

3 Kracht

havo

3.1 Wat doet een kracht?

- 1***
- a** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een veer wordt uitgerekt
 - een blikje wordt vervormd
 - een auto krijgt een deuk
- b** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een pijl wordt weggeschoten
 - een vliegtuig stijgt op
 - je fietst van een berg naar beneden
- c** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een trein remt af
 - een bal stopt met rollen
 - je fietst een berg op en stopt met trappen
- d** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een tram maakt een bocht
 - je draait rondjes in de zweefmolen
 - je fietst de bocht om
- 2***
- a** Leg uit op welke twee manieren een voorwerp kan vervormen.
- plastisch → de vervorming blijft bestaan als de kracht weg is
 - elastisch → de oorspronkelijke vorm komt terug als de kracht weg is
- b** Geef van iedere manier een voorbeeld uit de praktijk.
- plastisch → je maakt een vorm in een blok klei
 - elastisch → je rekt een elastiekje een beetje uit (niet te ver)
- 3***
- a** Wat is de betekenis van de hoofdletter F?
- F staat voor de grootte van kracht: "force"
- b** Wat is de betekenis van de hoofdletter N?
- N staat voor de eenheid van kracht: "newton"

- c Leg uit wat een vector is.
- een vector is een grootheid met een grootte én een richting
- d Leg uit waarom kracht een vector is.
- een kracht heeft een grootte en een richting
 - de lengte van de pijl geeft de hoeveelheid kracht aan
 - de richting van de pijl geeft de richting van de kracht aan

- 4*
- a Hoe heet de plaats waar de pijl begint?
- het aangrijpingspunt
- b Wat geeft de plaats waar de pijl begint aan?
- de plaats waar de kracht wordt uitgeoefend
 - bijvoorbeeld de plaats waar het touw is bevestigd of de plaats waar je duwt
- c Wat geeft de lengte van de pijl aan?
- de hoeveelheid kracht
- d Wat geeft de richting van de pijl aan?
- de richting van de kracht

- 5**
- a Teken een horizontale krachtpijl van 56 N
- maak verhoudingstabel:

newton	40	56
centimeter	5	x
 - kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 56 = 40 \cdot x$

$$x = \frac{5 \cdot 56}{40} \rightarrow x = \frac{280}{40} = 7 \text{ cm}$$
 - teken een horizontale pijl met een lengte van 7,0 cm

- 6**
- a Bereken de grootte van F_1 .
- opmeten: ℓ_1 (lengte van krachtpijl 1) $\rightarrow$ 7,5 cm (op 1 mm nauwkeurig)
 - verhoudingstabel:

newton	5	F_1
centimeter	2	7,5
 - kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 7,5 = 2 \cdot F_1$
 - $F_1 = \frac{5 \cdot 7,5}{2} \rightarrow F_1 = 18,75 \text{ N}$

b Bereken de grootte van F_2 .

- meet met liniaal: ℓ_2 (lengte van krachtpijl) $\rightarrow$ 9,3 cm (op 1 mm nauwkeurig)

• verhoudingstabel:

newton		5		F_2
centimeter		2		9,3

- kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 9,3 = 2 \cdot F_2$

- $F_2 = \frac{5 \cdot 9,3}{2} \rightarrow F_2 = 23,25 \text{ N}$

c Meet de hoek tussen F_1 en F_2 .

- opmeten met geodriehoek: hoek is 37 graden

7***

a Bereken de krachtschaal.

- opmeten $\ell_2 = 9,0 \text{ cm}$ | $F_2 = 15 \text{ N}$

- krachtschaal $\frac{F_2}{\ell_2} = \frac{15}{9,0} = 1,667$

- $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1,667 \text{ N}$

b Bereken F_1 .

- opmeten $\ell_1 = 5,4 \text{ cm}$

- $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1,667 \text{ N}$

- $F_1 = 5,4 \cdot 1,667 = 9,0 \text{ N}$

c Bepaal de verhouding tussen ℓ_1 en ℓ_2 .

- $\ell_1 = 5,4 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 9,0 \text{ cm}$

- $\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{5,4}{9,0} = 0,60$

d Beredeneer wat de verhouding is tussen F_1 en F_2 .

- de verhouding tussen F_1 en F_2 is gelijk aan de verhouding tussen ℓ_1 en ℓ_2

- $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\ell_1}{\ell_2}$

- $\frac{F_1}{F_2} = 0,60 \rightarrow F_1 = 0,60 \cdot F_2$

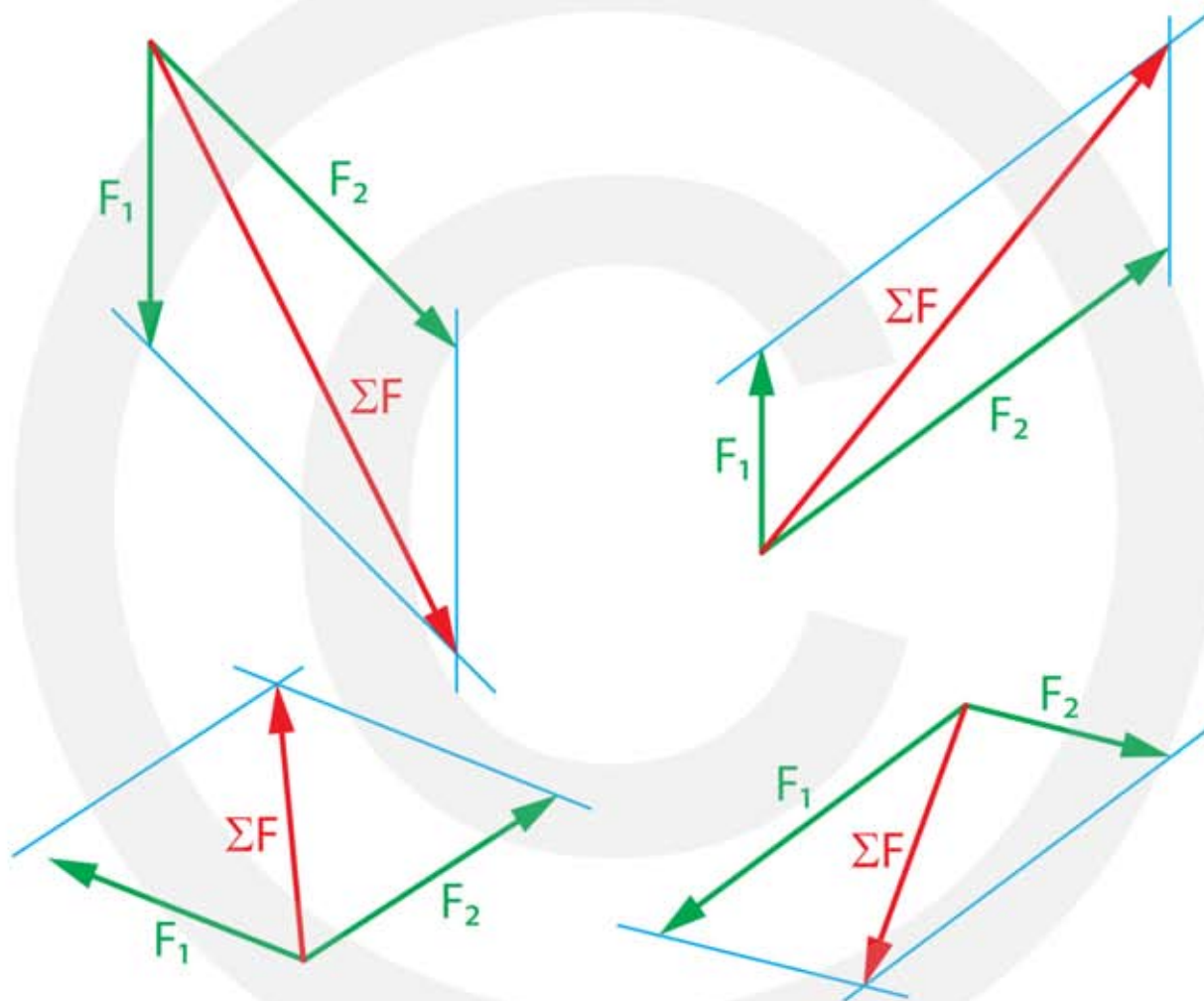
3.2 Optellen en splitsen van krachten

Krachten optellen – tekenen

- 1****
- a** Wat is de resulterende kracht?
- de resulterende kracht krijg je door alle krachten die op een voorwerp werken bij elkaar op te tellen
 - hierbij moet je rekening houden met de richtingen van de krachten
 - gebruik parallellogram-methode of kop-staart methode
- b** wat is het symbool voor de resulterende kracht?
- ΣF
- c** Leg uit waarom dit niet altijd mag en wanneer dit wél is toegestaan.
- niet altijd omdat je rekening moet houden met de richtingen van de krachten
 - het mag wél als de krachten dezelfde richting hebben
- d** Bereken de grootte van de resulterende kracht.
- zelfde richting: krachten optellen $\rightarrow \Sigma F = 15 + 12 = 27 \text{ N}$
- e** Bereken de grootte van de resulterende kracht.
- tegenovergestelde richting: krachten van elkaar aftrekken $\rightarrow \Sigma F = 15 - 12 = 3 \text{ N}$
- 2****
- a** Met hoeveel kracht trekt het bruine paard?
- grijze paard de helft van de kracht van het bruine paard
 - $F_{\text{bruin}} = \frac{2}{3} \cdot \Sigma F$ en $F_{\text{grijs}} = \frac{1}{3} \cdot \Sigma F$
 - $F_{\text{bruin}} = \frac{2}{3} \cdot 810 = 540 \text{ N}$
- b** Hoeveel kracht moet het bruine paard uitoefenen, zodat de totale kracht op de koets 810 N blijft?
- stel de kracht van het bruine paard is op x
 - $x + 0,35 \cdot x = 810 \rightarrow 1,35 \cdot x = 810 \rightarrow x = 600$
 - het bruine paard moet een kracht van 600 N uitoefenen
- 3****
- a** Met hoeveel kracht trekt Jan (groene broek)?
- $\Sigma F = 0 \text{ N} \mid F_{\text{Tim}} = 480 \text{ N} \mid F_{\text{Tom}} = 620 \text{ N} \mid F_{\text{Jim}} = 540 \text{ N} \mid F_{\text{Jan}} = \dots \text{ N}$
 - $\Sigma F = F_{\text{Tim}} + F_{\text{Tom}} - F_{\text{Jim}} - F_{\text{Jan}}$
 - $0 = 480 + 620 - 540 - F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Jan}} = 560 \text{ N}$

- b Wat gebeurt er als Jan het touw loslaat?
- Tim en Tom oefenen meer kracht uit dan Jim
 - Tim en Tom vallen naar achteren

4*** a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht ΣF .



b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

LINKSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 4,4 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 6,2 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	F_2
centimeter	4,4	6,2
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 6,2 = 4,4 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{50 \cdot 6,2}{4,4} \rightarrow F_2 = 70 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 2,9 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 7,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	F ₂
centimeter	2,9	7,3
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 7,3 = 2,9 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{50 \cdot 7,3}{2,9} \rightarrow F_2 = 126 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 3,9 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 4,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	F ₂
centimeter	3,9	4,3
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 4,3 = 3,9 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{50 \cdot 4,3}{3,9} \rightarrow F_2 = 55 \text{ N}$

RECHTSONDER

- opmeten $\ell_1 = 5,4 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 3,0 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	F ₂
centimeter	5,4	3,0
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 3,0 = 5,4 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{50 \cdot 3,0}{5,4} \rightarrow F_2 = 28 \text{ N}$

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

LINKSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 4,4 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 9,7 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	ΣF
centimeter	4,4	9,7
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 9,7 = 4,4 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{50 \cdot 9,7}{4,4} \rightarrow \Sigma F = 110 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 2,9 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 9,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	ΣF
centimeter	2,9	9,3
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 9,3 = 2,9 \cdot \Sigma F$
- $F_2 = \frac{50 \cdot 9,3}{2,9} \rightarrow \Sigma F = 160 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 3,9 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 4,0 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	ΣF
centimeter	3,9	4,0
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 4,0 = 3,9 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{50 \cdot 4,0}{3,9} \rightarrow \Sigma F = 51 \text{ N}$

RECHTSONDER

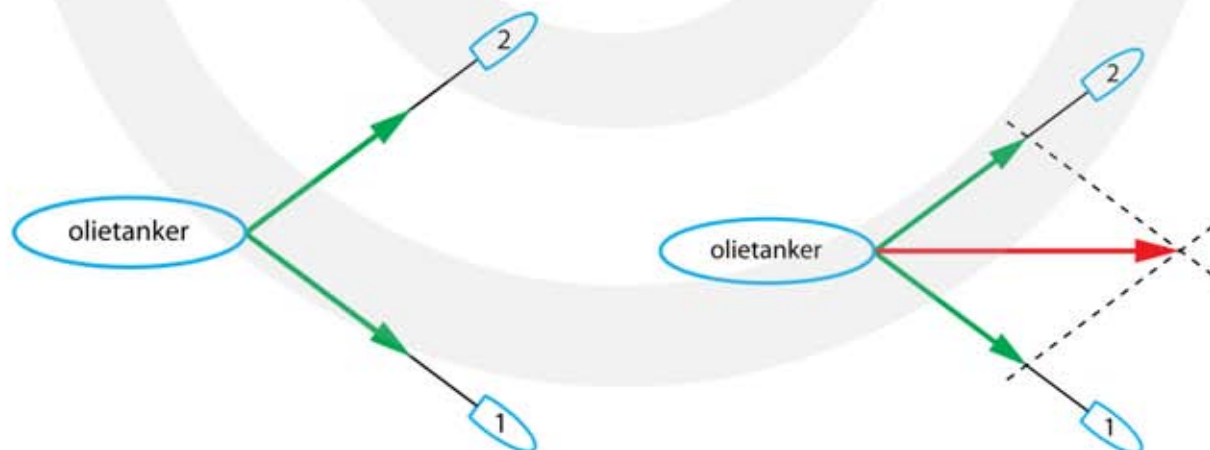
- opmeten $\ell_1 = 5,4 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 4,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	ΣF
centimeter	5,4	4,3
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 4,3 = 5,4 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{50 \cdot 4,3}{5,4} \rightarrow \Sigma F = 40 \text{ N}$

5***

Olietanker

- a Teken de krachtpijl van sleepboot 2.
- opmeten: pijl 1 = **3,0 cm** lang
 - teken pijl F_2 even lang als pijl F_1 (zie figuur)
- b Teken de resulterende kracht op de olietanker.



- c Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

- opmeten: $\ell_1 = \mathbf{3,0 \text{ cm}}$ | opmeten lengte ΣF pijl: $\ell = \mathbf{4,8 \text{ cm}}$
- verhoudingstabel:

newton	35000	ΣF
centimeter	3,0	4,8
- kruislings vermenigvuldigen: $35000 \cdot 4,8 = 3,0 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{35000 \cdot 4,8}{3} \rightarrow \Sigma F = 56000 \text{ N} = 56 \text{ kN}$

d Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

- de tanker gaat varen in de richting van ΣF

e Teken de krachtpijl van sleepboot 2.

- zie figuur

f Teken de resulterende kracht op de olietanker.

- zie figuur



g Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

- opmeten: $\ell_1 = 3,5 \text{ cm}$ | opmeten lengte ΣF pijl: $\ell = 4,6 \text{ cm}$

- verhoudingstabel:

newton	35000	ΣF
centimeter	3,5	4,6

- kruislings vermenigvuldigen: $35000 \cdot 4,6 = 3,5 \cdot \Sigma F$

- $\Sigma F = \frac{35000 \cdot 4,6}{3,5} \rightarrow \Sigma F = 46000 \text{ N} = 46 \text{ kN}$

h Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

- de boot gaat in de richting van de resulterende kracht varen

i Leg uit in welke richting de sleepboten gaan varen.

- de sleepboten gaan in dezelfde richting als de boot varen

6***

a Wie heeft er volgens jou gelijk? Leg uit waarom je dat vindt.

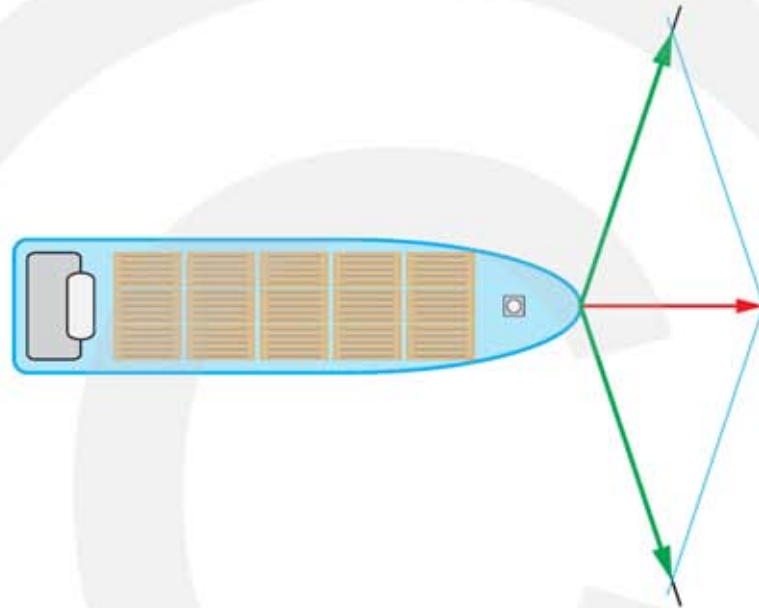
- Daniel heeft geen gelijk, want de krachten werken niet in dezelfde richting
- Femke heeft geen gelijk, want als de sleepboten precies tegenover elkaar trekken is de resulterende kracht nul
- Jikike heeft gelijk, want de hoek tussen de twee krachten is groter dan 90 graden

b Bepaal de resulterende kracht op het containerschip.

- teken het parallellogram en teken de resulterende kracht

- meet de lengte van de krachtpijl in de kabel
- opmeten: $\ell_1 = 6,4 \text{ cm}$ | opmeten lengte ΣF pijl: $\ell = 4,0 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

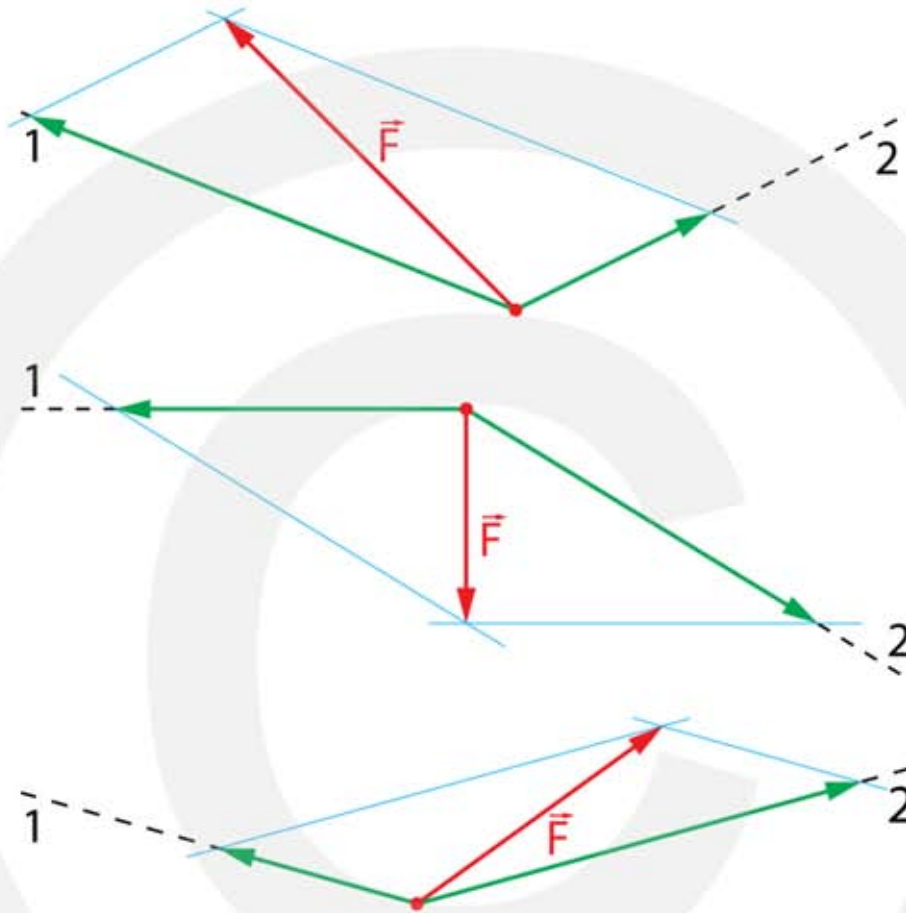
newton	50000	ΣF
centimeter	6,4	4,0
- kruislings vermenigvuldigen: $50000 \cdot 6,4 = 4,0 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{50000 \cdot 4}{6,4} \rightarrow \Sigma F = 80000 \text{ N} = 80 \text{ kN}$



- 7*****
- a** Gebruik krachtschaal $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ N}$ en teken de twee krachten op schaal.
- pijl F_{David} is $7,2 \text{ cm}$ lang naar rechts
 - pijl F_{Sterre} is $5,4 \text{ cm}$ lang naar boven
 - krachten hebben hetzelfde aangrijpingspunt
- b** Bepaal de resulterende kracht.
- teken parallellogram van krachtpijlen
 - meet de lengte van de diagonaal $\rightarrow \ell = 9,0 \text{ cm}$
 - $\Sigma F = 10 \cdot 9 = 90 \text{ N}$
- c** Bepaal opnieuw de resulterende kracht en leg uit of de resulterende kracht nu ook twee keer zo groot is geworden.
- pijl F_{David} is $14,4 \text{ cm}$ lang naar rechts
 - pijl F_{Sterre} is $5,4 \text{ cm}$ lang naar boven
 - teken parallellogram en meet de lengte van de diagonaal $\rightarrow \ell = 15,4 \text{ cm}$
 - $\Sigma F = 10 \cdot 15,4 = 154 \text{ N}$
 - ΣF is minder dan twee keer zo groot geworden want Sterre is niet twee keer zo hard gaan duwen

Krachten splitsen – tekenen

- 8** a Splits steeds kracht $\vec{F}$ in twee krachten $\vec{F}_1$ en $\vec{F}_2$ langs de gegeven werklijnen.



- b Bepaal de grootte van $\vec{F}_1$ en $\vec{F}_2$ in deze drie situaties.

