

## KRACHTEN - HAVO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Krachten](#)

[Ontbinden](#)

[Krachtsoorten](#)

[Luchtwrijving](#)

[Schuifwrijving](#)

[Helling](#)

[Scheefgetrokken Slinger](#)

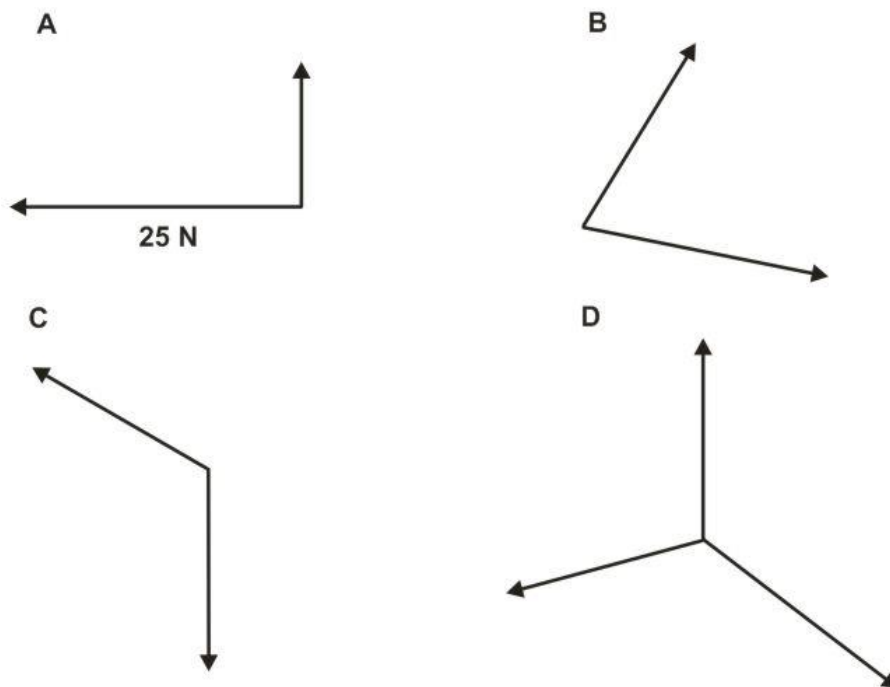
[Hefboomwet](#)

[Wetten van Newton](#)



### 1 Kopstaart-methode

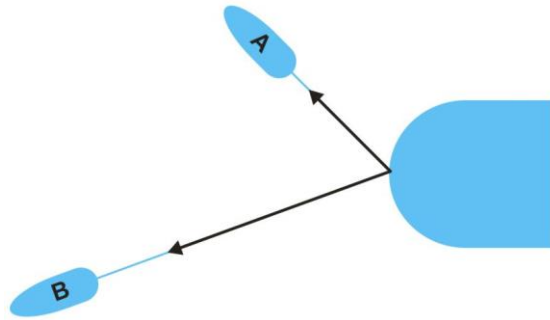
Op een voorwerp werken steeds meerdere krachten. Teken voor elk van onderstaande situaties met de kop-staart-methode de resulterende kracht. Bepaal door het meten van de lengte van de resulterende kracht de grootte hiervan. Voor het bepalen van de schaal is de grootte van één van de krachten aangegeven.



## 2 Sleepboten

Een groot schip wordt door twee sleepboten voortgesleept. Zie onderstaande tekening. De krachtvectoren staan aangegeven met pijlen.

- Laat met een constructietekening zien dat de richting waarin het schip gesleept wordt recht naar voren is.
- Sleepboot A trek met een kracht van 20,3 kN, sleepboot B trekt met 42 kN. Bepaal uit de constructietekening de grootte van de resulterende kracht waarmee de sleepboten het schip naar voren trekken.



## 3 Horizontaal verticaal

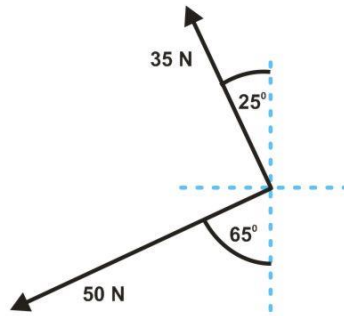
Op een bal werken alleen horizontale en verticale krachten. Bereken voor elk van onderstaande de situaties de grootte van de resulterende kracht. Gebruik hierbij de stelling van Pythagoras als de krachten loodrecht op elkaar staan.

- Een kracht van 10 N omhoog en een kracht van 12 N naar beneden.
- Een kracht van 34 N naar links en een kracht van 120 N naar boven.
- Een kracht van 45 N naar rechts, 90 N naar links en 45 N naar boven.
- Een kracht van 23 N naar rechts, 23 N naar links, 65 N naar boven en 120 N naar beneden.

## 4 Rechte hoek

Op een voorwerp werken twee krachten: Een kracht van 35 N naar linksboven onder een hoek van  $25^\circ$  met de verticaal en een kracht van 50 N onder een hoek van  $65^\circ$  met de verticaal (zie afbeelding hieronder).

- Ga na dat de hoek tussen de twee krachten  $90^\circ$  is.
- Bereken de grootte van de resulterende kracht.
- Bereken de richting van de resulterende kracht ten opzichte van de horizon.

