



2 h2 krachten in evenwicht

Auteur	Its Academy
Laatst gewijzigd	26 november 2014
Licentie	CC Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie
Webadres	https://maken.wikiwijs.nl/51865



Dit lesmateriaal is gemaakt met Wikiwijs van Kennisnet. Wikiwijs is hét onderwijsplatform waar je leermiddelen zoekt, maakt en deelt.

Inhoudsopgave

2 Krachten in evenwicht

2.1 Sterkteleer

2.2 Kracht als vector

2.3 Krachtenplaatjes tekenen

2.4 Terugblik

Over dit lesmateriaal

2 Krachten in evenwicht



Opzet

In deze paragraaf leer je 3 dingen:

- (1) Twee verschillende denkramen over krachten kennen, dat van ingenieurs en dat van natuurkundigen,
- (2) krachtenplaatjes tekenen (vectoren) en
- (3) rekenen aan krachtenplaatjes.

In dit hoofdstuk ga je leren om krachtenplaatjes te tekenen. Bij oefeningen waar dit gevraagd wordt teken je de krachtenplaatjes in je werkboek.

Krachten zijn rode pijltjes, die beginnen bij een aangrijpingspunt (kruis).

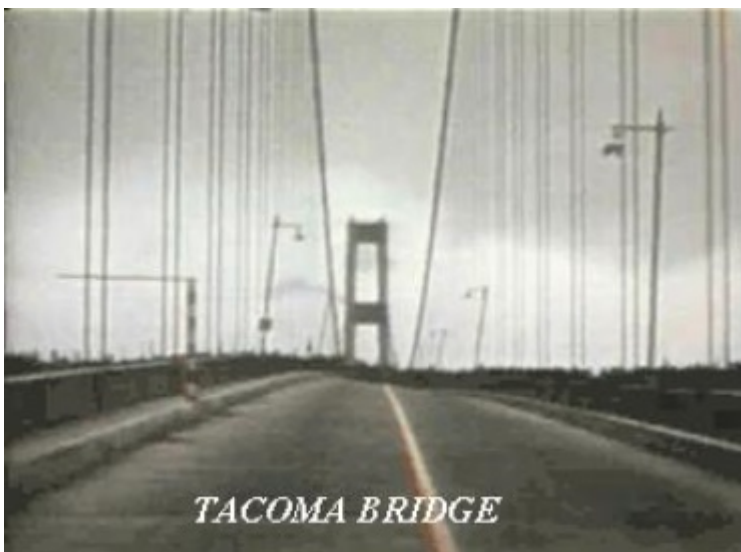
2.1 Sterkteleer



Waarom storten ze niet in?



Kijk eens goed naar de foto's hierboven van bruggen. Als je over die bruggen rijdt, vraag je je vrijwel nooit af waarom ze niet instorten, maar als je naar plaatjes van de constructies kijkt, komt die vraag meestal wel op. Wat maakt de constructies zo stevig dat ze het dagelijks verkeer met gemak kunnen dragen en dat ze ook nog een behoorlijke storm overleven?



Soms gaat het mis en storten constructies in. Een beroemd voorbeeld is te zien in de film "Tacoma bridge", die het tragische instorten van de brug laat zien.

De brug had last van resonantie, onder invloed van de wind ging de brug trillen. Dat trillen was verbijsterend om te zien, vooral omdat de brug pas na 3 maanden instortte! Tal van Amerikaanse gezinnen zijn in die maanden op zondag naar de brug getrokken om dit 8^e wereldwonder te aanschouwen.



<https://youtu.be/3mclp9QmCGs>

Bij alle constructies bestaat dit gevaar. Het is moeilijk te voorspellen of bij een nieuw te bouwen brug resonantie optreedt. Bij de Willemsbrug bijvoorbeeld trad het ook op, zij het in geringe mate. Op die brug zijn toen extra stalen balken aangebracht om de resonantie er uit te halen. Ingenieurs die zulke bruggen ontwerpen, gebruiken de ervaring die mensen in wetenschap en techniek hebben opgedaan. In hun opleiding hebben ze sterkteleer en materiaalkunde geleerd, die kennis gebruiken ze bij het ontwerpen van bruggen. Ingenieurs kijken anders dan natuurkundigen.

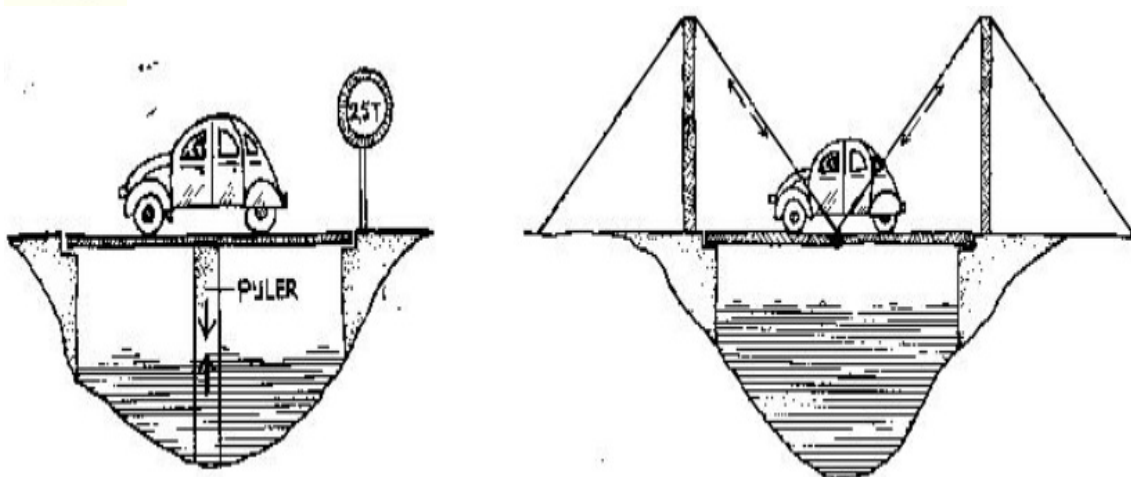
Klik hier voor uitleg over de blik van de ingenieur.



kn.nu/ww.e75fcd7 (maken.wikiwijs.nl)