BOVEN

- opmeten: $\ell_F = 7,4 \text{ cm}$ | lengte F_1 pijl: $\ell_1 = 9,4 \text{ cm}$ | lengte F_2 pijl: $\ell_2 = 3,8 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	300	F_1	F_2
centimeter	7,4	9,4	3,8
- kruislings vermenigvuldigen: $9,4 \cdot 300 = 7,4 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 381,08 = 381 \text{ N}$
- kruislings vermenigvuldigen: $3,8 \cdot 300 = 7,4 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 154,054 = 154 \text{ N}$

MIDDEN

- opmeten: $\ell_F = 3,8 \text{ cm}$ | lengte F_1 pijl: $\ell_1 = 6,2 \text{ cm}$ | lengte F_2 pijl: $\ell_2 = 7,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	300	F_1	F_2
centimeter	3,8	6,2	7,3
- kruislings vermenigvuldigen: $6,2 \cdot 300 = 3,8 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 489,47 = 489 \text{ N}$
- kruislings vermenigvuldigen: $7,3 \cdot 300 = 3,8 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 576,32 = 576 \text{ N}$

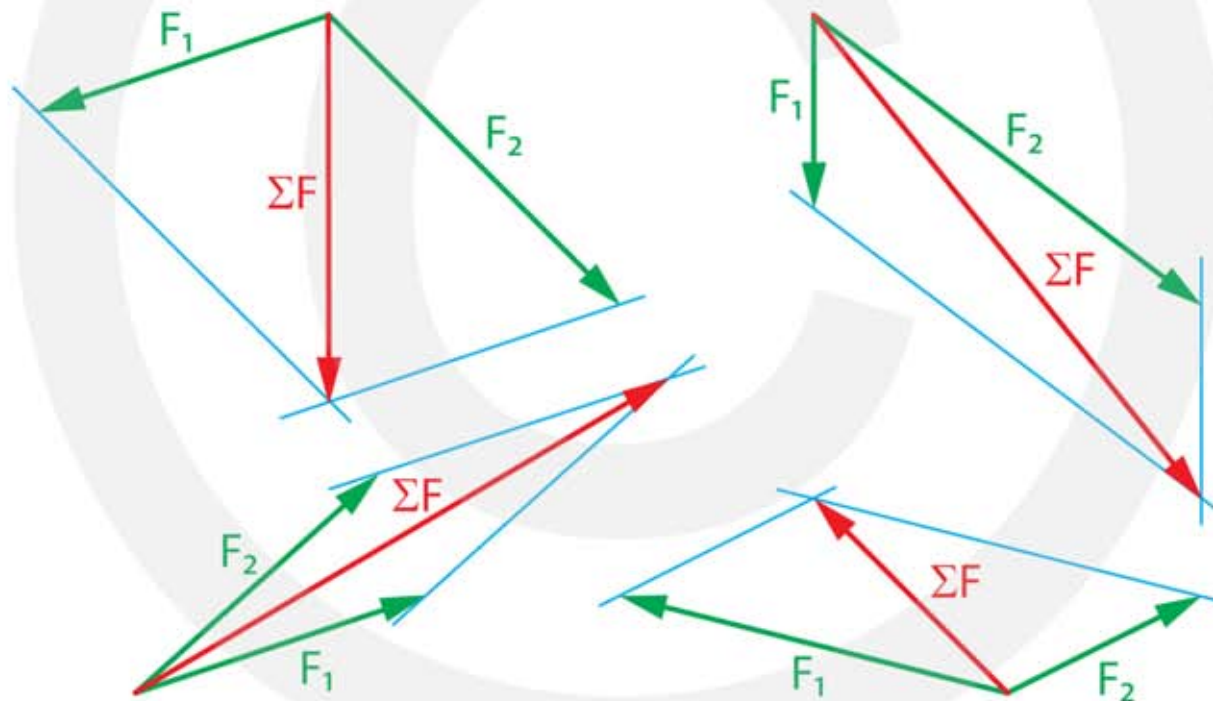
ONDER

- opmeten: $\ell_F = 5,4 \text{ cm}$ | lengte F_1 pijl: $\ell_1 = 3,7 \text{ cm}$ | lengte F_2 pijl: $\ell_2 = 8,2 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	300	F_1	F_2
centimeter	5,4	3,7	8,2
- kruislings vermenigvuldigen: $3,7 \cdot 300 = 5,4 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 205,56 = 206 \text{ N}$
- kruislings vermenigvuldigen: $8,2 \cdot 300 = 5,4 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 455,56 = 456 \text{ N}$

HERHALING

- 1*** a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht ΣF .



- b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

LINKSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 4,0 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 5,4 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_2
centimeter	4,0	5,4
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 5,4 = 4,0 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 5,4}{4,0} \rightarrow F_2 = 236 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 2,5 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 6,4 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F ₂
centimeter	2,5	6,4
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 6,4 = 2,5 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 6,4}{2,5} \rightarrow F_2 = 448 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 4,0 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 4,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F ₂
centimeter	4,0	4,3
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 4,3 = 4,0 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 4,3}{4,0} \rightarrow F_2 = 188 \text{ N}$

RECHTSONDER

- opmeten $\ell_1 = 5,2 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 2,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F ₂
centimeter	5,2	2,3
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 2,3 = 5,2 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 2,3}{5,2} \rightarrow F_2 = 77,4 \text{ N}$

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

LINKSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 4,0 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 5,1 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	ΣF
centimeter	4,0	5,1
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 5,1 = 4,0 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 5,1}{4,0} \rightarrow \Sigma F = 223 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 2,5 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 8,2 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	ΣF
centimeter	2,5	8,2
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 8,2 = 2,5 \cdot \Sigma F$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 8,2}{2,5} \rightarrow \Sigma F = 574 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 4,0 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 8,2 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	ΣF
centimeter	4,0	8,2
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 8,2 = 4,0 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 8,2}{4,0} \rightarrow \Sigma F = 359 \text{ N}$

RECHTSONDER

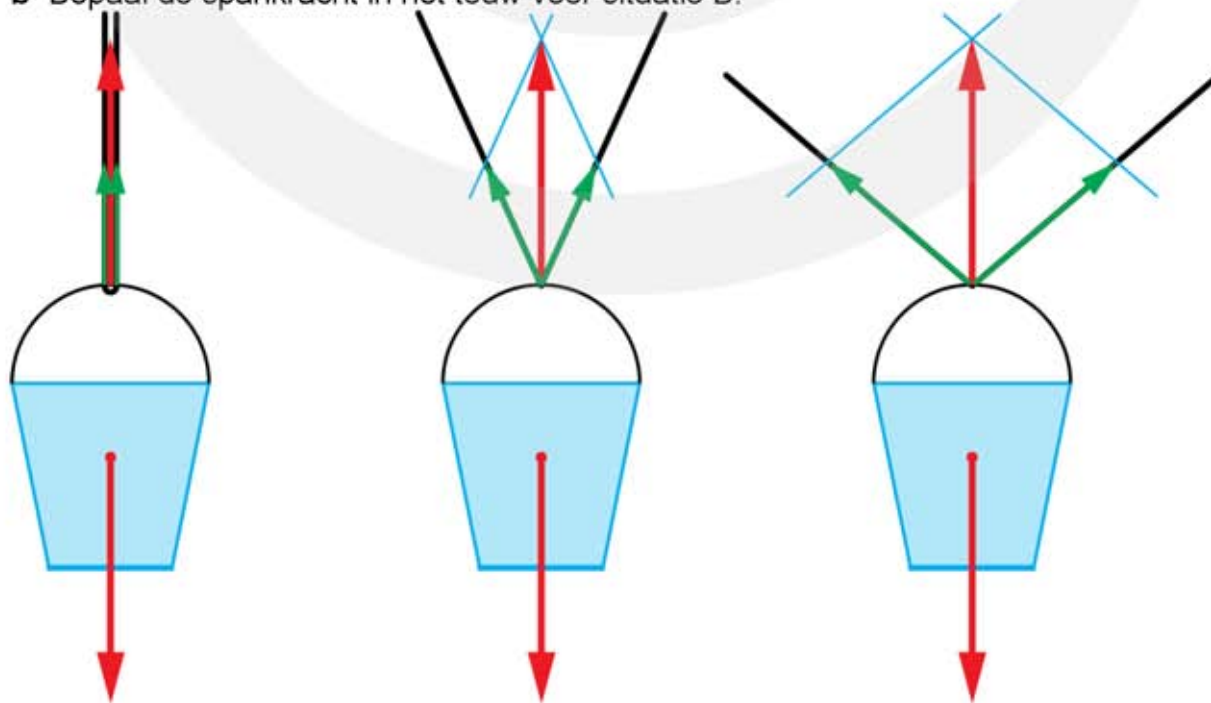
- opmeten $\ell_1 = 5,2 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 3,6 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	ΣF
centimeter	5,2	3,6
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 3,6 = 5,2 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 3,6}{5,2} \rightarrow \Sigma F = 121 \text{ N}$

3.3 Krachten in evenwicht

- 1*
- a Leg uit wanneer twee krachten met elkaar in evenwicht zijn.
 - twee krachten zijn met elkaar in evenwicht als de som van de krachten nul is
 - $\Sigma \vec{F} = 0$
 - bij het optellen moet je rekening houden met de richting
 - b Leg uit wanneer vijf krachten met elkaar in evenwicht zijn.
 - vijf krachten zijn met elkaar in evenwicht als de som van de krachten nul is
 - $\Sigma \vec{F} = 0$
 - bij het optellen moet je rekening houden met de richting
 - c Leg uit hoe je kunt zien dat krachten in evenwicht zijn.
 - als krachten in evenwicht zijn gaat het voorwerp niet versnellen
 - het voorwerp staat stil of het voorwerp heeft een constante snelheid
 - d Leg uit wat er met het voorwerp gaat gebeuren.
 - als krachten niet in evenwicht zijn gaat het voorwerp versnellen of vertragen of verandert het van richting

- 2***
- a Bepaal de spankracht in het touw voor situatie A.
 - krachten beide zijn verticaal omhoog gericht
 - $F_{\text{span}} = \frac{100}{2} = 50 \text{ N}$
 - b Bepaal de spankracht in het touw voor situatie B.



- opmeten lengte van de krachtpijl F_z op de emmer: $\ell_z = 33 \text{ mm}$
- opmeten lengte van de spankracht: $\ell_{\text{span}} = 18 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	100	F_{span}
mm	33	18
- kruislings vermenigvuldigen: $100 \cdot 18 = 33 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 54,5454 = 55 \text{ N}$

c Bepaal de spankracht in het touw voor situatie C.

- opmeten lengte van de krachtpijl F_z op de emmer: $\ell_z = 33 \text{ mm}$
- opmeten lengte van de spankracht: $\ell_{\text{span}} = 22 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	100	F_{span}
mm	33	22
- kruislings vermenigvuldigen: $100 \cdot 22 = 33 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 66,6667 = 67 \text{ N}$

3***

a Teken de krachten in de draad.

- zie figuur

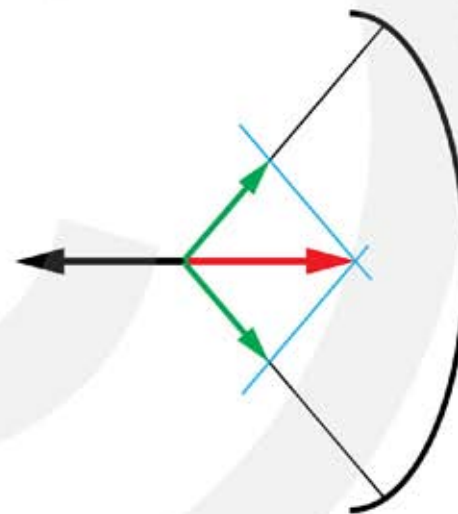
b Bepaal de krachtschaal

- opmeten: lengte van spierkrachtpijl is $3,3 \text{ cm}$
- $3,3 \text{ cm} \leftrightarrow 165 \text{ N}$
- $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow \frac{165}{3,3} = 50 \text{ N}$
- de krachtschaal is 50 N / cm

c Bepaal de spankracht van de draad uit de lengte van de krachtpijlen.

- opmeten: lengte kracht in draad $F_{\text{span}} = 2,6 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

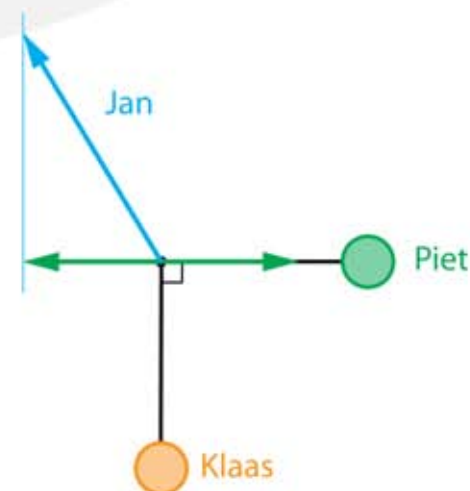
N	165	F_s
mm	3,3	2,6
- kruislings vermenigvuldigen: $165 \cdot 2,6 = 3,3 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 130 \text{ N}$



4***

a Beredeneer wie van hen het minst hard trekt.

- de kracht van Jan moet de krachten van Piet en van Klaas tegenwerken
- Jan heeft de grootste kracht
- Jan staat meer tegenover Klaas dan tegenover Piet
- dus Klaas trekt harder dan Piet
- Piet oefent de kleinste kracht uit



b Bepaal hoe hard Jan trekt.

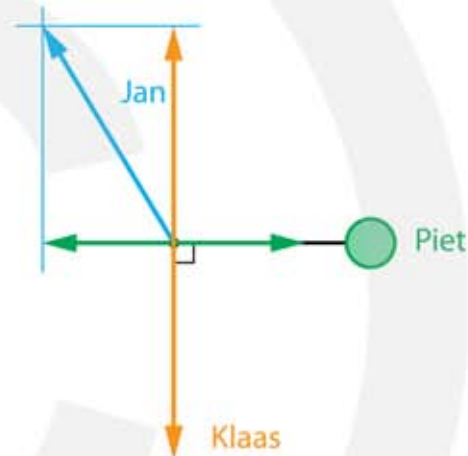
- klap kracht van Piet om
- teken de kracht van Jan
- opmeten lengte van krachtpijl
Piet: $\ell_{\text{Piet}} = 34 \text{ mm}$
- opmeten lengte van krachtpijl
Jan: $\ell_{\text{Jan}} = 68 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	250	F_{Jan}
mm	34	68
- kruislings vermenigvuldigen:
 $250 \cdot 68 = 34 \cdot F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Jan}} = 500 \text{ N}$

c Bepaal hoe hard Klaas trekt.

- teken de omgekeerde kracht van Klaas
- klap de kracht van Klaas om
- opmeten lengte van krachtpijl
Piet: $\ell_{\text{Piet}} = 34 \text{ mm}$
- opmeten lengte van krachtpijl
Klaas: $\ell_{\text{Klaas}} = 59 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	250	F_{Klaas}
mm	34	59
- kruislings vermenigvuldigen:
 $250 \cdot 59 = 34 \cdot F_{\text{Klaas}} \rightarrow F_{\text{Klaas}} = 433,82 = 434 \text{ N}$



5***

- a** Teken de spankracht in de touwen 1 en 2.
- klap F_z om en teken het parallellogram
 - teken F_{s1} en F_{s2}

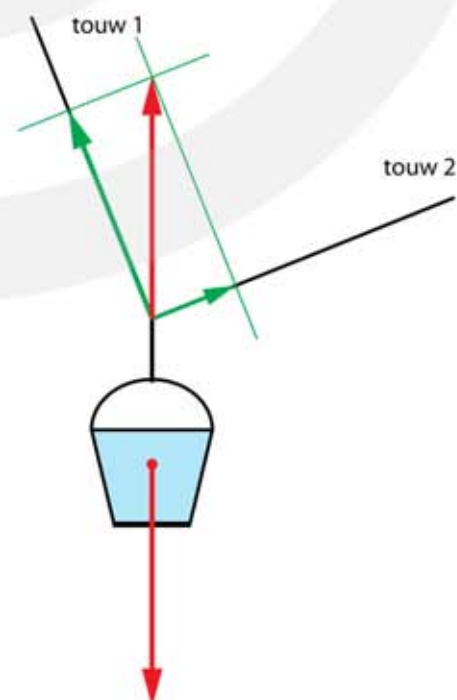
b Bepaal de spankracht in touw 1.

- opmeten lengte van krachtpijl
 $F_z: \ell_z = 45 \text{ mm}$
- opmeten lengte van krachtpijl
 $F_1: \ell_1 = 42 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	140	F_1
mm	45	42
- kruislings vermenigvuldigen:
 $140 \cdot 42 = 45 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 131 \text{ N}$

c Bepaal de spankracht in touw 2.

- opmeten lengte van krachtpijl
 $F_z: \ell_z = 45 \text{ mm}$



- opmeten lengte van krachtpijl
 F_2 : $\ell_2 = 16 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

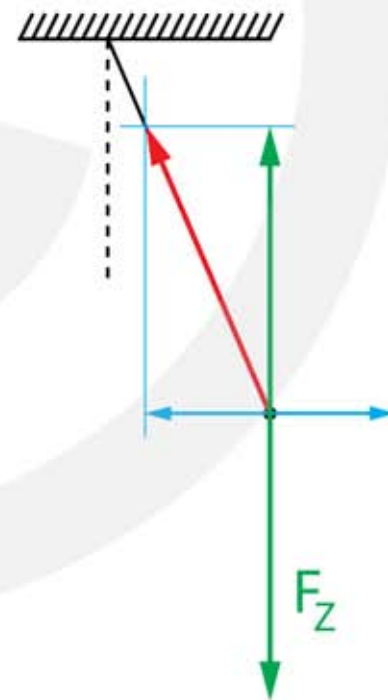
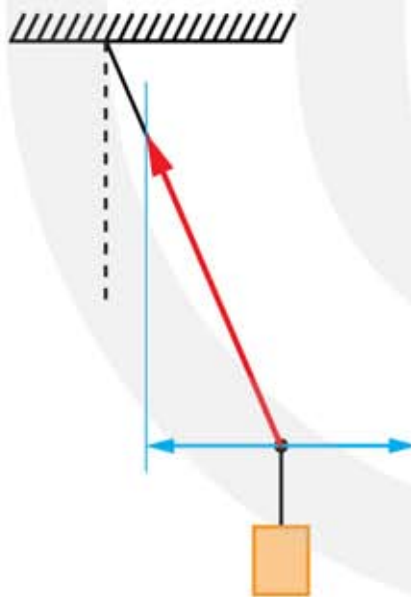
N	140	F_1
mm	45	16
- kruislings vermenigvuldigen:
 $140 \cdot 16 = 45 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 49,8 \text{ N}$

6***

a Bepaal de spankracht in het touw.

- kies een handige krachtschaal en teken de kracht van de krachtmeter
- opmeten lengte van krachtpijl F_{trek} : $\ell_{\text{trek}} = 2,0 \text{ cm}$
- opmeten lengte van krachtpijl F_{span} : $\ell_{\text{span}} = 5,0 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

N	40	F_{span}
cm	2,0	5,0
- kruislings vermenigvuldigen: $5,0 \cdot 40 = 2,0 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 100 \text{ N}$



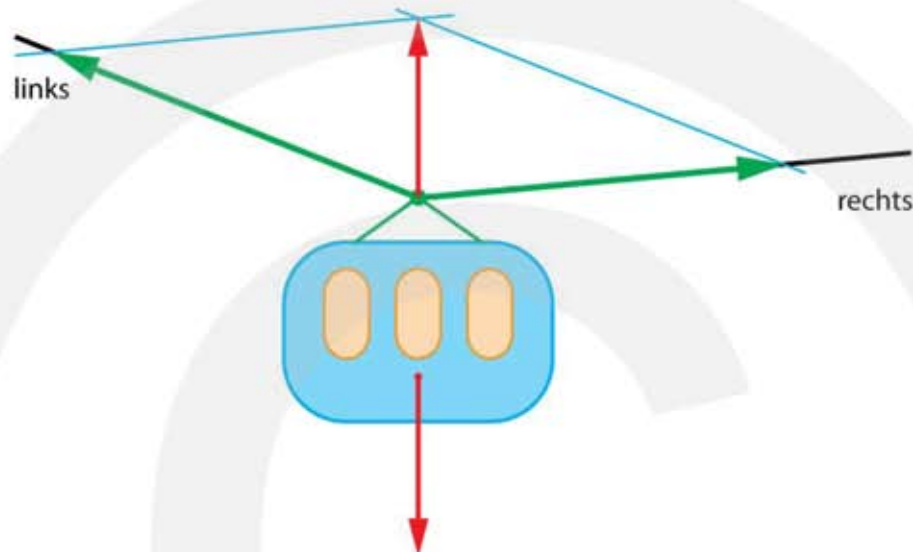
b Bepaal de zwaartekracht.

- teken parallellogram met F_s als diagonaal
- teken de verticale component van F_{sy}
- opmeten lengte van krachtpijl F_s : $\ell_s = 5,0 \text{ cm}$
- opmeten lengte van krachtpijl F_{sy} : $\ell_{sy} = 4,6 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

N	100	F_{sy}
cm	5,0	4,6
- kruislings vermenigvuldigen: $46 \cdot 100 = 50 \cdot F_{sy} \rightarrow F_{sy} = 92 \text{ N}$
- $F_z = F_{sy} \rightarrow F_z = 92 \text{ N}$

7***

- a Bereken welke van de twee spankrachten F_{links} of F_{rechts} het grootst is.
- de zwaartekracht werkt meer in de richting van de linkerkabel dan in de richting van de rechterkabel
 - de spankracht in de linkerkabel is groter zijn dan de spankracht in de rechterkabel
- b Bepaal de spankracht in de linker kabel.



- klap F_z om en teken het parallellogram
- teken $F_{S \text{ links}}$ en $F_{S \text{ rechts}}$
- opmeten lengte van krachtpijl F_z : $\ell_z = 32 \text{ mm}$
- opmeten lengte van krachtpijl F_L : $\ell_L = 74 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	$2,5 \cdot 10^4$	F_L
mm	32	74

- kruislings vermenigvuldigen:
 $2,5 \cdot 10^4 \cdot 74 = 32 \cdot F_L \rightarrow F_L = 5,8 \cdot 10^4 \text{ N}$

- c Bepaal de spankracht in de rechter kabel.

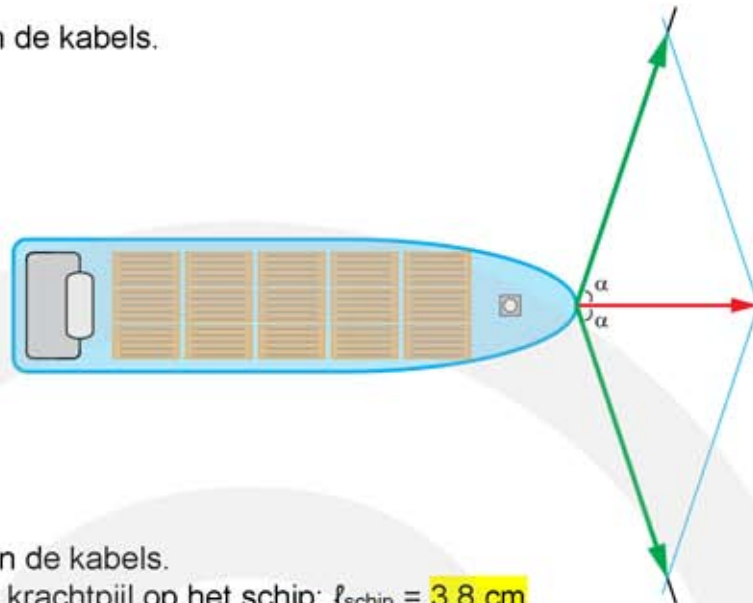
- opmeten lengte van krachtpijl F_R : $\ell_R = 66 \text{ mm}$

- verhoudingstabel:

N	$2,5 \cdot 10^4$	F_R
mm	32	66

- kruislings vermenigvuldigen: $2,5 \cdot 10^4 \cdot 66 = 32 \cdot F_R \rightarrow F_R = 5,2 \cdot 10^4 \text{ N}$

- 8*** a Teken de spankracht in de kabels.
- zie figuur

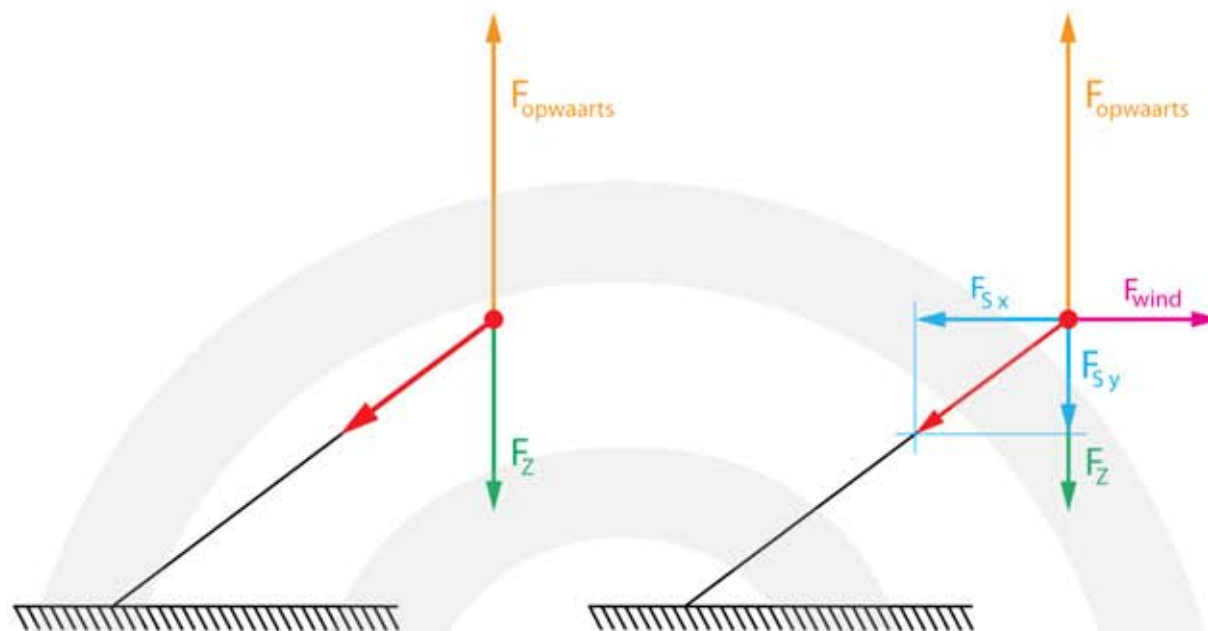


- b Bepaal de spankracht in de kabels.
- opmeten lengte van de krachtpijl op het schip: $\ell_{\text{schip}} = 3,8 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van de spankracht: $\ell_{\text{span}} = 6,1 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:

kN	5,0	F_{span}
cm	3,8	6,1
 - kruislings vermenigvuldigen: $5,0 \cdot 6,1 = 3,8 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 8,0 \text{ kN}$
- c Bepaal de maximale resulterende kracht op het schip.
- $F_{\text{schip}} = 5,0 \text{ kN}$ geeft $F_{\text{span}} = 8,0 \text{ kN}$
 - verhoudingstabel:

$F_{\text{schip}} \text{ (kN)}$	5,0 kN	x
$F_{\text{span}} \text{ (kN)}$	8,0 kN	12 kN
 - kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 12 = 8 \cdot x \rightarrow x = 7,5$
 - ΣF op schip mag maximaal 7,5 kN zijn

- 9**** a Teken de krachten die op de ballon werken. Gebruik als schaal $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,2 \text{ N}$.
- $F_z = 0,40 \text{ N}$ is pijl naar beneden van 2,0 cm lang
 - opwaartse kracht is pijl omhoog van 3,2 cm lang
 - spankracht is pijl omlaag van 1,2 cm lang
- b Bereken de spankracht in het touw.
- $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_{\text{opwaarts}} + \vec{F}_z + \vec{F}_{\text{span}} = 0 \rightarrow F_{\text{opwaarts}} = F_z + F_{\text{span}}$
 - $0,64 = 0,40 + F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 0,24 \text{ N}$
- c Teken alle krachten die op de ballon werken.



d Bepaal de spankracht in het touw.

