

3 Kracht

havo

3.1 Wat is 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 de 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 grootte 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) $\rightarrow 7,4 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|---|-------|
| newton | 5 | F_1 |
| centimeter | 2 | 7,4 |
- kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 7,4 = 2 \cdot F_1$
- $$F_1 = \frac{5 \cdot 7,4}{2} \rightarrow F_1 = 18,5 \text{ N}$$
- b Bereken de grootte van F_2 .
- meet met liniaal: ℓ_2 (lengte van krachtpijl) $\rightarrow 9,3 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|---|-------|
| newton | 5 | F_2 |
| centimeter | 2 | 9,3 |
- kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 9,3 = 2 \cdot F_2$

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

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 $\frac{F_2}{\ell_2} = \frac{15}{9,0} = 1,667$
- $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1,7 \text{ N}$

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

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?

- F_{res}

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 $\rightarrow F_{\text{res}} = 15 + 12 = 27 \text{ N}$

e Bereken de grootte van de resulterende kracht.

- tegenovergestelde richting: krachten van elkaar aftrekken $\rightarrow F_{\text{res}} = 15 - 12 = 3 \text{ N}$

2**

a Met hoeveel kracht trekt Jan (groene broek)?

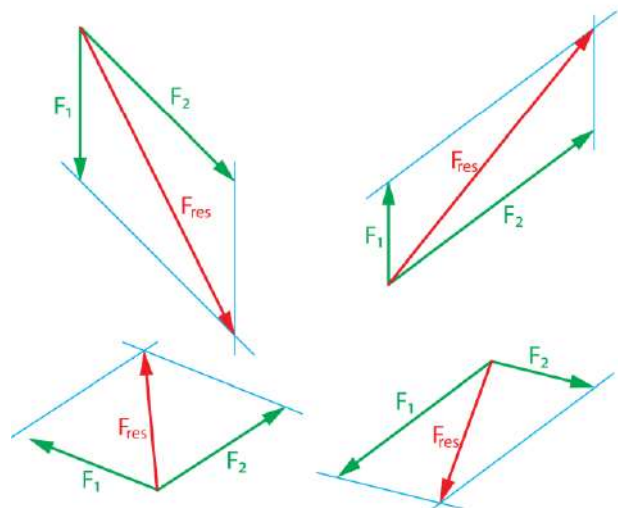
- $F_{\text{res}} = 0 \text{ N} \mid F_{\text{Tim}} = 480 \text{ N} \mid F_{\text{Tom}} = 620 \text{ N} \mid F_{\text{Jim}} = 540 \text{ N} \mid F_{\text{Jan}} = \dots \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{\text{Tim}} + F_{\text{Tom}} - F_{\text{Jim}} - F_{\text{Jan}}$
- $0 = 480 + 620 - 540 - F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Jan}} = 560 \text{ N}$

b Wat gebeurt er als Jan het touw loslaat?

- Tim en Tom oefenen meer kracht uit dan Jim
- Tim en Tom vallen naar achteren

3***

a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht F_{res} .



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

newton	50	F_2
centimeter	2,9	7,2
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 7,2 = 2,9 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{50 \cdot 7,2}{2,9} \rightarrow F_2 = 124 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$

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 F_{res} .

LINKSBOVEN

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

newton	50	F_{res}
centimeter	4,4	9,7
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 9,7 = 4,4 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{50 \cdot 9,7}{4,4} \rightarrow F_{\text{res}} = 110 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

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

- verhoudingstabel:

newton	50	F_{res}
centimeter	2,9	9,3
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 9,3 = 2,9 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{50 \cdot 9,3}{2,9} \rightarrow F_{\text{res}} = 160 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 3,9 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 3,8 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	50	F_{res}
centimeter	3,9	3,8
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 3,8 = 3,9 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{50 \cdot 3,8}{3,9} \rightarrow F_{\text{res}} = 49 \text{ N}$

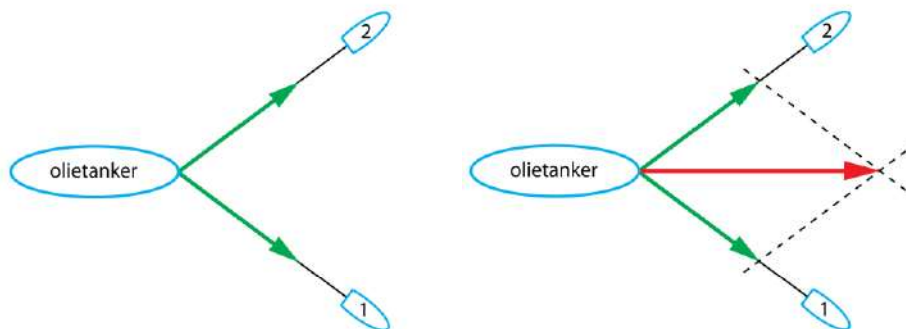
RECHTSONDER

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

newton	50	F_{res}
centimeter	5,4	4,2
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 4,2 = 5,4 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{50 \cdot 4,2}{5,4} \rightarrow F_{\text{res}} = 39 \text{ N}$

4***

- a** Teken de krachtpijl van sleepboot 2.
- opmeten lengte krachtpijl $F_1 = 3,5 \text{ cm}$
 - 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: $\ell_1 = 3,5 \text{ cm}$ | opmeten lengte F_{res} pijl: $\ell = 5,6 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:

newton	35000	F_{res}
centimeter	3,5	5,6
 - kruislings vermenigvuldigen: $35000 \cdot 5,6 = 3,5 \cdot F_{\text{res}}$

- $F_{\text{res}} = \frac{35000 \cdot 5,6}{3,5} \rightarrow F_{\text{res}} = 56000 \text{ N} = 5,6 \cdot 10^4 \text{ N}$

d Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

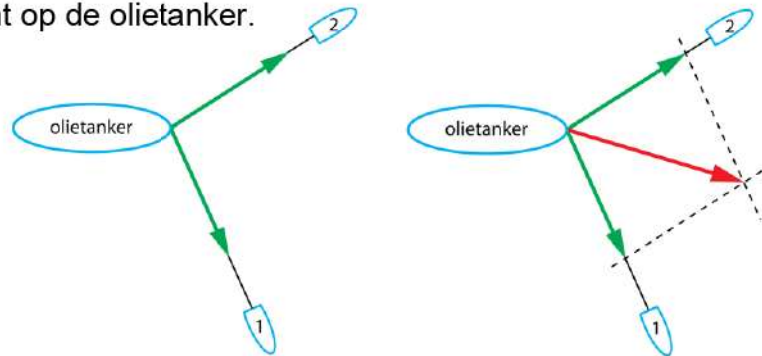
- de tanker gaat varen in de richting van F_{res}

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 F_{res} pijl: $\ell_{\text{res}} = 4,6 \text{ cm}$

• verhoudingstabel:

newton	35000	F_{res}
centimeter	3,5	4,6

- kruislings vermenigvuldigen: $35000 \cdot 4,6 = 3,5 \cdot F_{\text{res}}$

- $F_{\text{res}} = \frac{35000 \cdot 4,6}{3,5} \rightarrow F_{\text{res}} = 46000 \text{ N} = 4,6 \cdot 10^4 \text{ N}$

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

5***

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
- Jikke heeft gelijk, want de hoek tussen de twee krachten is groter dan 90 graden

b Bepaal de resulterende kracht op het containerschip.

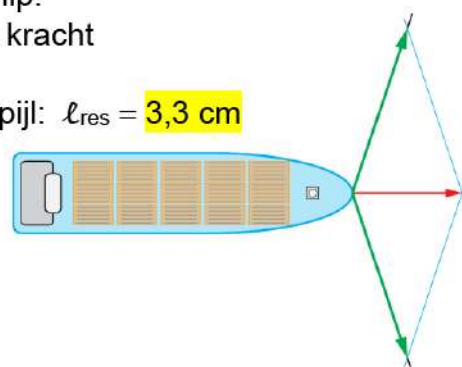
- teken het parallellogram en teken de resulterende kracht
- meet de lengte van de krachtpijl in de kabel

- opmeten: $\ell_1 = 5,1 \text{ cm}$ | opmeten lengte F_{res} pijl: $\ell_{\text{res}} = 3,3 \text{ cm}$

• verhoudingstabel:

newton	50000	F_{res}
centimeter	5,1	3,3

- kruislings vermenigvuldigen: $50000 \cdot 3,3 = 5,1 \cdot F_{\text{res}}$



- $F_{\text{res}} = \frac{50000 \cdot 3,3}{5,1} \rightarrow F_{\text{res}} = 32353 \text{ N} = 3,2 \cdot 10^4 \text{ N}$

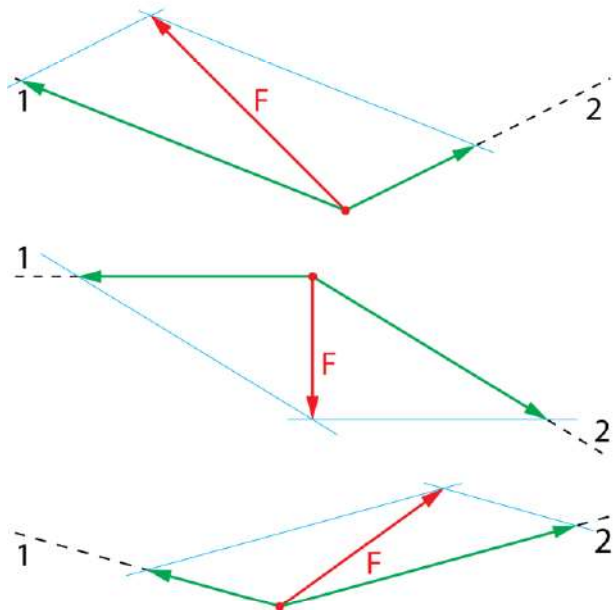
6***

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

Krachten splitsen

7**

- a** Splits steeds kracht F in twee krachten F_1 en F_2 langs de gegeven werklijnen.