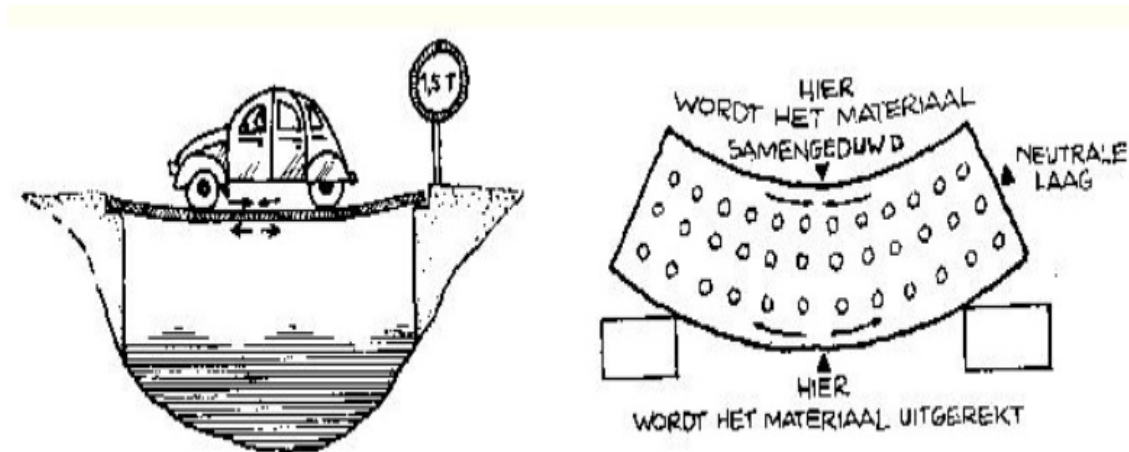
Stevigheid: trek- en duwspanning



In de techniek, bij bruggen, spelen krachten een andere rol dan in de natuurkunde, waar ze vooral met snelheid en beweging te maken hebben. Bij bruggen gaat het om stevigheid van de materialen: als er op een kabel te veel spanning staat, knapt de kabel; als een balk te veel doorbuigt, dan breekt de balk.

We tekenen in de techniek krachten dan ook anders dan de pijltjes uit de natuurkunde. Als een auto op een vlakke plaatbrug staat dan wordt de pijler van de brug in elkaar geduwd: in de pijler heerst duwspanning. We tekenen de pijltjes dan naar elkaar toe. In een onderdeel van één of andere constructie heerst duwspanning, als dat onderdeel door belasting kleiner dreigt te worden.

Als een auto op een hangbrug of tuibrug staat, worden de kabels van die brug aangespannen. In de kabels heerst trekspanning, want door de belasting dreigen de kabels langer te worden. We tekenen dan de pijltjes uit elkaar.

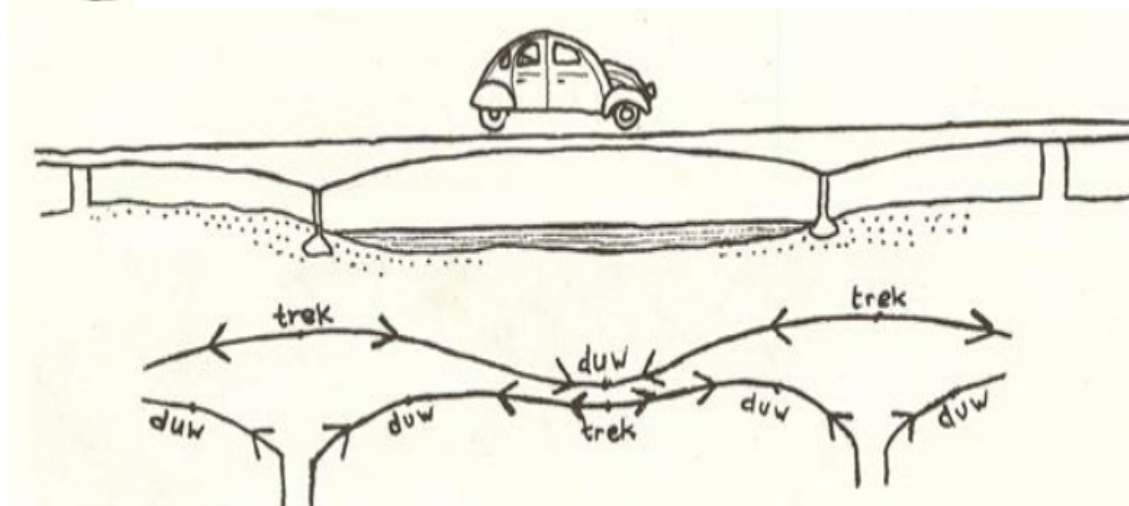


Meestal heerst in constructies buigspanning, een combinatie van trek- en duwspanning. Een eenvoudig model van de belasting van een vlakke plaatbrug laat dit zien. Doe alsof de plaatbrug een spons is, aan 2 uiteinden ondersteund, waar je in het midden op duwt: boven wordt de spons kleiner, daar heerst duwspanning; onder wordt hij groter, daar heerst trekspanning. Zo'n combinatie van trek- en duw- noemen we buigspanning.

Bij het ontwerpen van constructies moeten ingenieurs rekening houden met materiaaleigenschappen. IJzeren kabels kunnen goed tegen trekspanning, deze gebruik je dus op plaatsen waar trekspanning heerst (tuibrug). Beton kan goed tegen duwspanning, dat gebruik je dus op plaatsen waar duwspanning heerst (pijler). Maar beton kan slecht tegen trekspanning. Dan gaat het scheuren. Je moet daarom beton met ijzeren kabels bewapenen op plaatsen waar trekspanning heerst.



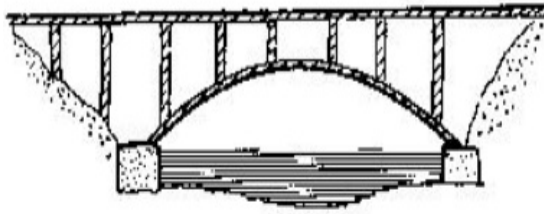
Opdracht 1: Trek- en duwspanning



Een ingenieur die naar een belaste brug kijkt, ziet voor zijn geestesoog plaatjes als het bovenstaande, waarin de trek en duwspanningen zijn aangegeven met pijltjes. Oefen je eens in het kijken met die blik en kijk naar onderstaande plaatjes. De volgende opdrachten staan in je werkboek.

