

HOOFDSTUK 2

SAMENSTELLEN EN ONTBINDEN VAN SNIJDENDE KRACHTEN

Snijdende (of samenlopende) krachten zijn krachten waarvan de werklijnen door één punt gaan.

2.1. Resultante van twee snijdende krachten

Het bepalen van de resultante van twee snijdende krachten is niets anders dan het bepalen van de som van twee snijdende vectoren.

2.1.1. Bepalen van de resultante van twee snijdende krachten

Gegeven zijn twee krachten F_1 en F_2 , waarvan de werklijnen elkaar snijden in punt P. Deze twee krachten zijn dus gelegen in eenzelfde vlak, het zijn *coplanaire* krachten. De resultante van deze twee krachten kan grafisch en analytisch bepaald worden.

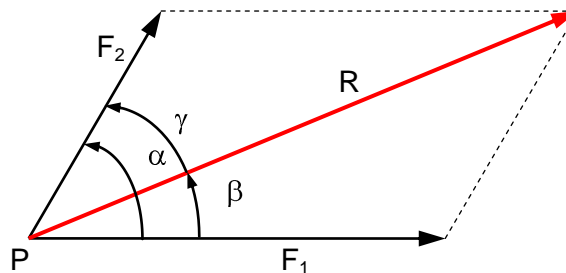
1. Grafische oplossing

Men kan de resultante van twee krachten grafisch bepalen met behulp van een parallellogram van krachten of met behulp van een krachtendriehoek.

1) Parallellogram van krachten

De krachten worden zodanig langs hun werklijnen verschoven, dat de beginpunten van beide krachten samenvallen (punt P). De krachten worden getekend op schaal.

Zoals blijkt uit art. 1.1.5.3. hierboven, wordt hun resultante R dan in grootte, richting en zin gegeven door de diagonaal van het parallellogram geconstrueerd op de twee gegeven krachten. Deze resultante R heeft dezelfde uitwerking als de beide oorspronkelijke krachten F_1 en F_2 samen : $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

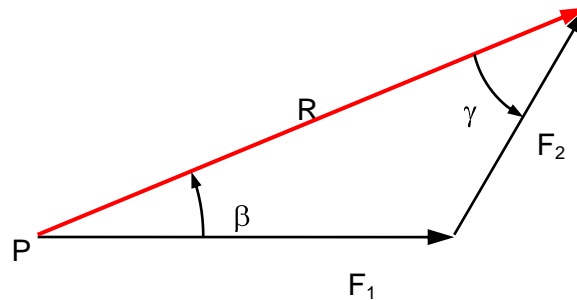


2) **Krachtendriehoek**

Men kan de resultante van de twee krachten bepalen door in feite maar de helft van het parallellogram te tekenen.

Verwijzend naar art. 1.2.1., worden de twee krachten vanuit punt P in een willekeurige volgorde achter elkaar uitgezet. Vervolgens verbindt men het beginpunt van de eerste kracht met het eindpunt van de tweede kracht. Met behulp van deze zgn krachtdriehoek is de resultante R in grootte, richting en zin bepaald.

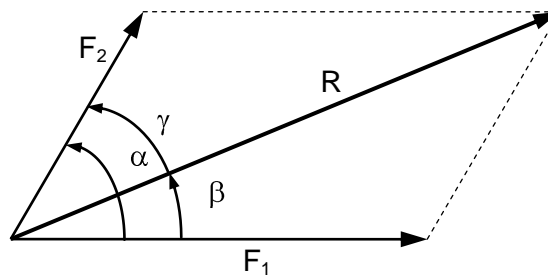
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

2. **Analytische oplossing**

Men kan de grootte en de richting van de resultante van twee krachten ook analytisch bepalen, dus berekenen.

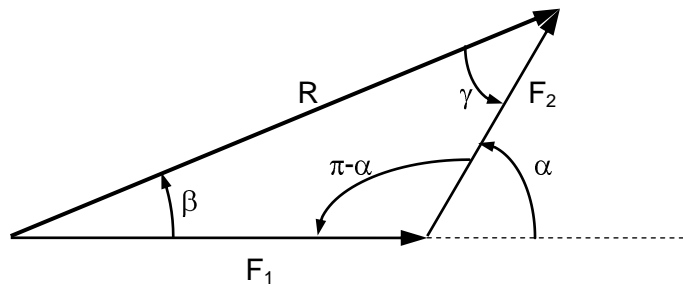
Met α de hoek tussen de twee gegeven krachten F_1 en F_2 , volgt de grootte van R uit volgende figuur :

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \alpha \quad (2.1)$$



Dit volgt uit de **cosinusregel** voor de zijde R van de driehoek :

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2 F_1 F_2 \cos(\pi - \alpha) \quad (2.2)$$



Waaruit volgt : $R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \alpha$

R volgt dan uit de vierkantswortel :

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \alpha}$$

De richting van R ten opzichte van de werklijnen van krachten F_1 en F_2 (dus bepaald door de hoeken β of γ) volgt uit de **sinusregel** :

$$\frac{F_1}{\sin \gamma} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{R}{\sin \alpha} \quad (2.3)$$

Hieruit volgen β en γ : $\rightarrow \sin \beta = \frac{F_2 \sin \alpha}{R}$

$\rightarrow \sin \gamma = \frac{F_1 \sin \alpha}{R}$

of : $\gamma = \pi - \beta - (\pi - \alpha) = \alpha - \beta$

Bijzondere gevallen :

1) Als $\alpha = 0$ werken F_1 en F_2 volgens dezelfde werklijn in dezelfde zin, en is dus :

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 = (F_1 + F_2)^2$$

waaruit volgt $R = F_1 + F_2$

2) Als $\alpha = 180^\circ$ werken F_1 en F_2 volgens dezelfde werklijn maar in tegengestelde zin, en is dus :

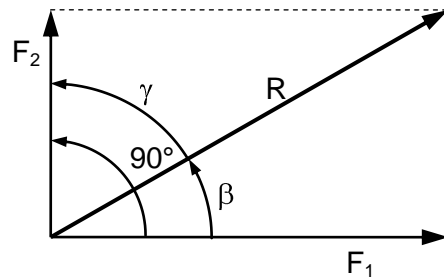
$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2 F_1 F_2 = (F_1 - F_2)^2$$

waaruit volgt $R = F_1 - F_2$ (of : $R = F_2 - F_1$)

3) Als $\alpha = 90^\circ$ staan F_1 en F_2 loodrecht op elkaar, en is dus :

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 \quad \text{waaruit volgt} \quad R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

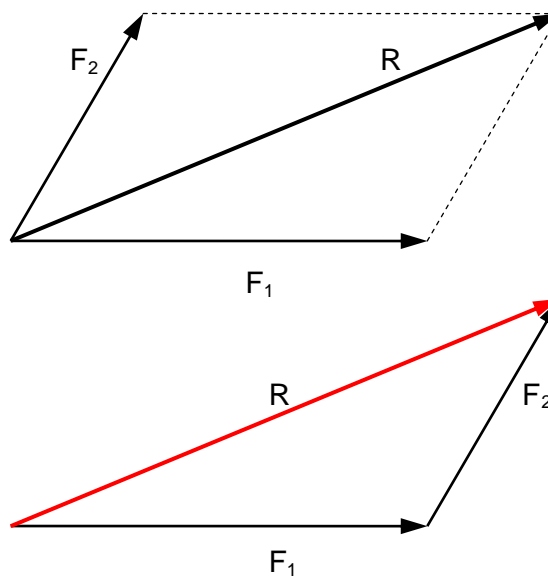
In dit geval wordt het parallellogram immers een rechthoek, en de krachtendriehoek een rechthoekige driehoek.



2.1.2. Resulterende kracht en evenwichtmakende kracht

Zoals uiteengezet in art. 2.1.1 hierboven, is de **resultante van twee krachten** een derde kracht, waardoor deze twee krachten worden vervangen en die dezelfde uitwerking heeft als deze twee krachten samen.

