**3.1 Krachten en hun eigenschappen**

**Opgave 1**

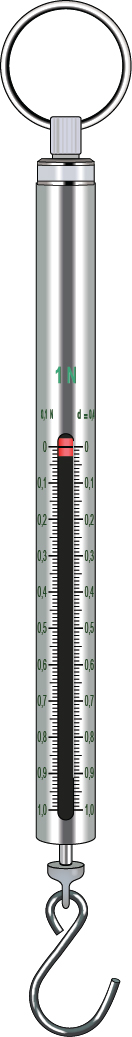
Twee bolletjes A en B zijn positief geladen. Tussen de bolletjes werkt een elektrische kracht waardoor ze elkaar afstoten. De kracht op A grijpt aan in het ‘midden’ van het bolletje. De onderlinge kracht bedraagt 20 mN.

a Teken de kracht op bolletje A, waarbij 1 cm  5 mN.

b Teken ook de kracht op bolletje B.

**Opgave 2**

In figuur 3.1 zie je een foto van een krachtmeter. Op de foto komt 1,0 cm overeen met 2,8 cm in werkelijkheid.



**Figuur 3.1**

In zo’n meter zit een spiraalveer. De trekkracht van de veer is evenredig met de uitrekking:



Hierin is *C* de veerconstante van de veer.

a In welke eenheid kun je de veerconstante uitdrukken als je gebruik maakt van de bovenstaande gegevens?

b Bepaal de eenheid van de veerconstante uitgedrukt in grondeenheden van het SI.

c Bepaal aan de hand van de afgebeelde schaalverdeling hoe groot de veerconstante van de krachtmeter is.

**Opgave 3**

Bij bungeejumpen spring je van een grote hoogte naar beneden, terwijl je met een stevig soort elastiek vastzit.

Tim maakt een bungeejump. Het elastiek is 30 m lang als het niet is uitgerekt. Als Tim op het diepste punt is, is het elastiek 54 m lang. Ga ervan uit dat het elastiek zich gedraagt als een veer met een veerconstante van 30 N/m.

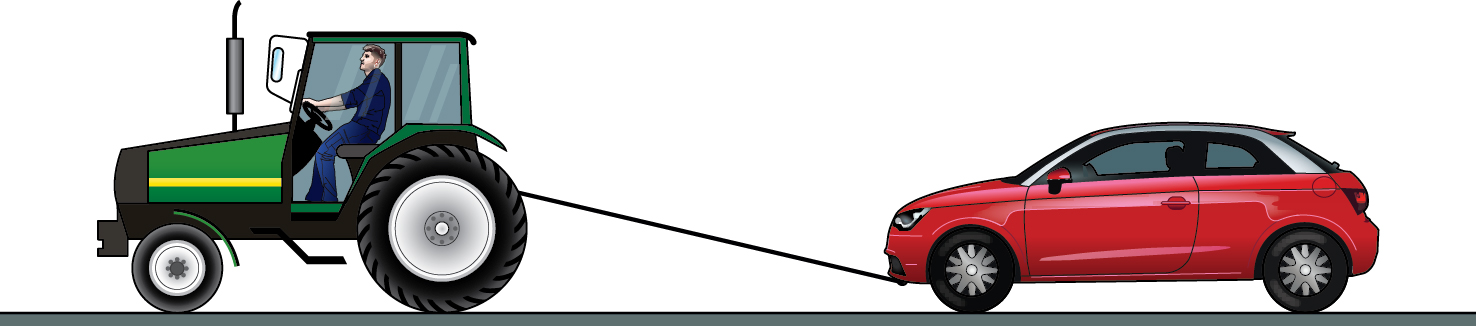
a Wat zijn de twee krachten die op Tim werken als hij op het diepste punt is?

b Bereken de massa van Tim.

**Opgave 4**

Een auto zit vast in de modder en moet met een tractor worden losgetrokken. De bestuurder van de tractor maakt een sleepkabel vast: aan de ene kant aan de auto en aan de andere kant aan de tractor. Zie figuur 3.2.

Als de tractor probeert weg te rijden, lukt het niet om de auto los te krijgen. Dan bedenkt de bestuurder zich dat de auto nog op de handrem staat waardoor de wielen van de auto zijn geblokkeerd.



**Figuur 3.2**

a Teken in figuur 3.2 de krachten die er op de auto werken als de handrem er nog opstaat. Je hoeft geen rekening te houden met de grootte van de krachten. Let er wel op dat iedere kracht bij het juiste aangrijpingspunt wordt getekend.

De bestuurder haalt de auto van de handrem.

b Leg uit welke kracht of krachten uit opgave a van grootte verandert of veranderen.

**Opgave 5**

Onderstaand artikel gaat over de rolweerstand die auto’s ondervinden. Lees eerst dit artikel.

**Rolweerstand**

Het stemt tot grote tevredenheid dat tegenwoordig niet meer alleen over de luchtweerstand van auto’s wordt gesproken. Het is namelijk vreemd dat de rolweerstand van de personenauto nooit dezelfde aandacht heeft gekregen als de luchtweerstand. De rolweerstand is namelijk voor stadsverkeer van dezelfde orde van grootte als de luchtweerstand.

De rolweerstand wordt veroorzaakt door het indrukken van de band op de plaats waar hij de weg raakt. De bandenspanning en de structuur van het wegoppervlak zijn er dus op van invloed, de snelheid van de auto nagenoeg niet.

In het algemeen is de rolweerstand rechtevenredig met de massa van de auto. In formulevorm wordt voor deze kracht daarom wel geschreven:



Hierin is *c*rol de zogenaamde rolwrijvingscoëfficiënt.

In het geval van een auto heeft *c*rol een gemiddelde waarde van 0,012. Voor een trein (staal-op-staal-contact) is dat 10 maal zo klein: 0,0012.

De autofabrikant die een auto met een kleine rolweerstand wil leveren, moet dus een licht autootje op de markt brengen. Een kleine massa is in het stadsverkeer sowieso aantrekkelijk omdat er zo vaak geremd en opnieuw moet worden opgetrokken.

*Naar: NRC Handelsblad*

Met behulp van de formule en gegevens uit het artikel kan een grafiek gemaakt worden die het verband weergeeft tussen de rolweerstand en de massa van de auto.

a Maak een diagram van de rolweerstand met daarin verticaal de rolweerstand en horizontaal de massa van de auto tussen 0 en 1200 kg.

In de formule voor de rolweerstand komt de rolwrijvingscoëfficiënt *c*rol voor.

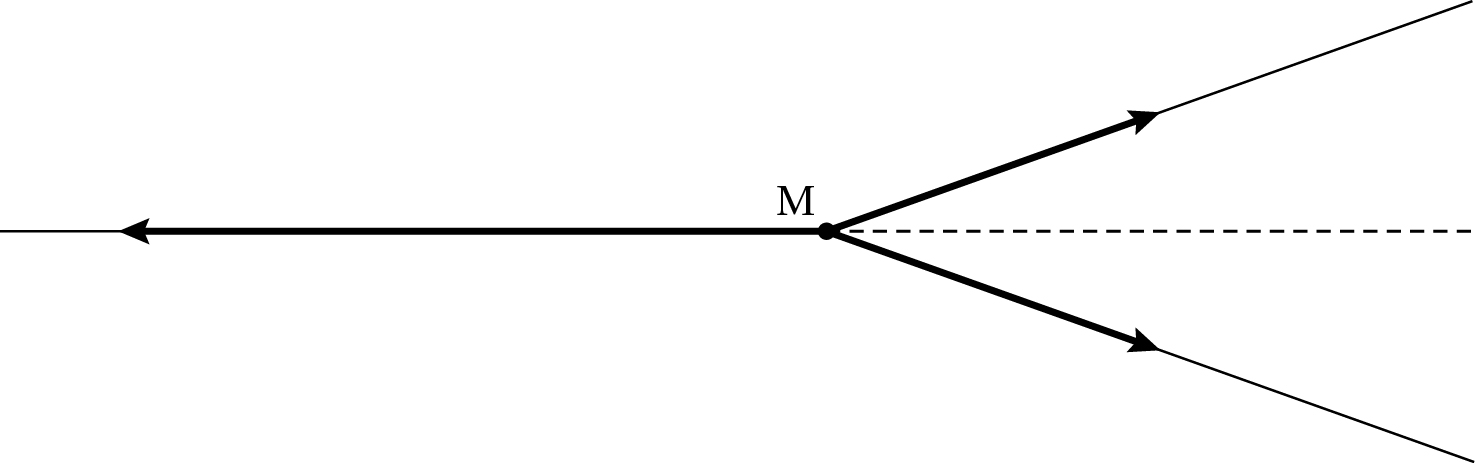
b Toon met behulp van de formule aan dat de rolwrijvingscoëfficiënt *c*rol geen eenheid heeft.

c Leg uit waarom een auto met harde banden bij dezelfde snelheid minder benzine per km gebruikt dan dezelfde auto met zachte banden.

