

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.1 De eerste wet van Newton

Opgave 1

Er zijn vijf gevolgen van krachtwerking. Een voorwerp kan:

- vervormen;
- op zijn plaats blijven;
- met constante snelheid voortbewegen;
- van snelheid veranderen;
- van richting veranderen.

Snelheid is een vector, een grootheid met een richting en een grootte.

- a
 - I De snelheid van de fietser neemt af. De fietser verandert van snelheid.
 - II Het glas blijft op zijn plaats.
 - III Het glas valt versneld naar beneden. Het glas verandert van snelheid.
 - IV De richting van de snelheid verandert. (De grootte van de snelheid verandert niet.)
- b De eerste wet van Newton geldt als de resulterende kracht 0 N is. De resulterende kracht is 0 N als een voorwerp met constante snelheid langs een rechte lijn beweegt of in rust is.
 - I De fietser verandert van snelheid, er werkt dan een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.
 - II Het glas blijft op zijn plaats, dus is de resulterende kracht 0 N.
De eerste wet van Newton geldt.
 - III Het glas verandert van snelheid, er werkt dan een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.
 - IV De trein voert geen rechtlijnige beweging uit, er werkt dan een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.

Opgave 2

- a De grootte en richting van de kracht van Henk leid je af met de eerste wet van Newton.

Het touw is in rust, dus de resulterende kracht is 0 N. De kracht naar rechts is dan even groot als de kracht naar links.

Diëlle oefent een kracht uit van 192 N naar links. Henk oefent dan een kracht uit van 192 N naar rechts.

- b De kracht van Henk leid je af met de eerste wet van Newton.

De snelheid van het touw is constant, dus volgens de eerste wet van Newton is $F_{\text{res}} = 0$ N.

De kracht naar rechts is dan net zo groot als de kracht naar links.

$$F_{\text{links}} = 192 + 237 = 429 \text{ N}$$

Henk oefent dus ook een kracht uit van 429 N.

Opgave 3

De kracht van de lucht volgt volgens de eerste wet van Newton uit de resulterende kracht van de motorkracht en de zwaartekracht.

De resulterende kracht construeer je met de parallelogrammethode.

De zwaartekracht teken je met de krachtenschaal en de grootte van de zwaartekracht.

De zwaartekracht op het vliegtuig bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$m = 730 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 730 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 7161 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm} \triangleq 2,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$x \text{ cm} \triangleq 7161 \text{ N}$$

De lengte van de pijl van F_{zw} is 3,6 cm.

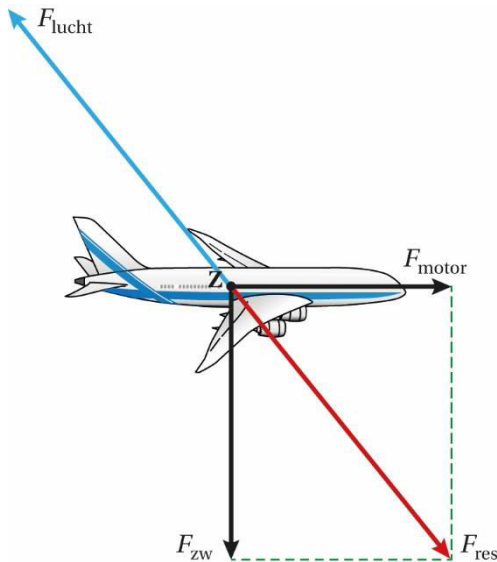
Zie figuur 4.1.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Het vliegtuig vliegt met constante snelheid, dus is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht gelijk aan 0 N. Dus is de kracht van de lucht gelijk aan de resulterende kracht van de motorkracht en de zwaartekracht.

De resulterende kracht van F_{motor} en F_{zw} construeer je met de parallellogrammethode.

Je tekent vervolgens een pijl even lang als, maar tegengesteld gericht aan, de samengestelde kracht.



Figuur 4.1

Opgave 4

Of het vrachtschip eenparig rechtlijnig beweegt, bepaal je met de eerste wet van Newton.

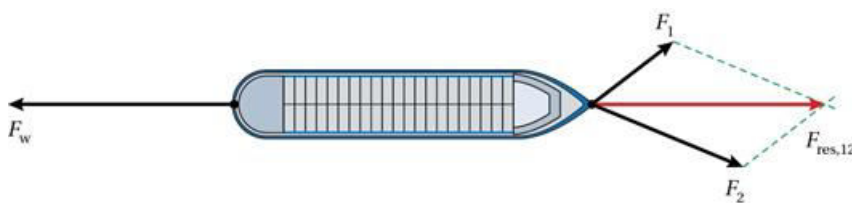
De resulterende kracht van F_1 en F_2 construeer je met de parallellogrammethode. Zie figuur 4.2.

$F_{\text{res},12}$ is tegengesteld aan F_w maar groter dan F_w .

De resulterende kracht op het vrachtschip is dus niet gelijk aan 0 N.

Volgens de eerste wet van Newton beweegt het vrachtschip eenparig rechtlijnig als de resulterende kracht 0 N is.

Het vrachtschip beweegt niet eenparig rechtlijnig.



Figuur 4.2

Opgave 5

De grootte van de spankracht bepaal je volgens de eerste wet van Newton uit de resulterende kracht langs de helling.

De resulterende kracht langs de helling bepaal je met de spankracht, de wrijvingskracht en de component van de zwaartekracht langs de helling.

De component van de zwaartekracht langs de helling construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

De component van de zwaartekracht langs de helling bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl van de zwaartekracht en de grootte van de zwaartekracht.

De zwaartekracht op de boot bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$m = 5,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 5,5 \cdot 10^3 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 5,395 \cdot 10^4 \text{ N}$$

In figuur 4.3 is voor de pijl van de zwaartekracht een lengte van 4,0 cm gekozen.

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 5,395 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm} \triangleq 1,3485 \cdot 10^4 \text{ N}$$

De component $F_{zw,||}$ evenwijdig aan de helling construeer je door het ontbinden van de zwaartekracht. Zie figuur 4.3.

De lengte van de pijl $F_{zw,||}$ is 1,5 cm.

$$F_{zw,||} = 1,5 \times 1,3485 \cdot 10^4 = 2,023 \cdot 10^4 \text{ N}$$

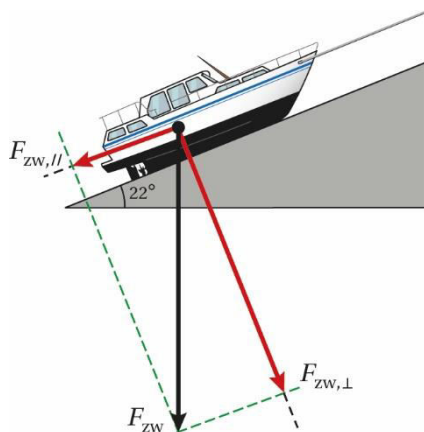
De boot beweegt met constante snelheid de helling op. De spankracht van de kabel is dan even groot als de wrijvingskracht en de component van de zwaartekracht langs de helling samen.

$$F_{\text{kabel}} = F_{\text{wr}} + F_{zw,||}$$

$$F_{\text{kabel}} = 6,2 \cdot 10^3 + 2,023 \cdot 10^4$$

$$F_{\text{kabel}} = 2,64 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 2,6 \cdot 10^4 \text{ N.}$$



Figuur 4.3

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.2 De tweede wet van Newton

Opgave 6

Er is sprake van een versnelling als de snelheid verandert. De snelheid verandert als er een resulterende kracht op het voorwerp werkt.

- a De snelheid van de fietser neemt af. Er is sprake van een (negatieve) versnelling.
- b De resulterende kracht is 0 N. Er is geen sprake van een versnelling.
- c Het glas blijft op zijn plaats. Er is geen sprake van een versnelling.
- d De snelheid van het glas neemt toe. Er is sprake van een versnelling.

Opgave 7

- a De motorkracht bereken je met de resulterende kracht op de auto.
(De motorkracht is minimaal als je de luchtweerstandskracht mag verwaarlozen.)
De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 1350 \times 7,5$$

$$F_{\text{res}} = 1,012 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res}} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

$$F_{\text{motor}} = F_{\text{res}}$$

$$F_{\text{motor}} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ N}$$

- b De massa bereken je met de tweede wet van Newton.
De resulterende kracht is gelijk aan de motorkracht die je in vraag a hebt aangetoond.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$1,0 \cdot 10^4 = m \cdot 6,5$$

$$m = 1,538 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$\text{Afgerond: } m = 1,5 \cdot 10^3 \text{ kg.}$$

Opgave 8

- a De resulterende kracht op Titi met zijn fiets bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 72 \times 2,3$$

$$F_{\text{res}} = 165,6 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res}} = 1,7 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- b De voorwaartse kracht op Titi bereken je met de resulterende kracht en de tegenwerkende kracht.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{voorwaarts}} - F_{\text{tegen}}$$

$$1,656 \cdot 10^2 = F_{\text{voorwaarts}} - 20$$

$$F_{\text{voorwaarts}} = 1,856 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{voorwaarts}} = 1,9 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Opgave 9

- a De versnelling van de boot bereken je met de tweede wet van Newton.
De resulterende kracht bereken je met de motorkracht en de wrijvingskracht.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{voorwaarts}} - F_{\text{tegen}}$$

$$F_{\text{res}} = 6,01 \cdot 10^3 - 658$$

$$F_{\text{res}} = 5352 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$5352 = 1031 \times a$$

$$a = 5,191 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Afgerond: } a = 5,19 \text{ m s}^{-2}.$$

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- b De resulterende kracht is recht evenredig met de versnelling.
 De versnelling volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.
 De richting leid je af uit de richting van de resulterende kracht.
 De richting van de resulterende kracht volgt uit het teken van de resulterende kracht.
 Het teken van de resulterende kracht wordt bepaald door de steilheid van de raaklijn.

