

Krachten

3



3 Krachten

3.1 Inleiding

Het is een gewoonte om de krachten zo te benoemen dat we de invloed van de kracht op een voorwerp duidelijk kunnen voorstellen.

Krachten zijn niet zichtbaar, maar de gevolgen van een kracht meestal wel.

Wanneer een kracht werkt op een voorwerp heeft dit als gevolg :

- het voorwerp komt vanuit stilstand in beweging
- het voorwerp komt vanuit beweging tot stilstand
- het voorwerp blijft met dezelfde snelheid bewegen
- het voorwerp gaat versnellen
- het voorwerp gaat vertragen
- het voorwerp ondergaat een blijvende vormverandering
- het voorwerp ondergaat een tijdelijke vormverandering

Een voorwerp zal dus niet zonder meer in beweging komen. Er zal tegenaan moeten worden geschopt, getrokken, geblazen of iets degelijks.

Een bekend voorbeeld is de verandering van beweging van een voetbal als er tegenaan wordt geschopt. De kracht tegen de voetbal zorgt voor de beweging van de voetbal.



Het symbool voor kracht F en de eenheid is newton N .

Een kracht moet toch vaak worden voorgesteld in een tekening. Dit gebeurt dan met behulp van een vector.

Een vector is een lijnstuk met een pijl en een aangrijpingspunt.

Als je een vector wilt tekenen heb je een aantal gegevens nodig:

- het aangrijpingspunt van de kracht (het beginpunt van de pijl)
- de richting van de kracht (de stand van de pijl)
- de grootte van de kracht (de lengte van de pijl)



De stippellijn waar de kracht (vector) zich op bevindt noemt men de **werklijn** van de kracht. De kracht mag altijd op zijn werklijn verplaatst worden.

Krachten

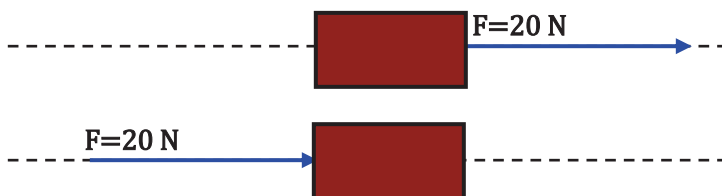
Een kracht wordt altijd op een voorwerp uitgeoefend. Bijvoorbeeld de duwkracht op een tafel die verschoven moet worden of de trekkracht die een lamp op het plafond uitoefent. De kracht heeft een **aangrijpingspunt**.

De kracht heeft een bepaalde richting in zijn werking. Afhankelijk van die werking gaat de deur van een koelkast open of dicht. De kracht heeft dus een **richting**.

We kunnen de deur van de auto normaal dicht doen of met een grote kracht dichtslaan. De kracht heeft een **grootte**.

Als we aan een touw trekken dat aan een muur is bevestigd, wordt de kracht via het touw overgebracht naar de muur. Het maakt voor de muur niets uit of het touw nu lang of kort is. De kracht heeft een werklijn en mag op die werklijn worden verplaatst.

In de volgende tekening is de kracht op zijn werklijn verplaatst.



Als we een kracht in een figuur willen aangeven, moeten we gebruik maken van een krachtenschaal.

Staat bij een tekening dat de krachtenschaal : $1 \text{ cm} = 100 \text{ N}$
dan betekent dit dat :

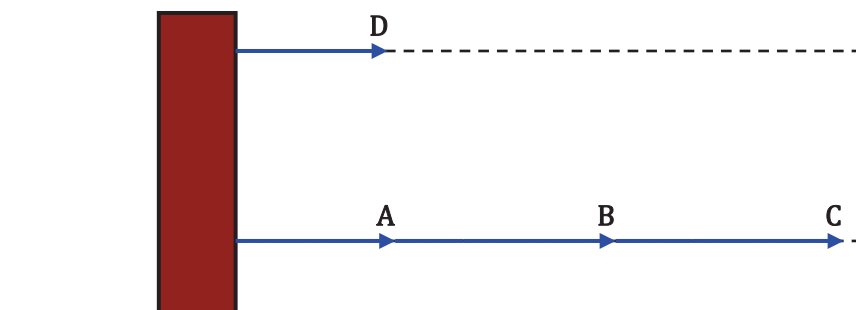
1 cm lengte van de vector overeenkomt met een kracht van:
 $1 \times 100 \text{ N} = 100 \text{ N}$

5 cm lengte van de vector overeenkomt met een kracht van:
 $5 \times 100 \text{ N} = 500 \text{ N}$

Het aangrijpingspunt van een kracht mag men willekeurig op de werklijn kiezen, maar niet daarbuiten, want dan zou de beweging veranderen.

Krachten

Trekt men bijvoorbeeld een voorwerp over een horizontaal vlak voort aan een touw, dan zal het er niet toe doen of men dit bij A, B of C vastpakt (zie onderstaande tekening).



Maar anders wordt het geval, als het touw bij D is vastgemaakt. Het voorwerp zal waarschijnlijk omver worden getrokken, zodat een geheel andere beweging ontstaat.

Opgaven.

1. Maak onderstaande tabel compleet. Neem de tabel over in een werkboek.

kracht	krachtenschaal	pijlengte
150 N	1 cm = 15 N	
300 N	1 cm = 50 N	
8 kN		4 cm
200 N		5 cm
	1 cm = 150 N	5 cm
	1 cm = 60 N	2,5 cm
750 N	1 cm = 50 N	
0,8 N		4 cm
4,5 kN	1 cm = 1000 N	
1000 N		2,5 cm

2. Door welke drie gegevens wordt een kracht bepaald?

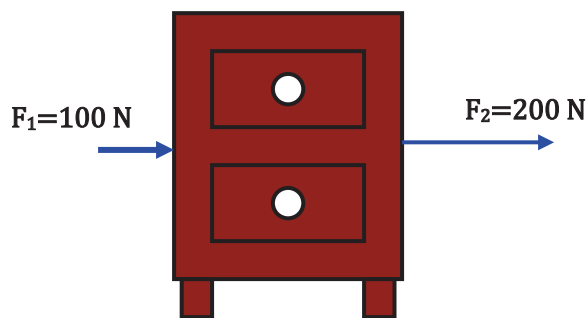
3.2 Resultante

Hoeveel krachten er ook op een voorwerp werken, we zien alleen **het totale resultaat**. Dit is in de praktijk ook het enige belangrijke. De ene kracht die een aantal andere krachten kan vervangen en hetzelfde resultaat te zien geeft, noemen we de **resultante** (F_R).

Bij het bepalen van de resultante onderscheiden we de volgende gevallen :

Twee in dezelfde richting werkende krachten op dezelfde werklijn.

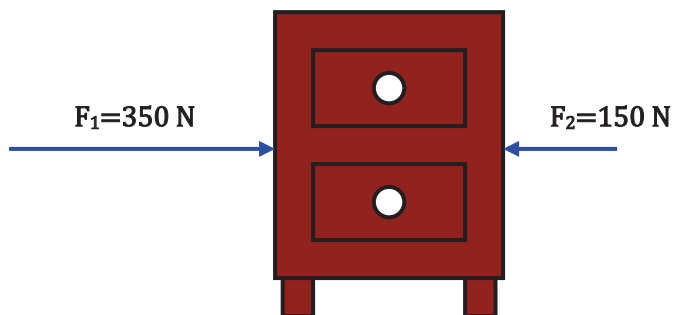
De resultante is dan de som van de afzonderlijke krachten, terwijl de richting hetzelfde blijft.



Het resultaat in dit voorbeeld is $F_R = F_1 + F_2 = 100 + 200 = 300\text{ N}$ en heeft een richting naar rechts.

Twee in tegengestelde richting werkende krachten op dezelfde werklijn.