**3.2 Samenstellen van krachten**

**Opgave 6**

Tijdens een touwtrekwedstrijd tussen de *Bulls* en de *Bears* denkt de coach van de *Bears* slim te zijn. Hij stelt voor om vanaf het midden M van het trektouw een tweede touw te gebruiken, zodat zijn teamleden niet allemaal achter elkaar staan te trekken. Zie figuur 3.3. Hij denkt namelijk dat zijn team zal winnen als zijn teamleden het dichtst bij het midden van het touw kunnen trekken.



**Figuur 3.3**

a Leg uit waarom de coach van de *Bears* ongelijk heeft.

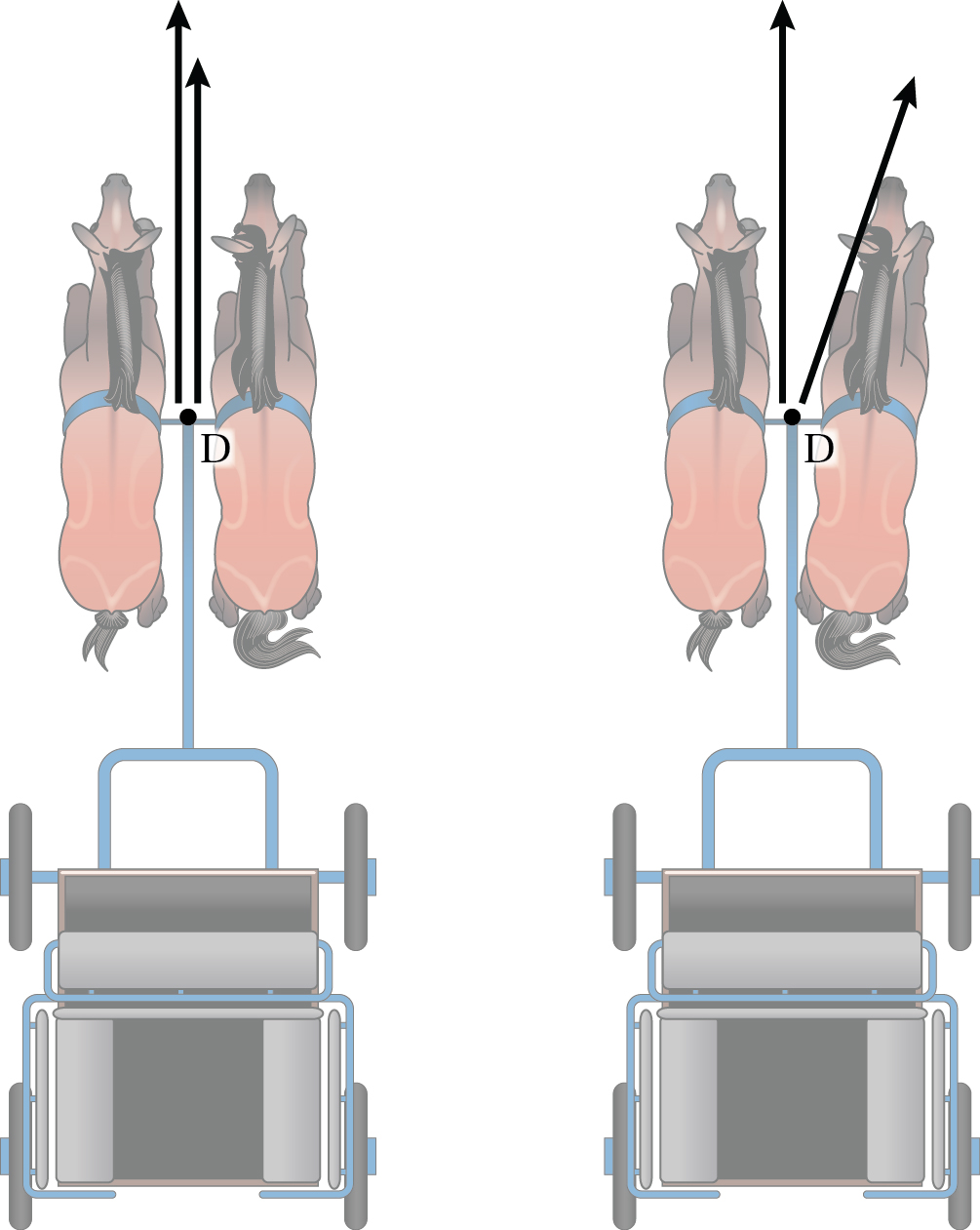
De coach van de *Bulls* gaat met het voorstel van de andere coach akkoord. Er gaat getrokken worden met een gesplitst touw.

Bij de *Bears* worden de trekkers verdeeld in twee gelijke groepen die elk onder dezelfde hoek aan het hoofdtouw trekken. De trekkers van de *Bulls* trekken op de gebruikelijke manier aan het ongesplitste eind. Neem aan dat alle touwtrekkers even hard trekken.

b Bepaal aan de hand van een tekening welk team zal winnen.

**Opgave 7**

Een koets wordt getrokken door twee paarden. Zie figuur 3.3. De krachten waarmee de paarden trekken zijn getekend in figuur 3.3a, waarbij een schaalfactor is gebruikt van 1 cm ≙ 500 N. Voor de opgave mag je ervan uit gaan dat het aangrijpingspunt van beide trekkrachten op de dissel ligt bij punt D.



**Figuur 3.3a en 3.3b**

Beide paarden trekken vooruit.

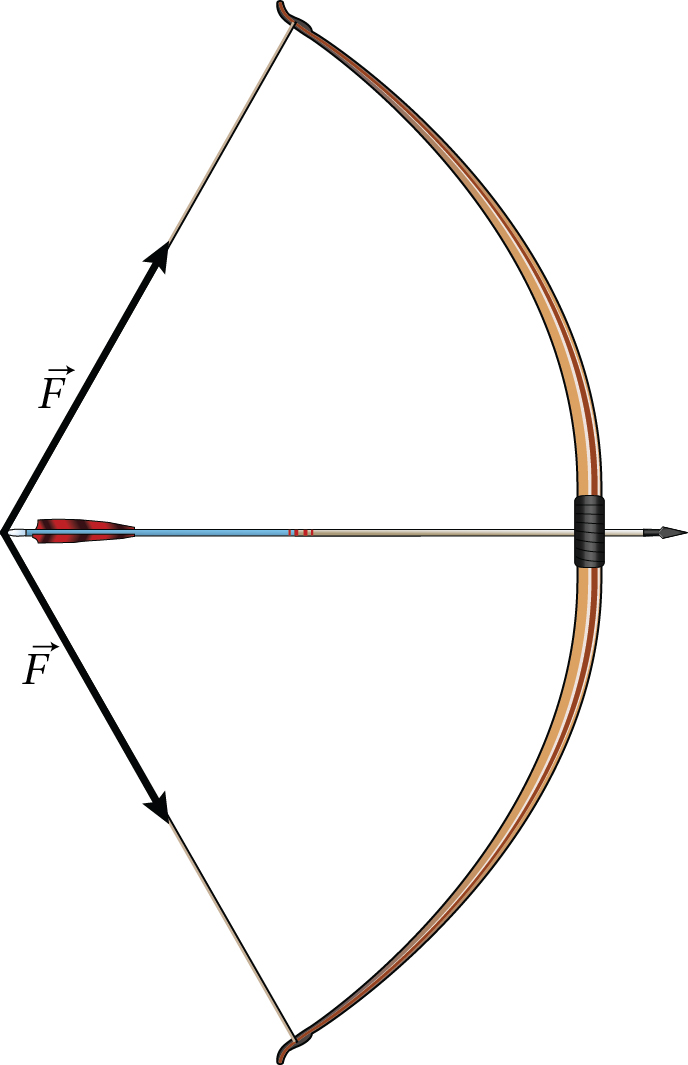
a Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

Eén paard raakt een beetje uit koers en gaat gedeeltelijk naar de zijkant trekken. Zie figuur 3.3b.

b Bepaal met behulp van een constructie de grootte van de resulterende kracht.