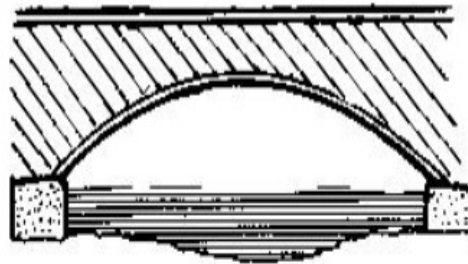
A) Geef in de plaatjes aan waar trekspanning en waar duwspanning heerst.

B) Beton kan slecht tegen trekspanning en moet daarom op sommige plaatsen bewapend worden. Teken in de constructies waar ze bewapend moeten worden.



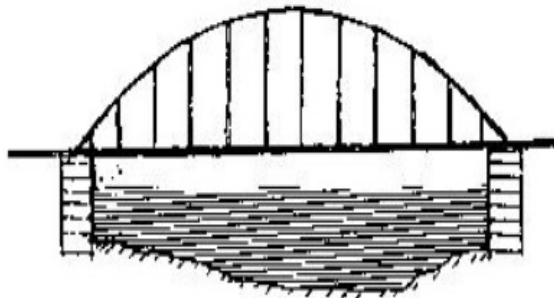
OPEN BOOGBRUG

beton en staal



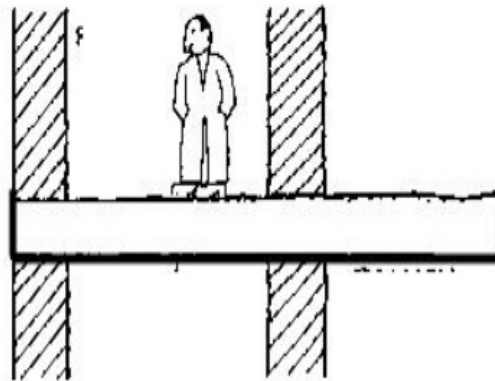
GESLOTEN BOOGBRUG

geheel van steen



VAKWERK-BOOGBRUG

beton en staal



FLAT MET BALKON

betonnen vloer

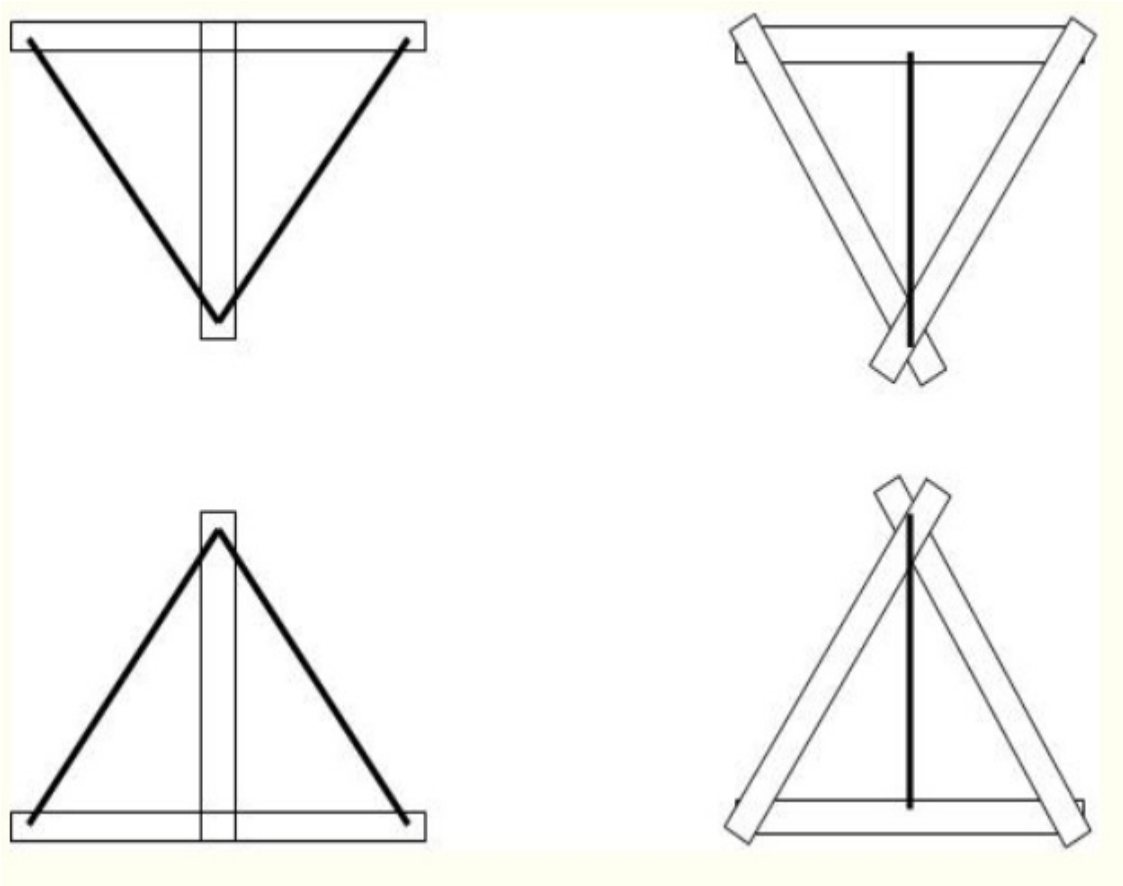


Opdracht 2: vakwerk

Vakwerkbruggen bestaan uit driehoeken met stalen balken en stalen kabels. De kabels vangen trekspanning op, de balken duwspanning. Hiernaast zie je 4 zulke driehoeken. Het wegdek dat belast wordt, is met de horizontale balk verbonden. Van de getekende situaties zijn er 2 fout gebruikt en 2 goed gebruikt.

A) Teken in je werkboek naast de gedrukte driehoeken hoe de constructies vervormen bij zware belasting.

B) Leg met behulp van je tekening uit welke driehoeken je in vakwerkbruggen kan gebruiken.



2.2 Kracht als vector



Sterke jongens

Soms

kan je met natuurkundige kennis geld verdienen. Jongens uit 5 HAVO willen best met je wedden dat het hun wél lukt om met gestrekte en horizontale armen een bierkratje op te tillen.



