

3 Kracht

2 havo / 2 vwo

3.1 Wat doet een kracht?

1*

- a** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een veer wordt uitgerekt
 - een blikje wordt vervormd
 - een auto krijgt een deuk
- b** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een pijl wordt weggeschoten
 - een vliegtuig stijgt op
 - je fietst van een berg naar beneden
- c** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een trein remt af
 - een bal stopt met rollen
 - je fietst een berg op en stopt met trappen
- d** Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- een tram maakt een bocht
 - je draait rondjes in een zweefmolen
 - je fietst de bocht om

2*

- a** Leg uit op welke twee manieren een voorwerp kan vervormen.
- plastisch → de vervorming blijft bestaan als de kracht weg is
 - elastisch → de oorspronkelijke vorm komt terug als de kracht weg is
- b** Geef van iedere manier een voorbeeld uit de praktijk.
- plastisch → je maakt een vorm in een blok klei
 - elastisch → je rekt een elastiekje een beetje uit (niet te ver)

3*

- a** Wat is de betekenis van de hoofdletter F?
- F staat voor de grootte van kracht: "force"
- b** Wat is de betekenis van de hoofdletter N?
- N staat voor de eenheid van kracht: "newton"

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

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

- 5****
- a** Teken een horizontale krachtpijl van 56 N
- maak verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|----|----|
| newton | 40 | 56 |
| centimeter | 5 | x |
- kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 56 = 40 \cdot x$
- $$x = \frac{5 \cdot 56}{40} \rightarrow x = \frac{280}{40} = 7 \text{ cm}$$
- teken een horizontale pijl met een lengte van 7,0 cm

- 6****
- a** Bereken de grootte van F_1 .
- opmeten: ℓ_1 (lengte van krachtpijl 1) $\rightarrow$ 7,4 cm (op 1 mm nauwkeurig)
 - 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 cm (op 1 mm nauwkeurig)
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|---|-------|
| newton | 5 | F_2 |
| centimeter | 2 | 9,3 |

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

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

c Meet de hoek tussen F_1 en F_2 .

- opmeten met geodriehoek: hoek is **37 graden**

7***

a Bereken de krachtschaal.

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

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

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

b Bereken F_1 .

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

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

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

c Bepaal de verhouding tussen ℓ_1 en ℓ_2 .

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

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

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

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

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

8**

a Wat is de resulterende kracht?

- de resulterende kracht krijg je door alle krachten die op een voorwerp werken bij elkaar op te tellen
- hierbij moet je rekening houden met de richtingen van de krachten
- gebruik parallellogram-methode of kop-staart methode

b wat is het symbool voor de resulterende kracht?

- ΣF

c Leg uit waarom dit niet altijd mag.

- omdat je dan geen rekening houdt met de richtingen van de krachten

- d Leg uit wanneer dit wel is toegestaan.
- als de krachten dezelfde richting hebben

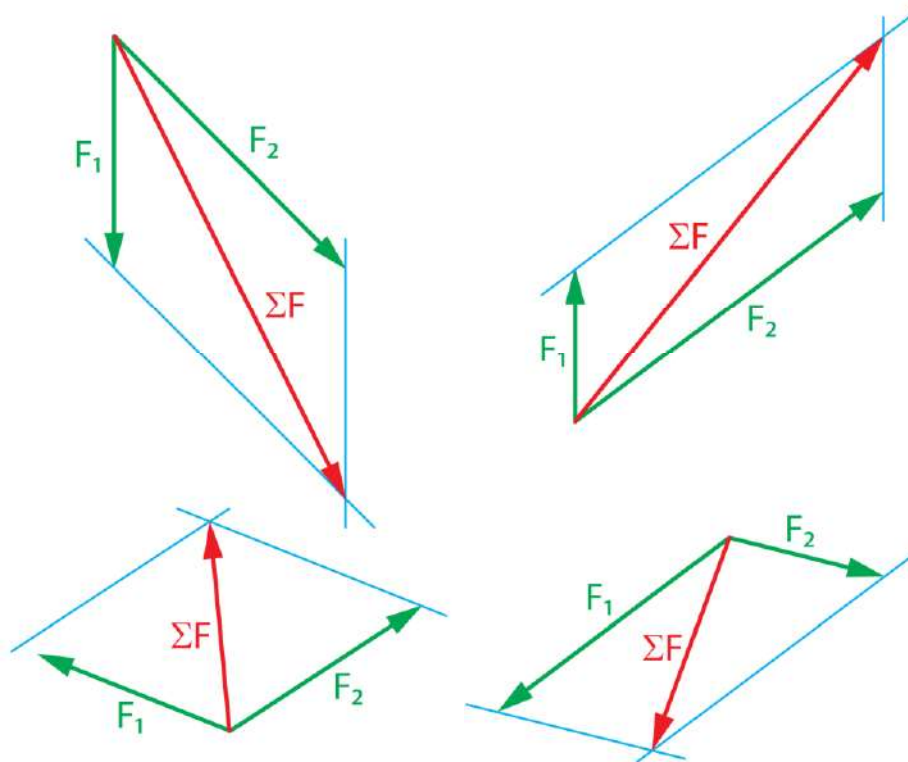
9** a Bereken de grootte van de resulterende kracht.

- zelfde richting: krachten optellen
- $\Sigma F = 15 + 12 = 27 \text{ N}$

b Bereken de grootte van de resulterende kracht.

- tegenovergestelde richting: krachten van elkaar aftrekken
- $\Sigma F = 15 - 12 = 3 \text{ N}$

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



b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

LINKSBOVEN

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

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

RECHTSBOVEN

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

newton		50		F ₂
centimeter		2,9		7,3

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

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 3,9 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 4,3 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | | | |
|------------|--|-----|--|----------------|
| newton | | 50 | | F ₂ |
| centimeter | | 3,9 | | 4,3 |
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 4,3 = 3,9 \cdot F_2$
 - $F_2 = \frac{50 \cdot 4,3}{3,9} \rightarrow F_2 = 55 \text{ N}$

RECHTSONDER

- opmeten $\ell_1 = 5,4 \text{ cm}$ | $\ell_2 = 3,0 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | | | |
|------------|--|-----|--|----------------|
| newton | | 50 | | F ₂ |
| centimeter | | 5,4 | | 3,0 |
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 3,0 = 5,4 \cdot F_2$
 - $F_2 = \frac{50 \cdot 3,0}{5,4} \rightarrow F_2 = 28 \text{ N}$