**Opgave 8**

In figuur 3.4 zie je een tekening van een pijl en boog. Daarin zijn de krachten getekend die door de pees op de pijl worden uitgeoefend. Er geldt *F* = 1,4·102 N.



**Figuur 3.4**

a Leg uit dat de richting van de resulterende kracht langs de pijl is gericht.

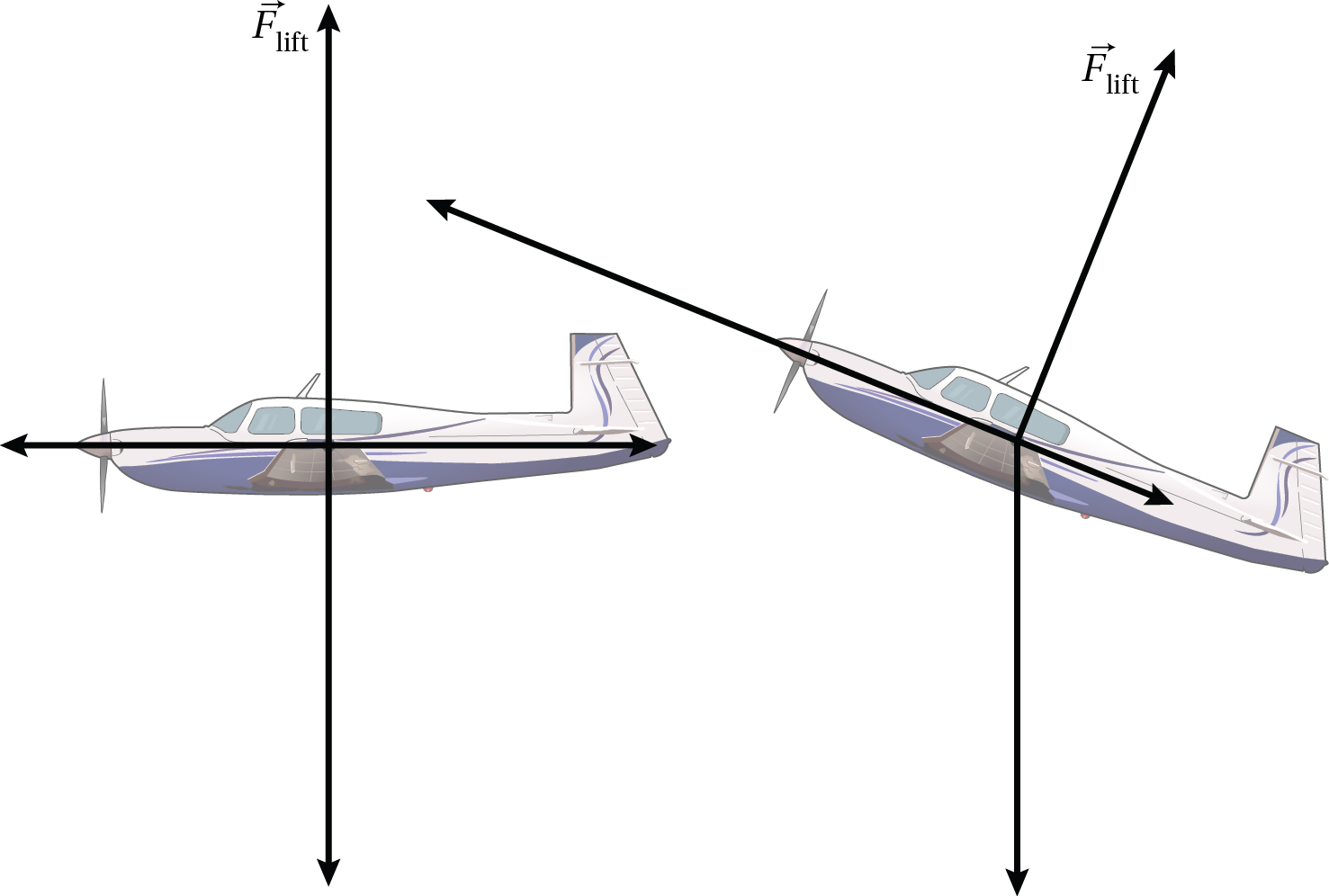
b Toon met behulp van een constructie aan dat de grootte van de resulterende kracht op de pijl gelijk is aan 1,4·102 N.

c Bereken, dus niet bepaal, de grootte van de hoek in de pees op de plaats van de pijl.

**Opgave 9**

Als een vliegtuig op kruissnelheid vliegt, werkt er een aantal krachten op het vliegtuig. In figuur 3.5a zijn deze krachten getekend met een schaalfactor van 1 cm ≙ 106 N.

De liftkracht wordt veroorzaakt door de stroming van de lucht om de vleugels.



**Figuur 3.5a en 3.5b**

a Geef toepasselijke namen aan de andere drie krachten in figuur 3.5a.

b Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

Tijdens het stijgen zijn de grootte en de richting van de krachten anders. Zie figuur 3.5b. De schaalfactor is weer 1 cm ≙ 106 N.

c Bepaal de grootte van de resulterende kracht tussen de verticale kracht en de liftkracht.

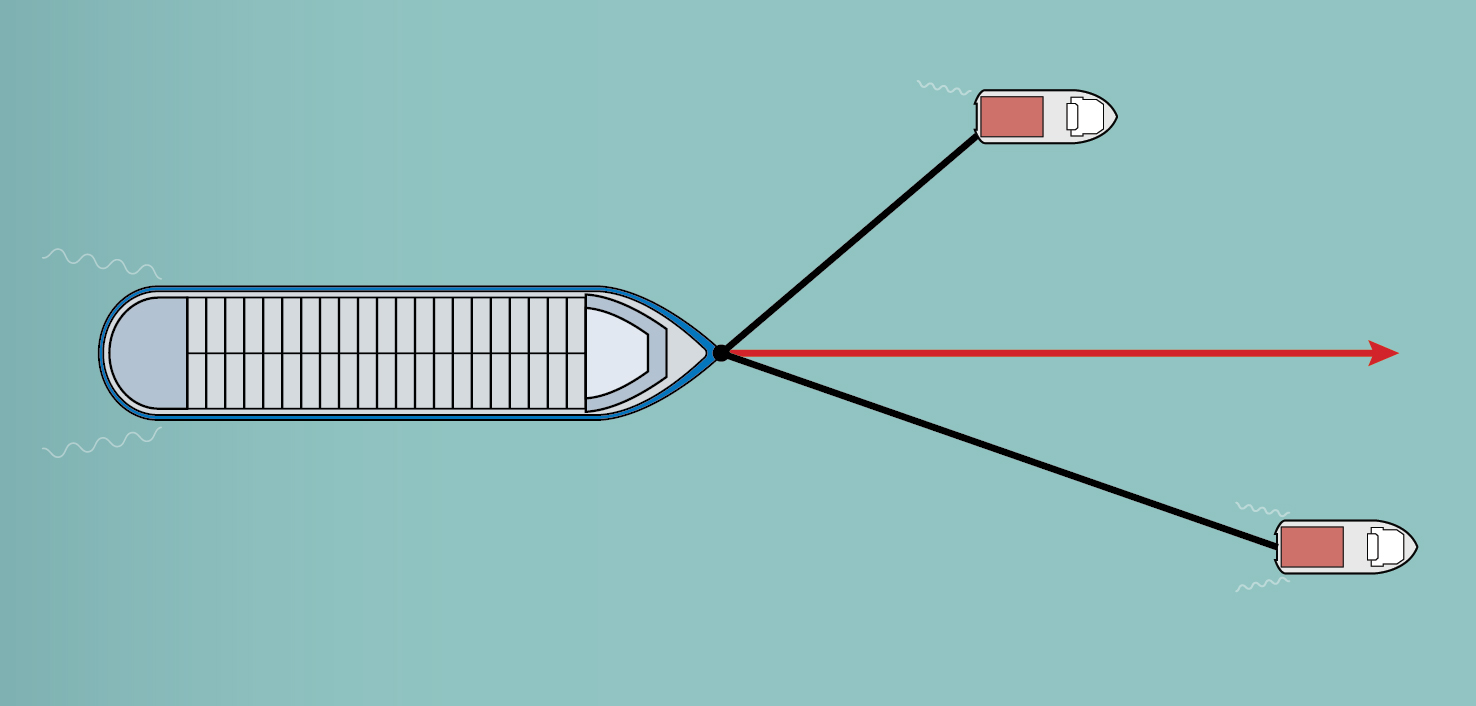
d Bepaal de grootte van de resulterende kracht van de andere twee krachten.

e Bepaal de grootte en de richting van de totale resulterende kracht.