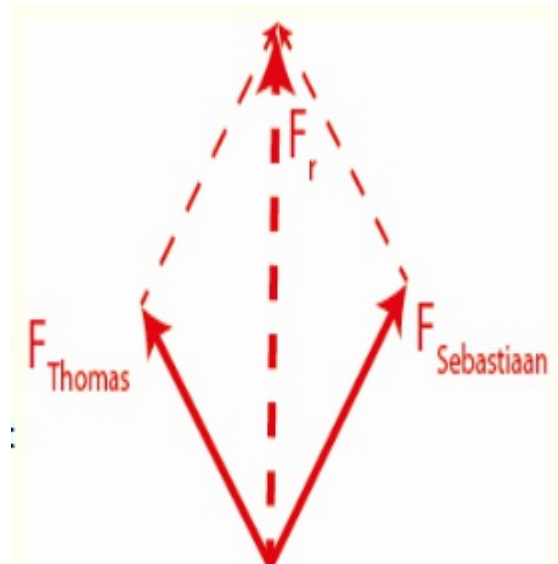
Opdracht 0: Horizontaal

Natuurkundeleraren zijn niet gek. Het zal dus wel niet kunnen: met horizontale en gestrekte armen een kratje tillen.

Waarom is dat zo?

Krachten zijn pijltjes, ze hebben èn grootte èn richting. Hiernaast zijn de krachten van Thomas en Sebastiaan getekend, de jongens die zo dom waren met hun natuurkundeleraar te wedden dat het hun wel zou lukken.

De vette rode pijlen zijn de krachten waarmee Thomas en Sebastiaan aan de krat trekken, de dunne rode lijnen evenwijdig aan de 2 krachtvectoren leveren het snijpunt op dat de vectorsom oplevert. De vectorsom levert netto- of resultante kracht F_r op en is als rode stippellijn getekend. Het kruisje in dit plaatje is het zogeheten aangrijpingspunt, het punt waarop de krachten werken.



Deze constructie is de parallellogrammethode, in de tachtigjarige oorlog bedacht door Simon Stevin. De som van twee vectoren is volgens Stevin de diagonaal van een parallellogram met de 2 vectoren als benen.

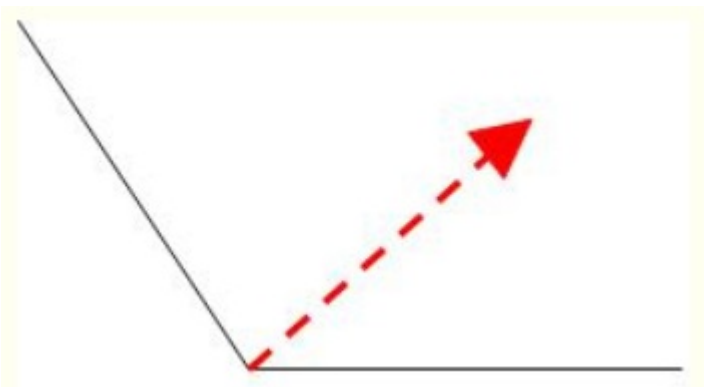
Opdracht 1: Parallellogramdenken

Natuurkundeleraars denken in termen van de parallellogrammethode.

Binnen dat idee spreekt het vanzelf dat het Thomas en Sebastiaan niet lukt dat kratje met horizontale armen te tillen.

Kun je nu uitleggen waarom de leraar gelijk heeft?

Kijk naar het plaatje hiernaast. Nu weet je wel de som van de krachten (rode stippellijn), maar je weet niet hoe hard er aan de touwen wordt getrokken.



Opdracht 2: Ontbinden

Hoe kun je de krachten bepalen waarmee Sebastiaan en Thomas trekken,

als je alleen de richting van de touwen weet en de grootte van de somkracht?



Vectoren

De volgende opdrachten moet je in je werkboek maken met behulp van het applet "optellen". [Klik hier](#) om het applet te downloaden.

Opdracht 3: Krachten grafisch optellen

Bij het optellen van krachten moet je denken aan touwtrekken. Als er aan jouw lijf 2 touwen trekken in verschillende richtingen en met verschillende groottes, dan word je in de richting van de vectorsom getrokken. Dat is de richting van de resulterende kracht F_r , de diagonaal van het parallellogram.

Hieronder staan 4 plaatjes om krachten op te tellen. Doe telkens 3 dingen:

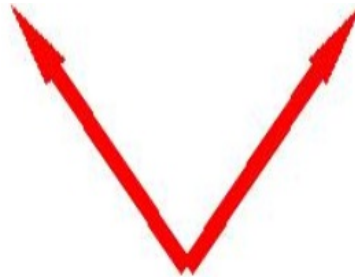
A) Bepaal eerst de schaal uit de plaatjes in je werkboek ($1,0 \text{ cm} = \dots \text{ N}$).

B) Construeer de somvector.

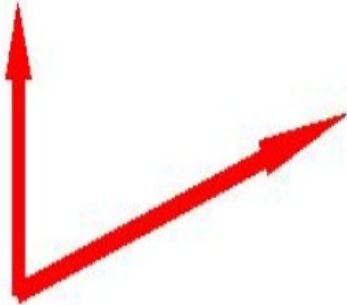
C) Bepaal de grootte uit de schaal.



$A=20 \text{ (N)}$ en $B=12 \text{ (N)}$



$A=100 \text{ (N)}$ en $B=100 \text{ (N)}$

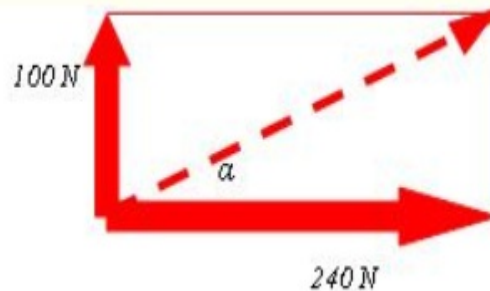
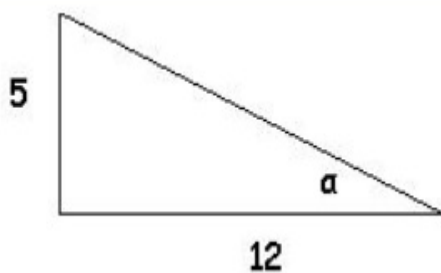


$A=4 \text{ (N)}$ en $B=7 \text{ (N)}$



$A=20 \text{ (N)}$ en $B=12 \text{ (N)}$

Opdracht 4: Rekenen met sos, cas en toa



Hierboven zie je links een tekening van een rechthoekige driehoek, waarvan twee zijden gegeven zijn: zijde $y = 5 \text{ cm}$ en zijde $x = 12 \text{ cm}$.

