

3 Kracht

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 de zweefmolen
 - je fietst de bocht om
- 2***
- a** Leg uit op welke twee manieren een voorwerp kan vervormen.
- plastisch → de vervorming blijft bestaan als de kracht weg is
 - elastisch → de oorspronkelijke vorm komt terug als de kracht weg is
- b** Geef van iedere manier een voorbeeld uit de praktijk.
- plastisch → je maakt een vorm in een blok klei
 - elastisch → je rekt een elastiekje een beetje uit (niet te ver)
- 3***
- a** Wat is de betekenis van de hoofdletter F?
- F staat voor de grootte van kracht: "force"
- b** Wat is de betekenis van de hoofdletter N?
- N staat voor de eenheid van kracht: "newton"

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

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

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

- 6**
- a Bereken de grootte van F_1 .
- opmeten: l_1 (lengte van krachtpijl 1) $\rightarrow$ 7,5 cm (op 1 mm nauwkeurig)
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|---|-------|
| newton | 5 | F_1 |
| centimeter | 2 | 7,5 |
- kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 7,5 = 2 \cdot F_1$
- $$F_1 = \frac{5 \cdot 7,5}{2} \rightarrow F_1 = 18,75 \text{ N}$$

b Bereken de grootte van F_2 .

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

• verhoudingstabel:

newton		5		F_2
centimeter		2		9,3

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

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

c Meet de hoek tussen F_1 en F_2 .

- opmeten met geodriehoek: hoek is 37 graden

7***

a Bereken de krachtschaal.

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

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

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

b Bereken F_1 .

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

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

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

c Bepaal de verhouding tussen ℓ_1 en ℓ_2 .

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

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

d Beredeneer wat de verhouding is tussen F_1 en F_2 .

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

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

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

3.2 Optellen en splitsen van krachten

Krachten optellen – tekenen

1**

- a** Wat is de resulterende kracht?
- de resulterende kracht krijg je door alle krachten die op een voorwerp werken bij elkaar op te tellen
 - hierbij moet je rekening houden met de richtingen van de krachten
 - gebruik parallellogram-methode of kop-staart methode
- b** wat is het symbool voor de resulterende kracht?
- ΣF
- c** Leg uit waarom dit niet altijd mag en wanneer dit wél is toegestaan.
- niet altijd omdat je rekening moet houden met de richtingen van de krachten
 - het mag wél als de krachten dezelfde richting hebben
- d** Bereken de grootte van de resulterende kracht.
- zelfde richting: krachten optellen $\rightarrow \Sigma F = 15 + 12 = 27 \text{ N}$
- e** Bereken de grootte van de resulterende kracht.
- tegenovergestelde richting: krachten van elkaar aftrekken $\rightarrow \Sigma F = 15 - 12 = 3 \text{ N}$

2**

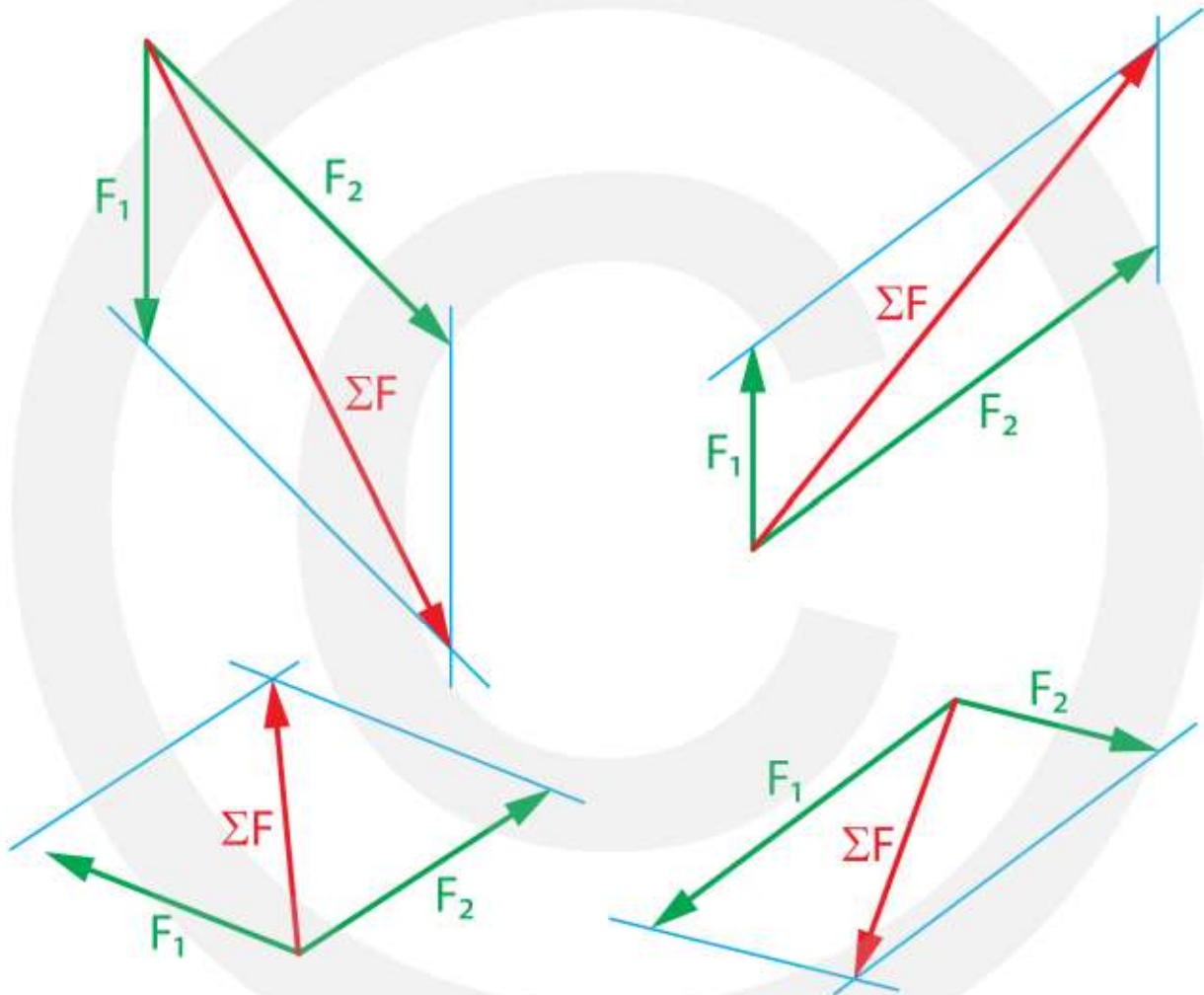
- a** Met hoeveel kracht trekt het bruine paard?
- grijze paard de helft van de kracht van het bruine paard
 - $F_{\text{bruin}} = \frac{2}{3} \cdot \Sigma F$ en $F_{\text{grijs}} = \frac{1}{3} \cdot \Sigma F$
 - $F_{\text{bruin}} = \frac{2}{3} \cdot 810 = 540 \text{ N}$
- b** Hoeveel kracht moet het bruine paard uitoefenen, zodat de totale kracht op de koets 810 N blijft?
- stel de kracht van het bruine paard is op x
 - $x + 0,35 \cdot x = 810 \rightarrow 1,35 \cdot x = 810 \rightarrow x = 600$
 - het bruine paard moet een kracht van 600 N uitoefenen

