

# Hoofdstuk; Kracht

3 Atheneum - Gymnasium Regulier Natuurkunde

Maarten Becx (STMBC)

Mencia de Mendoza Lyceum, Breda

September



## Contact STMBC

- Email: [mbecx@mencia.nl](mailto:mbecx@mencia.nl)
- Webmail: [info@becxlibrary.nl](mailto:info@becxlibrary.nl)
- Teams: Maarten Becx
- Werkruimte: C1.08

## Structuur

- Website: [www.becxlibrary.nl](http://www.becxlibrary.nl)
- Website info: Hierin staan alle bestanden die je nodig hebt voor mijn lessen. **Ontbreekt er iets of is er ergens een fout, laat het mij z.s.m weten via een van de contact opties. Bij voorbaad dank!**

## Niet vergeten!

Het universum is niet verplicht om logisch te zijn voor jou! Stel daarom altijd je vragen!

## Materialenlijst

- Pen (Schrijven)
- Potlood (Tekenen)
- Geodriehoek (*Evt. Extra liniaal*)
- Gewoon rekenmachine (*Niet-grafisch en/of programmeerbaar*)
- Boek; Wetenschapsschool hoofdstuk 3, Kracht

## Tips

- Gebruik deze slides voor structuur!
- Je mag altijd schrijven en markeren op de toets. Deze lever je in en wordt niet meenomen in de beoordeling!
- Zorg dat je altijd zorgvuldig en gestructureerd te werk gaat.
- Je mag mij altijd om hulp vragen! Doe dat dan ook :)



Figure: Newton onder een boom





Figure: Golden Gate Bridge



# Paragraaf 1; Soorten krachten

## Aangrijpingspunt

Dit is de plek waar een kracht op het object werkt of aan trekt. Een kracht wordt aangegeven met een **vector**, **deze is niet altijd op schaal getekent**. Een vector wordt getekend vanuit het aangrijpingspunt, met een rechte lijn en aan het eind een pijl. Deze wordt aangegeven met een  $F$  en onder staat aangegeven wat voor kracht het is.

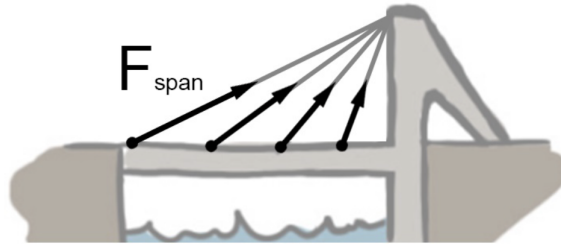


Figure: Aangrijpingspunten bij een brug



# Paragraaf 1; De zwaartekracht

## Zwaartekracht

De **kracht** die nodig is om een object, met een bepaalde **massa**, te laten versnellen met de **gravitatieversnelling** die op dat moment geldt.

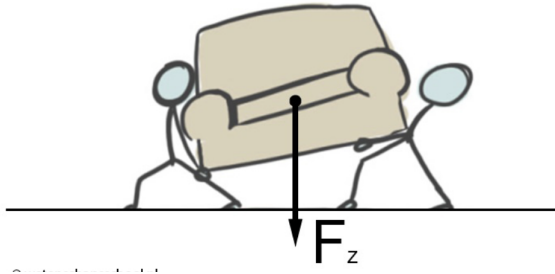


Figure: Zwaartekracht werkend op massapunt van het object



# Paragraaf 1; De zwaartekracht

## Formule

De formule voor de zwaartekracht:

$$F_z = m * g \quad (1)$$

## Waarin

- $F_z$  is de zwaartekracht in  $[N]$
- $m$  is de massa in  $[kg]$
- $g$  is de gravitatieversnelling in  $[m/s^2]$
- Neem aan dat de gravitatieversnelling van Aarde bedoelt wordt, of het moet anders aangegeven staan

## Let op!

De *massa* van een object verandert **NOOIT**, het *gewicht* **KAN** wel veranderen.