Zie tabel 4.1.

Fase	Grootte van de resulterende kracht			Richting van de resulterende kracht	
1	neemt toe	blijft gelijk	neemt af	naar links	naar rechts
2	neemt toe	blijft gelijk	neemt af	naar links	naar rechts
3	neemt toe	blijft gelijk	neemt af	naar links	naar rechts

Tabel 4.1

Toelichting

- Fase 1 De raaklijn loopt steeds steiler: de versnelling neemt toe en daardoor de resulterende kracht ook.
 De raaklijn heeft een positieve waarde. Dus de richting is naar rechts.
- Fase 2 De raaklijn valt samen met de rechte lijn: de versnelling verandert niet en daardoor de resulterende kracht ook niet.
 De raaklijn heeft een positieve waarde. Dus de richting is naar rechts.
- Fase 3 De raaklijn loopt steeds minder steil: de versnelling neemt af en daardoor de resulterende kracht ook.
 De raaklijn heeft een positieve waarde. Dus de richting is naar rechts.

Opgave 10

- a De component van de zwaartekracht langs de helling bereken je uit de lengte van de pijl en de krachtschaal.
 De component van de zwaartekracht construeer je door het ontbinden van de zwaartekracht.
 De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl en de zwaartekracht.
 De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$F_{zw} = 41 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 402 \text{ N}$$

In figuur 4.4 is een schaal van $1 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$ gekozen.

De pijl van de zwaartekracht is dan 4,0 cm lang.

De component $F_{zw,||}$ evenwijdig aan de helling construeer je door het ontbinden van de zwaartekracht.

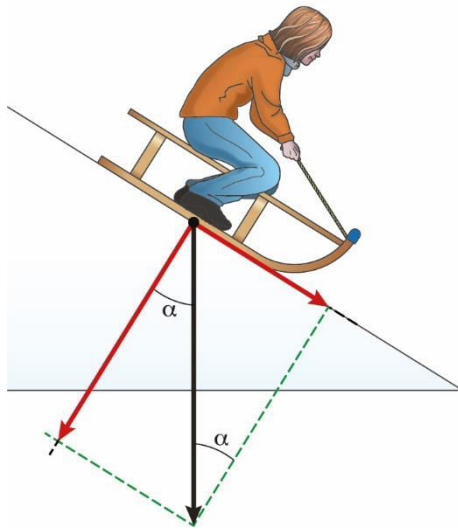
De lengte van de pijl $F_{zw,||}$ is 2,1 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$.

$$F_{zw,||} = 2,1 \times 100 = 210 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond } F_{zw,||} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen



Figuur 4.4

- b De tegenwerkende kracht bereken je met de resulterende kracht en de component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling.
De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 41 \times 3,0$$

$$F_{\text{res}} = 123 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{voorwaarts}} - F_{\text{tegen}}$$

$$F_{\text{res}} = 123 \text{ N}$$

$$F_{\text{voorwaarts}} = F_{\text{zw},||} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ N (antwoord vraag a)}$$

$$123 = 2,1 \cdot 10^2 - F_{\text{tegen}}$$

$$F_{\text{tegen}} = 87 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 9 \cdot 10^1 \text{ N.}$$

Opgave 11

- a De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.
De versnelling volgt uit de steilheid van de (v,t) -grafiek op $t = 3,2 \text{ s}$.
De massa is de massa van de liftkooi en Inez samen.

Zie figuur 4.5.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{3,0 - 0,0}{5,0 - 2,4}$$

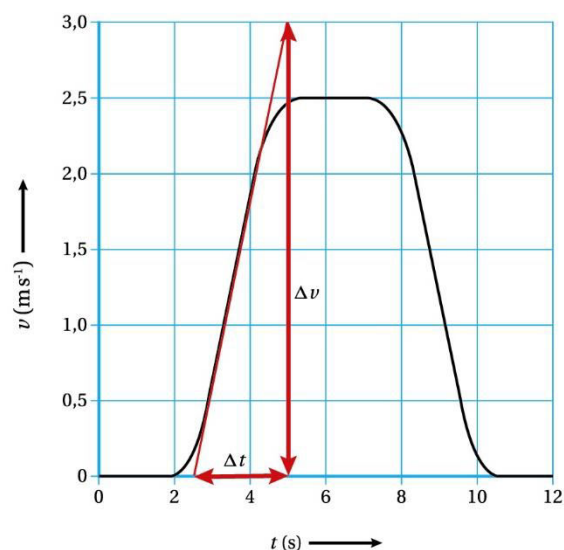
$$a = 1,15 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$m = 53 + 205 = 258 \text{ kg}$$

$$F_{\text{res}} = 258 \times 1,15 = 2,967 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 3,0 \cdot 10^2 \text{ N}$$



Figuur 4.5

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- b De kracht die de liftkabel uitoefent bereken je met de resulterende kracht op de lift.
De resulterende kracht op de lift bereken je met de hijskracht van de kabel en de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$m = 53 + 205 = 258 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 2,530 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Omdat de lift versneld omhoog gaat, is F_{kabel} groter dan F_{zw} .

$$F_{res} = F_{kabel} - F_{zw}$$

$$2,967 \cdot 10^2 = F_{kabel} - 2,530 \cdot 10^3$$

$$F_{kabel} = 2,826 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{kabel} = 2,83 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- c Dat de kracht van de liftkabel kleiner is, volgt uit de resulterende kracht en de richting ervan.

In vraag b was F_{kabel} groter dan de zwaartekracht.

Op het tweede tijdstip neemt de snelheid af. Dus de richting van de resulterende kracht is omlaag.

Dan is F_{kabel} dus kleiner dan de zwaartekracht.

Dus is F_{kabel} op het tweede tijdstip kleiner dan op het eerste tijdstip.

Opgave 12

De versnelling bereken je met de tweede wet van Newton: $F_{res} = m \cdot a$.

Elk sleeetje heeft dezelfde massa.

De resulterende kracht bepaal je met het verschil tussen de horizontale component van de trekkracht en de wrijvingskracht.

De horizontale componenten bij A en bij B zijn even groot. De wrijvingskracht bij B is groter dan die bij A.

De resulterende kracht bij B is kleiner dan die bij A.

Bij C is de hoek van het touw met de horizontaal kleiner dan bij A en B en daardoor is de horizontale component bij C het grootst. De wrijvingskracht bij C is even groot als die bij A.

De resulterende kracht is bij C dus groter dan die bij A.

De versnelling is recht evenredig met de resulterende kracht.

De volgorde van toenemende versnelling is B, A, C.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

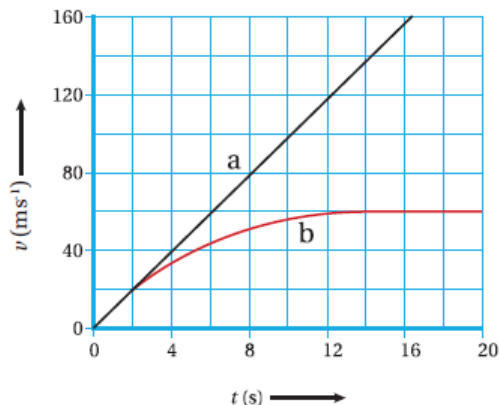
4.3 Valbeweging met luchtweerstand

Opgave 13

a Zie figuur 4.6.

Toelichting

Als er geen luchtweerstandskracht werkt, dan is de zwaartekracht de enige kracht op de parachutist. Hij voert dan een vrije val uit met $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$. Dus de steilheid van grafiek a is $9,81 \text{ m s}^{-2}$.



Figuur 4.6

b Zie figuur 4.6.

Toelichting

Als er wel een luchtweerstandskracht werkt, dan hangt die af van de snelheid. Hoe groter de snelheid, des te groter is de luchtweerstandskracht. Deze neemt toe totdat hij gelijk is aan de zwaartekracht. Dan is de resulterende kracht 0 N en blijft volgens de eerste wet Newton de snelheid constant.

Opgave 14

a De snelheid waarmee de kist de grond raakt, bereken je met de formule voor de versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}} = v_{\text{eind}} \quad (\text{Omdat de helikopter stil hangt, geldt: } v_{\text{begin}} = 0 \text{ m s}^{-1}.)$$

$$\Delta t = 10,3 \text{ s}$$

$$v_{\text{eind}} = 9,81 \times 10,3$$

$$v_{\text{eind}} = 101,0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond } v_{\text{eind}} = 101 \text{ m s}^{-1}.$$

b Dat de luchtweerstandskracht gelijk is aan de zwaartekracht volgt uit de eerste wet van Newton.

Op de kist werken twee krachten: de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht. Als de snelheid constant is, dan is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht 0 N.

De twee krachten zijn dan even groot en tegengesteld gericht.

c De snelheid van de kist bereken je met $F_{\text{w,lucht}} = 0,65v^2$ waarbij $F_{\text{w,lucht}} = F_{\text{zw}}$.