3**

- a** Met hoeveel kracht trekt Jan (groene broek)?
- $\Sigma F = 0 \text{ N} \mid F_{\text{Tim}} = 480 \text{ N} \mid F_{\text{Tom}} = 620 \text{ N} \mid F_{\text{Jim}} = 540 \text{ N} \mid F_{\text{Jan}} = \dots \text{ N}$
 - $\Sigma F = F_{\text{Tim}} + F_{\text{Tom}} - F_{\text{Jim}} - F_{\text{Jan}}$
 - $0 = 480 + 620 - 540 - F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Jan}} = 560 \text{ N}$

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

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



b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

LINKSBOVEN

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

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

RECHTSBOVEN

- opmeten $l_1 = 2,9 \text{ cm}$ | $l_2 = 7,3 \text{ cm}$
- 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 $l_1 = 3,9 \text{ cm}$ | $l_2 = 4,3 \text{ cm}$
- 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 $l_1 = 5,4 \text{ cm}$ | $l_2 = 3,0 \text{ cm}$
- 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 $l_1 = 4,4 \text{ cm}$ | $l_{\text{res}} = 9,7 \text{ cm}$
- 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 $l_1 = 2,9 \text{ cm}$ | $l_{\text{res}} = 9,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

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

LINKSONDER

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

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

RECHTSONDER

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

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

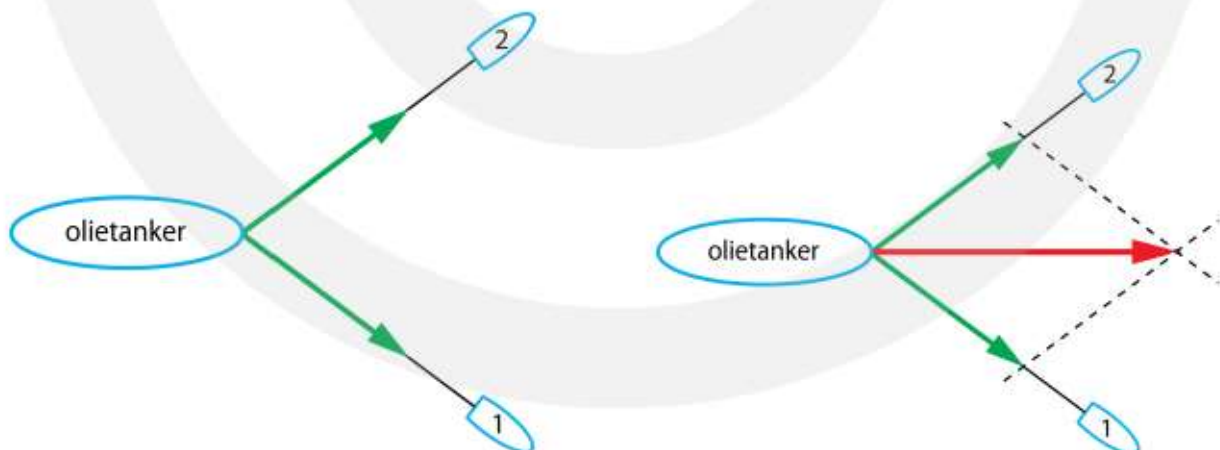
5***

Olietanker

a Teken de krachtpijl van sleepboot 2.