**3.3 Ontbinden van krachten**

**Opgave 10**

Een vrachtschip wordt getrokken door twee sleepboten. Zie figuur 3.4



**Figuur 3.4**

De totale sleepkracht is aangegeven door de rode pijl.

a Construeer de twee trekkrachten van beide sleepboten.

De sleepboten varen nu ver uit elkaar.

b Leg uit of het gunstiger is dat de sleepboten dichter bij elkaar gaan varen of juist verder uit elkaar.

**Opgave 11**

Een kracht *F* van 65 N wordt ontbonden langs twee assen *X* en *Y* die loodrecht op elkaar staan.

De *X*­as maakt een hoek van 50° met de te ontbinden kracht *F*.

a Maak een tekening.

b Bereken de grootte van de component *F*x.

c Bereken de grootte van de component *F*y.

d De kracht *F* wordt zodanig gedraaid dat de *X*­component 25 N is.

e Bereken dan de hoek die *F*x maakt met *F*.

f Bereken de andere component.

**Opgave 12**

Een fietser rijdt zonder te trappen van een helling af. Zie figuur 3.6. De fietser heeft, samen met zijn fiets, een massa van 72 kg.

a Teken in figuur 3.6 de zwaartekracht die op de fietser werkt. Gebruik een schaalfactor van 1 cm ≙ 200 N.

b Ontbind de zwaartekracht in een component loodrecht op de helling en een component evenwijdig aan de helling.

c Bepaal de grootte van de component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling.

d Bepaal de grootte van de component van de zwaartekracht loodrecht op de helling.

e Controleer aan de hand van een berekening of je antwoorden op de vragen c en d in overeenstemming zijn met je antwoord op vraag a.



**Figuur 3.6**

**Opgave 13**

Een spin hangt aan een draad. Zie figuur 3.7. De spin heeft een massa van 0,80 g. De draad zakt door onder het gewicht van de spin.

a Teken de zwaartekracht op de spin in figuur 3.7. Kies zelf een goede schaalfactor.

b Ontbind de zwaartekracht op de spin in twee componenten die evenwijdig lopen aan de twee delen van de spindraad.

c Bepaal de grootte van die twee componenten.



**Figuur 3.7**

**Opgave 14**

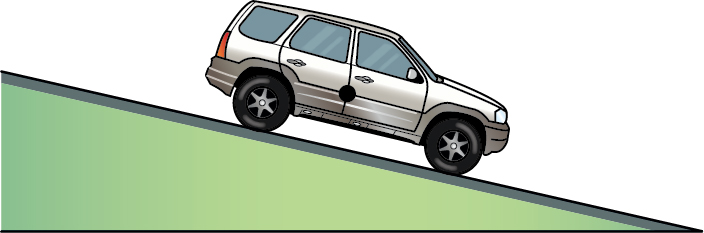
Bij elk van de vier wielen van een auto zit een spiraalveer.

Vijf personen met elk een massa van 76 kg stappen in een auto. De auto veert hierdoor 2,8 cm in.

a Bereken de veerconstante van één spiraalveer in N/mm.

De auto met een massa van 1,2·103 kg staat zonder passagiers erin stil op een helling. Zie figuur 3.8.

Het zwaartepunt van de auto is weergeven door de punt.



**Figuur 3.8**

b Toon aan dat de zwaartekracht op de auto gelijk is aan 12 kN.

c Toon aan de component van de zwaartekracht langs de helling gelijk is aan 2,7 kN.

De auto glijdt niet naar beneden, dat komt door de wrijvingskracht van de handrem. De wrijvingskracht is dan even groot maar tegengesteld gericht aan de component van de zwaartekracht langs de helling.

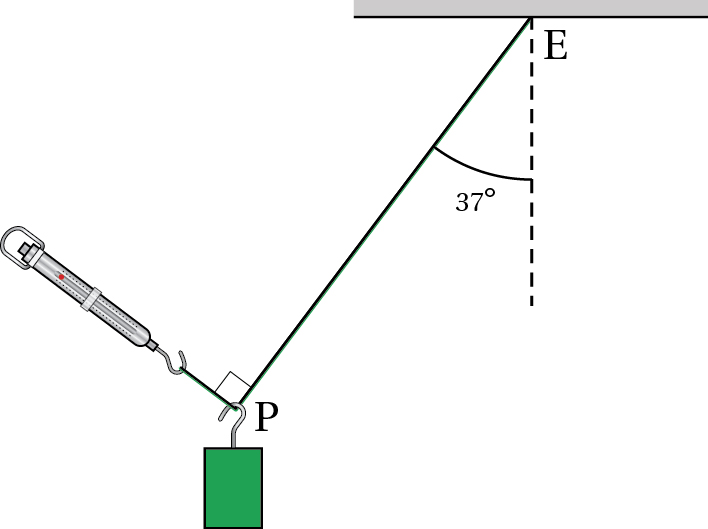
De wrijvingskracht heeft echter een maximale waarde van 3,5 kN.

d Bereken hoeveel passagiers in de auto kunnen gaan zitten voordat de auto naar beneden begint te glijden.

**3.4 Krachten in evenwicht**

**Opgave 15**

Een touw met daaraan een massa wordt door een krachtmeter in het punt P naar links getrokken. Zie figuur 3.6. De krachtmeter wijst 15 N aan.



**Figuur 3.9**

a Teken een vectordiagram van de krachten die in het punt P werken met als schaalfactor 1 cm  5 N.

b Bepaal de spankracht in het touw.

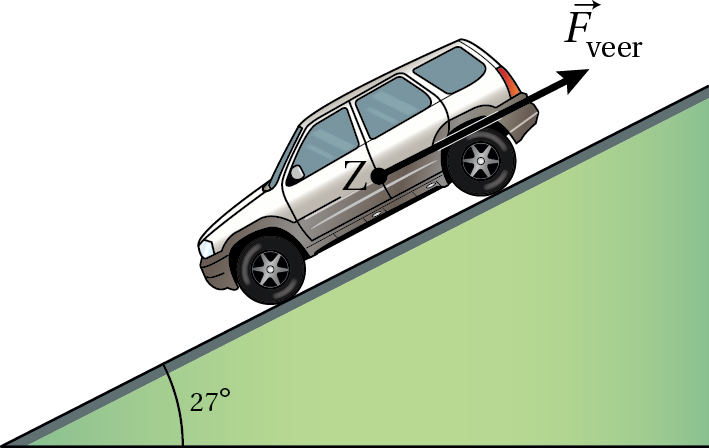
c Bepaal de grootte van de massa.

De krachtmeter wordt nu horizontaal gehouden. De hoek van het touw met de verticaal blijft 37º.

d Leg uit, zonder gebruik te maken van een nieuwe constructie, of de krachtmeter nu meer, minder of dezelfde waarde aangeeft.

**Opgave 16**

Een speelgoedauto op een helling blijft in rust met behulp van een veerunster. Zie figuur 3.10. De veerunster geeft een veerkracht van 2,32 N aan. De veer rekt 4,6 cm uit.



**Figuur 3.10**

a Toon aan dat de veerconstante van de veer gelijk is aan 0,50 N/cm.

Op de auto werken maar drie krachten: de zwaartekracht, de normaalkracht en de veerkracht. De wrijvingskracht wordt dus verwaarloosd. Voor de eenvoud laat je alle krachten aangrijpen in Z.

bConstrueer een krachtenplaatje dat aangeeft hoe de getekende veerkracht samenhangt met de andere krachten.