De zwaartekracht op de kist bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$F_{\text{zw}} = 83 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 814 \text{ N}$$

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$F_{w,lucht} = 0,65v^2$$

$$F_{w,lucht} = F_{zw} = 814 \text{ N}$$

$$814 = 0,65v^2$$

$$v = 35,4 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond } v = 35 \text{ m s}^{-1}.$$

Opgave 15

De snelheid volgt uit de formule $F_{zw} = k \cdot v^2$.

Het verschil in eindsnelheid tussen bol A en bol B bepaal je met de massa.

Het verschil in eindsnelheid tussen bol A en bol C bepaal je met de constante k .

De eindsnelheid wordt bereikt als de luchtweerstandskracht op de bol gelijk is aan de zwaartekracht op de bol: $F_{w,lucht} = F_{zw}$.

Wordt de eindsnelheid bereikt, dan geldt: $F_{zw} = k \cdot v^2$. (zie boven vraag 14c)

Bol A en bol B ondervinden hetzelfde effect van de luchtweerstand: $k_A = k_B$.

Op de bol met de grootste massa werkt de grootste zwaartekracht.

Daardoor krijgt bol B de grootste eindsnelheid.

Op bol A en bol C werkt een even grote zwaartekracht: $F_{zw,A} = F_{zw,C}$.

Bol C is groter dan bol A en ondervindt daardoor meer luchtweerstand: $k_A < k_C$.

Dus bol C krijgt een kleinere eindsnelheid dan bol A.

Grafiek I hoort bij bol B, grafiek II hoort bij bol A en grafiek III hoort bij bol C.

Opgave 16

- a De massa bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

De zwaartekracht volgt uit de luchtweerstandskracht.

Als de snelheid constant is, is de zwaartekracht gelijk aan de luchtweerstandskracht.

Uit figuur 4.22 in het leerboek lees je af: $F_{w,lucht} = 0,72 \text{ kN}$.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$F_{zw} = F_{w,lucht} = 0,72 \text{ kN} = 0,72 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$0,72 \cdot 10^3 = m \cdot 9,81$$

$$m = 73,39 \text{ kg}$$

$$\text{Afgerond: } m = 73 \text{ kg}.$$

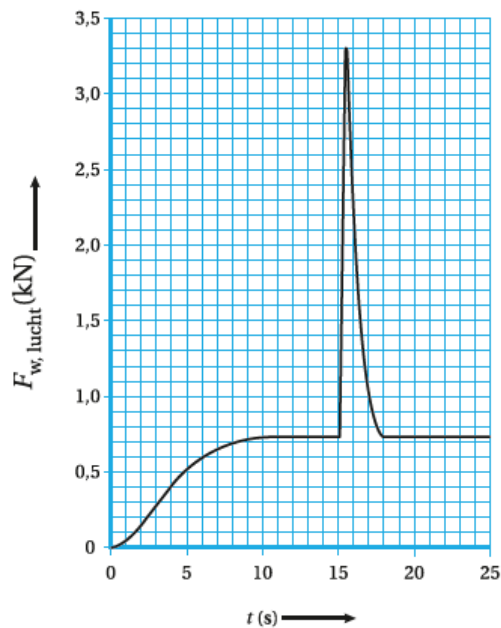
- b Zie figuur 4.7.

Toelichting

Als de parachutist zijn parachute opent, neemt de luchtweerstandskracht zeer snel toe totdat de parachute helemaal geopend is. Doordat de luchtweerstandskracht toeneemt, is de resulterende kracht niet meer 0 N. De snelheid neemt daardoor af zoals ook te zien is figuur 4.19 van het leerboek. Daardoor neemt ook de luchtweerstandskracht af.

Dit gaat door totdat de luchtweerstandskracht weer gelijk is aan de zwaartekracht.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen



Figuur 4.7

Opgave 17

- a Dat de luchtweerstand kleiner is dan de zwaartekracht bereken je met de resulterende kracht van de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht.
De zwaartekracht is constant.
De resulterende kracht bereken je met de versnelling.
De versnelling bereken je met de steilheid van de (v,t) -grafiek.

Op $t = 2,5$ s is de steilheid van de (v,t) -grafiek groter dan 0.

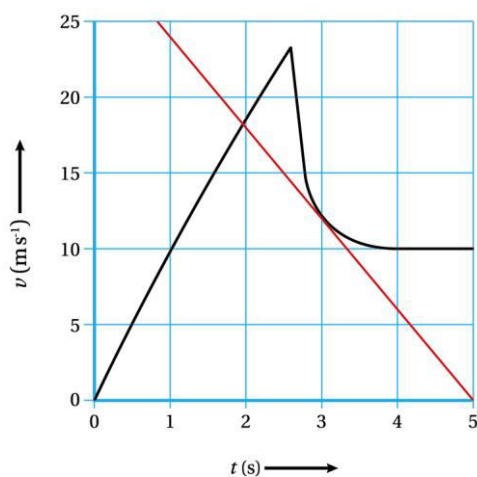
Dus is de versnelling groter dan 0 m s^{-2} . De resulterende kracht is dus groter dan 0 N.

De resulterende kracht wordt gevormd door de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht.

Dus is de luchtweerstandskracht kleiner dan de zwaartekracht.

- b De versnelling volgt uit de steilheid van de (v,t) -grafiek.

Zie figuur 4.8.



Figuur 4.8

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{0,0 - 25,0}{5,0 - 0,9}$$

$$a = -6,09 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $a = -6,1 \text{ m s}^{-2}$.

- c De grootte van de luchtweerstandskracht bereken je met de resulterende kracht en de zwaartekracht.

De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$F_{\text{zw}} = 82 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 8,04 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{zw}} - F_{\text{w,lucht}} \text{ (omdat je naar beneden beweegt, neem je de richting naar beneden positief)}$$

$$m = 82 \text{ kg}$$

$$a = -6,1 \text{ m s}^{-2}$$

$$8,04 \cdot 10^2 - F_{\text{w,lucht}} = 82 \times (-6,1)$$

$$F_{\text{w,lucht}} = 1,304 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{w,lucht}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

Opgave 18

Of de luchtweerstandskracht verwaarloosbaar is, volgt uit de vorm van de (s,t) -grafiek.

Als de luchtweerstandskracht verwaarloosbaar is, dan werkt alleen de zwaartekracht op het voorwerp. Dit is dan de resulterende kracht op het voorwerp. Volgens de tweede wet van Newton moet de snelheid dan steeds toenemen.

De snelheid volgt uit de steilheid van de (s,t) -grafiek. In de eerste 8 seconden neemt de steilheid toe.

Na 8 seconden is de lijn echter recht. De snelheid neemt dus niet meer toe.

De luchtweerstandskracht is niet te verwaarlozen.

Opmerking

Als de snelheid niet meer toeneemt, is de resulterende kracht gelijk aan 0 N.

De luchtweerstandskracht is dan gelijk aan de zwaartekracht.

Opgave 19

- a Dat er een derde kracht op de ballon werkt, beredeneer je met de tweede wet van Newton. De grootte en de richting van de resulterende kracht beredeneer je met de versnelling.

De richting van de resulterende kracht is gelijk aan de richting van de versnelling en die richting is omhoog.

De richting van de zwaartekracht en de richting van de luchtweerstandskracht zijn omlaag.

Er moet dus nog een derde, naar boven gerichte kracht zijn.

- b De versnelling op $t = 0 \text{ s}$ bereken je met de tweede wet van Newton.

De resulterende kracht bereken je met de drie krachten die werken op de ballon.

Leg uit dat de luchtweerstandskracht op $t = 0 \text{ s}$ gelijk is aan 0 N.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$m = 135 \text{ g} = 0,135 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 0,135 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 1,324 \text{ N}$$

De luchtweerstandskracht hangt af van de snelheid. Op $t = 0 \text{ s}$ is de snelheid van de ballon 0 m s^{-1} .

De luchtweerstandskracht is dan 0 N.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$F_{\text{res}} = F_{\text{opwaarts}} - F_{\text{zw}}$$

$$F_{\text{res}} = 3,6 - 1,324$$

$$F_{\text{res}} = 2,27 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 2,27 \text{ N}$$

$$m = 0,135 \text{ kg}$$

$$2,27 = 0,135 \times a$$

$$a = 16,8 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond $a = 17 \text{ m s}^{-2}$.

- c De luchtweerstandskracht bereken je met de resulterende kracht.
De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.
De versnelling van de ballon volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.

Zie figuur 4.9.

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

$$a = \frac{3,0 - 1,4}{0,40 - 0}$$

$$a = 4,00 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$m = 135 \text{ g} = 0,135 \text{ kg}$$

$$a = 4,00 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = 0,135 \times 4,00$$

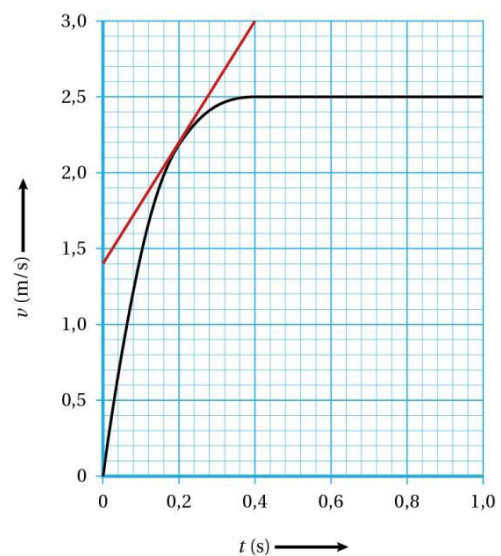
$$F_{\text{res}} = 0,540 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{opwaarts}} - F_{\text{zw}} - F_{\text{w,lucht}}$$

$$0,540 = 3,6 - 1,32 - F_{\text{w,lucht}}$$

$$F_{\text{w,lucht}} = 1,74 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{w,lucht}} = 1,7 \text{ N}$.



