

STATIKA : KAPITOLA 3

Príklad 3.1: Určite veľkosť a zmysel posuvného a otáčavého účinku síl F_1 a F_2 vzhľadom k bodu A (Obr.3.3).
Zadané: $F_1=500\text{ N}$, $F_2=1500\text{ N}$, $\alpha=45^\circ$, $a=1\text{ m}$, $b=2\text{ m}$.

Riešenie:

- **Posuvný účinok (PÚ):** ku všetkým bodom telesa je rovnaký.

Platí: $\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$; $R = |\mathbf{R}|$

$$R_x = \sum F_{ix} = F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha$$

$$R_x = 500 \cdot 0,707 = \mathbf{353,5\text{ N}}$$

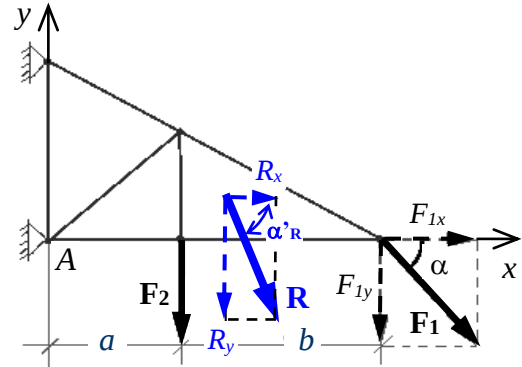
$$R_y = \sum F_{iy} = -F_{1y} - F_2 = -F_1 \cdot \sin \alpha - F_2$$

$$R_y = -500 \cdot 0,707 - 1500 = \mathbf{-1853,5\text{ N}}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{353,5^2 + (-1853,5)^2} \Rightarrow \mathbf{R = 1919,74\text{ N}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha'_R = \frac{R_y}{R_x} = \frac{-1853,5}{353,5} = -5,2433 \Rightarrow \alpha'_R = \operatorname{tg}^{-1}(-5,2433) = \operatorname{arctg}(-5,2433) = \mathbf{-79,2^\circ}$$

Pre uhol výslednice $\mathbf{R}$ uvažovaný od kladnej poloosi x dostaneme $\alpha_R = 360^\circ - \alpha'_R = \mathbf{280,8^\circ}$



Obr. 3.3

Prípadne iný spôsob výpočtu

180° (3. a 4. kvadrant) $-79,2^\circ = 100,8^\circ$ k tomu je nutné pripočítať 1. a 2. kvadrant tzn.

$180^\circ + 100,8^\circ = 280,8^\circ$

tzn. vidíme, že prvý spôsob je rýchlejší

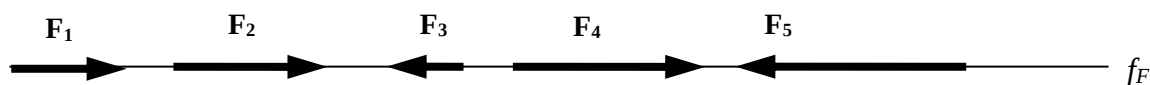
- **Otáčavý účinok (OÚ):** otáčavý účinok napr. vzhľadom k bodu A bude

$$M_A = F_{1x} \cdot 0 - F_{1y} \cdot (a+b) - F_2 \cdot a = -F_{1y} \cdot (a+b) - F_2 \cdot a = -F_1 \cdot \sin \alpha \cdot (a+b) - F_2 \cdot a$$

$$M_A = -500 \cdot \sin 45^\circ \cdot (1+2) - 1500 \cdot 1 = -1060,5 - 1500 \Rightarrow \mathbf{M_A = -2560,5\text{ Nm}}$$

Záver: Hodnota momentu M_A má záporné znamienko – tzn. zadaná SS má tendenciu stožiarom otáčať v smere pohybu hodinových ručičiek, čo je zrejme aj z nakresleného mechanického modelu.

Príklad 3.2: Výpočtom aj graficky určite veľkosť výslednice piatich síl, pôsobiacich na spoločnej nositeľke (Obr.3.6). Zadané: $F_1=150\text{ N}$, $F_2=200\text{ N}$, $F_3=100\text{ N}$, $F_4=250\text{ N}$, $F_5=300\text{ N}$.