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

LINKSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 4,4 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 9,7 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | | | |
|------------|--|-----|--|------------|
| newton | | 50 | | ΣF |
| centimeter | | 4,4 | | 9,7 |
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 9,7 = 4,4 \cdot \Sigma F$
 - $\Sigma F = \frac{50 \cdot 9,7}{4,4} \rightarrow \Sigma F = 110 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

- opmeten $\ell_1 = 2,9 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 9,3 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | | | |
|------------|--|-----|--|------------|
| newton | | 50 | | ΣF |
| centimeter | | 2,9 | | 9,3 |
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 9,3 = 2,9 \cdot \Sigma F$
 - $F_2 = \frac{50 \cdot 9,3}{2,9} \rightarrow \Sigma F = 160 \text{ N}$

LINKSONDER

- opmeten $\ell_1 = 3,9 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 4,0 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | | | |
|------------|--|-----|--|------------|
| newton | | 50 | | ΣF |
| centimeter | | 3,9 | | 4,0 |
- kruislings vermenigvuldigen: $50 \cdot 4,0 = 3,9 \cdot \Sigma F$

- $\Sigma F = \frac{50 \cdot 4,0}{3,9} \rightarrow \Sigma F = 51 \text{ N}$

RECHTSONDER

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

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

11***

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

12**

- a** Met hoeveel kracht trekt het grijze paard?
- $\Sigma F = 800 \text{ N}$ | $F_{\text{bruin}} = 500 \text{ N}$ | $F_{\text{grijs}} = \dots \text{ N}$
 - $\Sigma F = F_{\text{bruin}} + F_{\text{grijs}}$
 - $800 = 500 + F_{\text{grijs}} \rightarrow F_{\text{grijs}} = 300 \text{ N}$
- b** Met hoeveel kracht moet het grijze paard trekken om op koets dezelfde kracht te houden?
- $F_{\text{bruin}} = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ N}$
 - $\Sigma F = F_{\text{bruin}} + F_{\text{grijs}}$
 - $800 = 250 + F_{\text{grijs}} \rightarrow F_{\text{grijs}} = 550 \text{ N}$

13**

a Met hoeveel kracht trekt Jan (groene broek)?

- $\Sigma F = 0 \text{ N} \quad | \quad F_{\text{Tim}} = 480 \text{ N} \quad | \quad F_{\text{Tom}} = 620 \text{ N} \quad | \quad F_{\text{Jim}} = 540 \text{ N} \quad | \quad F_{\text{Jan}} = \dots \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{\text{Tim}} + F_{\text{Tom}} - F_{\text{Jim}} - F_{\text{Jan}} = 0$
- $0 = 480 + 620 - 540 - F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Jan}} = 560 \text{ N}$

b Wat gebeurt er als Jan het touw loslaat?

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

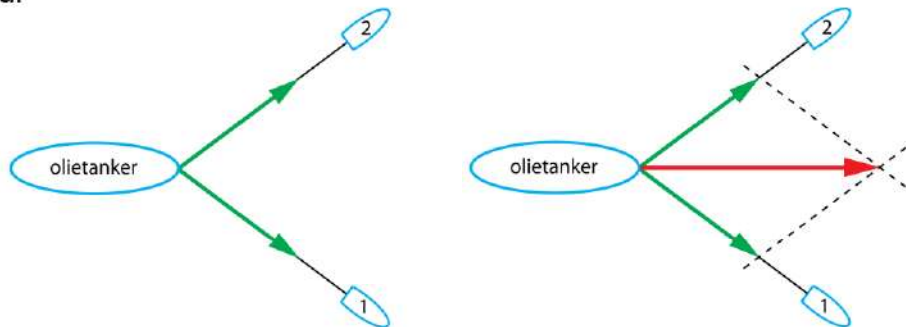
14***

a Teken de krachtpijl van sleepboot 2.

- opmeten: pijl 1 is 3,5 cm lang
- teken pijl F_2 even lang als pijl F_1 (zie figuur)

b Teken de resulterende kracht op de olietanker.

- zie figuur



c Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

- opmeten: $\ell_1 = 3,5 \text{ cm} \quad | \quad \text{opmeten lengte } \Sigma F \text{ pijl: } \ell = 5,6 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

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

d Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

- de tanker gaat varen in de richting van ΣF

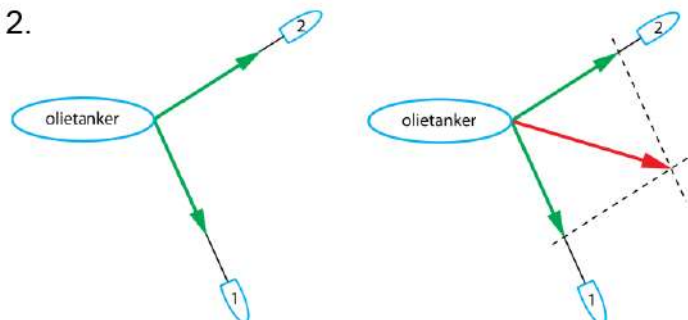
15***

a Teken de krachtpijl van sleepboot 2.

- zie figuur

b Teken de resulterende kracht op de olietanker.

- zie figuur



c Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

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

• verhoudingstabel:

newton		35000		ΣF
centimeter		3,5		4,6

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

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

d Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

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

e Leg uit in welke richting de sleepboten gaan varen.

- de sleepboten gaan in dezelfde richting als de boot varen

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

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

b Bepaal de resulterende kracht op het containerschip.

- teken het parallellogram en teken de resulterende kracht

- meet de lengte van de krachtpijl in de kabel

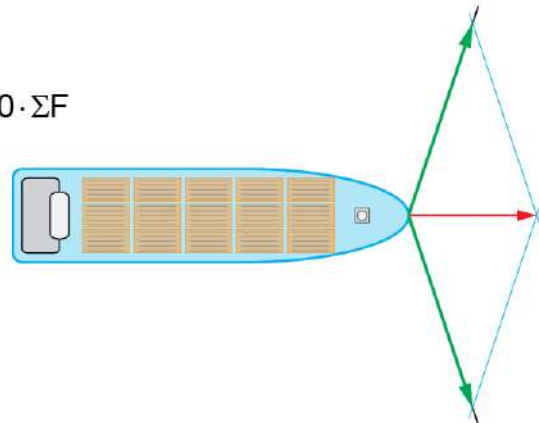
- opmeten: $\ell_1 = 5,0 \text{ cm}$ | opmeten lengte ΣF pijl: $\ell = 3,1 \text{ cm}$