Figuur 4.9

- d De luchtweerstandskracht bereken je met de resulterende kracht
De resulterende kracht is gelijk aan 0 want de snelheid is constant.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{opwaarts}} - F_{\text{zw}} - F_{\text{w,lucht}}$$

$$0 = 3,6 - 1,32 - F_{\text{w,lucht}}$$

$$F_{\text{w,lucht}} = 2,28 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{w,lucht}} = 2,3 \text{ N}$.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.4 Derde wet van Newton

Opgave 20

Je voelt dat de potloodpunt ook tegen je duim drukt.

Je ziet dat de huid van je duim wordt vervormd door de punt van het potlood.

Opgave 21

De ventilator blaast lucht naar rechts. Dat betekent dat de ventilator een kracht naar rechts uitoefent op de lucht.

Volgens de derde wet van Newton oefent de lucht dan een even grote, naar links gerichte kracht uit op de ventilator.

Dus het karretje gaat naar links rijden.

Opgave 22

a Zwaartekracht.

b De bovenste magneet wordt op zijn plaats gehouden.

Volgens de eerste wet van Newton zijn de zwaartekracht en de magnetische kracht in evenwicht. Dat betekent dat de twee krachten even groot zijn.

c Op de onderste magneet werkt ook nog een magnetische kracht. De richting ervan is naar beneden. Daardoor 'drukt' die op de onderste schijf.

d $F_n = F_{zw} + F_{magneet}$

Opgave 23

a Het gewicht van de steen volgt uit de normaalkracht.

De normaalkracht bereken je met de resulterende kracht op de baksteen.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{zw} = m \cdot g$$

$$F_{zw} = 1,7 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 16,67 \text{ N}$$

De baksteen is in rust. Volgens de eerste wet van Newton is de normaalkracht even groot als de zwaartekracht.

$$F_n = F_{zw}$$

Volgens de derde wet van Newton is het gewicht gelijk aan de normaalkracht.

$$F_{gew} = F_n = 16,67 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{gew} = 17 \text{ N.}$$

b De kracht van je hand bereken je met de resulterende kracht.

De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{res} = m \cdot a$$

$$m = 1,7 \text{ kg}$$

$$a = 5,0 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{res} = 5,0 \times 1,7$$

$$F_{res} = 8,5 \text{ N}$$

$$F_{res} = F_{hand} - F_{zw} \text{ (omdat de steen naar boven beweegt, neem je de richting naar boven positief)}$$

$$F_{zw} = 16,67 \text{ N}$$

$$8,5 = F_{hand} - 16,67$$

$$F_{hand} = 25,17 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{hand} = 25 \text{ N.}$$

c Het gewicht van de steen volgt uit de normaalkracht op de hand.

Volgens de derde wet van Newton is het gewicht van de baksteen even groot als de kracht die de baksteen ondervindt van zijn ondergrond, maar tegengesteld gericht.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

De kracht van de ondergrond is de kracht van de hand.

Dus is $F_{\text{gew}} = 25 \text{ N}$.

- d Het gewicht is gelijk aan de kracht die een voorwerp van zijn ondergrond ondervindt. Tijdens de beweging omhoog en omlaag is er geen ondergrond meer. Het gewicht is dus 0 N.
- e De kracht die de grond op de baksteen uitoefent bereken je met de resulterende kracht.

Tijdens het contact met de grond werken op de baksteen de zwaartekracht en de kracht van de grond. De baksteen remt af. Dus er is een resulterende kracht die omhoog gericht is.

Dat betekent dat de kracht die de grond uitoefent op de baksteen groter is dan de zwaartekracht op de baksteen.

Opgave 24

- a De normaalkracht op Jurgen construeer je met de grootte van de normaalkracht en de krachtschaal.

De normaalkracht volgt uit de resulterende kracht op Jurgen.

De resulterende kracht wordt gevormd door de normaalkracht en de zwaartekracht.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$F_{\text{zw}} = 90 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 8,829 \cdot 10^2 \text{ N}$$

De auto staat stil, dus is de resulterende kracht op Jurgen is 0 N.

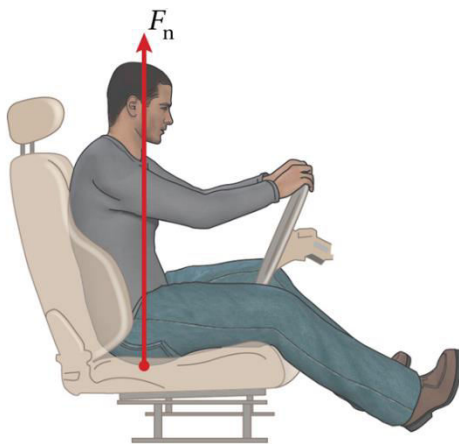
De normaalkracht is dus gelijk aan de zwaartekracht, maar tegengesteld gericht.

$$F_{\text{n}} = 8,829 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$$

Dus $8,829 \cdot 10^2$ komt overeen met 4,4 cm.

Zie figuur 4.10.



Figuur 4.10

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- b De horizontale kracht van de stoelleuning op Jurgen bereken je met de tweede wet van Newton.

De resulterende kracht bereken je met de versnelling.

De versnelling bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = \frac{100}{3,6} = 27,77 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta t = 6,6 \text{ s}$$

$$a = \frac{27,7}{6,6} = 4,208 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 90 \times 4,208 = 3,78 \cdot 10^2$$

In de horizontale richting werkt alleen de kracht van de stoelleuning op Jurgen.

$$F_{\text{leuning}} = F_{\text{res}} = 3,78 \cdot 10^2$$

Afgerond: $3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- c De totale kracht die de stoel uitoefent op Jurgen, bereken je met de stelling van Pythagoras.

De kracht die de zitting uitoefent op Jurgen en de kracht die de stoelleuning uitoefent op Jurgen staan loodrecht op elkaar.

Volgens Pythagoras geldt dan:

$$F_{\text{stoel}}^2 = F_{\text{zitting}}^2 + F_{\text{leuning}}^2$$

$$F_{\text{stoel}}^2 = (8,8 \cdot 10^2)^2 + (3,8 \cdot 10^2)^2$$

$$F_{\text{stoel}} = 9,585 \cdot 10^2$$

Afgerond: $F_{\text{stoel}} = 9,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- d Dat de rolweerstandskracht en de luchtweerstandskracht samen gelijk zijn aan de schuifwrijvingskracht volgt uit de krachten op de auto en de eerste en derde wet van Newton. Leg uit dat de motorkracht van de auto zorgt voor een schuifweerstandskracht op de auto.

De auto rijdt met een constante snelheid, dus is de resulterende kracht gelijk aan 0 N.

De krachten in de horizontale richting heffen elkaar op.

In figuur 4.35 van het leerboek is de richting van de luchtweerstandskracht en de rolweerstandskracht naar links. Op de auto werkt dus nog een kracht die naar rechts is gericht. Dit is de kracht die het wegdek uitoefent op de auto en dus gelijk aan de schuifwrijvingskracht.

Opmerking

Doordat de motor de wielen laat draaien, oefenen de wielen een kracht uit op het wegdek die naar links is gericht. Volgens de derde wet van Newton oefent het wegdek dan een even grote maar tegengestelde kracht uit op de wielen van de auto. Je zegt: 'De auto zet zich af tegen het wegdek.' Hierbij is de schuifwrijvingskracht van belang.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.5 Momenten

Opgave 25

- a Het moment bereken je telkens met de formule voor moment.
De kracht bereken je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.
De arm bepaal je met de kortste afstand van het draaipunt tot de werklijn van de kracht en de lengteschaal.

Voor alle momenten geldt: $M = F \cdot r$.

F en r bepaal je in figuur 4.42 van het leerboek.

Krachtschaal 1 cm $\triangleq$ 10 N

Lengteschaal 1 cm $\triangleq$ 1 m

$F_1 = 1,5$ cm in figuur 4.42

$F_1 = 1,5 \times 10 = 15$ N

$r_1 = 0$ cm in figuur 4.42

$r_1 = 0$ m

$M_1 = 15 \times 0$

$M_1 = 0$ Nm

$F_2 = 2,0$ cm in figuur 4.42

$F_2 = 2,0 \times 10 = 20$ N

$r_2 = 2,0$ cm in figuur 4.42

$r_2 = 2,0 \times 1,0 = 2,0$ m

$M_2 = 20 \times 2,0$

$M_2 = 40$ Nm

$F_3 = 1,5$ cm in figuur 4.42

$F_3 = 1,5 \times 10 = 15$ N

$r_3 = 1,0$ cm in figuur 4.42

$r_3 = 1,0 \times 1,0 = 1,0$ m

$M_3 = 15 \times 1,0$

$M_3 = 15$ Nm

$F_4 = 3,0$ cm in figuur 4.42

$F_4 = 3,0 \times 10 = 30$ N

$r_4 = 1,5$ cm in figuur 4.42

$r_4 = 1,5 \times 1,0 = 1,5$ m

$M_4 = 30 \times 1,5$

$M_4 = 45$ Nm

- b M_1 : er is geen moment: geen draaiing

M_2 : draaiing rechtsom

M_3 : draaiing linksom

M_4 : draaiing linksom

Opgave 26

Het moment bepaal je met de formule voor moment.