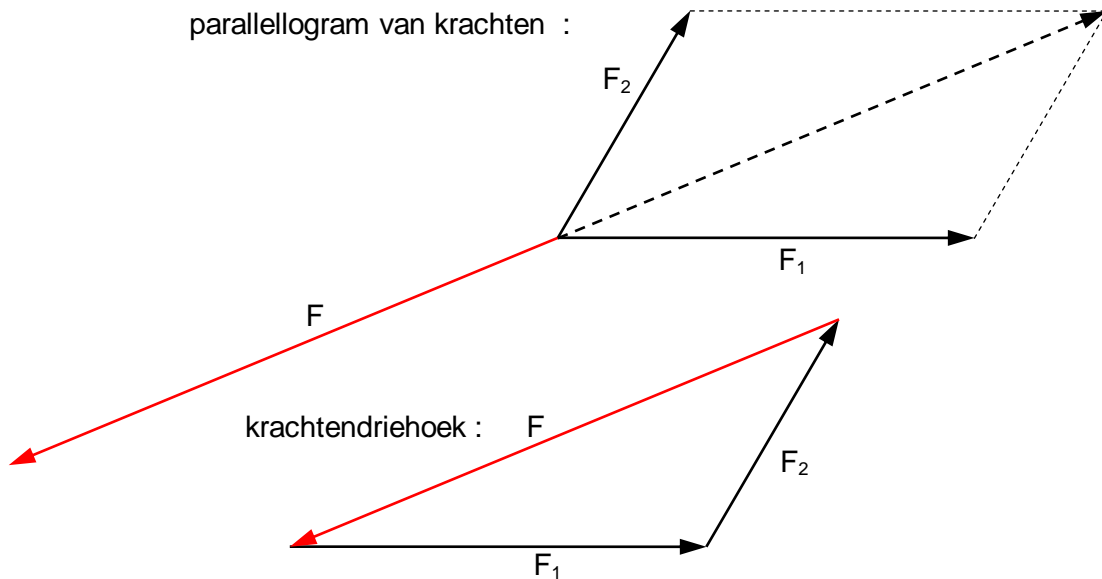
Grafisch wordt deze resultante bepaald met behulp van het parallellogram van krachten of met behulp van de krachtendriehoek :



Voor de krachtendriehoek geldt, dat de vector die de resultante van de twee krachten voorstelt, loopt van het beginpunt van de eerste kracht tot het eindpunt van de tweede kracht.

De **evenwichtmakende kracht** F van twee krachten is een derde kracht, die aan de twee krachten wordt toegevoegd, en die de uitwerking van de eerste twee krachten opheft.

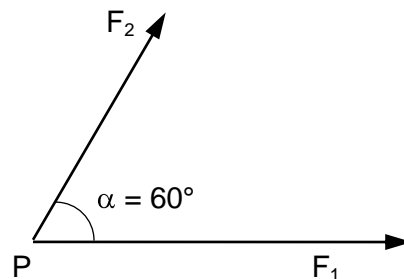
Grafisch volgt deze evenwichtmakende kracht eveneens uit het parallellogram van krachten, of uit de krachtendriehoek; ze is evenwel tegengesteld gericht aan de resultante.



Voor de krachtendriehoek geldt, dat de vector die de kracht F die evenwicht maakt met de eerste twee krachten F_1 en F_2 voorstelt, loopt van het eindpunt van de tweede kracht F_2 naar het beginpunt van de eerste kracht F_1 (dus in tegengestelde zin van de resultante). Men zegt : de krachtendriehoek is gesloten.

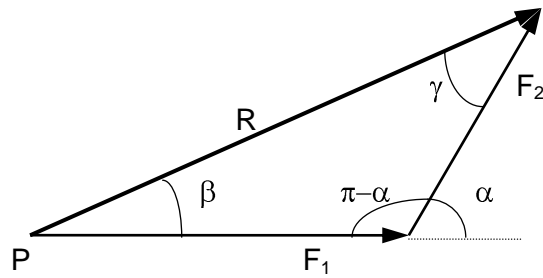
2.1.3. Voorbeeld

In punt P van een lichaam werken 2 krachten $F_1 = 500 \text{ N}$ en $F_2 = 350 \text{ N}$, waarvan de werklijnen onderling een hoek $\alpha = 60^\circ$ maken. Bepaal grafisch en analytisch de resultante R in grootte, richting (hoek β) en zin.

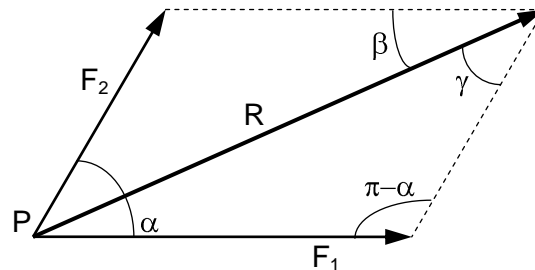


Grafische oplossing (krachtenschaal $10 \text{ mm} \hat{=} 100 \text{ N}$)

Men zet de krachten F_1 en F_2 in willekeurige volgorde op schaal achter elkaar uit volgens de juiste richting. De resultante R loopt vanaf het aangrijpingspunt P tot aan het eindpunt van de laatst uitgezette kracht. We bekommen een krachtendriehoek. We vinden door opmeting : $R \approx 750 \text{ N}$ en $\beta \approx 24^\circ$. (Door opmeting kunnen de waarden van R en β niet volledig exact bepaald worden, vandaar \approx en niet =)



Men kan ook een parallellogram van krachten tekenen.



Analytische oplossing

Volgens de cosinusregel is $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 F_1 F_2 \cos(\pi - \alpha)}$

dus : $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \alpha} = \sqrt{500^2 + 350^2 + 2 \times 500 \times 350 \times \cos 60^\circ}$

$$R = 740 \text{ N}$$

De richting van R ten opzichte van de werklijn van kracht F_1 (bepaald door de hoek β) volgt uit de sinusregel :

$$\frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{R}{\sin \alpha}$$

dus : $\sin \beta = \frac{F_2 \sin \alpha}{R} = \frac{350 \sin 60^\circ}{740} = 0,41$

waaruit : $\beta = 24,2^\circ$

De richting van R ten opzichte van de werklijn van kracht F_2 (bepaald door de hoek γ) volgt ook uit de sinusregel, maar ook uit :

$$\gamma = \alpha - \beta = 35,8^\circ$$

2.2. Resultante van meerdere snijdende krachten

Indien in een zelfde punt meerdere (bijvoorbeeld 4) krachten F_1 , F_2 , F_3 en F_4 aangrijpen, (wanneer hun werklijnen dus door eenzelfde punt gaan), dan is de resultante R de vectorsom van de krachten :

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

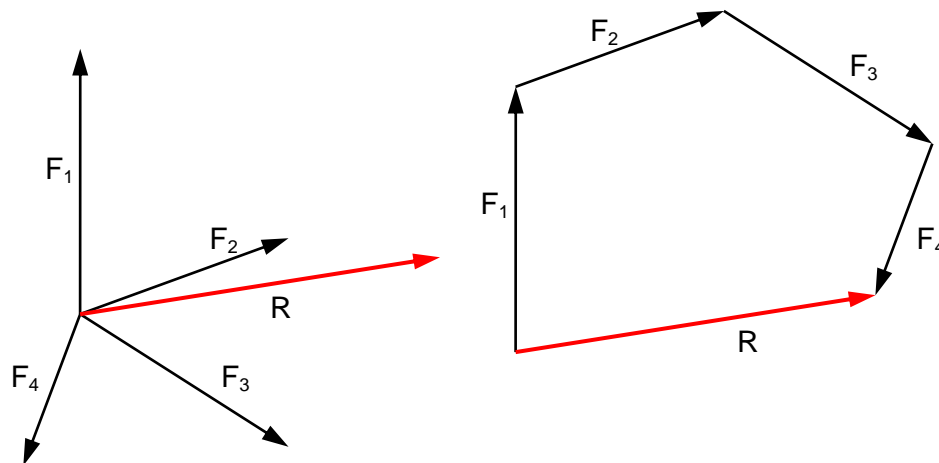
2.2.1. Bepaling van de resultante van meerdere snijdende coplanaire krachten

Het bepalen van de resultante van meerdere snijdende krachten is niets anders dan het bepalen van de som van meerdere snijdende vectoren.