A) Bereken de lengte van de schuine zijde.

B) Bereken de grootte van hoek a .

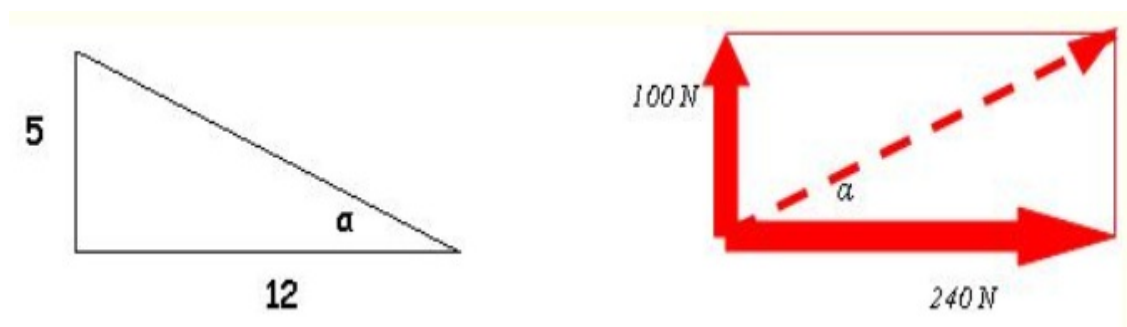
Met krachten reken je net zo. Hierboven zie je rechts 2 onderling loodrechte krachten F_1 en F_2 . Gegeven is dat $F_1 = 100 \text{ N}$ en $F_2 = 240 \text{ N}$.

C) Bereken de grootte van de resultante kracht F_r .

D) Bereken de hoek die F_r met de x -as maakt.

Voor de volgende opgave heb je het applet "ontbinden" nodig. [Klik hier](#) om het te downloaden.

Opdracht 5: Ontbinden van krachten



Hierboven zie je links een tekening van een rechthoekige driehoek, waarvan twee zijden gegeven zijn: zijde $y = 5 \text{ cm}$ en zijde $x = 12 \text{ cm}$.

A) Bereken de lengte van de schuine zijde.

B) Bereken de grootte van hoek a .

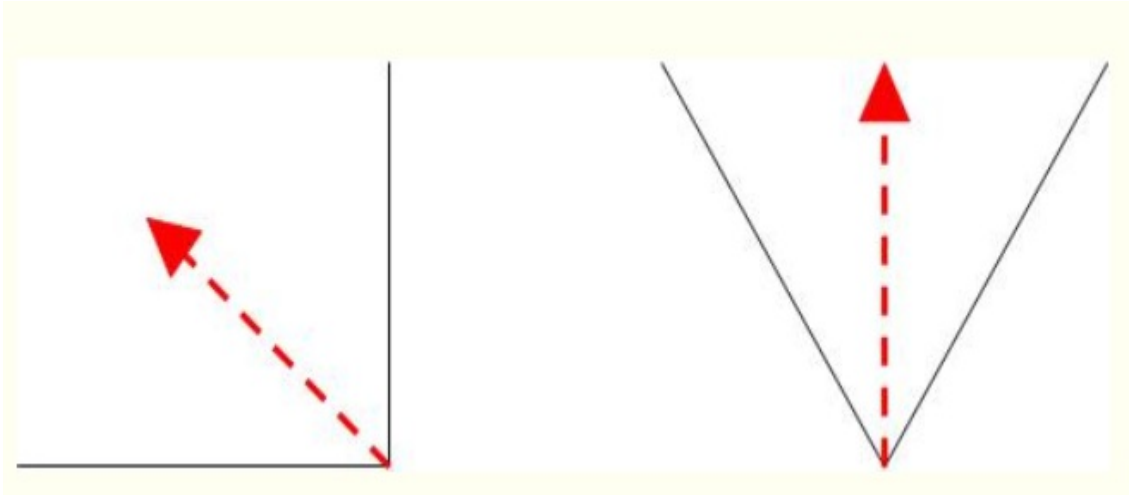
Met krachten reken je net zo. Hierboven zie je rechts 2 onderling loodrechte krachten F_1 en F_2 . Gegeven is dat $F_1 = 100 \text{ N}$ en $F_2 = 240 \text{ N}$.

C) Bereken de grootte van de resultante kracht F_r .

D) Bereken de hoek die F_r met de x -as maakt.

Voor de volgende opgave heb je het applet "ontbinden" nodig. [Klik hier](#) om het te downloaden.

Opdracht 5: Ontbinden van krachten



De linker figuur hierboven is een tekening van twee touwen die samen een resulterende kracht $R = 75$ N opleveren. Zoals je ziet staan de 2 touwen loodrecht op elkaar.

A) Teken de krachtcomponenten in de touwen 1 en 2.