- opmeten: pijl 1 = **3,0 cm** lang
- teken pijl F_2 even lang als pijl F_1 (zie figuur)

b Teken de resulterende kracht op de olietanker.



c Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

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

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

d Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

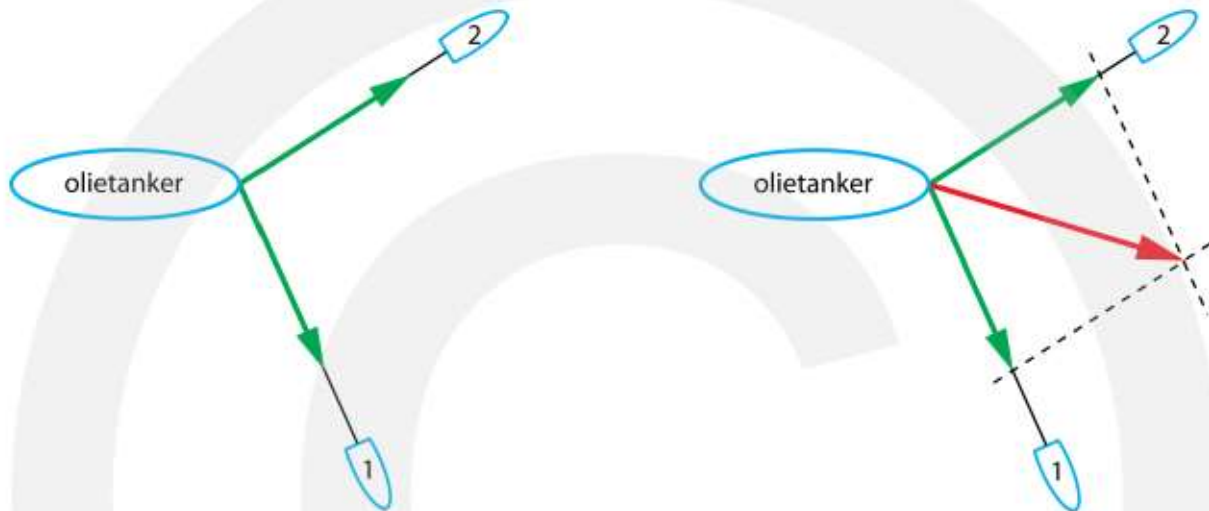
- de tanker gaat varen in de richting van ΣF

e Teken de krachtpijl van sleepboot 2.

- zie figuur

f Teken de resulterende kracht op de olietanker.

- zie figuur



g Bepaal de grootte van de resulterende kracht.

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

- verhoudingstabel:

newton	35000	ΣF
centimeter	3,5	4,6

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

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

h Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

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

i Leg uit in welke richting de sleepboten gaan varen.

- de sleepboten gaan in dezelfde richting als de boot varen

6***

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

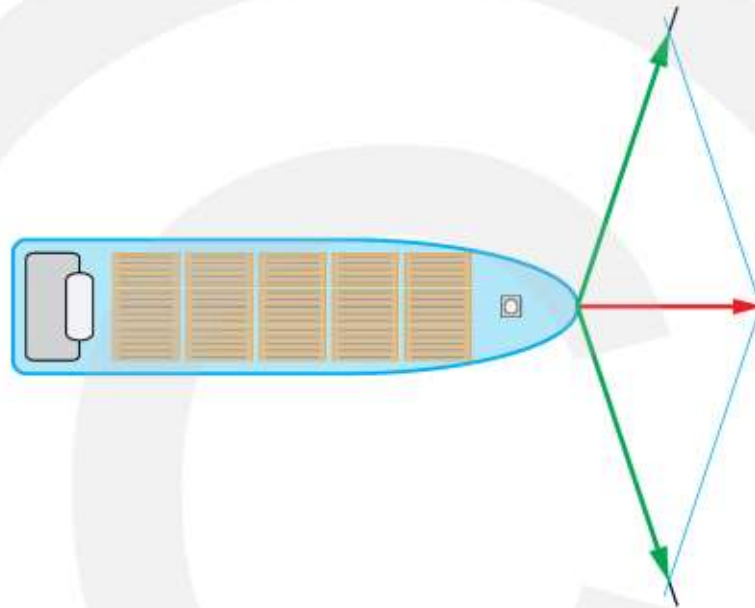
- Daniel heeft geen gelijk, want de krachten werken niet in dezelfde richting
- Femke heeft geen gelijk, want als de sleepboten precies tegenover elkaar trekken is de resulterende kracht nul
- Jikike heeft gelijk, want de hoek tussen de twee krachten is groter dan 90 graden

b Bepaal de resulterende kracht op het containerschip.

- teken het parallellogram en teken de resulterende kracht

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

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



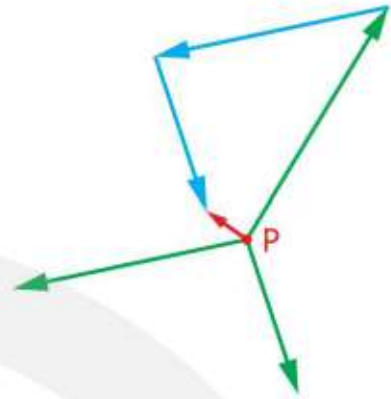
7***

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

8**

- a Bepaal met een constructie de som van de drie krachten.
HINT gebruik te kop-staart methode

- b Leg uit of er een resulterende kracht op P werkt.
- je houdt een kleine kracht over
 - op P werkt een resulterende kracht



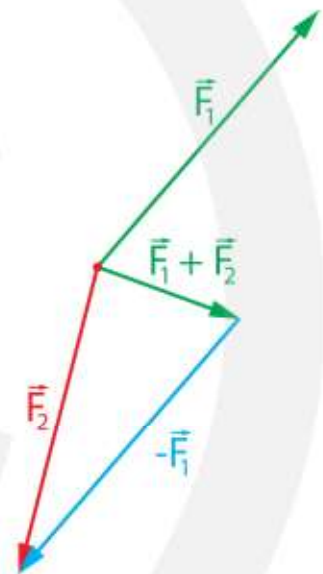
9**

In de figuur zie je kracht $\vec{F}_1$ en de resulterende kracht $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

- a Bepaal met een constructie de kracht $\vec{F}_2$.