- opmeten lengte van krachtpijl F_z : $\ell_z = 3,0 \text{ cm}$

- verhoudingstabel:

N	0,40	0,64
cm	3,0	ℓ_{opwaarts}

- kruislings vermenigvuldigen: $0,64 \cdot 3,0 = 0,4 \cdot \ell_{\text{op}} \rightarrow \ell_{\text{op}} = 4,8 \text{ cm}$

- de verticale component van de spankracht $F_{\text{span } y} = 0,64 - 0,40 = 0,24 \text{ N}$

- verhoudingstabel:

N	0,40	0,24
cm	3,0	$\ell_{\text{span } y}$

- kruislings vermenigvuldigen: $0,24 \cdot 3,0 = 0,4 \cdot \ell_{\text{span } y} \rightarrow \ell_{\text{span } y} = 1,8 \text{ cm}$

- teken parallellogram met de spankracht als diagonaal

- opmeten lengte van krachtpijl F_{span} : $\ell_s = 3,0 \text{ cm}$

- verhoudingstabel:

N	0,40	F_{span}
cm	3,0	3,0

- kruislings vermenigvuldigen: $3,0 \cdot 0,40 = 3,0 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 0,40 \text{ N}$

e Bepaal de kracht die de wind op de ballon uitoefent.

- opmeten lengte van krachtpijl $F_{\text{span } x}$: $\ell_{\text{span } x} = 2,3 \text{ cm}$

- verhoudingstabel:

N	0,40	$F_{\text{span } x}$
cm	3,0	2,3

- kruislings vermenigvuldigen: $0,40 \cdot 2,3 = 3,0 \cdot F_{\text{span } x} \rightarrow F_{\text{span } x} = 0,30667 = 0,31 \text{ N}$

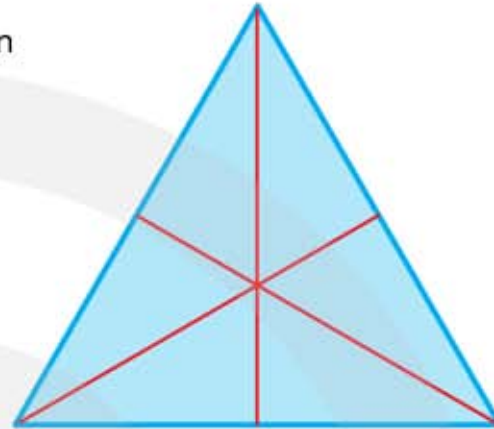
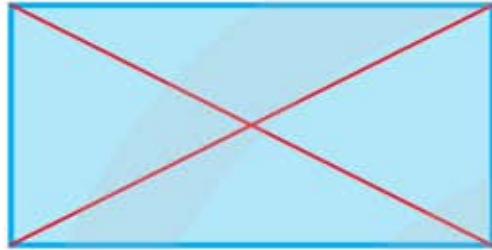
- hangt stil $\rightarrow$ krachten zijn in evenwicht

- $F_{\text{wind}} = F_{\text{span } x} = 0,31 \text{ N}$

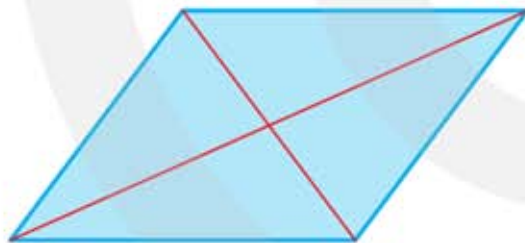
3.4 Zwaartekracht, gewicht en normaalkracht

- 1***
- a** Leg uit wat "massa" is.
- massa is de hoeveelheid materie
- b** Geef de eenheid van massa.
- de eenheid van massa is kg
- c** Leg uit wat zwaartekracht en massa met elkaar te maken hebben.
- als iets massa heeft oefent de aarde hierop een aantrekkende kracht uit
 - deze aantrekkingskracht heet de zwaartekracht
- d** Leg uit of je massa verandert als je in de ruimte bent.
- in de ruimte verandert de hoeveelheid materie niet
 - in de ruimte verandert de massa niet
- 2****
- a** Wat bepaalt hoeveel zwaartekracht een voorwerp op aarde ondervindt?
- de massa van het voorwerp
 - de afstand van het voorwerp tot het middelpunt van de aarde
- b** Bereken de zwaartekracht op een persoon van 54 kg.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 54 \cdot 9,81 = 529,74 = 530 \text{ N}$
- c** Leg uit of de zwaartekracht op een voorwerp op aarde groter of kleiner kan worden gemaakt.
- op het oppervlak van de aarde kan de zwaartekracht niet worden veranderd
 - breng je het voorwerp op grote hoogte (bijvoorbeeld 30 km) dan neemt de zwaartekracht een beetje af
- 3****
- a** Stel dat je naar Mars gaat en daar opnieuw op deze weegschaal gaat staan, wat geeft de weegschaal dan aan?
- de valversnelling op Mars is $\frac{9,81}{3,7} = 2,651$ keer kleiner
 - de weegschaal geeft $\frac{54}{2,651} = 20,37 \text{ kg}$ aan
- b** Stel dat je naar Jupiter gaat en daar opnieuw op deze weegschaal gaat staan, wat geeft de weegschaal dan aan?
- de valversnelling op Jupiter is $\frac{24,9}{9,81} = 2,538$ keer groter
 - de weegschaal geeft $54 \cdot 2,538 = 137 \text{ kg}$ aan

- 4* a Bepaal het zwaartepunt van de rechthoek en van de gelijkzijdige driehoek.
- rechthoek → het zwaartepunt ligt op het snijpunt van de diagonalen
 - driehoek → teken de lijnen vanuit iedere hoek naar het midden van de overstaande zijde
 - het zwaartepunt ligt op het snijpunt van de lijnen



- 5** a Bepaal het zwaartepunt van het parallellogram en van de driehoek.
- parallellogram → het zwaartepunt ligt op het snijpunt van de diagonalen
 - driehoek → teken de lijnen vanuit iedere hoek naar het midden van de overstaande zijde
 - het zwaartepunt ligt op het snijpunt van de lijnen



- 6* a Wat betekent "normaal" in het woord normaalkracht ?
- "normaal" betekent dat deze kracht loodrecht op de oppervlakte staat
 - loodrecht is een hoek van 90° met het oppervlak
- b Waaraan kun je dit merken ?
- als je staat voel je een kracht op je voeten
 - als je zit voel je een kracht op je billen
 - als je hangt voel je een kracht aan je armen
- c Wat gebeurt er als er geen normaalkracht op je lichaam werkt?
- dan val je naar het middelpunt van de aarde

- 7****
- a** Hoe groot is de resulterende kracht op het boek?
- het boek is niet aan het versnellen of vertragen
 - $\Sigma \vec{F} = 0$
- b** Hoe heet de kracht die het boek op de tafel uitoefent?
- het gewicht van het boek
- c** Hoe heet de kracht die de tafel op het boek uitoefent?
- de normaalkracht
- d** Hoe groot zijn de krachten die op het boek werken?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,8 \cdot 9,81 = 7,84 \text{ N}$
 - $F_n = F_z$ (staat in tegenovergestelde richting)
- e** Teken alle krachten op het boek en geef de naam van deze krachten.
- $F_z = 7,84 \text{ N} \rightarrow$ lengte krachtpijl is $\frac{7,84}{2} = 3,9 \text{ cm} \rightarrow$ wijst omlaag
 - $F_n = F_z \rightarrow$ lengte krachtpijl F_n is $3,9 \text{ cm} \rightarrow$ wijst omhoog
- f** Welke krachten werken er op de tafel?
- het gewicht van het boek op de tafel
 - de zwaartekracht op de tafel
 - de normaalkracht waarmee de vloer tegen de tafelpoten duwt
(de grootte van de normaalkracht is gelijk aan het gewicht van het boek plus het gewicht van de tafel)
- 8*****
- a** Hoe groot is de massa van deze steen op aarde?
- op aarde is de massa ook $5,0 \text{ kg}$
- b** Hoe groot is het gewicht van deze steen op de maan?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 1,62 = 8,1 \text{ N}$
- c** Hoe groot is het gewicht van deze steen op aarde?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 = 49 \text{ N}$
- 9****
- a** Teken de zwaartekracht op de kar.
- Krachtschaal $1 \text{ cm} \leftrightarrow 50 \text{ N}$.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 25 \cdot 9,81 = 245,25 = 245 \text{ N}$
 - lengte krachtpijl $\ell = \frac{245,25}{50} = 4,9 \text{ cm}$ en wijst omlaag

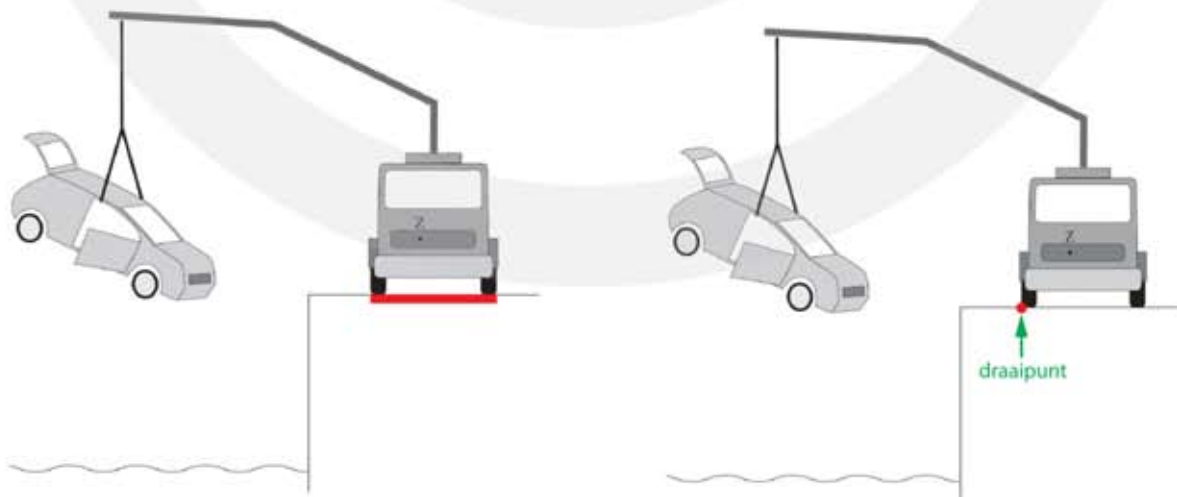
- b** Teken de normaalkrachten op de wielen van de kar.
- de normaalkracht is verdeeld over twee of vier wielen
 - 2 wielen: $F_N = \frac{245,25}{2} = 123 \text{ N}$ per wiel $\rightarrow$ krachtpijl $\frac{123}{50} = 2,5 \text{ cm}$ omhoog
 - 4 wielen: $F_N = \frac{245,25}{4} = 61,3 \text{ N}$ per wiel $\rightarrow$ krachtpijl $\frac{61,3}{50} = 1,23 \text{ cm}$ omhoog

10* **a** Teken het steunvlak van de kar.

b Teken het steunvlak van de kar op de helling.

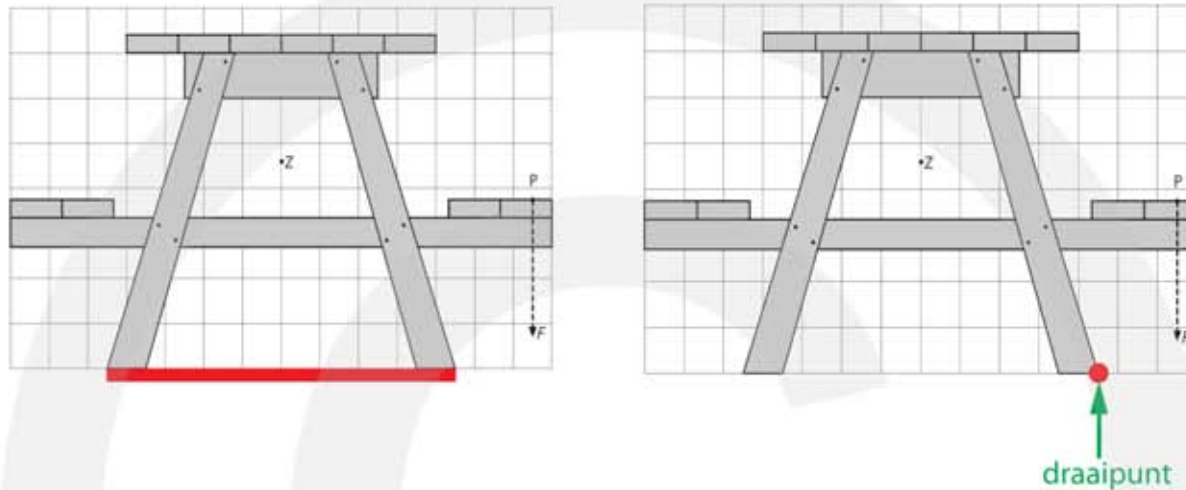


- 11**** **a** Teken het steunvlak van de takelwagen.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de takelwagen gaat draaien.
- het draaipunt is bij het wiel dat langs de kade staat



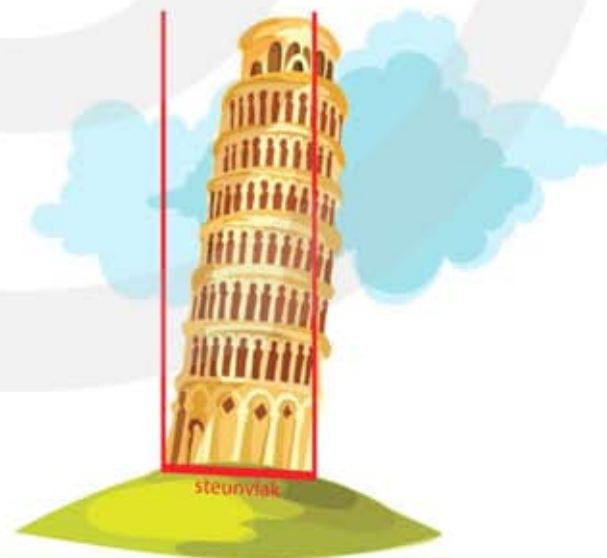
- c** Leg uit wat hij kan doen om dat te voorkomen.
- de auto die hij optakelt dichterbij het steunvlak brengen
 - het steunvlak breder maken (sommige takelwagens kunnen extra steunpunt naast de wielen plaatsen)

- 12****
- a** Teken het steunvlak van de picknicktafel.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de picknicktafel gaat draaien.
- het draaipunt is aan de buitenkant van de rechterpoot



- c** Leg uit wat je kunt doen om dat te voorkomen.
- sommige mensen moeten aan de andere kant gaan zitten
 - dichterbij het steunvlak gaan zitten (naar het tafelblad toe)
 - het steunvlak groter maken

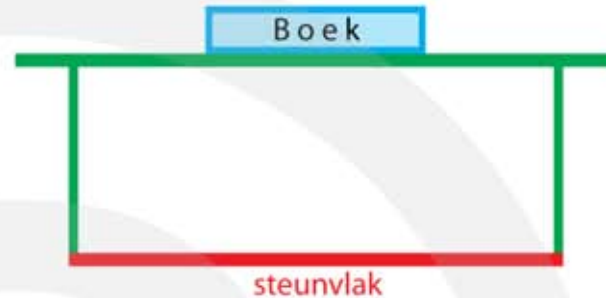
- 13*****
- a** Teken het steunvlak.
- rode lijn
- b** Geef het gebied aan waarin zich het zwaartepunt moet bevinden.
- tussen de rode lijnen
- c** Leg uit wanneer dit gevaarlijk is.
- als er veel toeristen bovenaan staan zodat het zwaartepunt buiten de rode lijnen komt



- 14*****
- a** Leg uit waaraan je kunt zien dat in beide situaties het boek in evenwicht is.
- in beide gevallen bevindt het zwaartepunt van het boek zich boven het steunvlak van het boek

- b** Leg uit wanneer het boek labiel is en wanneer stabiel.
- als het boek plat ligt is het steunvlak groot en is de afstand van het zwaartepunt tot het steunvlak klein
 - het boek heeft dan een stabiel evenwicht
 - als het boek rechtop staat is het steunvlak klein en is de afstand van het zwaartepunt tot het steunvlak groot
 - het boek heeft dan een labiel evenwicht

c Teken het steunvlak van de tafel.



- 15**** a** Wie denk je dat er gelijk heeft, Stan, Amber of geen van beiden.
- het steunvlak is van beide flessen hetzelfde
 - het zwaartepunt ligt van beide flessen ongeveer even hoog
 - de flessen zijn even stabiel → ze hebben beide geen gelijk

- b** Gaat er een fles omvallen?
- teken het steunvlak
 - teken verticale lijnen aan de buitenkant van het steunvlak
 - schat de ligging van het zwaartepunt
 - schatting → in beide gevallen ligt het zwaartepunt nog net binnen de lijnen
 - de flessen gaan niet omvallen



- c** Welke fles gaat als eerste omvallen als de tafel steeds schever komt te staan?
- omdat de volle fles is niet helemaal tot de rand toe vol
 - bij de volle fles ligt het zwaartepunt een beetje lager dan bij de lege fles
 - de lege fles valt als eerste om
- d** Wat kun je doen om ervoor te zorgen dat de volle fles niet zo snel omvalt?
- het zwaartepunt moet omlaag worden gebracht
 - dit kan door een beetje water uit de fles te drinken

3.5 Kracht en vervorming

- 1***
- a** Leg uit wat met de vervorming wordt bedoeld.
- de vervorming is de verandering van de vorm
 - bij een spiraalveer is het de verandering van de lengte van de veer
- b** Wat is het symbool voor de vervorming.
- de vervorming heeft het symbool u (van uitrekking)
- c** Wat is de eenheid van de vervorming.
- de vervorming is een afstand en de eenheid van vervorming is daarom meter
- 2***
- a** Bereken de vervorming als je aan het veertje trekt.
- het veertje wordt langer $\rightarrow \Delta l = l_{\text{nieuw}} - l_{\text{oud}}$
 - $\Delta l = 4,8 - 3,5 = 1,3 \text{ cm} = 0,013 \text{ m}$
- b** Bereken de vervorming als je het veertje in elkaar drukt.
- het veertje wordt korter $\rightarrow \Delta l = l_{\text{nieuw}} - l_{\text{oud}}$
 - $\Delta l = 1,8 - 3,5 = -1,7 \text{ cm} = -0,017 \text{ m}$
 - de vervorming is $0,017 \text{ m}$ (geen min teken)
- 3***
- a** Leg uit wat de veerconstante van een veer is.
- als je een kracht uitoefent op een spiraalveer rekt deze uit
 - de kracht gedeeld door de uitrekking is steeds hetzelfde getal
 - dit getal is de veerconstante en geeft aan hoeveel newton het kost om de veer 1 meter uit te rekken
 - is de veerconstante groot dan is de veer stug en kost het veel kracht om de spiraalveer uit te rekken
- b** Wat is het symbool voor de "veerconstant"
- hoofdletter C
- c** Wat is de eenheid van de veerconstante.
- $F = C \cdot u \rightarrow C = \frac{F}{u}$
 - de eenheid is daarom newton per meter $\rightarrow \text{N} / \text{m}$

4** a Hoeveel kracht heb je nodig om de veer 1,0 meter uit te rekken?

- $C = 32 \text{ N/m}$ | $u = 1,0 \text{ m}$ | $F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 32 \cdot 1 = 32 \text{ N}$

b Hoeveel kracht heb je nodig om deze veer 25 cm uit te rekken?

- $C = 32 \text{ N/m}$ | $u = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$ | $F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 32 \cdot 0,25 = 8 \text{ N}$

5** a Leg uit welke veer het makkelijkst is te vervormen.

- om veer A één meter uit te rekken heb je een kracht van 54 N nodig
- om veer B één meter uit te rekken heb je een kracht van 45 N nodig
- veer B is dus het makkelijkst te vervormen

b Hoeveel kracht heb je nodig om veer A 7 cm langer te maken?

- $C = 54 \text{ N/m}$ | $u = 7 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$ | $F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 54 \cdot 0,07 = 3,78 \text{ N}$

c Bereken de vervorming van veer B.

- $C = 45 \text{ N/m}$ | $F = 9 \text{ N}$ | $u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 10 = 45 \cdot u \rightarrow u = \frac{9}{45} = 0,2 \text{ m}$

6*** a Bereken de veerconstante.

- $F = 30 \text{ N}$ | $u = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$ | $C = \dots \text{ N/m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 30 = C \cdot 0,12 \rightarrow C = 250 \text{ N/m}$

b Bereken hoeveel langer deze veer wordt als je een kracht van 50 N uitoefent.

- $F = 50 \text{ N}$ | $C = 250 \text{ N/m}$ | $u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 50 = 250 \cdot u \rightarrow u = 0,20 \text{ m}$
- de veer wordt 20 cm langer (en krijgt dus een lengte van 35 cm)

c Bereken de lengte van deze veer als je een kracht van 40 N uitoefent.

- $F = 40 \text{ N}$ | $C = 250 \text{ N/m}$ | $u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 40 = 250 \cdot u \rightarrow u = 0,16 \text{ m}$
- de veer wordt 16 cm langer
- de lengte van de uitgerekte veer is $15 + 16 = 31 \text{ cm}$

7*** a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de uitrekking van de veer.