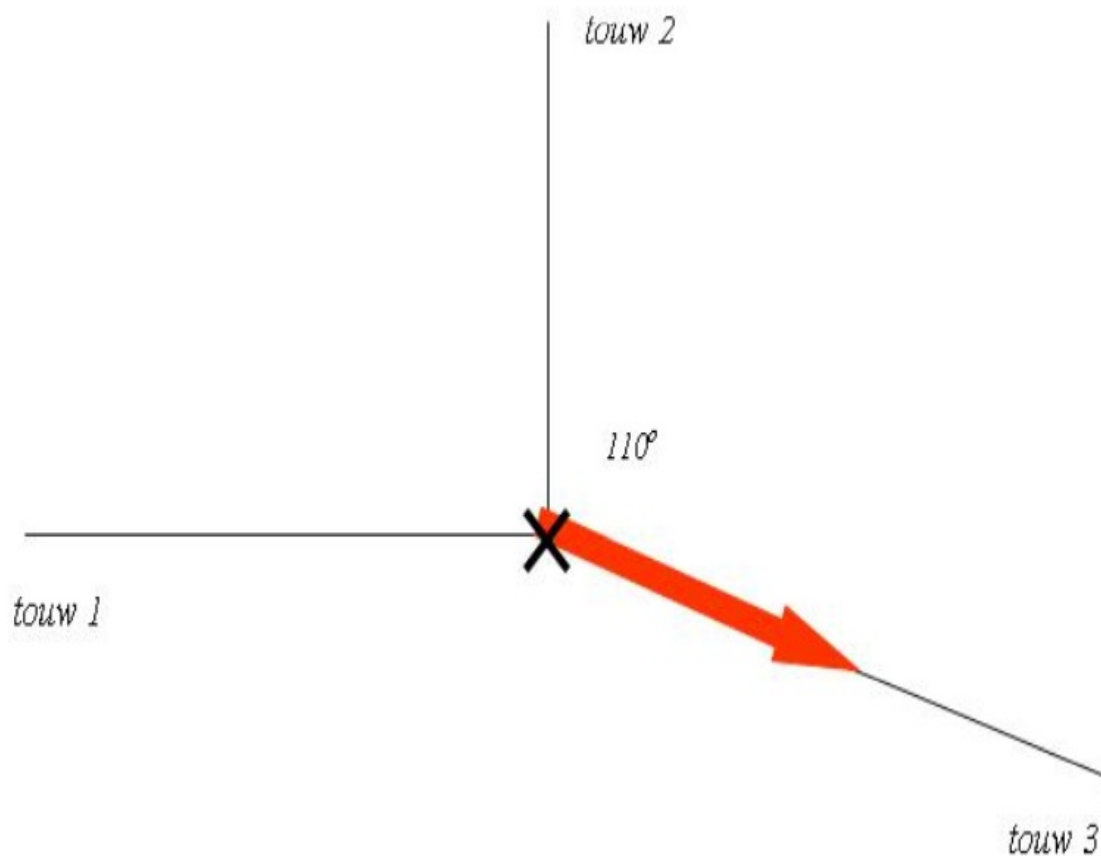
B) Meet in de figuur de lengte van F_r in cm en de hoek op en bereken daaruit de grootte van de krachtcomponenten.

In de rechter figuur zie je iets soortgelijks, maar daar is er sprake van symmetrie: de resulterende kracht zit precies op de bissectrice van de touwen.

C) Teken de krachtcomponenten in de touwen 1 en 2.

D) Meet in de figuur de lengte van F_r in cm en de hoek op en bereken daaruit de grootte van de krachtcomponenten.

Opdracht 6: Met zijn drieën touw trekken



Drie mensen trekken aan drie touwen. Het knooppunt dat de touwen met elkaar verbindt, beweegt niet. In touw 3 is de kracht 200 N. De hoek tussen de touwen zijn gegeven in de figuur, 90° en 110° .

- A) Teken in de figuur in je werkboek alle echte krachten die er op het knooppunt werken.
 B) Bereken de grootte van de krachten in touw 1 en touw 2.

Opdracht 7: Opzij trekken

Aan een touw van 2,50 m hangt een massa van 100 gr. Deze massa wordt met behulp van een Newtonmeter

Opdracht 7: Opzij trekken

Aan een touw van 2,50 m hangt een massa van 100 gr. Deze massa wordt met behulp van een Newtonmeter

1,0 m opzij getrokken.

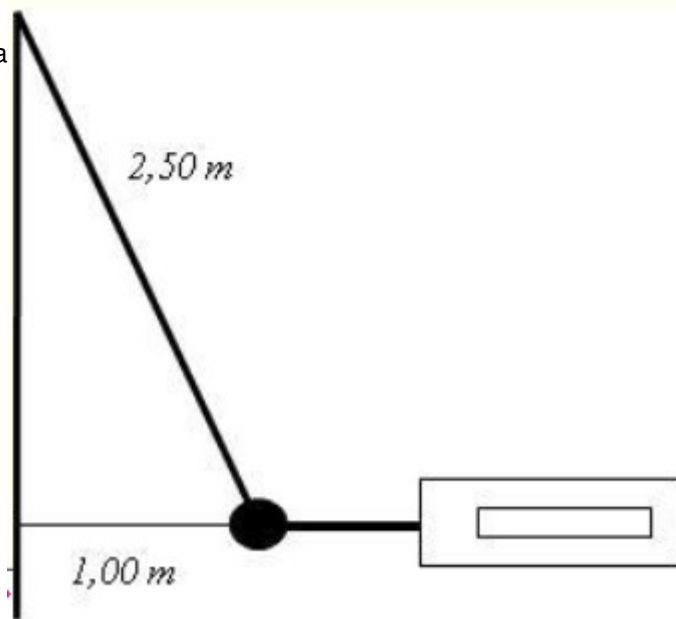
A Bereken de hoek van het touw met de vertikaal.

B Bereken de zwaartekracht op het balletje.

C Teken in de figuur in je werkboek de echte

krachten die er op het balletje werken.

D Bereken de grootte van die krachten.



2.3 Krachtenplaatjes tekenen



Eerst tekenen, dan rekenen

In de natuurkunde zoals je die op school leert, staan zowel bij (al dan niet) versnelde bewegingen als bij situaties van evenwicht krachten centraal. Je moet bij bijna alle natuurkundige problemen krachtenanalyses maken, plaatjes van de krachten die er in die situatie werken. Aan alle berekeningen gaat het maken van zulke plaatjes vooraf.

Om je te leren krachtenanalyses te maken laten we je in een groot aantal concrete situaties plaatjes tekenen van de krachten die er werken. Hieronder vind je de regels voor het maken van krachtenplaatjes.



kn.nu/ww.55bac37 (maken.wikiwijs.nl)



Krachtenplaatjes tekenen

Hieronder in het applet "krachtenplaatjes tekenen" zijn 8 situaties weergegeven waarvan jij krachtenanalyses moet maken. Jij moet door het applet heen wandelen en daarna in je werkboek de krachtenplaatjes maken. Houd je aan de uitgelegde regels!

Teken op schaal alle krachten die er werken. Werk met potlood en werk netjes:

- (1) teken F_z altijd als een pijltje van 2,0 cm,
- (2) teken echte krachten als rode, vette pijlen,
- (3) zet namen bij de krachtenpijltjes en
- (4) teken hulplijnen dun of gestippeld.



kn.nu/ww.8e47bb0 (maken.wikiwijs.nl)

2.4 Terugblik



Samenvatting

Maak nu eerst zelf een samenvatting waarin je de volgende elementen verwerkt:

- (1) optellen van krachten,
- (2) ontbinden van krachten,
- (3) krachtenanalyses maken,
- (4) gebruikte formules.

Hieronder zie je een voorbeeld van een samenvatting.