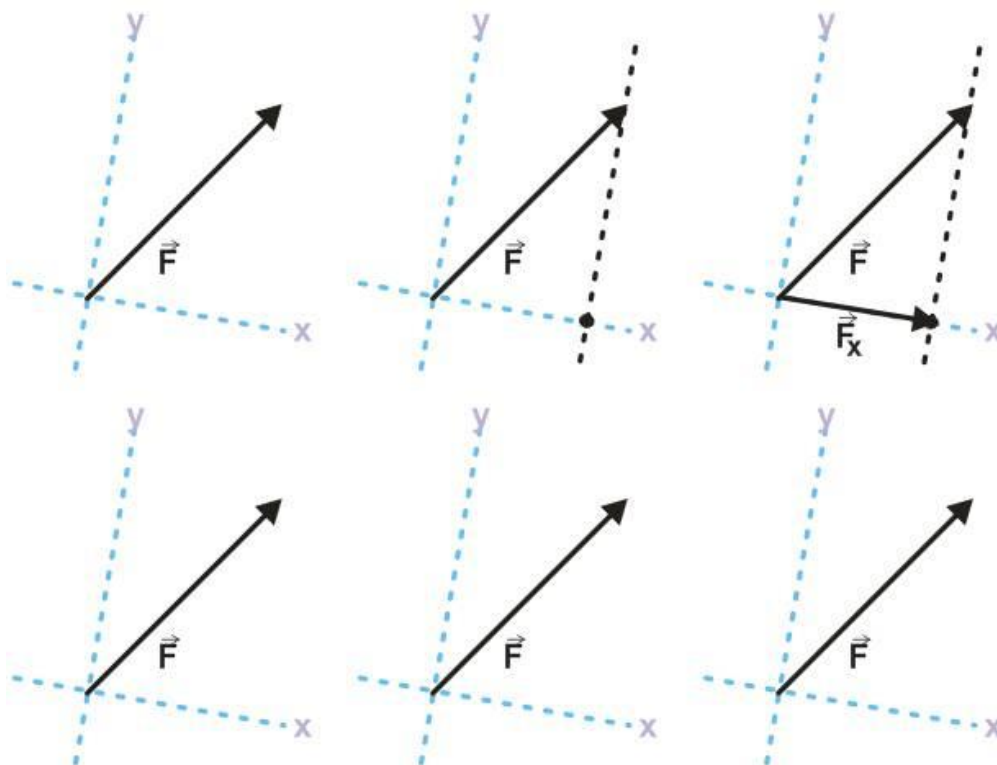


### 5 Ontbinden

Het 'ontbinden' van een kracht in twee componenten is soms nodig om de werking van een kracht in een bepaalde richting te bepalen. In bovenste drie figuren hieronder staat stap voor stap uitgelegd hoe de componenten van de kracht  $F$  in de  $x$ -richting getekend wordt:

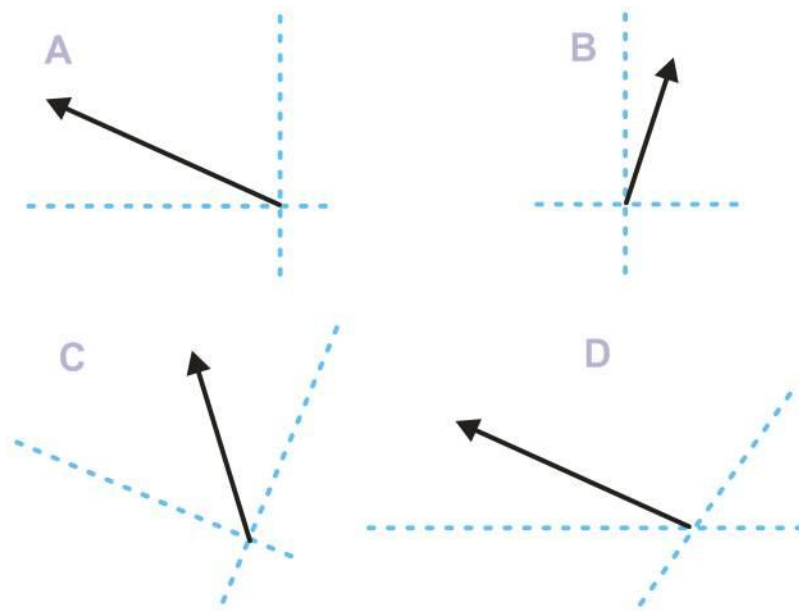
- Teken vanaf de punt van krachtvector  $F$  een hulplijn die parallel aan de andere richting loopt.
- Bepaal het punt waar deze hulplijn richting  $x$  snijdt.
- Teken de component  $F_x$  vanaf de oorsprong tot dit snijpunt.

Teken zelf in de onderste drie figuren op dezelfde manier de component van  $F$  in richting  $y$ .



## 6 Componenten

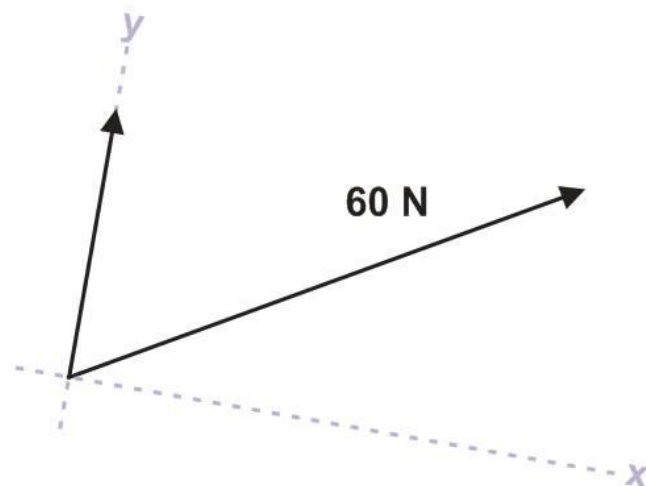
Teken in elk van onderstaande situaties de componenten van de kracht in de aangegeven richtingen.



## 7 Grootte

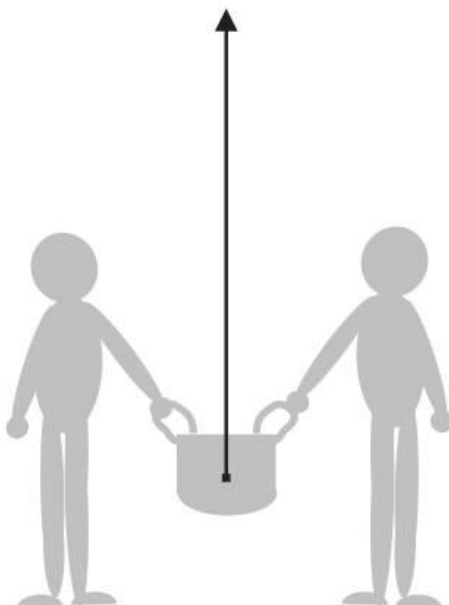
Net zoals bij andere krachtvectoren kan ook de grootte van de verschillende componenten bepaald worden uit de lengte van de getekende vector. De kracht in de afbeelding hieronder heeft een grootte van 60 N. De kracht wordt ontbonden in twee in de tekening aangegeven richtingen.

- De  $y$ -component van de kracht heeft een grootte van 30 N. Ga dit na aan de hand van de lengte.
- Teken de  $x$ -component van kracht  $F$ .
- Bepaal de grootte van de  $x$ -component.