- aflezen figuur 1: wijzer staat op 23,2 cm
- aflezen figuur 2: wijzer staat op 17,8 cm
- uitrekking = $23,2 - 17,8 = 5,4 \text{ cm}$

b Bepaalde veerconstante.

- $m = 15 \text{ g} = 0,015 \text{ kg} \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,015 \cdot 9,81 = 0,14715 \text{ N}$
- $F = 0,14715 \text{ N} \quad | \quad u = 5,4 \text{ cm} = 0,054 \text{ m} \quad | \quad C = \dots \text{ N/m}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{0,14715}{0,054} = 2,725 \text{ N/m}$

c Bereken de uitrekking van de veer als je er een blokje van 40 gram aan hangt.

- $m = 40 \text{ g} = 0,040 \text{ kg} \quad | \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,040 \cdot 9,81 = 0,3924 \text{ N}$
- $F = 0,3924 \text{ N} \quad | \quad C = 2,725 \text{ N/m} \quad | \quad u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 0,3924 = 2,725 \cdot u \rightarrow u = 0,144 \text{ m} = 14,4 \text{ cm}$

d Bepaal welk getal de wijzer dan aangeeft op de liniaal.

- aflezen figuur 1: zonder blokje staat de wijzer op 23,2 cm
- veer rekt 14,4 cm uit
- met blokje staat de wijzer op $23,2 - 14,4 = 8,8 \text{ cm}$

8**

a Bepaal de veerconstante.

- aflezen: $F = 10 \text{ N} \rightarrow u = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{10}{0,4} = 25 \text{ N/m}$

b Bereken de kracht die nodig is om deze veer 1,5 cm uit te rekken.

- $C = 25 \text{ N/m} \quad | \quad u = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 25 \cdot 0,015 = 0,375 \text{ N}$

c Bereken de uitrekking als er een kracht van 18 N wordt uitgeoefend.

- $F = 18 \text{ N} \quad | \quad C = 25 \text{ N/m} \quad | \quad u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 18 = 25 \cdot u \rightarrow u = 0,72 \text{ m}$

9**

a Bepaal de veerconstante.

- aflezen: $F = 50 \text{ N} \rightarrow u = 35 - 10 = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{50}{0,25} = 200 \text{ N/m}$

b Bepaal de kracht die nodig is om deze veer 50 cm lang te maken.

- $C = 200 \text{ N/m} \quad | \quad u = 50 - 10 = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 200 \cdot 0,40 = 80 \text{ N}$

c Wat is de lengte van de veer bij een kracht van 125 N?

- $C = 200 \text{ N/m} \mid F = 100 \text{ N} \mid u = \dots \text{ cm}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 125 = 200 \cdot u \rightarrow u = 0,625 \text{ m}$
- $\ell = \ell_0 + u \rightarrow \ell = 0,10 + 0,0625 = 0,1625 = 0,16 \text{ m}$

10***

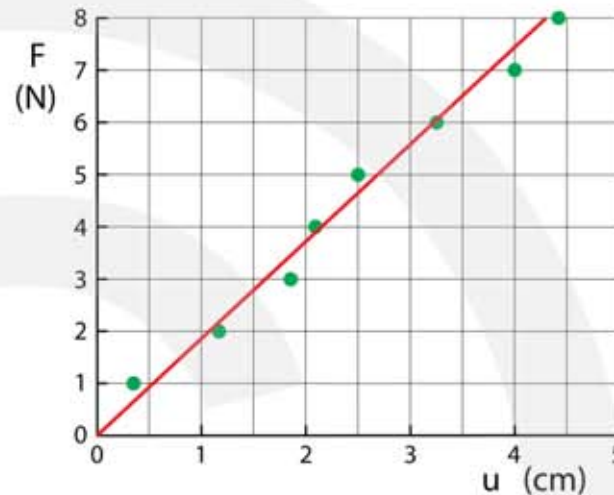
a Leg uit waaraan je kunt zien dat het experiment slordig is uitgevoerd

- de meetpunten liggen niet mooi op een rechte lijn

b Leg uit waarom dit het geval is.

- als je geen kracht op de veer uitoefent is de uitrekking per definitie nul (de lengte is dan niet nul)

c Trek met een liniaal de best mogelijke rechte lijn door de meetpunten. Zorg dat de lijn in ieder geval door (0, 0) gaat.



d Bepaal de veerconstante uit de helling van de getekende lijn.

- aflezen bij de getekende lijn: $F = 8,0 \text{ N}$ bij $u = 4,3 \text{ cm}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{8}{0,043} = 186,0465 = 186 \text{ N/m}$

e Bereken de kracht die nodig is om de veer 14 cm uit te rekken.

- $C = 186 \text{ N/m} \mid u = 0,14 \text{ m} \mid F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 186 \cdot 0,14 = 26,04 = 26 \text{ N}$

11****

a Leg uit wie er sterker is, Jip of Janneke.

- Jip kan 2 veren 35 cm uitrekken $\rightarrow$ hij kan daarom 1 veer 70 cm uitrekken
- Janneke kan 3 veren 25 cm uitrekken $\rightarrow$ ze kan daarom 1 veer 75 cm uitrekken
- Janneke is sterker dan Jip

b Bereken hoever Jip de expander met 4 veren kan uitrekken.

- Jip kan 2 veren 35 cm uitrekken
- Jip kan 4 veren $\frac{35}{2} = 17,5 \text{ cm}$ uitrekken

c Bereken hoever Janneke de expander met 4 veren kan uitrekken.

- Janneke kan 3 veren 25 cm uitrekken $\rightarrow$ ze kan 1 veer 75 cm uitrekken
- Janneke kan 4 veren $\frac{75}{4} = 18,75 \text{ cm}$ uitrekken

- 12****** a Bereken de veerconstante van de veer.
- $m = 5,0 \text{ kg} \quad | \quad g = 1,62 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 1,62 = 8,1 \text{ N}$
 - $F = 8,1 \text{ N} \quad | \quad u = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m} \quad | \quad C = \dots \text{ N/m}$
 - $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{8,1}{0,2} = 40,5 \text{ N/m}$

- b Bereken de uitrekking van de veer op aarde.
- $m = 5,0 \text{ kg} \quad | \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$
 - $F = 49,05 \text{ N} \quad | \quad C = 40,5 \text{ N/m} \quad | \quad u = \dots \text{ m}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow 49,05 = 40,5 \cdot u \rightarrow u = 1,21 \text{ m}$

- 13****** a Welke lengte krijgt de veer als je er een blokje van 800 gram aan hangt?
- door 300 gram toe te voegen neemt de lengte 15 cm toe
 - als je een blokje van 800 g aan de veer hangt heb je 600 g toegevoegd in vergelijking met het blokje van 200 gram
 - de spiraalveer wordt $2 \cdot 15 = 30 \text{ cm}$ langer
 - de spiraalveer krijgt een lengte van $25 + 30 = 55 \text{ cm}$
- b Bij welke massa krijgt de veer een lengte van 70 cm?
- door 300 gram toe te voegen neemt de lengte 15 cm toe
 - bij 500 gram is de veer 40 cm lang
 - om de veer 70 cm lang te maken moet je twee keer 15 cm toevoegen
 - je moet twee keer 300 gram toevoegen $\rightarrow$ in totaal $500 + 300 + 300 = 1100 \text{ gram}$

- 14****** a Bereken de veerconstante.
- 60 gram toevoegen geeft een uitrekking van $u = 27,5 - 22,5 = 5,0 \text{ cm}$
 - $m = 60 \text{ g} = 0,060 \text{ kg} \quad | \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,06 \cdot 9,81 = 0,5886 \text{ N}$
 - $F = 0,5886 \text{ N} \quad | \quad u = 5,0 \text{ cm} = 0,05 \text{ m} \quad | \quad C = \dots \text{ N/m}$
 - $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{0,5886}{0,05} = 11,772 = 12 \text{ N/m}$
- b Bereken de lengte van de veer als er geen blokje aan hangt.
- $m = 90 \text{ g} = 0,090 \text{ kg} \quad | \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,09 \cdot 9,81 = 0,8829 \text{ N}$
 - $F = 0,8829 \text{ N} \quad | \quad C = 11,772 \text{ N/m} \quad | \quad u = \dots \text{ m}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow 0,8829 = 11,772 \cdot u \rightarrow u = 0,075 \text{ m} = 7,5 \text{ cm}$

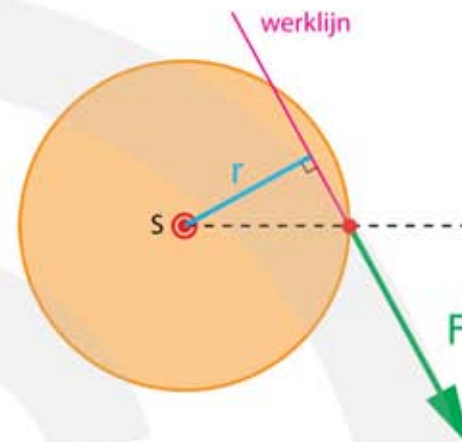
- met blokje van 90 gram heeft de veer een lengte van 22,5 cm
 - zonder blokje heeft de veer een lengte van $22,5 - 7,5 = 15$ cm
- c Bereken de lengte van de veer als er in totaal 240 g aan hangt.
- met blokje van 60 gram is de uitrekking 5,0 cm
 - met blokje van 240 gram is de uitrekking $4 \cdot 5 = 20$ cm
 - zonder blokje is de veer 15 cm lang
 - met blokje van 240 gram is de veer $15 + 20 = 35$ cm lang

3.6 De momentenwet (hefboomwet)

- 1***
- a** Wat wordt er bedoeld met de arm van een kracht?
- de arm van een kracht is de afstand tussen de werklijn van de kracht en het draaipunt
- b** Wat is de eenheid van de arm van een kracht ?
- de arm van een kracht is een afstand
 - de eenheid van afstand is meter (m)
- c** Wat is het moment van een kracht?
- het moment van een kracht is de kracht vermenigvuldigd met de arm
- d** Wat is de eenheid van het moment van een kracht ?
- $M = F \cdot r$
 - eenheid moment is $N \cdot m$
- 2***
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt → 4,8 cm
 - de arm is 0,048 m
- b** Bereken het moment van de kracht.
- $F = 50 \text{ N} \quad | \quad r = 0,048 \text{ m} \quad | \quad M = \dots N \cdot m$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0,048 = 2,4 \text{ N} \cdot m$
- 3****
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt → 3,4 cm
 - de arm is 0,034 m
- b** Bereken het moment van de kracht.
- $F = 50 \text{ N} \quad | \quad r = 0,034 \text{ m} \quad | \quad M = \dots N \cdot m$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0,034 = 1,7 \text{ N} \cdot m$
- 4***
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- de werklijn gaat door het draaipunt
 - de arm heeft lengte nul

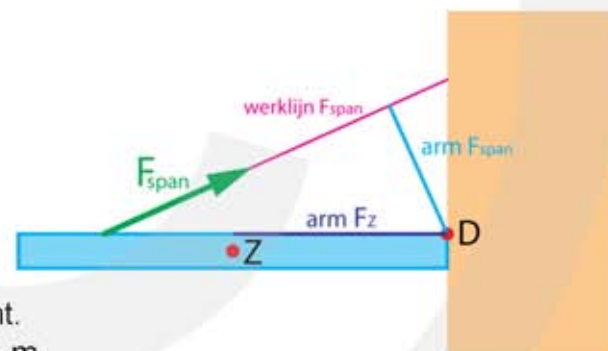
- b** Bereken het moment van de kracht.
- $F = 50 \text{ N} \mid r = 0 \text{ m} \mid M = \dots \text{N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$

- 5**** **a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 2,5 \text{ cm}$
 - de arm is $0,025 \text{ m}$



- b** Bereken het moment van de kracht.
- $F = 8,0 \text{ N} \mid r = 0,025 \text{ m} \mid M = \dots \text{N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 8,0 \cdot 0,025 = 0,20 \text{ N} \cdot \text{m}$

- 6**** **a** Bepaal de arm van de spankracht.
- meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 2,4 \text{ cm}$
 - de arm is $0,024 \cdot 40 = 0,96 \text{ m}$

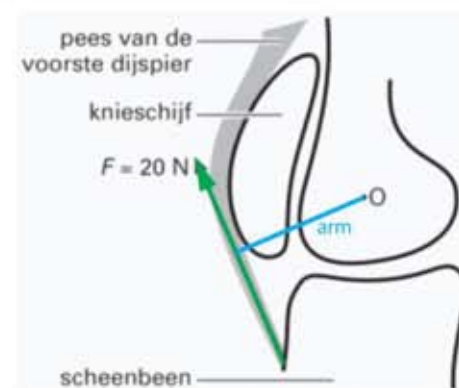


- b** Bereken het moment van de spankracht.
- $F = 5000 \text{ N} \mid r = 0,96 \text{ m} \mid M = \dots \text{N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 5000 \cdot 0,96 = 4800 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$

- c** Bepaal de arm van de zwaartekracht.
- meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 3,5 \text{ cm}$
 - de arm is $0,035 \cdot 40 = 1,4 \text{ m}$

- 7**** **a** Bepaal met behulp van de figuur de arm van kracht F.
- meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 2,75 \text{ cm}$
 - de arm is $0,0275 \text{ m}$

- b** Bereken het moment van de kracht ten opzichte van het draaipunt O.
- $F = 20 \text{ N} \mid r = 0,0275 \text{ m} \mid M = \dots \text{N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 20 \cdot 0,0275 = 0,55 \text{ N} \cdot \text{m}$



8**

a Leg uit waarom de balans niet in evenwicht is.

- bij evenwicht $\rightarrow F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- links $\rightarrow$ arm is 5 keer de afstand tussen twee gaatjes
- rechts $\rightarrow$ arm is 8 keer de afstand tussen twee gaatjes
- links $3 \cdot 5 = 15$ | rechts $2 \cdot 8 = 16$
- 15 is niet gelijk aan 16 $\rightarrow$ er is geen evenwicht

b Leg uit welke kant de balans zal gaan draaien.

- rechts is het moment het grootst (16 tegen 15)
- de balans gaat rechtsom draaien

c Aan welk gaatje moet dat gewichtje hangen?

- aan beide kanten moet het moment 16 zijn
- links is er 3 keer $5 = 15$
- er moet één gewichtje in het eerste gaatje worden toegevoegd

d Aan welke gaatjes moeten de twee extra gewichtjes hangen?

- aan beide kanten moet een gewichtje komen
- aan de linkerkant moet het gewichtje één gaatje verder van het draaipunt hangen dan aan de rechterkant

9**

a Aan welk gaatje moet dat gewichtje hangen?

- in totaal hangt aan de rechterkant $1 \cdot 3 + 1 \cdot 7 = 10$
- aan de linkerkant moet ook in totaal 10 worden gemaakt
- links moet één gewichtje in het 10^e gaatje worden toegevoegd

b Aan welk gaatje moet je het tweede gewichtje hangen?

- aan de linkerkant hangt $1 \cdot 11 = 11$
- aan de rechterkant hangt $1 \cdot 3 + 1 \cdot 7 = 10$
- het gewichtje moet in het eerste gaatje aan de rechterkant worden toegevoegd

10***

a Kan zij daarin gelijk hebben?

- als Marika zwaarder is dan Timo is de zwaartekracht op Marika (linksom) groter dan de zwaartekracht op Timo (rechtsom) $\rightarrow F_L > F_R$
- $r_L = r_R$ en $F_L > F_R \rightarrow F_L \cdot r_L > F_R \cdot r_R$
- het moment linksom is groter dan het moment rechtsom
- de wipwap draait linksom tot het de grond raakt $\rightarrow$ Marika kan gelijk hebben

b Kan hij daarin gelijk hebben?

- als Marika dichterbij het draaipunt zit is de arm van kracht linksom kleiner dan de arm van de kracht rechtsom
- $r_L < r_R$ en $F_L = F_R \rightarrow F_L \cdot r_L < F_R \cdot r_R$
- het moment linksom is kleiner dan het moment rechtsom

- de wipwap draait rechtsom tot het de grond raakt → Timo kan NIET gelijk hebben

c Hoeveel weegt Timo?

- $F_L = 32 \cdot 9,81 = 313,92 \text{ N}$ | $r_L = 1,5 \text{ m}$ | $r_R = 1,7 \text{ m}$ | $F_R = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $313,92 \cdot 1,5 = F_R \cdot 1,7 \rightarrow F_R = 276,988 \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 276,988 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 28,2 \text{ kg}$

11***

a Hoever van het draaipunt moet opa gaan zitten om de wipwap in evenwicht te houden?

- $F_L = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$ | $F_R = 35 \cdot 9,81 = 343,35 \text{ N}$ | $r_R = 2,0 \text{ m}$ | $r_L = \dots \text{ m}$
- evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $784,8 \cdot r_L = 343,35 \cdot 2,0 \rightarrow r_L = 0,875 = 0,88 \text{ m}$

b Hoever van het draaipunt moet opa nu gaan zitten om de wipwap in evenwicht te houden?

- $F_{R1} = 35 \cdot 9,81 = 343,35 \text{ N}$ | $r_{R1} = 2,0 \text{ m}$ | $F_{R2} = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ N}$ | $r_{R2} = 1,7 \text{ m}$
- $F_L = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$ | $r_L = \dots \text{ m}$
- evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $784,8 \cdot r_L = 343,35 \cdot 2,0 + 392,4 \cdot 1,7 \rightarrow r_L = 1,725 = 1,7 \text{ m}$

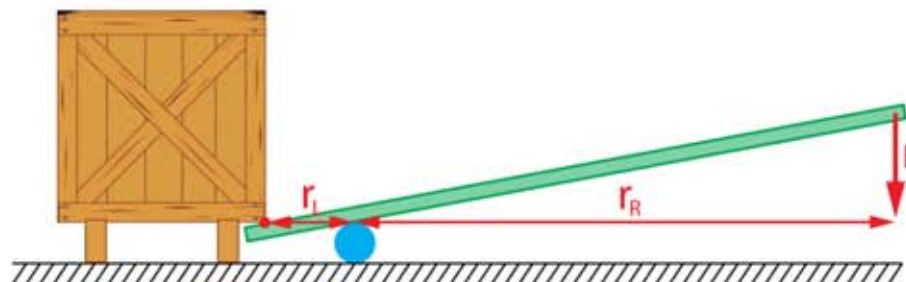
12***

a Waar ligt het draaipunt van de hefboom?

- het draaipunt ligt op de plaats waar de groene hefboom de blauwe cirkel raakt

b Hoe groot is de kracht op de kist?

- teken de werklijnen van de krachten
- teken voor iedere kracht een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
- opmeten arm van kracht naar beneden → 9,5 cm
- opmeten arm van de kracht op de kist → 1,6 cm
- $F_R = 240 \text{ N}$ | $r_R = 0,095 \cdot 20 = 1,9 \text{ m}$ | $r_L = 0,016 \cdot 20 = 0,32 \text{ m}$ | $F_L = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $F_L \cdot 0,32 = 240 \cdot 1,9 \rightarrow F_L = 1425 \text{ N}$



c Hoeveel kracht moet je minimaal gebruiken om de kist aan één kant op te tillen?

- de zwaartekracht op de kist is $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ N}$
- de helft van deze kracht wordt door de hefboom uitgeoefend $\frac{2943}{2} = 1471,5 \text{ N}$
- $F_L = 1471,5 \text{ N} \mid r_L = 0,016 \cdot 20 = 0,32 \text{ m} \mid r_R = 0,095 \cdot 20 = 1,9 \text{ m} \mid F_R = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $1471,5 \cdot 0,32 = F_R \cdot 1,9 \rightarrow F_R = 247,83 = 248 \text{ N}$

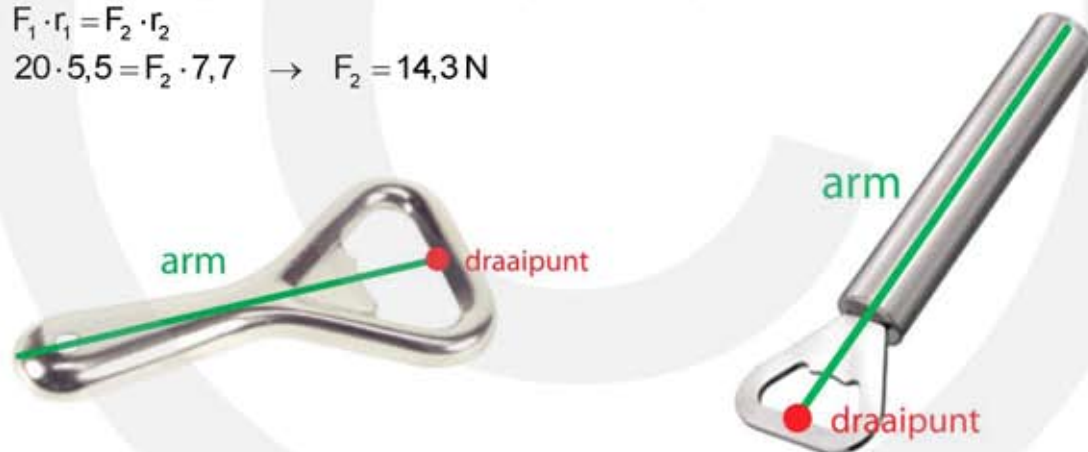
13*** Flesopener 1

a Leg uit met welke van de twee flessenopeners je de minste kracht hoeft te zetten.

- de flessenopener van figuur 2 heeft een langere arm dan die van figuur 1
- bij de flessenopener van figuur 2 heb je de minste kracht nodig

b Bepaal hoeveel kracht je bij de flesopener van figuur 2 nodig hebt.

- opmeten: figuur 1 arm flesopener $\rightarrow 5,5 \text{ cm}$
- opmeten: figuur 2 arm flesopener $\rightarrow 7,7 \text{ cm}$
- moment nodig om kroonkurk te verwijderen is bij 1 en 2 hetzelfde
- $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $20 \cdot 5,5 = F_2 \cdot 7,7 \rightarrow F_2 = 14,3 \text{ N}$



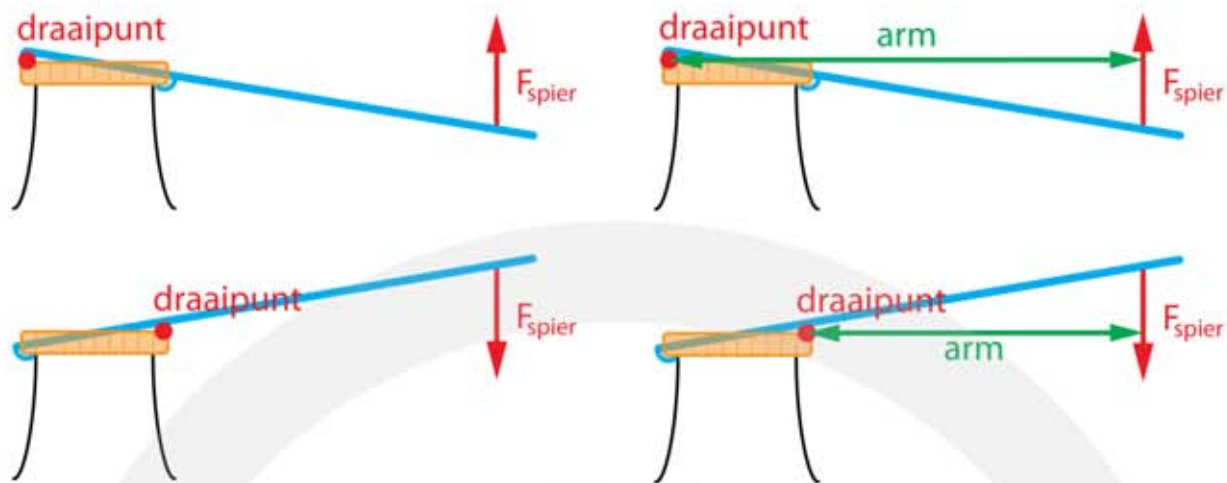
14*** Flesopener 2

a Leg uit waarom dit het geval is. Teken hiertoe eerst het draaipunt in beide figuren.