• verhoudingstabel:

newton		50000		ΣF
centimeter		6,4		4,0

- kruislings vermenigvuldigen: $50000 \cdot 6,4 = 4,0 \cdot \Sigma F$

- $\Sigma F = \frac{50000 \cdot 4}{6,4} \rightarrow \Sigma F = 80000 \text{ N}$



HERHALING

- 1** Gebruik een verhoudingstabel om de lengte van de krachtpijl ℓ_2 te berekenen.

$$\begin{array}{c|c|c} \text{newton} & F_1 & F_2 \\ \hline \text{centimeter} & \ell_1 & \ell_2 \end{array} \rightarrow F_1 \cdot \ell_2 = F_2 \cdot \ell_1$$

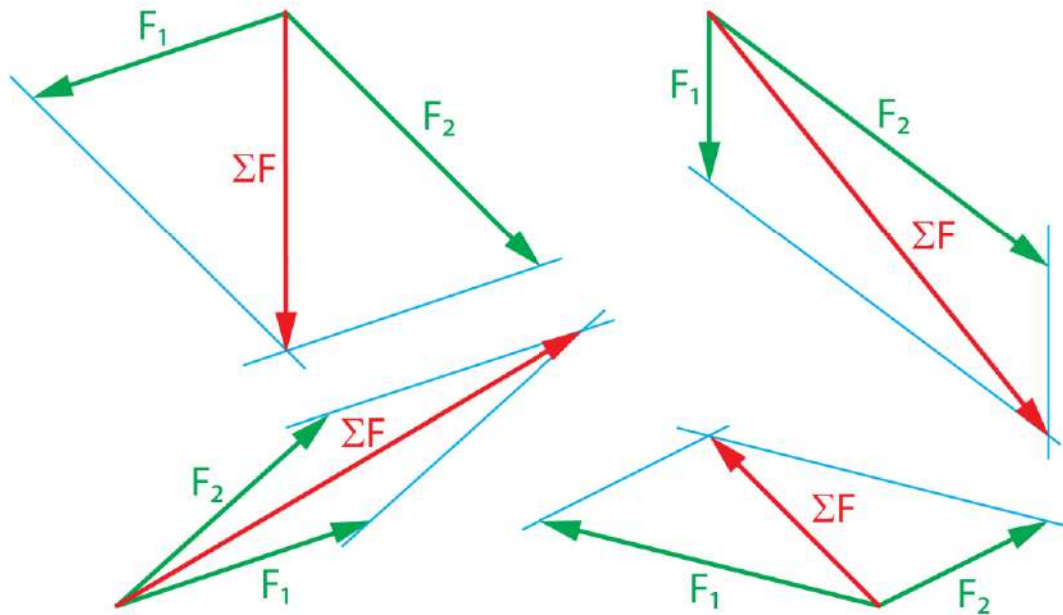
F_1 (N)	lengte pijl F_1 (cm)	F_2 (N)	lengte pijl F_2 (cm)
10	4	15	6
10	6	25	15
120	3	50	1,25
4500	9	3000	6
850	10	312	3,67

- 2** Gebruik een verhoudingstabel om de grootte van F_2 te berekenen.

$$\begin{array}{c|c|c} \text{newton} & F_1 & F_2 \\ \hline \text{centimeter} & \ell_1 & \ell_2 \end{array} \rightarrow F_1 \cdot \ell_2 = F_2 \cdot \ell_1$$

F_1 (N)	lengte pijl F_1 (cm)	F_2 (N)	lengte pijl F_2 (cm)
10	4	15	6
25	5	40	8
60	12	25	5
76	15	121,6	24
1600	7,3	493,15	2,25
5500	8,7	13781,6	21,8

3***

a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht ΣF .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: $175 \cdot 5,6 = 4,2 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 5,6}{4,2} \rightarrow F_2 = 233,33 \text{ N}$

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: $175 \cdot 6,6 = 2,6 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 6,6}{2,6} \rightarrow F_2 = 444,23 \text{ N}$

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: $175 \cdot 4,4 = 4,1 \cdot F_2$
- $F_2 = \frac{175 \cdot 4,4}{4,1} \rightarrow F_2 = 187,8 \text{ N}$

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

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

LINKSBOVEN

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

newton	175	ΣF
centimeter	4,2	5,3
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 5,3 = 4,2 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 5,3}{4,2} \rightarrow \Sigma F = 220,83 \text{ N}$

RECHTSBOVEN

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

newton	175	ΣF
centimeter	2,6	8,5
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 8,5 = 2,6 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 8,5}{2,6} \rightarrow \Sigma F = 572,12 \text{ N}$

LINKSONDER

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

newton	175	ΣF
centimeter	4,1	8,4
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 8,4 = 4,1 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 8,4}{4,1} \rightarrow \Sigma F = 358,54 \text{ N}$

RECHTSONDER

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

newton	175	ΣF
centimeter	5,5	3,8
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 3,8 = 5,5 \cdot \Sigma F$
- $\Sigma F = \frac{175 \cdot 3,8}{5,5} \rightarrow \Sigma F = 120,9 \text{ N}$

3.2 De zwaartekracht

1*

- a Leg uit wat "massa" is.
- massa is de hoeveelheid materie
- b Geef de eenheid van massa.
- de eenheid van massa is kg
- c Leg uit wat zwaartekracht en massa met elkaar te maken hebben.
- als iets massa heeft oefent de aarde hierop een aantrekkende kracht uit
 - deze aantrekkingskracht heet de zwaartekracht
- d Leg uit of je massa verandert als je in de ruimte bent.
- in de ruimte verandert de hoeveelheid materie niet
 - in de ruimte verandert de massa niet

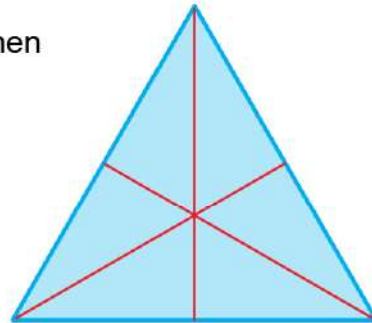
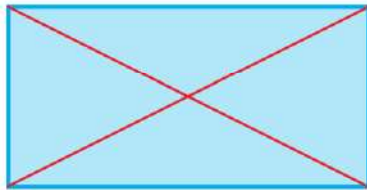
2**