# Paragraaf 1; De zwaartekracht

| naam      | symbool          | type         | ontdekking | baanstraal                | omloopafstand | helling t.o.v. ecliptica | straal (equator)   | massa                   | densiteit          | gravitatieversnelling aan het oppervlak | ontsnappings snelheid             | sidertische rotatieperiode | gemiddelde oppervlaktetemperatuur | gassen in de atmosfeer                                 | aantal satellieten (manen en ringen) |
|-----------|------------------|--------------|------------|---------------------------|---------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|           |                  |              |            | m                         | d, y          | °                        | 10 <sup>6</sup> m  | 10 <sup>24</sup> kg     | kg m <sup>-3</sup> | m s <sup>-2</sup>                       | 10 <sup>3</sup> m s <sup>-1</sup> | d                          | K                                 |                                                        |                                      |
| Mercurius | ☿                | planeet      | oudheid    | 0,0579 · 10 <sup>12</sup> | 87,97 d       | 7,0                      | 2,440              | 0,330                   | 5430               | 3,7                                     | 4,2                               | 58,65                      | 440                               | He, H <sub>2</sub>                                     | 0                                    |
| Venus     | ♀                | planeet      | oudheid    | 0,1082 · 10 <sup>12</sup> | 224,7 d       | 3,4                      | 6,052              | 4,87                    | 5240               | 8,87                                    | 10,4                              | -243 <sup>1</sup>          | 737                               | CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>                       | 0                                    |
| Aarde     | ♁                | planeet      | oudheid    | 0,1496 · 10 <sup>12</sup> | 365,256 d     | 0,0                      | 6,371 <sup>1</sup> | 5,972                   | 5513               | 9,81                                    | 11,2                              | 0,9973                     | 288                               | N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , Ar                   | 1                                    |
| Maan      | ☾                | maan         | oudheid    | 384,4 · 10 <sup>6</sup>   | 27,32 d       | 5,2 <sup>2</sup>         | 1,738              | 0,0735                  | 3340               | 1,62                                    | 2,38                              | 27,32                      | 253                               | He, H <sub>2</sub>                                     | –                                    |
| Mars      | ♂                | planeet      | oudheid    | 0,228 · 10 <sup>12</sup>  | 687,0 d       | 1,8                      | 3,390              | 0,642                   | 3930               | 3,7                                     | 5,0                               | 1,026                      | 208                               | CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Ar                  | 2                                    |
| Phobos    |                  | maan         | 1877       | 9,37 · 10 <sup>6</sup>    | 0,319 d       | 1,1 <sup>2</sup>         | 0,011 <sup>2</sup> | 1,07 · 10 <sup>-8</sup> | 1900               | 0,0057                                  | 0,04                              | 0,319                      | –                                 | –                                                      | –                                    |
| Deimos    |                  | maan         | 1877       | 23,5 · 10 <sup>6</sup>    | 1,262 d       | 1,8 <sup>2</sup>         | 0,006 <sup>2</sup> | 1,5 · 10 <sup>-9</sup>  | 1470               | 0,003                                   | 0,07                              | 1,26                       | –                                 | –                                                      | –                                    |
| Ceres     | ♁                | dwerfplaneet | 1801       | 0,414 · 10 <sup>12</sup>  | 4,600 y       | 10,6                     | 0,476              | 9,5 · 10 <sup>-4</sup>  | 2090               | 0,28                                    | 6,7                               | 0,38                       | 168                               | –                                                      | –                                    |
| Jupiter   | ♃                | planeet      | oudheid    | 0,7883 · 10 <sup>12</sup> | 11,86 y       | 1,3                      | 69,91              | 1900                    | 1330               | 24,9                                    | 60                                | 0,413                      | 163                               | H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> | 79+r                                 |
| Io        |                  | maan         | 1610       | 421,8 · 10 <sup>6</sup>   | 1,769 d       | 0,004 <sup>2</sup>       | 1,822              | 0,089                   | 3530               | 1,8                                     | 2,38                              | 1,77                       | 118                               | SO <sub>2</sub>                                        | –                                    |