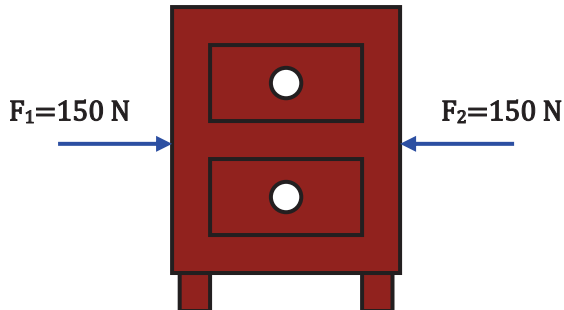
De resultante is het verschil van de afzonderlijk krachten, terwijl de richting van de resultante dezelfde is als de richting van de grootste kracht.



Het resultaat in dit voorbeeld is $F_R = F_1 - F_2 = 350 - 150 = 200\text{ N}$ en heeft een richting naar rechts.

Krachten

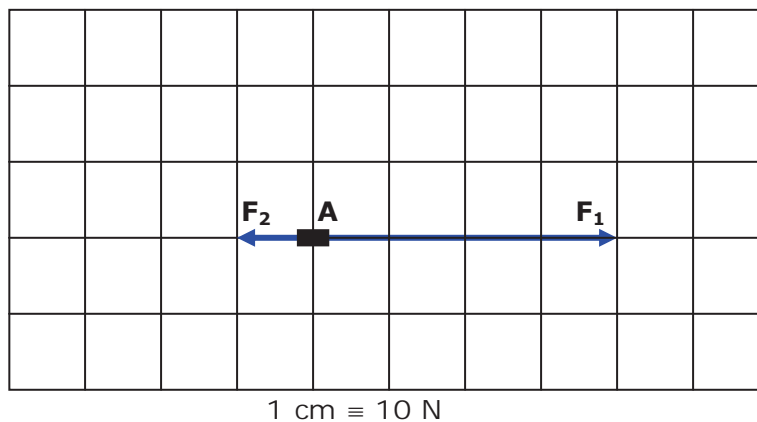
Krachten kunnen elkaars werking ook geheel opheffen. Dat is het geval als twee krachten even groot zijn en tegengesteld gericht langs dezelfde werklijn werken



De resultante $F_R = 0\text{ N}$

Opgaven.

- Op een kist werkt naar rechts een kracht van 350 N en naar links een kracht van 180 N. Bereken de resultante.
- Op een voorwerp A werken twee krachten F_1 en F_2 .



- Teken de resultante.
 - Bereken de resultante
- Op een auto wordt door de motor een kracht op de wielen uitgeoefend van 750 N. De wrijvingskracht van de banden met het wegdek bedraagt 600 N. Bereken de aandrijvende kracht.

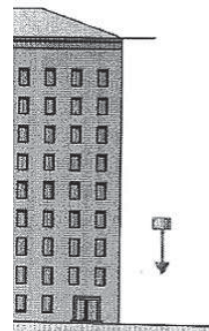
6. Op een voorwerp werken 3 krachten langs dezelfde werklijn.
 $F_1 = 800 \text{ N}$ en $F_2 = 3 \text{ kN}$ beide naar rechts.
 $F_3 = 4000 \text{ N}$ naar links.
Bereken de resultante.

3.3 Soorten krachten.

Uit het feit dat ten gevolge van een kracht een snelheid kan ontstaan of veranderen kan het bestaan van verschillende krachten aangetoond worden.

3.3.1 zwaartekracht.

Als een steen boven de grond wordt losgelaten, valt deze naar beneden.
Er ontstaat snelheid.
Er werkt dus een kracht: de zwaartekracht F_z .



3.3.2 spierkracht.

Als men een speer vastpakt en weggooit, krijgt deze speer een snelheid.
Er werkt dus een kracht: de spierkracht F_{sp} .



Krachten

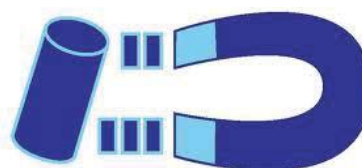
3.3.3 elektrische kracht

Als een kunststof staaf met een wollen doek wordt gewreven, trekt deze staaf papiersnippers aan. De snippers krijgen snelheid. Er werkt dus een kracht: de elektrische kracht F_{el} .



3.3.4 magnetische kracht

Het voorwerp krijgt een snelheid naar de magneet toe. Er werkt dus een kracht: de magnetische kracht F_{mag} .



3.3.5 veerkracht

Een pijl staat op een gespannen pees van een boog. Als de pijl wordt losgelaten schiet de pijl weg. De oorzaak van de snelheid van de pijl is een kracht: de veerkracht F_v . Elk voorwerp dat van vorm verandert, geeft een veerkracht. Voorbeelden zijn de bufferveren van een trein en een bal tegen een muur.



3.3.6 wrijvingskracht

Als men tijdens het stappen stopt met trappen, komt men binnen de kortste keren tot stilstand. Deze verandering van de snelheid wordt toegeschreven aan een kracht die optreedt bij het contact tussen de band en het wegdek. Deze kracht wordt de wrijvingskracht F_w genoemd.

De wrijvingskracht treedt altijd op als twee voorwerpen met verschillende snelheden langs elkaar bewegen. De wrijvingskracht werkt altijd tegengesteld aan de bewegingsrichting. Het gevolg van de wrijvingskracht is dat de snelheid van het voorwerp afneemt.



Er nog veel meer andere krachten, dan alleen die hier boven genoemd zijn.
Denk maar windkracht, atoomkracht, trekkracht, duwkracht, enz.

3.4 Versnelling

Als een kracht op een voorwerp werkt, dan krijgt dat voorwerp een snelheidsverandering. De Engelse natuurkundige Isaac Newton heeft dat geformuleerd als:

Als op een voorwerp maar één kracht werkt, verandert de snelheid van dat voorwerp in grootte en/of richting.

Uit deze formulering kan dan de definitie van kracht worden afgeleid:

Eén Newton is de kracht die aan een al of niet stilliggend voorwerp met een massa van 1 kg in 1 seconde een snelheidsverandering geeft van 1 m/s².

Deze snelheidsverandering per seconde wordt **versnelling** genoemd.

Neemt de snelheid van een voorwerp in 1 seconde toe met 1 meter per seconde dan is de versnelling 1 meter per seconde kwadraat (m/s²)

Het symbool voor de versnelling is a en de eenheid m/s².

De versnelling die een voorwerp ondervindt kan positief of negatief zijn.

Een positieve versnelling betekent dat het voorwerp een groter snelheid krijgt. Bij een negatieve versnelling neemt de snelheid van het voorwerp af.

Negatieve versnellingen worden ook wel vertragingen genoemd en worden veroorzaakt door krachten die tegengesteld aan de bewegingsrichting werken, zoals de wrijvingskrachten.

Voorbeeld.

Een voorwerp krijgt in 7 seconde een snelheidsverandering van 28 m/s.

Bereken de versnelling.

Per 7 seconde neemt de snelheid 28 m/s toe.

Per 1 seconde neemt de snelheid $\frac{28}{7} = 4$ m/s toe.

De versnelling $a = 4$ m/s²

Een kracht van één Newton geeft aan een massa van 1 kg een versnelling van 1 m/s²

Een grotere kracht geeft een grotere versnelling.

Een kracht van 7 N geeft dus aan een massa van 1 kg een versnelling van 7 m/s².

Een grotere massa krijgt moeilijker een snelheidsverandering, dus een grotere massa geeft een kleinere versnelling.

Krachten

Een kracht van 1 N geeft aan een massa van 5 kg een versnelling van $\frac{1}{5}$ m/s².

Dit geeft in formule:

$$F = m \cdot a$$

Hierin is

F	=	de kracht die op het voorwerp werkt, in N
m	=	de massa van het voorwerp, in kg
a	=	de versnelling, in m/s ²

Voorbeeld.

Een kast met een massa van 150 kg moet verplaatst worden.

De kracht F waarmee getrokken wordt is 300 N.

Bereken de versnelling die de kast krijgt.

$$F = m \cdot a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{300}{150} = 2 \text{ m/s}^2$$

De aarde oefent op elk voorwerp op aarde een aantrekkende kracht uit. Dit wordt de zwaartekracht F_z genoemd.

In het luchtledige vallen alle voorwerpen even snel en krijgen dan een versnelling g.

De valversnelling g wordt ook wel de **gravitatieconstante** genoemd.