- b** Bepaal de grootte van F_1 en 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: $9,4 \cdot 300 = 7,4 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 381,08 = 3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$
- kruislings vermenigvuldigen: $3,8 \cdot 300 = 7,4 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 154,054 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$

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: $6,2 \cdot 300 = 3,8 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 489,47 = 4,9 \cdot 10^2 \text{ N}$
- kruislings vermenigvuldigen: $7,3 \cdot 300 = 3,8 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 576,32 = 5,8 \cdot 10^2 \text{ N}$

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: $3,7 \cdot 300 = 5,4 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 205,56 = 2,1 \cdot 10^2 \text{ N}$
- kruislings vermenigvuldigen: $8,2 \cdot 300 = 5,4 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 455,56 = 4,6 \cdot 10^2 \text{ N}$

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 $\rightarrow$

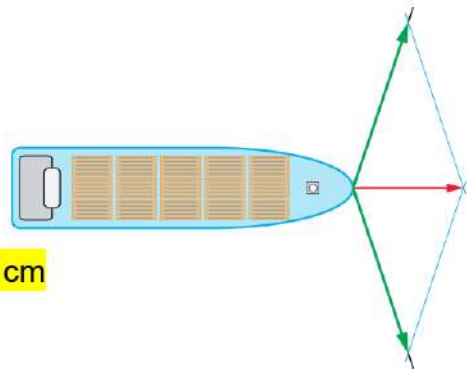
$$\ell_{\text{schip}} = 2,9 \text{ cm}$$

- opmeten lengte van de spankracht $\rightarrow \ell_{\text{span}} = 4,65 \text{ cm}$

- verhoudingstabel

kN	5,0	F_{span}
cm	2,9	4,65

- kruislings vermenigvuldigen $5,0 \cdot 4,65 = 2,9 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 8,0 \text{ kN}$



- 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

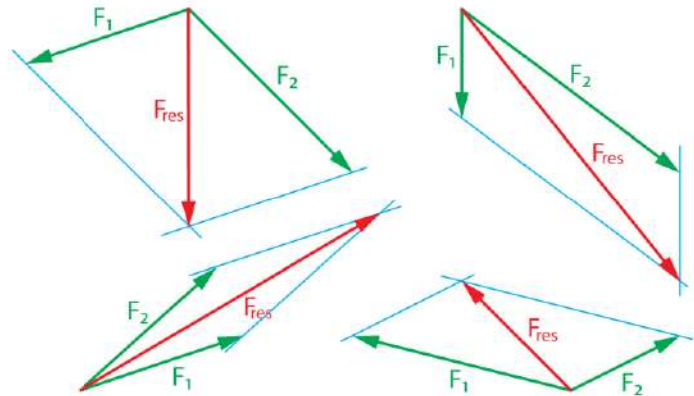
$F_{\text{schip}} \text{ (kN)}$	5,0 kN	x
$F_{\text{span}} \text{ (kN)}$	8,0 kN	12 kN

- kruislings vermenigvuldigen $5 \cdot 12 = 8 \cdot x \rightarrow x = 7,5$
- F_{res} op schip mag maximaal 7,5 kN zijn

HERHALING

1***

- a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht F_{res} .



- b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

LINKSBOVEN

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

newton	175	F_2
centimeter	4,2	5,6
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 5,6 = 4,2 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 5,6}{4,2} \rightarrow F_2 = 233,33 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

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

newton	175	F_2
centimeter	2,6	6,6
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 6,6 = 2,6 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 6,6}{2,6} \rightarrow F_2 = 444,23 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 4,1 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 4,4 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_2
centimeter	4,1	4,4
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 4,4 = 4,1 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 4,4}{4,1} \rightarrow F_2 = 187,8 = 1,9 \cdot 10^2 \text{ N}$

RECHTSONDER

- opmeten $\ell_1 = 5,5 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 2,9 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_2
centimeter	5,5	2,9
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 2,9 = 5,5 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 2,9}{5,5} \rightarrow F_2 = 92,27 = 92 \text{ N}$

c Bepaal voor alle vier gevallen F_{res} .

LINKSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 4,2 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 5,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_{res}
centimeter	4,2	5,3
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 5,3 = 4,2 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{175 \cdot 5,3}{4,2} \rightarrow F_{\text{res}} = 220,83 = 2,2 \cdot 10^2 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 2,6 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 8,5 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_{res}
centimeter	2,6	8,5
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 8,5 = 2,6 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{175 \cdot 8,5}{2,6} \rightarrow F_{\text{res}} = 572,12 = 5,7 \cdot 10^2 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 4,1 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 8,4 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_{res}
centimeter	4,1	8,4
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 8,4 = 4,1 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{175 \cdot 8,4}{4,1} \rightarrow F_{\text{res}} = 358,54 = 3,6 \cdot 10^2 \text{ N}$

RECHTSONDER

- opmeten $\ell_1 = 5,5 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 3,8 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

newton	175	F_{res}
centimeter	5,5	3,8
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 3,8 = 5,5 \cdot F_{\text{res}}$
- $F_{\text{res}} = \frac{175 \cdot 3,8}{5,5} \rightarrow F_{\text{res}} = 120,9 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$

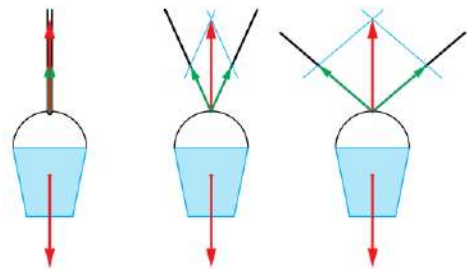
3.3 Krachten in evenwicht

- 1***
- a** Leg uit wanneer krachten op een voorwerp met elkaar in evenwicht zijn.
- krachten zijn met elkaar in evenwicht als de som van de krachten nul is
 - $F_{\text{res}} = 0$
 - bij het optellen moet je rekening houden met de richting
- b** Leg uit waaraan je kunt zien dat krachten op een voorwerp in evenwicht zijn.
- als krachten in evenwicht zijn gaat het voorwerp niet versnellen of vertragen
 - het voorwerp staat stil of het heeft een constante snelheid in een rechte lijn
- c** 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 $\rightarrow \ell_z = 3,3 \text{ cm}$
- opmeten lengte van de spankracht $\ell_{\text{span}} = 1,8 \text{ cm}$
- verhoudingstabel

N	100	F_{span}
cm	3,3	1,8

- kruislings vermenigvuldigen $100 \cdot 1,8 = 3,3 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 54,5454 = 55 \text{ N}$

- c** Bepaal de spankracht in het touw voor situatie C.

- opmeten lengte van de krachtpijl F_z op de emmer $\rightarrow \ell_z = 3,3 \text{ mm}$
- opmeten lengte van de spankracht $\ell_{\text{span}} = 2,2 \text{ mm}$
- verhoudingstabel

N	100	F_{span}
cm	3,3	2,2

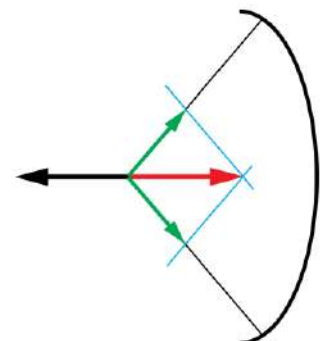
- kruislings vermenigvuldigen $100 \cdot 2,2 = 3,3 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 66,67 = 67 \text{ N}$

- 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 $F_{\text{span}} = 2,6 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel
- | N | 165 | F_s |
|----|-----|-------|
| cm | 3,3 | 2,6 |
- kruislings vermenigvuldigen $165 \cdot 2,6 = 3,3 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 130 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ N}$

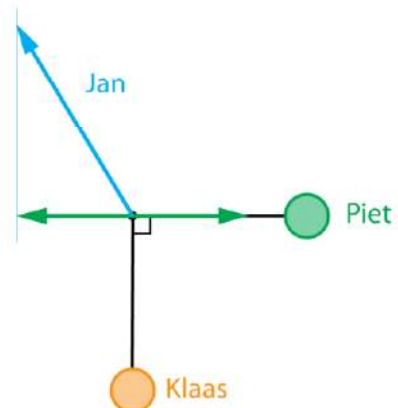
4***

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

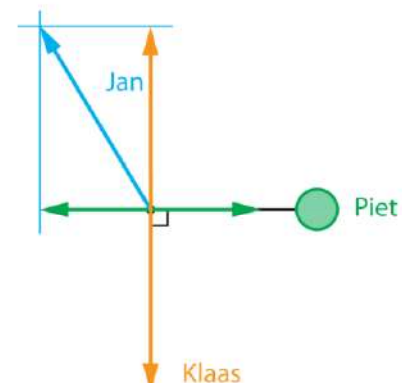
b Bepaal hoe hard Jan trekt.

- klap kracht van Piet om
 - teken de kracht van Jan
 - opmeten lengte van krachtpijl Piet $\rightarrow \ell_{\text{Piet}} = 3,4 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl Jan $\rightarrow \ell_{\text{Jan}} = 6,8 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel
- | N | 250 | F_{Jan} |
|----|-----|------------------|
| cm | 3,4 | 6,8 |
- kruislings vermenigvuldigen $250 \cdot 6,8 = 3,4 \cdot F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Jan}} = 500 = 5,0 \cdot 10^2 \text{ N}$



c Bepaal hoe hard Klaas trekt.

- teken de omgekeerde kracht van Klaas
 - klap de kracht van Klaas om
 - opmeten lengte van krachtpijl Piet $\rightarrow \ell_{\text{Piet}} = 3,4 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl Klaas $\rightarrow \ell_{\text{Klaas}} = 5,9 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel
- | N | 250 | F_{Klaas} |
|----|-----|--------------------|
| cm | 3,4 | 5,9 |
- kruislings vermenigvuldigen $250 \cdot 5,9 = 3,4 \cdot F_{\text{Klaas}} \rightarrow F_{\text{Klaas}} = 433,82 = 4,3 \cdot 10^2 \text{ N}$



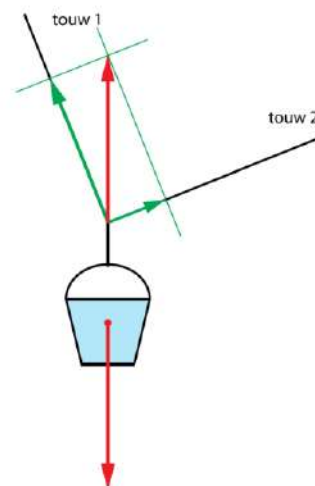
5***

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 $F_Z \rightarrow \ell_Z = 4,5 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl $F_1 \rightarrow \ell_1 = 4,2 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel
- | | | |
|----|-----|-------|
| N | 140 | F_1 |
| cm | 4,5 | 4,2 |
- kruislings vermenigvuldigen
- $$140 \cdot 4,2 = 4,5 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 131 = 1,3 \cdot 10^2 \text{ N}$$



c Bepaal de spankracht in touw 2.