- a Wat bepaalt hoeveel zwaartekracht een voorwerp op aarde ondervindt.
- de massa van het voorwerp
 - de afstand van het voorwerp tot het middelpunt van de aarde
- b Bereken de zwaartekracht op een persoon van 54 kg.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 54 \cdot 9,81 = 529,74 = 530 \text{ N}$
- c Leg uit of de zwaartekracht op een voorwerp op aarde groter of kleiner kan worden gemaakt.
- op het oppervlak van de aarde kan de zwaartekracht niet worden veranderd
 - breng je het voorwerp op grote hoogte (bijvoorbeeld 30 km) dan neemt de zwaartekracht een beetje af

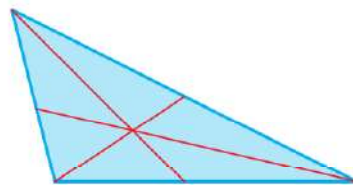
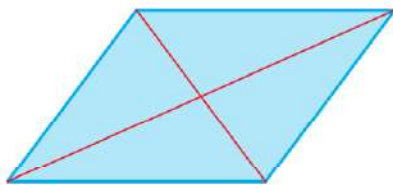
3***

- a Stel dat je naar Mars gaat en daar opnieuw op deze weegschaal gaat staan, wat geeft de weegschaal dan aan?
- de valversnelling op Mars is $\frac{9,81}{3,7} = 2,651$ keer kleiner
 - de weegschaal geeft $\frac{54}{2,651} = 20,37 \text{ kg}$ aan
- b Stel dat je naar Jupiter gaat en daar opnieuw op deze weegschaal gaat staan, wat geeft de weegschaal dan aan?
- de valversnelling op Jupiter is $\frac{24,9}{9,81} = 2,538$ keer groter
 - de weegschaal geeft $54 \cdot 2,538 = 137 \text{ kg}$ aan

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



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



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

- 7*** a Leg uit wat er met het voorwerp gaat gebeuren.
- als krachten niet in evenwicht zijn gaat het voorwerp versnellen of vertragen
 - de grootte van de snelheid verandert en/of
 - de richting van de snelheid (de bewegingsrichting) verandert

- 8***
- a** Wat betekent "normaal" in het woord normaalkracht?
- "normaal" betekent dat deze kracht loodrecht op de oppervlakte staat
 - loodrecht is een hoek van 90° met het oppervlak
- b** Waaraan kun je dit merken?
- als je staat voel je een kracht op je voeten
 - als je zit voel je een kracht op je billen
 - als je hangt voel je een kracht aan je armen
- c** Wat gebeurt er als er geen normaalkracht op je lichaam werkt?
- dan val je naar het middelpunt van de aarde

- 9****
- a** Hoe groot is de resulterende kracht op het boek?
- het boek is niet aan het versnellen of vertragen
 - $\Sigma F = 0$
- b** Hoe heet de kracht die het boek op de tafel uitoefent?
- het gewicht van het boek
- c** Hoe heet de kracht die de tafel op het boek uitoefent?
- de normaalkracht
- d** Hoe groot zijn de krachten die op het boek werken?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,8 \cdot 9,81 = 7,84 \text{ N}$
 - $F_n = F_z$ staat in 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 $3,9 \text{ cm} \rightarrow$ wijst omhoog
- f** Welke krachten werken er op de tafel?
- het gewicht van het boek op de tafel
 - de zwaartekracht op de tafel
 - de normaalkracht waarmee de vloer tegen de tafelpoten duwt
- de grootte van de normaalkracht is gelijk aan het gewicht van het boek plus het gewicht van de tafel

- 10*****
- a** Hoe groot is de massa van deze steen op aarde?
- op aarde is de massa ook $5,0 \text{ kg}$
- b** Hoe groot is het gewicht van deze steen op de maan?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 1,62 = 8,1 \text{ N}$

c Hoe groot is het gewicht van deze steen op aarde?

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

11**

a Teken de zwaartekracht op de kar.

Krachtschaal $1 \text{ cm} \leftrightarrow 50 \text{ N}$.

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

- lengte krachtpijl $\ell = \frac{245,25}{50} = 4,9 \text{ cm}$ en wijst omlaag

b Teken de normaalkrachten op de wielen van de kar.

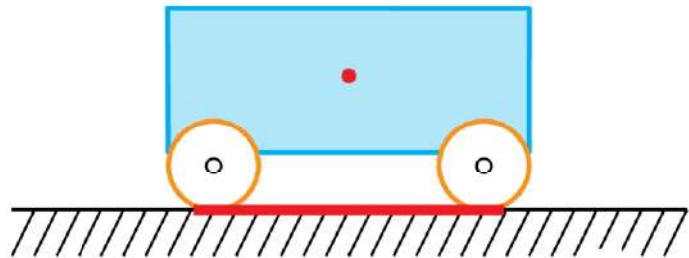
- de normaalkracht is verdeeld over twee of vier wielen

- 2 wielen: $F_N = \frac{245,25}{2} = 123 \text{ N}$ per wiel $\rightarrow$ krachtpijl $\frac{123}{50} = 2,5 \text{ cm}$ omhoog

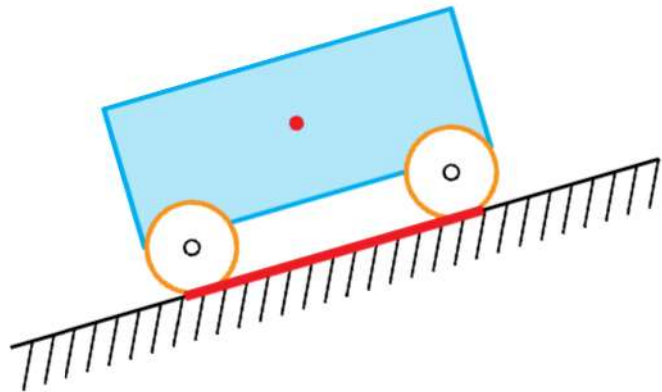
- 4 wielen: $F_N = \frac{245,25}{4} = 61,3 \text{ N}$ per wiel $\rightarrow$ krachtpijl $\frac{61,3}{50} = 1,23 \text{ cm}$ omhoog

12*

a Teken het steunvlak van de kar.



b Teken het steunvlak van de kar op de helling.