- bij de bovenste opener is de arm van de spierkracht groter dan bij de onderste opener
- kleine arm $\rightarrow$ veel spierkracht

b Bepaal hoeveel kracht je bij de onderste flesopener nodig hebt.

- opmeten arm bovenste flesopener $\rightarrow 7,5 \text{ cm}$
- opmeten arm onderste flesopener $\rightarrow 5,3 \text{ cm}$
- moment nodig om kroonkurk te verwijderen is bij 1 en 2 hetzelfde
- $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $15 \cdot 7,5 = F_2 \cdot 5,3 \rightarrow F_2 = 21,2 \text{ N}$



15*** Steeksleutel

a Draai je met deze kracht de moer los of vast?

- de kracht op de moer werkt rechtsonder (met de klok mee)
- hiermee draai je de moer vast

b Hoe groot is het moment van deze kracht?

- teken de werklijnen van de kracht
- teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
- opmeten arm de kracht → **12,0 cm**
- de werkelijkheid is 1,5 keer zo groot → $1,5 \cdot 12 = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$
- $M = F \cdot r \rightarrow M = 120 \cdot 0,18 = 21,6 \text{ N} \cdot \text{m}$

c Hoe groot is de kracht die de moer bij een rode stip op de steeksleutel uitoefent?

- teken de werklijnen van de krachten
- opmeten arm de krachten op de steeksleutel → **0,5 cm**
- de werkelijkheid is 1,5 keer zo groot → $1,5 \cdot 0,5 = 0,75 \text{ cm}$
- $F_R = 120 \text{ N} \mid r_R = 18 \text{ cm} \mid r_L = 0,75 \text{ cm} \mid F_L = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $F_L \cdot 0,75 = 120 \cdot 18 \rightarrow F_L = 2880 \text{ N}$
- de kracht bij een rode stip is hiervan de helft → $0,5 \cdot 2880 = 1440 \text{ N}$



16***

- a Bereken of deze balk in evenwicht is.
- de balk is niet in evenwicht want Z ligt links van het draaipunt
 - er is een netto moment linksom
- b Leg uit of deze kracht in B naar boven of naar beneden moet zijn gericht.
- zonder kracht in B is het moment linksom is groter dan het moment rechtsom
 - de kracht in B moet een moment rechtsom geven
 - de kracht in B moet naar beneden zijn gericht
- c Bereken de kracht die in B moet worden uitgeoefend om de balk in evenwicht te houden.
- zwaartepunt ligt in het midden → afstand AZ is 80 cm
 - afstand AD is 90 cm → afstand ZD is 10 cm → dit is de arm van de zwaartekracht
 - afstand BD is $160 - 90 = 70$ cm → dit is de arm van de kracht in B
 - evenwicht → $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - $F_L = 5 \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$ | $r_L = 0,1 \text{ m}$ | $r_R = 0,7 \text{ m}$ | $F_R = \dots \text{ N}$
 - $49,05 \cdot 0,1 = 0,7 \cdot F_R \rightarrow F_R = 7,0 \text{ N}$
- d Leg uit of deze kracht in A naar boven of naar beneden moet zijn gericht.
- zonder kracht in A is het moment linksom is groter dan het moment rechtsom
 - de kracht in A moet een moment rechtsom geven
 - de kracht in A moet naar boven zijn gericht
- e Bereken de kracht die in A moet worden uitgeoefend om de balk in evenwicht te houden.
- zwaartepunt ligt in het midden → afstand AZ is 80 cm
 - afstand AD is 90 cm → dit is de arm van de kracht in A
 - afstand AD is 90 cm → afstand ZD is 10 cm → dit is de arm van de zwaartekracht
 - evenwicht → $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - $F_L = 5 \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$ | $r_L = 0,1 \text{ m}$ | $r_R = 0,9 \text{ m}$ | $F_R = \dots \text{ N}$
 - $49,05 \cdot 0,1 = 0,9 \cdot F_R \rightarrow F_R = 5,45 \text{ N}$

17***

Bovenleiding

- a Leg uit op de spankracht groter, kleiner of gelijk is aan de zwaartekracht op het gewicht.
- de straal van het grote wiel is de arm van de zwaartekracht op het gewicht
 - de straal van het kleine wiel is de arm van de spankracht
 - evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - als r_L groter is dan r_R dan moet F_L kleiner zijn dan F_R
 - de spankracht is dus groter dan de zwaartekracht op het gewicht
- b Bereken de spankracht in de bovenleiding.
- teken de werklijnen van de krachten

- teken voor iedere kracht een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - opmeten arm de zwaartekracht op het gewicht → 3,0 cm
 - opmeten arm van de spankracht op de bovenleiding → 0,9 cm
 - $F_L = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ N}$ | $r_L = 3,0 \text{ cm}$ | $r_R = 0,9 \text{ cm}$ | $F_R = \dots \text{ N}$
 - evenwicht $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - $4905 \cdot 3,0 = F_R \cdot 0,9 \rightarrow F_R = 16350 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ N}$
- c Wat gebeurt er door deze verandering met de kracht in de bovenleiding?
- ~~A De kracht in de bovenleiding blijft gelijk.~~
B De kracht in de bovenleiding wordt groter.
~~C De kracht in de bovenleiding wordt kleiner.~~

18*** Nijptang

- a Bereken met behulp van de gegevens uit de figuur hierboven de kracht die de bek op het ijzerdraad uitoefent.
- evenwicht → $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - $F_L = 40 \text{ N}$ | $r_L = 11 \text{ cm}$ | $r_R = 3 \text{ cm}$ | $F_R = \dots \text{ N}$
 - $40 \cdot 11 = F_R \cdot 3 \rightarrow F_R = 147 \text{ N}$
- b Leg uit of de kracht van de bek op het ijzerdraad nu groter of kleiner is dan bij de bovenste tang.
- evenwicht → $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - links → F_L en r_L blijft gelijk
 - rechts → r_R wordt kleiner
 - F_R wordt groter
- c Bereken het verschil in kracht van de bek op het ijzerdraad bij deze twee nijptangen als in beide gevallen er 40 N aan de linkerkant wordt uitgeoefend.
- kleine bek bij evenwicht → $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - $F_L = 40 \text{ N}$ | $r_L = 11 \text{ cm}$ | $r_R = 2 \text{ cm}$ | $F_R = \dots \text{ N}$
 - $40 \cdot 11 = F_R \cdot 2 \rightarrow F_R = 220 \text{ N}$
 - verschil $220 - 147 = 73 \text{ N}$

19*** Torenkraan

- a Leg uit of in deze situatie de massa van het contragewicht kleiner, gelijk of groter is dan 1550 kg.
- evenwicht → $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
 - de arm r_L van het contragewicht is kleiner dan de arm r_R van de zwaartekracht op de vracht
 - $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R \rightarrow$ bij de kleinste arm is de kracht het grootst
 - de massa van het contragewicht moet groter zijn dan 1550 kg

b Bereken hoe groot het maximale gewicht is bij een afstand van 20 m.

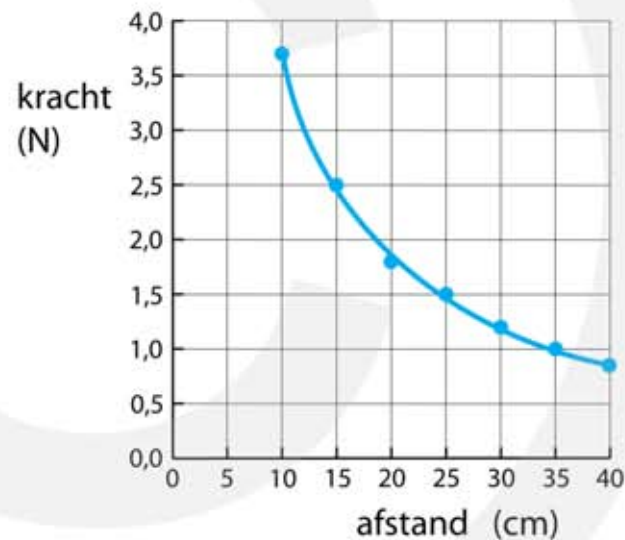
- evenwicht $\rightarrow F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $F_L \cdot r_L$ contragewicht blijft gelijk $\rightarrow F_R \cdot r_R$ moet gelijk blijven
- $F_1 = 60000 \text{ N} \mid r_1 = 14,4 \text{ m} \mid r_2 = 20 \text{ m} \mid F_2 = \dots \text{ N}$
- $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $60000 \cdot 14,4 = F_2 \cdot 20 \rightarrow F_2 = 43200 \text{ N}$

c Leg uit of er een trekkracht of een duwkracht staat in de buizen 1 en 2.

- vanwege de vracht zal de giek een beetje naar beneden doorbuigen
- buis 1 wordt langer en ondervindt een trekkracht
- buis 2 wordt korter en ondervindt een duwkracht

20*** Hefbomen

a Maak een grafiek van deze metingen.



b Toon aan met behulp van één rekenvoorbeeld uit de metingen dat Jaap gelijk heeft.

- bij een afstand van 30 cm is de kracht 1,2 N
- bij een afstand van 15 cm is de kracht 2,5 N
- bij de helft van de afstand is de kracht ongeveer twee keer zo groot

c Bepaal de grootte van de zwaartekracht op de strip.

- de zwaartekracht grijpt aan in het zwaartepunt
- het zwaartepunt ligt in het midden van de strip op 20 cm van het draaipunt
- als de veerunster op 20 cm van het draaipunt staat is de kracht 1,8 N
- de zwaartekracht op de strip is 1,8 N

d Bereken de grootte en richting van de kracht in het draaipunt (bij gaatje 9) op de strip in de getekende situatie.

- het zwaartepunt ligt bij gaatje 5 en is omlaag gericht
- F_z 1,8 N (zie vraag c)

- de helft van de zwaartekracht wordt door de veerunster geleverd en is omhoog gericht
 - de andere helft van de zwaartekracht wordt door de as in het draaipunt geleverd en is ook omhoog gericht
 - de kracht in het draaipunt op de strip is 0,90 N en is omhoog gericht
- e Laat door een berekening zien dat deze waarde niet gemeten kan worden met deze veerunster.
- de afstand tussen de gaatjes is 5 cm
 - bij een afstand van 10 cm is de kracht 3,7 N
 - bij een afstand van 5 cm is de kracht twee keer zo groot → 7,4 N
 - de veerunster kan een kracht van 7,4 N niet meten
- f Leg uit in welke situatie de kracht in gaatje 8 gemeten kan worden?
- in figuur 1 geven beide veerunsters altijd dezelfde kracht aan
 - in figuur 1 kan de kracht van 7,4 N niet worden aangegeven
 - in figuur 2 wordt de kracht verdeeld over beide veerunsters
 - iedere veerunster krijgt de helft van de kracht $\frac{7,4}{2} = 3,7$ N
 - in figuur 2 kan een kracht van 7,4 N worden gemeten

3.6 Kracht en versnelling

Eerste wet van Newton

- 1***
- a** Formuleer de eerste wet van Newton in je eigen woorden.
 - als er geen resulterende kracht werkt is er geen versnelling
 - als er geen resulterende kracht werkt verandert de snelheid niet
 - als er geen resulterende kracht werkt blijft de snelheid constant
 - b** Formuleer de tweede wet van Newton in je eigen woorden.
 - als er een resulterende kracht werkt gaat het voorwerp versnellen; de versnelling is recht evenredig met de kracht
 - als er een resulterende kracht werkt verandert de snelheid; bij een grote massa is er veel kracht nodig om een grote versnelling te krijgen
 - c** Formuleer de derde wet van Newton in je eigen woorden.
 - als je een kracht uitoefent op iets dan oefent dat iets een even grote kracht uit op jou
 - als A een kracht uitoefent op B dan oefent B een even grote kracht de andere kant uit op A
- 2***
- a** Bereken de zwaartekracht op de bowlingbal.
 - $F_z = m \cdot g$ met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
 - $F_z = 3 \cdot 9,81 = 29,43 = 29 \text{ N}$
 - b** Bereken de kracht die je armspier uitoefent.
 - de bal beweegt niet
 - $F_{\text{bal op hand}} = -F_{\text{hand op bal}}$
 - $F_{\text{bal op hand}} = F_z = 29 \text{ N}$
 - $F_{\text{hand op bal}} = F_{\text{spier}} = 29 \text{ N}$
 - c** Hoe heet de kracht die je armspier uitoefent?
 - de spierkracht
- 3***
- a** Noem de krachten die onderweg op de bowlingbal werken.
 - zwaartekracht → de kracht die de bal op de baan uitoefent
 - normaalkracht → de kracht die de baan op de bal uitoefent
 - b** Zijn er nu andere krachten in het spel dan bij vraag 2?
 - nee, behalve dat de spierkracht is vervangen door de normaalkracht
 - de spierkracht mag je opvatten als een normaalkracht

- 4** a Wat weet je van de grootte van de resulterende kracht als de bal door de pionnen wordt afgeremd?
- de bal vertraagt en er is dus een resulterende kracht
 - $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow$ de grootte ΣF is recht evenredig met de vertraging
 - $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow$ de grootte ΣF is recht evenredig met de massa van de bal
- b Wat weet je van de richting van de resulterende kracht als de bal door de pionnen wordt afgeremd?
- de richting van de resulterende kracht is tegengesteld aan de richting van de snelheid

- 5*** a Geef hiervoor een verklaring.
- de trein trekt op en versnelt
 - om de bal te versnellen moet op de bal een kracht worden uitgeoefend
 - de vloer kan deze kracht niet leveren
 - de bal versnelt niet
 - gezien vanuit de trein lijkt het alsof de bal naar achteren beweegt
- b Geef hiervoor een verklaring.
- de trein remt af en vertraagt
 - om de bal te vertragen moet op de bal een kracht worden uitgeoefend
 - de vloer kan deze kracht niet leveren
 - de bal vertraagt niet
 - gezien vanuit de trein lijkt het alsof de bal naar voren beweegt
- c Kan de bal ook spontaan zijwaarts gaan rollen? Verklaar je antwoord.
- ja dat kan als de trein een bocht neemt
 - om de bal de bocht te laten nemen moet de richting van zijn snelheid veranderen
 - hiervoor is een kracht nodig
 - de vloer kan deze kracht niet leveren
 - de bal gaat niet door de bocht
 - gezien vanuit de trein lijkt het alsof de bal zijwaarts beweegt

- 6** a Wat houdt hen in beweging?
- om te blijven bewegen is geen kracht nodig
 - het bewegen van een voorwerp met een constante snelheid wordt nergens door veroorzaakt
 - er is niets dat hen in beweging houdt

Tweede wet van Newton

7***

a Bereken de zwaartekracht op de auto

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 1200 \cdot 9,81 = 11772 \text{ N}$

b Bereken de normaalkracht op de auto

- verticaal zijn de krachten in evenwicht

- $F_z + F_N = 0 \rightarrow F_N = -F_z$

- $F_N = -11772 \text{ N}$ (minteken niet verplicht)

c Bereken de resulterende kracht op de auto.

- $t = 5,0 \text{ s} \mid v_{\text{begin}} = 0 \text{ m/s} \mid v_{\text{eind}} = \frac{72}{3,6} = 20 \text{ m/s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t$

- $20 = a \cdot 5 \rightarrow a = 4,0 \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 1200 \cdot 4 = 4800 \text{ N}$

d Bereken de wrijvingskracht op de auto

- constante snelheid $\rightarrow$ horizontaal zijn de krachten in evenwicht

- $F_{\text{motor}} + F_{\text{wrijving}} = 0 \rightarrow F_{\text{wrijving}} = -F_{\text{motor}}$

- $F_{\text{wrijving}} = -2500 \text{ N}$ (minteken niet verplicht)

8***

a Hoe groot is de snelheid van de slee na 4,0 s?

- $m = 40 \text{ kg} \mid \Sigma F = 50 \text{ N} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 50 = 40 \cdot a \rightarrow a = 1,25 \text{ m/s}^2$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow \Delta v = 1,25 \cdot 4 = 5,0 \text{ m/s}$

b Welke afstand heeft de slee na 4,0 s afgelegd?

- $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{0 + 5}{2} = 2,5 \text{ m/s}$

- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ m}$

c Hoe groot is de normaalkracht die door de grond op de slee wordt uitgeoefend?

- verticaal zijn de krachten in evenwicht

- $F_z + F_N = 0 \rightarrow F_N = -F_z$

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ N}$

- $F_N = -392,4 \text{ N}$ (minteken niet verplicht)

d Na hoeveel seconde staat de slee stil?

- $m = 40 \text{ kg} \mid \Sigma F = 10 \text{ N} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 10 = 40 \cdot a \rightarrow a = 0,25 \text{ m/s}^2$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 5 = 0,25 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 20 \text{ s}$

e Hoeveel meter heeft de slee in deze tijd afgelegd?

- $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{5 + 0}{2} = 2,5 \text{ m/s}$

- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 2,5 \cdot 20 = 50 \text{ m}$

9**** a Hoeveel kracht levert de motor van de trein?

- $\Delta v = \frac{144}{3,6} = 40 \text{ m/s} \mid \Delta t = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s} \mid a = \dots \text{ m/s}$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = a \cdot 300 \rightarrow a = 0,13333 \text{ m/s}$

- $m = 360 \cdot 10^3 \text{ kg} \mid a = 0,13333 \text{ m/s}^2 \mid \Sigma F = \dots \text{ N}$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 360 \cdot 10^3 \cdot 0,13333 = 48 \cdot 10^3 \text{ N}$

- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{\text{wrijving}} \rightarrow 48 \cdot 10^3 = F_{\text{motor}} - 9000 \rightarrow F_{\text{motor}} = 57 \cdot 10^3 \text{ N}$

b Hoeveel minuten rijdt de trein door voor hij tot stilstand komt?

- $\Sigma F = 9000 \text{ N} \mid m = 360 \cdot 10^3 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 9000 = 360 \cdot 10^3 \cdot a \rightarrow a = 0,025 \text{ m/s}^2$

- $\Delta v = 40 \text{ m/s} \mid a = 0,025 \text{ m/s}^2 \mid \Delta t = \dots \text{ s}$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = 0,025 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 1600 \text{ s}$

- $\frac{1600}{60} = 26,67 = 27 \text{ minuten}$

c Hoeveel kilometer rijdt de trein door voor hij tot stilstand komt?

- $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{40 + 0}{2} = 20 \text{ m/s}$

- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 20 \cdot 1600 = 32000 \text{ m} \rightarrow s = 32 \text{ km}$

10**** a Bereken de kracht die de remmen uitoefenen op de vrachtauto.

- $\Delta V = 90 - 36 = 54 \text{ km/h} \rightarrow \Delta v = \frac{54}{3,6} = 15 \text{ m/s} \mid \Delta t = 20 \text{ s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 15 = a \cdot 20 \rightarrow a = 0,75 \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 20000 \cdot 0,75 = 15000 \text{ N}$

b Is de remkracht naar voren of naar achteren gericht?

- de snelheid neemt af
- de remkracht werkt de snelheid tegen
- de remkracht is naar achteren gericht

c Leg uit waarom dit het geval is.

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow$ als m klein is wordt a groot (ΔF is een gegeven)
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow$ als a groot is wordt Δt klein (Δv is een gegeven)
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow$ als t klein is wordt s klein (v_{gem} is een gegeven)

11**** a Bereken de tijd die nodig is om de halter een snelheid van 1,5 m/s te geven.

- $\Sigma F = 500 \text{ N} \mid m = 140 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 500 = 140 \cdot a \rightarrow a = 3,57143 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 1,5 = 3,57143 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 0,42 \text{ s}$

b Teken in figuur 2 de zwaartekracht op de halter.

- zie figuur hiernaast

c Teken in figuur 2 de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.

- de horizontale component van de spierkracht is 500 N
- opmeten lengte van horizontale kracht $\ell_{\text{hor}} = 2,4 \text{ cm}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 140 \cdot 9,81 = 1373,4 \text{ N}$
- de verticale component van de spierkracht is 1373,4 N
- verhoudingstabel:

newton	500	1373,4
centimeter	2,4	ℓ_z

- kruislings vermenigvuldigen: $1373,4 \cdot 2,4 = 500 \cdot F_z$

$$\bullet \ell_z = \frac{1373,4 \cdot 2,4}{500} \rightarrow \ell_z = 6,6 \text{ cm}$$

d Teken in figuur 2 de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.

- zie figuur hiernaast

e Bepaal de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.

- opmeten lengte van de spierkracht $\ell_{\text{spier}} = 7,0 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

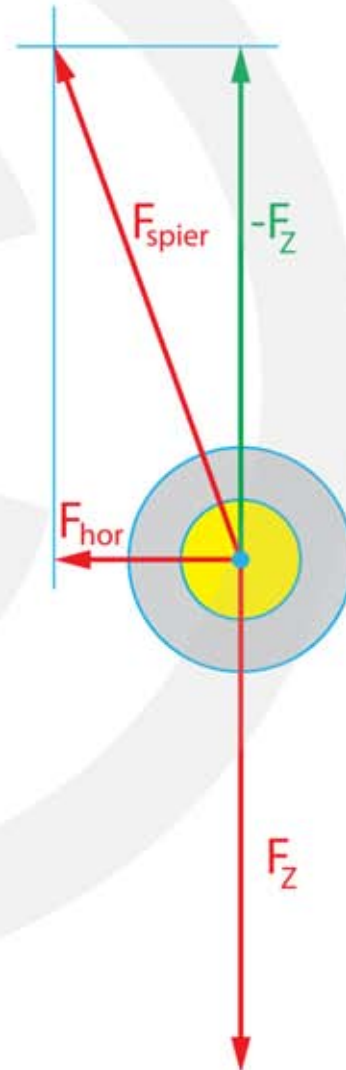
newton	500	F_{spier}
centimeter	2,4	7,0

- kruislings vermenigvuldigen: $500 \cdot 7,0 = 2,4 \cdot F_{\text{spier}}$

$$\bullet F_{\text{spier}} = \frac{500 \cdot 7,0}{2,4} \rightarrow F_{\text{spier}} = 1458 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

f Bereken de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.

- $F_{\text{hor}} = 500 \text{ N} \mid F_z = 1373,4 \text{ N} \mid \Sigma F = \dots \text{ N}$
- Pythagoras $F_{\text{hor}}^2 + F_z^2 = \Sigma F^2$
- $500^2 + 1373,4^2 = \Sigma F^2 \rightarrow \Sigma F = 1,46 \cdot 10^3 \text{ N}$



Derde wet van Newton

12***

a Welke denkfout maakt Dombo?

- het touw oefent evenveel kracht op Reus uit als Reus op het touw
- door zich schrap te zetten wordt hij niet omvergetrokken
- Reus kan het touw inhalen omdat hij zich beter schrap kan zetten dan Dwerg

b Wie van hen wint de wedstrijd?

- Reus en Dwerg oefenen evenveel kracht uit op elkaar
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow$ bij een grote massa is de versnelling klein
- het vlot van Dwerg heeft de grootste massa en krijgt de kleinste versnelling
- Dwerg versnelt minder dan Reus $\rightarrow$ Dwerg wint de wedstrijd

13***

a Welke denkfout maakt Slimbo?

- de ventilator oefent een kracht naar voren uit op de lucht
- de lucht (wind) oefent een kracht naar voren uit op de zeilen
- de weggeblazen lucht oefent dezelfde kracht naar achteren uit op de ventilator
- de boot komt niet in beweging

b Leg uit of hierdoor de boot gaat versnellen?

- de ventilator oefent een kracht naar achteren uit op de lucht
- de lucht oefent dezelfde kracht naar voren uit op de ventilator
- de boot krijgt hierdoor een versnelling naar voren

14***

a Bereken de kracht die de parachute op de parachutist uitoefent.

- constante snelheid $\rightarrow a = 0 \rightarrow \Sigma F = 0$
- $F_z + F_N = 0 \rightarrow F_N = -F_z$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
- $F_N = -784,8 \text{ N}$ (minteken niet verplicht)

b Hoeveel kracht oefent de parachute nu uit op de parachutist?