- opmeten lengte van krachtpijl $F_Z \rightarrow \ell_Z = 4,5 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl $F_2 \rightarrow \ell_2 = 1,6 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel
- | | | |
|----|-----|-------|
| N | 140 | F_1 |
| cm | 4,5 | 1,6 |
- kruislings vermenigvuldigen $140 \cdot 1,6 = 4,5 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 49,77 = 50 \text{ N}$

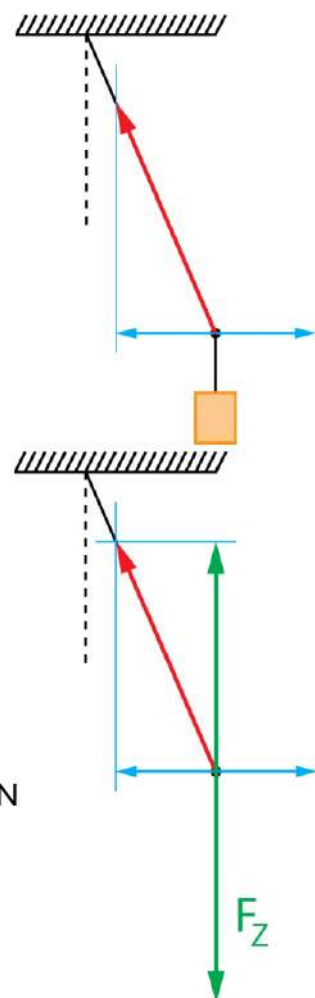
6***

a Bepaal de spankracht in het touw.

- kies een handige krachtschaal en teken de kracht van de krachtmeter
 - opmeten lengte van krachtpijl $F_{\text{trek}} \rightarrow \ell_{\text{trek}} = 2,0 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl $F_{\text{span}} \rightarrow \ell_{\text{span}} = 5,0 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel
- | | | |
|----|-----|-------------------|
| N | 40 | F_{span} |
| cm | 2,0 | 5,0 |
- kruislings vermenigvuldigen
- $$5,0 \cdot 40 = 2,0 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 100 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ N}$$

b Bepaal de zwaartekracht.

- teken parallellogram met F_S als diagonaal
 - teken de verticale component van F_{Sy}
 - opmeten lengte van krachtpijl $F_S \rightarrow \ell_S = 5,0 \text{ cm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl $F_{Sy} \rightarrow \ell_{Sy} = 4,6 \text{ cm}$
 - 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***

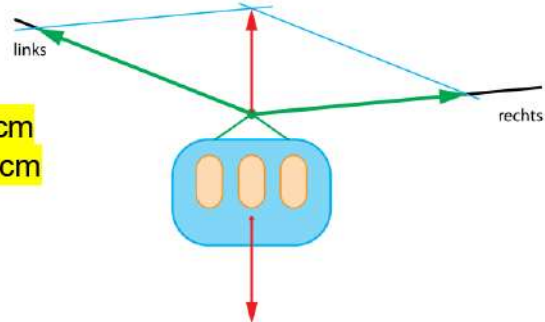
- a Bereken welke van de twee spankrachten F_{links} of F_{rechts} het grootst is.
- de zwaartekracht werkt meer in de richting van de linkerkabel dan in de richting van de rechterkabel
 - de spankracht in de linkerkabel is groter dan de spankracht in de rechterkabel

- 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 $F_Z \rightarrow \ell_Z = 3,2 \text{ cm}$
- opmeten lengte van krachtpijl $F_L \rightarrow \ell_L = 7,4 \text{ cm}$
- verhoudingstabel

N		$2,5 \cdot 10^4$		F_L
cm		3,2		7,4

- kruislings vermenigvuldigen
 $2,5 \cdot 10^4 \cdot 7,4 = 3,2 \cdot F_L \rightarrow F_L = 5,8 \cdot 10^4 \text{ N}$



- c Bepaal de spankracht in de rechter kabel.

- opmeten lengte van krachtpijl $F_R \rightarrow \ell_R = 6,6 \text{ cm}$
- verhoudingstabel

N		$2,5 \cdot 10^4$		F_R
cm		3,2		6,6

- kruislings vermenigvuldigen $2,5 \cdot 10^4 \cdot 6,6 = 3,2 \cdot F_R \rightarrow F_R = 5,2 \cdot 10^4 \text{ N}$

8***

- 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.

- $F_{\text{res}} = F_Z + F_{\text{span}} - F_{\text{opwaarts}} = 0 \rightarrow F_{\text{opwaarts}} = F_Z + F_{\text{span}}$
- $0,64 = 0,40 + F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 0,24 \text{ N}$

3.4 Zwaartekracht, gewicht en normaalkracht

1**

- 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.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 54 \cdot 9,81 = 529,74 = 5,3 \cdot 10^2 \text{ N}$
- 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

2**

- a Hoe groot is de resulterende kracht op het boek?
- het boek is niet aan het versnellen of vertragen $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$
- 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 tegengestelde 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 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

3***

- a Hoe groot is de massa van deze steen op aarde?
- op aarde is de massa ook 5,0 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?

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 = 49 \text{ N}$

4***

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 $\frac{9,81}{3,7} = 2,651 = 2,7$ keer kleiner

- de weegschaal geeft $\frac{54}{2,651} = 20,37 = 20 \text{ kg}$ 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 $54 \cdot 2,538 = 137 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ kg}$ aan
Jupiter bestaat enkel uit gas, zodat je er niet op kunt staan.

5**

a Teken de zwaartekracht op de kar. Krachtenschaal $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 50 \text{ N}$.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 25 \cdot 9,81 = 245,25 = 245 \text{ N}$

- 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 $\frac{61,3}{50} = 1,2 \text{ cm}$ omhoog

6*

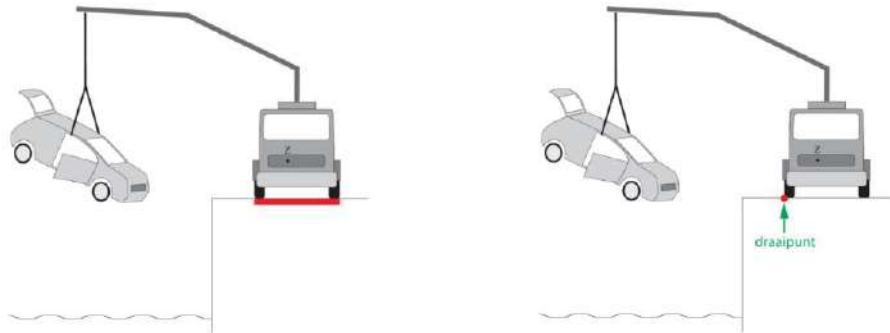
a Teken het steunvlak van de kar.

b Teken het steunvlak van de kar op de helling.



7**

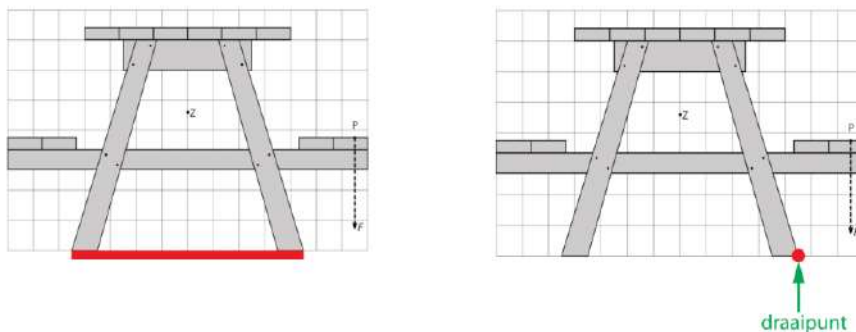
- a** Teken het steunvlak van de takelwagen.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de takelwagen gaat draaien.
- het draaipunt is bij het wiel dat langs de kade staat



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

8**

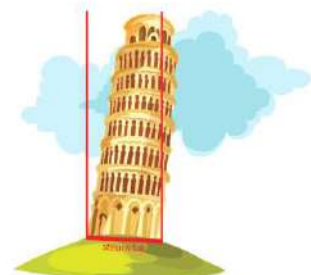
- a** Teken het steunvlak van de picknicktafel.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de picknicktafel gaat draaien.
- het draaipunt is aan de buitenkant van de rechterpoot



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

9***

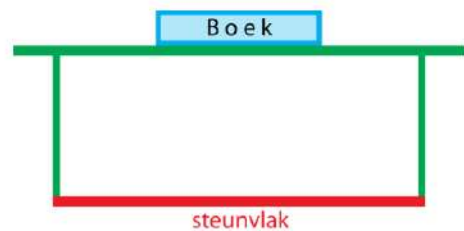
- a** Teken het steunvlak.
- rode lijn
- b** Geef het gebied aan waarin zich het zwaartepunt moet bevinden.
- tussen de rode lijnen



- c** Leg uit wanneer dit gevaarlijk is.
- als er veel toeristen bovenaan staan zodat het zwaartepunt buiten de rode lijnen komt

10***

- 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.



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

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

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

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?

- $C = 54 \text{ N/m}$ | $u = 7 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$ | $F = \dots \text{ N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 54 \cdot 0,07 = 3,78 = 4 \text{ N}$

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.

- $F = 30 \text{ N}$ | $u = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$ | $C = \dots \text{ N/m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 30 = C \cdot 0,12 \rightarrow C = 250 = 2,5 \cdot 10^2 \text{ N/m}$

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 Bepaal de veerconstante.

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

- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{0,14715}{0,054} = 2,725 = 2,7 \text{ N/m}$

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

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

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.

- $C = 25 \text{ N/m} \mid u = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m} \mid F = \dots \text{N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 25 \cdot 0,015 = 0,375 = 0,38 \text{ N}$

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

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

9**

a Bepaal de veerconstante.