De arm bepaal je met de kortste afstand van het draaipunt tot de werklijn van de kracht.

Voor een moment geldt: $M = F \cdot r$.

De kracht heeft bij elk wiel dezelfde waarde.

Wiel B heeft de grootste arm en wiel C de kleinste arm.

De volgorde van toenemend moment is C, A, B.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 27

Het moment bereken je telkens met de formule voor moment.

De arm bepaal je met de kortste afstand van het draaipunt tot de werklijn van F_{zw} .

De werklijn van F_{zw} is de lijn loodrecht naar beneden door puntje van de wijzer.

- a Voor tijdstip 9 uur geldt:

$$M = F \cdot r$$

$$F = 0,35 \text{ N}$$

$$r = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$M = 0,35 \times 0,60$$

$$M = 0,210 \text{ N m}$$

$$\text{Afgerond: } M = 0,21 \text{ N m.}$$

De draairichting is linksom.

- b I Voor het tijdstip 12 uur geldt:

$$M = F \cdot r.$$

$$F = 0,35 \text{ N}$$

$$r = 0 \text{ cm} = 0 \text{ m}$$

$$M = 0,35 \times 0$$

$$M = 0 \text{ N m}$$

$$\text{Afgerond } M = 0 \text{ N m.}$$

Het moment zorgt niet voor een draaiing.

- II Voor het tijdstip 3 uur geldt.

$$M = F \cdot r.$$

$$F = 0,35 \text{ N}$$

$$r = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

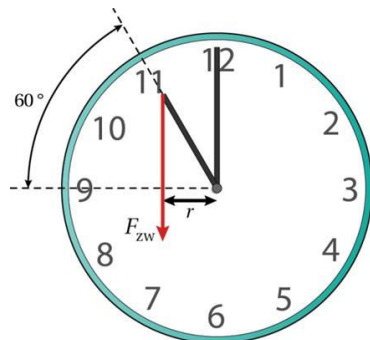
$$M = 0,35 \times 0,60$$

$$M = 0,210 \text{ N m}$$

$$\text{Afgerond: } M = 0,21 \text{ N m.}$$

De draairichting is rechtsom.

- III Voor het tijdstip 11 uur bereken je de arm r met een goniometrische formule.



Figuur 4.11

De wijzer maakt een hoek van 60° met de horizontaal. Zie figuur 4.11.

$$\cos(60^\circ) = \frac{r}{0,60}$$

$$r = 0,30 \text{ m}$$

$$F = 0,35 \text{ N}$$

$$M = 0,35 \times 0,30$$

$$M = 0,105 \text{ N m}$$

$$\text{Afgerond: } M = 0,11 \text{ N m.}$$

De draairichting is linksom.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 28

- a A: as van de trommel
B: as van de trommel
D: scharnierpunt van het brugdek (punt E)
- b A: linksom
B: linksom
D: linksom
- c Welke kracht het kleinst is bereken je met de formule voor moment.

Voor een moment geldt: $M = F \cdot r$.

Het moment in B is gelijk aan het moment in A.

De arm van het moment in A is groter dan de arm van het moment in B.

De kracht in A is dus kleiner dan de kracht in B.

Dus de spierkracht is kleiner dan de kracht die de trommel op de kabel uitoefent.

- d Welke moment het grootst is bereken je met de formule voor moment.

Voor een moment geldt: $M = F \cdot r$.

De kracht in B is gelijk aan de kracht in D.

De arm van de kracht in D is groter dan de arm van de kracht in B.

Het moment in D is dus groter dan het moment in B.

Opgave 29

- a De arm is de kleinste afstand van het draaipunt tot aan de werklijn van de kracht. Dit is de lijn die loodrecht staat op de werklijn en door het draaipunt loopt. Zie figuur 4.12.

$$\sin(\alpha) = \frac{r}{\ell_{\text{brugdek}}}$$

$$\alpha = 50^\circ$$

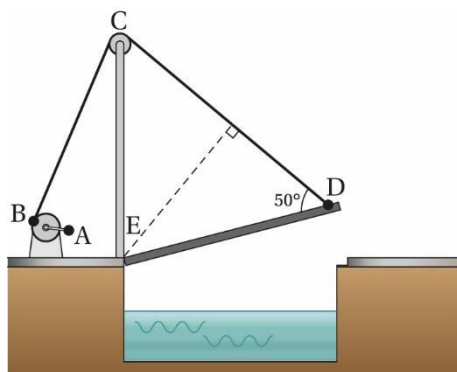
$$\ell_{\text{brugdek}} = 2,8 \text{ m}$$

$$\sin(50) = \frac{r}{2,8}$$

$$r = 2,8 \times \sin(50)$$

$$r = 2,14 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond } r = 2,1 \text{ m.}$$

**Figuur 4.12**

- b Het moment bereken je met de formule voor moment.

$$M = F \cdot r.$$

$$F = 2,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$r = 2,1 \text{ m}$$

$$M = 2,2 \cdot 10^3 \times 2,1$$

$$M = 4,62 \cdot 10^3 \text{ Nm}$$

$$\text{Afgerond: } M = 4,6 \cdot 10^3 \text{ Nm.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- c Dat het moment van de zwaartekracht kleiner wordt, bereken je met de formule voor moment.

Voor het moment van de zwaartekracht geldt: $M_{zw} = F_{zw} \cdot r$.

De grootte van de zwaartekracht verandert niet tijdens het ophalen.

De arm van de zwaartekracht is de kleinste afstand tussen de werklijn van de zwaartekracht en het draaipunt E.

Als het brugdek schuiner komt te staan, wordt de arm van de zwaartekracht kleiner.

Het moment van de zwaartekracht wordt dus kleiner tijdens het ophalen.

- d Tijdens het ophalen komt de kabel steeds meer horizontaal te liggen

De arm wordt dus groter.

- e Voor het moment van de spankracht geldt: $M_{span} = F_{span} \cdot r$.

Het moment van de spankracht wordt tijdens het ophalen kleiner.

Als het brugdek schuiner komt te staan, wordt de arm van de spankracht groter.

De spankracht wordt dus kleiner tijdens het ophalen.

Opgave 30

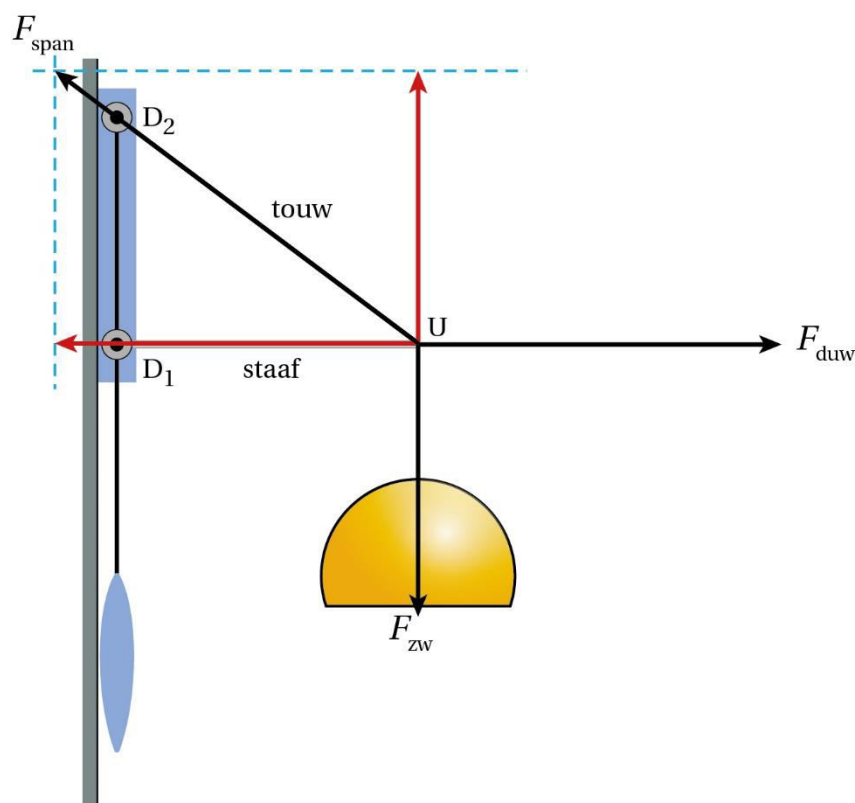
- a Dat de krachten in U in evenwicht zijn volgt uit de eerste wet van Newton toegepast op de componenten van de spankracht en de andere twee krachten.

De componenten van de spankracht construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Als de krachten in punt U in evenwicht zijn, vormen ze een drie-krachtenevenwicht.

In figuur 4.13 zijn de krachten getekend met de schaal $1 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N}$.

Als je de spankracht in de kabel ontbindt in de richting van de zwaartekracht en de duwkracht, zie je dat de componenten in dezelfde richting aan elkaar gelijk zijn.



Figuur 4.13

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- b Het moment van een kracht bepaal je met de formule voor moment.
De arm volgt uit de kleinste afstand tussen de werklijn van de kracht en het draaipunt.

$$M = F \cdot r$$

De arm van een kracht is de kleinste afstand tussen de werklijn van de kracht en het draaipunt.

Ten opzichte van D_1 heeft de duwkracht geen moment, omdat de werklijn van F_{duw} door D_1 gaat.

De arm van de duwkracht is dan 0 m en het moment dus ook.