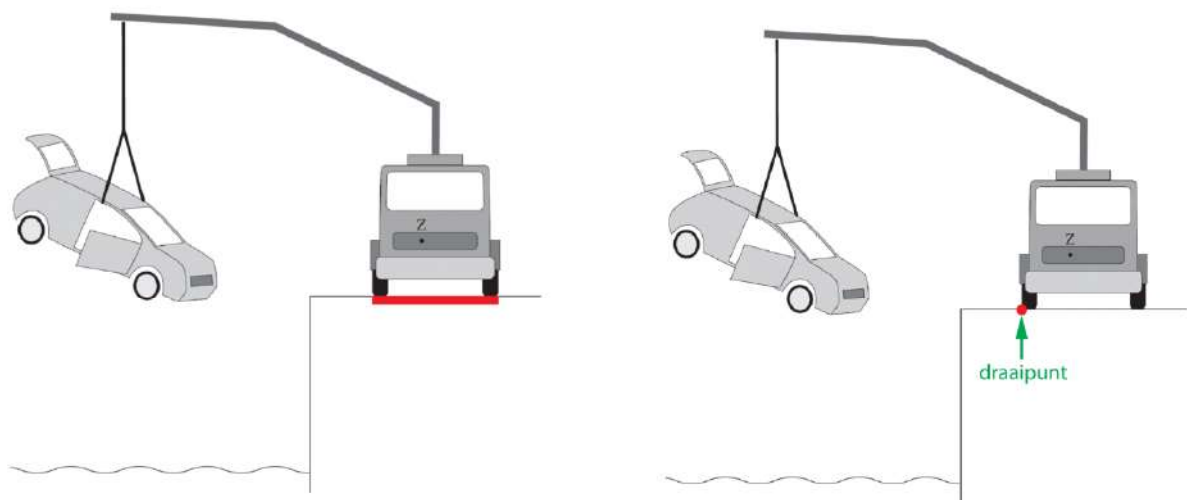
13**

a Teken het steunvlak van de takelwagen.

- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten

b Geef het punt aan waar de takelwagen gaat draaien.

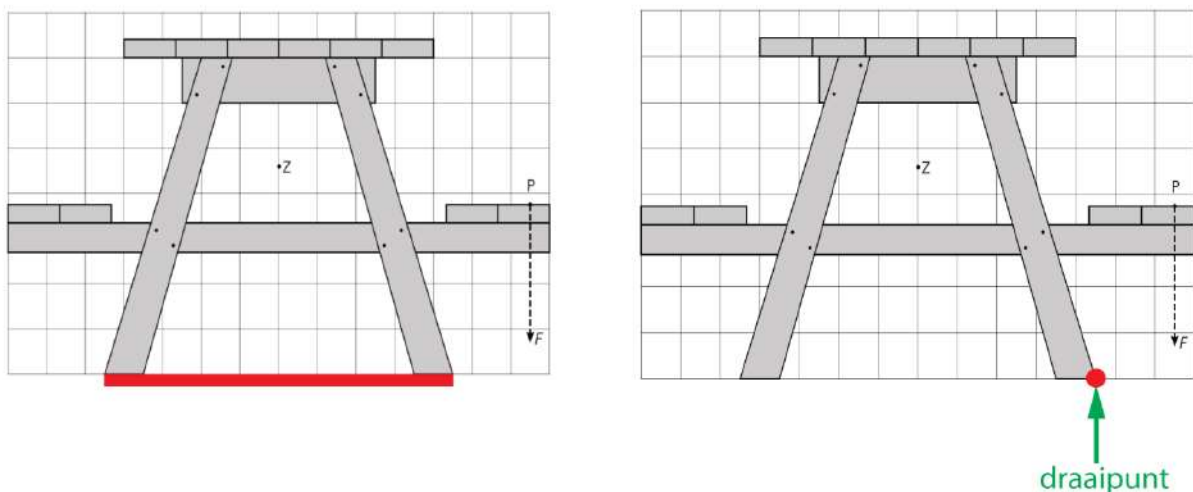
- het draaipunt is bij het wiel dat langs de kade staat



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

14**

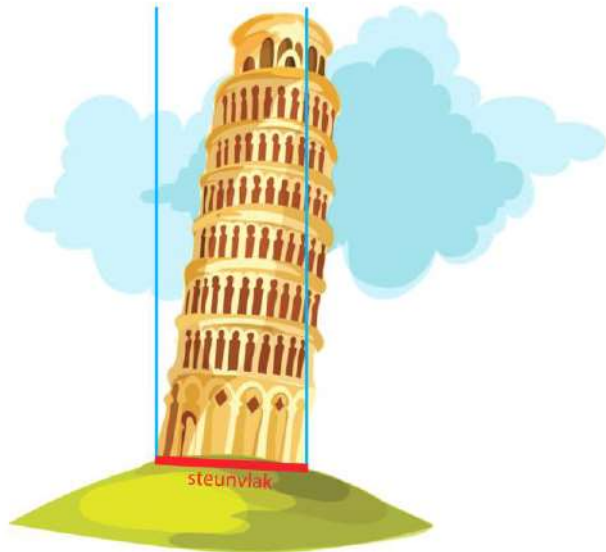
- a** Teken het steunvlak van de picknicktafel.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de picknicktafel gaat draaien.
- het draaipunt is aan de buitenkant van de rechterpoot



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

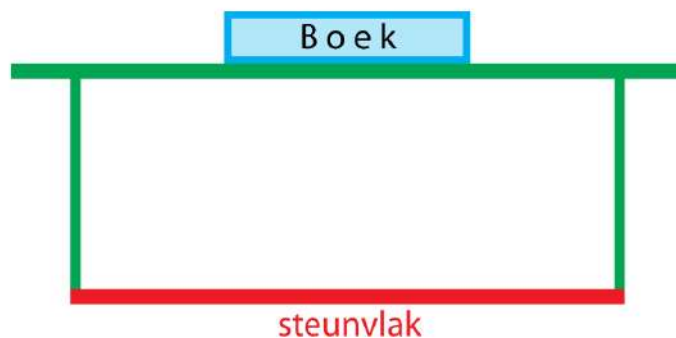
15***

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



16***

- 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.

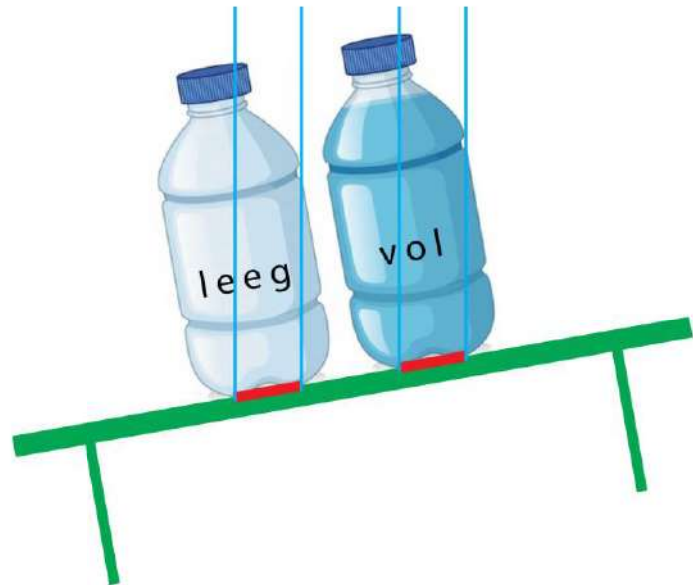


17****

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

b Gaat er een fles omvallen?