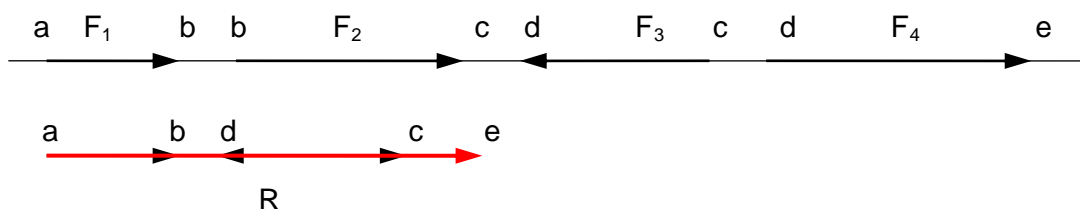
1. Grafische oplossing

Men kan de resultante van meerdere snijdende coplanaire, dus in eenzelfde vlak gelegen krachten grafisch bepalen met behulp van **een krachtenveelhoek**

In overeenstemming met art. 1.2.2. bekomt men de resultante van meerdere (bv 4) snijdende coplanaire krachten F_1 , F_2 , F_3 en F_4 , door deze krachten in een willekeurige volgorde na elkaar te tekenen, zodanig dat het beginpunt van een kracht samenvalt met het eindpunt van de voorgaande kracht. **De resultante R is dan de kracht met als beginpunt het beginpunt van de eerste kracht, en als eindpunt het eindpunt van de laatste kracht.** We tekenen dus een **krachtenveelhoek**.



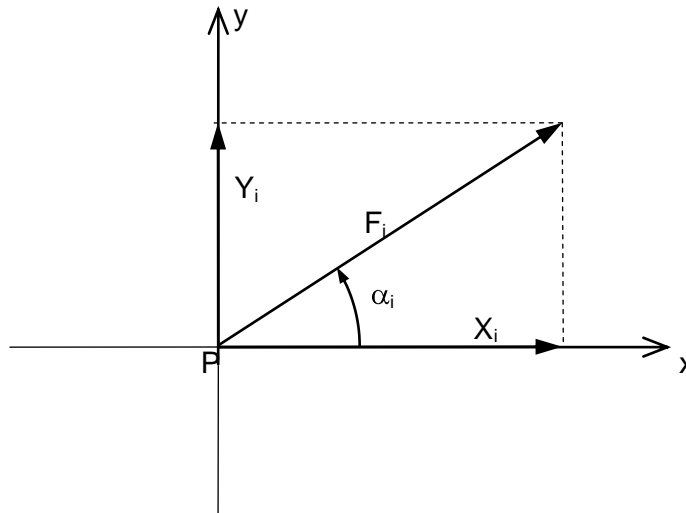
Deze werkwijze is ook geldig als de krachten alle op dezelfde rechte zouden liggen. De resultante van de krachten F_1 (ab), F_2 (bc), F_3 (cd) en F_4 (de) is R (ae) :



2. Analytische oplossing : praktische werkwijze

De analytische oplossing is gebaseerd op de projectiemethode van vectoren. Krachten zijn immers vectoriële grootheden.

De krachten F_i (bijvoorbeeld 4 krachten F_1, F_2, F_3 , en F_4 , maar uiteraard is dit uitbreidbaar naar n krachten) liggen in eenzelfde vlak en snijden elkaar in punt P . De krachten F_i maken een hoek α_i met de positieve richting van de x -as.



In punt P construeren we een rechthoekig assenkruis xy . We projecteren de krachten F_i (F_1, F_2, F_3 en F_4) loodrecht op deze assen. De aldus gevormde vectoren op de x - en y -as zijn de *componenten* van de respectieve vectoren F_1, F_2, F_3 en F_4 .

De componenten X_i en Y_i worden bepaald als zijde van een driehoek, hun teken wordt bepaald door hun zin op de x - en y -as. De hoeken van de krachten F_i met de x -as en de y -as zijn dan steeds positief, en niet groter dan 90° (zie o.a. voorbeeld 2.2.3.2 pag. II-12).

De componenten van de krachten op de x -as geven een resultante R_x die gelijk is aan de algebraïsche som van de componenten :

$$R_x = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \quad (\text{immers : } \vec{R}_x = \vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3 + \vec{X}_4)$$

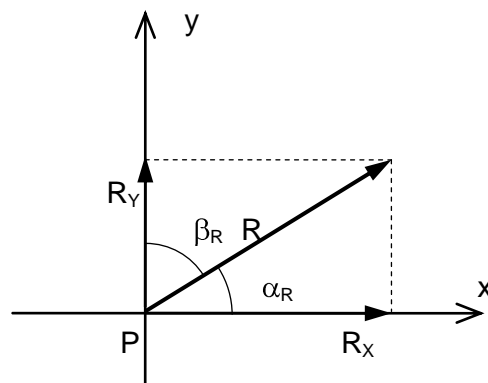
De componenten van de krachten op de y -as geven een resultante R_y die gelijk is aan de algebraïsche som van de componenten :

$$R_y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \quad (\text{immers : } \vec{R}_y = \vec{Y}_1 + \vec{Y}_2 + \vec{Y}_3 + \vec{Y}_4)$$

Om de totale resultante R van de krachten F_1, F_2, F_3 en F_4 te verkrijgen moeten de resultanten R_x en R_y nog samengeteld worden :

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

waaruit volgt : $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ (2.8)



Verder kan de waarde van de hoek α_R , die de resultante R maakt met de x -as, dus de richting van de resultante R , als volgt gevonden worden :

$$\operatorname{tg} \alpha_R = \frac{R_Y}{R_X} \quad \text{waaruit } \alpha_R \text{ volgt} \quad (2.9)$$

2.2.2. Voorbeelden

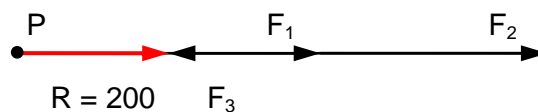
1. Voorbeeld 1

Op punt P werken 3 krachten $F_1 = 400 \text{ N}$, $F_2 = 300 \text{ N}$ en $F_3 = 500 \text{ N}$. De zin van F_3 is tegengesteld aan die van F_1 en F_2 .

Bepaal zowel grafisch als analytisch de resultante R .



Grafische methode (krachtenschaal $10 \text{ mm} \hat{=} 100 \text{ N}$)



Analytische methode

$$R = 400 + 300 - 500 = 200 \text{ N}$$

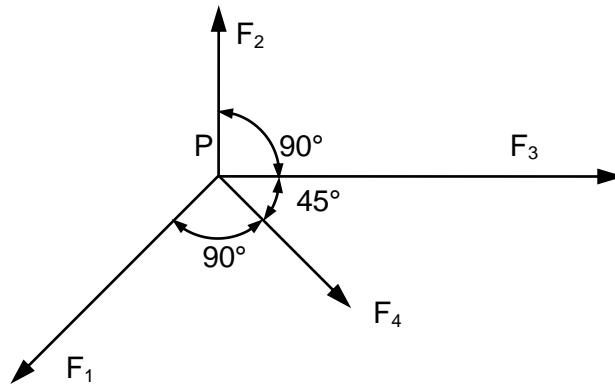
De zin van R is dezelfde als die van F_1 , dus naar rechts.

2. Voorbeeld 2

Op punt P werken 4 coplanaire krachten :

$$F_1 = 4 \text{ kN} \quad F_2 = 2 \text{ kN} \quad F_3 = 5 \text{ kN} \quad F_4 = 2,5 \text{ kN}$$

Bepaal de resultante R zowel grafisch en analytisch.

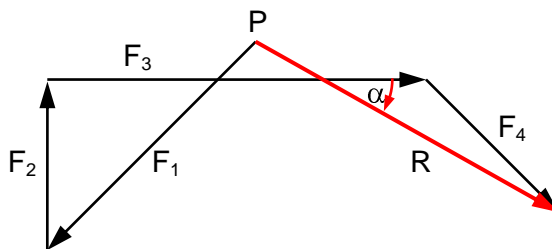


Grafische methode (krachtenschaal 10 mm $\hat{=}$ 1 kN)

Bij de oplossing met behulp van de krachtenveelhoek zet men de 4 krachten achter elkaar uit in de juiste richting. De volgorde van uitzetten heeft geen belang.

Door opmeting bekomt men tenslotte : $R \approx 4700 \text{ N}$.

