, EI_{yy}

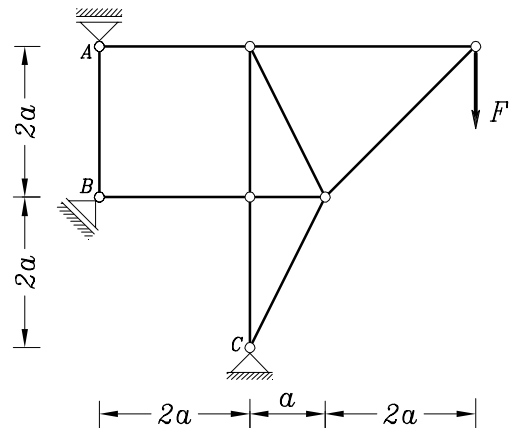
REŠITEV. $\Delta = \frac{129-26\sqrt{3}}{2EI_{yy}} a^3 W$



NALOGA 9. Za prikazano ravninsko paličje izračunaj zdrs v pomičnih podporah glede na podlago. Vse palice so enake.

Podatki: a, F, EA_p

REŠITEV. $u_X(A) = \frac{31+12.5\sqrt{2}}{EA_p} aF$, $u_B = \frac{3\sqrt{2}}{EA_p} aF$



NALOGA 10. Za prikazani ravninski okvir izračunaj pomik na mestu in v smeri sile F . Upoštevaj tudi vpliv osnih sil na deformiranje.

Podatki: $a, F, q = \frac{F}{a}, EI_{yy}, EA_x$

REŠITEV. $u_F = 5 \frac{1+3\sqrt{5}}{4EA_x} aF + \frac{2}{3EI_{yy}} a^3 F$

$$u|_{\delta P=1} = \sum_{i=1}^{n_{el}} \int_0^{\ell_i} \left(\frac{N_x \bar{N}_x}{EA_x} + \frac{M_y \bar{M}_y}{EI_{yy}} + \frac{M_z \bar{M}_z}{EI_{zz}} \right) dx$$