- aflezen: $F = 50 \text{ N} \rightarrow u = 35 - 10 = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{50}{0,25} = 200 = 2,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$

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

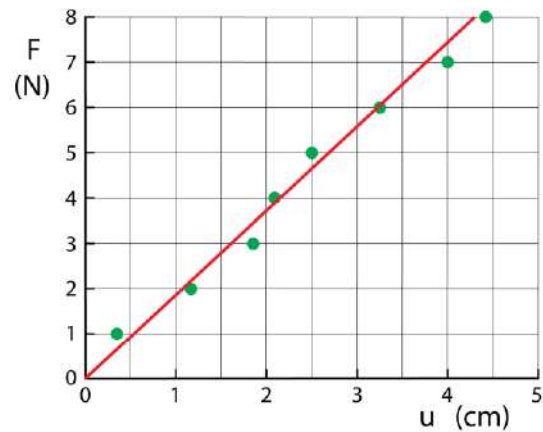
- $C = 200 \text{ N/m} \mid u = 50 - 10 = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m} \mid F = \dots \text{N}$
- $F = C \cdot u \rightarrow F = 200 \cdot 0,40 = 80 \text{ N}$

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

- $C = 200 \text{ N/m} \mid F = 100 \text{ N} \mid u = \dots \text{cm}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 125 = 200 \cdot u \rightarrow u = 0,625 \text{ m}$
- $\ell = \ell_0 + u \rightarrow \ell = 0,10 + 0,625 = 0,725 = 0,73 \text{ m}$

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 $u = 4,3 \text{ cm}$
 - $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{8}{0,043} = 186,0465 = 1,9 \cdot 10^2 \text{ N/m}$
- 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 $\frac{35}{2} = 17,5 = 18 \text{ cm}$ 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 $\frac{75}{4} = 18,75 = 19 \text{ cm}$ uitrekken

12****

- a Bereken de veerconstante van de veer.
- $m = 5,0 \text{ kg} \mid g = 1,62 \text{ m/s}^2 \mid F_z = \dots \text{ N}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 1,62 = 8,1 \text{ N}$
 - $F = 8,1 \text{ N} \mid u = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m} \mid C = \dots \text{ N/m}$
 - $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{8,1}{0,2} = 40,5 = 41 \text{ N/m}$

b Bereken de uitrekking van de veer op aarde.

- $m = 5,0 \text{ kg} \quad | \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$
- $F = 49,05 \text{ N} \quad | \quad C = 40,5 \text{ N/m} \quad | \quad u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 49,05 = 40,5 \cdot u \rightarrow u = 1,2111 = 1,2 \text{ m}$

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
- 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 $\rightarrow$ totaal $500 + 300 + 300 = 1100 \text{ g} = 1,1 \text{ kg}$

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 $22,5 - 7,5 = 15 \text{ cm}$

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 $4 \cdot 5 = 20 \text{ cm}$
- zonder blokje is de veer 15 cm lang
- met blokje van 240 gram is de veer $15 + 20 = 35 \text{ cm}$ 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.
- $F = 50 \text{ N} \quad | \quad r = 0,048 \text{ m} \quad | \quad M = \dots N \cdot m$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0,048 = 2,4 \text{ N} \cdot m$

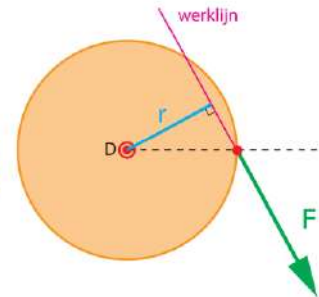
- 3****
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt → 3,4 cm
 - de arm is 0,034 m
- b** Bereken het moment van de kracht.
- $F = 50 \text{ N} \quad | \quad r = 0,034 \text{ m} \quad | \quad M = \dots N \cdot m$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0,034 = 1,7 \text{ N} \cdot m$

- 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**

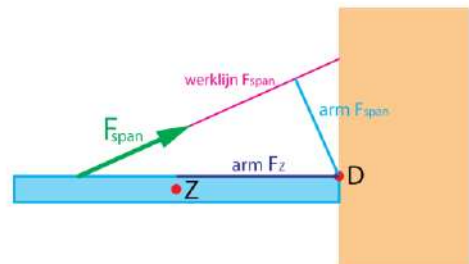
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 2,5 \text{ cm}$
 - de arm is $0,025 \text{ m}$



- 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 $0,024 \cdot 40 = 0,96 \text{ m}$

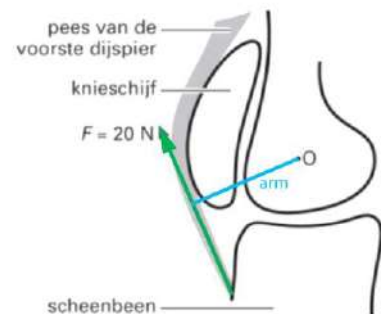


- b** Bereken het moment van de spankracht.
- $F = 5000 \text{ N} \mid r = 0,96 \text{ m} \mid M = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 5000 \cdot 0,96 = 4800 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$

- c** Bepaal de arm van de zwaartekracht.
- meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 3,6 \text{ cm}$
 - de arm is $0,036 \cdot 40 = 1,44 = 1,4 \text{ m}$

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 $0,0275 = 0,028 \text{ m}$
- 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 $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
 - 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) $\rightarrow F_1 > F_2$
 - $r_1 = r_2$ en $F_1 > F_2 \rightarrow F_1 \cdot r_1 > F_2 \cdot r_2$
 - 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
 - $r_1 < r_2$ en $F_1 = F_2 \rightarrow F_1 \cdot r_1 < F_2 \cdot r_2$
 - het moment linksom is kleiner dan het moment rechtsom
 - de wipwap draait rechtsom tot het de grond raakt $\rightarrow$ 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 $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $313,92 \cdot 1,5 = F_R \cdot 1,7 \rightarrow F_R = 276,988 \text{ N}$
- $F_Z = m \cdot g \rightarrow 276,988 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 28,235 = 28 \text{ kg}$

11***

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

- $F_1 = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$ | $F_2 = 35 \cdot 9,81 = 343,35 \text{ N}$ | $r_2 = 2,0 \text{ m}$ | $r_1 = \dots \text{ m}$
- evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $784,8 \cdot r_1 = 343,35 \cdot 2,0 \rightarrow r_1 = 0,875 = 0,88 \text{ m}$

+ 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 $F_L \cdot r_L = F_R \cdot r_R$
- $784,8 \cdot r_L = 343,35 \cdot 2,0 + 392,4 \cdot 1,7 \rightarrow r_L = 1,725 = 1,7 \text{ m}$

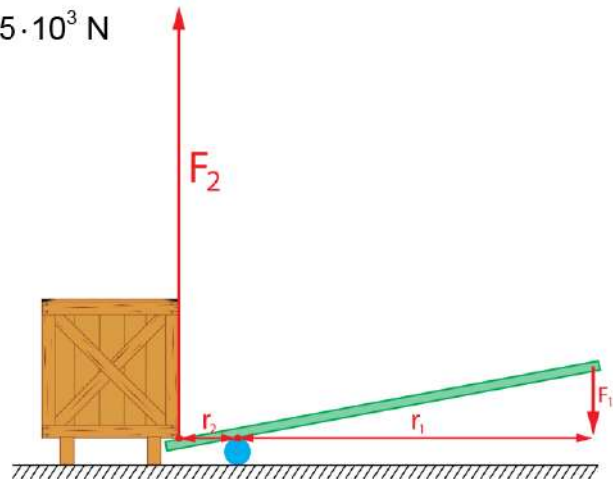
12***

a Waar ligt het draaipunt van de hefboom?

- het draaipunt ligt op de plaats waar de hefboom (groen) de steen (blauw) raakt

b Hoe groot is de kracht van de hefboom op de kist?

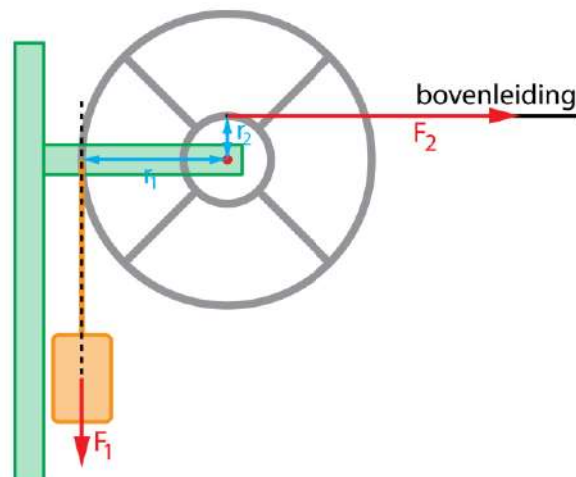
- teken de werklijnen van de krachten
- teken voor iedere kracht een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
- opmeten arm van kracht naar beneden $\rightarrow 9,6 \text{ cm}$
- opmeten arm van de kracht op de kist $\rightarrow 1,5 \text{ cm}$
- $F_1 = 240 \text{ N}$ | $r_1 = 0,096 \cdot 20 = 1,92 \text{ m}$ | $r_2 = 0,015 \cdot 20 = 0,30 \text{ m}$ | $F_2 = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $F_2 \cdot 0,30 = 240 \cdot 1,92 \rightarrow F_2 = 1536 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ N}$



- c Hoeveel spierkracht heb je minimaal nodig 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 $\frac{2943}{2} = 1471,5 \text{ N}$
 - $F_2 = 1471,5 \text{ N} \mid r_2 = 0,015 \cdot 20 = 0,30 \text{ m} \mid r_1 = 0,096 \cdot 20 = 1,92 \text{ m} \mid F_1 = \dots \text{ N}$
 - evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
 - $1471,5 \cdot 0,30 = F_1 \cdot 1,92 \rightarrow F_1 = 229,92 = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N}$

13***

- 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 $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
 - als r_1 groter is dan r_2 dan moet F_1 kleiner zijn dan F_2
 - 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 $\rightarrow 3,3 \text{ cm}$
 - opmeten arm van de spankracht op de bovenleiding $\rightarrow 1,0 \text{ cm}$
 - $F_1 = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ N} \mid r_1 = 3,3 \text{ cm} \mid r_2 = 1,0 \text{ cm} \mid F_2 = \dots \text{ N}$
 - evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
 - $4905 \cdot 3,3 = F_2 \cdot 1,0 \rightarrow F_2 = 16186,5 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ N}$



- 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.~~

3.7 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
 - $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow$ de grootte van F_{res} is recht evenredig met de vertraging
 - $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow$ de grootte van F_{res} 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

7***

- a Bereken de zwaartekracht op de auto
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 1200 \cdot 9,81 = 11772 = 1,18 \cdot 10^4 \text{ N}$

b Bereken de normaalkracht op de auto

- verticaal zijn de krachten in evenwicht
- $F_{\text{res}} = F_n - F_z = 0 \rightarrow F_n = F_z$
- $F_n = 1,18 \cdot 10^4 \text{ N}$

c Bereken de resulterende kracht op de auto.