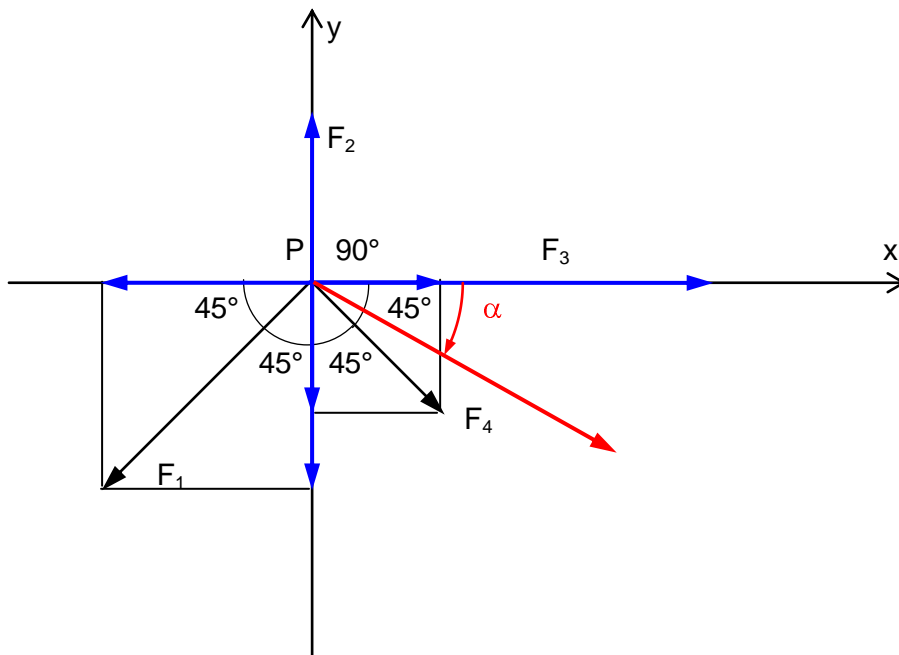
De richting van R wordt bepaald door vb de hoek α met de horizontale kracht F3. Door opmeting blijkt dat : $\alpha \approx -33^\circ$.



Analytische methode

Elk van de 4 krachten wordt geprojecteerd op de assen van een xy-assenkruis met oorsprong in P; de horizontale x-as valt samen met de werklijn van F3, de verticale y-as valt samen met de werklijn van F2. De resultante R volgt uit :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$



X_i en Y_i worden dus bepaald als zijde van een driehoek, hun teken wordt bepaald door hun zin op de x- en y-as. De hoeken van de krachten F_i met de x-as en de y-as zijn steeds positief, en niet groter dan 90° .

$$\begin{aligned} \text{Dus : } R_x &= -4000 \cos 45^\circ + 0 + 5000 + 2500 \cos 45^\circ \\ &= -2828,4 + 0 + 5000 + 1767,8 = 3939,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_y &= -4000 \cos 45^\circ + 2000 + 0 - 2500 \cos 45^\circ \\ &= -2828,4 + 2000 + 0 - 1767,8 = -2596,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{3939,4^2 + (-2596,2)^2} = 4718 \text{ N}$$

De hoek α van R met de werklijn van F_3 volgt uit :

$$\text{tg } \alpha = \frac{R_y}{R_x} = \frac{-2596,2}{3939,4} = -0,659 \quad \text{dus : } \alpha = -33,38^\circ$$

2.3. Ontbinden van een kracht in twee componenten

De twee componenten zullen de zijden dienen te zijn van het parallellogram waarvan de gegeven kracht F de diagonaal is, of de zijden van de krachtdriehoek waarvan de gegeven kracht F de derde zijde is.

Het ontbinden van een kracht F in 2 componenten komt dus neer op het oplossen van een driehoek. Hiervoor dienen, behalve de zijde F (die gekend is in grootte en richting) 2 andere elementen van de 4 hiernavolgende van de driehoek gekend te zijn :

- de grootte van een zijde : F_1 of F_2
- de richting van een zijde : de richting x van F_1 of de richting y van F_2

Naargelang de 2 bijkomende gegevens zijn dus 4 gevallen mogelijk, waarbij gegeven zijn :

- de beide richtingen x en y
- de grootte en de richting van een component
- de grootte van een component en de richting van de andere component
- de grootte van de beide componenten

2.3.1. Ontbinden van een kracht in twee componenten : 2 gevallen

1. Geval 1 (meest courante geval)

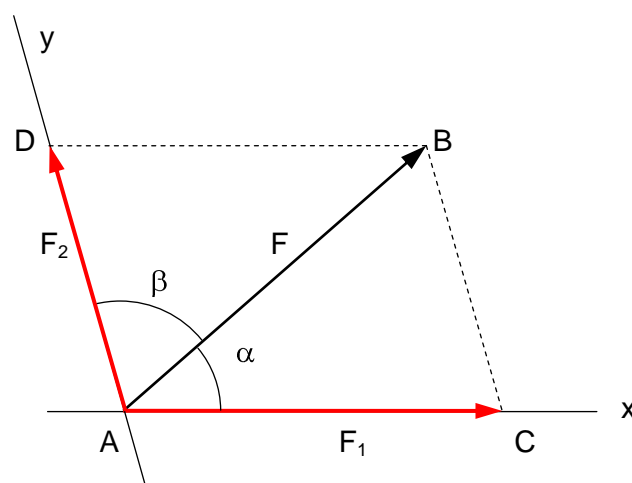
Gegeven : \vec{F} , x en y . Als de beide richtingen x en y gegeven zijn betekent dit dat de hoeken α en β die zij maken met de richting van de kracht \vec{F} gegeven zijn.

Gevraagd : de grootte van de beide componenten

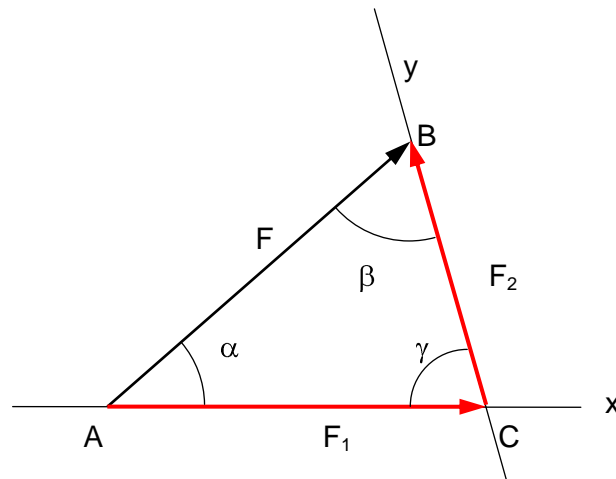
Grafische oplossing

Eerst wordt de gegeven kracht \vec{F} op een bepaalde schaal getekend. Dan worden door het uiteinde B van deze kracht evenwijdige lijnen aan de gegeven richtingen x en y getrokken. Door opmeting van de lijnstukken AC en AD geeft dit :

$$AC = F_1 \quad \text{en} \quad AD = F_2$$



Men kan uiteraard volstaan met het tekenen van een krachtendriehoek ABC (of ABD). Men tekent dan, voor krachtendriehoek ABC, door A een rechte x onder de hoek α , en door B een rechte y onder een hoek β . Het snijpunt van beide rechten is C. Men vindt de krachten $AC = F_1$ en $CB = F_2$.