| Europa    |                  | maan         | 1610       | 670,9 · 10 <sup>6</sup>   | 3,551 d       | 0,01 <sup>2</sup>        | 1,568              | 0,048                   | 3010               | 1,32                                    | 7,29                              | 3,55                       | 103                               | O <sub>2</sub>                                         | –                                    |
| Ganymedes |                  | maan         | 1610       | 1070 · 10 <sup>6</sup>    | 7,155 d       | 0,18 <sup>2</sup>        | 2,631              | 0,148                   | 1940               | 1,43                                    | 9,87                              | 7,18                       | 113                               | O <sub>2</sub>                                         | –                                    |
| Callisto  |                  | maan         | 1610       | 1883 · 10 <sup>6</sup>    | 16,689 d      | 0,19 <sup>2</sup>        | 2,410              | 0,1076                  | 1830               | 1,24                                    | 8,79                              | 16,69                      | 118                               | CO <sub>2</sub>                                        | –                                    |
| Saturnus  | ♄                | planeet      | oudheid    | 1,427 · 10 <sup>12</sup>  | 29,45 y       | 2,5                      | 58,2               | 568                     | 687                | 11,2                                    | 36,1                              | 0,444                      | 133                               | H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> | 82+r                                 |
| Uranus    | ♅                | planeet      | 1781       | 2,871 · 10 <sup>12</sup>  | 84,02 y       | 0,8                      | 25,4               | 86,8                    | 1270               | 8,9                                     | 21,4                              | -0,718 <sup>2</sup>        | 76                                | H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub>                   | 27+r                                 |
| Neptunus  | ♆                | planeet      | 1846       | 4,498 · 10 <sup>12</sup>  | 164,8 y       | 1,8                      | 24,6               | 102,4                   | 1640               | 11,2                                    | 23,6                              | 0,671                      | 73                                | H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub>                   | 14+r                                 |
| Pluto     | ♇                | dwerfplaneet | 1930       | 5,91 · 10 <sup>12</sup>   | 247,9 y       | 17,1                     | 1,15               | 0,0131                  | 2050               | 0,66                                    | 1,23                              | 6,39                       | 48                                | N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>     | 5                                    |
| Charon    |                  | plutino      | 1978       | 0,0196 · 10 <sup>12</sup> | 6,4 d         | 0,001 <sup>2</sup>       | 0,63               | 0,0016                  | 1650               | 0,28                                    | 0,58                              | synchroon                  | 45                                | –                                                      | –                                    |
| Haumea    |                  | dwerfplaneet | 2003       | 6,43 · 10 <sup>12</sup>   | 239,1 y       | 28                       | 1,4                | 0,0042                  | 3000               | 0,44                                    | 0,84                              | 0,16                       | <50                               | –                                                      | 2                                    |
| Quaoar    | TNO <sup>1</sup> |              | 2002       | 6,5 · 10 <sup>12</sup>    | 283 y         | 8                        | 0,65               | 0,002                   | 2000               | 0,3                                     | 0,5                               | 0,74                       | 43                                | CH <sub>4</sub>                                        | –                                    |
| Makemake  |                  | dwerfplaneet | 2003       | 6,78 · 10 <sup>12</sup>   | 296,1 y       | 29                       | 0,73               | 0,004                   | 2000               | 0,4                                     | 0,75                              | 0,17                       | 33                                | CH <sub>4</sub>                                        | 1                                    |
| Eris      |                  | dwerfplaneet | 2003       | 10,2 · 10 <sup>12</sup>   | 557 y         | 47                       | 1,4                | 0,0167                  | 2500               | 0,83                                    | 1,4                               | 1,08                       | 33                                | CH <sub>4</sub>                                        | 1                                    |
| Sedna     |                  | centaur      | 2003       | 72 · 10 <sup>12</sup>     | 11400 y       | 11,9                     | 0,75               | 0,004                   | 2000               | 0,4                                     | 0,8                               | 0,43                       | 33                                | N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>                       | –                                    |