Het moment van de spankracht is linksom en het moment van de zwaartekracht is rechtsom.

Bij evenwicht geldt: $F_{\text{span}} \cdot r_{\text{span}} = F_{\text{zw}} \cdot r_{\text{zw}}$.

In figuur 4.14 zijn r_{span} en r_{zw} ten opzichte van het draaipunt D_1 aangegeven.

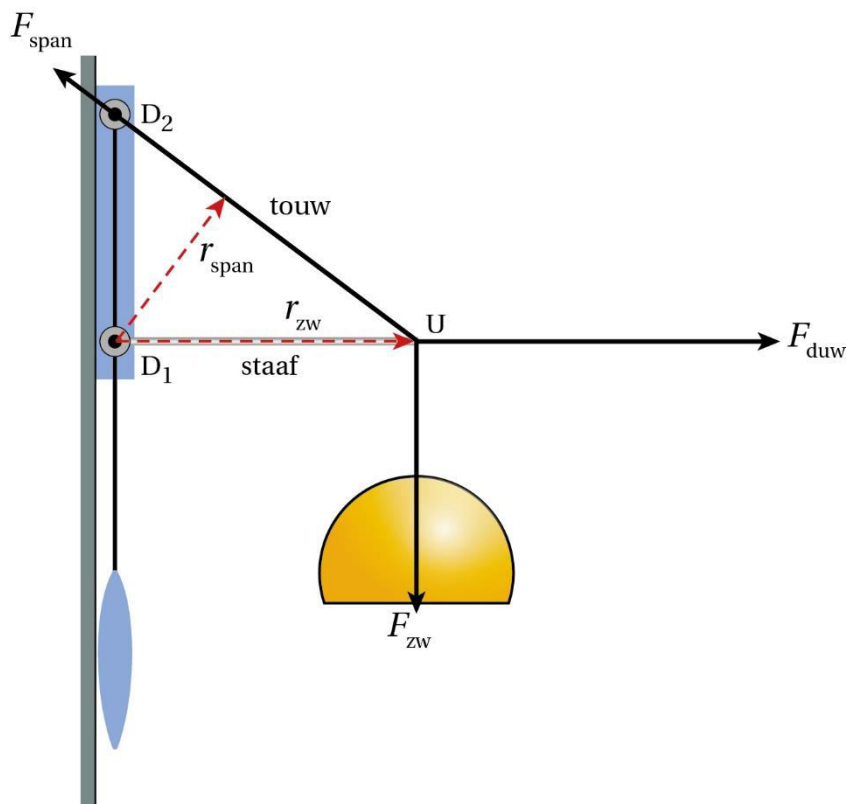
$$r_{\text{zw}} = 4,0 \text{ cm}$$

$$r_{\text{span}} = 2,4 \text{ cm}$$

$$M_{\text{zw}} = 36 \times 4,0 \text{ N cm} = 144 \text{ N cm}$$

$$M_{\text{span}} = 60 \times 2,4 \text{ N cm} = 144 \text{ N cm}$$

De momenten zijn aan elkaar gelijk. Dus het moment linksom is gelijk aan het moment rechtsom.



Figuur 4.14

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- c Ten opzichte van D_2 heeft de spankracht geen moment, omdat de werklijn van F_{span} door D_2 gaat. De arm van de spankracht is dan 0 m en het moment dus ook.

Het moment van de duwkracht is linksom en het moment van de zwaartekracht is rechtsom.

Bij evenwicht geldt: $F_{\text{duw}} \cdot r_{\text{duw}} = F_{\text{zw}} \cdot r_{\text{zw}}$.

In figuur 4.15 zijn r_{duw} en r_{zw} ten opzichte van het draaipunt D_2 aangegeven.

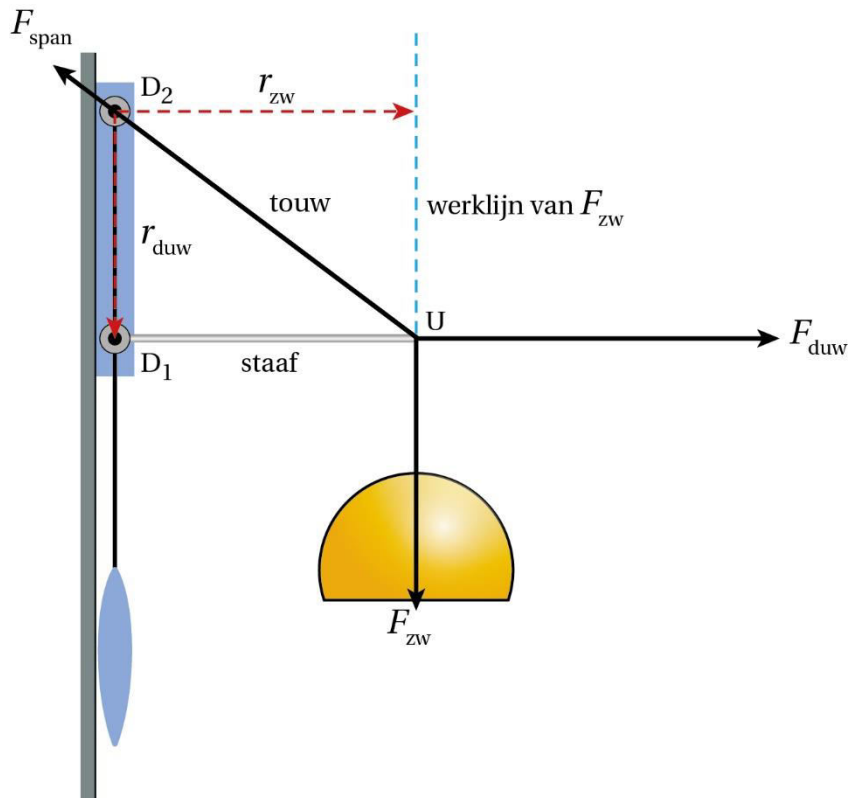
$$r_{\text{zw}} = 4,0 \text{ cm}$$

$$r_{\text{duw}} = 3,0 \text{ cm}$$

$$M_{\text{zw}} = 36 \times 4,0 \text{ Ncm} = 144 \text{ Ncm}$$

$$M_{\text{duw}} = 48 \times 3,0 \text{ Ncm} = 144 \text{ Ncm}$$

De momenten zijn aan elkaar gelijk. Dus het moment linksom is gelijk aan het moment rechtsom.



Figuur 4.15

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.6 De hefboomwet

Opgave 31

- a Moment van de spankracht: linksom.
Moment van de zwaartekracht: rechtsom
- b De momenten zijn even groot, want het brugdek wordt op zijn plaats gehouden.
- c Of de zwaartekracht groter dan, kleiner of gelijk is aan de spankracht beredeneer je met de hefboomwet.
De arm van een kracht bepaal je in figuur 4.52.

De zwaartekracht grijpt aan in het midden van het brugdek. De spankracht grijpt aan in het uiteinde van het brugdek. De arm van de spankracht is groter dan de arm van de zwaartekracht.

Het touw houdt het brugdek op zijn plaats waardoor er evenwicht is.

De momenten zijn even groot:

$$M_{zw} = M_{span}$$

$$F_{zw} \cdot r_{zw} = F_{span} \cdot r_{span}$$

r_{span} is groter dan r_{zw} .

De zwaartekracht is dus groter dan de spankracht.

- d In het draaipunt van het brugdek.
(Dit is de normaalkracht.)

Opgave 32

De situatie is in rust. Er is evenwicht: $M_{zw} = M_{spier}$.

Dat wil zeggen: $F_{zw} \cdot r_{zw} = F_{spier} \cdot r_{spier}$.

- a Zie figuur 4.16.

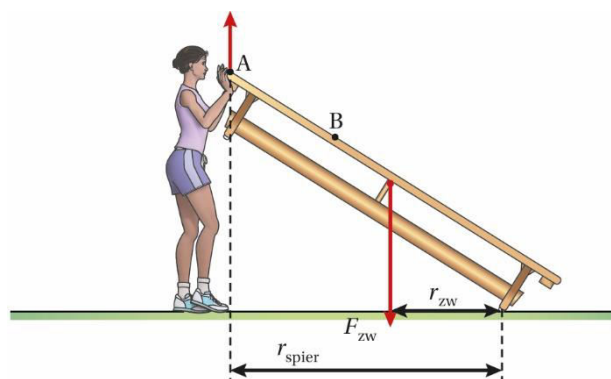
De arm van de zwaartekracht is de kleinste afstand tussen de werklijn van de zwaartekracht en de plek waar de bank op de grond steunt. Deze afstand is 1,5 cm in de tekening.

De arm van de spierkracht is de kleinste afstand van de werklijn van de spierkracht. Dit is 3,6 cm.

De spierkracht is dus $\frac{1,5}{3,6} \times$ zo klein.

De pijl van de zwaartekracht heeft een lengte van 1,9 cm. De pijl van de spierkracht moet dus

$$\frac{1,5}{3,6} \times 1,9 = 0,79 \text{ cm lang getekend worden.}$$



Figuur 4.16

- b Of de verticale kracht in B groter is dan die in A beredeneer je met de momentenwet.

Zie figuur 4.17.

$$F_{zw} \cdot r_{zw} = F_{spier,B} \cdot r_{spier,B}$$

De zwaartekracht F_{zw} is niet veranderd.