Analytische oplossing

In driehoek ABC is, volgens de **sinusregel** :

$$\frac{F}{\sin \gamma} = \frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha} \quad (2.21)$$

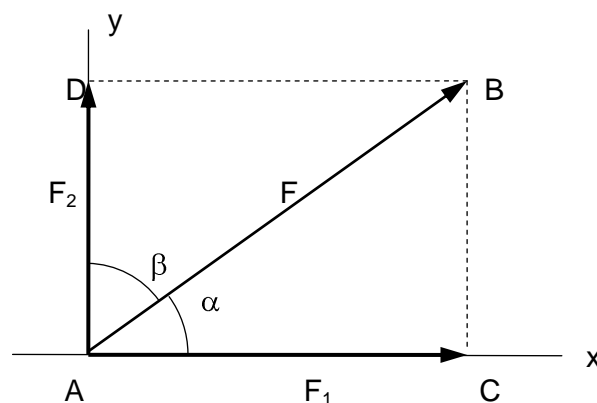
met : $\sin \gamma = \sin (\alpha + \beta)$

dus : $F_1 = \frac{F \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$ en $F_2 = \frac{F \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$ (2.22)

Wanneer F ontbonden wordt volgens 2 loodrechte richtingen x en y, wordt de oplossing vereenvoudigd tot :

$$F_1 = F \cos \alpha = F \sin \beta$$

en $F_2 = F \sin \alpha = F \cos \beta$ (2.23)



2. Geval 2

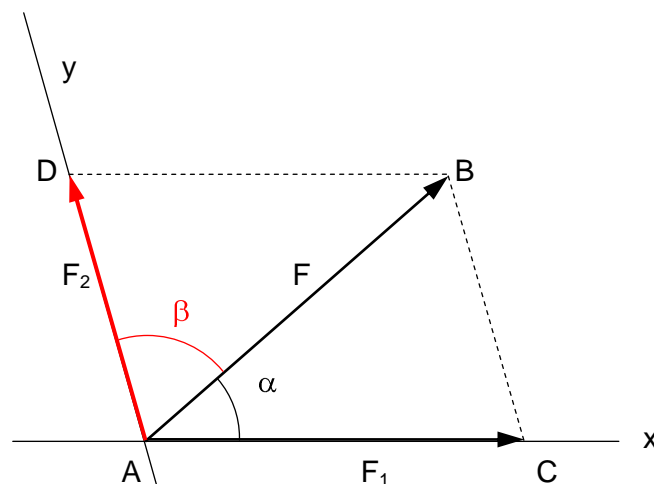
Gegeven : \vec{F} en \vec{F}_1 (dus x , dus α)

Gevraagd : de grootte en de richting y (dus de hoek β) van de andere component F_2 .

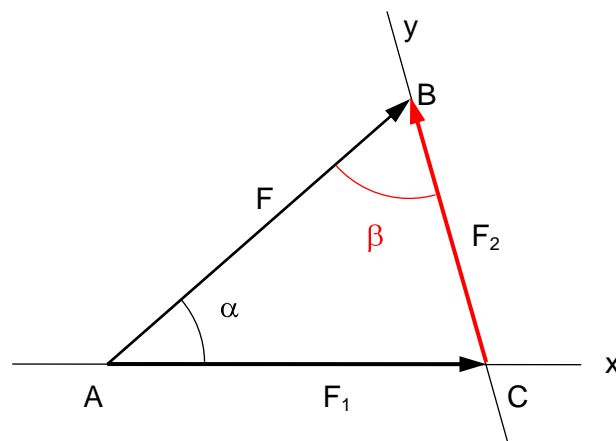
Grafische oplossing

We tekenen de beide gegeven krachten op een bepaalde schaal; ze maken met elkaar de gekende hoek α .

Om de richting y te vinden, dus de hoek β , wordt door punt A een evenwijdige getrokken aan de lijn BC die de eindpunten van beide gegeven krachten verbindt. De grootte van de component F_2 vindt men door vanuit B een evenwijdige te trekken aan de gekende richting x . $AD = F_2$.



Men kan ook hier volstaan met het tekenen van een krachtendriehoek ABC. Men tekent dan, voor krachtendriehoek ABC, vanuit A beide gegeven krachten \vec{F} en \vec{F}_1 onder de hoek α . Door B en C wordt een rechte y getrokken. De hoek β van y met de richting van \vec{F} is de gezochte hoek. Men vindt de grootte van de gezochte component in $CB = F_2$.



Analytische oplossing

In driehoek ABC is, volgens de cosinusregel :

$$F_2^2 = F^2 + F_1^2 - 2 F F_1 \cos\alpha \quad (2.24)$$

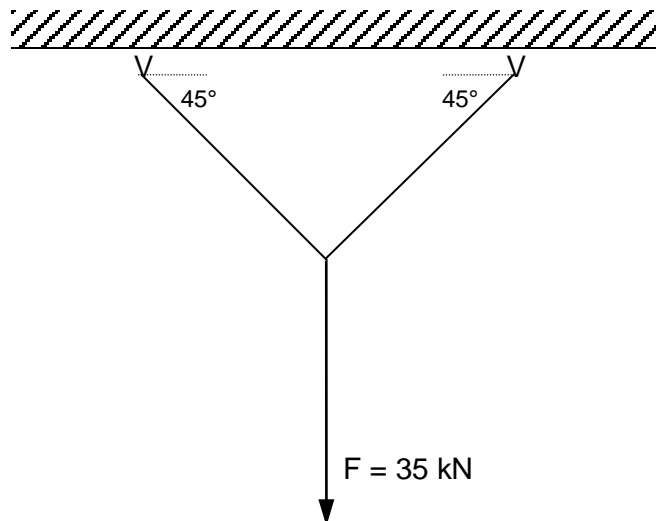
Hieruit volgt F_2 . Eenmaal F_2 gekend, volgt de hoek β uit :

$$F_1^2 = F^2 + F_2^2 - 2 F F_2 \cos\beta \quad \rightarrow \quad \cos\beta = \frac{F^2 + F_2^2 - F_1^2}{2 F F_2}$$

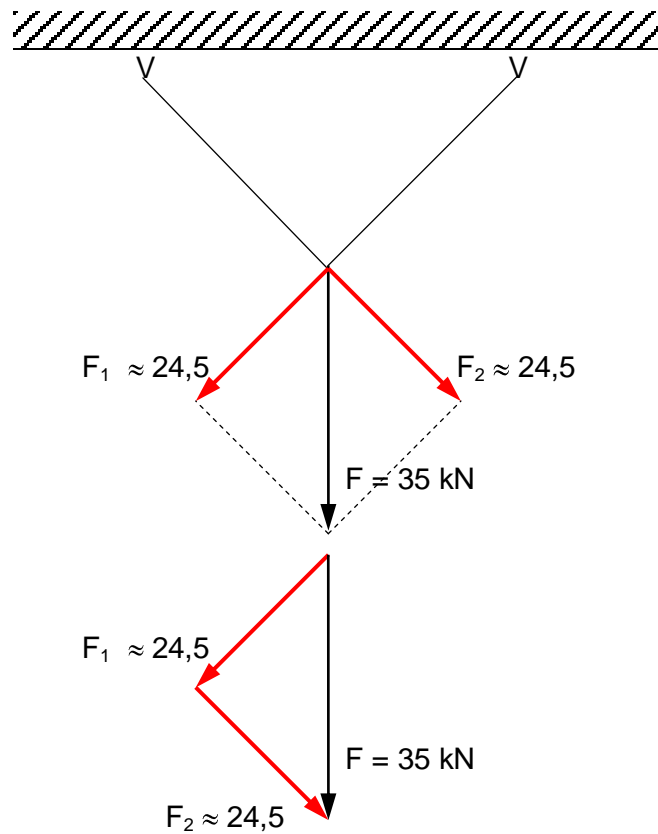
of uit $\frac{F_1}{\sin\beta} = \frac{F_2}{\sin\alpha} \quad \rightarrow \quad \sin\beta = \frac{F_1 \sin\alpha}{F_2} \quad (2.25)$

2.3.2. Voorbeelden1. Voorbeeld 1

Aan een kabel hangt een last van 35 kN. De kabeleinden maken elk een hoek van 45° met het horizontale vlak. Bepaal zowel grafisch als analytisch de krachten in de kabel. Krachtenschaal : 1 mm $\hat{=}$ 1 kN.

Grafische oplossing

De kracht $F = 35$ kN wordt ontbonden in 2 componenten F_1 en F_2 die in het verlengde van de kabeleinden werken. Samen vormen deze componenten een parallellogram met een resultante $F = 35$ kN. Zie parallellogram hieronder.



Er kan ook gewerkt worden met een krachtendriehoek. Door eerst de kracht $F = 35 \text{ kN}$ te tekenen en vervolgens door het beginpunt en het eindpunt van deze kracht de werklijnen evenwijdig aan de beide kabeldelen te tekenen kan de grootte van de krachten F_1 en F_2 in de kabel bepaald worden. F_1 en F_2 zijn trekkrachten, zoals overigens duidelijk blijkt uit de constructie van de krachtendriehoek. Zie krachtendriehoek hierboven.