- $t = 5,0 \text{ s} \mid v_{\text{begin}} = 0 \text{ m/s} \mid v_{\text{eind}} = 72/3,6 = 20 \text{ m/s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t$
- $20 = a \cdot 5 \rightarrow a = 4,0 \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{res}} = 1200 \cdot 4 = 4800 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$

d Bereken de weerstandskracht op de auto

- constante snelheid $\rightarrow$ horizontaal zijn de krachten in evenwicht
- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{wrijving}} = 0 \rightarrow F_{\text{wrijving}} = F_{\text{motor}}$
- $F_{\text{wrijving}} = 2500 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ N}$

8***

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

- $m = 40 \text{ kg} \mid F_{\text{res}} = 50 \text{ N} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 50 = 40 \cdot a \rightarrow a = 1,25 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow \Delta v = 1,25 \cdot 4 = 5,0 \text{ m/s}$

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
- $F_{\text{res}} = F_n - F_z = 0 \rightarrow F_n = F_z$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ N}$
- $F_n = 392,4 \text{ N}$

c Na hoeveel seconden staat de slee stil?

- $m = 40 \text{ kg} \mid F_{\text{res}} = 10 \text{ N} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 10 = 40 \cdot a \rightarrow a = 0,25 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 5 = 0,25 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 20 \text{ s}$

d 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?

- $\Delta v = \frac{144}{3,6} = 40 \text{ m/s} \quad | \quad \Delta t = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = a \cdot 300 \rightarrow a = 0,13333 \text{ m/s}^2$
- $m = 360 \cdot 10^3 \text{ kg} \quad | \quad a = 0,13333 \text{ m/s}^2 \quad | \quad F_{\text{res}} = \dots \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{res}} = 360 \cdot 10^3 \cdot 0,13333 = 48 \cdot 10^3 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{wrijving}} \rightarrow 48 \cdot 10^3 = F_{\text{motor}} - 9000 \rightarrow F_{\text{motor}} = 57 \cdot 10^3 \text{ N}$

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

- $F_{\text{res}} = 9000 \text{ N} \quad | \quad m = 360 \cdot 10^3 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 9000 = 360 \cdot 10^3 \cdot a \rightarrow a = 0,025 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = 40 \text{ m/s} \quad | \quad a = 0,025 \text{ m/s}^2 \quad | \quad \Delta t = \dots \text{ s}$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = 0,025 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 1600 \text{ s}$
- $\frac{1600}{60} = 26,67 = 27 \text{ minuten}$

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.

- $\Delta V = 90 - 36 = 54 \text{ km/h} \rightarrow \Delta v = \frac{54}{3,6} = 15 \text{ m/s} \quad | \quad \Delta t = 20 \text{ s} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 15 = a \cdot 20 \rightarrow a = 0,75 \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{res}} = 20000 \cdot 0,75 = 15000 = 1,5 \cdot 10^4 \text{ N}$

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.

- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow$ 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.

- $F_{\text{res}} = 500 \text{ N} \quad | \quad m = 140 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$

- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 500 = 140 \cdot a \rightarrow a = 3,57143 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 1,5 = 3,57143 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 0,42 \text{ s}$

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

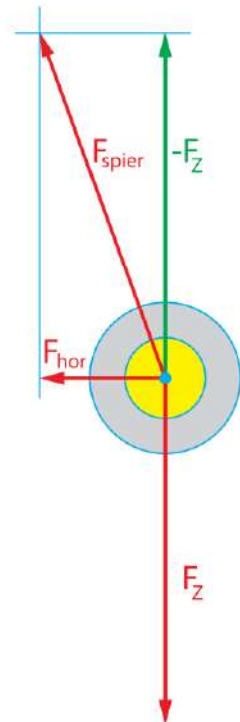
- c** Teken in figuur 2 de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.
- zie figuur

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

- e** Bereken de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.

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



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
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow$ 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 $\rightarrow a = 0 \rightarrow F_{\text{res}} = 0$
- $F_{\text{res}} = F_n - F_z = 0 \rightarrow F_n = F_z$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
- $F_n = 784,8 = 7,8 \cdot 10^2 \text{ N}$

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

- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{res}} = 80 \cdot 8 = 640 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot g - F_{\text{parachute}}$
- $640 = 80 \cdot 9,81 - F_{\text{parachute}} \rightarrow F_{\text{parachute}} = 784,8 - 640 = 144,8 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

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 $\rightarrow F_{\text{op parachute}} = 144,8 \text{ N}$

15***

a Bepaal de versnelling van de lift tussen $t = 0$ en $t = 3$ s.

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- aflezen tussen $t = 0$ en $t = 3$ s | $\Delta v = 10 - 0 = 10$ m/s
- $a = \frac{10}{3} = 3,3333 = 3,3$ m/s²

b Bereken de normaalkracht op Johan tussen $t = 0$ en $t = 3$ s.

HINT vergeet de zwaartekracht niet

- $F_{\text{res}} = F_n - F_Z$
- $F_{\text{res}} = F_n - F_Z = m \cdot a \rightarrow F_n - 65 \cdot 9,81 = 65 \cdot 3,3333 \rightarrow F_n = 854,32 = 8,5 \cdot 10^2$ N

c Bereken de normaalkracht op Johan tussen $t = 3$ en $t = 8$ s.

- tussen $t = 3$ en $t = 8$ s is de snelheid constant
- $F_{\text{res}} = F_n - F_Z = 0 \rightarrow F_n = F_Z = m \cdot g \rightarrow F_n = -637,65 = -6,4 \cdot 10^2$ N

d Bereken de normaalkracht op Johan tussen $t = 8$ en $t = 10$ s.

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- aflezen tussen $t = 8$ en $t = 10$ s $\rightarrow \Delta v = 0 - 10 = -10$ m/s
- $a = \frac{-10}{2} = -5,0$ m/s²
- $F_{\text{res}} = F_n - F_Z$
- $F_{\text{res}} = F_n - F_Z = m \cdot a \rightarrow F_n - 65 \cdot 9,81 = 65 \cdot -5,0 \rightarrow F_n = 312,65 = 3,1 \cdot 10^2$ N

e Bereken het gewicht van Johan tussen $t = 8$ en $t = 10$ s.

- $F_{\text{gewicht}} = -F_n \rightarrow F_{\text{gewicht}} = -312,65 = -3,1 \cdot 10^2$ N
- Johans gewicht is $3,1 \cdot 10^2$ N en is omlaag gericht

3.8 Weerstand

- 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: $F_{\text{trek}} = F_W$
 - $F_{\text{res}} = F_{\text{trek}} - F_W = 0$
 - Newton 1: $F_{\text{res}} = 0 \leftrightarrow a = 0$
 - geen versnelling, dus voorwerp komt niet in beweging

- 2**** a Leg uit waarom de puck tot stilstand komt.
- bij het glijden is F_W de enige horizontale kracht op de puck
 - $F_{\text{res}} = F_W = m \cdot a$
 - 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: $F_{\text{res}} = F_{W \text{ max}}$
 - $F_{\text{res}} = F_{W \text{ max}} = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_{W \text{ max}}}{m}$
 - $F_{W \text{ max}}$ en m zijn constant $\rightarrow a$ is constant

- 3***** a Bereken de versnelling van de boot.
- $F_{\text{res}} = F_{\text{trek}} - F_W \rightarrow F_{\text{res}} = 100 - 40 = 60 \text{ N}$
 - $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 60 = 800 \cdot a \rightarrow a = 0,075 \text{ m/s}^2$

- 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 $m = 800 \text{ kg} \rightarrow F_Z = 800 \cdot 9,81 = 7848 \text{ N}$
 - $F_{\text{res}} = F_n - F_Z = 0 \rightarrow F_n = F_Z$
 - $F_n = F_Z = 7848 = 7,85 \cdot 10^3 \text{ N}$

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 luchtweerstand 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 weerstandskracht toe.
 - $F_{\text{res}} = F_Z - F_W$
 - F_W neemt toe en F_Z blijft gelijk $\rightarrow F_{\text{res}}$ wordt kleiner
 - $F_{\text{res}} = m \cdot a$ en m blijft gelijk
 - F_{res} 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 $r = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow V = 4,1888 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$
 - $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 4,1888 \cdot 10^{-9} = 4,1888 \cdot 10^{-6} = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
- d** Bereken de snelheid waarmee de regendruppel de grond bereikt.
- na zeker moment is de snelheid constant $\rightarrow F_{\text{res}} = F_Z - F_W = 0 \rightarrow F_W = F_Z$
 - $6\pi \cdot c \cdot r \cdot v = m \cdot g \rightarrow 6\pi \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot v = 4,1888 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81$
 - $1,885 \cdot 10^{-5} \cdot v = 4,1092 \cdot 10^{-5} \rightarrow v = 2,17995 = 2,2 \text{ m/s}$

5***

- a** Leg uit hoe uit de figuur blijkt dat $F_{W \text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.
- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_W \rightarrow F_W = F_{\text{motor}} - F_{\text{res}}$
 - aflezen op $t = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} - F_{\text{res}} = 7,8 \text{ kN} - 6,5 \text{ kN} = 1,3 \text{ kN}$
 - op $t = 0$ is er geen luchtweerstand $\rightarrow F_W = F_{W \text{ rol}}$
 - $F_{W \text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$
- b** Bepaal de luchtweerstandskracht 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: $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{W \text{ rol}} - F_{W \text{ lucht}} = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} = F_{W \text{ rol}} + F_{W \text{ lucht}}$
 - $F_{W \text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ 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 $t > 105 \text{ s} \rightarrow F_{\text{motor}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$
 - er is overeenstemming

6****

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

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

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

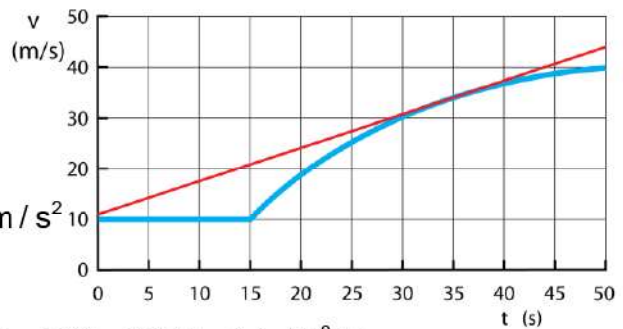
- aflezen: direct na 20 s $F_{\text{motor}} = 2000 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_W \rightarrow F_{\text{res}} = 2000 - 200 = 1800 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 1800 = 1000 \cdot a \rightarrow a = 1,8 \text{ m/s}^2$

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
- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_W = m \cdot a$
- a neemt af en F_{motor} blijft gelijk $\rightarrow F_W$ neemt toe

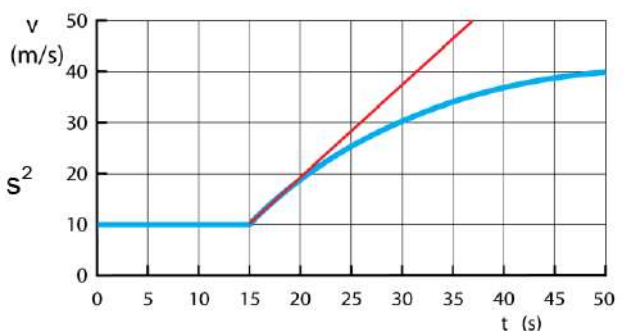
d Bepaal met behulp van de figuur 2 de totale weerstand die auto op het tijdstip $t = 35 \text{ s}$ ondervindt.