- b Bepaal de grootte van kracht $\vec{F}_2$.

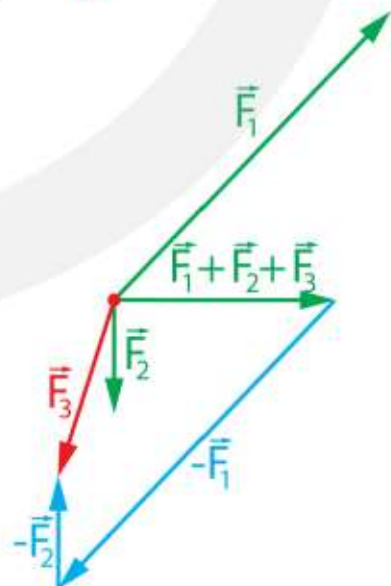
- opmeten: $\ell_1 = 7,5 \text{ cm}$ | opmeten lengte F_2 pijl: $\ell = 7,0 \text{ cm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|------------|-----|-------|
| newton | 500 | F_2 |
| centimeter | 7,5 | 7,0 |
- kruislings vermenigvuldigen: $7,0 \cdot 500 = 7,5 \cdot F_2$
 - $F_2 = \frac{7,0 \cdot 500}{7,5} \rightarrow F_2 = 466,667 \text{ N} = 4,7 \cdot 10^2 \text{ N}$



10**

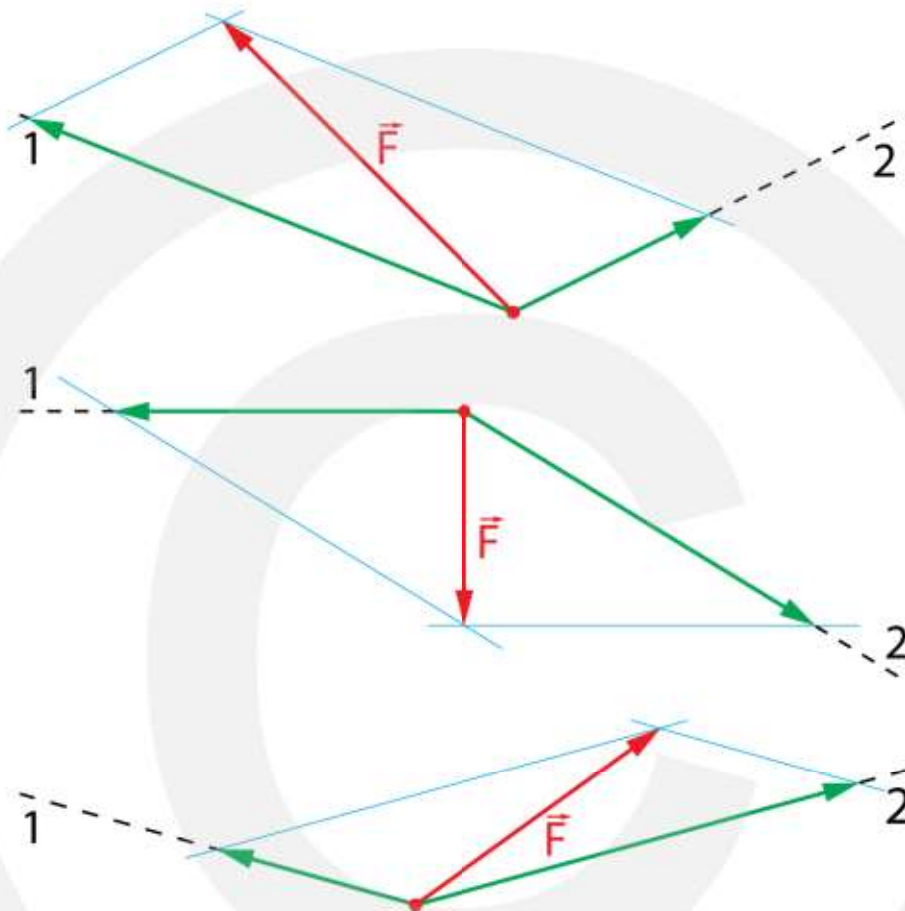
In de figuur zie je kracht F_1 , kracht F_2 en kracht F_{1+2+3} .

- a Bepaal met een constructie de ontbrekende kracht F_3 .