### 8 Tillen

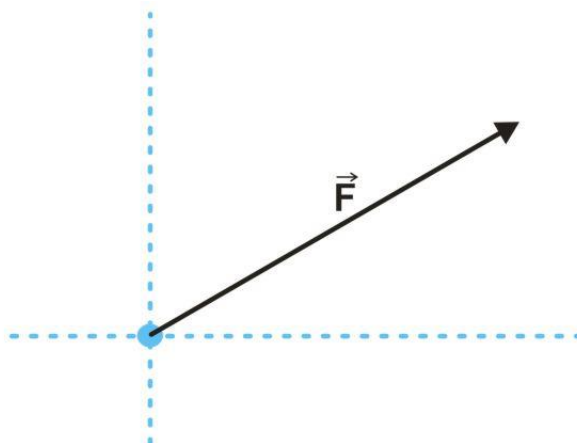
Boris en Jeroen tillen samen een tas van 15 kg. Ze moeten hiervoor gezamenlijk een kracht recht naar boven leveren om de zwaartekracht te compenseren (zie afbeelding hieronder). Bepaal de grootte van de kracht die ieder hiervoor moet leveren. Hou er rekening mee dat ze allebei niet recht naar boven tillen maar onder een hoek.



### 9 Pythagoras

Op een voorwerp werkt een kracht  $\vec{F}$  van 28 N volgens onderstaande tekening.

- Teken de horizontale en verticale component ( $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$ ) van deze kracht .
- Bepaal door opmeten van de lengtes van  $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$  de grootte van deze krachten.
- Toon met een berekening met de stelling van Pythagoras aan dat de resulterende kracht van  $\vec{F}_x$  en  $\vec{F}_y$  weer kracht  $\vec{F}$  is.



## 10 Zwaartekracht

Bepaal de grootte van de zwaartekracht op onderstaande voorwerpen:

- Een bal met een massa van 500 g
- Een zwevende met helium gevulde ballon met een massa van 4,5 g
- Een stuntvliegtuig met een massa van 3,5 ton dat bezig is met het maken van een looping.
- Een astronaut met een totale massa van 95 kg op de maan

## 11 Veerkracht

Een kracht die je op een veer moet uitoefenen om hem in te drukken of uit te rekken hangt af van hoever je de veer indrukt of uitrekt en van de stijfheid van de veer. Hiervoor geldt onderstaande formule. De veerconstante  $C$  in deze formule geeft aan hoe stijf of slap een veer is. Hoe groter  $C$ , hoe meer kracht er nodig is om de veer in te drukken of uit te rekken en hoe stijver de veer.

- De lengte van een veer gaat van 7,0 cm naar 9,4 cm als er een massa van 100 g aan gehangen wordt. Hoe groot is de uitrekking  $u$  van deze veer?
- Bereken de veerconstante van deze veer.
- Bereken de lengte van de veer als er nog een massa van 100 g bij gehangen wordt.

$$F_{veer} = C \cdot u$$

$F_{veer}$  = veerkracht (N)

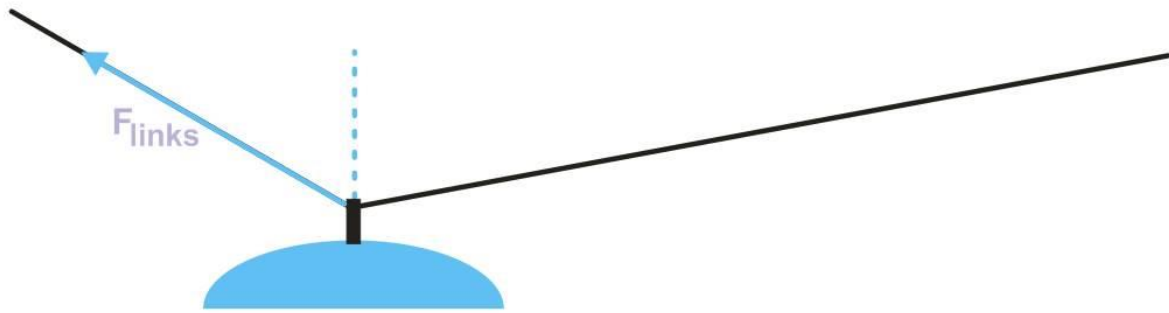
$C$  = veerconstante ( $\text{Nm}^{-1}$ )

$u$  = uitrekking (m)

## 12 Straatlamp

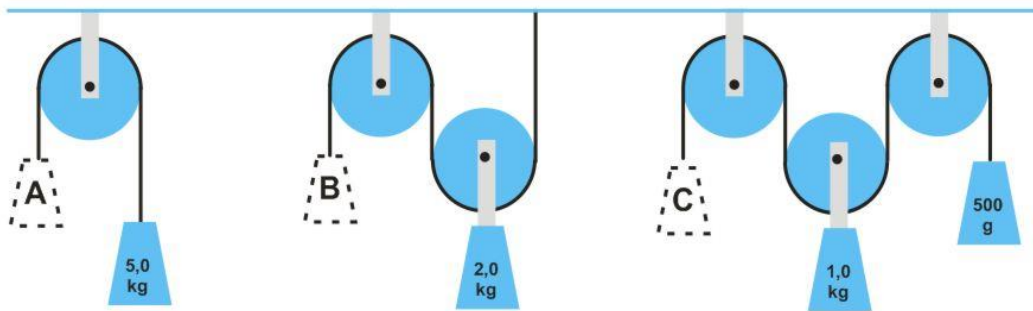
Een straatlamp hangt aan kabel tussen twee huizen boven een straat. De lamp zit vast aan de kabel en kan niet heen en weer schuiven. De lamp hangt niet in het midden. De spankracht in het kabeldeel links ( $F_{links}$ ) van de lamp bedraagt 250 N.

- Ontbind  $F_{links}$  in een horizontale en verticale component en bepaal van ieder de grootte.
- De horizontale component van de spankracht van het rechter kabeldeel is gelijk aan de horizontale component van het linkerdeel. Bepaal hiermee de grootte van de spankracht in het rechterkabeldeel.
- Bepaal de grootte van de resulterende kracht die de twee kabeldelen op de lamp uitoefenen.
- Bereken de massa van de straatlamp.