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



e Controleer of de figuren 1 en 2 met elkaar in overeenstemming zijn.

- teken een lange raaklijn op $t = 15 \text{ s}$ en bepaal de richtingscoëfficiënt
- $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} \rightarrow a = \frac{50 - 10}{37 - 15} = 1,82 \text{ m/s}^2$
- er is overeenstemming want gelijk aan het antwoord op vraag b



f Leg uit waarom dit het geval is.

- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_W = m \cdot a$
- F_W wordt steeds groter $\rightarrow F_{\text{res}}$ wordt steeds kleiner
- als $F_{\text{res}} = 0 \rightarrow a = 0$
- de snelheid is constant

7***

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

REDEN 1

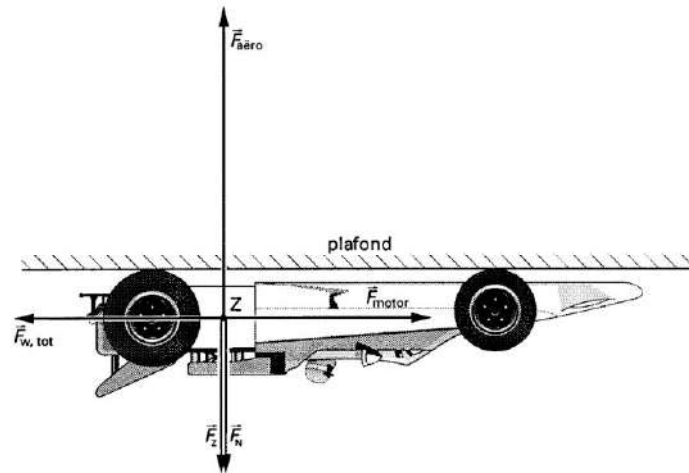
- de massa is nu kleiner omdat er minder brandstof in de tank zit
- dus bij een even grote motorkracht is de versnelling groter

REDEN 2

- massa kleiner $\rightarrow F_Z$ kleiner $\rightarrow F_N$ kleiner $\rightarrow F_{W\text{ rol}}$ kleiner
- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{W\text{ lucht}} - F_{W\text{ rol}}$ en F_{motor} blijft gelijk $\rightarrow F_{\text{res}}$ wordt groter
- F_{res} 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 $F_{W\text{ tot}}$ $\rightarrow$ pijl 4,2 cm lang naar rechts
- $F_{\text{aero}} = 2 \cdot F_Z$ en is naar boven gericht $\rightarrow$ pijl 6,4 cm lang naar boven
- $F_N = F_{\text{aero}} - F_Z$ en is naar beneden gericht $\rightarrow$ pijl 3,2 cm lang naar beneden

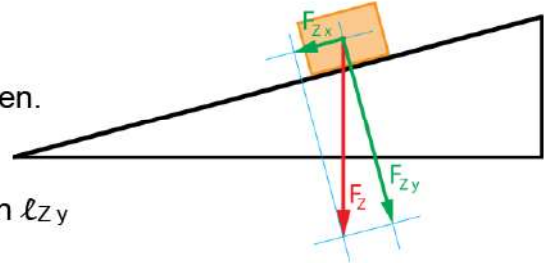


3.9 Krachten op een helling

Helling zonder wrijving

1**

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

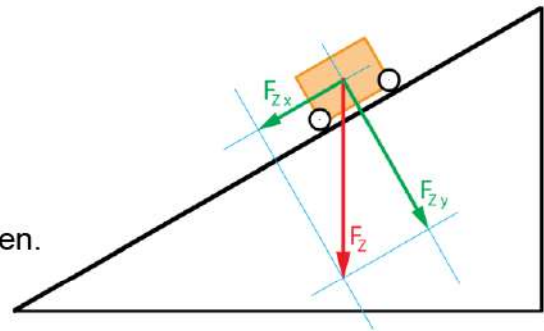


- b Bepaal de grootte van F_{zx} en van F_{zy} .

- 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 $F_{zy} = 145 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$

2**

- a Teken de componenten van de zwaarte-kracht. 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
- $F_{zx} = 125 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{zx} = 125 \text{ N} \mid m = 25,484 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a$
- $125 = 25,484 \cdot a \rightarrow a = 4,905 = 4,9 \text{ m/s}^2$

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 $\rightarrow F_{zx} = 20,44 = 20 \text{ N}$

b Bereken de versnelling van de kar.

- $F_{\text{res}} = F_{Zx} = 20,44 \text{ N} \quad | \quad m = 12 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a$
- $20,44 = 12 \cdot a \rightarrow a = 1,7 \text{ m/s}^2$

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 $\rightarrow F_{Zx} = 10,22 \text{ N} = 10 \text{ N}$

d Bereken de versnelling van de kar.

- $F_{\text{res}} = F_{Zx} = 10,22 \text{ N} \quad | \quad m = 6 \text{ kg} \quad | \quad a = \dots \text{ m/s}^2$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a$
- $10,22 = 6 \cdot a \rightarrow a = 1,7 \text{ m/s}^2$

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
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_{\text{res}}}{m} \rightarrow a$ verandert niet

f Na hoeveel seconden is de kar beneden?

- $s = 4,0 \text{ m} \quad | \quad a = 1,7 \text{ m/s}^2 \quad | \quad t = \dots \text{ s}$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $4 = \frac{1}{2} \cdot 1,7 \cdot t^2 \rightarrow t = 2,1693 = 2,2 \text{ s}$

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 $\rightarrow F_{zx} = 20,73 = 21 \text{ N}$

b Leg uit waaruit dit blijkt.

- 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 $F_{\text{res}} = 0$
- $F_{zx} - F_w = 0 \rightarrow F_{zx} = F_w = 21 \text{ N}$

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 $\rightarrow F_{zy} = 44,454 = 44 \text{ N}$

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 $\rightarrow F_{zx} = 24,525 = 25 \text{ N}$

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 $F_{\text{res}} = 0$
- $F_{zx} - F_w = 0 \rightarrow F_{zx} = F_w = 25 \text{ N}$

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 $\rightarrow F_{zy} = 42,479 = 42 \text{ N}$

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 Beredeneer 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
- $F_{W \max} = f \cdot F_n$
- $F_{W \max} = 0,57734 \cdot 84,958 = 49,05 = 49 \text{ N}$

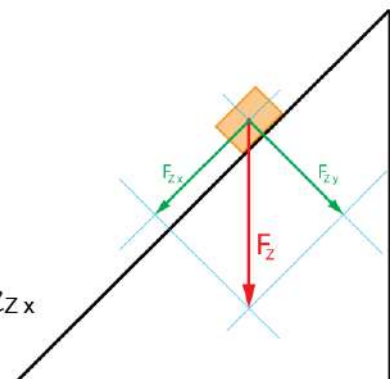
k Leg uit of de twee blokken met een constante snelheid of met een versnelling de helling af gaan.

- $F_{zx} = 49,05 = 49 \text{ N}$ én $F_{W \max} = 49,05 = 49 \text{ N}$
- langs de helling $F_{\text{res}} = F_{zx} - F_{W \max}$
- $F_{\text{res}} = 49,05 - 49,05 = 0 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = 0 \rightarrow$ 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.

- $F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W$
- $F_{\text{res}} = 83,24 - 70 = 13,24 = 13 \text{ N}$

c Bereken de versnelling van het blok.

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

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.

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

7* a** Bepaal de spankracht in het touw.

- constante snelheid $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$
- $F_{\text{res}} = F_{\text{span}} - F_{Zx} - F_W = 0$
- $F_{\text{span}} = F_{Zx} + F_W$
- $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 58 \cdot 9,81 \rightarrow F_Z = 568,98 \text{ N}$
- 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 $\rightarrow F_{Zx} = 326,35 = 326 \text{ N}$
- $F_{\text{span}} = 326,35 + 150 = 476,25 = 4,8 \cdot 10^2 \text{ N}$

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

- $F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W$
- $F_{\text{res}} = 326,35 - 250 = 76,35 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow 76,35 = 58 \cdot a \rightarrow a = 1,316 = 1,3 \text{ m/s}^2$

c Bereken hoe groot de schuifwrijvingskracht minimaal moet zijn om stil te blijven staan.

- stilstand $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$
- $F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W = 0 \rightarrow F_W = F_{Zx}$
- $F_W = 326,35 = 3,3 \cdot 10^2 \text{ N}$

8***

a Bepaal de versnelling van de skiër aan het begin van de afdaling als zijn snelheid nog laag is.

- $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 65 \cdot 9,81 \rightarrow F_Z = 637,65 \text{ N}$
- 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 $\rightarrow F_{Zx} = 409,87 = 410 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W \rightarrow F_{\text{res}} = 409,87 - 200 = 209,87 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a$
- $209,87 = 65 \cdot a \rightarrow a = 3,2288 = 3,2 \text{ m/s}^2$

b Leg uit waarom dit het geval is.