- teken het steunvlak
- teken verticale lijnen aan de buitenkant van het steunvlak
- schat de ligging van het zwaartepunt
- schatting → in beide gevallen ligt het zwaartepunt nog net binnen de lijnen
- de flessen gaan niet omvallen



c Welke fles gaat als eerste omvallen als de tafel steeds schever komt te staan?

- de volle fles is niet helemaal tot de rand toe vol
- bij de volle fles ligt het zwaartepunt een beetje lager dan bij de lege fles
- de lege fles valt als eerste om

d Wat kun je doen om ervoor te zorgen dat de volle fles niet zo snel omvalt?

- het zwaartepunt moet omlaag worden gebracht
- dit kan door een beetje water uit de fles te gieten

3.3 Kracht en vervorming

- 1***
- a** Leg uit wat met de vervorming wordt bedoeld.
- de vervorming is de verandering van de vorm
 - bij een spiraalveer is het de verandering van de lengte van de veer
- b** Wat is het symbool voor de vervorming.
- de vervorming heeft het symbool u (van uitrekking)
- c** Wat is de eenheid van de vervorming.
- de vervorming is een afstand en de eenheid van vervorming is daarom meter
- 2***
- a** Bereken de vervorming als je aan het veertje trekt.
- het veertje wordt langer $\rightarrow \Delta l = l_{\text{nieuw}} - l_{\text{oud}}$
 - $\Delta l = 4,8 - 3,5 = 1,3 \text{ cm} = 0,013 \text{ m}$
- b** Bereken de vervorming als je het veertje in elkaar drukt.
- het veertje wordt korter $\rightarrow \Delta l = l_{\text{nieuw}} - l_{\text{oud}}$
 - $\Delta l = 1,8 - 3,5 = -1,7 \text{ cm} = -0,017 \text{ m}$
 - de vervorming is $0,017 \text{ m}$ **geen min teken**
- 3***
- a** Leg uit wat de veerconstante van een veer is.
- als je een kracht uitoefent op een spiraalveer rekt deze uit
 - de kracht gedeeld door de uitrekking is steeds hetzelfde getal
 - dit getal is de veerconstante en geeft aan hoeveel newton het kost om de veer 1 meter uit te rekken
 - is de veerconstante groot dan is de veer stug en kost het veel kracht om de spiraalveer uit te rekken
- b** Wat is het symbool voor de "veerconstant"
- hoofdletter C
- c** Wat is de eenheid van de veerconstante.
- $F = C \cdot u \rightarrow C = \frac{F}{u}$
 - de eenheid is daarom newton per meter $\rightarrow \text{N} / \text{m}$
- 4****
- a** Hoeveel kracht heb je nodig om de veer 1,0 meter uit te rekken?
- $C = 32 \text{ N/m} \mid u = 1,0 \text{ m} \mid F = \dots \text{N}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow F = 32 \cdot 1 = 32 \text{ N}$

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

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

5**

a Leg uit welke veer het makkelijkst is te vervormen.

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

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

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

c Bereken de vervorming van veer B.

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

6***

a Bereken de veerconstante.

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

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

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

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

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

7****

a Welke lengte krijgt de veer als je er een blokje van 800 gram aan hangt?

- door 300 gram toe te voegen neemt de lengte 15 cm toe
- als je een blokje van 800 g aan de veer hangt heb je 600 g toegevoegd in vergelijking met het blokje van 200 gram
- de spiraalveer wordt $2 \cdot 15 = 30 \text{ cm}$ langer
- de spiraalveer krijgt een lengte van $25 + 30 = 55 \text{ cm}$

- b** Bij welke massa krijgt de veer een lengte van 70 cm?
- door 300 gram toe te voegen neemt de lengte 15 cm toe
 - bij 500 gram is de veer 40 cm lang
 - om de veer 70 cm lang te maken moet je twee keer 15 cm toevoegen
 - je moet twee keer 300 gram toevoegen → in totaal $500 + 300 + 300 = 1100$ gram

8***

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 = $23,2 - 17,8 = 5,4$ cm

b Bepaalde veerconstante.

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

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

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

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

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

9**

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 je nodig hebt om deze veer 1,5 cm uit te rekken.

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

c Bereken de uitrekking als je een kracht van 18 N uitoefent.

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

10**

a Bepaal de veerconstante.

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

b Bepaal de kracht die je nodig hebt 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 Bereken de lengte van de veer bij een kracht van 125 N?

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

11***

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

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

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

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

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

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

12****

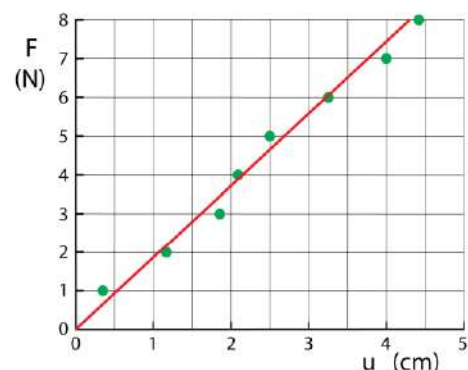
a Leg uit waaraan je kunt zien dat het experiment slordig is uitgevoerd

- de meetpunten liggen niet op een rechte lijn

b Leg uit waarom dit het geval is.

- als je geen kracht op de veer uitoefent is de uitrekking nul **de lengte is dan niet nul**

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



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

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

- e Bereken de kracht die nodig is om de veer 14 cm uit te rekken.
- $C = 186 \text{ N/m}$ | $u = 0,14 \text{ m}$ | $F = \dots \text{ N}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow F = 186 \cdot 0,14 = 26,04 = 26 \text{ N}$

13**** a Bereken de veerconstante van de veer.