1 ► 8 planeten, 5 dwergplaneten, 2,6 · 10<sup>7</sup> planetoiden (kometen, centaurs, TNO = Trans Neptunus Object)

2 ► Bij de manen is de helling van het baanvlak t.o.v. de planeetbaan (dus niet t.o.v. de ecliptica).

3 ► pool: 6356,7523142 km; evenaar: 6378,1370 km

4 ► onregelmatig van vorm

5 ► De rotatie-richting is tegengesteld aan de draaiing in de baan.



# Paragraaf 1; Soorten krachten

## Lijst met krachten

- Zwaartekracht  $F_z$
- Normaalkracht  $F_n$
- Resulterende kracht  $F_{res}$
- Wrijvingskracht  $F_w$
- Spankracht  $F_s$
- Motorkracht  $F_m$
- Magnetische kracht  $F_{mag}$
- Elektrostatische kracht  $F_e$
- Lorentzkracht  $F_l$

Let op!

Dit zijn voorbeelden, let goed op welke je moet kennen!

# Paragraaf 1; De veerkracht

## De veerkracht

De veerkracht geeft aan hoeveel kracht nodig is om een veer, van een bepaald materiaal, een bepaald aantal meter uit te laten rekken. **Let op!** Dit geldt ook voor het indrukken van een veer, dit is alleen in de andere richting.

$$F_v = C * u \quad (2)$$

## Waarin

- $F_v$  is de veerkracht in  $[N]$
- $C$  is de veerconstante in  $[N/m]$  (*Zegt hoe stug/ sterk een veer is*)
- $u$  is de uitrekking in  $[m]$

# Paragraaf 1; De veerkracht

## De veerkracht

Zie onderstaand figuur voor de visualisatie van de formule. **Let op!** De zwaarte kracht is hier ook niet goed getekent, deze moet vanuit het centraal massapunt getekent worden.

$$F_v = C * u \quad (3)$$

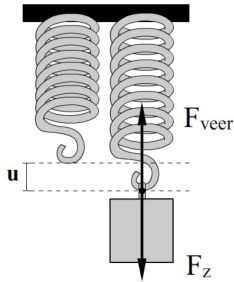


Figure: De veerkracht



## Paragraaf 2; De resulterende kracht

### De krachtschaal

De schaal die bepaald hoe groot een kracht is op een tekening. Wanneer een vector getekent wordt, kan de grootte van de kracht uitgedrukt worden op schaal.

$$1 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N} \quad (4)$$

Dus:

In dit voorbeeld is *elke centimeter* op de tekening *gelijk aan* 10 Newton.



## Paragraaf 2; De resulterende kracht

### Het gebruik van de krachtschaal

Doormiddel van een krachtschaal of door een grotere vector ten opzichte van een andere vector te tekenen, wordt er duidelijk gemaakt hoe groot krachten zijn vooral ten opzichte van elkaar. Natuurlijk kunnen krachten ook even groot zijn, dan zijn de bijbehorende krachten even lang.

### De resulterende kracht

De **resulterende kracht** is de totale optel- en aftreksom van alle krachten die op een object werken. Deze kracht wordt getekent als een echte kracht, maar deze kracht bestaat niet uit zichzelf. Omdat het een totale kracht is, wordt deze kracht alleen gebruikt om uit te rekenen wat er met een object gaat gebeuren.



## Paragraaf 2; De resulterende kracht

### Dezelfde richting

Wanneer krachten in dezelfde richting werken, mogen deze bij elkaar **opgeteld** worden. Hierbij mag er geen verschil in graden zijn ten opzichte van elkaar. *Parallel mag dus wel!*

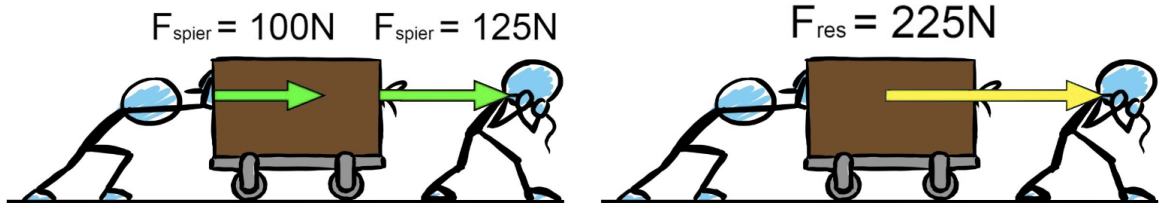


Figure: Krachten in dezelfde richting

## Paragraaf 2; De resulterende kracht

### Tegenovergestelde richting

Wanneer krachten in tegenovergestelde richting werken, mogen deze van elkaar afgehaald worden. Hierbij mag er geen verschil in graden zijn ten opzichte van elkaar. *Parallel mag dus wel!*

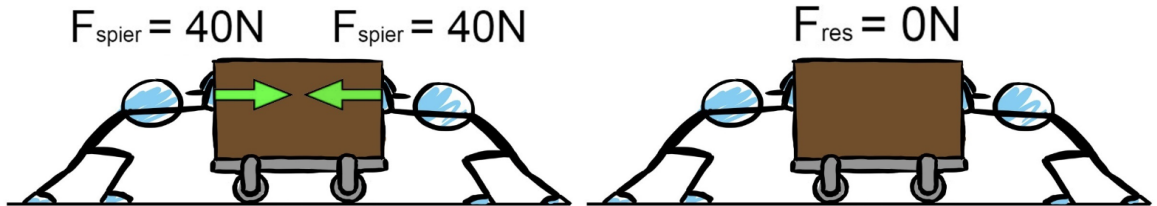


Figure: Krachten in tegenovergestelde richting



## Paragraaf 2; De resulterende kracht

### Ander voorbeeld van tegenovergestelde krachten

Een ander voorbeeld is wanneer de krachten niet perfect uitkomen op 0 N. Dezelfde regels gelden dan nog! In dit geval zal persoon links winnen. **Let op!** De kracht is niet veranderd, maar hierbij wordt er nu gerekend met de resulterende kracht.