- behalve schuifweerstand is er ook luchtweerstand
- de luchtweerstand neemt toe als de snelheid groter wordt
- $F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W$ kleiner $\rightarrow a$ kleiner

c Leg uit waarom dit het geval is.

- constante snelheid $\rightarrow F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W = 0$
- als $F_W = F_{Zx}$ geldt $F_{\text{res}} = 0$
- 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
- $F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_W = m \cdot a$
- F_{Zx} kleiner $\rightarrow a$ kleiner

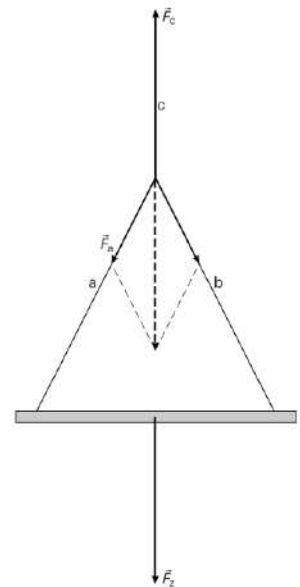
HAVO examenvragen

Ophaalbrug

- 4p 1 Bepaal de massa van het wegdek van de brug.
- inzicht dat de arm van kracht F_B twee keer zo groot is als de arm van F_Z 1
 - momentenwet $M_Z = M_B \rightarrow F_Z \cdot r_Z = F_B \cdot r_B$ 1
 - invullen $F_Z \cdot r_Z = 5,9 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot r_Z \rightarrow F_Z = 5,9 \cdot 10^2 \cdot 2 = 1,18 \cdot 10^3 \text{ N}$ *rz wegstrepen* 1
 - $F_Z = m \cdot g \rightarrow 1,18 \cdot 10^3 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 120,285 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$ 1
- 4p 2 Bepaal de grootte van de kracht waarmee de watersporter minstens aan de ketting moet trekken om de brug te openen.
- F_Z op contragewicht $F_{ZE} = 63 \cdot 9,81 = 618,03 \text{ N}$ 1
 - inzicht arm F_{ZE} is gelijk aan arm $F_{\text{kabel}} = 2,6 \text{ m}$ 1
 - momentenwet $M_E + M_{\text{kabel}} = M_B \rightarrow F_E \cdot r_E + F_{\text{kabel}} \cdot r_{\text{kabel}} = F_B \cdot r_B$ 1
 - $618,03 \cdot 2,6 + F_{\text{kabel}} \cdot 2,6 = 590 \cdot 3,2 \rightarrow F_{\text{kabel}} = 108,1238 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1
- 3p 3 Bereken de grootte van de wrijvingskracht tussen de baksteen en het wegdek.
- inzicht v is constant $\rightarrow F_{\text{res}} = F_{Zx} - F_{W \max} = 0 \rightarrow F_{W \max} = F_{Zx}$ 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 1 Bepaal met behulp van een constructie 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 (parallellogram) 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 cm** $\leftrightarrow$ 3000 N 1
 - krachtpijl F_a heeft lengte **2,8 cm** $\rightarrow$ 1
 - $F_a = \frac{2,8}{5,0} \cdot 3000 = 1,68 \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

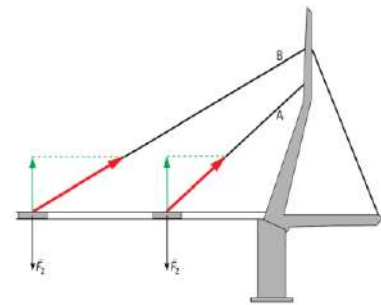


Erasmusbrug

- 3p 1 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 **2** 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
 - constructie van F_s door horizontale lijnen te trekken
 - de spankracht in tui B is het grootst

1
2
1



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

Beweging op een hellend vlak

- 4p **1** 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
- $v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} \rightarrow v = \frac{1,0 - 0}{2,5 - 0,35} = 0,465$ 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
- $\text{opp} = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,46 = 0,345$ m 1
- aflezen figuur 2: $\Delta x = 0,55 - 0,2 = 0,35$ m 1
- er is dus overeenstemming 1

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

- 3p **3** Bepaal de versnelling van het karretje.
- gebruik $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{0,77 - 0}{2,5 - 0} = 0,308 = 0,31$ m / s² 2

- 3p **4** 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 **1** 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 **2** Bepaal de resulterende kracht die op de fiets werkt in deel A.

- gebruik $a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ 1
- $a = \frac{4,5 - 0}{10 - 0} = 0,45 \text{ m/s}^2$ 1
- gebruik $F_{\text{res}} = m \cdot a$ 1
- $F_{\text{res}} = 72 \cdot 0,45 = 32,4 = 32 \text{ N}$ 1

- 4p **3** Bepaal de grootte van de weerstandskracht 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 $\rightarrow F_{\text{res}} = F - F_{\text{W}} = 0 \rightarrow F = F_{\text{W}}$ 1
- $F_{\text{W}} = 19 \text{ N}$ 1

- 4p **4** 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 **5** 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 $\rightarrow F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{res}}$ wordt ook kleiner 1
- $F_{\text{res}} = F_{\text{W lucht}} + F_{\text{W rol}}$ en $F_{\text{W rol}}$ is constant $\rightarrow F_{\text{W lucht}}$ wordt kleiner 1

Picknicktafel

- 4p **1** Bereken hoe groot de kracht F minstens moet zijn om de picknicktafel te laten kantelen.

- de momentenwet toepassen waarbij het draaipunt het rechterhoekpunt van de rechterpoot is 1

- arm linksom $r_z = 4,5 \text{ hokjes}$ | arm rechtsom $r_F = 2,0 \text{ hokjes}$ 1
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 60 \cdot 9,81 = 588,6 \text{ N}$ 1
- $F_1 \cdot r_1 = F_1 \cdot r_1 \rightarrow 588,6 \cdot 4,5 = F \cdot 2,0 \rightarrow F = 1,32435 \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

- 3p **2** 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

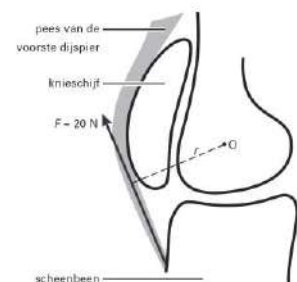
- 2p **3** Noem twee veranderingen die ze kunnen aanbrengen waardoor de picknicktafel stabiel wordt. Maximaal 2 punten.
- de tafel zwaarder maken of
 - de poten schuiner zetten of
 - de poten verder uit elkaar zetten of
 - het zitgedeelte dichterbij het zwaartepunt van de picknicktafel brengen

Krachten in het been

- 2p **1** Welke van deze punten is het zwaartepunt? Licht je antwoord toe.
- constatering dat A het zwaartepunt is 1
 - het zwaartepunt moet zich recht boven het steunvlak bevinden 1
- 1p **2** Welke van de twee spieren trekt zich samen bij het buigen van het been? Licht je antwoord toe.
- de achterste dijspier 1

- 4p **3** 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 $r = 3,4 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
- gebruik $M = F \cdot r$ 1
- $M = 20 \cdot 0,034 = 0,68 \text{ N m}$ 1



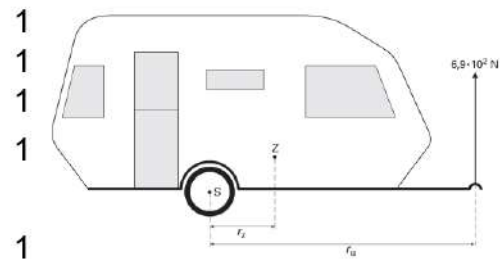
- 3p **4** Bepaal met behulp van figuur 5 de grootte van de kracht van de achillespees op de voet.
- opmeten $r_P = 0,8 \text{ cm}$ en $r_R = 2,8 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - gebruik momentenwet $F_P \cdot r_P = F_R \cdot r_R$ 1
 - $F_P \cdot 0,8 = 250 \cdot 2,8 \rightarrow F_P = 875 = 8,7 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1

- 3p **5** Welke van deze mogelijkheden is juist? Licht je antwoord toe.
- F_P en F_R zijn naar boven gericht 1
 - $F_{\text{res}} = F_P + F_R - F_Q = 0 \rightarrow F_Q = F_P + F_R$ 1
 - de grootte van F_R is gelijk aan $F_Z \rightarrow F_Q$ is groter dan F_Z 1

Caravan

- 5p 1 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_{unster}
- $r_z = 1,9 \text{ cm}$ en $r_{unster} = 7,7 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm)
- momentenwet $F_z \cdot r_z = F_u \cdot r_u$
- $F_z \cdot 1,9 = 690 \cdot 7,7 \rightarrow F_z = 2796,3 \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow 2796,3 = m \cdot 9,81$
 $m = 285 = 2,9 \cdot 10^2 \text{ kg}$



- 3p 2 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

Schaatsen

- 4p 1 Leid uit bovenstaande formule af wat de eenheid van de luchtweerstandsc constante is in grondeenheden van het SI-stelsel. Gebruik daarbij de eenheden-tabellen 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 $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [k] \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow \text{kg} = [k] \cdot \text{m} \rightarrow [k] = \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ 1

- 3p 2 Laat zien hoe Eric de formule van P uit formule van $F_{W \text{ lucht}}$ kan afleiden.