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 80 \cdot 8 = 640 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot g - F_{\text{parachute}}$
- $640 = 80 \cdot 9,81 - F_{\text{parachute}} \rightarrow F_{\text{parachute}} = 784,8 - 640 = 144,8 \text{ N}$

c Hoe groot is de kracht die de parachutist op de parachute uitoefent?

- de kracht die de parachutist op de parachute uitoefent is even groot als de kracht die de parachute op de parachutist uitoefent $\rightarrow F_{\text{op parachute}} = 144,8 \text{ N}$

3.7 Wrijving

- 1****
- a** Leg uit waarom een voorwerp niet in beweging komt als F_{trek} kleiner is dan $F_{W \text{ max}}$.
- als F_{trek} kleiner is dan $F_{W \text{ max}}$ geldt: $F_{\text{trek}} = F_W$
 - $\Sigma F = F_{\text{trek}} - F_W = 0$
 - Newton 1: $\Sigma F = 0 \Leftrightarrow a = 0$
 - geen versnelling, dus voorwerp komt niet in beweging
- b** Leg uit waarom dit het geval is.
- bij het verschuiven komen de oppervlakken los van elkaar
 - de kracht waarmee ze van elkaar los worden getrokken moet gelijk zijn aan de normaalkracht
 - er is een recht evenredig verband tussen de minimale trekkraft en de normaalkracht
 - de minimaal benodigde trekkraft is gelijk aan de maximale wrijvingskracht
- 2****
- a** Leg uit waarom de puck tot stilstand komt.
- bij het glijden is F_W de enige horizontale kracht op de puck
 - $\Sigma F = F_W = m \cdot a$
 - de puck vertraagt totdat hij tot stilstand komt.
- b** Leg uit wat hiervan de oorzaak is.
- F_W is groter $\rightarrow$ de vertraging is groter.
 - de beginsnelheid is hetzelfde
 - $\Delta v = a \cdot t \rightarrow t = \frac{\Delta v}{a}$
 - Δv is gelijk en a is groter $\rightarrow t$ is kleiner
- c** Leg uit waarom de vertraging constant is.
- tijdens het afremmen geldt: $\Sigma F = F_{W \text{ max}}$
 - $\Sigma F = F_{W \text{ max}} = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_{W \text{ max}}}{m}$
 - $F_{W \text{ max}}$ en m zijn constant $\rightarrow a$ is constant
- + d** Bereken de verhouding tussen de maximale wrijvingskrachten van ijs en asfalt.
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ en v_{gem} is in beide gevallen gelijk
 - s is 10 keer zo groot $\rightarrow t$ is 10 keer zo groot
 - $\Delta v = a \cdot \Delta t$ en Δv is in beide gevallen gelijk
 - ijs: t is 10 keer zo groot $\rightarrow a$ is 10 keer zo klein
 - $\Sigma F = F_{W \text{ max}} = m \cdot a$
 - ijs: a is 10 keer zo klein en m blijft gelijk $\rightarrow F_{W \text{ max}}$ is 10 keer zo klein

3***

a Bereken de versnelling van de boot.

- $\Sigma F = F_{\text{trek}} - F_W \rightarrow \Sigma F = 100 - 40 = 60 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 60 = 800 \cdot a \rightarrow a = 0,075 \text{ m/s}^2$

b Bereken de afstand van de boot na 50 s.

- $\Delta v = a \cdot t \rightarrow \Delta v = 0,075 \cdot 50 = 3,75 \text{ m/s}$
- $v_{\text{gem}} = \frac{v_1 + v_2}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{3,75}{2} = 1,875 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 1,875 \cdot 50 = 93,75 = 94 \text{ m}$

c Bereken de normaalkracht die door het water op de boot wordt uitgeoefend.

- $F_z = m \cdot g$ met $m = 800 \text{ kg} \rightarrow F_z = 7848 \text{ N}$
- $F_n = F_z = 7848 = 7,85 \cdot 10^3 \text{ N}$

4***

a Bereken de versnelling op het moment dat de druppel begint te vallen.

- als de druppel begint te vallen is zijn snelheid nog zo klein dat de luchtwrijving verwaarloosd kan worden.
- in het begin heeft de druppel een vrije val met $a = g = 9,81 \text{ m/s}^2$

b Leg uit waarom de versnelling vervolgens afneemt en na enige tijd nul wordt.

- naarmate de snelheid toeneemt neemt ook de wrijvingskracht toe.
- $\Sigma F = F_z - F_W$
- F_W neemt toe en F_z blijft gelijk $\rightarrow \Sigma F$ wordt kleiner
- $\Sigma F = m \cdot a$; m blijft gelijk
- ΣF wordt kleiner en m blijft gelijk $\rightarrow a$ wordt kleiner en uiteindelijk nul

c Bereken de massa van de waterdruppel.

- $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ met $r = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow V = 4,1888 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$; $r = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 4,1888 \cdot 10^{-9} = 4,1888 \cdot 10^{-6} = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$

d Bereken de snelheid waarmee de regendruppel de grond bereikt.

- na zeker moment is de snelheid constant $\rightarrow \Sigma F = F_z - F_W = 0 \rightarrow F_W = F_z$
- $6\pi \cdot c \cdot r \cdot v = m \cdot g \rightarrow 6\pi \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot v = 4,1888 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81$
- $1,885 \cdot 10^{-5} \cdot v = 4,1092 \cdot 10^{-5} \rightarrow v = 0,4587 = 0,46 \text{ m/s}$

5***

a Leg uit hoe uit de figuur blijkt dat $F_{W, \text{rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{W_r} \rightarrow F_{W_r} = F_{\text{motor}} - F_{\text{res}}$
- aflezen op $t = 0$ geeft $F_{\text{motor}} - F_{\text{res}} = 7,8 - 6,5 = 1,3 \text{ kN}$
- op $t = 0$ is er geen luchtwrijving $\rightarrow F_{W_r} = F_{W, \text{rol}}$
- $F_{W, \text{rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$

b Bepaal de luchtwrijvingskracht als de trein zijn maximale snelheid heeft.

- $A = 2,5 \cdot 1,70 = 4,25 \text{ m}^2$
- $v = \frac{250}{3,6} = 69,444 \text{ m/s}$
- $F_{W \text{ lucht}} = \frac{1}{2} c_W \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$
- $F_{W \text{ lucht}} = \frac{1}{2} \cdot 0,285 \cdot 1,2 \cdot 4,25 \cdot (69,44)^2 = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N}$

c Controleer of het antwoord van vraag b overeenkomt met figuur 2.

- constante snelheid: $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W \text{ rol}} - F_{W \text{ lucht}} = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} = F_{W \text{ rol}} + F_{W \text{ lucht}}$
- $F_{W \text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ en $F_{W \text{ lucht}} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N}$
- $F_{\text{motor}} = F_{W \text{ rol}} + F_{W \text{ lucht}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$
- aflezen figuur 2 bij $t > 105 \text{ s}$: $F_{\text{motor}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$
- er is overeenstemming

6****

a Hoe groot is de weerstand die de auto vóór het versnellen ondervindt? Verklaar je antwoord.

- voor het versnellen geldt $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_W = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} = F_W$
- aflezen $F_{\text{motor}} = F_W = 200 \text{ N}$

b Bepaal met behulp van figuur 1 de versnelling direct na het tijdstip $t = 20 \text{ s}$.

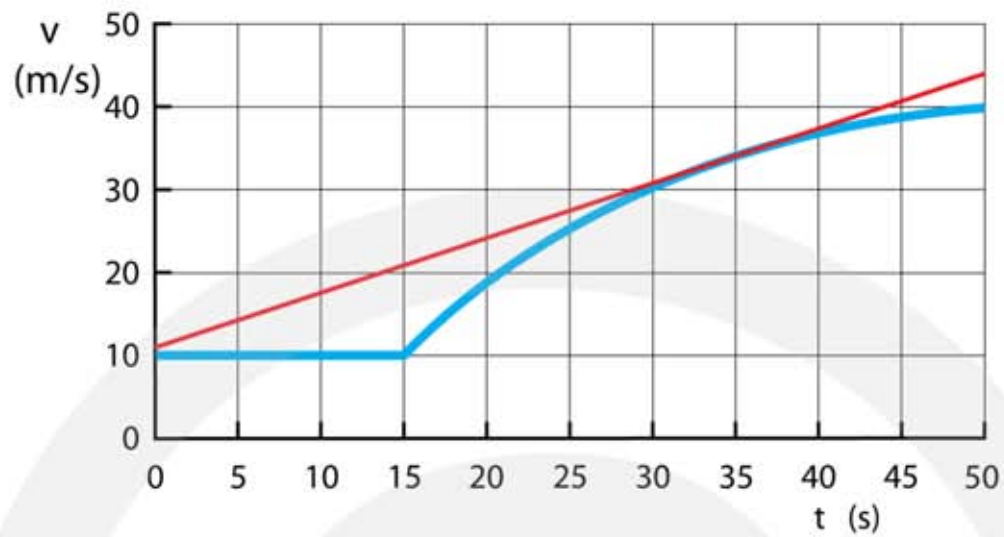
- aflezen: direct na 20 s $F_{\text{motor}} = 2000 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_W \rightarrow \Sigma F = 2000 - 200 = 1800 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 1800 = 1000 \cdot a \rightarrow a = 1,8 \text{ m/s}^2$

c Leg uit hoe uit figuur 1 én 2 blijkt, dat de weerstand die de auto ondervindt vanaf $t = 15 \text{ s}$ voortdurend toeneemt.

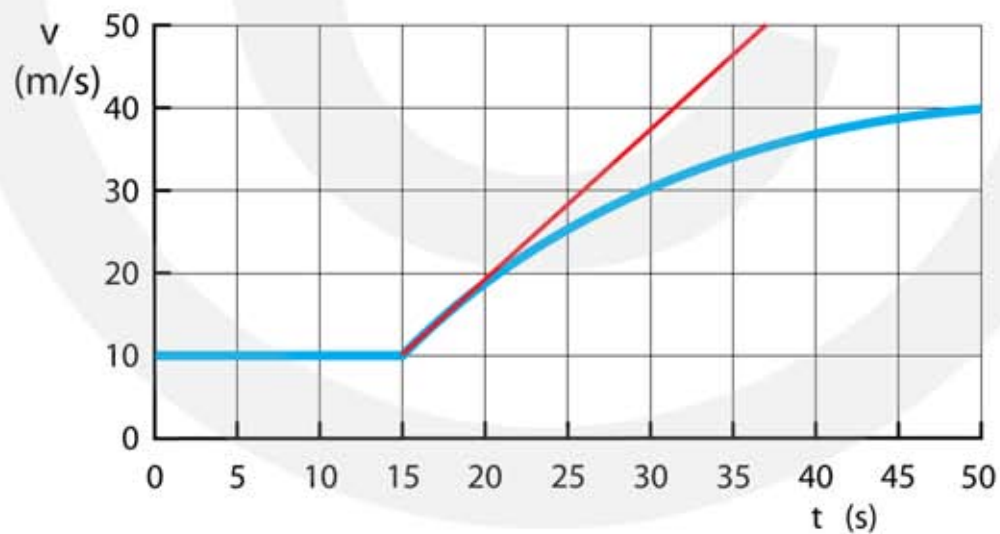
- figuur 1 $\rightarrow F_{\text{motor}}$ is na $t=15 \text{ s}$ constant
- figuur 2 $\rightarrow$ de versnelling neemt na $t=15 \text{ s}$ geleidelijk af
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_W = m \cdot a$
- a neemt af en F_{motor} blijft gelijk $\rightarrow F_W$ neemt toe

d Bepaal met behulp van de figuur 2 de totale weerstand die auto op het tijdstip $t=35 \text{ s}$ ondervindt.

- teken een lange raaklijn op $t=35 \text{ s}$ en bepaal de richtingscoëfficiënt
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{42 - 10,5}{50 - 0} = 0,63 \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_W = m \cdot a$
- $2000 - F_W = 1000 \cdot 0,63 \rightarrow F_W = 2000 - 630 = 1370 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ N}$



- e Controleer of de figuren 1 en 2 met elkaar in overeenstemming zijn.
- teken een lange raaklijn op $t=15$ s en bepaal de richtingscoëfficiënt
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{50 - 10}{37 - 15} = 1,82 \text{ m/s}^2$
 - er is overeenstemming want zelfde als antwoord op vraag b



- f Leg uit waarom dit het geval is.
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{\text{w}} = m \cdot a$
 - F_{w} wordt steeds groter $\rightarrow \Sigma F$ wordt steeds kleiner
 - als $\Sigma F = 0 \rightarrow a = 0$
 - de snelheid is constant

- 7****** a Geef twee redenen waarom de auto nu in kortere tijd kan optrekken naar 100 km/h.

REDEN 1

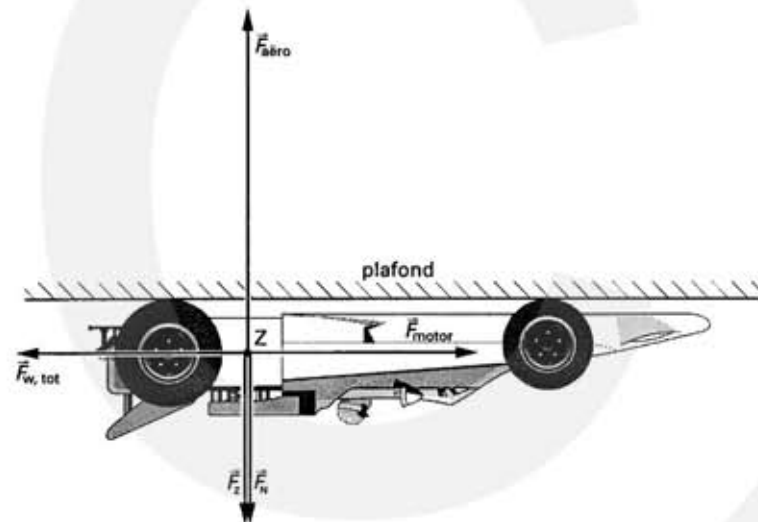
- de massa is nu kleiner omdat er minder brandstof in de tank zit
- dus bij een even grote motorkracht is de versnelling groter

REDEN 1

- massa kleiner $\rightarrow F_z$ kleiner $\rightarrow F_n$ kleiner $\rightarrow F_{W\text{ rol}}$ kleiner
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W\text{ lucht}} - F_{W\text{ rol}}$ en F_{motor} blijft gelijk $\rightarrow \Sigma F$ wordt groter
- ΣF groter $\rightarrow$ versnelling groter

- b Teken alle overige krachten die op de auto werken. Neem daarbij aan dat deze krachten in Z aangrijpen.

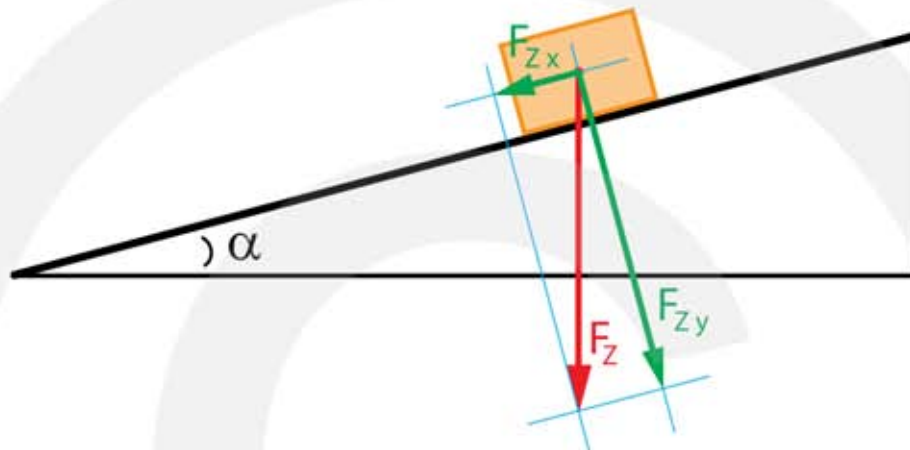
- F_{motor} even groot en tegengesteld aan $F_{W, \text{tot}}$
- $F_{\text{aero}} = 2 F_z$ (of iets groter), naar boven gericht
- $F_n = F_{\text{aero}} - F_z$, naar beneden gericht.



3.8 Krachten op een helling

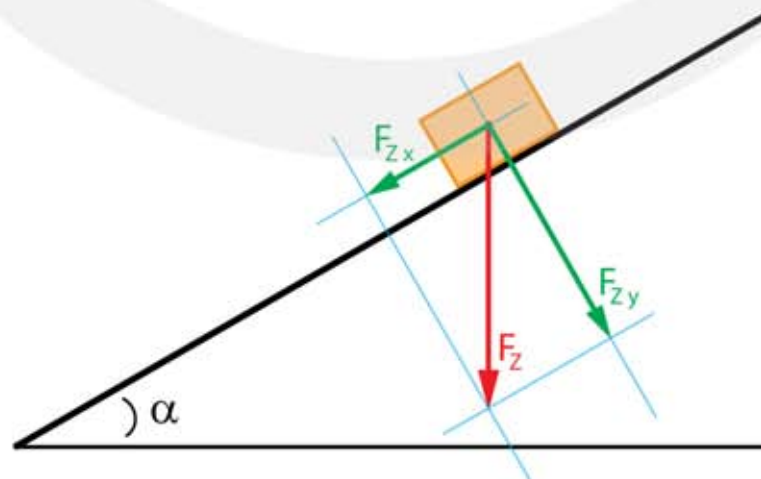
Helling zonder wrijving

- 1** a Teken de componenten van de zwaartekracht. F_{zx} is langs de helling naar beneden en F_{zy} is loodrecht op de helling naar beneden.



- b Bepaal de grootte van F_{zx} en van F_{zy} .
- meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z , ℓ_{zx} en ℓ_{zy}
 - verhoudingstabel:
- | | | | |
|------------|----------|-------------|-------------|
| newton | 150 | F_{zx} | F_{zy} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} | ℓ_{zy} |
- kruislings vermenigvuldigen
 - $F_{zx} = 39 \text{ N}$ en $F_{zy} = 145 \text{ N}$

- 2** a Teken de componenten van de zwaartekracht. F_{zx} is langs de helling naar beneden en F_{zy} is loodrecht op de helling naar beneden.



- b Bereken de massa van de kar.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 250 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 25,484 = 25,5 \text{ kg}$

- c Bereken de versnelling van de kar.
- meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en van ℓ_{zx}
 - verhoudingstabel:
 - | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 250 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
 - kruislings vermenigvuldigen
 - $F_{zx} = 125 \text{ N}$
 - $\Sigma F = F_{zx} = 125 \text{ N} \quad | \quad m = 25,484 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
 - $\Sigma F = m \cdot a$
 - $125 = 25,484 \cdot a \rightarrow a = 4,905 = 4,91 \text{ m/s}^2$

- 3**** a F_{zx} is de componenten van F_z langs de helling naar beneden. Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 12 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 117,72 \text{ N}$
 - teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
 - verhoudingstabel:
 - | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 117,72 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
 - kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 20,44 = 20,4 \text{ N}$
- b Bereken de versnelling van de kar.
- $\Sigma F = F_{zx} = 20,44 \text{ N} \quad | \quad m = 12 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
 - $\Sigma F = m \cdot a$
 - $20,44 = 12 \cdot a \rightarrow a = 1,7 \text{ m/s}^2$
- c Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 6 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 58,86 \text{ N}$
 - teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
 - verhoudingstabel:
 - | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 58,86 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
 - kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 10,22 \text{ N} = 10,2 \text{ N}$
- d Bereken de versnelling van de kar.
- $\Sigma F = F_{zx} = 10,22 \text{ N} \quad | \quad m = 6 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
 - $\Sigma F = m \cdot a$
 - $10,22 = 6 \cdot a \rightarrow a = 1,7 \text{ m/s}^2$
- e Leg uit waarom dit het geval is.
- als de massa x keer zo groot is dan is ook F_z x keer zo groot
 - de kracht wordt x keer zo groot én de massa wordt x keer zo groot
 - $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{\Sigma F}{m} \rightarrow a$ verandert niet

f Na hoeveel seconde is de kar beneden?

- $s = 4,0 \text{ m}$ | $a = 1,7 \text{ m/s}^2$ | $t = \dots \text{ s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ en $v_{\text{gem}} = \frac{1}{2} v_{\text{eind}} \rightarrow s = \frac{1}{2} v_{\text{eind}} \cdot t$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow v_{\text{eind}} = a \cdot t$
- combineren $\rightarrow s = \frac{1}{2} (a \cdot t) \cdot t \rightarrow s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $4 = \frac{1}{2} \cdot 1,7 \cdot t^2 \rightarrow t = 2,1693 = 2,2 \text{ s}$

g Welke snelheid heeft de kar onderaan de helling?

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta v = a \cdot \Delta t$
- $\Delta v = 1,7 \cdot 2,1693 = 3,6878 = 3,7 \text{ m/s}$

h Welke kar is het eerste beneden?

- de versnelling van beide blokken is gelijk en ze leggen dezelfde afstand af
- de blokken komen tegelijkertijd beneden

Helling met wrijving

4**

a Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 49,05 \text{ N}$
- teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 49,05 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 20,73 = 20,7 \text{ N}$

b Leg uit waarom dit het geval is.

- het blok staat stil
- behalve F_{zx} moet er een kracht langs de helling omhoog zijn
- dit is de wrijvingskracht

c Bereken de grootte van de wrijvingskracht.

- staat stil: $\Sigma F = 0$
- $F_{zx} - F_w = 0 \rightarrow F_{zx} = F_w = 20,7 \text{ N}$

d Teken F_{zy} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 49,05 \text{ N}$
- teken F_{zy} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zy}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 49,05 | F_{zy} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zy} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zy} = 44,454 = 44,5 \text{ N}$

5***

a Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 49,05 \text{ N}$
- teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 49,05 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 24,525 = 24,5 \text{ N}$

b Leg uit waarom dit het geval is.

- het blok heeft een constante snelheid
- behalve F_{zx} moet er een kracht langs de helling omhoog zijn
- dit is de wrijvingskracht

c Bereken de grootte van de wrijvingskracht.

- constante snelheid: $\Sigma F = 0$
- $F_{zx} - F_w = 0 \rightarrow F_{zx} = F_w = 25,4 \text{ N}$

d Teken F_{zy} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 49,05 \text{ N}$
- teken F_{zy} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zy}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 49,05 | F_{zy} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zy} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zy} = 42,479 = 42,5 \text{ N}$

e Wat is de eenheid van f ?

- $F_{w \max} = f \cdot F_n \rightarrow f = \frac{F_{w \max}}{F_n}$
- eenheden invullen
- $[f] = \frac{\text{N}}{\text{N}}$
- f heeft geen eenheid

f Bereken f .

- $F_{zx} = F_{w \max} = 24,525 \text{ N} \mid F_{zy} = F_n = 42,479 \text{ N} \mid f = \dots (\text{geen eenheid})$
- $F_{w \max} = f \cdot F_n$
- $24,525 = f \cdot 42,479 \rightarrow f = 0,57734 = 0,58$

g Hoe groot is de zwaartekracht op deze blokken samen?

- twee keer zoveel als van één blok $\rightarrow F_z = 2 \cdot 49,05 = 98,1 \text{ N}$

h Beredeneer hoe groot F_{zx} en F_{zy} nu zijn. Gebruik je antwoorden van a en d.

- F_{zx} en F_{zy} zijn nu ook twee keer zo groot
- $F_{zx} = 2 \cdot 24,525 = 49,05 = 49 \text{ N}$
- $F_{zy} = 2 \cdot 42,479 = 84,958 = 85 \text{ N}$

i Bereken hoe groot F_n nu is.