Een voorwerp met massa m ondervindt een zwaartekracht van:

$$F_z = m \cdot g$$

Hierin is

F_z	=	de zwaartekracht die op het voorwerp werkt, in N
m	=	de massa van het voorwerp, in kg
g	=	de gravitatieconstante, in m/s ²

De valversnelling is in Nederland 9,813 m/s²

De grootte van g is variabel. Aan de beide polen is de waarde het grootst en aan de evenaar het kleinst.

In het algemeen gebruiken we voor de valversnelling de waarde 10 m/s².

Dit betekent dat een voorwerp per seconde een snelheidstoename van 10 m/s krijgt.

Krachten

Voorbeeld.

Een stilliggend voorwerp valt gedurende 7 seconden.

Wat is de snelheid na die 7 seconden?

Per seconde neemt de snelheid met 10 m/s toe.

Na 7 seconden is de snelheid met $7 \times 10 = 70$ m/s toegenomen.

De snelheid na 7 seconden is dus 70 m/s.

Voorbeeld

Een man weegt 85 kg. Daarmee wordt bedoeld dat de massa van de man 85 kg is.

Wat is de zwaartekracht die deze man ondervindt?

$$F_z = m \cdot g = 85 \cdot 9,813 = 834,105 \text{ N}$$

Er zijn in werkelijkheid maar weinig situaties te noemen waarbij er maar één kracht werkt op een voorwerp. Meestal werken er een aantal krachten tegelijkertijd. De resultante van die krachten bepaald in dit geval dan de versnelling die het voorwerp krijgt.

Voorbeeld.

Een fietser met een massa van 50 kg rijdt op zijn fiets. De fiets heeft een massa van 10 kg.

De kracht die wordt uitgeoefend op de trappers bedraagt 90 N.

Er is een wrijvingskracht van 60 N.

Welke versnelling krijgt die fietser?

$$F_R = F - F_{\text{wrijving}} = 90 - 60 = 30 \text{ N}$$

$$m_{\text{totaal}} = m_{\text{fietser}} + m_{\text{fiets}} = 50 + 10 = 60 \text{ kg}$$

$$a = \frac{F_R}{m} = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

3.5 Reactiekracht

Als een voorwerp A een kracht uitoefent op een ander voorwerp B, dan zal voorwerp B een even grote, maar tegengestelde kracht uitoefenen op voorwerp A.

We kennen deze wet als 'actie = reactie'.

Dit betekent dat er altijd een reactiekracht optreedt als er een kracht wordt uitgeoefend.

Deze reactiekracht is in grootte gelijk aan de actiekracht maar tegengesteld van richting.

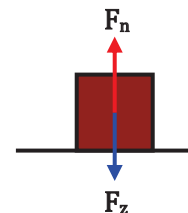
Als een voorwerp op de grond wordt gezet, oefent het voorwerp een kracht uit op de grond, omdat de aarde aan het voorwerp blijft trekken.

De grond gaat tegelijkertijd een even grote kracht uitoefenen op het voorwerp.

Dit wordt de **normaalkracht** genoemd.

Normaal betekent loodrecht. De kracht die een voorwerp ondervindt van een ondergrond, staat namelijk loodrecht op die ondergrond.

Ligt het voorwerp op een horizontaal vlak dan is $F_n = F_z$



Voorbeeld.

Een skateboarder met een massa van 55 kg duwt met een kracht van 100 N tegen een muur. Bereken de reactiekracht en de versnelling.

$$F_{\text{actie}} = -F_{\text{reactie}}$$

$$100 = -F_{\text{reactie}}$$

$$F_{\text{reactie}} = -100 \text{ N (richting: van de muur af gericht)}$$

$$a = \frac{F_{\text{reactie}}}{m} = \frac{-100}{50} = -2 \text{ m/s}^2 \quad (\text{richting: van de af muur gericht})$$

Opgaven.

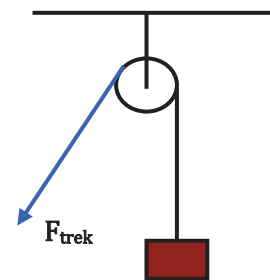
5.
 - a. Noem een vijftal soorten krachten.
 - b. Hoe ontstaat veerkracht?
 - c. Hoe ontstaat wrijvingskracht?

6. Een auto rijdt 72 km/h. De auto remt in 5 seconden tot stilstand. Bereken de vertraging.

Krachten

7. Een steen met een massa van 600 g valt gedurende 4 seconden. Wat wordt de snelheid van de steen?
8. Een parachutist heeft (samen met zijn parachute) een massa van 88 kg. De opwaartse kracht en de wrijvingskracht omhoog zijn samen 800 N. Welke versnelling krijgt de parachutist en hoe is deze gericht?
9. Bereken de versnelling die een voorwerp van 0,5 kg krijgt als er een kracht opwerkt van 8 N.

10. Men een katrol wordt een last met een massa van 15 kg omhoog gehesen. De trekkracht is 195 N. Als de wrijving kan worden verwaarloosd, wat is dan de versnelling waarmee die last omhoog gaat?

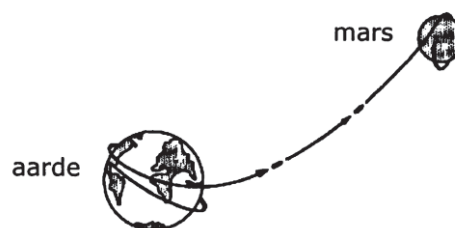


11. Een auto ondervindt een wrijvingskracht van 120 N. De massa van de auto bedraagt 800 kg. De auto rijdt met een constante snelheid. Hoe groot is de trekkracht?



12. De valversnelling op de maan bedraagt 1,6 m/s². Bereken de zwaartekracht op een steen van 2 kg op de maan.

13. Een astronaut met een massa van 80 kg reist van de aarde naar mars. Op aarde is de valversnelling 9,83 m/s² en op mars 3,74 m/s². Bereken de zwaartekracht op de astronaut op aarde en op mars.



Krachten

14. Op de maan geldt een andere valversnelling, de waarde voor g bedraagt hier $1,63 \text{ m/s}^2$.
- Wat 'weegt' de man uit de vorige opgave op de maan.
 - Waarom is 'hij weegt 85 kg ' eigenlijk een verkeerde uitdrukking?
 - Wat kan er gezegd worden over de massa van deze persoon als een vergelijking gemaakt wordt tussen 'aardse' en 'maanse' omstandigheden?
15. Op de grond ligt een massa van 7 kg met daar bovenop een massa van 5 kg .
- Bereken de resulterende F_z .
 - Bereken de resulterende F_n van de grond.
16. Een staalkabel is opgebouwd uit 20 gevlochten staaldraden. Aan de staalkabel hangt een massa van 120 kg .
Bereken de trekkracht in één staaldraad.
17. Een meisje met een massa van 60 kg staat op rolschaatsen en duwt met een kracht van 90 N tegen een muur.
- Hoe groot is de reactiekracht van de muur?
 - Bereken de versnelling waarmee het meisje op rolschaatsen van de muur afgaat.



3.6 Samenstellen van krachten

Als krachten verschillende werklijnen hebben, kan men ze samenstellen met behulp van de **parallellogram-constructie**.

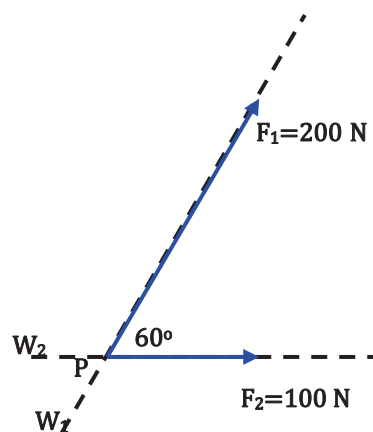
Voorbeeld.

Op een voorwerp met een massa van 53 kg werken twee krachten ($F_1 = 200\text{ N}$ en $F_2 = 100\text{ N}$) onder een hoek van 60° met elkaar.

Hoe groot is de resulterende kracht F_R en welke versnelling krijgt het voorwerp.