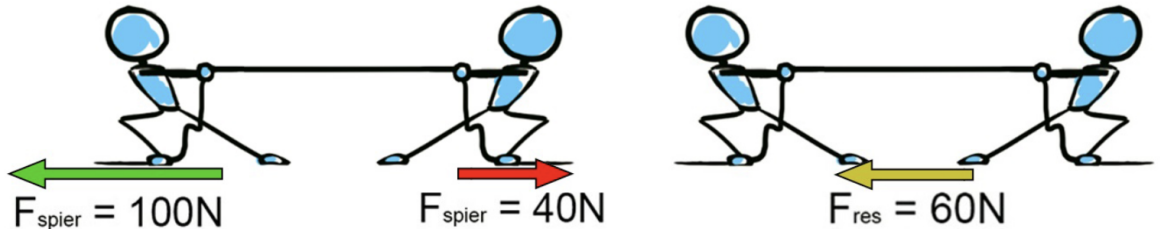


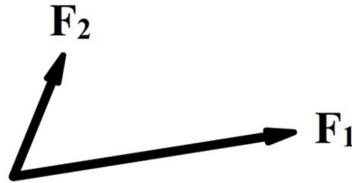
Figure: Ander voorbeeld van krachten in tegenovergestelde richting



## Paragraaf 2; De parallellogrammethode

### Het gebruik van de parallellogrammethode

De resulterende kracht kan ook uitgerekend worden wanneer krachten niet parallel ten opzichte van elkaar werken, er is dan een gradenverschil te zien. Hiervoor is de **parallellogrammethode** bedacht. **Let op!** Hierbij wordt er gewerkt met een krachtschaal en is alles dus getekent op schaal.



**Figure:** Van de realiteit (links) naar de abstracte wereld (rechts)



## Paragraaf 2; De parallellogrammethode

### Start

Wanneer de "abstracte" tekeningen gemaakt zijn kan de parallellogrammethode toegepast worden. Zie onderstaand figuur.

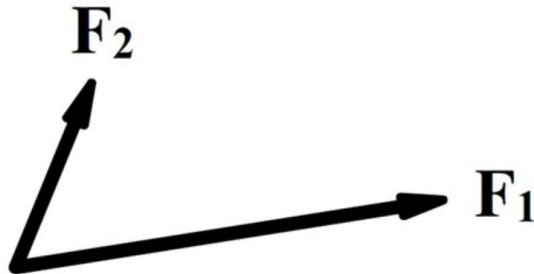


Figure: Start tekening parallellogrammethode



## Paragraaf 2; De parallellogrammethode

### Hoe worden de parallelle lijnen getekent?

Vervolgens worden er parallelle, gestippelde, lijnen getekent ten opzichte van de originele krachten. Zie onderstaand figuur.

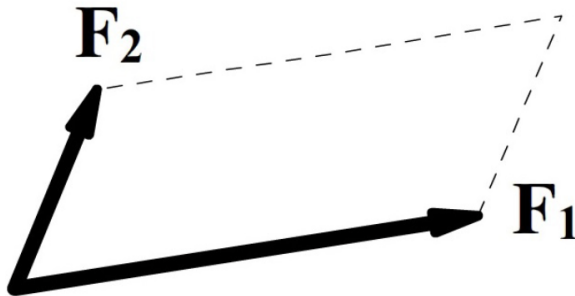


Figure: De getekende parallellen lijnen



## Paragraaf 2; De parallellogrammethode

### Het tekenen van de resulterende kracht

De parallelle lijnen kruisen elkaar en dat is het snijpunt. Vanaf het aangrijpingspunt van de twee krachten tot het snijpunt wordt de resulterende kracht ( $F_{res}$ ) getekent. Zie onderstaand figuur.