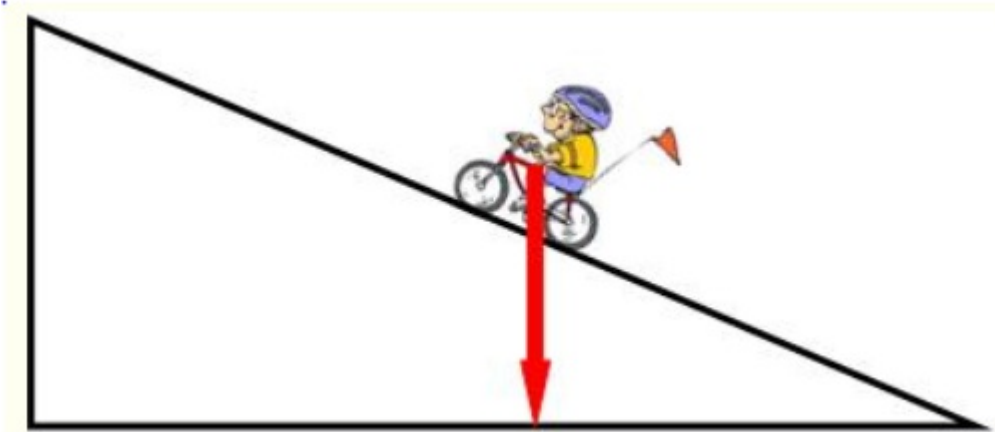


kn.nu/ww.a978631 (maken.wikiwijs.nl)



Oefentoets

Opdracht 1: Helling



Een heuvel op fietsen is zwaar, hoe zwaar? De helling is $L = 200$ m lang en $y = 25$ m hoog. Jij bent – met fiets en al – 80 kg. Jij moet tegen de helling op harder trappen, want de helling trekt achteruit. Hoe sterk trekt de helling en hoe hard moet jij dus extra trappen?

- A) Bereken de grootte van de hellingshoek uit L en y .
- B) Construeer in het werkboek de krachten die er op de fietser werken.
- C) Waar is de hellingshoek in de krachtendriehoeken te vinden?
- D) Bereken die extra kracht die jij moet leveren.

Opdracht 2: Uithangbord

Een uithangbord van 100 kg hangt aan punt P.
Punt P

is bevestigd aan een balk B en aan een kabel,
die een

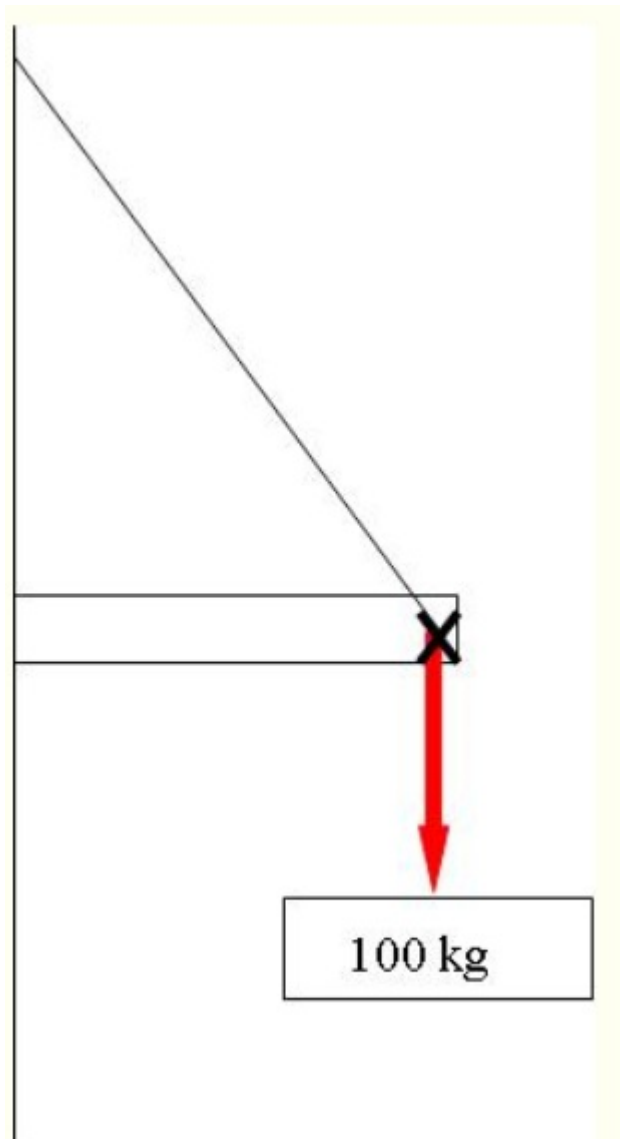
hoek van 30° met de muur maakt.

A) Heerst er trek- of duwspanning in de balk en
de kabel?