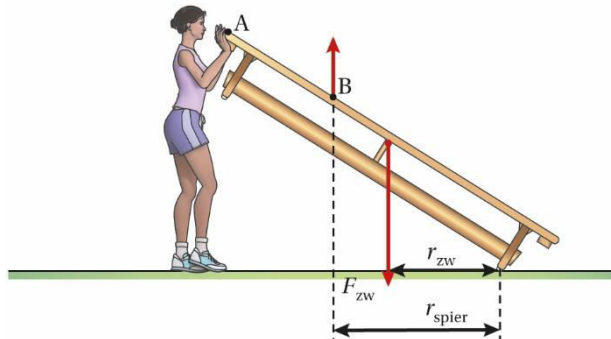
De arm van de zwaartekracht r_{zw} is niet veranderd.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

De arm van de verticale kracht $r_{\text{spier},B}$ is kleiner dan $r_{\text{spier},A}$.

Dus $F_{\text{spier},B}$ is groter dan $F_{\text{spier},A}$.

Vergelijk de lengte van de pijlen in figuur 4.16 met die in 4.17.



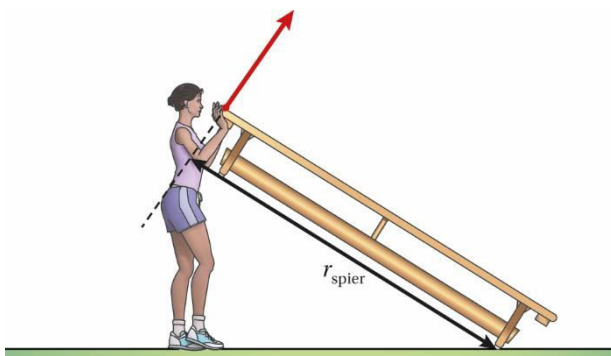
Figuur 4.17

- c De arm van de spierkracht is de kleinste afstand van de werklijn tot aan het punt waar de bank op de grond steunt. Zie figuur 4.18.

De arm van de spierkracht in figuur 4.18 is groter dan de arm in figuur 4.16.

Het moment van de zwaartekracht is hetzelfde. Dus het moment van de spierkracht is ook dezelfde.

Omdat de arm groter is, is de spierkracht die Carola moet uitoefenen, kleiner dan in situatie a.



Figuur 4.18

Opgave 33

- a De tilkracht die minstens nodig is om het blok op te tillen bepaal je met de zwaartekracht op het blok. De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g \text{ met } m = 50 \text{ kg en } g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 50 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 4,905 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Als je het blok met constante snelheid omhoog tilt, dan is de resulterende kracht op het blok volgens de eerste wet van Newton gelijk aan 0 N. De minimale tilkracht is dus gelijk aan de zwaartekracht.

$$F_{\text{til}} = F_{\text{zw}}$$

$$F_{\text{til}} = 4,905 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{til}} = 4,9 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- b De minimale trekkracht volgt uit de hefboomwet.

$$F_{\text{trek}} \cdot r_{\text{trek}} = F_{\text{zw}} \cdot r_{\text{zw}}$$

De arm van de trekkracht ten opzichte van punt D is twee keer zo groot als die van de zwaartekracht.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Dus de trekkracht is de helft van de zwaartekracht.
In situatie a is de tilkracht gelijk aan de zwaartekracht.
Dus in situatie b is de trekkracht de helft van de tilkracht.

Opgave 34

- a De spierkracht van de man toon je aan met de hefboomwet.
Het moment van de spierkracht volgt uit het moment van de zwaartekracht van de kruiwagen met inhoud.
De arm van een kracht bepaal je in figuur 4.56 van het leerboek.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$\begin{aligned} F_{zw} &= m \cdot g \\ m &= 23 \text{ kg} \\ g &= 9,81 \text{ m s}^{-2} \\ F_{zw} &= 23 \times 9,81 \\ F_{zw} &= 225,6 \text{ N} \end{aligned}$$

De werklijn van de spierkracht is lastig te bepalen. En daarmee ook de arm van de spierkracht.
Zie figuur 4.19.

$$\begin{aligned} F_{\text{spier}} \cdot r_{\text{spier}} &= F_{zw} \cdot r_{zw} \\ r_{\text{spier}} &= (\text{ongeveer}) 3,7 \text{ cm} \\ r_{zw} &= 1,0 \text{ cm} \\ F_{zw} &= 225,6 \text{ N} \\ F_{\text{spier}} \times 3,7 &= 225,6 \times 1,0 \\ F_{\text{spier}} &= 60,97 \text{ N} \end{aligned}$$

De onnauwkeurigheid waarmee je de arm van de spierkracht kunt bepalen is groot. Je weet niet waar precies het aangrijpingspunt zit. Dus $F_{\text{spier}} = 60 \text{ N}$.



Figuur 4.19

- b De normaalkracht bereken je met de resulterende kracht op de kruiwagen.
De resulterende kracht bepaal je met de eerste wet van Newton.

De kruiwagen is in evenwicht, dus geldt de eerste wet van Newton.
De spierkracht en de normaalkracht zijn omhoog gericht en de zwaartekracht is omlaag gericht.

$$\begin{aligned} F_n + F_{\text{spier}} &= F_{zw} \\ F_n + 60 &= 225,6 \\ F_n &= 285,6 \text{ N} \\ \text{Afgerond: } F_n &= 2,9 \cdot 10^2 \text{ N.} \end{aligned}$$

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- c De plaats van de lading volgt uit het moment van de zwaartekracht.
Het moment van de zwaartekracht volgt uit het moment van de spierkracht.

De kracht die de man wil uitoefenen is kleiner, terwijl de arm van de spierkracht hetzelfde blijft.
Dus het moment van de spierkracht is kleiner.
Daardoor is volgens de momentenwet het moment van de zwaartekracht kleiner.
De zwaartekracht op de lading blijft hetzelfde.
Dus is de arm van de zwaartekracht kleiner.
Dus de man moet de lading dichterbij het wiel plaatsen.

Opgave 35

De spankracht bepaal je met de hefboomwet.

$$M_{\text{span}} = M_{\text{brugdek}}$$

$$F_{\text{span}} \cdot r_{\text{span}} = F_{\text{zw}} \cdot r_{\text{zw}}$$

Vergelijk je figuur A met figuur B, dan is de massa van het brugdek en daardoor ook de zwaartekracht in figuur B groter dan in figuur A.

De arm van de zwaartekracht in figuur A is gelijk aan die in figuur B. Dus het moment van de zwaartekracht is in figuur B groter dan dat in figuur A.

Volgens de hefboomwet is het moment van de spankracht in figuur B ook groter dan dat in figuur A.

De arm van de spankracht in figuur A is gelijk aan die in figuur B.

Dus de spankracht in figuur B is groter dan die in figuur A.

Vergelijk je figuur A met figuur C, dan is de massa van het brugdek gelijk en daardoor ook de zwaartekracht.

De arm van de zwaartekracht in figuur A is groter dan die in figuur C. Dus het moment van de zwaartekracht is in figuur A groter dan dat in figuur C.

Volgens de hefboomwet is het moment van de spankracht in figuur A dan ook groter dan dat in figuur C.

De arm van de spankracht in figuur A is kleiner dan die in figuur C.

Dus de spankracht in figuur A is groter dan die in figuur C.

De volgorde van toenemende spankracht is C, A, B.

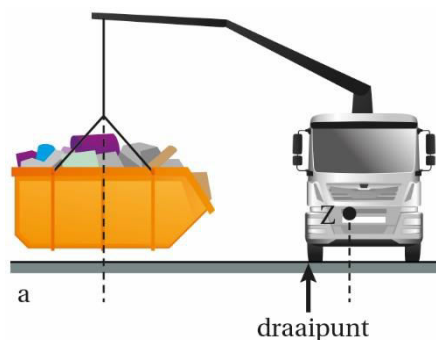
Opgave 36

- a Dat de takelwagen omvalt, toon je aan met de momentenwet.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De armen meet je op in figuur 4.58.

De takelwagen valt om als het moment van de zwaartekracht op de container groter is dan het moment van de zwaartekracht op de takelwagen. Dat wil zeggen:

$$F_{\text{zw,container}} \cdot r_{\text{zw,container}} > F_{\text{zw,takel}} \cdot r_{\text{zw,takel}}$$

In figuur 4.20 zijn de werklijnen getekend van de twee zwaartekrachten.



Figuur 4.20

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

$$F_{\text{zw,container}} = 1,7 \cdot 10^3 \times 9,81 = 1,66 \cdot 10^4 \text{ N en } F_{\text{zw,takel}} = 7,9 \cdot 10^3 \times 9,81 = 7,74 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$r_{\text{zw,container}} = 2,7 \text{ cm en } r_{\text{zw,takel}} = 0,5 \text{ cm (opmeten in figuur 4.58 van het leerboek)}$$

$$M_{\text{zw,container}} = 1,66 \cdot 10^4 \times 2,7 = 4,48 \cdot 10^4 \text{ N cm en } M_{\text{zw,takel}} = 7,74 \cdot 10^4 \times 0,5 = 3,87 \cdot 10^4 \text{ N cm}$$

Dus $M_{\text{zw,container}} > M_{\text{zw,takel}}$.

De takelwagen valt om.

- b Als er stempels worden gebruikt, verschuift het draaipunt richting de container.

Daardoor wordt de arm van de container kleiner en tegelijkertijd de arm van de zwaartekracht op de takelwagen groter.