- $P = F \cdot v$ en $F_{W \text{ lucht}} = k \cdot v^2$ 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 3 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 minder per rondje) 1

Patiëntenlift

- 2p 1 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 2 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

Nerobergbahn

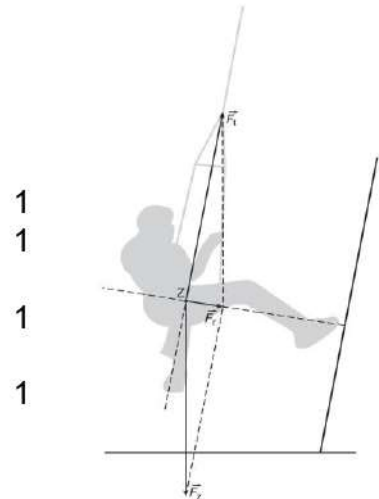
- 3p 1 Bereken hoeveel liter water in wagon A is gepompt.
- de totale massa van wagon A is gelijk aan de totale massa van wagon B 1
 - massa water = massa 15 personen = $15 \cdot 60 = 900 \text{ kg}$ 1
 - $\frac{900}{0,9982} = 901,6 = 9,0 \cdot 10^2 \text{ liter}$ 1
- 3p 2 Bereken met deze gegevens de totale massa van de twee wagons, inclusief het water en de passagiers.
- $F_{\text{res}} = F_A - F_B = 23,5 \cdot 10^3 - 19,5 \cdot 10^3 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
 - gebruik: $F_{\text{res}} = m \cdot a$ 1
 - $4000 = m \cdot 0,17 \rightarrow m = 2,353 \cdot 10^4 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ kg}$ 1
- 3p 3 Bereken de grootte van F_K .
- inzicht: $F_{\text{res}} = F_K - F_B$ 1
 - $F_{\text{res}} = m \cdot a \rightarrow F_{\text{res}} = 10,5 \cdot 10^3 \cdot 0,17 = 1785 \text{ N}$ 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 4 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 5 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 $h = 83 \text{ m}$ 1
 - $m = 60 \cdot 998,2 = 5,9892 \cdot 10^4 \text{ kg}$ 1
 - $E_z = 5,9892 \cdot 10^4 \cdot 9,81 \cdot 83 = 4,8766 \cdot 10^7 \text{ J}$ 1
 - per seconde: $E_z = \frac{4,8766 \cdot 10^7}{60 \cdot 60} = 1,3546 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^4 \text{ J}$ 1

Bewegen op de maan

- 3p 1 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 2 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 F_{res} (afwijking maximaal 5 graden) 1
- inzicht dat de resultante van F_Z en F_t loodrecht op de wand gericht is 1
- constatering dat F_{res} ongeveer 6 keer zo klein is als F_Z 1



Auto te water

- 4p 1 Bepaal met behulp van de figuur 1 de (minimale) massa van de personenauto, inclusief het water in de personenauto.
- $r_p = 5,8 \text{ cm}$ en $r_t = 1,2 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - gebruik momentenwet $F_p \cdot r_p = F_t \cdot r_t$ 1
 - $m_p \cdot g \cdot 5,8 = m_t \cdot g \cdot 1,2 \rightarrow m_p \cdot 5,8 = 7,9 \cdot 10^3 \cdot 1,2$ (g wegstrepen) 1
 - $m_p = 1,634 \cdot 10^3 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ kg}$ 1

- 2p 2 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 1 Bereken de grootte van F_L .
- $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 5,3 \cdot 9,81 = 51,993 \text{ N}$ 1
 - lengte krachtpijl $F_Z = 4,0 \text{ cm}$ en lengte pijl $F_L = 4,7 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - $F_L = \frac{4,7}{4,0} \cdot 51,993 = 61,09 = 61 \text{ N}$ 1

- 2p 2 Teken op de uitwerkbijlage de armen van F_Z en F_L .
- arm F_Z goed 1
 - arm F_L goed 1

- 3p **3** Toon met behulp van de figuur in het werkboek aan dat de wassteel niet om punt R gaat draaien.
- opmeten arm $F_Z = 5,4 \text{ cm}$ en arm $F_L = 4,5 \text{ cm}$ (marge 0,1 cm) 1
 - gebruik $F_Z \cdot r_Z = F_L \cdot r_L$ 1
 - $M_Z = 52 \cdot 0,054 = 2,8$ en $M_L = 61,1 \cdot 0,045 = 2,75 \rightarrow$ is vrijwel gelijk aan elkaar 1

- 3p **4** Construeer in de figuur in het werkboek de kracht F_R van de rechterhand op de steel in punt R.

- inzicht $F_{\text{res}} = F_L + F_R + F_Z = 0 \rightarrow$

$$F_R = -F_Z - F_L = -(F_Z + F_L)$$

- teken in punt R $F_Z + F_L$

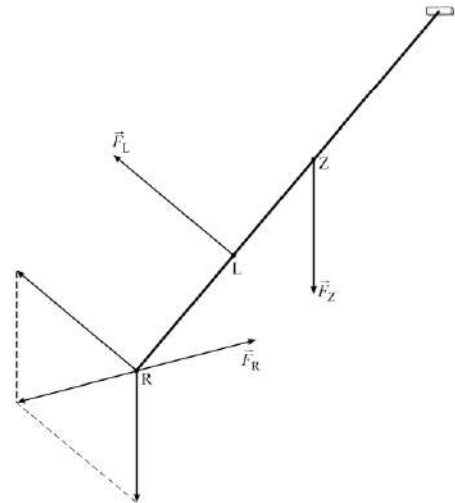
maak een parallellogram

- keer de richting om en teken F_R

1

1

1



Superbus

- 4p **1** Bepaal met behulp van de figuur 2 de optrekafstand van de Superbus.
- optrekafstand is oppervlakte onder de (v, t) -grafiek tussen $t = 0$ en $t = 105 \text{ s}$ 1
 - aantal hokjes onder de grafiek is 14 1
 - één hokje correspondeert met $20 \cdot \frac{50}{3,6} = 277,78 \text{ m}$ 1
 - optrekafstand is $s = 14 \cdot 277,78 = 3888,9 = 3,9 \cdot 10^3 \text{ m}$ 1

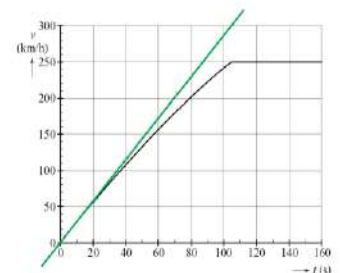
- 4p **2** Laat met behulp van de figuur 2 zien dat beide waarden van F_{res} met elkaar overeenstemmen.

- versnelling op $t = 0 \rightarrow a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$ 1

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

1

1



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

- dit klopt met de F_{res} in het (F, t) -diagram van figuur 3 op $t = 0$ 1

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

- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{W \text{ rol}} - F_{W \text{ lucht}}$ en op $t = 0$ $F_{W \text{ lucht}} = 0$ (want $v = 0$) 1

- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{W \text{ rol}} \rightarrow F_{W \text{ rol}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{res}}$ 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 **4** 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 $v = 250/3,6 = 69,444 \text{ m/s}$ 1
- $P = 4,8 \cdot 10^3 \cdot 69,444 = 3,333 \cdot 10^5 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ W}$ 1

4p 5 Bepaal de luchtweerstandscoefficiënt van de Superbus.

- $F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{W rol}} - F_{\text{W lucht}} = 0 \rightarrow F_{\text{W lucht}} = 4,8 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^3 = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N}$ 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
- $F_{\text{W lucht}} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N} \mid \rho = 1,2 \text{ kg/m}^3 \mid A = 4,25 \text{ m}^2 \mid v = 69,444 \text{ m/s}$
- $F_{\text{W lucht}} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \rightarrow 3,5 \cdot 10^3 = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot 1,2 \cdot 4,25 \cdot 69,444^2 \rightarrow c_w = 0,28$ 1

Tower of Terror

4p 1 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 $F_{\text{res}} = m \cdot a$ 1
- $F_{\text{res}} = 6,2 \cdot 10^3 \cdot 6,5714 = 4,0743 \cdot 10^4 = 4,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ 1

3p 2 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 3 Bepaal de (verticale) afstand tussen punt C en punt D.

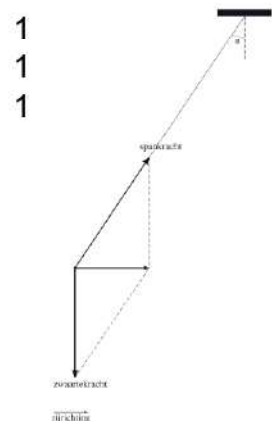
- afstand is de oppervlakte onder de (v, t) -grafiek 1
- op $t = 11 \text{ s}$ is de kar in punt C, want daarna is de vertraging constant 1
- oppervlakte $= \frac{1}{2} \cdot (15,3 - 11) \cdot (41,5 - 0) = 89,225 = 89 \text{ m}$ 1

3p 4 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** 1
- in punt D werkt de **zwaartekracht** 1
- op het traject van D naar C werkt de **zwaartekracht** 1

5p 5 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 F_{res} 1
- meet de lengte van de F_z krachtpijl en van de F_{res} en gebruik verhoudingstabel 1



N	0,002 · 9,81	F _{res}
cm	3,3	2,2

- kruislings vermenigvuldigen: $0,01962 \cdot 2,2 = 3,3 \cdot F_{\text{res}} \rightarrow F_{\text{res}} = 0,01308 \text{ N}$ 1
- gebruik $F_{\text{res}} = m \cdot a$ 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 **6** 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 1
- Dave: afbeelding 2b is goed 1

Vooruitgang

4p **1** 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 **2** 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 $F_{\text{res}} = m \cdot a$ 1
- $F_{\text{res}} = 50 \cdot 10^3 \cdot 0,0087037 = 435,185 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1

1p **3** Hoe groot is dan de resulterende kracht op het schip?

- v is constant $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$ 1

2p **4** 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 **5** Bepaal met behulp van de uitwerkbijlage hoeveel uur deze reis duurt.

- Arnhem – Nijmegen is 1,0 cm op de kaart en Gouda – Leiden 0,6+1,0=1,6 cm
- verhoudingstabel

afstand (km)	20	afstand
cm op kaart	1,0	1,6

- kruislings vermenigvuldigen: $20 \cdot 1,6 = 1,0 \cdot s \rightarrow s = 32 \text{ km}$ (marge 2 km) 1
- gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ met $v_{\text{gem}} = 2,9 \text{ m/s}$ 1
- $32 = 2,9 \cdot t \rightarrow t = 11,03 = 11 \text{ uur}$ 1

Skydive (aangepast)

- 3p 1 Leg uit waarom bij het skydive de snelheid na enige tijd constant wordt.
- bij het vallen wordt de snelheid en dus ook de luchtweerstand steeds groter 1
 - $F_{\text{res}} = F_Z - F_{W \text{ lucht}}$ als $F_{W \text{ lucht}} = F_Z \rightarrow F_{\text{res}} = 0 \rightarrow a = 0$ 1
 - als $a = 0$ blijft de snelheid constant 1
- 2p 2 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 3 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 $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$ 1
 - $F_{\text{lucht}} = F_Z$ (tegengestelde richting) 1
- 3p 4 Bereken de grootte van deze resulterende kracht.
- zwevend:
 $F_{W \text{ lucht}} = F_Z = m \cdot g = 82 \cdot 9,81 = 804,42 \text{ N}$ 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 $\rightarrow F_{\text{res}} = 80 \text{ N}$ 1