Krachten splitsen

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



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

BOVEN

- opmeten: $l_F = 7,4 \text{ cm}$ | lengte F_1 pijl: $l_1 = 9,4 \text{ cm}$ | lengte F_2 pijl: $l_2 = 3,8 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

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

MIDDEN

- opmeten: $l_F = 3,8 \text{ cm}$ | lengte F_1 pijl: $l_1 = 6,2 \text{ cm}$ | lengte F_2 pijl: $l_2 = 7,3 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

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

ONDER

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

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

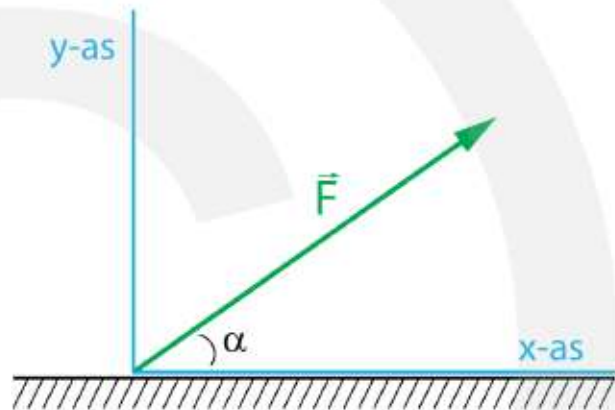
Krachten optellen en splitsen – rekenen

12**

a Maak een schets van de situatie, waarbij de vloer de x-as is.

b Bereken de component van de kracht langs de x-as.

- $F = 75 \text{ N}$ | $\alpha = 35^\circ$ met x-as
- maak een schets
- $\cos \alpha = \frac{F_x}{F} \rightarrow F_x = F \cdot \cos \alpha$
- $F_x = 75 \cdot \cos 35 = 61,436 = 61 \text{ N}$



c Bereken de component van de kracht langs de y-as

- $\sin \alpha = \frac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin \alpha$
- $F_y = 75 \cdot \sin 35 = 43,018 = 43 \text{ N}$

13**

a Bereken onder welke hoek α de kogel wordt weggeschoten?

- $F = 300 \text{ N}$ | $F_y = 200 \text{ N}$ | $\alpha = \dots^\circ$
- $\sin \alpha = \frac{\text{overstaand}}{\text{schuin}} = \frac{200}{300} = 0,66667$
- $\sin \alpha = 0,66667 \rightarrow \alpha = \sin^{-1} 0,66667 = 41,81 = 41,8^\circ$

b Bereken de horizontale component van de kracht.

- $\cos \alpha = \frac{\text{aanliggend}}{\text{schuin}} \rightarrow \cos \alpha = \frac{F_x}{F} \rightarrow F_x = F \cdot \cos \alpha$
- $F_x = 300 \cdot \cos 41,81 = 223,607 = 224 \text{ N}$

14 ***

a Bereken de componenten van de twee krachtvectoren langs de x-as.

- $F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{1x} = 65 \cdot \cos 20 = 61,08 = 61 \text{ N}$
- $F_{2x} = F_2 \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{2x} = 40 \cdot \cos 70 = 13,6808 = 14 \text{ N}$

b Bereken de componenten van de twee krachtvectoren langs de y-as.

- $F_{1y} = F_1 \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{1y} = 65 \cdot \sin 20 = 22,2313 = 22 \text{ N}$
- $F_{2y} = F_2 \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{2y} = 40 \cdot \sin 70 = 37,5877 = 38 \text{ N}$

c Bereken de grootte van de x-component en de y-component van $\Sigma \vec{F}$.

- $\Sigma F_x = F_{1x} + F_{2x} \rightarrow \Sigma F_x = 61,08 + 22,2313 = 83,3113 \text{ N}$
- $\Sigma F_y = F_{1y} + F_{2y} \rightarrow \Sigma F_y = 13,6808 + 37,5877 = 51,2685 \text{ N}$

d Bereken de grootte van $\Sigma \vec{F}$.

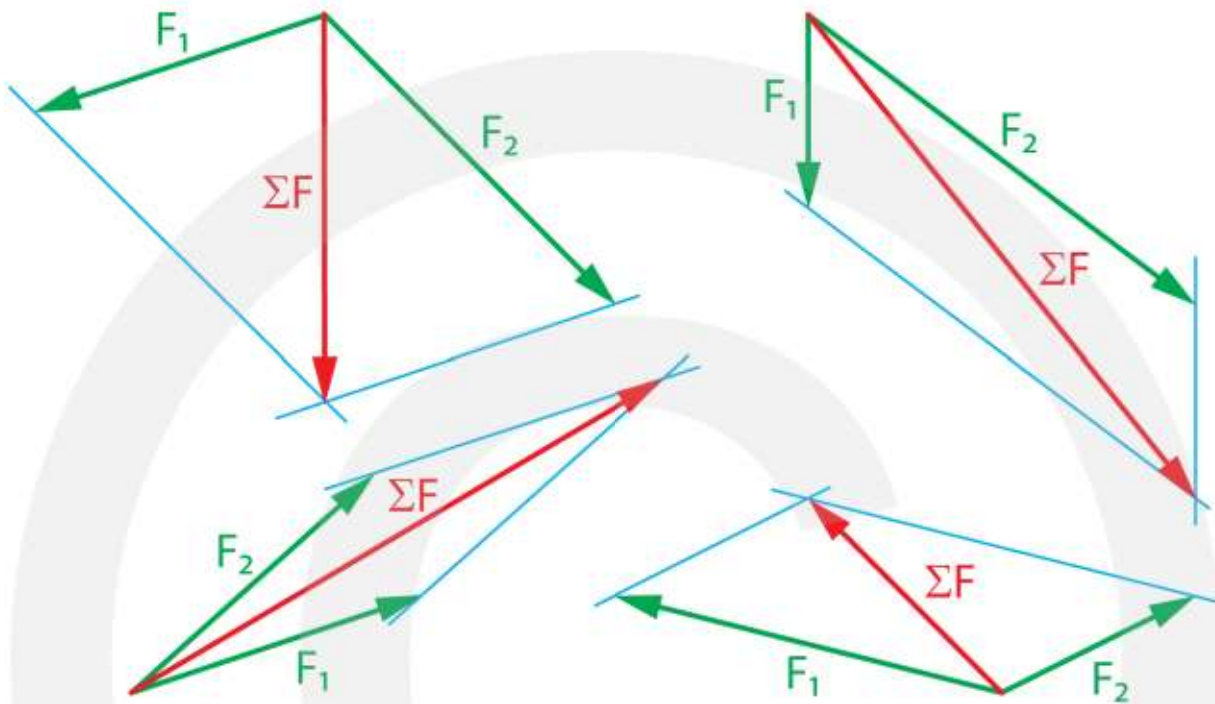
- $\Sigma F_x = 83,3113 \text{ N} \quad | \quad \Sigma F_y = 51,2685 \text{ N} \quad | \quad \Sigma F = \dots \text{ N}$
- $\Sigma F = \sqrt{\Sigma F_x^2 + \Sigma F_y^2}$
- $\Sigma F = \sqrt{83,3113^2 + 51,2685^2} = 97,82245 = 98 \text{ N}$