Vanuit het punt P van het voorwerp worden de krachten F_1 en F_2 op schaal op de werklijnen getekend. De werklijn van kracht F_1 wordt W_1 genoemd en de werklijn van kracht F_2 wordt W_2 genoemd.

De krachten schaal bedraagt $1\text{ cm} = 50\text{ N}$.



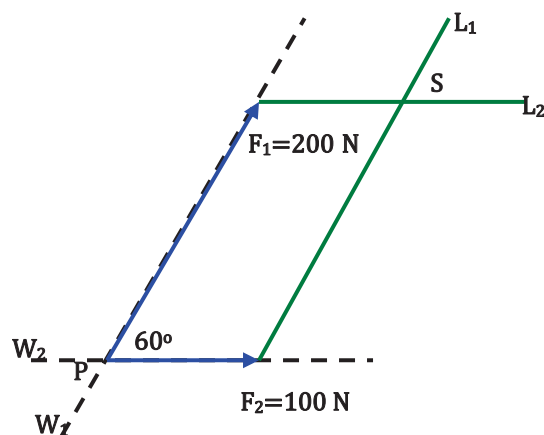
Nu moet een lijn getekend worden evenwijdig aan W_2 vanuit de pijlpunt van F_1 .

Dit wordt de lijn L_2 .

Dit doen we ook evenwijdig aan W_1 vanuit de pijlpunt van F_2 .

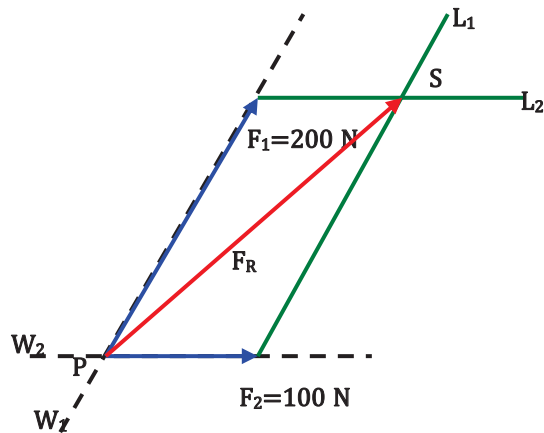
Dit wordt de lijn L_1 .

Er ontstaat nu het snijpunt S.



Krachten

Nu wordt de lijn PS getrokken. Dit wordt de resultante F_R genoemd.



De lengte van de lijn PS kan nu gemeten worden.
De lengte van de lijn bedraagt 5,3 cm.

Met behulp van de krachtenschaal is dan de grootte van F_R te berekenen:

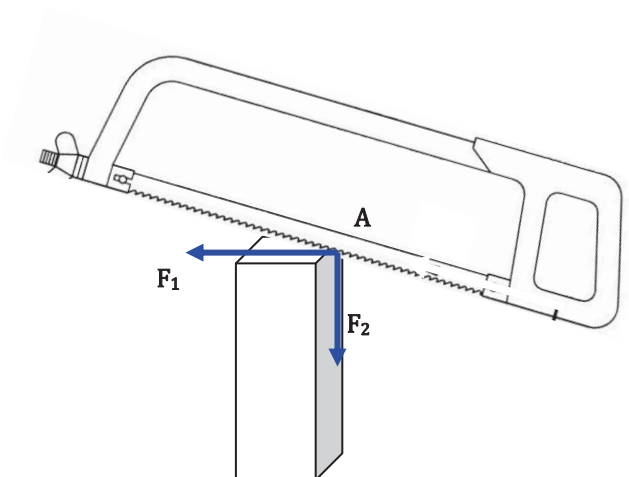
$$5,3 \text{ cm} \times 50 \text{ N} = 265 \text{ N} \rightarrow F_R = 265 \text{ N}$$

De versnelling die het voorwerp krijgt is dan:

$$a = \frac{F_R}{m} = \frac{265}{53} = 5 \text{ m/s}^2$$

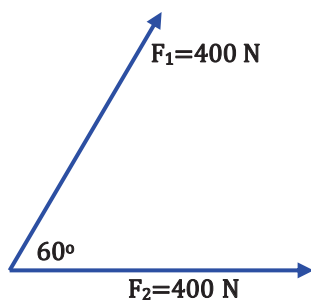
Opgaven.

18. Op een punt A van een handzaag werken twee krachten:
 $F_1 = 80 \text{ N}$
 $F_2 = 60 \text{ N}$
Bepaal door een parallellogram-constructie de grootte van de resulterende kracht.

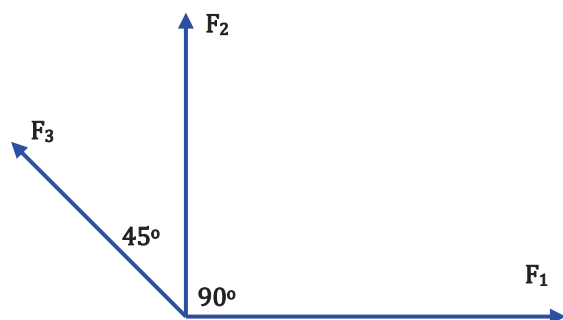


Krachten

19. Bepaal de resultante van de twee krachten. Kies een krachtenschaal en maak eerst een tekening.
Meet de resultante op en reken deze met behulp van de gekozen krachtenschaal om.
- $F_1 = 10 \text{ N}$ horizontaal naar rechts en $F_2 = 20 \text{ N}$ verticaal naar beneden
 - $F_1 = 3 \text{ N}$ verticaal omhoog en $F_2 = 6 \text{ N}$ horizontaal naar links
20. Bepaal de resultante van de volgende twee krachten.
 $F_1 = 400 \text{ N}$ en $F_2 = 400 \text{ N}$

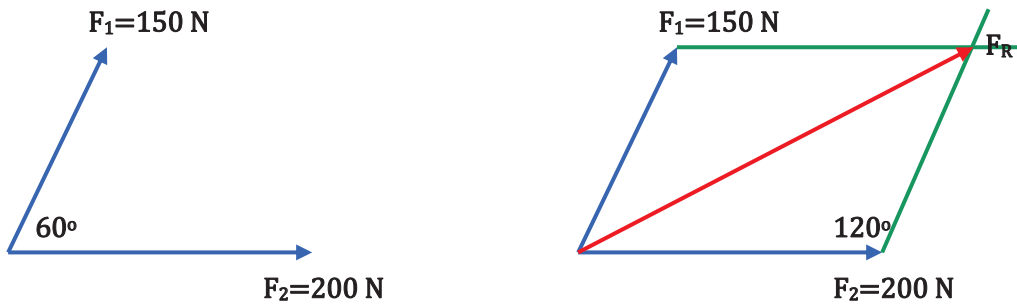


21. Op punt A werken 3 krachten:
 $F_1 = 10 \text{ N}$
 $F_2 = 8 \text{ N}$
 $F_3 = 6 \text{ N}$
- Teken F_R op schaal.
 $1 \text{ cm} = 2,5 \text{ N}$
 - Bereken F_R door middel van meten en omrekenen



3.7 Berekening van de grootte van de resultante.

Hoe groot is F_R van onderstaande krachten?

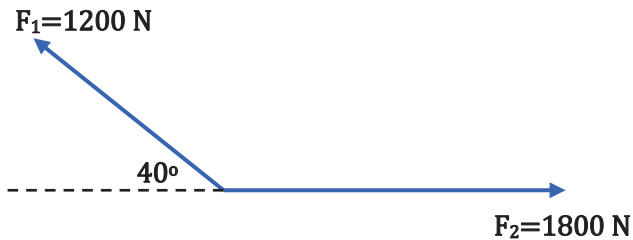


Om de grootte van de resultante te berekenen maken we gebruik van de cosinusregel.

$$F_R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos 120^\circ = 150^2 + 200^2 - 2 \cdot 150 \cdot 200 \cdot \cos 120^\circ$$
$$F_R = \sqrt{22500 + 40000 + 30000} = 304,1 \text{ N}$$

Opgaven.

22. Bereken de grootte van F_R .



23. Twee even grote krachten maken een hoek van 70° met elkaar. Hoe groot zijn beide krachten wanneer de resultante 36 N bedraagt?