Obr. 3.6

Riešenie:

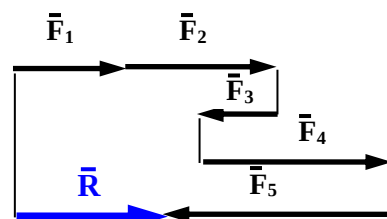
• Analyticky:

$$R = \sum_{i=1}^5 F_i = F_1 + F_2 - F_3 + F_4 - F_5$$

$$R = 150 + 200 - 100 + 250 - 300 = 200\text{ N}$$

• Graficky:

Zvolená mierka síl :
 $m_F = 10\text{ N/mm}$.

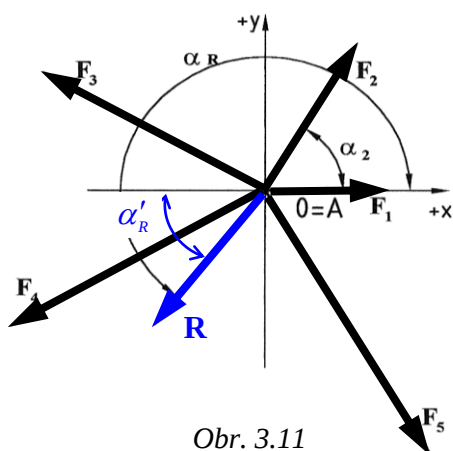


Obr. 3.6 a

Z Obr.3.6a jednoducho odmeraním zistíme veľkosť zobrazovacieho úseku výslednice $\bar{R}$. Pre veľkosť výslednice R potom platí $R \approx \bar{R} \cdot m_F = 20 \cdot 10 = 200\text{ N}$. Rovnováhu sústav síl pochopíme úplne vtedy ak si uvedomíme, že ak by sme k zadanej SSSN pridali ďalšiu silu s veľkosťou $F_6 = -R$, zadaná sústava síl by sa dostala do stavu statickej rovnováhy, t.j. platilo by $R = 0$.

Poznámka: Silový obrazec SSSN pri grafickom riešení tvorí priamku, ale pre prehľadnosť sme skladané sily nakreslili s odsadením (neležia na jednej nositeľke).

Príklad 3.3: Určite analyticky aj graficky veľkosť, smer a zmysel výslednice zväzku síl (obr.3.11). Zadané: $F_1=150 \text{ kN}$, $F_2=250 \text{ kN}$, $F_3=350 \text{ kN}$, $F_4=400 \text{ kN}$, $F_5=450 \text{ kN}$, $\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_2=60^\circ$, $\alpha_3=150^\circ$, $\alpha_4=210^\circ$, $\alpha_5=300^\circ$.



Obr. 3.11

Riešenie:

- Analyticky:**

Výpočtové riešenie, realizované podľa vzťahov 3.9 až 3.12 je výhodné spracovať do tabuľky.

Pravidlo: uhly zvyčajne meriame od kladnej časti osi x v smere proti zmyslu pohybu hodinových ručičiek.

Pomocné výpočty pre redukciu rovinného zväzku síl

Tabuľka 3.1

i	F_i [N]	α_i [°]	$\cos \alpha_i$ [-]	$\sin \alpha_i$ [-]	$F_x = F_i \cos \alpha_i$ [N]	$F_y = F_i \sin \alpha_i$ [N]
1	150	0	1,000	0,000	150,0	0,0
2	250	60	0,500	0,866	125,0	216,5
3	350	150	-0,866	0,500	-303,1	175,0
4	400	210	0,866	-0,500	-346,4	-200,0
5	450	300	0,500	-0,866	225,0	-389,7
$\sum_{i=1}^5$					$R_x = -149,5$	$R_y = -198,2$