e Bereken de hoek van $\Sigma \vec{F}$ met de x-as.

- $\tan \alpha = \frac{\text{overstaand}}{\text{aanliggend}} = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x}$
- $\tan \alpha = \frac{51,2685}{83,3113} = 0,6153847$
- $\alpha = \tan^{-1} 0,6153847 = 31,6075 = 31,6^\circ$

HERHALING

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



- b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

LINKSBOVEN

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

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

RECHTSBOVEN

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

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

LINKSONDER

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

newton	175	F_2
centimeter	4,0	4,3
- kruislings vermenigvuldigen: $175 \cdot 4,3 = 4,0 \cdot F_2$

- $F_2 = \frac{175 \cdot 4,3}{4,0} \rightarrow F_2 = 188 \text{ N}$

RECHTSONDER

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

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

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

LINKSBOVEN

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

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

RECHTSBOVEN

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

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

LINKSONDER

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

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

RECHTSONDER

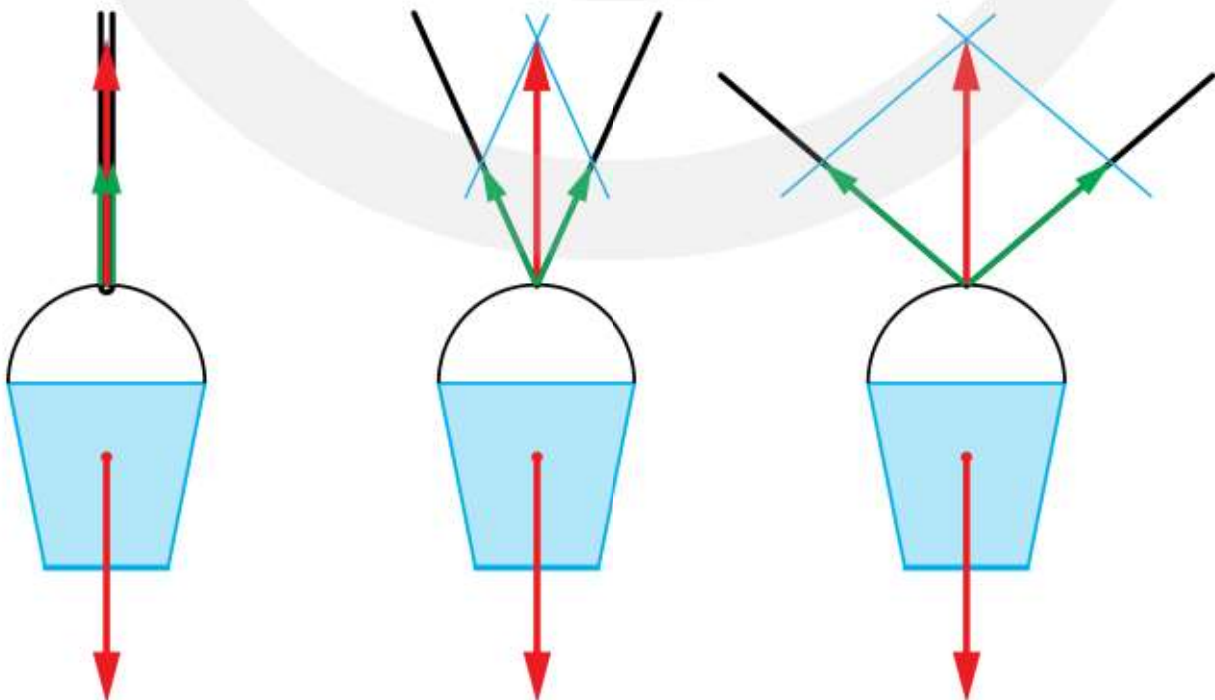
- opmeten $\ell_1 = 5,2 \text{ cm}$ | $\ell_{\text{res}} = 3,6 \text{ cm}$
- verhoudingstabel:

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

3.3 Krachten in evenwicht

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

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



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

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

c Bepaal de spankracht in het touw voor situatie C.

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

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

d Meet de hoek tussen de twee delen van het touw voor situatie B en bereken daarmee de spankracht in het touw voor situatie B.

- opmeten: hoek α is 50° (marge 1°)

- $F_z = 50 \text{ N}$

- $\frac{1}{2} F_z = F_{\text{span}} \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha$

- $50 = F_{\text{span}} \cdot \cos 25$

- $F_{\text{span}} = \frac{50}{\cos 25} = 55,1689 = 55 \text{ N}$

e Meet de hoek tussen de twee delen van het touw voor situatie C en bereken daarmee de spankracht in het touw voor situatie C.