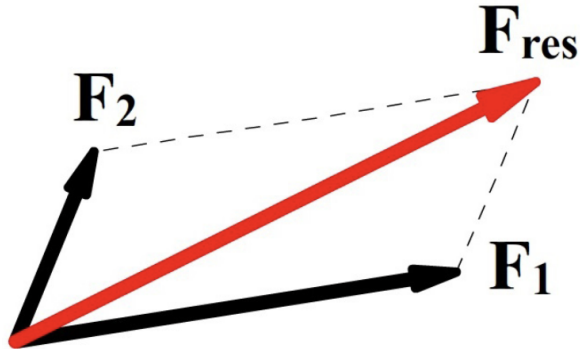


Figure: De getekende resulterende kracht



## Paragraaf 2; De parallellogrammethode

### Het bepalen van de grootte van de krachten

Wanneer de resulterende kracht getekend is, kan door middel van de krachtenschaal de grootte van de kracht bepaald worden. Maak zelf een krachtenschaal of kijk waar het gegeven staat. Meet de kracht op en vermenigvuldig het met de krachtenschaal. Het antwoord is de grootte van de kracht. Zie onderstaand figuur.

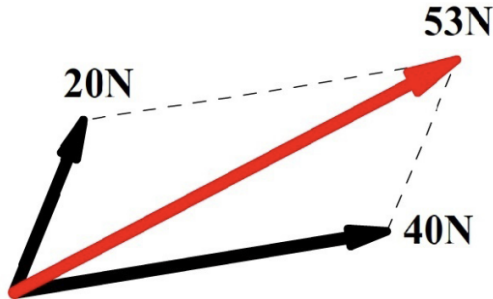


Figure: De getekende resulterende kracht met grootte



# Paragraaf 2; De parallellogrammethode

## Het stappenplan van de parallellogrammethode

- 1 Zoek en noteer de krachtschaal, is deze niet aangegeven; ga door naar stap 2.
- 2 Meet de bekende krachten en maak een krachtschaal, gebruik hiervoor de gegevens over de krachten die al bekend zijn.
- 3 Teken de parallelle, gestippelde, lijnen ten opzichte van de originele krachten.
- 4 Teken de resulterende kracht vanuit het aangrijpingspunt tot het snijpunt van de parallelle, gestippelde, lijnen.
- 5 Reken de grootte uit van de resulterende kracht.
- 6 **Ben er van bewust dat de vraag zo gevraagd kan worden om alles andersom uit te voeren, of dat er andere gegevens al bekend zijn.**



## Paragraaf 2; De parallellogrammethode

### De stelling van Pythagoras

Wanneer er een hoek van  $45^\circ$  tussen de krachten zit, kan de stelling van Pythagoras gebruikt worden. In de figuur hieronder is ook zichtbaar dat de parallellogrammethode dan ook werkt.

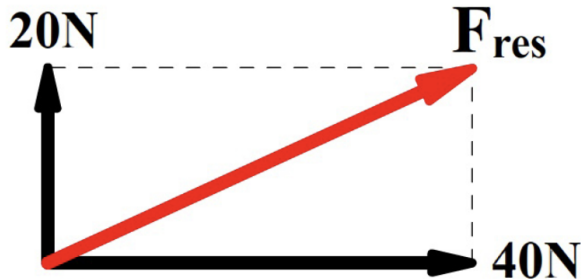


Figure: De resulterende kracht berekenen door middel van de stelling van Pythagoras





## Paragraaf 2; De parallelogrammethode

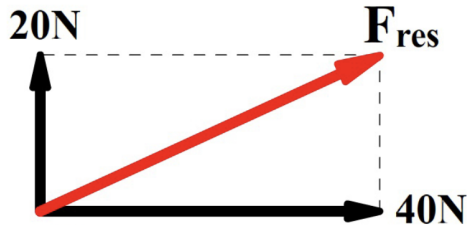


Figure: De resulterende kracht berekenen door middel van de stelling van Pythagoras

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (5)$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6)$$

$$c = \sqrt{20^2 + 40^2} = 45 \text{ N}$$



## Paragraaf 3; Het krachtenevenwicht

### Definitie

Het krachtenevenwicht zegt dat krachten gelijk zijn aan elkaar. Wanneer krachten even groot zijn en in tegenovergestelde richting van elkaar werken, dan zijn ze in evenwicht. Als voorbeeld de zwaartekracht en de normaalkracht. De normaalkracht zorgt ervoor dat het object niet door de grond gaat.