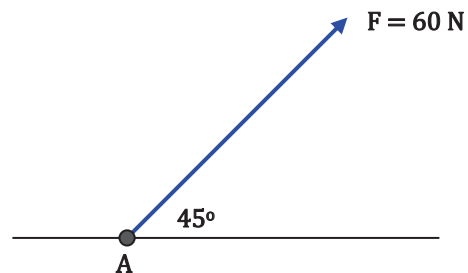
3.8 Ontbinden van krachten.

Als twee krachten kunnen worden samengesteld tot één kracht dan is het omgekeerde ook mogelijk.

Dat wil zeggen dat één kracht ontbonden kan worden in twee andere krachten. Ook hier wordt gebruik gemaakt van de parallellogram-constructie.

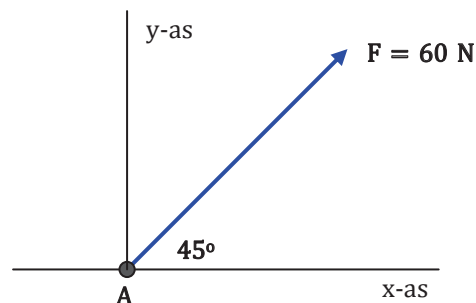
Voorbeeld.

Op een punt A werkt een kracht van 60 N onder een hoek van 45° schuin omhoog. Wat is het resultaat van deze kracht in horizontale richting?

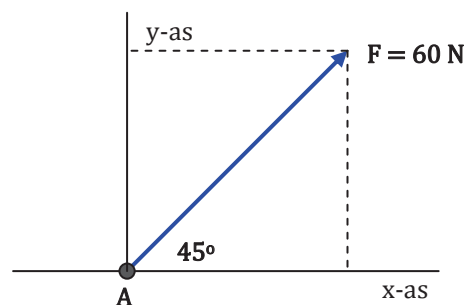


1 cm = 15 N

De richting waarlangs het resultaat werkt noemen we de x-as. De lijn daar loodrecht op wordt de y-as genoemd.

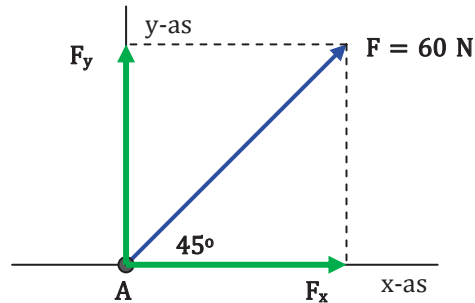


Trek vanuit de punt van de krachtenpijl een stippellijn loodrecht op de x-as. Trek vanuit de punt van de krachtenpijl een stippellijn loodrecht op de y-as. Het parallellogram is nu getekend.



Krachten

Teken nu de krachten F_x en F_y waarin $F = 80 \text{ N}$ ontbonden kan worden.

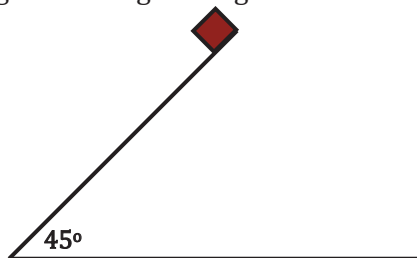


De grootte van F_x en F_y wordt bepaald door te meten en met behulp van de krachten schaal om te rekenen.

$$F_x = 2,8 \text{ cm} \text{ dus } F_x = 2,8 \times 15 = 42 \text{ N}$$
$$F_y = 2,8 \text{ cm} \text{ dus } F_y = 2,8 \times 15 = 42 \text{ N}$$

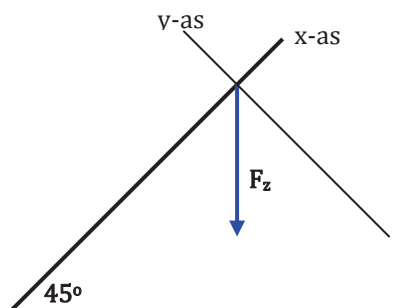
Voorbeeld.

Op helling van 45° ligt een voorwerp met een massa van 80 kg .
Hoe groot is de kracht die langs de helling omlaag werkt?



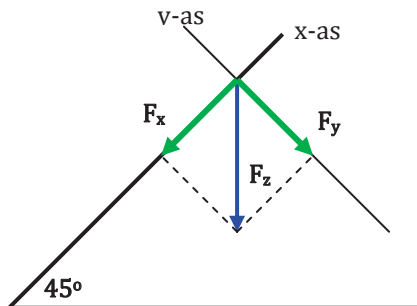
Op het voorwerp met een massa van 80 kg werkt een zwaartekracht F_z van 800 N .
De helling wordt als x-as gekozen en de y-as staat dan loodrecht op de helling.

$$1 \text{ cm} = 400 \text{ N}$$



Krachten

Laat vanuit de pijlpunt weer loodlijnen neer op de x-as en de y-as.
Het parallellogram is nu weer getekend.
Teken F_x en F_y daarin.



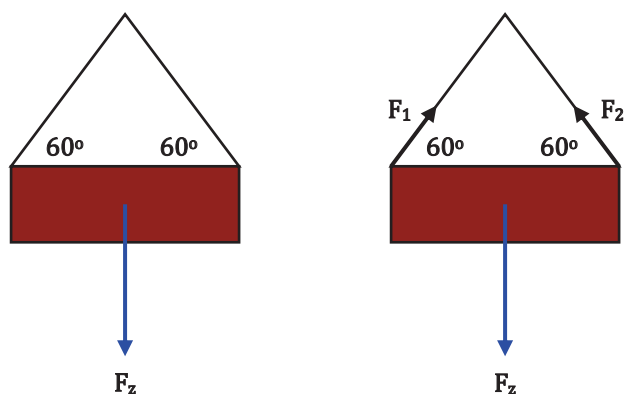
De grootte van F_x en F_y wordt bepaald door te meten en met behulp van de krachten schaal om te rekenen.

$$F_x = 1,4 \text{ cm} \text{ dus } F_x = 1,4 \times 400 = 560 \text{ N}$$
$$F_y = 1,4 \text{ cm} \text{ dus } F_y = 1,4 \times 400 = 560 \text{ N}$$

Voorbeeld.

Een voorwerp met een massa van 100 kg hangt aan twee kabels.
Bepaal de trekkracht in de kabels.

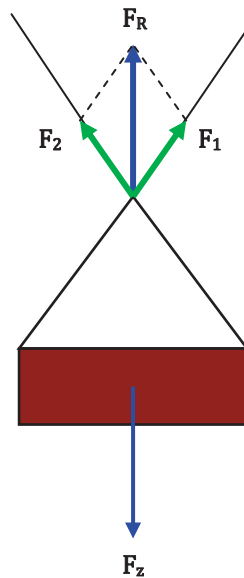
Op het voorwerp werkt de zwaartekracht $F_z = 1000 \text{ N}$
Omdat het voorwerp in evenwicht is, werken in de kabels twee trekkrachten F_1 en F_2 omhoog.
Samen houden deze F_z in evenwicht.



$$1 \text{ cm} = 500 \text{ N}$$

Krachten

Verplaats de trekkrachten F_1 en F_2 langs hun werklijnen naar het snijpunt van de werklijnen.
De resultante van F_1 en F_2 wordt bepaald met de parallellogram-constructie.
Deze resultante F_R moet even groot zijn als F_z en recht omhoog gericht.

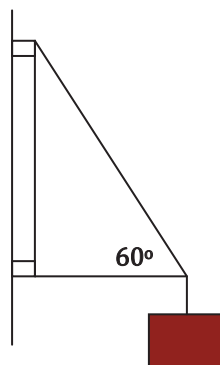


De grootte van F_1 en F_2 wordt bepaald door te meten en met behulp van de krachten schaal om te rekenen.

$$F_1 = 1,2 \text{ cm dus } F_1 = 1,2 \times 500 = 600 \text{ N}$$
$$F_2 = 1,2 \text{ cm dus } F_2 = 1,2 \times 500 = 600 \text{ N}$$

Voorbeeld.