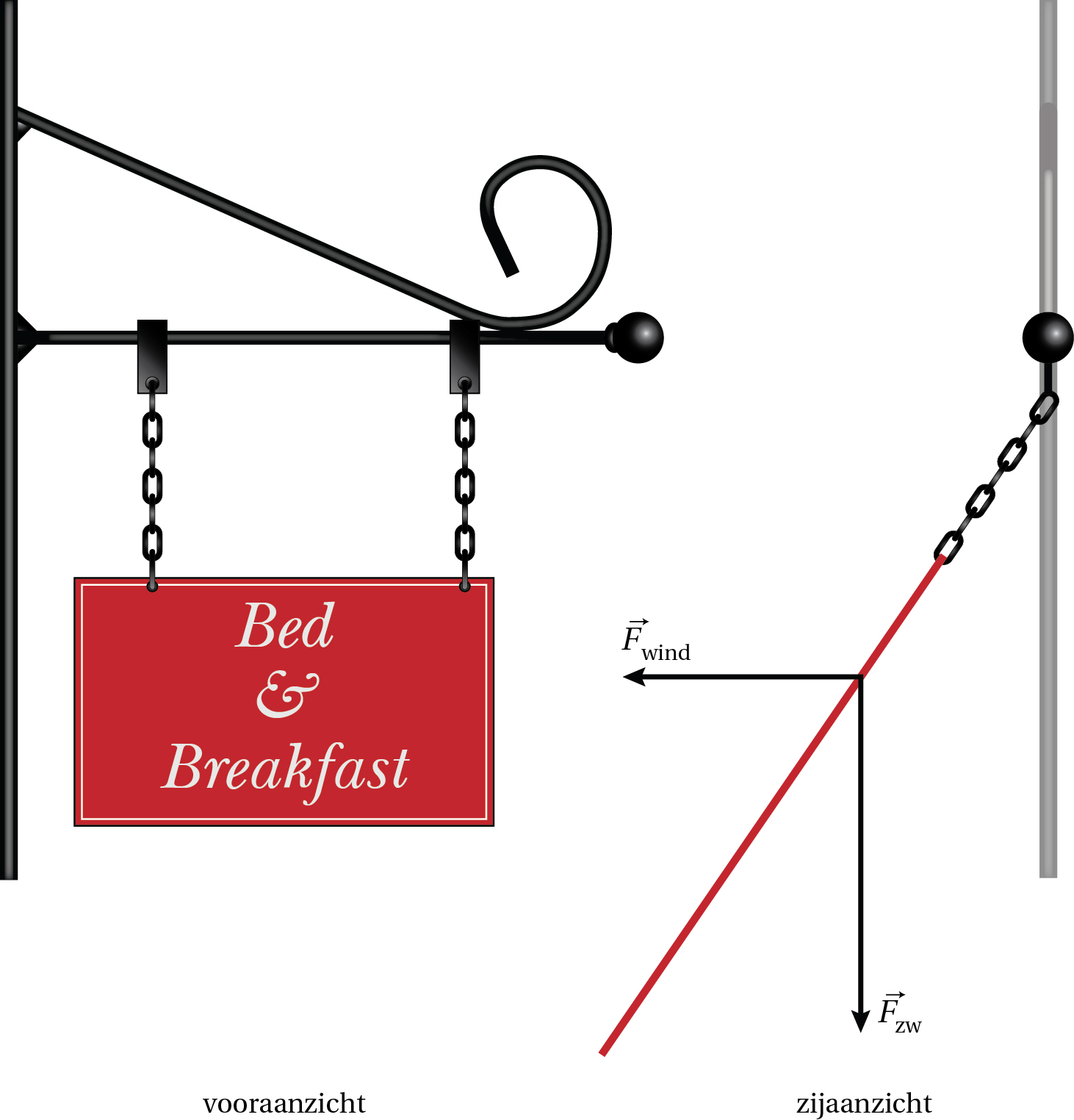
c Bepaal de massa van het autootje.

**Opgave 17**

In figuur 3.11 zie je een bord dat aan twee kettingen schuin in de wind hangt. De zwaartekracht en de kracht van de wind zijn aangegeven. Het bord heeft een massa van 0,83 kg.

a Toon aan dat de schaalfactor waarmee de krachten zijn getekend gelijk is aan 1,0 cm  2,0 N.

b Bepaal de grootte van de spankrachten die in de kettingen optreden waaraan het bord hangt.

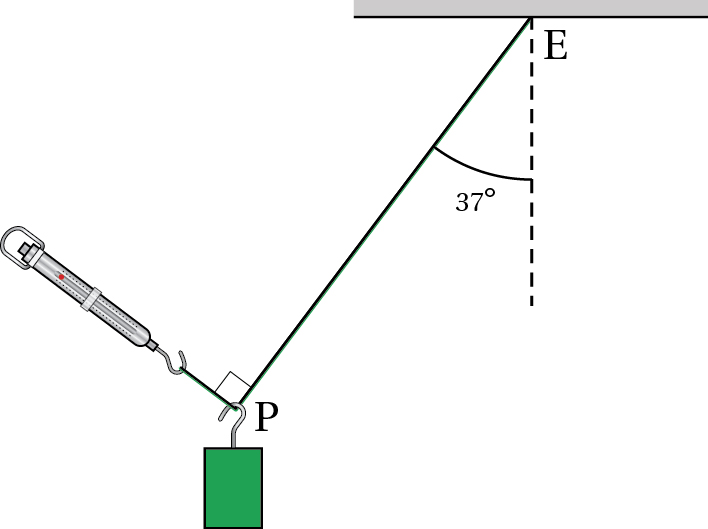


**Figuur 3.11**

**3.5 De eerste wet van Newton**

**Opgave 18**

Een touw met daaraan een massa wordt door een krachtmeter in het punt P naar links getrokken. Zie figuur 3.12. De krachtmeter wijst 15 N aan.



**Figuur 3.12**

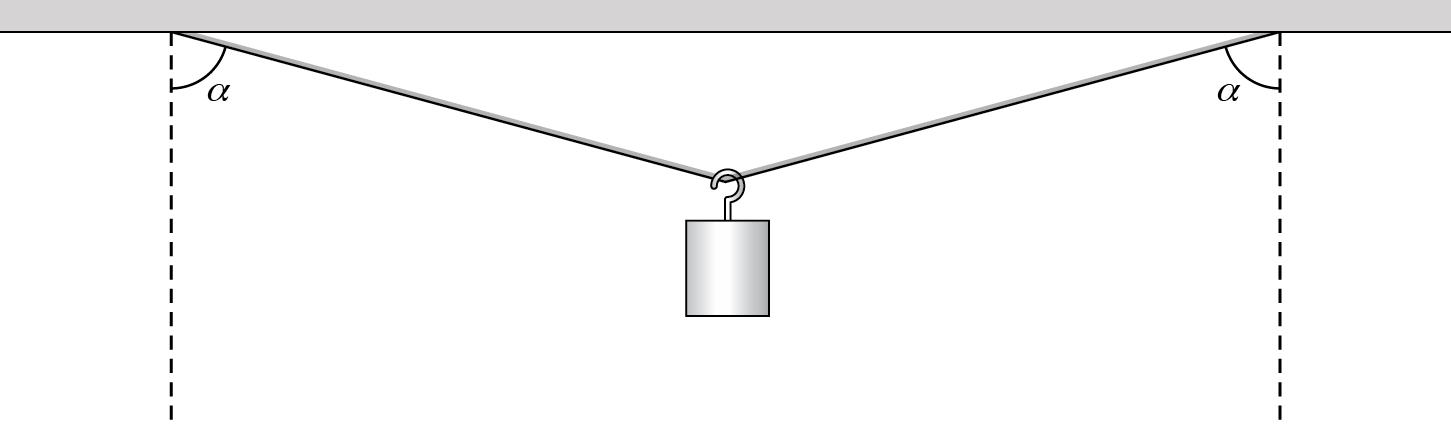
a Teken een vectordiagram van de krachten die in het punt P werken met als schaalfactor 1 cm  5 N.

b Bereken de spankracht in het touw.

c Bereken de grootte van de massa.