Výslednica R , s využitím výsledkov z tab. 3.1, má podľa vzťahu (3.11) veľkosť

$$R = \sqrt{(-149,5)^2 + (-198,2)^2} = 248,26 \text{ kN}.$$

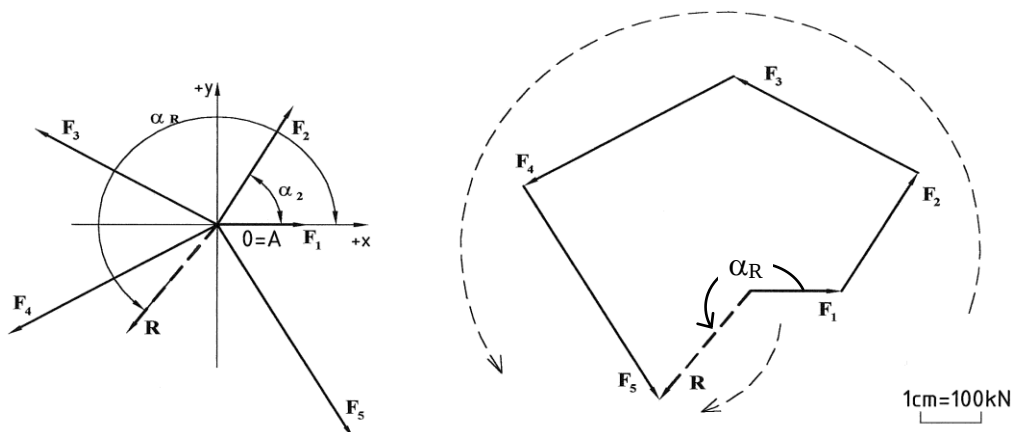
Výslednica R zvierá s osou x uhol α'_R , pre ktorý podľa (3.11) platí

$$\operatorname{tg} \alpha'_R = \frac{R_y}{R_x} = \frac{-198,2}{-149,5} = 1,3257 \Rightarrow \alpha'_R = \operatorname{arctg} 1,3257 = 52,97^\circ.$$

Uhol α_R vyneseny od kladnej poloosi x má potom veľkosť $\alpha_R = 180^\circ + 52,97^\circ = 232,97^\circ$.

Iný spôsob výpočtu 180° (3. a 4. kvadrant) $-52,97^\circ = 127,03^\circ$ ďalej tento uhol odpočítame od celej kružnice $360^\circ - 127,03^\circ = 232,97^\circ$, vidíme, že prvý spôsob je rýchlejší

- Graficky:** zvolená mierka síl: $m_F = 10 \text{ kN.mm}^{-1}$ (Obr.3.11a)



Obr. 3.11 a

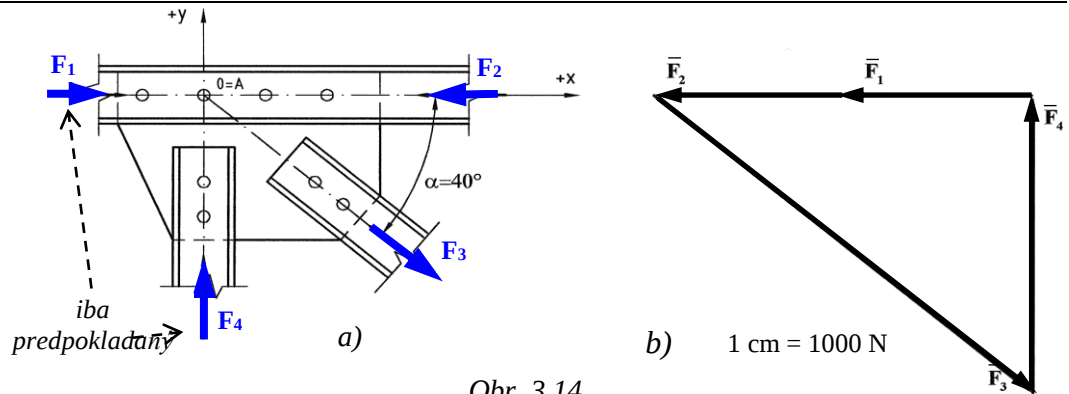
Odmeraním zistíme $\bar{R} = 25 \text{ mm}$ a pre veľkosť hľadanej výslednice $\mathbf{R}$ v [N] dostaneme

$$R = \bar{R} \cdot m_F = 25 \cdot 10 \Rightarrow \mathbf{R} = 250 \text{ kN}.$$

Smerový uhol výslednice od kladnej poloosi x zistíme priamo odmeraním a platí $\alpha_R \approx 230^\circ$.