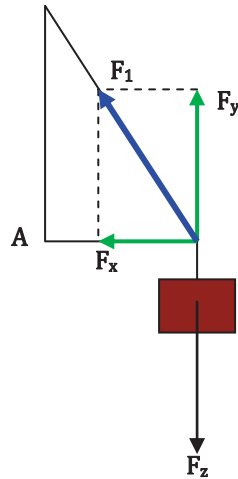
Aan een wandkraan hangt een voorwerp met een massa van 200 kg.
Bepaal de krachten F_1 en F_2 in de staven.



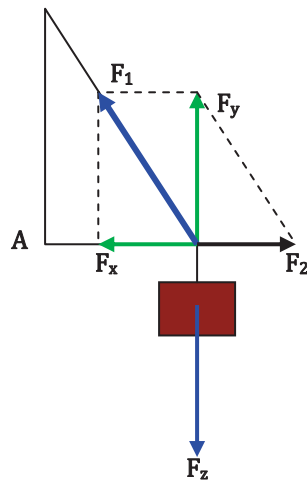
$$1 \text{ cm} = 1000 \text{ N}$$

Krachten

F_1 is een trekkracht omhoog in de staaf. Deze kan ontbonden worden in F_x en F_y .
 F_y compenseert F_z en is dus 2000 N.
 F_x duwt punt A in de muur.



De muur geeft een reactiekracht. Deze reactiekracht F_2 is in de staaf van de muur af gericht en is gelijk aan F_x



De grootte van F_1 en F_2 wordt bepaald door te meten en met behulp van de krachten schaal om te rekenen.

$$F_1 = 2,4 \text{ cm} \text{ dus } F_1 = 2,4 \times 1000 = 2400 \text{ N}$$

$$F_2 = 1,2 \text{ cm} \text{ dus } F_2 = 1,2 \times 1000 = 1200 \text{ N}$$

Krachten

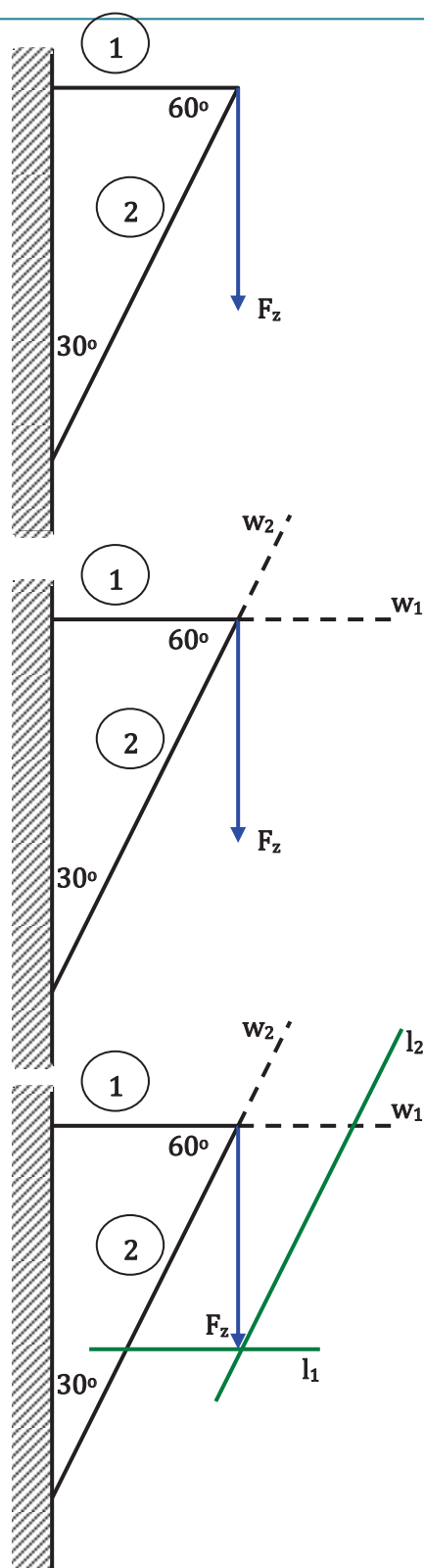
Voorbeeld van een berekening.
Een wandkraan zoals is afgebeeld,
wordt belast door een gewicht van 600 N.

Hoe groot zijn de krachten die
op de twee staven werken?

We gaan de gegeven kracht F_z
ontbinden in twee krachten
(componenten) F_1 en F_2 ,
die werken volgens de staven 1 en 2.
De twee staven zijn dus eigenlijk
de twee werklijnen van de twee
componenten F_1 en F_2 .

Teken nu de hulplijnen l_1 en l_2
door de pijlpunt van F_z en wel zo dat :

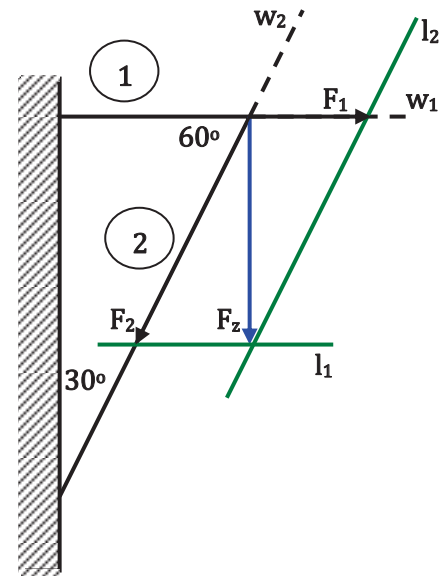
- l_1 evenwijdig is aan w_1
- l_2 evenwijdig is aan w_2



Krachten

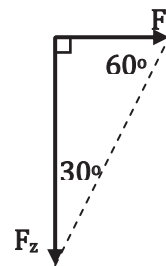
De snijpunten van l_1 en w_2 geeft de pijlpunt aan van de component F_2 in stang 2 en het snijpunt van l_2 en w_1 is het pijlpunt van de component F_1 in stang 1

Uit de tekening is te zien dat F_1 een **trekkracht** is en F_2 een **drukkracht**.



Voor de berekening van de grootte van de componenten maken we gebruik van de volgende driehoek uit bovenstaande tekening:

Dit is een rechthoekige driehoek met hoeken van 30° , 60° en 90° .



De verhoudingen van de zijden van deze driehoek is: $1 : \sqrt{3} : 2$

De grootte van de verschillende componenten F_1 en F_2 kan dan berekend worden:

$$F_1 = \frac{F_z}{\sqrt{3}} = \frac{600}{\sqrt{3}} = 346,4 \text{ N}$$

$$F_2 = 2 \cdot F_1 = 2 \cdot 346,4 = 692,8 \text{ N}$$

Een andere mogelijkheid was het gebruik van de sinusregel.

$$\frac{F_z}{\sin 60^\circ} = \frac{F_1}{\sin 30^\circ} \quad \rightarrow \quad \frac{600}{\sin 60^\circ} = \frac{F_1}{\sin 30^\circ}$$

$$F_1 = \frac{600 \cdot \sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} = 346,4 \text{ N}$$

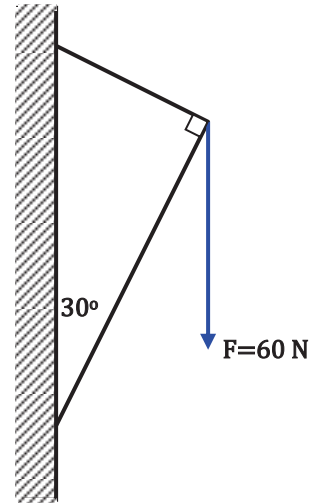
Om F_2 te berekenen gebruiken we de stelling van Pythagoras:

$$F_2 = \sqrt{F_1^2 + F_z^2} = \sqrt{346,4^2 + 600^2} = 692,8 \text{ N}$$

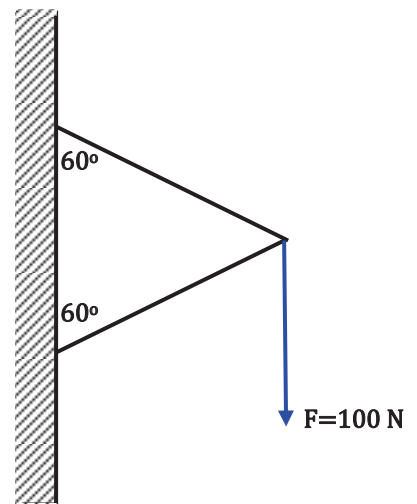
Krachten

Opgaven.