**Opgave 19**

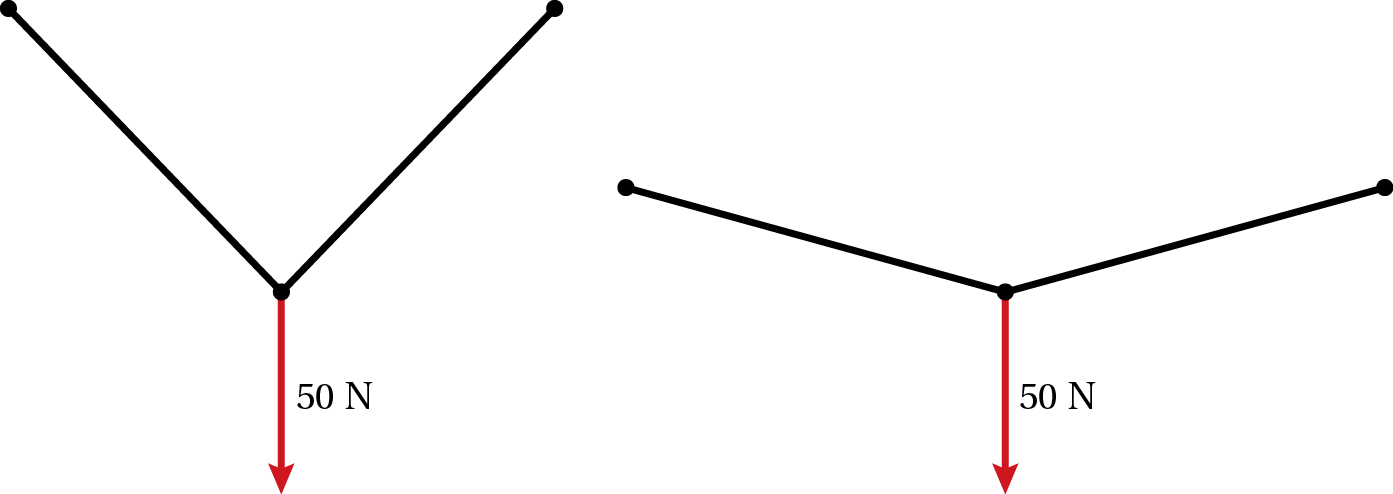
In figuur 3.13 zie je een touw waaraan een massa van 5.0 kg hangt.



**Figuur 3.13**

Zo’n touw moet niet al te strak gespannen zijn, anders is de kans groot dat het touw knapt zodra de massa eraan wordt vastgemaakt.

Figuur 3.14a geeft de situatie weer wanneer de massa aan een slap touw hangt. Figuur 3.14b geeft de situatie weer wanneer het touw strak gespannen is.



**Figuur 3.14a en b**

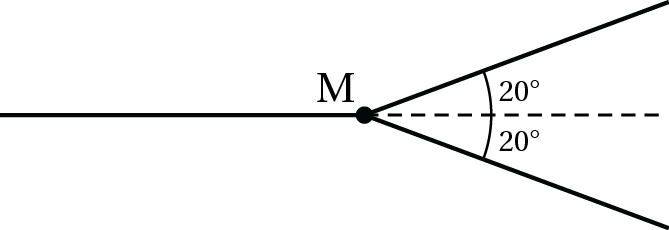
a Leg met behulp van vectordiagrammen uit dat de spankracht in het koord het grootst is bij het strak gespannen koord.

Het touw knapt nog net niet als de spankracht in elk deel van het touw 120 N is.

b Berekende maximale grootte van hoek α.

**Opgave 20**

a Tijdens een touwtrekwedstrijd tussen de *Bulls* en de *Bears* denkt de coach van de *Bears* slim te zijn. Hij stelt voor om vanaf het midden M van het trektouw een tweede touw te gebruiken, zodat zijn teamleden niet allemaal achter elkaar staan te trekken. Zie figuur 3.15. Hij denkt namelijk dat zijn team zal winnen als zijn teamleden het dichtst bij het midden van het touw kunnen trekken.



**Figuur 3.15**

a Leg uit waarom de coach van de Bears ongelijk heeft.

De coach van de *Bulls* gaat met het voorstel van de andere coach akkoord. Er gaat getrokken worden met een gesplitst touw.

Bij de *Bears* worden de trekkers verdeeld in twee gelijke groepen die elk onder een hoek van 20° aan het hoofdtouw trekken. De trekkers van de *Bulls* trekken op de gebruikelijke manier aan het ongesplitste eind.

Op een gegeven moment houden de *Bears* en de *Bulls* elkaar in evenwicht. Neem aan dat op dat moment alle leden van een bepaald team even hard trekken.

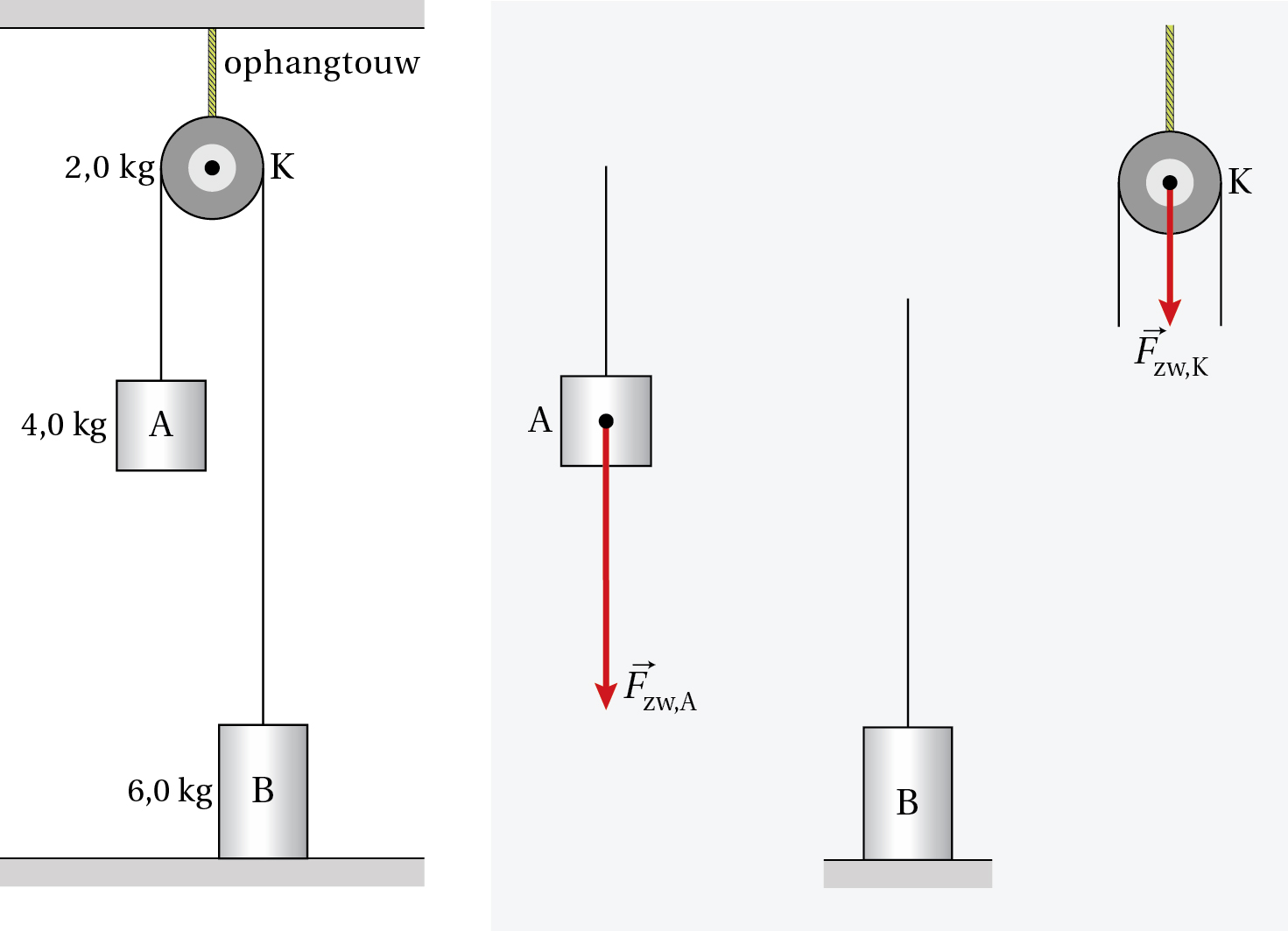
b Bereken hoeveel procent extra kracht de touwtrekkers van de *Bears* nu moeten leveren vergeleken met de trekkers van de *Bulls*.

**Opgave 21**

Een katrol is opgehangen aan een balk. Zie figuur 3.16a. Over de katrol hangt een touw. Aan de uiteinden van het touw zijn blokken A en B vastgemaakt. De massa’s van de blokken en van de katrol staan in de figuur. De massa’s van de touwen zijn te verwaarlozen ten opzichte van

de massa’s van de blokken en de katrol.

In de figuren 3.16b, c en d staat telkens een deel van figuur 3.16a.