Zijn de stempels ver genoeg uitgeschoven, dan is $M_{\text{zw,container}} < M_{\text{zw,takel}}$ en valt de takelwagen niet meer om.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

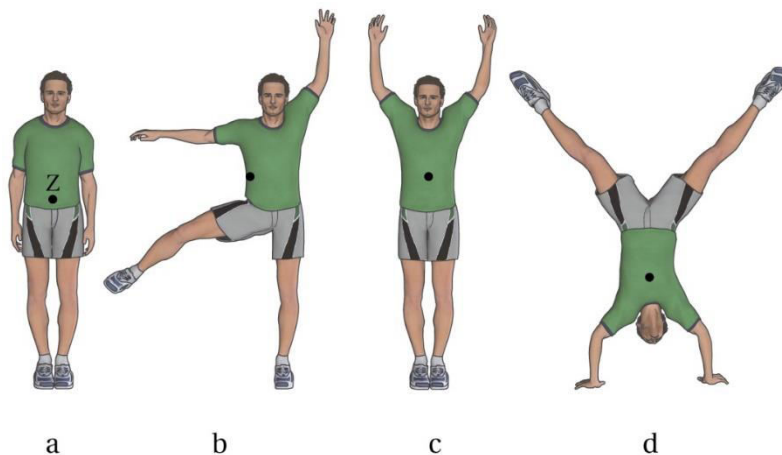
4.7 Momenten in het menselijk lichaam

Opgave 37

De verandering van het zwaartepunt bereken je met de verplaatsing van massa.

Zie figuur 4.21.

- b hoger en naar links
- c hoger
- d lager



Figuur 4.21

Opgave 38

- a De massa van de romp en benen samen bereken je uit de totale massa en de massa van de armen.

$$m_{\text{armen}} = 0,125 \times 65$$

$$m_{\text{armen}} = 8,12 \text{ kg}$$

$$m_{\text{RBn}} = 65 - 8,12$$

$$m_{\text{RBn}} = 56,8 \text{ kg}$$

$$\text{Afgerond: } m_{\text{RBn}} = 57 \text{ kg.}$$

- b $r_{\text{zw,RB}} = 17 \text{ cm}$. Alle waarden tussen 15 cm en 19 cm zijn goed.

- c $r_{\text{spier}} = 5 \text{ cm}$. Alle waarden tussen 4 en 7 cm zijn goed.

- d De grootte van de spierkracht bereken je met de hefboomwet toegepast op de spierkracht van de armen en de zwaartekracht van romp en benen samen.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw,RB}} = m_{\text{RB}} \cdot g$$

$$m_{\text{RB}} = 57 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw,RB}} = 57 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw,RB}} = 559 \text{ N}$$

$$F_{\text{spier}} \cdot r_{\text{spier}} = F_{\text{zw,RB}} \cdot r_{\text{RB}}$$

$$F_{\text{zw,RB}} = 559 \text{ N}$$

$$r_{\text{RB}} = 17 \text{ cm}$$

$$r_{\text{spier}} = 5 \text{ cm}$$

$$F_{\text{spier}} \times 5 = 559 \times 17$$

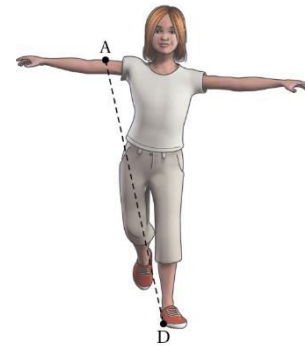
$$F_{\text{spier}} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{spier}} = 2 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

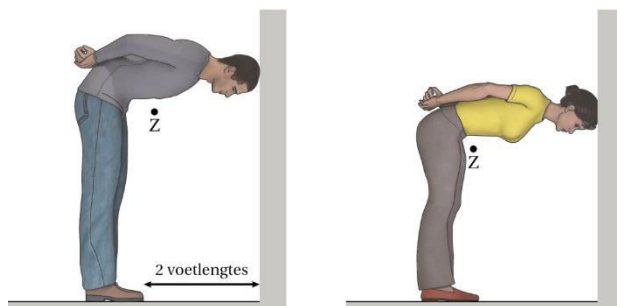
Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

Opgave 39

- a De werklijn van de duwkracht gaat loodrecht naar beneden en gaat daardoor niet door het draaipunt D.
Er ontstaat een nettomoment linksom en Amy draait om punt D.
- b De arm van de duwkracht is dan groter en daardoor ook het moment van de duwkracht. Amy zal dan al omvallen bij een kleinere duwkracht.
- c Zie figuur 4.22.
- d De werklijn van de duwkracht loopt door het draaipunt. Er is nu geen nettomoment van de duwkracht en Amy gaat dus niet draaien om punt D.

**Figuur 4.22****Opgave 40**

- a Zie figuur 4.23.
- b Zie figuur 4.23.

**Figuur 4.23**

- c De schoenpunten van de man werken als draaipunt. Het zwaartepunt van de man ligt rechts van de schoenpunten. Het moment van de zwaartekracht zorgt voor een draaiing rechtsom. De man kan geen moment uitoefenen dat zorgt voor een draaiing linksom. Zodra hij zijn hoofd van de muur weghaalt, valt hij richting de muur.

Het zwaartepunt van de vrouw ligt links van de schoenpunten. Het draaipunt ligt dan ook links van de tenen. De vrouw duwt met haar tenen tegen de grond en zorgt zo voor een moment linksom. Daardoor kan ze haar hoofd weghalen van de muur en overeind komen.

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

4.8 Afsluiting

Opgave 41

- a Het meisje staat in evenwicht. Er is dan geen nettomoment.
De werklijn van de zwaartekracht loopt door het steunpunt, de tenen. Het zwaartepunt ligt dus loodrecht boven de tenen. Punt A is het zwaartepunt.
- b Het moment van de spierkracht bepaal je met de spierkracht en de arm van de spierkracht.
De arm meet je op figuur 4.67 van het leerboek.

De arm van de spierkracht meet je op in figuur 4.67 van het leerboek.

De arm in de tekening is 0,85 cm. Deze figuur is weergegeven op 46% van de ware grootte.

$$r_{\text{spier}} = \frac{0,85}{0,46}$$

$$r_{\text{spier}} = 1,85 \text{ cm}$$

$$M = F \cdot r$$

$$F = 20 \text{ N}$$

$$r = 1,85 \text{ cm} = 0,0185 \text{ m}$$

$$M = 20 \times 0,0185$$

$$M = 0,37 \text{ Nm}$$

$$\text{Afgerond: } M = 0,37 \text{ Nm.}$$

- c De kracht van de achillespees op de voet bepaal je met de hefboomwet.
De armen van de krachten bepaal je in figuur 4.68b van het leerboek.

$$r_R = 2,4 \text{ cm}$$

$$r_P = 0,7 \text{ cm}$$

$$F_P \cdot r_P = F_R \cdot r_R$$

$$F_R = 250 \text{ N}$$

$$F_P \times 0,7 = 250 \times 2,4$$

$$F_P = 8,57 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_P = 9 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- d Om de juiste keuze te kunnen maken, moet je kijken naar het evenwicht van krachten.
Dit doe je voor de krachten op het meisje als geheel en voor de krachten op de voet.

Het meisje is in evenwicht. Er werken twee krachten op haar: de zwaartekracht in punt A en de normaalkracht in punt R. De kracht in R is dus even groot als de zwaartekracht.

De voet is in evenwicht, dus geldt de eerste wet van Newton. De richting van de krachten in R en P is omhoog. In Q werkt dus een kracht omlaag die even groot is als de krachten in R en P samen. De kracht in Q is groter dan de kracht in R. De kracht in R is gelijk aan de zwaartekracht. F_Q is groter dan F_{zw} .

Opgave 42

- a De resulterende kracht op de achterste auto bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$m = 980 \text{ kg}$$

$$a = 1,30 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = 980 \times 1,30$$

$$F_{\text{res}} = 1274 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res}} = 1,27 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- b De spankracht op de kabel bereken je met de resulterende kracht en de wrijvingskracht.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{span}} - F_w$$

$$1,27 \cdot 10^3 = F_{\text{span}} - 78$$

$$F_{\text{span}} = 1,27 \cdot 10^3 + 78$$

$$F_{\text{span}} = 1348 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{span}} = 1,35 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 4 Uitwerkingen

- c De motorkracht van de voorste auto bereken je met de resulterende kracht.
De spankracht op de voorste auto volgt uit de derde wet van Newton.
De resulterende kracht op de voorste auto bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$m = 1210 \text{ kg}$$

$$a = 1,30 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = 1210 \times 1,30$$

$$F_{\text{res}} = 1573 \text{ N}$$

De spankracht op de achterste auto ontstaat doordat de voorste auto aan het touw trekt. Volgens de derde wet van Newton trekt de kabel met dezelfde kracht aan de voorste auto.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{span}} - F_{\text{w}}$$

$$F_{\text{res}} = 1573 \text{ N}$$

$$F_{\text{span}} = 1,35 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{\text{w}} = 96 \text{ N}$$

$$1573 = F_{\text{motor}} - 1,35 \cdot 10^3 - 96$$

$$F_{\text{motor}} = 1573 + 1,35 \cdot 10^3 + 96$$

$$F_{\text{motor}} = 3019 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{motor}} = 3,02 \cdot 10^3 \text{ N}$.

- d Als de auto over een verkeersdrempel rijdt, oefent de verkeersdrempel een tegenwerkende kracht uit op de auto. De spankracht in de kabel wordt dan groter. Als de spankracht te groot is, breekt de kabel.