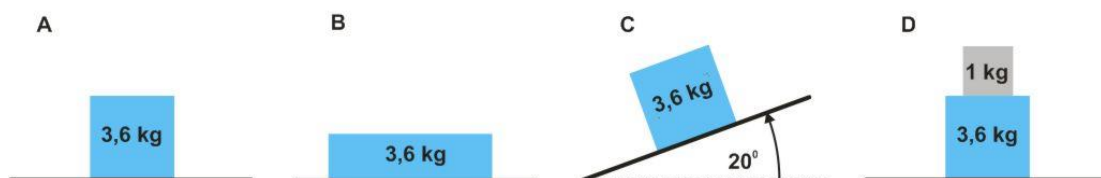
### 13 Katrollen

Een katrol kan gebruikt worden om de spankracht in een touw van richting te veranderen zonder daarbij de grootte van de spankracht te veranderen. Leg in elk van de volgende situaties welke massa nodig is om alles in evenwicht te houden. Ga er hierbij vanuit dat de grootte van de spankracht in ieder touw constant is over de hele lengte. Verwaarloos hierbij de wrijving en de massa van de katrollen en touwen zelf.



### 14 Normaalkracht

Een massa van 3,6 kg ligt op een oppervlak. Bepaal in elke situatie de grootte en richting van de normaalkracht van het oppervlak op de massa van 3,6 kg.



### 15 Helling

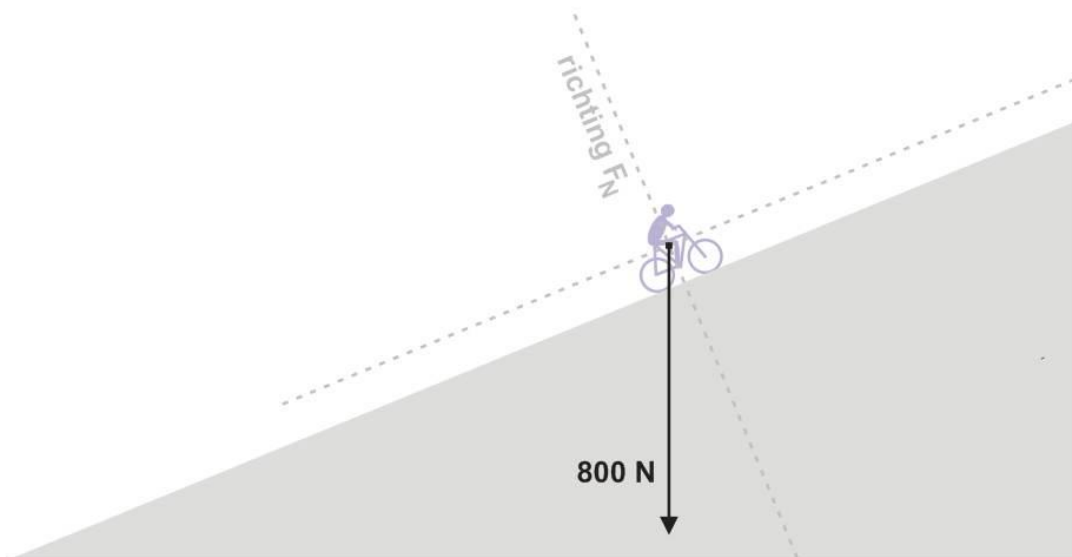
*Je hoeft bij deze opgave geen rekening te houden met wrijving.*

Anouk fiets met een constante snelheid een helling op (zie afbeelding hieronder). Tijdens het fietsen zijn alle krachten in evenwicht en is de resulterende kracht op Anouk 0 N.

a De zwaartekracht op Anouk is 800 N. Laat met een berekening zien dat dit overeenkomt

met een massa van 81,5 kg van Anouk (+ haar fiets).

- b Op Anouk werkt ook normaalkracht. De richting waarop deze werkt staat loodrecht op de helling. De normaalkracht compenseert alleen de component van de zwaartekracht die loodrecht op de helling staat. Ontbind de zwaartekracht in een component loodrecht op de helling en een component parallel aan de helling en bepaal aan de hand hiervan de grootte van de normaalkracht.
- c De component van de zwaartekracht parallel aan de helling wordt niet gecompenseerd door de normaalkracht. Waar komt de kracht vandaan die nodig is om ook deze kracht te compenseren en op een totale kracht van 0 N uit te komen?



## 16 Wrijvingskracht

In elk van onderstaande gevallen is er sprake van wrijvingskracht. Noem voor elke situatie om welke soort wrijvingskracht het gaat. Kies uit lucht-, schuif-, of rolweerstandskracht.

- a Met zachte banden is het zwaarder fietsen dan met goed opgepompte banden
- b Een meteoriet is een stuk steen dat vanuit de ruimte met grote snelheid de dampkring van de aarde inkomt en daar verbrandt door de enorme wrijving die de meteoriet ondervindt.
- c Met sokken op een gladde parketvloer kun je sneller uitglijden dan met schoenen.
- d Met tegenwind is het zwaarder fietsen dan met meewind.

## 17 Tegenwind

Younes rijdt op de fiets met een constante snelheid van 12 km/h. Tijdens het fietsen levert hij een voorwaartse kracht van 34 N. De rolwrijving die hij ondervindt is 12 N. De luchtwrijvingskracht bedraagt 22 N.

- a Laat zien dat in dit geval de 1<sup>e</sup> wet van Newton geldt.
- b Op een stuk van zijn fietstocht moet hij tegen de wind in. De windsnelheid bedraagt 20 km/h. Hoe groot is de snelheid van Younes ten opzichte van de hem omringende lucht? Ga er hierbij vanuit dat hij nog steeds met dezelfde snelheid rijdt.