- $m = 5,0 \text{ kg}$ | $g = 1,62 \text{ m/s}^2$ | $F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 1,62 = 8,1 \text{ N}$
- $F = 8,1 \text{ N}$ | $u = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$ | $C = \dots \text{ N/m}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{8,1}{0,2} = 40,5 \text{ N/m}$

b Bereken de uitrekking van de veer op aarde.

- $m = 5,0 \text{ kg}$ | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | $F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$
- $F = 49,05 \text{ N}$ | $C = 40,5 \text{ N/m}$ | $u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 49,05 = 40,5 \cdot u \rightarrow u = 1,21 \text{ m}$

14**** a Bereken de veerconstante.

- 60 gram toevoegen geeft een uitrekking van $u = 27,5 - 22,5 = 5,0 \text{ cm}$
- $m = 60 \text{ g} = 0,060 \text{ kg}$ | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | $F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,06 \cdot 9,81 = 0,5886 \text{ N}$
- $F = 0,5886 \text{ N}$ | $u = 5,0 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$ | $C = \dots \text{ N/m}$
- $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{0,5886}{0,05} = 11,772 \text{ N/m}$

b Bereken de lengte van de veer als er geen blokje aan hangt.

- $m = 90 \text{ g} = 0,090 \text{ kg}$ | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | $F_z = \dots \text{ N}$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,09 \cdot 9,81 = 0,8829 \text{ N}$
- $F = 0,8829 \text{ N}$ | $C = 11,772 \text{ N/m}$ | $u = \dots \text{ m}$
- $F = C \cdot u \rightarrow 0,8829 = 11,772 \cdot u \rightarrow u = 0,075 \text{ m} = 7,5 \text{ cm}$
- 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

Druk geen opgaven

3.4 Kracht en versnelling

- 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 verandert de snelheid en 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 een voorwerp dan oefent dat voorwerp een even grote kracht uit op jou in tegengestelde richting

- 2***
- a** Bereken de zwaartekracht op de bowlingbal.
- $F_z = m \cdot g$ met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
 - $F_z = 3 \cdot 9,81 = 29,43 = 29 \text{ N}$
- b** Bereken de kracht die je armspier uitoefent.
- de bal beweegt niet
 - $F_{\text{bal op hand}} = -F_{\text{hand op bal}}$
 - $F_{\text{bal op hand}} = F_z = 29 \text{ N}$
 - $F_{\text{hand op bal}} = F_{\text{spier}} = 29 \text{ N}$
- c** Hoe heet de kracht die je armspier uitoefent?
- de spierkracht

- 3***
- a** Noem de krachten die onderweg op de bowlingbal werken.
- zwaartekracht → de kracht die de bal op de baan uitoefent
 - normaalkracht → de kracht die de baan op de bal uitoefent
- b** Zijn er nu andere krachten in het spel dan bij vraag 2?
- nee, behalve dat de spierkracht is vervangen door de normaalkracht
 - de spierkracht mag je opvatten als een normaalkracht

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

- b** Wat weet je van de richting van de resulterende kracht als de bal door de pionnen wordt afgeremd?
- de richting van de resulterende kracht is tegengesteld aan de richting van de snelheid

5***

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

6**

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

7***

- a** Bereken de zwaartekracht op de auto
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 1200 \cdot 9,81 = 11772 \text{ N}$
- b** Bereken de normaalkracht op de auto
- verticaal zijn de krachten in evenwicht
 - $F_z + F_N = 0 \rightarrow F_N = -F_z$
 - $F_N = -11772 \text{ N}$ minteken niet verplicht
- c** Bereken de resulterende kracht op de auto.
- $t = 5,0 \text{ s} \mid v_{\text{begin}} = 0 \text{ m/s} \mid v_{\text{eind}} = 72/3,6 = 20 \text{ m/s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
 - $\Delta v = a \cdot \Delta t$

- $20 = a \cdot 5 \rightarrow a = 4,0 \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 1200 \cdot 4 = 4800 \text{ N}$

d Bereken de weerstandskracht op de auto.

- constante snelheid $\rightarrow$ horizontaal zijn de krachten in evenwicht
- $F_{\text{motor}} + F_{\text{weerstand}} = 0 \rightarrow F_{\text{weerstand}} = -F_{\text{motor}}$
- $F_{\text{weerstand}} = -2500 \text{ N}$ minteken niet verplicht

8***

a Hoe groot is de snelheid van de slee na 5,0 s?

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

b Welke afstand heeft de slee na 5,0 s afgelegd?

- $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{0 + 5}{2} = 2,5 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ m}$

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

- verticaal zijn de krachten in evenwicht
- $F_z + F_N = 0 \rightarrow F_N = -F_z$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ N}$
- $F_N = -392,4 \text{ N}$ minteken niet verplicht

c Na hoeveel seconde staat de slee stil?

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

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?

- $\Delta v = \frac{144}{3,6} = 40 \text{ m/s} \mid \Delta t = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = a \cdot 300 \rightarrow a = 0,13333 \text{ m/s}^2$
- $m = 360.000 \text{ kg} \mid a = 0,13333 \text{ m/s}^2 \mid \Sigma F = \dots \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 360000 \cdot 0,13333 = 48000 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{\text{wrijving}} \rightarrow 48000 = F_{\text{motor}} - 9000 \rightarrow F_{\text{motor}} = 57000 \text{ N}$

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

- $\Sigma F = 9000 \text{ N} \mid m = 360000 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 9000 = 360000 \cdot a \rightarrow a = 0,025 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = 40 \text{ m/s} \mid a = 0,025 \text{ m/s}^2 \mid \Delta t = \dots \text{ s}$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = 0,025 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 1600 \text{ s}$
- $\frac{1600}{60} = 26,67 \text{ minuten}$

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

- $v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{40 + 0}{2} = 20 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 20 \cdot 1600 = 32000 \text{ m} \rightarrow s = 32 \text{ km}$

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

- $\Delta V = 90 - 36 = 54 \text{ km/h} \rightarrow \Delta v = \frac{54}{3,6} = 15 \text{ m/s} \mid \Delta t = 20 \text{ s} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 15 = a \cdot 20 \rightarrow a = 0,75 \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 20000 \cdot 0,75 = 15000 \text{ N}$

b Is de remkracht naar voren of naar achteren gericht?

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

c Leg uit waarom dit het geval is.

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

11*** **a** Welke denkfout maakt Dombo?

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

b Wie van hen wint de wedstrijd?