Analytische oplossing

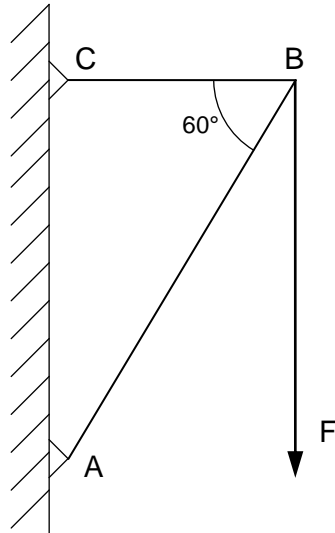
De componenten F_1 en F_2 maken een hoek van 45° met F , zodat :

$$F_1 = 35 \cos 45^\circ = 24,75 \text{ kN}$$

$$F_2 = 35 \sin 45^\circ = 24,75 \text{ kN}$$

2. Voorbeeld 2

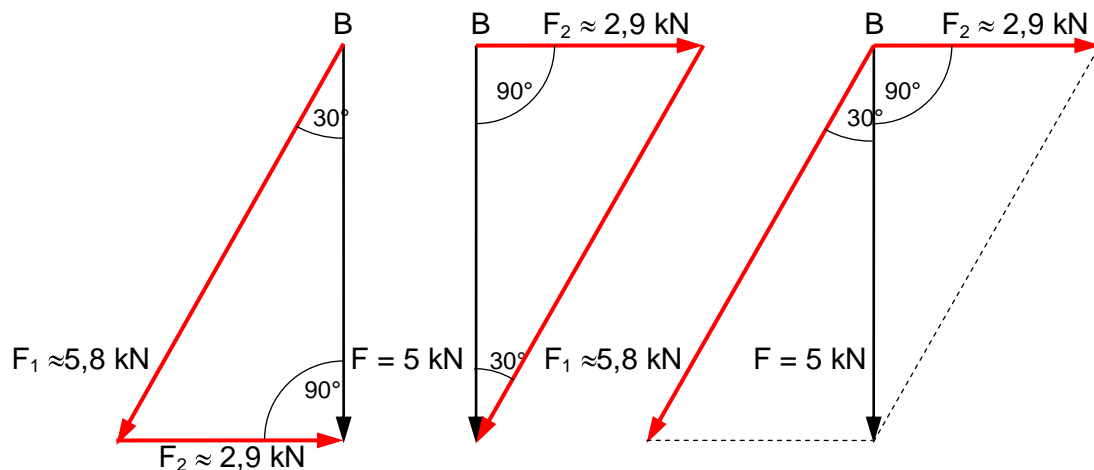
Aan een laadboomconstructie hangt in B een last van 5 kN. **Bepaal grafisch en analytisch de krachten in de laadboom AB en in de kabel BC.**



Grafische methode (krachtschaal : 10 mm $\hat{=}$ 1 kN)

Met behulp van het parallellogram wordt de kracht $F = 5$ kN ontbonden in 2 componenten F_1 en F_2 die respectievelijk werken in de laadboom AB en de kabel BC. De kracht F_1 in de laadboom is een drukkracht en de kracht F_2 in de kabel is een trekkracht.

Past men de constructie met de krachtendriehoek toe dan worden door het beginpunt en door het eindpunt van F de richtingen van de werklijnen van de componenten evenwijdig aan de onderdelen van de laadboomconstructie (laadboom en kabel) getekend. Welke werklijn eerst getekend wordt heeft geen belang. Ook uit de krachtendriehoek blijkt dat F_1 een drukkracht is en F_2 een trekkracht : F_1 wijst naar punt A (duwt op punt A), en F_2 wijst van punt C weg (trekt aan punt C).



Analytische methode

Uit het parallellogram en de krachtendriehoek blijkt dat component F_1 een hoek van 30° maakt met kracht F , en dat component F_2 loodrecht staat op F . Dit blijkt overigens ook uit de constructie zelf.

Bijgevolg : $F_1 = F / \cos 30^\circ = 5 / \cos 30^\circ = 5,77 \text{ kN}$

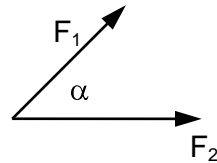
$$F_2 = F \operatorname{tg} 30^\circ = 5 \operatorname{tg} 30^\circ = 2,89 \text{ kN}$$

of : $F_2 = F_1 \sin 30^\circ = 5,77 \sin 30^\circ = 2,89 \text{ kN}$

2.4. Opgaven

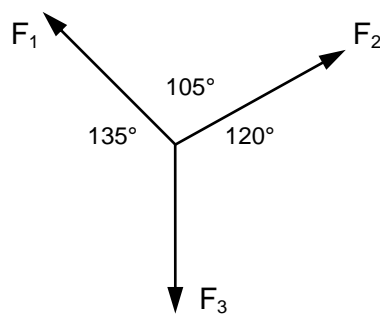
1. Bepaal grafisch en analytisch de richting en grootte van de resultante, in volgende gevallen; $F_1 = 4 \text{ kN}$ $F_2 = 7 \text{ kN}$:

- 1) $\alpha = 30^\circ$
- 2) $\alpha = 45^\circ$
- 3) $\alpha = 90^\circ$
- 4) $\alpha = 135^\circ$
- 5) $\alpha = 180^\circ$

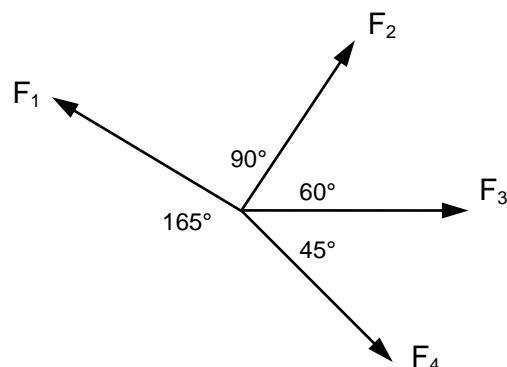


2. Bepaal grafisch en analytisch de richting en grootte van de resultante.

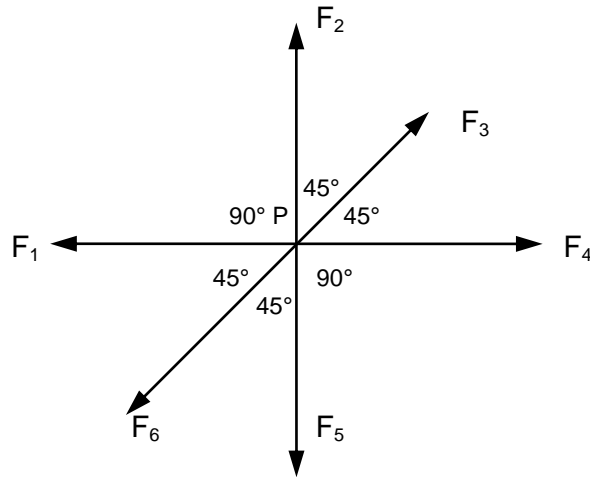
$$F_1 = 6 \text{ kN} \quad F_2 = 3 \text{ kN} \quad F_3 = 2 \text{ kN}$$



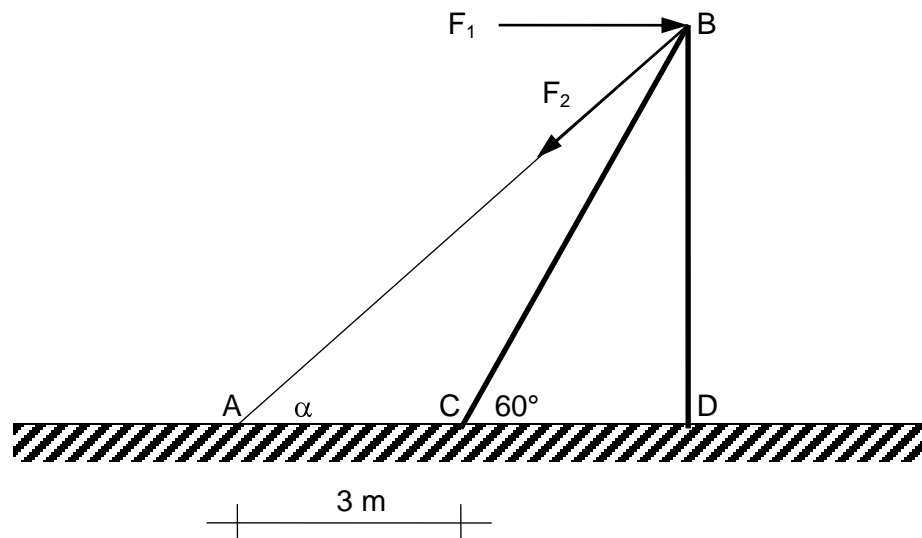
3. Bepaal grafisch en analytisch de richting en grootte van de resultante van de krachten : $F_1 = 600 \text{ N}$ $F_2 = 350 \text{ N}$ $F_3 = 400 \text{ N}$ $F_4 = 200 \text{ N}$