- $F_n = F_{zy} = 85 \text{ N}$

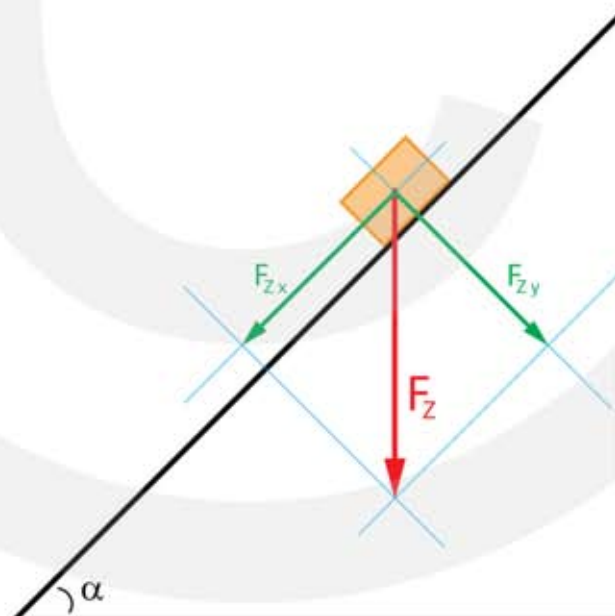
j Bereken $F_{W \max}$ voor de situatie met 2 blokken.

- F_n wordt twee keer zo groot en f blijft gelijk
- $F_{W \max}$ wordt ook twee keer zo groot
- $F_{W \max} = f \cdot F_n$
- $F_{W \max} = 0,57734 \cdot 84,958 = 49,05 = 49 \text{ N}$

k Leg uit of de twee blokken met een constante snelheid of met een versnelling de helling af gaan.

- $F_{zx} = 49,05 = 49 \text{ N}$ én $F_{W \max} = 49,05 = 49 \text{ N}$
- langs de helling: $\Sigma F = F_{zx} - F_{W \max}$
- $\Sigma F = 49,05 - 49,05 = 0 \text{ N}$
- $\Sigma F = 0 \rightarrow$ de snelheid is constant

6*** a Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.



- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 12 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 117,72 \text{ N}$
- teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 117,72 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 83,24 = 83 \text{ N}$

b Bereken de resulterende kracht langs de helling naar beneden.

- $\Sigma F = F_{zx} - F_w$
- $\Sigma F = 83,24 - 70 = 13,24 = 13 \text{ N}$

c Bereken de versnelling van het blok.

- $\Sigma F = m \cdot a$
- $13,24 = 12 \cdot a \rightarrow a = 1,10338 = 1,1 \text{ m/s}^2$

d Bereken wanneer het blok beneden is.

- $s = 8,0 \text{ m} \mid a = 1,10338 \text{ m/s}^2 \mid t = \dots \text{ s}$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $8 = \frac{1}{2} \cdot 1,10338 \cdot t^2 \rightarrow t = 3,808 = 3,8 \text{ s}$

e Bereken de maximale wrijvingskracht $F_{w \text{ max}}$ van dit blok.

- $s = 8,0 \text{ m} \mid t = 10 \text{ s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $8 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot 10^2 \rightarrow a = 0,16 \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $\Sigma F = 12 \cdot 0,16 \rightarrow \Sigma F = 1,92 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w$
- $1,92 = 83,24 - F_w \rightarrow F_w = 81,32 = 81 \text{ N}$

7***

a Bepaal de spankracht in het touw.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{\text{span}} - F_{zx} - F_w = 0$
- $\Sigma F_{\text{span}} = F_{zx} + F_w$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 58 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 568,98 \text{ N}$
- teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 568,98 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 326,35 = 326 \text{ N}$
- $\Sigma F_{\text{span}} = 326,35 + 150 = 476,25 = 476 \text{ N}$

b Bereken de versnelling van de skiër als hij omlaag glijdt.

- $\Sigma F = F_{zx} - F_w$
- $\Sigma F = 326,35 - 250 = 76,35 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $76,35 = 58 \cdot a \rightarrow a = 1,316 = 1,3 \text{ m/s}^2$

c Bereken hoe groot de schuifwrijvingskracht minimaal moet zijn om tot stilstand te komen.

- stilstand $\rightarrow \Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w = 0 \rightarrow F_w = F_{zx}$
- $F_w = 326,35 = 326 \text{ N}$

8***

a Bepaal de versnelling van de skiër.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 65 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 637,65 \text{ N}$
- teken F_{zx} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zx}
- verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----------|-------------|
| newton | 568,98 | F_{zx} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} |
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zx} = 409,87 = 410 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w \rightarrow \Sigma F = 409,87 - 200 = 209,87 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $209,87 = 65 \cdot a \rightarrow a = 3,2288 = 3,2 \text{ m/s}^2$

b Leg uit waarom dit het geval is.

- behalve schuifweerstand is er ook luchtweerstand
- de luchtweerstand neemt toe als de snelheid groter wordt
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w$ kleiner $\rightarrow a$ kleiner

c Leg uit waarom dit het geval is.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = F_{zx} - F_w = 0$
- als $F_w = F_{zx}$ geldt $\Sigma F = 0$
- vanaf dat moment verandert de snelheid niet meer

d Leg uit waarom de snelheid hierdoor kleiner wordt.

- hiermee maakt hij de hellingshoek kleiner
- als de hellingshoek kleiner is is ook F_{zx} kleiner
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w = m \cdot a$
- F_{zx} kleiner $\rightarrow a$ kleiner

HAVO examenvragen: Kracht

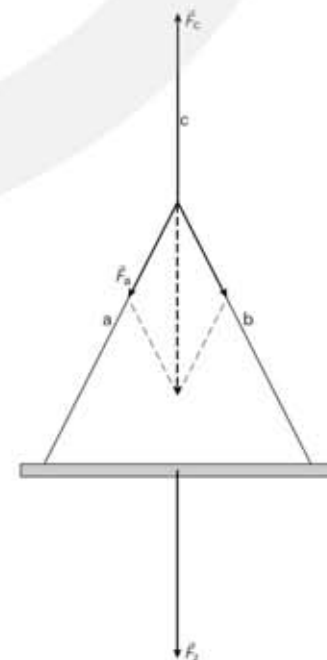
Krachten in evenwicht

Ophaalbrug

- 4p a Bepaal de massa van het wegdek van de brug.
- arm $F_B = 2 \cdot \text{arm } F_Z$ 1
 - momentenwet: $M_Z = M_B \rightarrow F_Z \cdot r_Z = 5,9 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot r_Z$ 1
 - r_Z wegstrepen $\rightarrow F_Z = 2 \cdot 5,9 \cdot 10^2 = 1,18 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
 - $m = 1,18 \cdot 10^3 / 9,81 = 120,285 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$ 1
- 4p b Bepaal de grootte van de kracht waarmee de watersporter minstens aan de ketting moet trekken om de brug te openen.
- zwaartekracht op contragewicht bij E: $F_E = 63 \cdot 9,81 = 618,03 \text{ N}$ 1
 - arm F_E : $r_E = 2,6$ en arm F_K : $r_K = 2,6 \text{ m}$ 1
 - $M_K + M_E = M_B \rightarrow F_K \cdot 2,6 + 618,03 \cdot 2,6 = 5,9 \cdot 10^2 \cdot 3,2$ 1
 - $F_K = (1888 - 1606,878) / 2,6 = 1,081238 \cdot 10^2 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 3p c Bereken de grootte van de wrijvingskracht tussen de baksteen en het wegdek.
- inzicht: $v = \text{constant} \rightarrow \Sigma F = 0 \rightarrow F_{W \max} = F_{Zx}$ 1
 - $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 1,4 \cdot 9,81 = 13,734 \text{ N}$ 1
 - $F_{W \max} = F_Z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{W \max} = 13,734 \cdot \sin 28 = 6,4477 = 6,4 \text{ N}$ 1

Bouwkraan

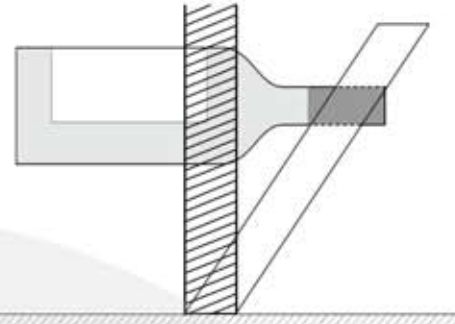
- 5p a Bepaal met behulp van een constructie in de figuur op de bijlage de grootte van de spankracht in kabel a, uitgedrukt in newton.
- verplaats F_Z naar het snijpunt van a en b 1
 - construeer F_a en F_b (parallelogram) 1
 - bereken: $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 306 \cdot 9,81 = 3,00 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
 - bepaal de schaalfactor: $5,0 \text{ cm} \leftrightarrow 3000 \text{ N}$ 1
 - krachtpijl F_a heeft lengte $2,8 \text{ cm} \rightarrow$ 1
- $$F_a = \frac{2,8}{5,0} \cdot 3000 = 1,68 \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ N}$$



Fles in evenwicht

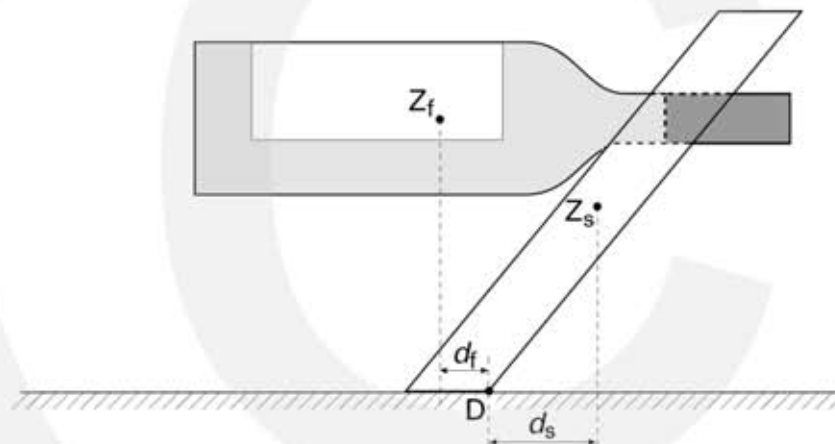
- 2p a Teken en arceer in figuur 1 het gebied waarin het zwaartepunt van het geheel zich moet bevinden opdat er evenwicht is.
- het zwaartepunt moet zich boven het steunvlak bevinden
 - linker grenslijn goed
 - rechter grenslijn goed

1
1



- 4p b Bepaal met behulp van figuur 2 de massa van de fles wijn.

- bepaal de armen van F_{zf} en van F_{zs} 1
- opmeten: arm $F_{zf} \rightarrow d_f = 8,0 \text{ mm}$ | arm $F_{zs} \rightarrow d_s = 18 \text{ mm}$ 1
- momentenwet: $M_f = M_s \rightarrow F_{zf} \cdot 8,0 = 0,45 \cdot 9,81 \cdot 18$ 1
- $F_{zf} = 9,9326 \text{ N} \rightarrow 9,9326 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 1,0125 = 1,0 \text{ kg}$ (marge 0,1 kg) 1



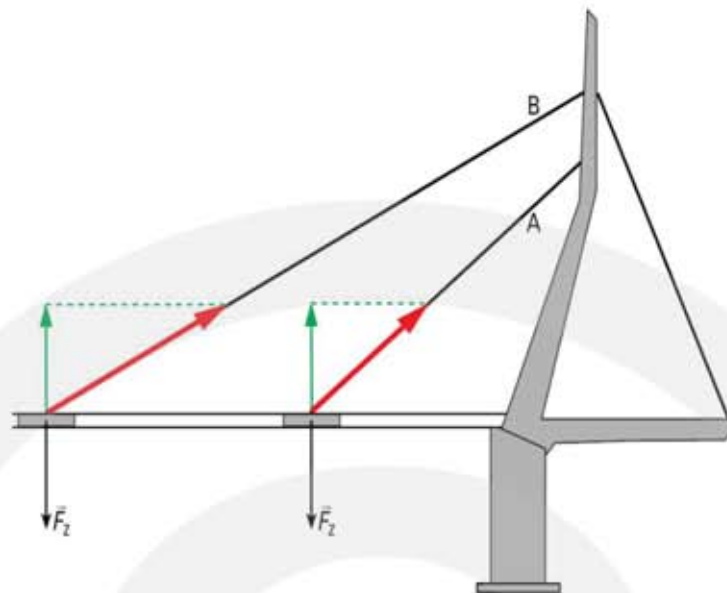
Erasmusbrug

- 3p a Bereken de totale massa van het wegdek links van de staander.

- 16 keer $2,75 \cdot 10^5 = 4,40 \cdot 10^6 \text{ N}$ 1
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 4,40 \cdot 10^6 = m \cdot 9,81$ 1
- $m = 4,485 \cdot 10^5 = 4,49 \cdot 10^5 \text{ kg}$ 1

- 4p b Construeer in figuur 2 de spankrachten in tui A en in tui B en bepaal welke van de twee spankrachten het grootst is.

- de verticale component van de spankracht is gelijk en tegengesteld aan F_z 1
- constructie van F_s door horizontale lijnen te trekken 2
- de spankracht in tui B is het grootst 1

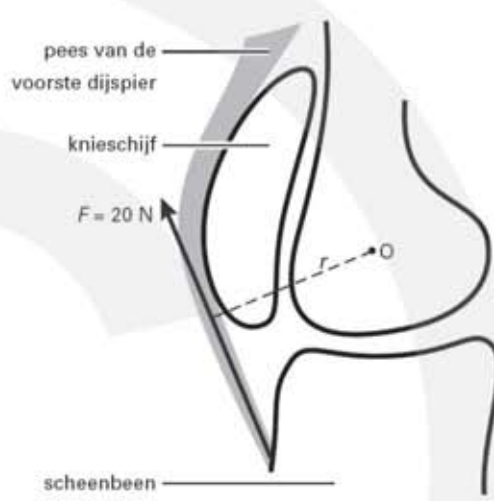


- 3p c Bepaal de spankracht in tui B.
- opmeten: lengte krachtpijl F_z is 15 mm en lengte krachtpijl F_s is 35 mm 1
 - op ieder tui werkt $F_z = 2,75 \cdot 10^5 / 2 = 1,375 \cdot 10^5$ N 1
 - $F_s = \frac{35}{15} \cdot 1,375 \cdot 10^5 = 3,2083 \cdot 10^5 = 3,2 \cdot 10^5$ N 1

Picknicktafel

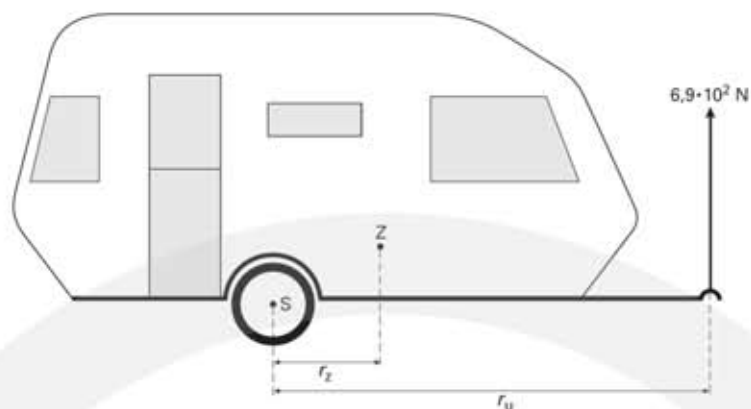
- 4p a Bereken hoe groot de kracht F minstens moet zijn om de picknicktafel te laten kantelen.
- de momentenwet moet worden toegepast waarbij het draaipunt het rechterhoekpunt van de rechterpoot is 1
 - arm linksom = $r_z = 4,5$ hokjes | arm rechtsom = $r_F = 2,0$ hokjes 1
 - $F_z = m \cdot g = 60 \cdot 9,81 = 588,6$ N 1
 - momentenwet: $588,6 \cdot 4,5 = F \cdot 2,0 \rightarrow F = 1,32435 \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^3$ N 1
- 3p b Leg uit wie gelijk heeft.
- als de tafel naar links kantelt is het draaipunt het linkerhoekpunt van de linkerpoot 1
 - de arm van de kracht van de personen op de rechterbank is nu veel groter dan eerst 1
 - links moet een veel grotere kracht worden uitgeoefend dan $2F$ dus Frank heeft gelijk 1
- 2p c Noem twee veranderingen die ze kunnen aanbrengen waardoor de picknick- tafel stabiel wordt.
- de tafel zwaarder maken of
 - de poten schuiner zetten of
 - de poten verder uit elkaar zetten of
 - het zitgedeelte dichterbij het zwaartepunt van de picknicktafel brengen (één punt per juiste verandering)

Krachten in het been

- 2p a Welke van deze punten is het zwaartepunt? Licht je antwoord toe. 1
- constatering dat A het zwaartepunt is 1
 - het zwaartepunt moet zich recht boven het steunvlak bevinden 1
- 1p b Welke van de twee spieren trekt zich samen bij het buigen van het been? Licht je antwoord toe. 1
- de achterste dijspier
- 4p c Bepaal met behulp van figuur 3 het moment van kracht F ten opzichte van punt O. Teken daartoe eerst de arm van kracht F.
- teken r 1
 - opmeten $r = 3,2 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - gebruik $M = F \cdot r$ 1
 - $M = 20 \cdot 0,032 = 0,64 \text{ N m}$ 1
- 
- 3p d Bepaal met behulp van figuur 5 de grootte van de kracht van de achillespees op de voet.
- opmeten: $r_p = 8,0 \text{ mm}$ en $r_R = 28 \text{ mm}$ (marge 1 mm) 1
 - gebruik momentenwet: $F_p \cdot r_p = F_R \cdot r_R$ 1
 - $F_p \cdot 8 = 250 \cdot 28 \rightarrow F_p = 875 = 8,7 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 3p e Welke van deze mogelijkheden is juist? Licht je antwoord toe.
- F_p en F_R zijn naar boven gericht 1
 - $\Sigma F = 0 \rightarrow F_Q = F_p + F_R$ 1
 - F_Q is groter dan F_Z 1

Caravan

- 5p a Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de massa van de lege caravan. Teken daartoe eerst de armen van de twee krachten die hierbij van belang zijn.
- teken r_z en r_u 1
 - $r_z = 1,9 \text{ cm}$ en $r_u = 7,7 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - gebruik momentenwet: $F_z \cdot r_z = F_u \cdot r_u$ 1
 - $F_z \cdot 1,9 = 690 \cdot 7,7 \rightarrow F_z = 2796,3 \text{ N}$ 1
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow 2796,3 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 285 = 2,9 \cdot 10^2 \text{ kg}$ 1



- 3p **b** Wie van de twee heeft gelijk? Licht je antwoord toe.
- als de caravan is geladen wordt de zwaartekracht groter 1
 - het moment van de kracht op de trekhaak verandert niet en het moment van de zwaartekracht mag daarom ook niet veranderen 1
 - omdat F_z groter wordt moet de arm kleiner worden. De buurman heeft gelijk. 1

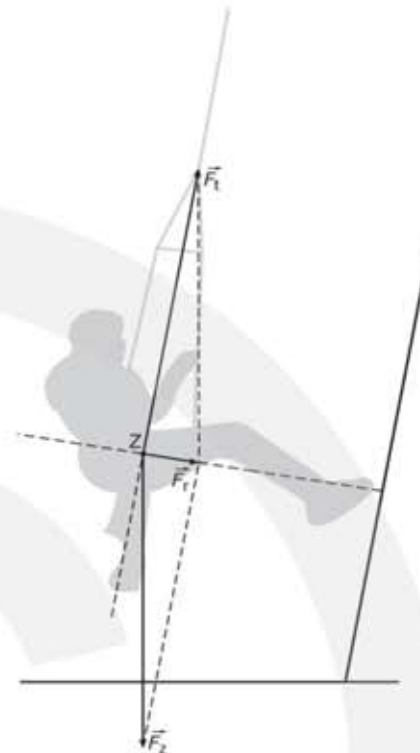
Patiëntenlift

- 2p **a** Bereken de gemiddelde snelheid waarmee de patiënt omhoog gaat.
- gebruik: $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ 1
 - $1,2 = v_{\text{gem}} \cdot 33 \rightarrow v_{\text{gem}} = 3,636 \cdot 10^{-2} = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ 1
- 4p **b** Bepaal met behulp van figuur 3 de grootte van kracht F .
- $r = 1,2 \text{ cm}$ en $r_z = 3,5 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 78 \cdot 9,81 = 765,18 \text{ N}$ 1
 - gebruik momentenwet: $F \cdot r = F_z \cdot r_z$ 1
 - $F \cdot 1,2 = 765,18 \cdot 3,5 \rightarrow F = 2,232 \cdot 10^3 = 2,2 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

Bewegen op de maan

- 3p **a** Bereken hoe hoog je dan komt.
- gebruik $v = a \cdot t$ met $a = g = 1,63 \text{ m/s}^2$ 1
 - $3 = 1,63 \cdot t \rightarrow t = 1,84 \text{ s}$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 1,5 \cdot 1,84 = 2,76 = 2,8 \text{ m}$ 1

- 4p **b** Construeer in figuur 2 de resultante van F_z en F_t en leg aan de hand van de grootte en richting van deze resultante uit dat de jongen als het ware op de maan springt.
- teken parallellogram van krachten 1
 - teken ΣF (afwijking maximaal 5 graden) 1
 - inzicht dat de resultante van F_z en F_t loodrecht op de wand gericht is 1
 - constatering dat ΣF ongeveer 6 keer zo klein is als F_z 1



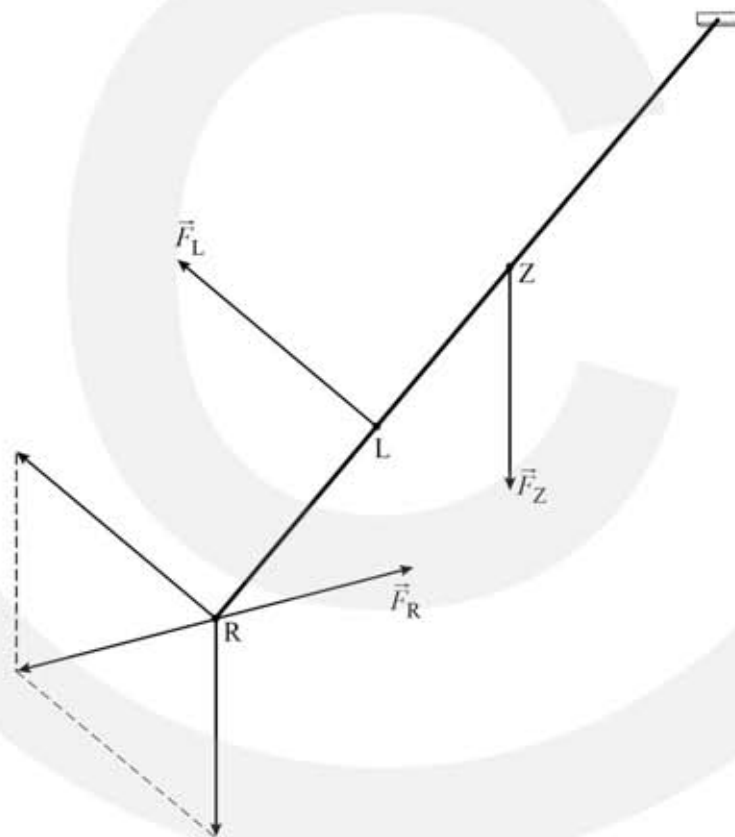
Auto te water

- 4p **a** Bepaal met behulp van de figuur 1 de (minimale) massa van de personenauto, inclusief het water in de personenauto.
- $r_p = 7,1 \text{ cm}$ en $r_t = 1,4 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - gebruik momentenwet: $F_p \cdot r_p = F_t \cdot r_t$ 1
 - $m_p \cdot g \cdot 7,1 = m_t \cdot g \cdot 1,4 \rightarrow m_p \cdot 7,1 = 7,9 \cdot 10^3 \cdot 1,4$ (g wegstrepen) 1
 - $m_p = 1,558 \cdot 10^3 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ kg}$ 1
- 2p **b** Leg uit waarom.
- inzicht dat het draaipunt wordt verplaatst naar de zijsteun bij de waterkant 1
 - hierdoor wordt de arm van de zwaartekracht op de takelwagen groter en de arm van de zwaartekracht op de personenauto kleiner 1

Wassteel (aangepast)

- 3p **a** Bereken de grootte van F_L .
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5,3 \cdot 9,81 = 52 \text{ N}$ 1
 - opmeten $F_z = 32 \text{ mm}$ en $F_L = 38 \text{ mm}$ (marge 1 mm) 1
 - $F_L = \frac{38}{32} \cdot 51,993 = 61,74 = 62 \text{ N}$ 1
- 2p **b** Teken op de uitwerkbijlage de armen van F_z en F_L .
- arm F_z goed 1
 - arm F_L goed 1

- 3p c Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat de som van de momenten ten opzichte van punt R nul is.
- opmeten: arm $F_Z = 44 \text{ mm}$; arm $F_L = 37 \text{ mm}$ (marge 1 mm) 1
 - gebruik: $F_Z \cdot r_Z = F_L \cdot r_L$ 1
 - $M_Z = 52 \cdot 44 = 2288$ en $M_L = 62 \cdot 37 = 2294 \rightarrow$ is vrijwel gelijk aan elkaar 1
- 3p d Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de kracht $\vec{F}_R$ van de rechterhand op de steel in punt R.
- inzicht: $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_L + \vec{F}_R + \vec{F}_Z = 0 \rightarrow \vec{F}_R = -\vec{F}_Z - \vec{F}_L = -(\vec{F}_Z + \vec{F}_L)$ 1
 - teken in punt R: $\vec{F}_Z + \vec{F}_L$ (parallellogram) 1
 - keer de richting om 1



Kracht en versnelling

Beweging op een hellend vlak

- 4p a Toon met behulp van de figuren op de bijlage aan dat voor het genoemde tijdstip het (v,t)-diagram van de computer klopt met het (x,t)-diagram. Pas daarvoor óf de raaklijnmethode óf de oppervlaktemethode toe.