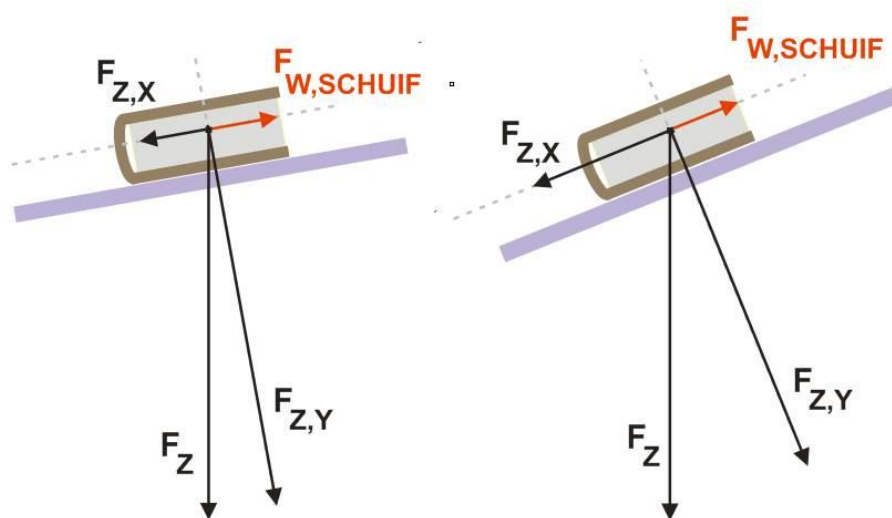


- c Tussen de luchtweerstandskracht en de lichtsnelheid bestaat een kwadratisch verband. Dit betekent dat een twee keer zo grootte snelheid een  $2^2 = 4$  keer zo grote luchtweerstandskracht geeft. Hoe groot is de luchtweerstandskracht die Younes ondervindt tegen de wind in?
- d Welke voorwaartse kracht moet Younes leveren om tegen de wind in te komen?
- e Later heeft Younes wind mee. Bereken of Younes kan stoppen met trappen om dezelfde snelheid te houden.

### 18 Schuifwrijving

Een boek ligt op tafel. Als je de tafel een klein beetje kantelt blijft hij gewoon liggen maar als je de tafel verder kantelt begint het boek op een gegeven moment te glijden (de 'glijhoek').

- a Leg aan de hand van onderstaande figuur uit waarom het boek pas vanaf een bepaalde hoek begint te glijden.
- b Bereken of de glijhoek groter of kleiner wordt bij een boek met gladdere kaft.
- c Bereken of de glijhoek groter of kleiner wordt bij een even zwaar maar groter boek.
- d Bereken of de glijhoek groter of kleiner wordt bij een even groot maar zwaarder boek.



### 19 Krachtsoorten

In de tabel hieronder staan eigenschappen van een aantal krachten. Schrijf bij elke eigenschap op welke kracht hierbij hoort. Je kunt kiezen uit: Zwaartekracht, Spankracht, Luchtweerstand, Rolwrijving, Schuifwrijving, Veerkracht, Normaalkracht en Resulterende kracht.

Krachtsoort	Eigenschap
	Grootte afhankelijk van de snelheid van een voorwerp
	Wordt ook wel somkracht of netto kracht genoemd
	Variabel als het voorwerp stil ligt en constant als het beweegt

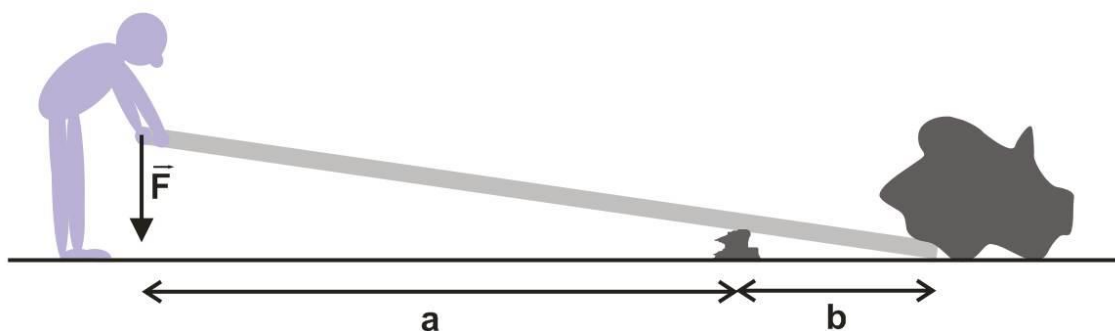
	Aangrijpingspunt is het zwaartepunt van het voorwerp
	Is aan beide kanten van een strak touw gelijk
	Grootte is recht evenredig met de uitrekking
	Richting is altijd loodrecht op het oppervlak
	Ontstaat als een rollend voorwerp een oppervlak raakt

## 20 Speeltuin

Eddy (65 kg) zit met zijn kleine zusje Bianca (17 kg) in de speeltuin op een wip. Bianca zit op een afstand van 2,5 m vanaf het draaipunt van de wip. Om ervoor te zorgen dat de wip in evenwicht is moet Eddy dichterbij het draaipunt zitten dan Bianca. Bereken met de hefboomwet op welke afstand van het draaipunt Eddy moet gaan zitten.

## 21 Hefboom

Om een zwaar rotsbloksteen van zijn plek te krijgen probeert Marouan met een boomstam de kracht die hij uitoefent te vergroten. (zie afbeelding hieronder). Bepaal m.b.v. de afbeelding de kracht die op het rotsblok wordt uitgeoefend als Marouan met zijn volle gewicht (58 kg) op de boomstam gaat hangen. Aanwijzing: Je hoeft hiervoor de precieze lengtes niet te weten. Alleen de verhouding tussen de lengtes a en b is voldoende.



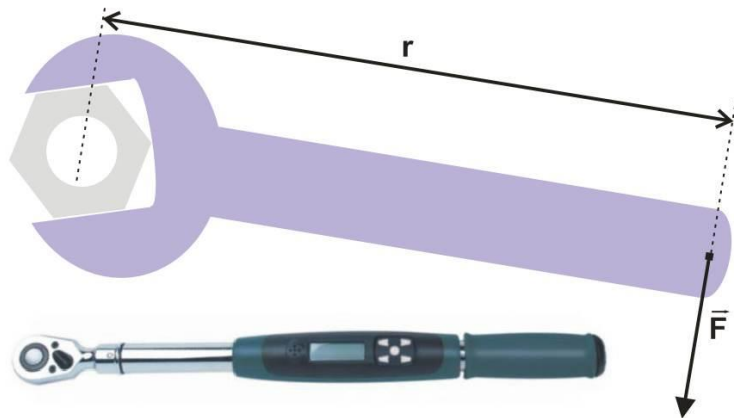
## 22 Momentsleutel

Bij het aandraaien van moeren wordt in sommige situaties precies aangegeven hoe strak een moer moet worden aangedraaid. Dit wordt uitgedrukt in het begrip 'moment'. Voor het moment (ook wel draaikracht genoemd) geldt onderstaande formule.