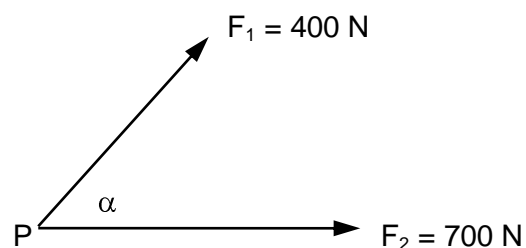
4. Bepaal grafisch en analytisch de richting en grootte van de resultante van de krachten aangrijpend in het punt P : $F_1 = 5 \text{ kN}$ $F_2 = 5 \text{ kN}$ $F_3 = 4,5 \text{ kN}$ $F_4 = 5 \text{ kN}$
 $F_5 = 3,5 \text{ kN}$ $F_6 = 4,5 \text{ kN}$.



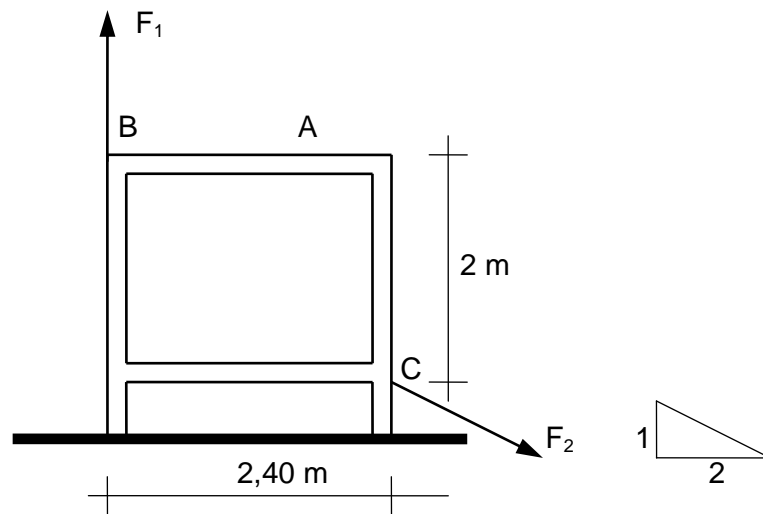
5. Bepaal grafisch en analytisch de richting en de grootte van de kracht die de 2 krachten $F_1 = 800 \text{ N}$ en $F_2 = 600 \text{ N}$, die inwerken op de massieve structuur BCD in punt B, kan vervangen. Lengte BC = 6 m.



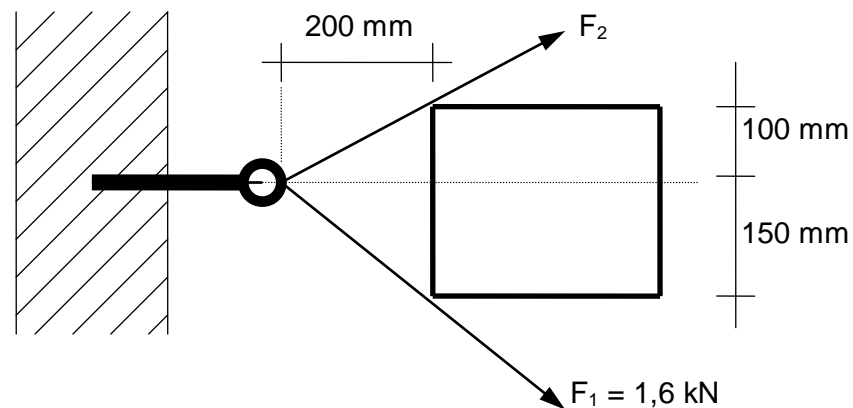
6. Onder welke hoek α dient de kracht $F_1 = 400 \text{ N}$ in punt P aan te grijpen opdat de resultante R van de kracht F_1 en de horizontale kracht $F_2 = 700 \text{ N}$ gelijk zou zijn aan 1000 N ? Wat zal, voor die hoek α , de grootte zijn van de hoek β die R maakt met F_2 .



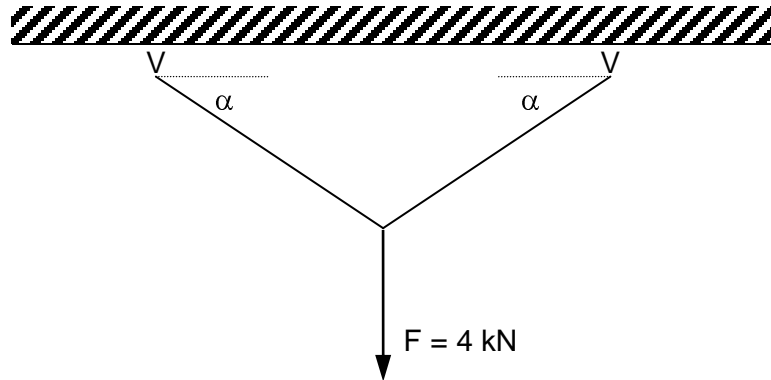
7. Vervang de 2 krachten $F_1 = 800 \text{ N}$ en $F_2 = 900 \text{ N}$ die aangrijpen op het raamwerk in de punten B en C door hun resultante R die aangrijpt in een punt A op de boven-rand. Bepaal de resultante R en de afstand AB.



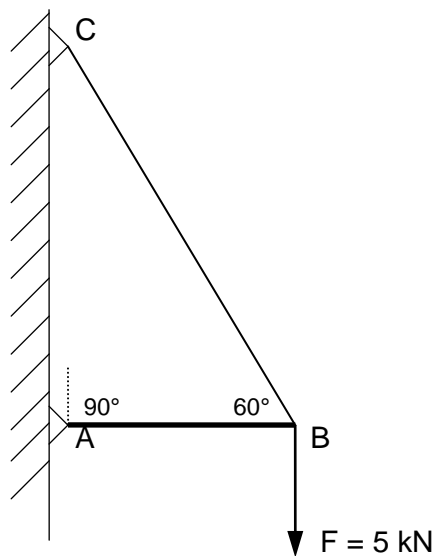
8. Men wenst de verankering te verwijderen door een horizontale trekkraft F uit te oefenen. Een obstructie belet dat echter, zodat via kabels 2 schuine trekkrachten dienen uitgeoefend te worden, de ene kracht F_1 met grootte 1,6 kN, en de andere F_2 . Bepaal de grootte van F_2 en van F .



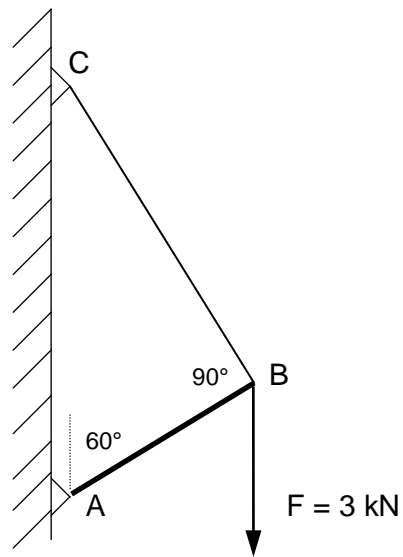
9. Bepaal zowel grafisch als analytisch de krachten in de kabel, voor volgende waarden van α : 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90°



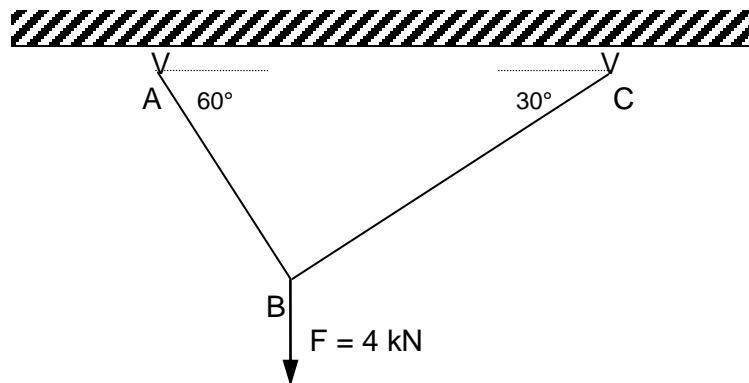
10. Bepaal grafisch en analytisch de krachten in laadboom AB en kabel BC.