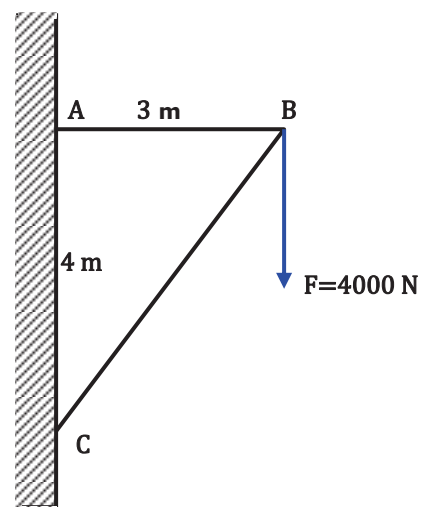
24. Construeer en bereken de krachten in beide stangen.



25. Construeer en bereken de krachten in beide stangen.

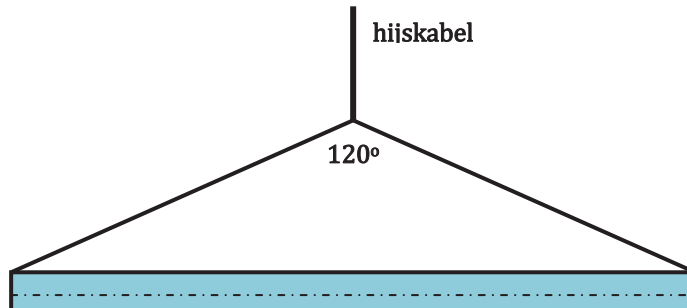


26. Bepaal de kracht in stang AB en geef aan wat voor soort kracht dit is.

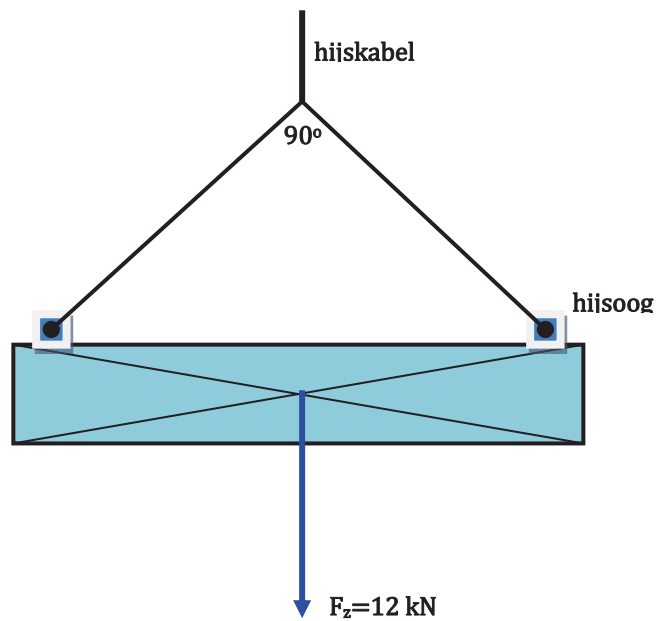


Krachten

27. Een stalen balk met een massa van 100 kg wordt gehesen. Bepaal de spankrachten in de twee stroppen.

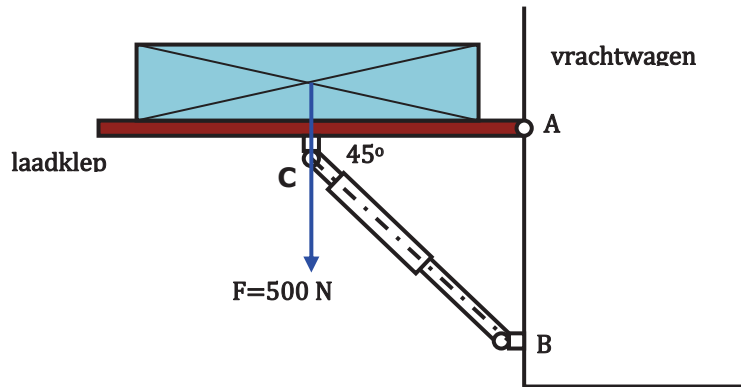


28. Een kist met een gewicht van 12 kN wordt middels een strop door een hijskraan gehesen. De hoek tussen de stropdelen is 90° . Bepaal de krachten in de twee stropdelen.



Krachten

29. Op een laadklep van een vrachtwagen staat een kist met een gewicht van 500 N. De laadklep is met een scharnier A aan de vrachtwagen bevestigd. De klep wordt horizontaal gehouden door een hydraulische cilinder. De cilinder is bevestigd in de punten B en C.



Bepaal de grootte van de krachten die op de scharnieren A en B werken.

30. Op een helling met een hellingshoek van 30° bevindt zich een voorwerp met een massa van 8 kg. De wrijving langs de helling bedraagt 3 N.
- Maak een tekening en bepaal zelf een krachtenschaal.
 - Bepaal F_x en F_y
 - Schuijt het voorwerp naar beneden?
Zo ja, bereken dan de resulterende kracht langs de helling.

3.9 Kracht en arbeid

Iedereen is wel eens gevraagd om te helpen bij het aanduwen van een auto. Hoe langer de weg waarover je de auto moet aanduwen des te meer arbeid je moet verrichten.

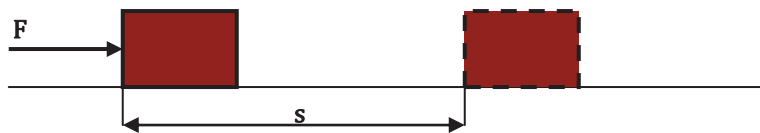
Ook het gewicht van de auto speelt een rol bij de verrichte arbeid. Hoe zwaarder de auto, hoe groter de te oefenen kracht, hoe groter de arbeid die verricht moet worden.



De te verrichten arbeid hangt af van het volgende:

- de grootte van de kracht
- de richting van de kracht
- de afstand waarover de kracht werkt

De grootte van die arbeid is het product van de kracht F en de verplaatsing s in de richting van die kracht.



In formule

$$W = F \cdot s$$

Hierin is

W	=	de verrichte arbeid, in Nm of Joule;
F	=	de kracht, in N
s	=	de verplaatsing, in m

De eenheid van de arbeid N.m, dit is hetzelfde als J(oule).

Voorbeeld.

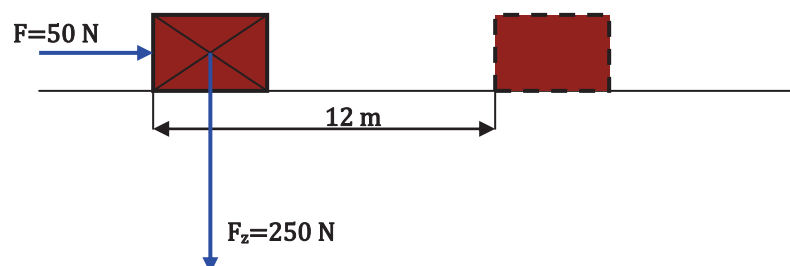
Een kist met een massa van 25 kg wordt door een horizontale kracht van 50 N over een horizontaal vlak geduwd.