Príklad 3.4: Nitovaný styk (obr.3.14a) je zaťažený silami F_2 a F_3 . Určite výpočtom aj graficky veľkosť síl F_1 a F_4 , aby bol uzol priehradovej konštrukcie v rovnováhe. Zadané: $F_2 = 3 \text{ kN}$, $F_3 = 8 \text{ kN}$.

Riešenie:



Obr. 3.14

- Analyticky:**

Všetky osové sily v prútoch tvoria rovinný zväzok síl (majú spoločný priesečník - bod A), pre ktorý pri rovnováhe po dosadení do (3.19) dostaneme

$$\sum F_{ix} = 0: F_1 - F_2 + F_3 \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0: F_4 - F_3 \cdot \sin \alpha = 0$$

(sústava 2 rovníc o dvoch neznámych F_1 ,

F_4)

Po dosadení hodnôt

$$F_1 = F_2 - F_3 \cdot \cos \alpha = 3000 - 8000 \cdot \cos 40^\circ = -3128 \text{ N}$$

$$F_4 = F_3 \cdot \sin \alpha = 8000 \cdot \sin 40^\circ = 5142 \text{ N}.$$

Hľadané sily sú $F_1 = -3,128 \text{ kN}$ a $F_4 = 5,142 \text{ N}$. Je potrebné si však všimnúť, že sila F_1 má opačný zmysel, ako sme pôvodne (v obr. 3.14a) predpokladali.

- Graficky:**

Obr.3.14b obsahuje grafické riešenie rovnováhy pre mierku síl $m_F = 100 \text{ N.mm}^{-1} = 1 \text{ kN.cm}^{-1}$. V súlade s podmienkami rovnováhy RZS (3.22) platí $\bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \bar{F}_4 = 0$. Odmeraním v obr.3.14b zistíme (avšak iba s obmedzenou presnosťou), že $\bar{F}_1 \cong 3,1 \text{ cm}$, $\bar{F}_4 \cong 5,2 \text{ cm}$ a dostaneme

$$\mathbf{F}_1 \cong \bar{F}_1 \cdot m_F = 3,1 \text{ cm} \cdot 1 \text{ kN.cm}^{-1} \cong 3,1 \text{ kN}, \quad \mathbf{F}_4 \cong \bar{F}_4 \cdot m_F = 5,2 \text{ cm} \cdot 1 \text{ kN.cm}^{-1} \cong 5,2 \text{ kN}.$$

Príklad 3.5: V bode A pôsobia tri známe sily F_1, F_2, F_3 , ktoré majú byť nahradené zväzkom síl P', P'' a Q , pôsobiacimi tiež v bode A, avšak v určených smeroch podľa Obr.3.16. Požadujeme pritom, aby sily P' a P'' mali rovnakú veľkosť. Zadané: $F_1=500 \text{ N}, F_2=1000 \text{ N}, F_3=1500 \text{ N}, \alpha_1=60^\circ, \alpha_2=30^\circ, \alpha_3=30^\circ, \beta=45^\circ$

Riešenie:

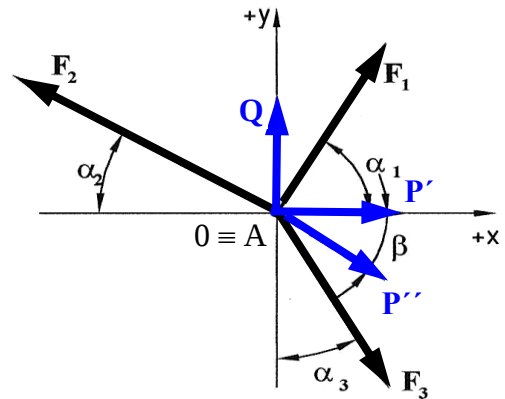
Ide o riešenie úlohy na statickú ekvivalenciu RZS.

Pre vyriešenie statickej ekvivalencie sústav síl F_1, F_2, F_3 (sústava síl F_i) a sústavy síl P', P'', Q (sústava síl F_j) využijeme rovnice (3.24) pre ekvivalenciu dvoch RZS v tvare

$$\sum F_{ix} - \sum F_{jx} = 0$$

$$\sum F_{iy} - \sum F_{jy} = 0.$$

Podľa zadania a pre umožnenie výpočtu uvažujeme $P'=P''=P$.