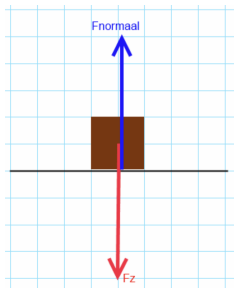


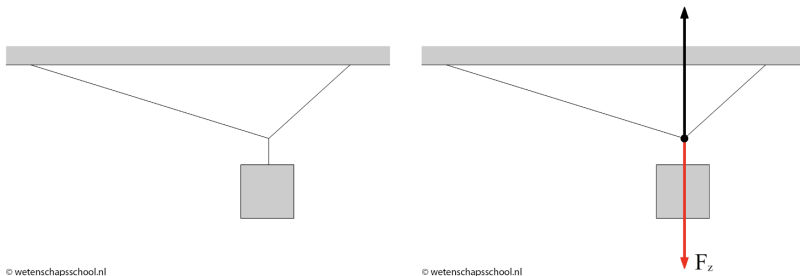
Figure: Het evenwicht van de zwaartekracht ( $F_z$ ) en de normaalkracht ( $F_n$ )



# Paragraaf 3; Het krachtenevenwicht

## Het krachtenevenwicht in een tekening

Bij het krachtenevenwicht mag de parallellogrammethode gebruikt worden om de tegenovergestelde kracht uit te rekenen. **De zwaartekracht is hier niet goed getekent! Deze moet vanuit het centraal massapunt van het blokje getekent worden.**



**Figure:** De starttekeningen van het krachtenevenwicht met behulp van de parallellogrammethode



# Paragraaf 3; Het krachterevenwicht

## Het krachterevenwicht in een tekening

Vervolgens kan de rest van het stappenplan uitgevoerd worden van de parallellogrammethode. **De zwaartekracht is hier niet goed getekent! Deze moet vanuit het centraal massapunt van het blokje getekent worden.**

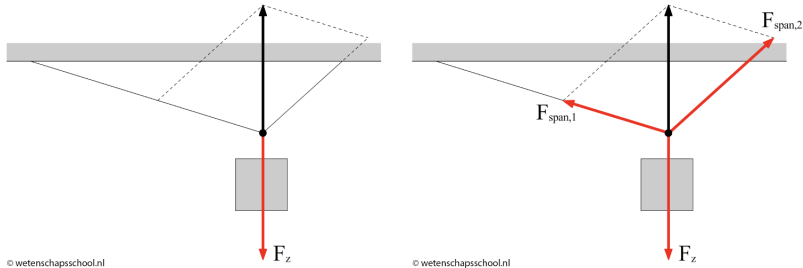


Figure: De vervolgtekeningen van het krachterevenwicht met behulp van de parallellogrammethode



## Paragraaf 4; De eerste wet van Newton

### Definitie

Wanneer alle krachten die op een object werken in evenwicht zijn, is er een resulterende kracht van  $0\text{ N}$ . Het object blijft daardoor stilstaan of bewegen met constante snelheid.

### Het nut van de eerste wet van Newton

Door middel van de eerste wet van Newton, kan er bepaald worden hoe de krachten eruit moeten zien om een object in beweging te laten veranderen. Zie volgende dia!



## Paragraaf 4; De eerste wet van Newton

### Versnellen

Wanneer een object uit stilstand moet gaan versnellen, moet er een 'resulterende' kracht (rechts) zijn die groter is dan de weerstandskracht (links).



Figure: De krachten bij een versnellende beweging



## Paragraaf 4; De eerste wet van Newton

### Constate beweging

Wanneer een object stil staat of met constante snelheid beweegt, zijn alle krachten in evenwicht en dus even groot. Hier geldt de eerste wet van Newton.



Figure: De krachten bij een constante beweging



## Paragraaf 4; De eerste wet van Newton

### Afremmen

Wanneer een object gaat afremmen, moet er een kracht zijn die zorgt voor een grotere weerstand.



Figure: De krachten bij een vertraagde beweging





## Paragraaf 4; De eerste wet van Newton

### In de lucht

Zo zien de zwaartekracht ( $F_z$ ) en de weerstandskracht ( $F_w$ ) eruit bij een bal in de lucht.

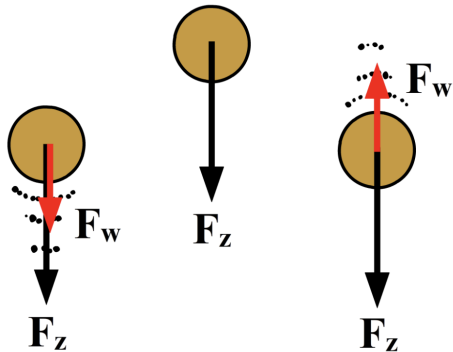


Figure: Krachten op de bal in de lucht



## Paragraaf 5; Ontbinden van krachten

### Ontbinden

Bij het ontbinden van krachten wordt één kracht in twee componenten opgesplitst. Bij aankomend voorbeeld wordt de omgekeerde parallellogrammethode gebruikt.