- Een moer moet worden aangedraaid tot een moment van 10 Nm met een sleutel met een lengte van 20 cm. Bereken de kracht die op het uiteinde moet worden uitgeoefend. Ga er hierbij vanuit dat de richting van de kracht loodrecht op de sleutel staat.
- Bereken het moment als er op de sleutel een kracht van 68 N wordt uitgeoefend.
- Voor precisieklussen wordt wel gebruikt gemaakt van een zg 'momentsleutel'. Op een

momentsleutel kan worden ingesteld hoe groot het moment is waarmee kan worden aangedraaid. Als het uitgeoefende moment te groot is slijt de sleutel door zodat nooit teveel kracht gezet kan worden. Een momentsleutel met een lengte van 35 cm wordt ingesteld op 50 Nm. Op het uiteinde wordt een kracht van 160 N uitgeoefend. Ga door een berekening na of de momentsleutel slijt of niet.

- d De momentsleutel uit de vorige vraag kan verlengd worden met een opzetstuk waardoor de lengte 50 cm wordt in plaats van 35 cm. Bereken (geen berekening) of de ingestelde moment moet worden aangepast om een moer met de juiste sterkte aan te draaien.



$$M = F \cdot r$$

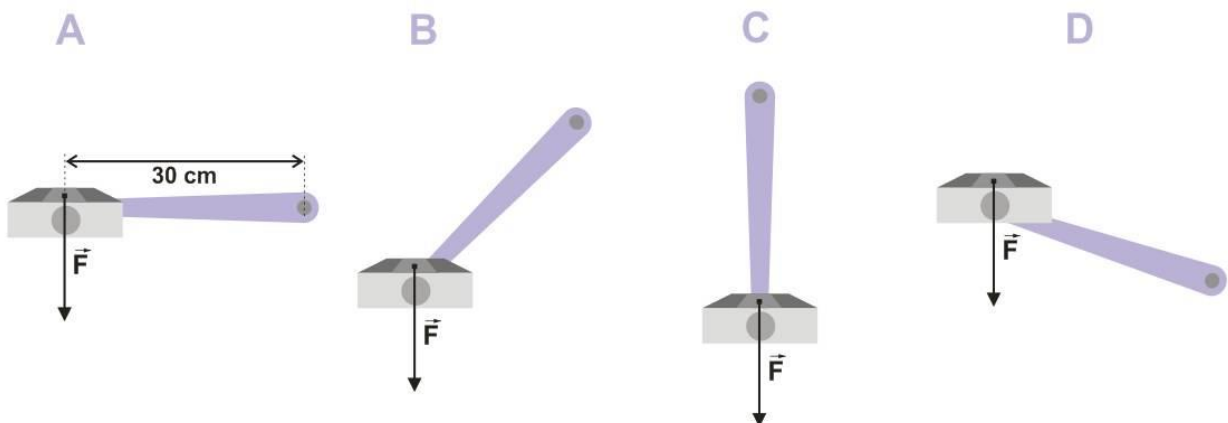
M = moment of draaikracht (Nm)

F = grootte kracht (N)

r = arm (m)

### 23 Arm bepalen

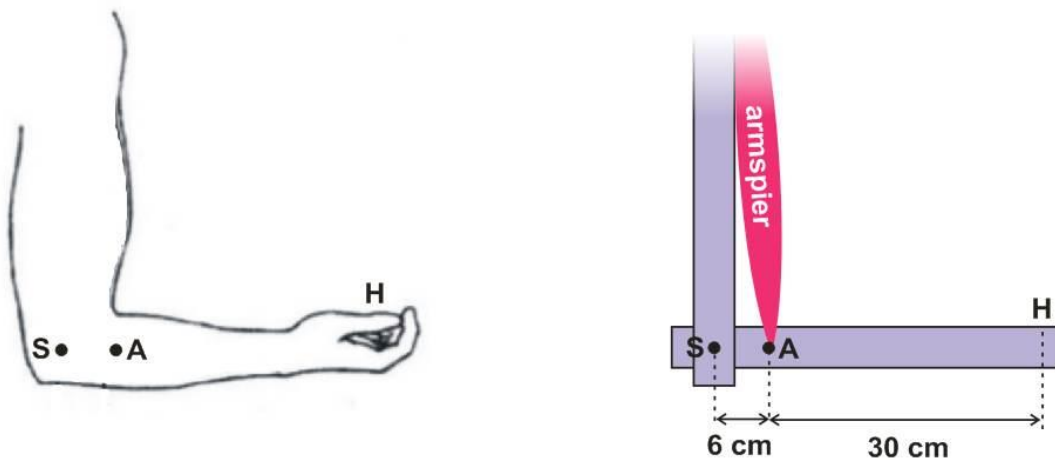
In de afbeelding hieronder staat telkens een fietstrapper afgebeeld. De afstand tussen het midden van de trapper en de trapas is steeds 30 cm en op de trapper wordt telkens een kracht recht naar beneden uitgeoefend. Bepaal in elk van de situaties door te meten in de afbeelding de grootte van de arm.



### 24 Onderarm

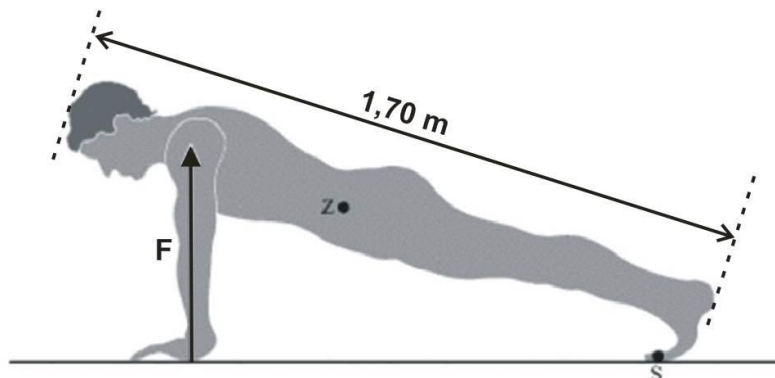
Wanneer je je arm buigt oefen je met je armspier kracht uit op het aanhechtingspunt van de spier aan de onderarm. In de afbeelding hieronder staan rechts een vereenvoudigd schema met hierin: het scharnierpunt van je elleboog (S), het aanhechtingspunt van de spier (A) en de plaats van de hand (H).