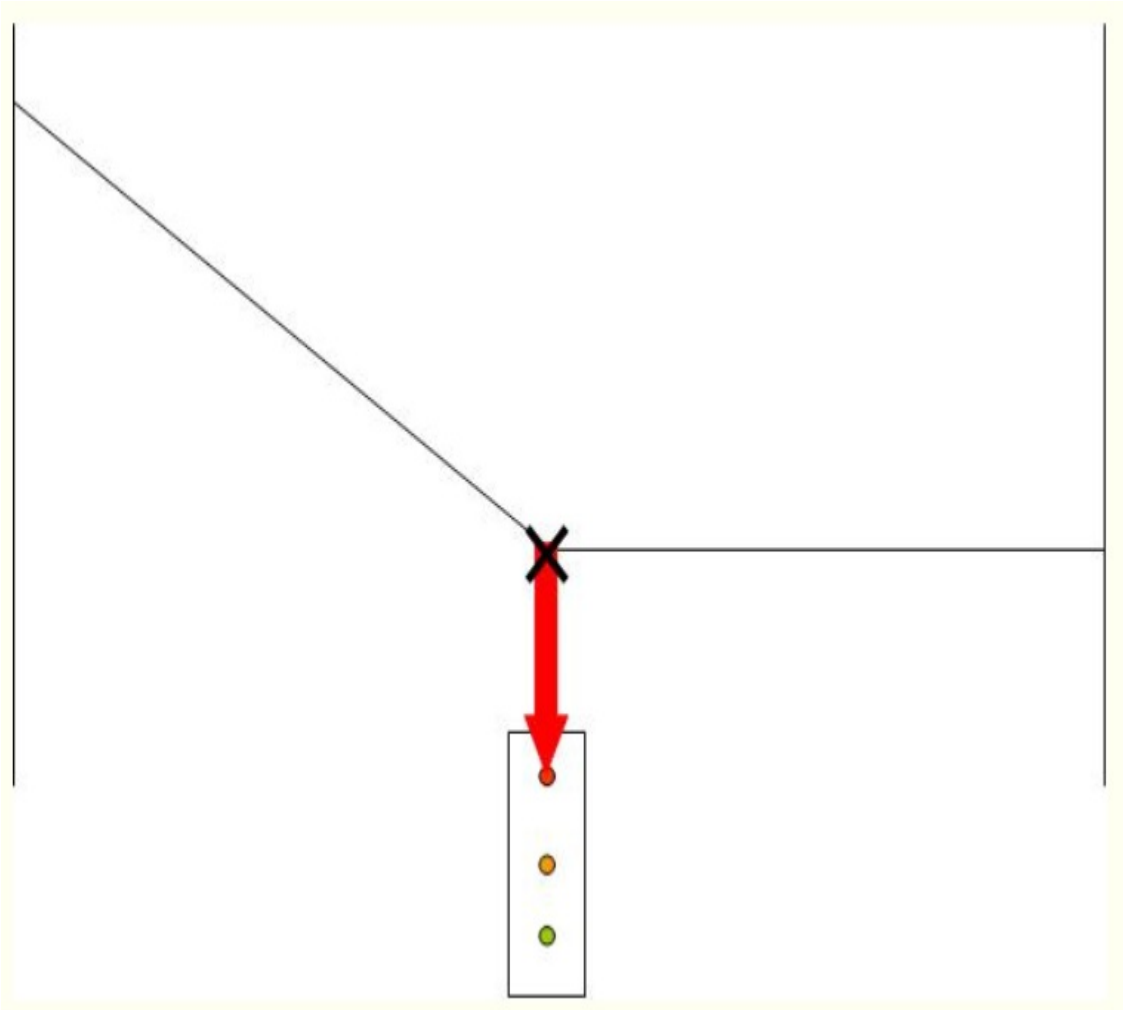
B) Teken in het werkboek de krachten die er op
punt P werken.

Het plaatje is NIET op schaal.

C) Bereken hoe groot de krachten in de kabel en
de balk zijn.



Opdracht 3: Stoplicht



Hier boven zie je – niet op schaal – een stoplicht van 100 kg dat aan punt P hangt. P is via twee kabels aan de huizen in een straat bevestigd. De rechterkabel loopt horizontaal, de linker maakt een hoek van 60° met de muur.

A) *Construeer in je werkboek de krachten die er op P werken.*

De figuur is NIET op schaal getekend.

B) *Waar in de krachtendriehoek zit die 60° ?*

C) *Bereken de grootte van de spanningen in de kabels.*

Over dit lesmateriaal

Colofon

Dit materiaal is achtereenvolgens ontwikkeld en getest in een SURF-project (2008-2011: e-klassen als voertuig voor aansluiting VO-HO) en een IIO-project (2011-2015: e-klassen&PAL-student). In het SURF project zijn in samenwerking met vakdocenten van VO-scholen, universiteiten en hogescholen e-modules ontwikkeld voor Informatica, Wiskunde D en NLT. In het IIO-project (Innovatie Impuls Onderwijs) zijn in samenwerking modules ontwikkeld voor de vakken Biologie, Natuurkunde en Scheikunde (bovenbouw havo/vwo). Meer dan 40 scholen waren bij deze ontwikkeling betrokken. Organisatie en begeleiding van uitvoering en ontwikkeling is gecombineerd vanuit **B&apartners/Its Academy,** een samenwerkingsverband tussen scholen en vervolgopleidingen. Zie ook www.itsacademy.nl De auteurs hebben bij de ontwikkeling van de module gebruik gemaakt van materiaal van derden en daarvoor toestemming verkregen. Bij het achterhalen en voldoen van de rechten op teksten, illustraties, en andere gegevens is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Mochten er desondanks personen of instanties zijn die rechten menen te kunnen doen gelden op tekstgedeeltes, illustraties, enz. van een module, dan worden zij verzocht zich in verbinding te stellen met de programmamanager van de Its Academy (zie website). Gebruiksvoorwaarden: creative commons cc-by sa 3.0 Handleidingen, toetsen en achtergrondmateriaal zijn voor docenten verkrijgbaar via de b&tasteunpunten.

Auteur	Its Academy
Laatst gewijzigd	26 november 2014 om 19:46
Licentie	Dit lesmateriaal is gepubliceerd onder de Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie. Dit houdt in dat je onder de voorwaarde van naamsvermelding en publicatie onder dezelfde licentie vrij bent om: <ul style="list-style-type: none">• het werk te delen - te kopiëren, te verspreiden en door te geven via elk medium of bestandsformaat• het werk te bewerken - te remixen, te veranderen en afgeleide werken te maken• voor alle doeleinden, inclusief commerciële doeleinden.

[Meer informatie over de CC Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie](#)

Aanvullende informatie over dit lesmateriaal

Van dit lesmateriaal is de volgende aanvullende informatie beschikbaar:

Leerniveau	;
Leerinhoud en doelen	;
Eindgebruiker	leerling/student
Moeilijkheidsgraad	gemiddeld
Trefwoorden	e-klassen rearrangeerbaar

Bronnen

Bron	Type
https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/e4005b45b0c13da2a1b6dfc9790e705111a4b	Video

	Type
<p>95b.swf</p> <p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/e4005b45b0c13da2a1b6dfc9790e705111a4b95f.swf</p>	
<p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/3e15bd14ba148282ce86f35a6846f11b1627a1fb.swf</p> <p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/3e15bd14ba148282ce86f35a6846f11b1627a1fb.swf</p>	Video
<p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/1c4475efd279ea38c4a31e856df6d7da0e90fbf4.swf</p> <p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/1c4475efd279ea38c4a31e856df6d7da0e90fbf4.swf</p>	Video
<p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/d01e3283514bf1295ec6532cc8f9164892794c25.swf</p> <p>https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/d01e3283514bf1295ec6532cc8f9164892794c25.swf</p>	Video

Gebruikte Wikiwijs Arrangementen

Academy, Its. (z.d.). *test*. <https://maken.wikiwijs.nl/45635/test>