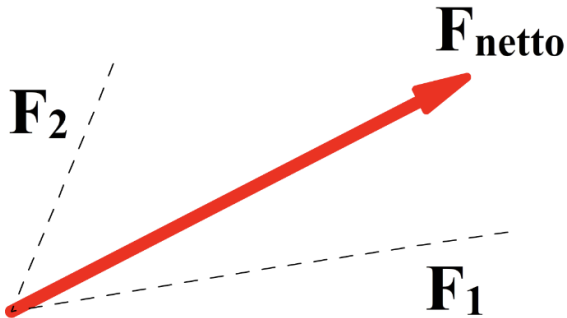


Figure:  $F_{\text{netto}} = F_{\text{res}}$



## Paragraaf 5; Ontbinden van krachten

### Omgekeerd

Vervolgens kunnen dezelfde stappen gezet worden als de parallellogrammethode, maar dan andersom.

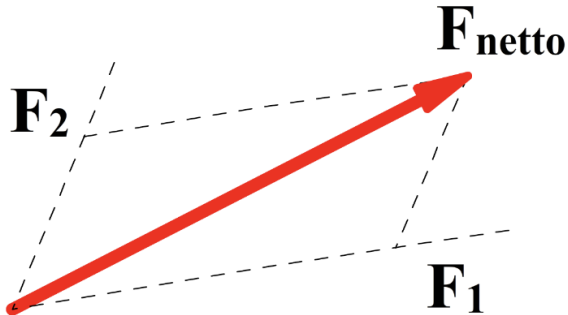


Figure:  $F_{\text{netto}} = F_{\text{res}}$



## Paragraaf 5; Ontbinden van krachten

### Eindstap

Vervolgens worden de originele krachten van de resulterende (netto) kracht getekent.

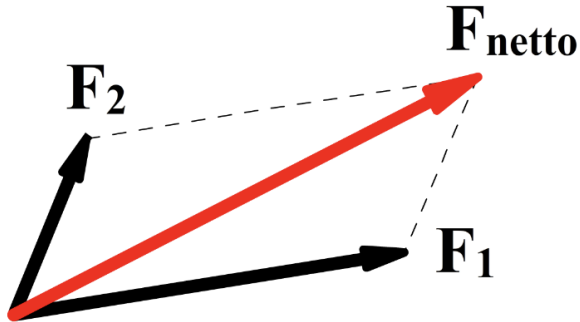


Figure:  $F_{\text{netto}} = F_{\text{res}}$



# Afsluiting Hoofdstuk; Kracht

| Onderwerpen; Beweging                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KB1: Soorten krachten                                                                                                                                                                                              | KB2: Krachten tekenen                                                                                                                                      | KB3: Resulterende kracht                                                                                                                       | KB4: Moment                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Verschillende soorten krachten herkennen</li><li>• Zwaartekracht</li><li>• <math>F_z = m * g</math></li><li>• Veerkracht</li><li>• <math>F_{veer} = C * u</math></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Krachten tekenen op schaal</li><li>• Parallellogram methode</li><li>• Krachten samenstellen en ontbinden</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Eerste wet van Newton</li><li>• Tweede wet van Newton</li><li>• <math>F_{res} = m * a</math></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Momentenwet</li><li>• <math>M = F * r</math></li><li>• <math>M_1 = M_2</math></li><li>• Krachtarm bepalen</li></ul> |



# Afsluiting Hoofdstuk; Kracht

| Vaardigheden; Kracht                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                               |                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| V1: Wiskundige vaardigheden                                                                                                                                                            | V2: Systematische probleemaanpak                                                                                                                                            | V3: Practicumvaardigheden (practica)                                                                                                          | V4: Modelontwikkeling                                              |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Eenheden omrekenen (snelheid, tijd)</li><li>• Rekenen met schaal</li><li>• Rekenen met formules</li><li>• Grafieken lezen en tekenen</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Gegeven, gevraagd, formule, uitwerking</li><li>• Gegevens uit grafiek halen</li><li>• Gegevens uit krachtenplaatjes halen</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Kracht en beweging</li><li>• Wet van Hooke</li><li>• Momentenwet</li><li>• Massa en liniaal</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Krachten tekenen</li></ul> |



| Toetsing; Kracht                                            |                                                             |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| T1: Kracht en Beweging                                      | T2: Practicum Moment                                        |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Summatief</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Summatief</li></ul> |