**Figuur 3.16a, b, c, d**

a Teken in figuur 3.16b de tweede kracht die op A werkt. Let daarbij op het aangrijpingspunt en de juiste lengte van de vectorpijl.

b Teken in figuur 3.16c de krachten die op B werken, waarbij de grootte van de vectoren dezelfde schaalfactor hebben als bij A.

c Bij welk blok moet je beginnen als je de onbekende krachten uit de vorige twee vragen wilt berekenen? Geef een toelichting.

d Bereken de krachten die op A werken en die op B werken.

Vanzelfsprekend werkt er op de katrol ook een aantal krachten. In figuur 3.16d is de katrol getekend met de vector voor de zwaartekracht die op de katrol werkt.

e Teken in figuur 3.16d de andere drie krachten die op de katrol werken, in de juiste verhouding tot de al getekende *F*zw,K.

f Bereken de spankracht in het ophangtouw.

De spankracht in het ophangtouw kun je ook op een andere manier berekenen.

g Geef een andere methode aan en voer daarmee de berekening uit.

**3.6 De tweede wet van Newton**

**Opgave 22**

Een wielrenner rijdt zonder te trappen van een zeer steile heuvel af. De weg maakt een constante helling van 23° met de horizon. De massa van de wielrenner met zijn fiets bedraagt 75 kg.

Vanuit stilstand neemt zijn snelheid eerst toe.

a Welke kracht is de oorzaak van zijn versnelling?

b Bereken van de kracht die de versnelling veroorzaakt de component die evenwijdig aan de weg is gericht.

Vlak na de start zou de fietser ten gevolge van die component een versnelling moeten krijgen van 3,8 m/s2. Door de rolweerstand is die versnelling echter slechts 2,5 m/s2.

c Bereken de rolweerstandskracht.

Als de weg lang genoeg is, dan wordt de snelheid van de wielrenner uiteindelijk constant.

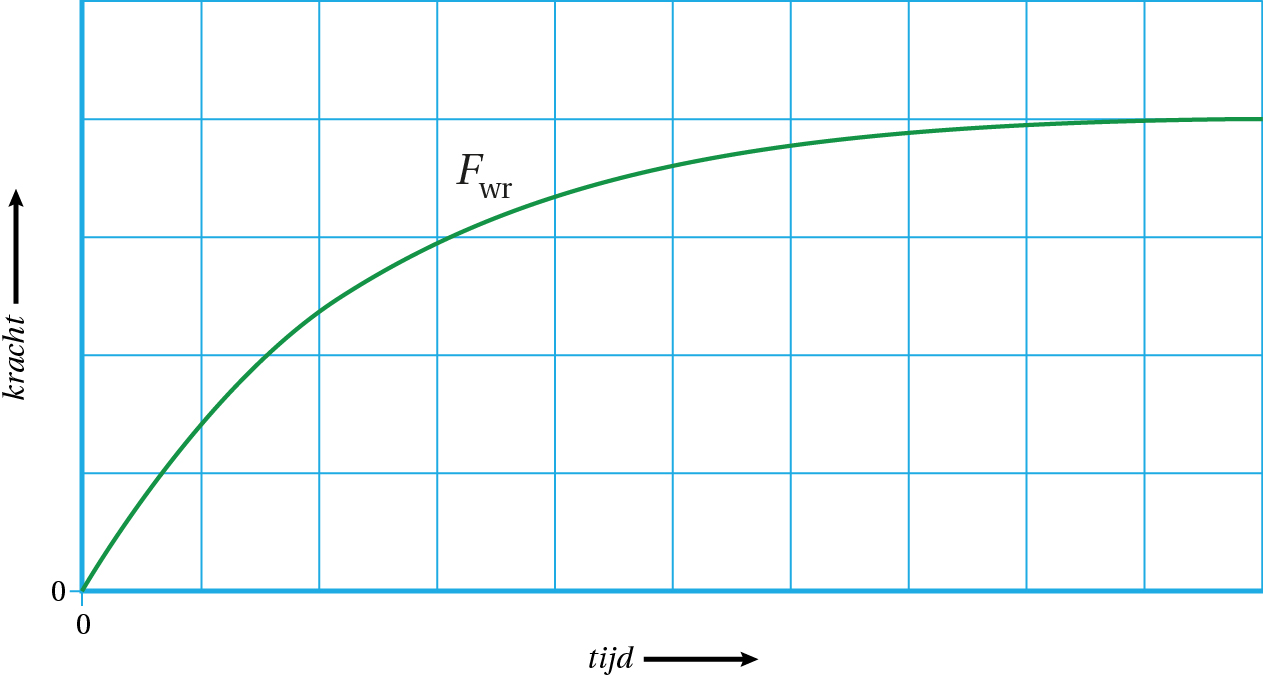
d Leg dit uit.

e Hoe groot is de totale wrijvingskracht die de fietser ondervindt bij die constante snelheid?

**Opgave 23**

Een vallende regendruppel ondervindt een luchtweerstandskracht die groter is naarmate de snelheid van de druppel groter is. Neem aan dat geldt: *F*wr ~ *v*druppel

a Leg uit dat zo’n druppel omlaag beweegt met een voortdurend kleiner wordende versnelling, om ten slotte met constante snelheid te dalen.



**Figuur 3.17**

In figuur 3.17 is de luchtweerstand die een vallende regendruppel ondervindt, geschetst als functie van de tijd.

b Schets in figuur 3.17 de zwaartekracht op de druppel als functie van de tijd.

c Schets in dezelfde figuur de resulterende kracht op de druppel als functie van de tijd.

**Opgave 24**

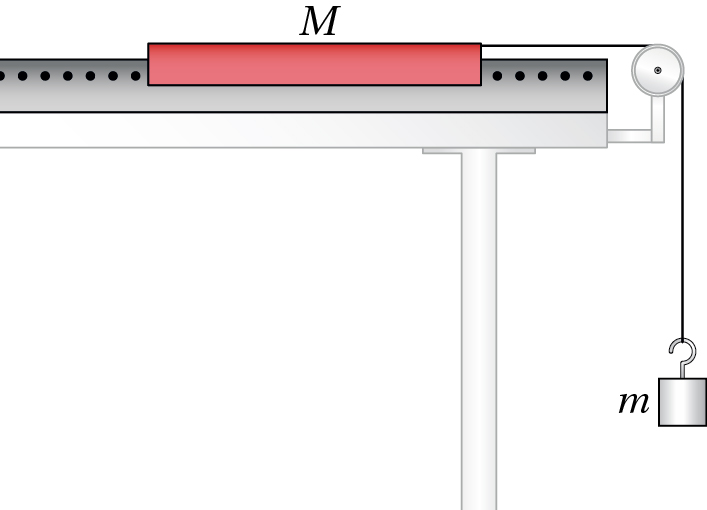
Een luchtkussenbaan is een rail met gaatjes erin. Zie figuur 3.18. Door die gaatjes wordt lucht naar buiten geblazen. Het sleetje op de luchtkussenbaan zweeft daardoor boven de baan en kan er vrijwel wrijvingsloos overheen glijden.

Het sleetje wordt versneld door een massa *m* =10,0 g. Het sleetje heeft zelf een massa *M* =200 g.

a Bereken de kracht die de massa’s versnelt.

b Bereken de totale massa die wordt versneld.

c Bereken de versnelling die het sleetje krijgt.



**Figuur 3.18**

**Opgave 25**

Door elektrisch geladen deeltjes (bijvoorbeeld elektronen) een elektrisch veld te laten doorlopen, krijgen die deeltjes een versnelling. Vooral elektronen kunnen hierdoor een reusachtig grote versnelling krijgen, bijvoorbeeld 2,2⋅1014 m/s2. De elektrische kracht die dan op een elektron werkt, is daarentegen uiterst klein. Bij genoemde versnelling is die kracht slechts 2,0⋅10-16 N.

a Hoe is dan toch die reusachtig grote versnelling te verklaren?

b Bereken de massa van een elektron.

**Opgave 26**

Een auto remt gedurende 4,0 s af en blijft daarbij rechtdoor rijden. De remmende kracht is constant en de snelheid neemt af van 86 km/h naar 50 km/h. Inzittenden en bagage meegerekend is de massa  
1,2 × 103 kg.

a Bereken de resulterende kracht die op de auto werkt in de genoemde tijdsduur.

b Wat kun je over de richting van deze kracht opmerken?

**Opgave 27**

Gedurende 60 s hebben er op een voorwerp verschillende resulterende krachten na elkaar gewerkt. Hierbij bleef het voorwerp rechtdoor bewegen. In figuur 3.19 zie je het (*v*,*t*)-diagram van de beweging.