Bereken de verrichte arbeid als de kist 12 m wordt verplaatst.

$$W = F \cdot s$$

$$W = 50 \cdot 12$$

$$W = 600 \text{ J}$$



Krachten

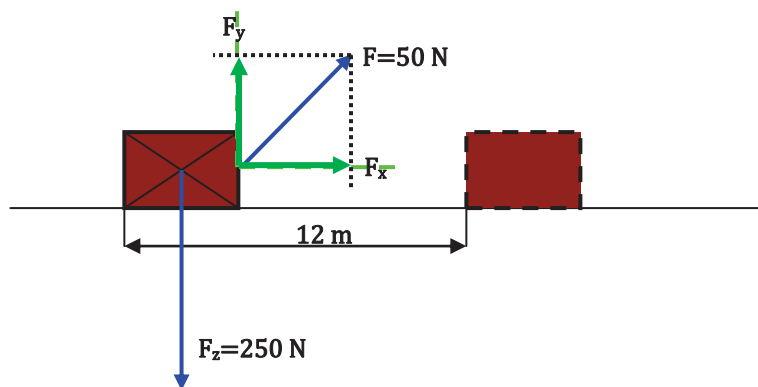
Werkt de kracht niet in de verplaatsingsrichting, maar onder een hoek met de verplaatsingsrichting, dan moet de kracht F ontbonden worden in twee componenten, één in de richting van de verplaatsing en de ander daar loodrecht op.

De grootte van de component in de verplaatsingsrichting kan dan door opmeting en met behulp van de krachtenschaal berekend worden.

alleen de component van de kracht in de verplaatsingsrichting verricht arbeid.

Voorbeeld.

Een kist met een massa van 25 kg wordt door een kracht van 50 N over een horizontaal vlak geduwd. De kracht trekt onder een hoek van 45° schuin omhoog, de kist vooruit. Bereken de verrichte arbeid als de kist 12 m wordt verplaatst.



Na opmeting van F_x en omrekening via de krachtenschaal blijkt de trekkende kracht F_x gelijk te zijn aan 35 N.

$$W = F \cdot s$$

$$W = 35 \cdot 12$$

$$W = 420 \text{ J}$$

Krachten

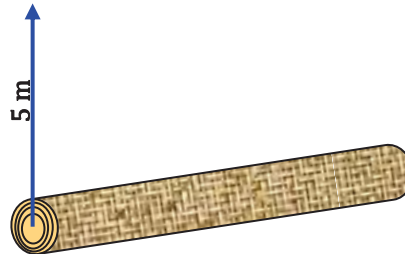
Voorbeeld krachtenbesparing.

Een rol tapijt heeft een massa van 91 kg en moet 5 m omhoog gebracht worden. Hoeveel arbeid moet hiervoor verricht worden?

$$W = F \cdot s$$

$$W = 910 \cdot 5$$

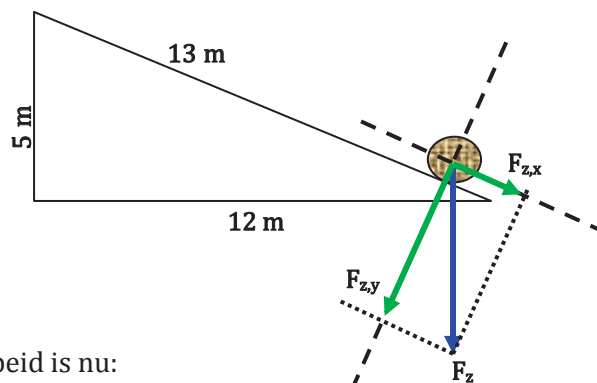
$$W = 4550 \text{ J}$$



Een andere oplossing is om de rol tapijt langs een helling omhoog te rollen.

De lengte van de helling is 13 m. Als we het gewicht weer gaan ontbinden in de bekende componenten $F_{z,x}$ en $F_{z,y}$, dan moet er een duwkracht ontwikkeld worden die minstens gelijk is aan $F_{z,x}$.

De benodigde duwkracht om de rol tapijt tegen de helling op te rollen is dan 350 N



De benodigde arbeid is nu:

$$W = F \cdot s$$

$$W = 350 \cdot 13$$

$$W = 4550 \text{ J}$$

Er is dus geen verschil in arbeid tussen beide systemen om de rol tapijt omhoog te brengen.

Er is echter wel een verschil in de benodigde kracht.

Bij de helling is een kracht nodig van 350 N en bij het hijsen een kracht van 910 N.

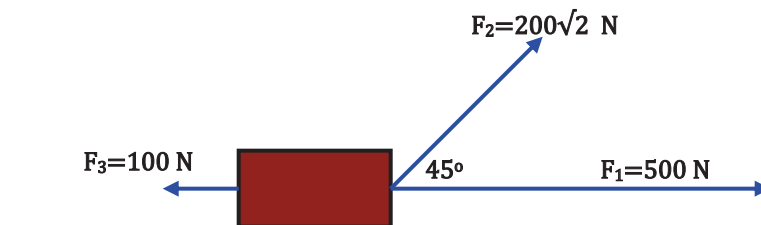
De afgelegde weg langs de helling is echter wel weer groter namelijk 13 m in plaats van 5 m.

De helling levert geen arbeidsbesparing op maar wel een krachtbesparing.

Krachten

Opgaven.

31. Een voorwerp beweegt eenparig door een horizontale kracht van 120 N. De afgelegde weg bedraagt 5,5 m.
Bereken de geleverde arbeid.
32. Op een voorwerp werkt een kracht van 400 N. Deze kracht verricht een arbeid van 5200 J
Bereken de afgelegde weg in de richting van de kracht.
33. Op een voorwerp werkt een kracht F. Door deze kracht legt het voorwerp een weg af van 15 m. De kracht F verricht hierbij een arbeid van 120 kJ.
Bereken de grootte van de kracht F.
34. Een slede heeft een massa van 80 kg en wordt door een kracht F van 120 N over een horizontale weg van 50 m voortgetrokken. F maakt met de weg een hoek van 45° met de horizon en is schuin omhoog gericht.
Bereken de arbeid die door F wordt verricht.
35. Bereken de arbeid die nodig om onderstaand voorwerp 12 m te verplaatsen.



3.10 Vermogen

Tot nu toe is er geen rekening gehouden met de factor tijd. Dit betekent de tijd waarin de arbeid geleverd is.

De arbeid W , die geleverd wordt in een bepaalde tijd t , noemt men het vermogen P .

In formule:

$$P = \frac{W}{t}$$

Hierin is

P	=	het vermogen in J/s of W;
W	=	de verrichte arbeid, in J;
t	=	de tijd, in s.

De eenheid van vermogen is J/s ook wel *Watt* (W) genoemd.

Hoe korter de tijd waarin een hoeveelheid arbeid geleverd wordt, des te groter is het vermogen.

De formule kan ook geschreven worden als:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

Hierin is

P	=	het vermogen in J/s of W;
W	=	de verrichte arbeid, in J;
t	=	de tijd, in s;
F	=	de kracht, in N;
s	=	de verplaatsing, in m;
v	=	de snelheid, in m/s.

Voorbeeld.

Met een kraan wordt een last van 100 kN in 25 seconden 3 m gehesen.

Hoe groot is het daarvoor benodigde vermogen?

$$P = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{100000 \cdot 3}{25} = 12000 \text{ W} = 12 \text{ kW}$$

Krachten

Opgaven.

36. Een man met een massa van 80 kg loopt in 5 s de trap op naar de eerste verdieping in het huis. De vloer van deze verdieping ligt 2,8 m boven de begane grond.
Bereken de arbeid die door de man verricht wordt en het geleverde vermogen.
37. Een hijskraan heeft een vermogen van 20 kW. Een massa van 400 kg wordt over een afstand van 10 m gehesen.
Hoeveel tijd is hiervoor nodig?
38. Een automotor ontwikkelt een vermogen van 90 kW. De auto heeft een constante snelheid van 90 km/h.
Welke kracht is nodig om de auto op snelheid te houden?
39. Een auto beweegt zich eenparig rechtlijnig voort met een snelheid van 20 m/s en ondervindt een weerstand van 900 N.
Bereken het ontwikkelde vermogen van de auto.
40. Op 800 m diepte in een mijn bevindt zich een liftkooi. De massa van de liftkooi bedraagt 120 kg. In de kooi bevinden zich 5 personen, elk met een gemiddeld gewicht van 80 kg. De liftkabel heeft een gewicht van 10 kg per meter. De lift bereikt de begane grond in 4 minuten.
Hoe groot is het vermogen van de aandrijvende elektromotor minimaal?