METHODE 1

- teken lange raaklijn aan de (x, t)-grafiek (figuur 2) op $t = 1,5$ s 1
- $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{1,0 - 0}{2,5 - 0,35} = 0,465 \text{ m/s}$ 1
- aflezen figuur 3: op $t = 1,5$ s is de snelheid 0,46 m/s 1
- er is dus overeenstemming 1

METHODE 2

- bepaal de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek (figuur 3) op $t = 1,5$ s 1
- $\text{opp} = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,46 = 0,345 \text{ m}$ 1
- aflezen figuur 2: $\Delta x = 0,55 - 0,2 = 0,35 \text{ m}$ 1
- er is dus overeenstemming 1

- 2p b Leg uit dat hun conclusie juist is.
- de (v, t)-grafiek van figuur 3 is een rechte lijn 1
 - dit betekent at de versnelling constant is 1

- 3p c Bepaal de versnelling van het karretje.
- gebruik $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{0,77 - 0}{2,5 - 0} = 3,08 = 3,1 \text{ m/s}^2$ 2

- 3p d Ben je het met Pieter eens? Licht je antwoord toe.
- als de massa kleiner is is de component van de zwaartekracht langs de helling ook kleiner 1
 - de luchtweerstand blijft even groot 1
 - Pieter heeft dus gelijk 1

Fietsen

- 2p a Karakteriseer de beweging van de fiets in de delen B en D. Gebruik daarvoor de tabel.

	stilstand	constante snelheid	eenparig versneld	niet- eenparig versneld	eenparig vertraagd	niet- eenparig vertraagd
Deel A			X			
Deel B				X		
Deel C		X				
Deel D						X

- 4p **b** Bepaal de resulterende kracht die op de fiets werkt in deel A.
- gebruik $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
 - $a = \frac{4,5 - 0}{10 - 0} = 0,45 \text{ m/s}^2$ 1
 - gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - $\Sigma F = 72 \cdot 0,45 = 32,4 = 32 \text{ N}$ 1
- 4p **c** Bepaal de grootte van de wrijvingskracht die ze dan ondervindt.
- aflezen $v = 7,75 \text{ m/s}$ 1
 - $P = 150 \text{ W} \quad | \quad v = 7,75 \text{ m/s} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
 - $P = F \cdot v \rightarrow 150 = F \cdot 7,75 \rightarrow F = 19,355 = 19 \text{ N}$ 1
 - v is constant $\rightarrow \Sigma F = F - F_w = 0 \rightarrow F = F_w$ 1
 - $F_w = 19 \text{ N}$
- 4p **d** Bepaal de afstand die ze aflegt tijdens het uitrijden.
- oppervlakte onder de (v, t) -grafiek bepalen 1
 - tussen 70 en 160 s is de oppervlakte 25 grote hokjes 1
 - één hokje correspondeert met $1 \cdot 10 = 10 \text{ m}$ 1
 - afstand is $25 \cdot 10 = 250 = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1
- OOK GOED**
- oppervlakte onder de (v, t) -grafiek bepalen 1
 - teken horizontale lijn om v_{gem} te bepalen 1
 - bepaal $v_{\text{gem}} = 2,5 \text{ m/s}$ 1
 - $\Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t \rightarrow \Delta x = 2,5 \cdot (160 - 70) = 225 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1
- 4p **e** Beredeneer uit de vorm van deel D van de grafiek dat de luchtweerstand kleiner wordt als de snelheid afneemt.
- in deel D wordt de richtingscoëfficiënt van de (v, t) -grafiek kleiner als de snelheid afneemt 1
 - de vertraging wordt kleiner 1
 - a wordt kleiner $\rightarrow \Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F$ wordt ook kleiner 1
 - $\Sigma F = F_{w \text{ lucht}} + F_{w \text{ rol}}$ en $F_{w \text{ rol}}$ is constant $\rightarrow F_{w \text{ lucht}}$ wordt kleiner 1

Schaatsen

- 4p **a** Leid uit bovenstaande formule af wat de eenheid van de luchtwrijvingsconstante is in grondeenheden van het SI-stelsel. Gebruik daarbij de eenhedentabellen in Binas.
- SI eenheid voor kracht is $[F] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 1
 - $F_{w \text{ lucht}} = k \cdot v^2$ vul eenheden in 1
 - $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [k] \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ 1

- wegstrepen $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [\text{k}] \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow \text{kg} = [\text{k}] \cdot \text{m} \rightarrow [\text{k}] = \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ 1
- 3p **b** Laat zien hoe Eric de formule van P uit formule van $F_{\text{W lucht}}$ kan afleiden.
- $P = F \cdot v$ en $F_{\text{W lucht}} = k \cdot v^2$ 1
 - $P = k \cdot v^2 \cdot v \rightarrow P = k \cdot v^3$ 1
 - $k = 0,15 \rightarrow P = 0,15 \cdot v^3$ 1
- 5p **c** Toon aan dat deze schaatser met strips een tijdwinst heeft van 0,5 s per rondje.
- $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{400}{32} = 12,5 \text{ m/s}$ 1
 - $P = 0,15 \cdot v^3 \rightarrow P = 0,15 \cdot 12,5^3 = 292,97 \text{ W}$ 1
 - met strips $k = 0,95 \cdot 0,15 = 0,1425 \text{ kg/m}$ 1
 - $292,97 = 0,1425 \cdot v^3 \rightarrow v = 12,716 \text{ m/s}$ 1
 - $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow 12,716 = \frac{400}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 31,46 \text{ s}$ (dus 0,5 s per rondje) 1
- Nerobergbahn**
- 3p **a** Bereken hoeveel liter water in wagon A is gepompt.
- de totale massa van wagon A is gelijk aan de totale massa van wagon B 1
 - massa water = massa 15 personen = $15 \cdot 60 = 900 \text{ kg}$ 1
 - $\frac{900}{0,9982} = 901,6 = 9,0 \cdot 10^2 \text{ liter}$ 1
- 3p **b** Bereken met deze gegevens de totale massa van de twee wagons, inclusief het water en de passagiers.
- $\Sigma F = F_A - F_B = 23,5 \cdot 10^3 - 19,5 \cdot 10^3 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
 - gebruik: $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - $4000 = m \cdot 0,17 \rightarrow m = 2,353 \cdot 10^4 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ kg}$ 1
- 3p **c** Bereken de grootte van F_K .
- inzicht: $\Sigma F = F_K - F_B$ 1
 - $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 10,5 \cdot 10^3 \cdot 0,17 = 1785 \text{ N}$ 1
 - $1785 = F_K - 19,5 \cdot 10^3 \rightarrow F_K = 2,1285 \cdot 10^4 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ 1
- 3p **d** Bereken de gemiddelde snelheid, in km/h, van een wagon tijdens de rit.
- gebruik: $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ 1
 - $t = 3,5 \cdot 60 = 210 \text{ s}$ 1
 - $438 = v_{\text{gem}} \cdot 210 \rightarrow v_{\text{gem}} = 2,0857 \text{ m/s} = 7,5 \text{ km/h}$ 1

4p e Bereken de energie die de pomp per seconde moet leveren bij het terugpompen van het water.

- gebruik: $E_z = m \cdot g \cdot h$ met $h = 83 \text{ m}$

- $m = 60 \cdot 998,2 = 5,9892 \cdot 10^4 \text{ kg}$

- $E_z = 5,9892 \cdot 10^4 \cdot 9,81 \cdot 83 = 4,8766 \cdot 10^7 \text{ J}$

- per seconde: $E_z = \frac{4,8766 \cdot 10^7}{60 \cdot 60} = 1,3546 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^4 \text{ J}$

Superbus

4p a Bepaal met behulp van de figuur 2 de optrekafstand van de Superbus.

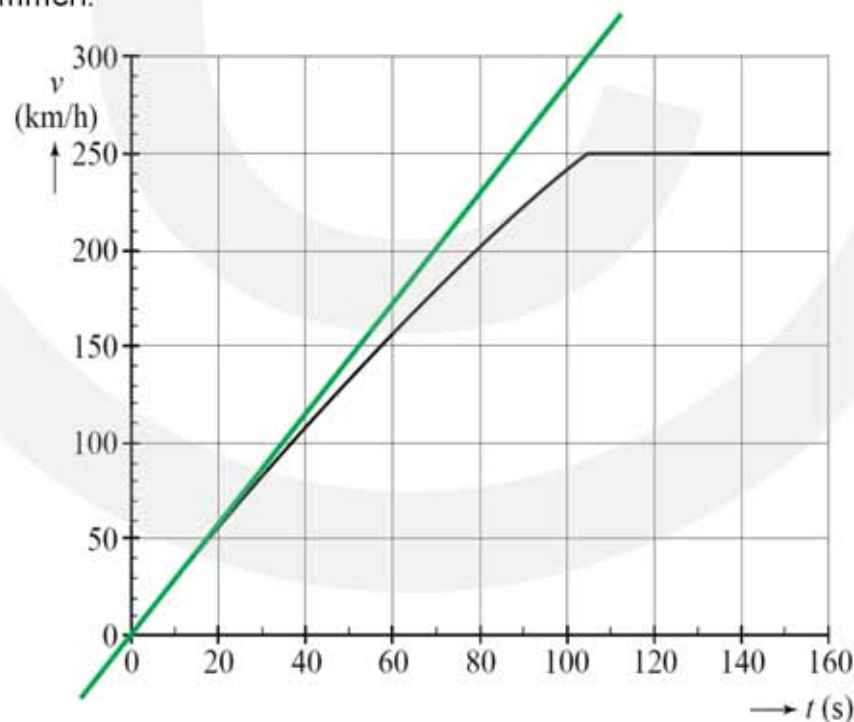
- optrekafstand is oppervlakte onder de (v, t) -grafiek tussen $t = 0$ en $t = 105 \text{ s}$

- aantal hokjes onder de grafiek is 14

- één hokje correspondeert met $20 \cdot \frac{50}{3,6} = 277,78 \text{ m}$

- optrekafstand is $s = 14 \cdot 277,78 = 3888,9 = 3,9 \cdot 10^3 \text{ m}$

4p b Laat met behulp van de figuur 2 zien dat beide waarden van F_{res} met elkaar overeenstemmen.



- bepaal de versnelling op $t=0 \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{300 / 3,6}{104} = 0,8013 \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 8,1 \cdot 10^3 \cdot 0,8013 = 6490 = 6,5 \cdot 10^3 \text{ N}$

- dit klopt met de F_{res} in het (F, t) -diagram van figuur 3 op $t=0$

- 3p c Leg uit hoe uit figuur 3 blijkt dat $F_{W\text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W\text{ rol}} - F_{W\text{ lucht}}$ en op $t = 0$ $F_{W\text{ lucht}} = 0$ (want $v = 0$) 1
 - $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W\text{ rol}} \rightarrow F_{W\text{ rol}} = F_{\text{motor}} - \Sigma F$ 1
 - aflezen in figuur 3: $F_{W\text{ rol}} = 7,8 \cdot 10^3 - 6,5 \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
- 3p d Bepaal het vermogen dat de motor dan levert.
- gebruik $P = F \cdot v$ 1
 - aflezen $F_{\text{motor}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$ en $v = \frac{250}{3,6} = 69,444 \text{ m/s}$ 1
 - $P = 4,8 \cdot 10^3 \cdot 69,444 = 3,333 \cdot 10^5 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ W}$
- 4p e Bepaal de luchtweerstandscoefficiënt van de Superbus.
- $v = \text{constant}$: $\Sigma F = 0$
 - $F_{\text{motor}} - F_{W\text{ rol}} - F_{W\text{ lucht}} = 0 \rightarrow F_{W\text{ lucht}} = 4,8 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^3 = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
 - aflezen $F_{\text{motor}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$ en $v = \frac{250}{3,6} = 69,444 \text{ m/s}$ 1
 - $A = 2,50 \cdot 1,70 = 4,25 \text{ m}^2$ 1
 - $F_{W\text{ lucht}} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N} \mid \rho = 1,2 \text{ kg/m}^3 \mid A = 4,25 \text{ m}^2 \mid v = 69,444 \text{ m/s}$
 - $F_{W\text{ lucht}} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \rightarrow 3,5 \cdot 10^3 = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot 1,2 \cdot 4,25 \cdot 69,444^2 \rightarrow c_w = 0,28$ 1

Tower of Terror

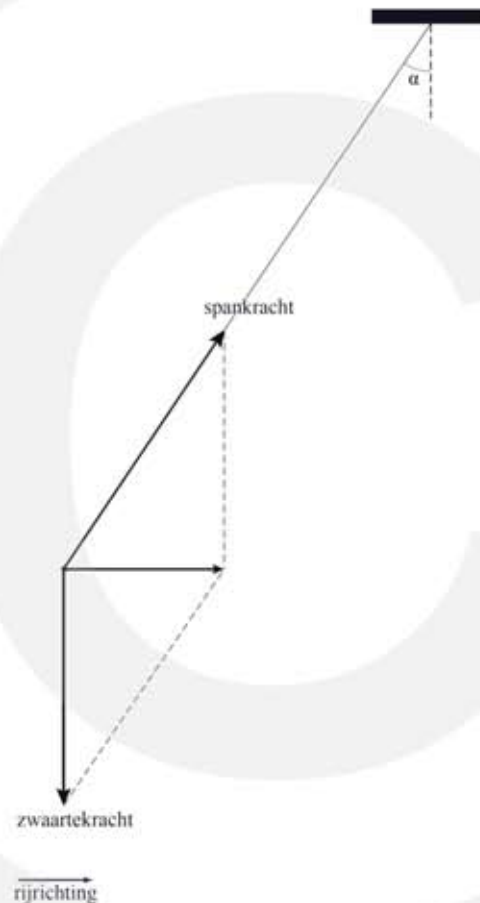
- 4p a Bepaal de (horizontale) kracht die de elektromagneten tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 7,0 \text{ s}$ op de kar uitoefenen.
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{46 - 0}{7 - 0} = 6,5714 \text{ m/s}^2$ 1
 - gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - $\Sigma F = 6,2 \cdot 10^3 \cdot 6,5714 = 4,0743 \cdot 10^3 = 4,1 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
- 3p b Bepaal de afstand die de kar aflegt tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 10 \text{ s}$.
- afstand is de oppervlakte onder de (v, t) -grafiek 1
 - oppervlakte $= \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 46 + 3 \cdot 46 = 161 + 138$ 1
 - $s = 299 = 3,0 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1
- 3p c Bepaal de verticale afstand tussen het hoogste punt D en het horizontale gedeelte van de baan.
- vertraging in verticale richting is $9,81 \text{ m/s}^2$ 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow 9,81 = \frac{46}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 4,689 \text{ s}$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 23 \cdot 4,689 = 107,85 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1
 - LET OP: de berekende tijd komt niet overeen met de figuur omdat tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 11 \text{ s}$ de kar ook nog een horizontale snelheid heeft

3p **d** Welke kracht/krachten werkt/werken er op de kar:

- op het traject van C naar D,
- in punt D,
- op het traject van D naar C?
- op het traject van C naar D werkt de **zwaartekracht**
- in punt D werkt de **zwaartekracht**
- op het traject van D naar C werkt de **zwaartekracht**

1
1
1

5p **e** Bepaal met behulp van figuur 4 de versnelling van de kar. Construeer daartoe eerst de resulterende kracht die op het ringetje werkt.



- teken parallellogram en teken de resulterende kracht ΣF 1
 - meet de lengte van de FZ krachtpijl en van de ΣF en gebruik verhoudingstabel 1
- | | | |
|----|--------------|------------|
| N | 0,002 · 9,81 | ΣF |
| mm | 45 | 30 |
- kruislings vermenigvuldigen: $0,01962 \cdot 30 = 45 \cdot \Sigma F \rightarrow \Sigma F = 0,01308 \text{ N}$ 1
 - gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - gebruik $0,01308 = 0,002 \cdot a \rightarrow a = 6,54 = 6,5 \text{ m/s}^2$ (marge 0,5 m/s²) 1

2p **f** In welke afbeelding is de plaats van het bolletje tijdens het versnellen goed weergegeven? Beantwoord deze vraag voor zowel John als Dave.

- John: afbeelding 1c is goed
- Dave: afbeelding 2b is goed

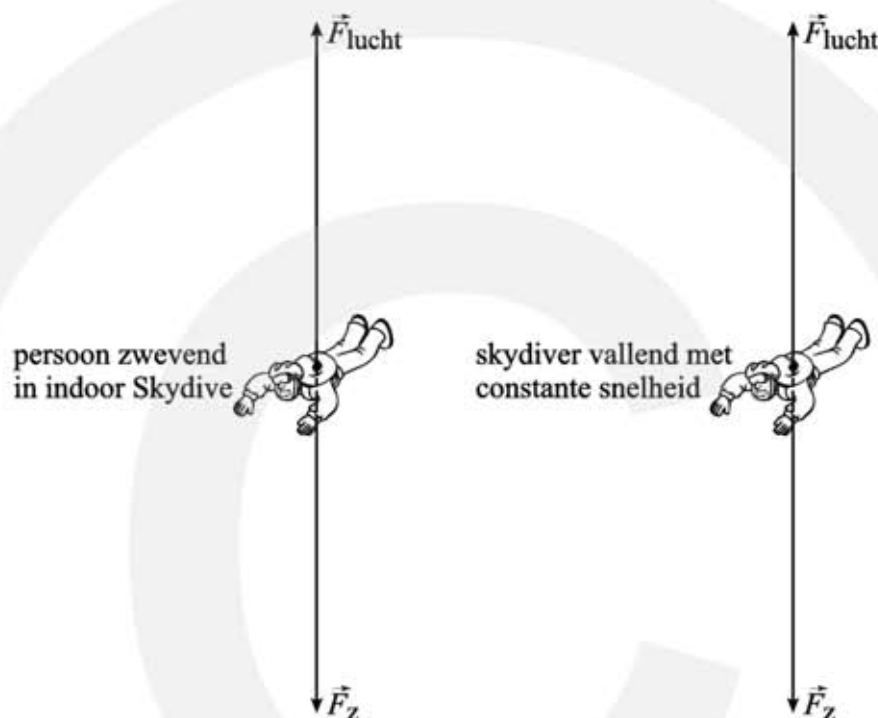
Vooruitgang

- 4p **a** Bepaal hoeveel meter het schip in de eerste 150 s heeft afgelegd.
- afstand is de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek 1
 - 145 hokjes 1
 - één hokje correspondeert met $\frac{0,2}{3,6} \cdot 10 = 0,5555 \text{ m}$ 1
 - $s = 145 \cdot 0,5555 = 80,56 = 81 \text{ m}$ (marge 5 m) 1
- OOK GOED**
- afstand is de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek 1
 - schat v_{gem} door horizontale lijn te tekenen met gelijke oppervlakken 1
 - $v_{\text{gem}} = 1,95 \text{ km/h} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{1,95}{3,6} = 0,5417 \text{ m/s}$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 0,5417 \cdot 150 = 81,25 = 81 \text{ m}$ (marge 5 m) 1
- 4p **b** Bepaal de grootte van de resulterende kracht op het schip gedurende de eerste 30 s.
- aflezen bij $t = 30 \text{ s}$: $v = 0,94 \text{ km/h}$ (marge 0,04 km/h) 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{0,94 / 3,6}{30} = 0,0087037 \text{ m/s}^2$ 1
 - gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - $\Sigma F = 50 \cdot 10^3 \cdot 0,0087037 = 435,185 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 1p **c** Hoe groot is dan de resulterende kracht op het schip?
- $v = \text{constant} \rightarrow \Sigma F = 0$
- 2p **d** Leg uit of de grootte van F_A kleiner, gelijk, of groter is dan de grootte van F_B .
- de derde wet van Newton luidt: $F_{A \rightarrow B} = -F_{B \rightarrow A}$ 1
 - F_B is even groot (maar tegengesteld gericht) aan F_A 1
- 3p **e** Bepaal met behulp van de uitwerkbijlage hoeveel uur deze reis duurt.
- Arnhem – Nijmegen is 11 mm op de kaart en Gouda – Leiden $6,5 + 11 = 17,5 \text{ mm}$
 - verhoudingstabel
- | afstand (km) | 20 | afstand |
|--------------|----|---------|
| mm op kaart | 11 | 17,5 |
- kruislings vermenigvuldigen: $20 \cdot 17,5 = 11 \cdot s \rightarrow s = 31,82 = 32 \text{ km}$ 1
 - gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ met $v_{\text{gem}} = 2,9 \text{ m/s}$ 1
 - $32,82 = 2,9 \cdot t \rightarrow t = 10,97 = 11 \text{ uur}$ 1

Skydiven (aangepast)

- 3p **a** Leg uit waarom bij het skydiven de snelheid na enige tijd constant wordt.
- bij het vallen wordt de snelheid en dus ook de luchtweerstand steeds groter 1
 - $\Sigma F = F_Z - F_{W \text{ lucht}}$ als $F_{W \text{ lucht}} = F_Z \rightarrow \Sigma F = 0 \rightarrow a = 0$ 1
 - als $a = 0$ blijft de snelheid constant 1

- 2p **b** Bereken hoeveel m^3 lucht er per seconde door de windtunnel wordt geblazen.
- per seconde gaat er 55 keer het oppervlakte windvolume door de tunnel 1
 - $\text{volume} = 55 \cdot 14,5 = 797,5 = 8,0 \cdot 10^2 \text{ m}^3$ 1
- 2p **c** Teken in figuur 3 de vector van de luchtweerstand voor deze situatie. Let daarbij op de richting en de lengte van de vector. Licht je tekening toe.



- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$ 1
 - $F_{\text{lucht}} = F_z$ (tegengestelde richting) 1
- 3p **d** Bereken de grootte van deze resulterende kracht.
- zwevende toestand: $F_{W \text{ lucht}} = F_z = m \cdot g = 82 \cdot 9,81 = 804,42 \text{ N}$ 1
 - $F_{W \text{ lucht}}$ is recht evenredig met A dus $F_{W \text{ lucht}}$ wordt ook 10% groter 1
 - 10% van 804,42 is 80,442 N $\rightarrow \Sigma F = 80 \text{ N}$ 1