Obr. 3.16

Podľa obr.3.16 pre neznáme hodnoty síl P a Q dostaneme

$$\sum F_{ix} - \sum F_{jx} = 0: F_1 \cdot \cos \alpha_1 - F_2 \cdot \cos \alpha_2 + F_3 \cdot \sin \alpha_3 - (P + P \cdot \cos \beta) = 0$$

$$\sum F_{iy} - \sum F_{jy} = 0: F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_3 \cdot \cos \alpha_3 - (Q - P \cdot \sin \beta) = 0, \text{ odkiaľ dostaneme}$$

$$P = \frac{1}{1 + \cos \beta} \cdot (F_1 \cdot \cos \alpha_1 - F_2 \cdot \cos \alpha_2 + F_3 \cdot \sin \alpha_3) = P' = P''$$

$$-P(1 + \cos \beta) = -F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_3 \cdot \sin \alpha_3 \quad / : (1 + \cos \beta)$$

$$-P = \frac{-F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_3 \cdot \sin \alpha_3}{(1 + \cos \beta)} \quad / \cdot (-1)$$

$$P = \frac{F_1 \cdot \cos \alpha_1 - F_2 \cdot \sin \alpha_2 + F_3 \cdot \sin \alpha_3}{(1 + \cos \beta)}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{1 + \cos 45^\circ} \cdot (500 \cdot \cos 60^\circ - 1000 \cdot \cos 30^\circ + 1500 \cdot \sin 30^\circ) = \frac{1}{1,707} \cdot (250 - 866,6 + 750)$$

$$P = 78,11 \text{ N},$$

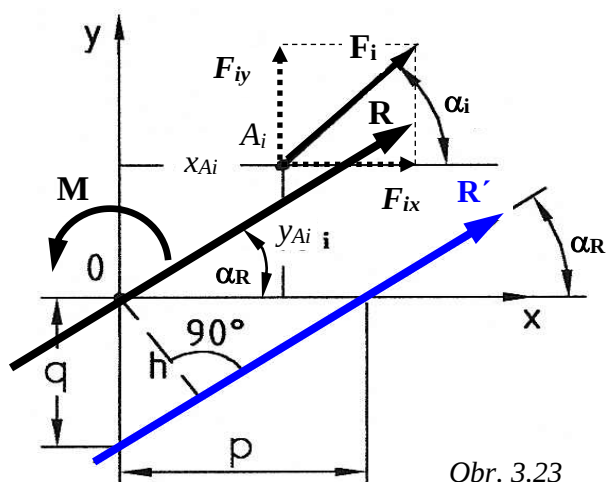
platí stále $P=P'=P''$, pretože nemôžeme mať v sústave 3 neznáme

$$Q = F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_3 \cdot \cos \alpha_3 + P \cdot \sin \beta$$

$$Q = 500 \cdot \sin 60^\circ + 1000 \cdot \sin 30^\circ - 1500 \cdot \cos 30^\circ + 78,11 \cdot \sin 45^\circ$$

$$Q = -310,78$$

Príklad 3.6: Výpočtom určite výslednicu sústavy štyroch síl F_i , zvierajúcich s kladnou osou x uhly α_i . Sú známe aj súradnice ich pôsobísk A_i (obr.3.23). Zadané: $F_1 = 1200 \text{ N}$, $F_2 = 1500 \text{ N}$, $F_3 = 800 \text{ N}$, $F_4 = 2000 \text{ N}$, $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 120^\circ$, $\alpha_3 = 250^\circ$, $\alpha_4 = 330^\circ$, $A_1 (2; 3)$, $A_2 (-3; 2)$, $A_3 (-4; -1)$, $A_4 (3; -4)$.



Obr. 3.23

Riešenie:

Zadané vstupné hodnoty je pri ručnom výpočte redukcie vhodné (ako už bolo ukázané u RZS), usporiadať do tabuľky (Tab.3.2). Postupne získavané čiastkové výsledky umožňujú pôsobenie síl v sústave modifikovať, resp. výsledok redukcie ľahšie prepočítať, ak by v zadanej sústave síl nastali neskôr zmeny.

Pri redukcii VRSS je potrebné nájsť nielen veľkosť výslednice síl $\mathbf{R}$ a jej smer (α_R), ale aj polohu jej nositeľky v rovine a preto je nutné definovať a vyriešiť aj momentové podmienky, z ktorých môžeme získať tzv. **polohové parametre** - p , q resp. h .