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

12*** **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

13***

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

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

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

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

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

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

3.5 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.
- $F = 50 \text{ N} \quad | \quad r = 0,048 \text{ m} \quad | \quad M = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0,048 = 2,4 \text{ N} \cdot \text{m}$

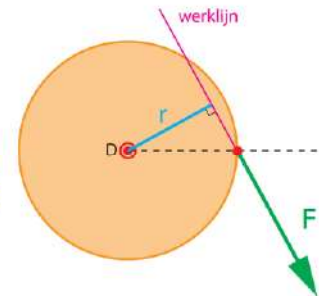
- 3****
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt → 3,4 cm
 - de arm is 0,034 m
- b** Bereken het moment van de kracht.
- $F = 50 \text{ N} \quad | \quad r = 0,034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

- 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.
- $F = 50 \text{ N}$ | $r = 0 \text{ m}$ | $M = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 50 \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$

5**

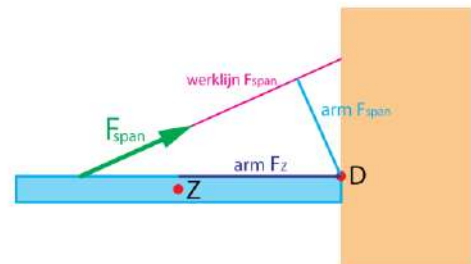
- a** Bepaal de arm van de kracht.
- teken de werklijn van de kracht
 - teken een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
 - meet de afstand van de werklijn tot het draaipunt $\rightarrow 2,5 \text{ cm}$
 - de arm is $0,025 \text{ m}$



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

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

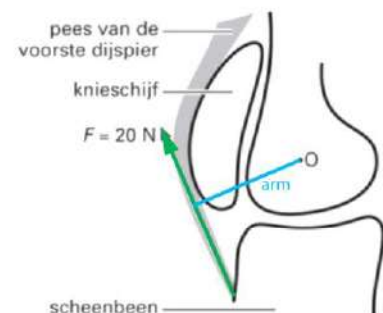


- b** Bereken het moment van de spankracht.
- $F = 5000 \text{ N}$ | $r = 0,96 \text{ m}$ | $M = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 5000 \cdot 0,96 = 4800 \text{ N} \cdot \text{m}$

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

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.
- $F = 20 \text{ N}$ | $r = 0,0275 \text{ m}$ | $M = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
 - $M = F \cdot r \rightarrow M = 20 \cdot 0,0275 = 0,55 \text{ N} \cdot \text{m}$



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 $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $313,92 \cdot 1,5 = F_R \cdot 1,7 \rightarrow F_R = 276,988 \text{ N}$
- $F_Z = m \cdot g \rightarrow 276,988 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 28,235 \text{ kg}$

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 $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $784,8 \cdot r_1 = 343,35 \cdot 2,0 \rightarrow r_1 = 0,875 \text{ m}$

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

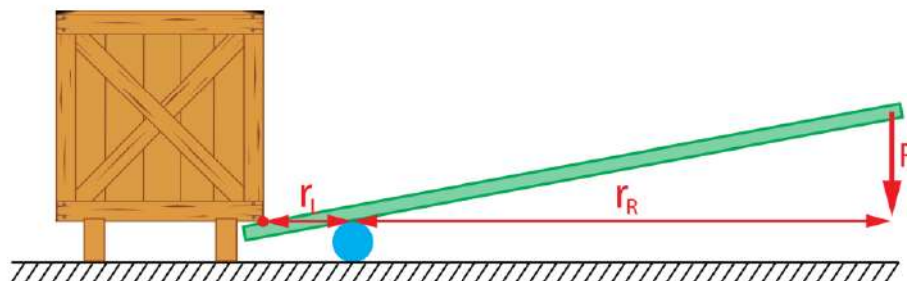
12***

a Waar ligt het draaipunt van de hefboom?

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

b Hoe groot is de kracht op de kist?

- teken de werklijnen van de krachten
- teken voor iedere kracht een lijn loodrecht op de werklijn door het draaipunt
- opmeten arm van kracht naar beneden $\rightarrow 9,6 \text{ cm}$
- opmeten arm van de kracht op de kist $\rightarrow 1,5 \text{ cm}$
- $F_2 = 240 \text{ N}$ | $r_2 = 0,096 \cdot 20 = 1,92 \text{ m}$ | $r_1 = 0,016 \cdot 20 = 0,30 \text{ m}$ | $F_1 = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $F_1 \cdot 0,30 = 240 \cdot 1,92 \rightarrow F_1 = 1536 \text{ N}$



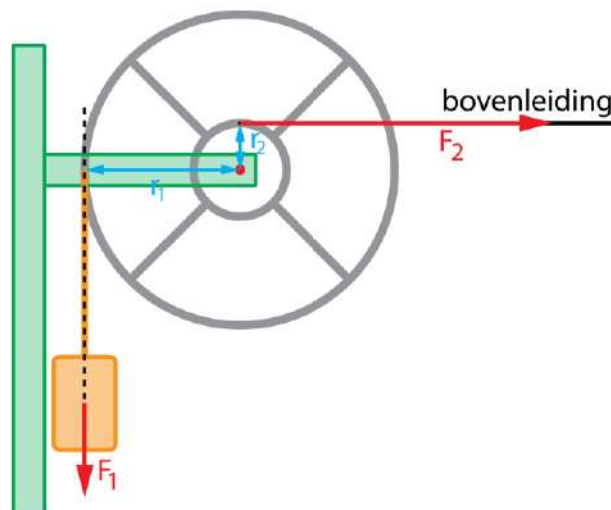
c Hoeveel kracht moet je minimaal gebruiken om de kist aan één kant op te tillen?

- de zwaartekracht op de kist is $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ N}$

- de helft van deze kracht wordt door de hefboom uitgeoefend $\frac{2943}{2} = 1471,5 \text{ N}$
- $F_1 = 1471,5 \text{ N}$ | $r_1 = 0,015 \cdot 20 = 0,30 \text{ m}$ | $r_2 = 0,096 \cdot 20 = 1,92 \text{ m}$ | $F_2 = \dots \text{ N}$
- evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
- $1471,5 \cdot 0,30 = F_R \cdot 1,92 \rightarrow F_R = 230 \text{ N}$

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 $\rightarrow 1,0 \text{ cm}$
 - $F_1 = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ N}$ | $r_1 = 3,3 \text{ cm}$ | $r_2 = 1,0 \text{ cm}$ | $F_2 = \dots \text{ N}$
 - evenwicht $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
 - $4905 \cdot 3,3 = F_2 \cdot 1,0 \rightarrow F_2 = 16186,5 \text{ N}$



- 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.~~