- Leg aan de hand van de afbeelding uit dat de onderarm een hefboom vormt.
- Bereken de kracht die de armspier moet uitoefenen om een gewicht van 1,0 kg in je hand te houden in deze stand. Je mag de massa van de arm zelf hierbij verwaarlozen en ervan uitgaan dat de richting van de spierkracht recht naar boven is.
- De maximale spierkracht die je langdurig kunt uitoefenen bedraagt 230 N. Bereken het maximale gewicht wat je (langdurig) kunt vasthouden.



## 25 Opdrukken

Martijn traint zijn arm- en rugspieren door zich op te drukken. De afbeelding hieronder toont Martijn in de bovenste stand. In deze stand wordt door de grond een normaalkracht  $F$  uitgeoefend op zijn arm. Deze kracht zorgt er, samen met dezelfde even grote kracht op zijn andere arm en de zwaartekracht dat Martijn in evenwicht is ten opzichte van scharnierpunt S.. De massa van Martijn is 64 kg en zijn lengte is 1,70 m. In de afbeelding stelt Z het zwaartepunt van Martijn voor. Bepaal uit onderstaande afbeelding de grootte van kracht  $F$ .



## 26 Wetten van Newton

De eerste wet van Newton zegt dat als er geen resulterende kracht op een voorwerp wordt uitgeoefend, dat de snelheid constant is of dat het voorwerp stilstaat. De tweede wet van Newton zegt dat resulterende kracht en de versnelling die een voorwerp ondergaat recht evenredig met elkaar zijn. Leg uit dat de eerste wet eigenlijk volgt uit de tweede wet van Newton.

## 27 Krachtenevenwicht

Bepaal of er in de volgende situaties sprake is van krachtenevenwicht of niet.

- Een boek ligt op tafel
- Een ijzeren bal valt vanaf een hoge toren naar beneden.
- Een hogesnelheidstrein rijdt met een constante snelheid van 287 km/h.
- Een heteluchtballon stijgt met een constante snelheid van 2,3 m/s omhoog.

## 28 Versnelling

Bepaal in elk van onderstaande situaties de versnelling.

- Een massa van 2,0 kg ondervindt een resulterende kracht van 10 N.
- Een locomotief oefent op een treinstel van 230 ton een kracht uit van 45 kN.
- Op een massa van 12 kg werkt een kracht van 30 N naar rechts en een kracht van 21 N naar links.
- Een parachutist met een massa van 75 kg zweeft hangend aan zijn parachute met constante snelheid naar beneden.

## 29 Wegfietsen

Als Ronald vanuit stilstand wegfietst oefent hij een voorwaartse kracht van 34 N uit. Bij het wegfietsen ondervindt hij een constante rolwrijving van 8,0 N en geen luchtwrijvingskracht. De massa van Ronald + fiets bedraagt 65 kg.

- Bereken de resulterende kracht die Ronald ondervindt als hij wegfietst.
- Bereken de versnelling van Ronald.
- Bereken hoe lang het duurt voordat Ronald een snelheid van 20 km/h bereikt ervan uitgaande dat de versnelling constant blijft..
- In werkelijkheid neemt de wrijvingskracht toe naarmate Ronalds snelheid toeneemt. Als Ronald met 20 km/h fietst ondervindt hij bovenop de rolwrijvingskracht een luchtwrijvingskracht van 24 N. Bereken de resulterende kracht die er nu op Ronald werkt.
- Voorspel wat er gebeurt als Ronald blijft trappen met voorwaartse kracht 34 N.

## 30 Valversnelling

Milou laat kogel met een massa van 3,00 kg vallen.

- Bereken de grootte van de resulterende kracht die op de kogel werkt direct nadat Milou

de kogel heeft losgelaten.

- b Bereken de versnelling die de kogel zal ondervinden.
- c Laat met een berekening zien dat de versnelling hetzelfde zou zijn als Milou een kogel met een twee keer zo grote massa zou hebben genomen.
- d Het lijkt er dus op dat de massa niks uitmaakt voor hoe snel voorwerpen vallen. Toch zitten er wel in de praktijk wél verschillen in de snelheid waarmee voorwerpen vallen. Leg uit hoe dit kan.

### 31 Parachutesprong

Jolien maakt een parachutesprong. Vanaf grote hoogte springt ze uit het vliegtuig. De massa van Jolien, inclusief uitrusting, is 75 kg. Als Jolien springt is haar parachute nog niet geopend.

- a Hoe groot is de versnelling die Jolien ondergaat meteen nadat ze uit het vliegtuig is gesprongen?
- b Bereken de snelheid die Jolien na 7,0 seconden zou bereiken als ze gedurende deze tijd zou blijven versnellen met deze versnelling.
- c In werkelijkheid is de snelheid lager. Leg uit hoe dit komt.
- d Na 7,0 seconde opent ze haar parachute. Hierdoor neemt haar valsnelheid nog meer af. Leg uit hoe dit komt.

### 32 Bergtrein

*Bij deze vraag mag je de wrijvingskracht verwaarlozen.*

Een bergtrein met een totale massa van 24000 kg versneld vanuit stilstand op een vlak stuk eenparig in 3,5 s tot een snelheid van  $5,0 \text{ ms}^{-1}$ . Hierna blijft de trein op deze snelheid rijden.