1. Spracujeme tabuľku, kde vykonáme čiastkové výpočty podľa vzťahov (3.32b) a (3.33).

Pomocné výpočty pre redukcii všeobecnej sústavy síl v rovine

Tabuľka 3.2

i	F_i [N]	α_i [°]	$\cos \alpha_i$	$\sin \alpha_i$	Súradnice pôsobísk síl		Priemety síl do súradnicových osí		Momenty zložiek k bodu 0	
					x_i [m]	y_i [m]	$F_{ix} = F_i \cos \alpha_i$ [N]	$F_{iy} = F_i \sin \alpha_i$ [N]	$-F_{ix} \cdot y_i$ [Nm]	$F_{iy} \cdot x_i$ [Nm]
1	1200	45	0,707	0,707	2	3	849	849	-2547	1698
2	1500	120	-0,500	0,866	-3	2	-750	1299	1500	-3897
3	800	250	-0,342	-0,940	-4	-1	-274	-752	-274	3008
4	2000	330	0,866	-0,500	3	-4	1732	-1000	6928	-3000
					$\sum_{i=1}^4$		$R_x=1557$	$R_y=396$	5607	-2191
									$M_{(0)}=3416$	

2. Veľkosť zložiek výslednice: $R_x = \sum (F_i \cdot \cos \alpha_i) = 1557 \text{ N}$, $R_y = \sum (F_i \cdot \sin \alpha_i) = 396 \text{ N}$.

3. Veľkosť a smer výslednice $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{1557^2 + 396^2} = 1607 \text{ N}$,

$$\operatorname{tg} \alpha_R = \frac{R_y}{R_x} \Rightarrow \alpha_R = \arctg \frac{396}{1557} = 14^\circ 16'.$$

4. Poloha nositeľky výslednice $\mathbf{R}$ pretína os x vo vzdialenosti $p = \frac{M_{(0)}}{R_y} = \frac{3416}{396} = 8,626 \text{ m}$.

5. Poloha nositeľky výslednice $\mathbf{R}$ pretína os y vo vzdialenosti $q = \frac{-M_{(0)}}{R_x} = -\frac{3416}{1557} = -2,194 \text{ m}$.

6. Vzdialenosť nositeľky výslednice $\mathbf{R}$ od počiatku súradnicovej sústavy: $h = \frac{M_{(0)}}{R} = \frac{3416}{1607} = 2,125 \text{ m}$.

Príklad 3.7: Na stožiar trolejového vedenia (obr.3.24) pôsobia sily F , G , Q . Určite výslednicu R a jej priesečník s osou y stožiaru. Zadané: $F=5\text{ kN}$, $G=10\text{ kN}$, $Q=1\text{ kN}$, $\alpha=30^\circ$, $a=3\text{ m}$, $b=5\text{ m}$, $h=6\text{ m}$, $e=1\text{ m}$.

Riešenie:

$$R_x = \sum F_{ix} = -F_x = -F \cdot \sin \alpha$$

$$R_x = -5,0,5 = -2,5\text{ kN}$$

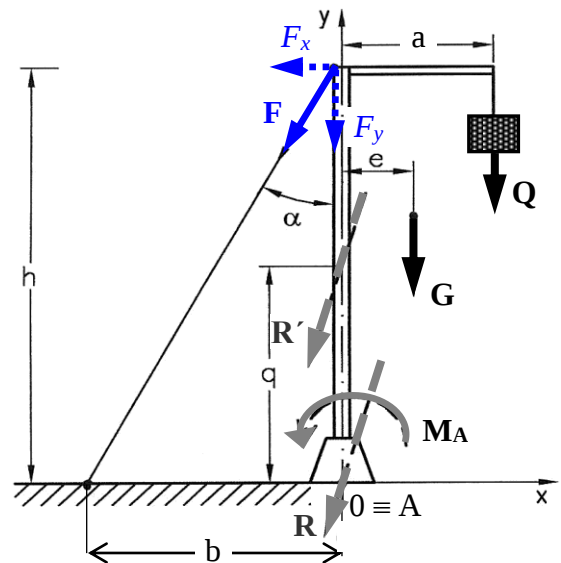
$$R_y = \sum F_{iy} = -F_y - G - Q = -F \cdot \cos \alpha - G - Q$$