- opmeten: hoek α is 84° (marge 1°)

- $\frac{1}{2} F_z = F_{\text{span}} \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha$

- $50 = F_{\text{span}} \cdot \cos 42$

- $F_{\text{span}} = \frac{50}{\cos 42} = 67,282 = 67 \text{ N}$

f Vergelijk je antwoorden met die op de vorige vraag. Zijn de verschillen groot? Welke methode is volgens jou het nauwkeurigst.

- situatie B: tekenen $\rightarrow F_{\text{span}} = 55 \text{ N}$ rekenen $\rightarrow F_{\text{span}} = 55 \text{ N}$

- situatie C: tekenen $\rightarrow F_{\text{span}} = 67 \text{ N}$ rekenen $\rightarrow F_{\text{span}} = 67 \text{ N}$

- als je nauwkeurig werkt zijn de verschillen niet groot

- hoek opmeten is vaak nauwkeuriger dan pijlen tekenen en de lengte meten

3***

a Teken de krachten in de draad.

- zie figuur

b Bepaal de krachtschaal

- opmeten: lengte van spierkrachtpijl is 3,3 cm
- 3,3 cm $\leftrightarrow$ 165 N
- 1,0 cm $\leftrightarrow \frac{165}{3,3} = 50$ 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 $F_{\text{span}} = 2,6$ mm
 - verhoudingstabel:
- | N | 165 | F_s |
|----|-----|-------|
| mm | 3,3 | 2,6 |
- kruislings vermenigvuldigen: $165 \cdot 2,6 = 3,3 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 130$ N

d Bereken de spankracht van de draad.

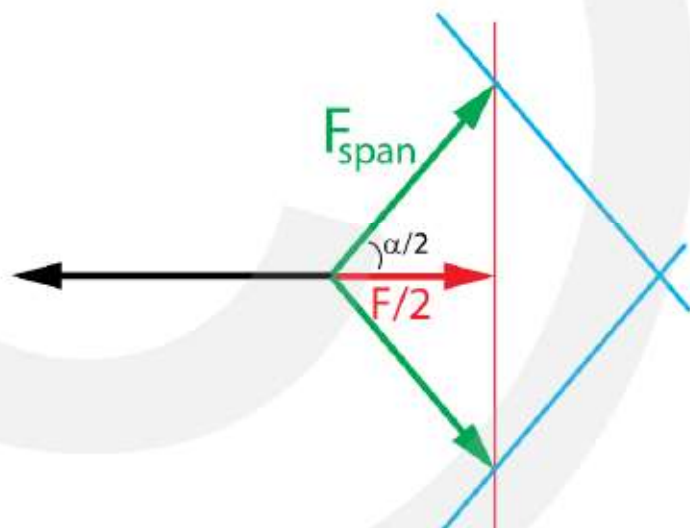
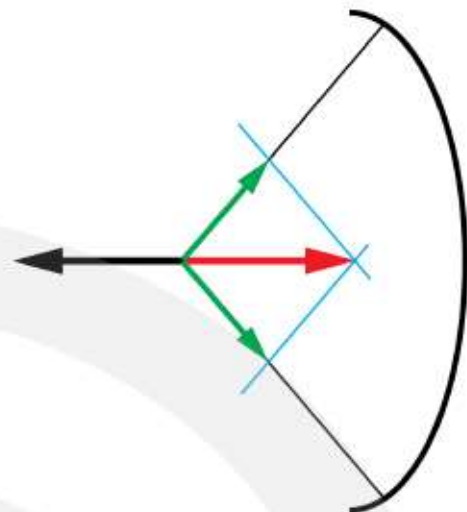
- de horizontale component van de spankracht is gelijk aan de helft van de spierkracht
- $\frac{1}{2}F = F_{\text{span}} \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha$
- $82,5 = F_{\text{span}} \cdot \cos 50$
- $F_{\text{span}} = \frac{82,5}{\cos 50} = 128,35 = 128$ N

e Bij welke hoek is de spankracht gelijk aan de spierkracht?

- $\frac{1}{2}F = F_{\text{span}} \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha$
- $F_{\text{span}} = F$
- $\frac{1}{2}F = F \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha \rightarrow \cos \frac{1}{2}\alpha = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{2}\alpha = \cos^{-1} 0,5 = 60^\circ$
- $\alpha = 2 \cdot 60 = 120^\circ$

f Bij welke hoek is de spankracht twee keer zo groot als de spierkracht?

- $\frac{1}{2}F = F_{\text{span}} \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha$
- $F_{\text{span}} = 2 \cdot F$
- $\frac{1}{2}F = 2 \cdot F \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha \rightarrow \cos \frac{1}{2}\alpha = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{2}\alpha = 75,5225^\circ$
- $\alpha = 2 \cdot 75,5225 = 151,045 = 151^\circ$



4 ***

a Bereken 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: $l_{\text{Piet}} = 34 \text{ mm}$
- opmeten lengte van krachtpijl
Jan: $l_{\text{Jan}} = 68 \text{ mm}$
- verhoudingstabel:

N	250	F_{Jan}
mm	34	68

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

c Bepaal hoe hard Klaas trekt.