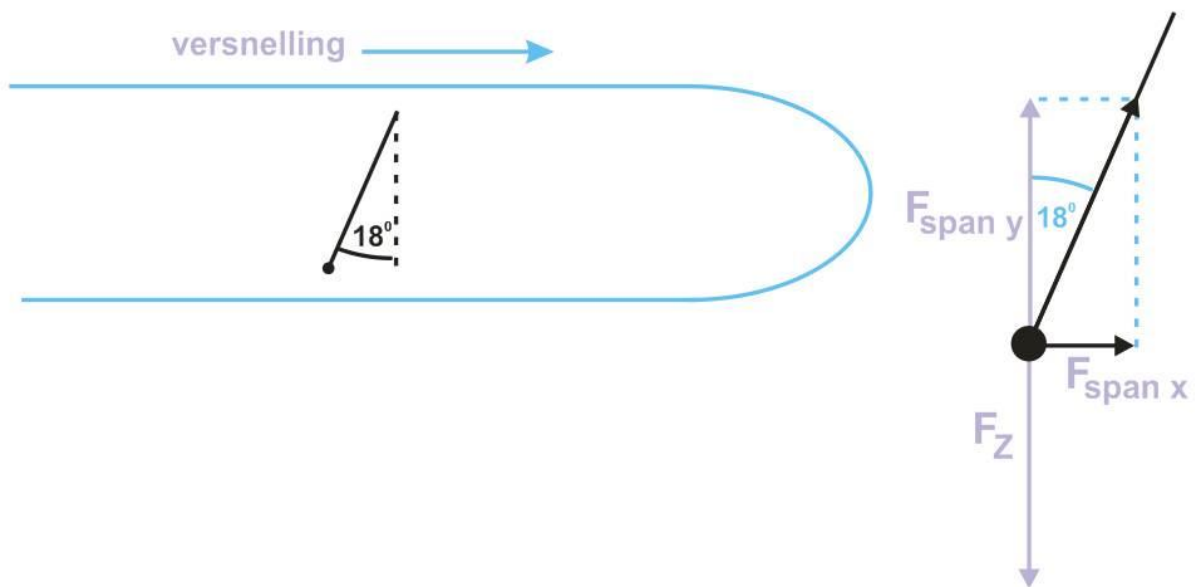
- a Bereken de voorwaartse kracht die de motor tijdens het versnellen moet leveren.
- b Hierna begint de trein met dezelfde snelheid te klimmen. Tijdens de klim bedraagt de langs de helling gerichte component van de zwaartekracht 46 kN. Bereken de voorwaartse kracht die de motor levert tijdens het klimmen.
- c Vlak voor de eerste halte stopt de machinist de treinmotoren. De trein staat niet in één keer stil maar vertraagd eenparig. Op het moment dat de trein stilstaat schakelt de machinist de handrem in. Bereken hoe lang het vertragen duurt.
- d Als de trein weer vertrekt moet de motor een grotere kracht leveren dan bij het begin van de rit omdat de trein nu bergop moet versnellen. Bereken de benodigde motorkracht als de trein met dezelfde versnelling versnelt als aan het begin van de rit.

### 33 Take-off

Mark wil tijdens de take-off van een vliegtuig de versnelling bepalen. Hij heeft hiervoor een touwtje met daaraan een gewichtje van 50 g meegenomen in het vliegtuig. Als het vliegtuig aan het begin van de startbaan staat te wachten voor vertrek laat pakt Mark het touwtje met het gewichtje en laat het recht voor zich naar beneden hangen. Zodra het vliegtuig

toestemming krijgt te vertrekken en het vliegtuig versnelt op de startbaan gaat het touwtje scheef naar achteren staan. Mark meet een hoek van  $18^\circ$  tijdens het versnellen. In de afbeelding hieronder staat schematisch weergegeven wat er gebeurt.

- Hoe groot is de zwaartekracht op het gewichtje?
- De zwaartekracht wordt gecompenseerd door de verticale component van de spankracht in het touwtje,  $F_{\text{span } y}$ , maar er is ook een horizontale component:  $F_{\text{span } x}$ . Bepaal uit de tekening de grootte van  $F_{\text{span } x}$ .
- Je antwoord op vraag b is meteen ook de resulterende kracht op het gewichtje. De enige twee krachten die er werken zijn namelijk spankracht en zwaartekracht. Bereken met behulp van de tweede wet van Newton de versnelling van het gewichtje, en daarmee ook de versnelling van het hele vliegtuig.



## ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

[natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

### 1 Kop-staart

- a 28 N
- b 32 N
- c 18 N
- d 0 N

### 2 Sleepboot

- b 54 kN

### 3 Horizontaal verticaal

- a 2 N
- b  $1,2 \cdot 10^2$  N
- c 64 N
- d 55 N

### 4 Rechte hoek

- b 61 N
- c  $10^\circ$

### 7 Grootte

- c 52 N

### 8 Tillen

- a 97 N

### 9 Pythagoras

- b 24 N / 14 N

### 10 Zwaartekracht

- a 4,91 N
- b  $4,4 \cdot 10^{-2}$  N
- c  $3,4 \cdot 10^4$  N
- d  $1,5 \cdot 10^2$  N

### 11 Veerkracht

- a 2,4 cm
- b  $41 \text{ Nm}^{-1}$
- c 11,8 cm

### 12 Straatlamp

- b  $2,2 \cdot 10^2$  N
- c  $1,7 \cdot 10^2$  N
- d 17 kg

### 13 Katrollen

- a 5,0 kg
- b 1,0 kg
- c 500 g

### 14 Normaalkracht

- a 35 N
- b 35 N
- c 33 N
- d 45 N

### 15 Helling

- b  $7,4 \cdot 10^{-2}$  N

### 16 Wrijvingskracht

- b  $2 \cdot 10^3$  N

### 17 Tegenwind

- b 32 km/h
- c  $1,6 \cdot 10^2$  N
- d  $1,7 \cdot 10^2$  N
- e nee

### 20 Speeltuín

- a 65 cm

### 21 Hefboom

- a  $1,7 \cdot 10^3$  N

### 22 Momentsleutel

- a 50 N
- b 14 Nm

### 23 Arm bepalen

- a 30 cm
- b 21 cm
- c 0 cm
- d 29 cm

### 24 Onderarm

- b 59 N
- c 3,9 kg

### 25 Opdrukken

- a  $2,1 \cdot 10^2$  N

### 28 Versnelling

- a  $5,0 \text{ ms}^{-2}$
- b  $0,20 \text{ ms}^{-2}$
- c  $0,75 \text{ ms}^{-2}$  (naar rechts)
- d  $0 \text{ ms}^{-2}$

### 29 Wegfietsen

- a 26 N
- b  $0,40 \text{ ms}^{-2}$
- c 14 s
- d 2,0 N

### 30 Valversnelling

- a 29,4 N
- b  $9,81 \text{ ms}^{-2}$



### 31 Parachutesprong

- a  $9,81 \text{ ms}^{-2}$
- a  $69 \text{ ms}^{-1}$

### 32 Bergtrein

- a  $3,4 \cdot 10^4 \text{ N}$
- b  $4,6 \cdot 10^4 \text{ N}$
- c 2,6 s
- d  $8,0 \cdot 10^4 \text{ N}$

### 33 Take-off

- a 0,49 N
- b 0,16 N
- c  $3,2 \text{ ms}^{-2}$