$$R_y = -5,0,866 - 10 - 1 = -15,33\text{ kN}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-2,5)^2 + (-15,33)^2} = 15,53\text{ kN}$$

$$\operatorname{tg} \alpha'_R = \frac{R_y}{R_x} \Rightarrow \alpha'_R = \arctg \frac{-15,33}{-2,5} = \arctg 6,132 = 80,74^\circ$$

$$\alpha_R = 180^\circ + \alpha'_R = 180^\circ + 80,74^\circ = 260,74^\circ$$



Obr. 3.24

Prípadne iný spôsob výpočtu

180° (3. a 4. kvadrant) - $80,74^\circ = 99,26^\circ$ ďalej je nutné

odpočítať celú kružnicu tzn. $360^\circ - 99,26^\circ = 260,74^\circ$

tzn. vidíme, že prvý spôsob je rýchlejší

$$M_A = F_x \cdot h - G \cdot e - Q \cdot a = F \cdot \sin \alpha \cdot h - G \cdot e - Q \cdot a$$

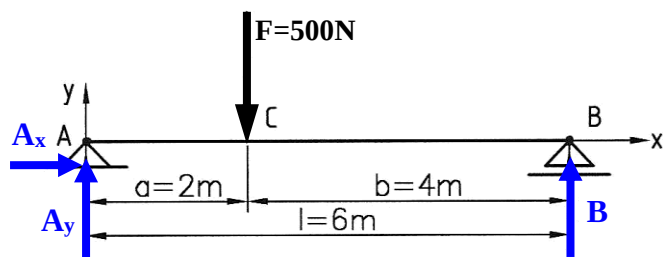
$$M_A = 5,0,5,6 - 10 \cdot 1 - 1 \cdot 3 = 2\text{ kNm}$$

Z momentovej vety (2.36a) môžeme určiť súradnicu (q) priesečníka s osou y stožiaru a dostaneme

$$q = -\frac{M_A}{R_x} = -\frac{2}{-2,5} = 0,8\text{ m}.$$

Výsledok: $R' = R = 15,53\text{ kN}$, $\alpha_R = 260,74^\circ$, $q = 0,8\text{ m}$.

Príklad 3.8: Na jednoducho uloženom nosníku (obr.3.26) zaťaženom osamelou silou F vypočítajte veľkosť väzbových reakcií v miestach podpier A , B . Zadané: $F = 500 \text{ N}$, $a = 2 \text{ m}$, $b = 4 \text{ m}$, $l = 6 \text{ m}$.



Obr. 3.26

Riešenie:

Po overení statickej určítosti a uvoľnení nosníka zisťujeme, že sily F , A_x , A_y , B tvoria VRSS. Pre riešenie rovnováhy síl preto využijeme napr. podmienky rovnováhy VRSS, typ 2 (3.41b), t.j. zadefinujeme dve podmienky momentové a jednu podmienku silovú a platí

$$\sum M_{iA} = 0 : B \cdot l - F \cdot a = 0$$

$$\sum M_{iB} = 0 : -A_y \cdot l + F \cdot b = 0$$

$$\sum F_{ix} = 0 : A_x = 0$$

Z podmienok rovnováhy (sústava 3 lineárnych algebrických rovníc) môžeme pomocou matematických úprav vyjadriť veľkosť väzbových reakcií A , B a platí

$$B = \frac{F \cdot a}{l} = \frac{500 \cdot 2}{6} = 166,7 \text{ N}, \quad A_y = \frac{F \cdot b}{l} = \frac{500 \cdot 4}{6} = 333,3 \text{ N}.$$

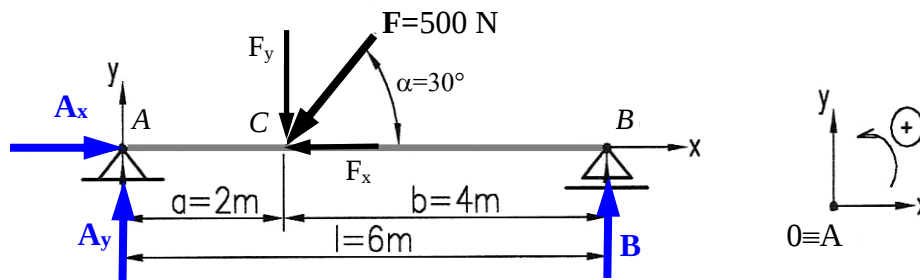
$\sum F_{ix} = 0$... podmienka je splnená, pretože v smere osi x nepôsobia na nosník žiadne akčné silové účinky.