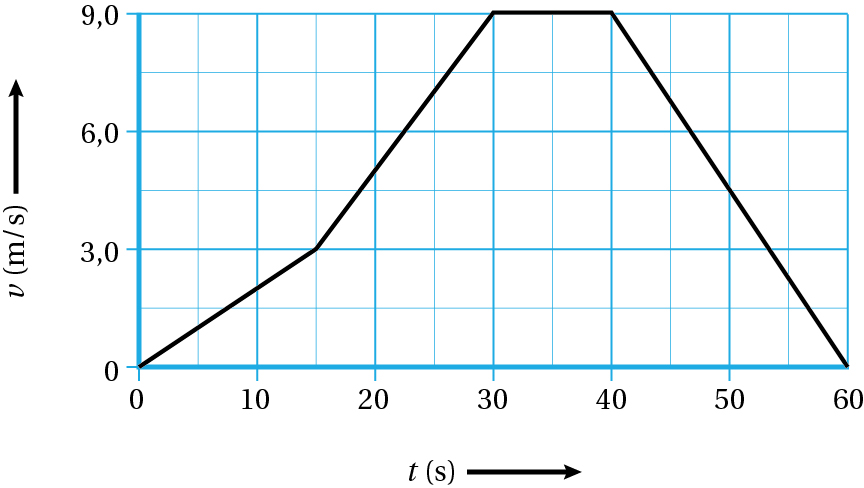
a Waaruit blijkt dat er steeds constante resulterende krachten op het voorwerp hebben gewerkt?

Gedurende de eerste periode heeft er op het voorwerp een resulterende kracht van 0,30 N gewerkt.

b Bepaal de grootte van de andere resulterende krachten.

c Hebben al deze krachten in dezelfde richting gewerkt? Licht je antwoord toe.

d Bepaal de in totaal afgelegde afstand van het voorwerp in die 60 s.

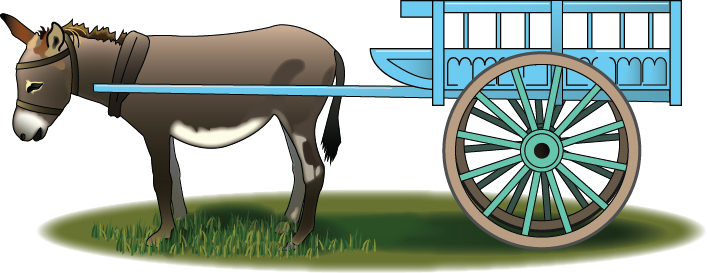


**Figuur 3.19**

**3.7 De derde wet van Newton**

**Opgave 28**

Een ezel moet een zware kar gaan voorttrekken. Zie figuur 3.20. Maar de ezel denkt: “Dat lukt mij nooit! Want als ik de kar ga trekken, gaat de kar ook op mij een kracht uitoefenen. Volgens de derde wet van Newton zijn dat even grote en tegengestelde krachten. Dus heffen die krachten elkaar op, zodat ik de kar nóóit in beweging zal krijgen, hoe hard ik ook trek.”



**Figuur 3.20**

a Welke twee krachten die op de ezel werken heffen elkaar niet geheel op en zorgen ervoor dat de ezel kan versnellen?

b Welke twee krachten die op de kar werken heffen elkaar niet geheel op en zorgen ervoor dat de kar kan versnellen?

Je kunt ook kijken naar de ezel en de kar samen.

c Welke twee krachten heffen elkaar dan niet geheel op en zorgen ervoor dat de ezel en de kar samen kunnen versnellen?

**Opgave 29**

In de ruimte is er geen zuurstof. Toch kan een raketmotor een raket in het luchtledige voortstuwen.

De motor zelf bestaat uit een buis waarin een brandstof uit een tank reageert met zuurstof die uit een andere tank in de motor stroomt. Door de verbrandingsreactie die dan volgt wordt de buis gevuld met een heet gas onder een zeer hoge druk. Door die hoge druk spuiten de gassen aan de onderkant van de buis via de uitlaat naar buiten. De gassen krijgen daarbij een grote versnelling.

a Leg uit in welke richting de kracht werkt die de uitlaatgassen laat versnellen.

b Leg uit wat de reactiekracht hiervan is.

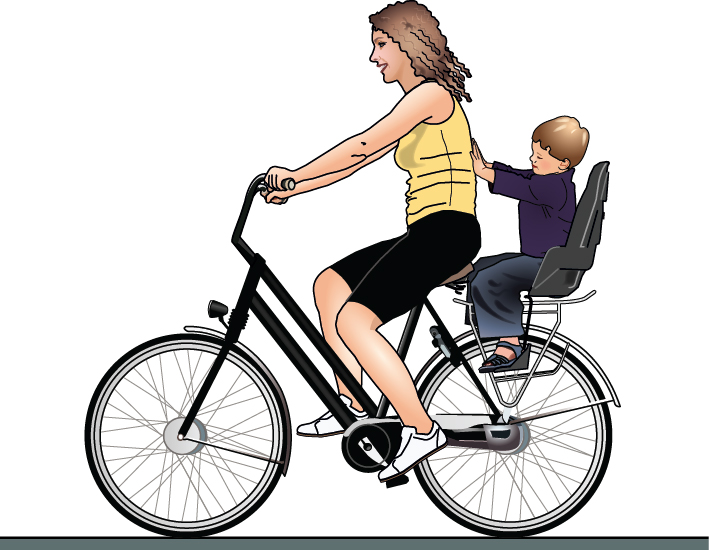
c Leg uit of de versnelling van het gas dat de motor verlaat groter, kleiner of even groot is als de versnelling van de raket.

**Opgave 30**

Patrick zit bij zijn moeder achter op de fiets in een kinderstoeltje. Hun snelheid is constant.

Patrick ergert zich aan het feit dat moeder maar langzaam fietst. Daarom duwt hij zijn moeder stevig in de rug. Zie figuur 3.21.

Hij denkt dat daardoor de fiets sneller vooruit zal gaan, maar in werkelijkheid verandert de snelheid niet. Bovendien blijven Patrick en zijn moeder op dezelfde plaats ten opzichte van de fiets.



**Figuur 3.21**

De duwkracht *F*1 van Patrick tegen zijn moeders rug roept enkele horizontale krachten op, bijvoorbeeld de reactiekracht *F*2 van Patrick’s moeders rug op Patrick.

Er werkt in horizontale richting nóg een kracht op Patrick.

a Leg uit welke richting die kracht heeft en hoe groot die kracht moet zijn.

b Geef in figuur 3.21 aan wie of wat die kracht levert en teken die kracht. Let daarbij op de lengte van de te tekenen pijl. Zet er het symbool *F*3 bij.

Ook op Patricks moeder zal in horizontale richting behalve Patricks duwkracht nog een kracht werken.

c Leg uit hoe groot die kracht moet zijn en welke richting die kracht heeft.

d Geef in figuur 3.21 aan wie of wat die kracht levert en teken die kracht. Let daarbij op de lengte van de te tekenen pijl. Zet er *F*5 bij.

e Wat kun je zeggen van de grootte van de vier genoemde krachten?

f Welke twee horizontale krachten werken er op de fiets ten gevolge van de duwkracht van Patrick en welke richting hebben ze?

g Teken ook deze krachten uit opgave f in figuur 3.21. Let daarbij op de lengte van de te tekenen pijlen. Zet er de symbolen *F*4 en *F*6 bij.

h Wat kun je zeggen van de resulterende kracht in horizontale richting op de fiets als Patrick een duwkracht uitoefent op zijn moeder?

**3.8 Een model met krachten**

**Opgave 31**

Gebruik het model *Raket.cma*. Een raket met een massa van 2,5 ton wordt loodrecht omhoog gelanceerd. De raketmotor levert een constante stuwkracht van 40 kN. De luchtweerstandskracht wordt gegeven door de formule , met *k* een constante waarvoor je de waarde 1,0 kiest.

a Bepaal met behulp van het model de uiteindelijk snelheid.

b Verklaar waarom de snelheid uiteindelijk constant wordt.

Het model is niet zo realistisch omdat de brandstof in de raket een keer opraakt.

c Pas het model zodanig aan dat de brandstof na 40 s op is.

d Bepaal met behulp van het model de maximale hoogte die de raket bereikt.

In het model staat voor de luchtweerstandskracht ingevoerd:.

e Leg uit waarom de toevoeging  is toegepast.