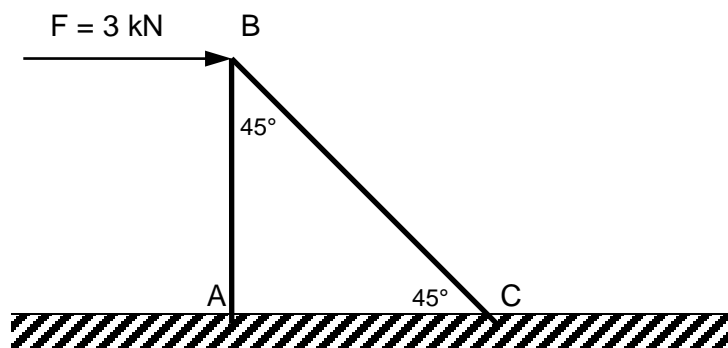
11. Bepaal grafisch en analytisch de krachten in laadboom AB en kabel BC.



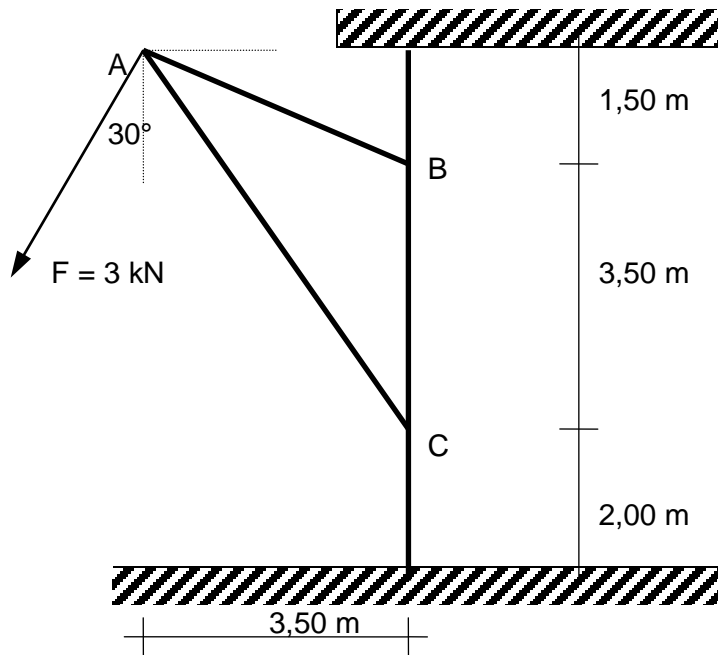
12. Bepaal grafisch en analytisch de krachten in de kabeleinden AB en BC.



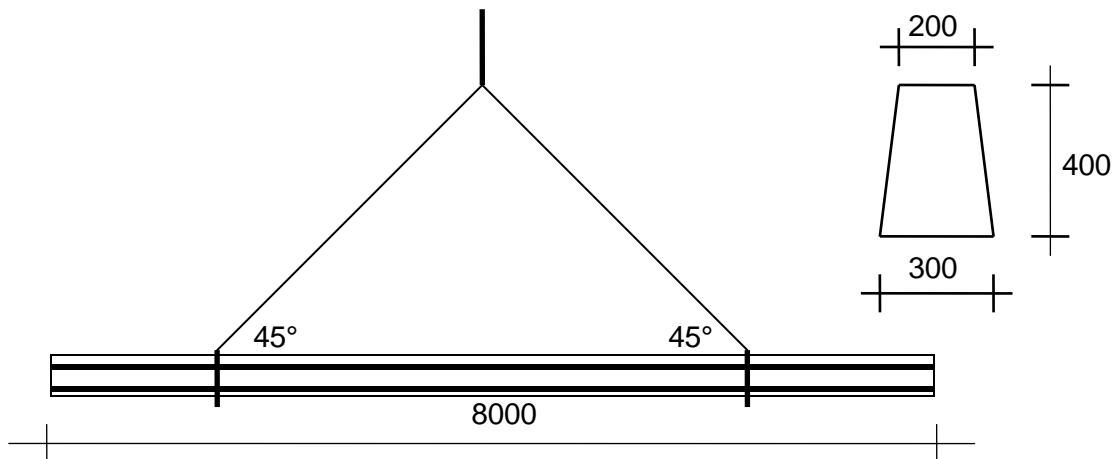
13. Bepaal van het stootjuk grafisch en analytisch de krachten in de poten AB en BC.



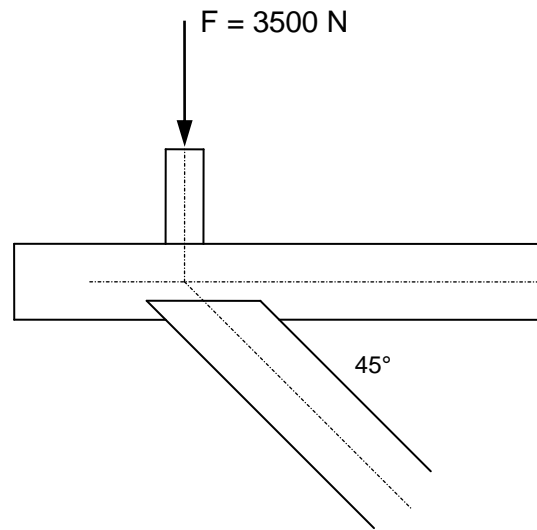
14. Bepaal grafisch en analytisch de krachten in AB en AC.



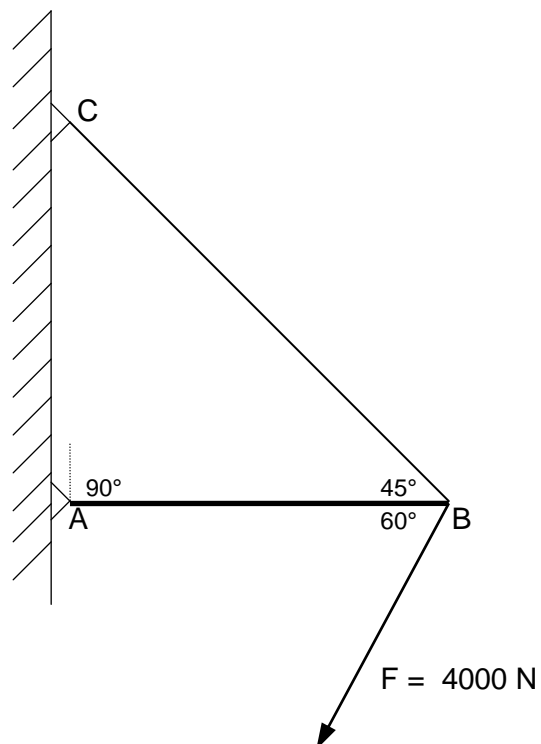
15. Bereken de kracht in de kabel waaraan de spanbetonligger hangt met gegeven afmetingen (1 m^3 gewapend beton heeft een massa van 2500 kg ; afmetingen in mm).



16. Bepaal grafisch en analytisch de krachten in de houtconstructie.



17. Bepaal grafisch en analytisch de krachten in laadboom AB en kabel BC.



18. Een mast AB, 4 m lang, waarop een kracht F_1 werkt in B, wordt in verticale stand gehouden door een kabel BC. Bepaal de maximale kracht F_2 in de kabel, als de kracht R in de mast niet groter mag worden dan 120 kN. Bepaal daarbij ook de minimale afstand AC.