Kontrolná rovnica: použijeme napr. rovnicu v tvare $\sum F_{iy} = 0$ a platí

$$A_y + B - F = 166,7 + 333,3 - 500 = 0 \Rightarrow 0 = 0 \rightarrow \text{splnené (riešenie je správne)!}$$

Poznámky: 1. Pri riešení tzv. jednoducho uložených nosníkov použitím podmienok rovnováhy – typ (2) bude obsahovať každá rovnica iba jednu neznámu. Znamená to, že pre takto uložené nosníky je typ (2) najvhodnejší. 2. Ako kontrolnú rovnicu bolo možné využiť aj ďalšiu, momentovú rovnicu, napr. v tvare $\sum M_{ic} = 0 : A_y \cdot a - B \cdot b = 0 \Rightarrow 0 = 0$.

Príklad 3.9: Na nosníku (obr.3.27) zaťaženom osamelou silou F , pôsobiacou šikmo na nosník pod uhlom α určite väzbové reakcie A_x , A_y , B . Zadané: $F = 500 \text{ N}$, $\alpha = 30^\circ$, $a = 2 \text{ m}$, $b = 4 \text{ m}$, $l = 6 \text{ m}$.



Obr. 3.27

Riešenie:

Overíme statickú určitosť úlohy, nosník uvoľníme a zavedieme zložky väzbových reakcií. Využime napr. ten istý typ rovníc rovnováhy (typ 2) a pre ilustráciu využime aj ďalší typ rovníc (typ 1). Dostaneme

$$\begin{array}{ll} \sum M_{iA} = 0 : B \cdot l - F \cdot \sin \alpha \cdot a = 0 & \Rightarrow B \\ \sum F_{ix} = 0 : A_x - F \cdot \cos \alpha = 0 & \Rightarrow A_x \\ \sum M_{iB} = 0 : -A_y \cdot l + F \cdot \sin \alpha \cdot b = 0 & \Rightarrow A_y \\ \sum F_{iy} = 0 : A_y - F \cdot \sin \alpha + B = 0 & \Rightarrow A_y, B \\ \sum F_{ix} = 0 : A_x - F \cdot \cos \alpha = 0 & \Rightarrow A_x \\ \sum M_{iA} = 0 : B \cdot l - F \cdot \sin \alpha \cdot a = 0 & \Rightarrow B \end{array}$$

Ako vidíme, z rovníc typ (1) je možné tiež určiť neznáme väzbové parametre, ale najskôr je potrebné riešiť aj tak momentovú rovnicu. Z rovníc rovnováhy - typ (2) dostaneme

$$B = \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot a}{l} = \frac{500 \cdot 0,5 \cdot 2}{6} = \mathbf{83,33 \text{ kN}}, \quad A_y = \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot b}{l} = \frac{500 \cdot 0,5 \cdot 4}{6} = \mathbf{166,67 \text{ kN}},$$

$$A_x = F \cdot \cos \alpha = 500 \cdot \cos 30^\circ = 500 \cdot 0,866 = \mathbf{433 \text{ N}}.$$

Kontrolná rovnica: $\sum F_{iy} = 0 : A_y + B - F \cdot \sin 30^\circ = 166,7 + 83,3 - (500 \cdot 0,5) = 250 - 250 = 0$

tzn. $0 = 0$ podmienka splnená !!!

Poznámky: 1. Reakcia B v podpere B s ohľadom na charakter uloženia (tab. 1.1 – posuvný kĺb), môže mať iba zvislý smer! 2. Sila A_x vyšla kladná, tzn. predpoklad (úvodný odhad) zmyslu jej pôsobenia v obr.3.27 bol správny. Ak by vyšlo znamienko záporné - zmýlili sme sa – väzbová sila má v skutočnosti opačný zmysel.