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

N	250	F_{Klaas}
mm	34	59

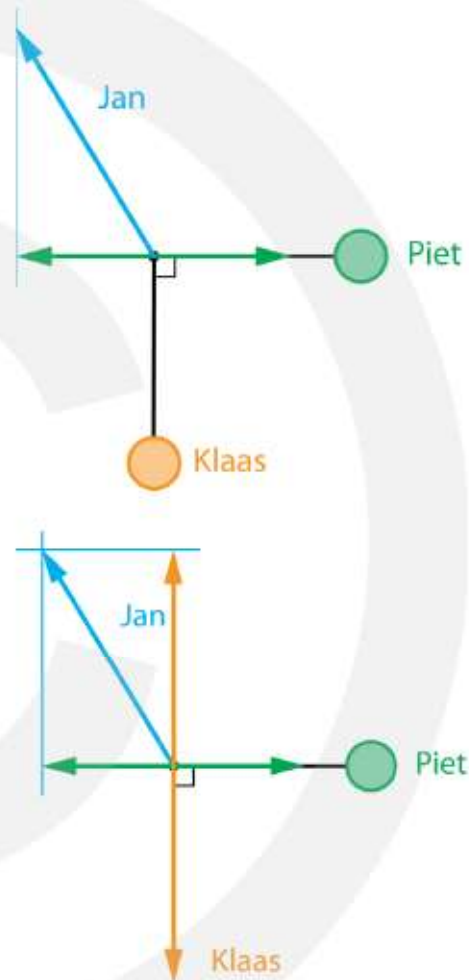
- kruislings vermenigvuldigen:
 $250 \cdot 59 = 34 \cdot F_{\text{Jan}} \rightarrow F_{\text{Klaas}} = 433,82 = 434 \text{ N}$

d Meet de hoek tussen het touw richting Jan en richting Piet en bepaal hoe hard Jan trekt.

- opmeten: hoek is 120° (marge 1°)
- $F_{\text{Jan}} \cdot \cos(180 - 120) = F_{\text{Piet}}$
- $F_{\text{Jan}} \cdot \cos(180 - 120) = F_{\text{Piet}}$
- $F_{\text{Jan}} = \frac{250}{\cos 60} = 500 \text{ N}$

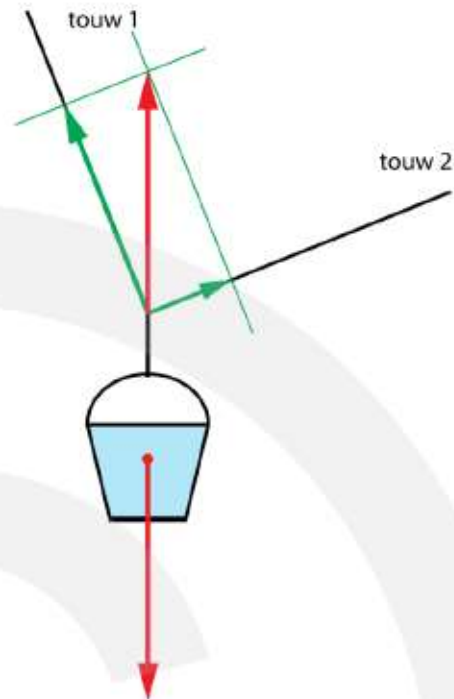
e Bepaal hoe hard Klaas trekt.

- gebruik Pythagoras (toegestaan vanwege de hoek van 90°)
- $F_{\text{Piet}}^2 + F_{\text{Klaas}}^2 = F_{\text{Jan}}^2$
- $250^2 + F_{\text{Klaas}}^2 = 500^2 \rightarrow F_{\text{Klaas}} = 433 \text{ N}$



5***

- a Teken de spankracht in de touwen 1 en 2.
- klap F_Z om en teken het parallellogram
 - teken F_{S1} en F_{S2}



- b Bepaal de spankracht in touw 1.

- opmeten lengte van krachtpijl F_Z : $\ell_Z = 45 \text{ mm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl F_1 : $\ell_1 = 42 \text{ mm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|----|-----|-------|
| N | 140 | F_1 |
| mm | 45 | 42 |
- kruislings vermenigvuldigen:
 $140 \cdot 42 = 45 \cdot F_1 \rightarrow F_1 = 131 \text{ N}$

- c Bepaal de spankracht in touw 2.

- opmeten lengte van krachtpijl F_Z : $\ell_Z = 45 \text{ mm}$
 - opmeten lengte van krachtpijl F_2 : $\ell_2 = 16 \text{ mm}$
 - verhoudingstabel:
- | | | |
|----|-----|-------|
| N | 140 | F_1 |
| mm | 45 | 16 |
- kruislings vermenigvuldigen:
 $140 \cdot 16 = 45 \cdot F_2 \rightarrow F_2 = 49,8 \text{ N}$

- d Bereken de spankracht in touw 1.

- klap F_Z om en bedenk dat de hoek tussen touw 1 en $-F_Z$ gelijk is aan α
- $F_{S1} = F_Z \cdot \cos \alpha$
- $F_{S1} = 140 \cdot \cos 21 \rightarrow F_{S1} = 130,70126 = 131 \text{ N}$

- e Bereken de spankracht in touw 2. (Geen krachtpijlen tekenen.)

- $F_{S2} = F_Z \cdot \sin \alpha$
- $F_{S2} = 140 \cdot \sin 21 \rightarrow F_{S2} = 50,1715 = 50 \text{ N}$

OOK GOED

- gebruik pythagoras: $F_{S1}^2 + F_{S2}^2 = F_Z^2$
- $130,70126^2 + F_{S2}^2 = 140^2 \rightarrow F_{S2} = 50,1715 = 50 \text{ N}$

6***

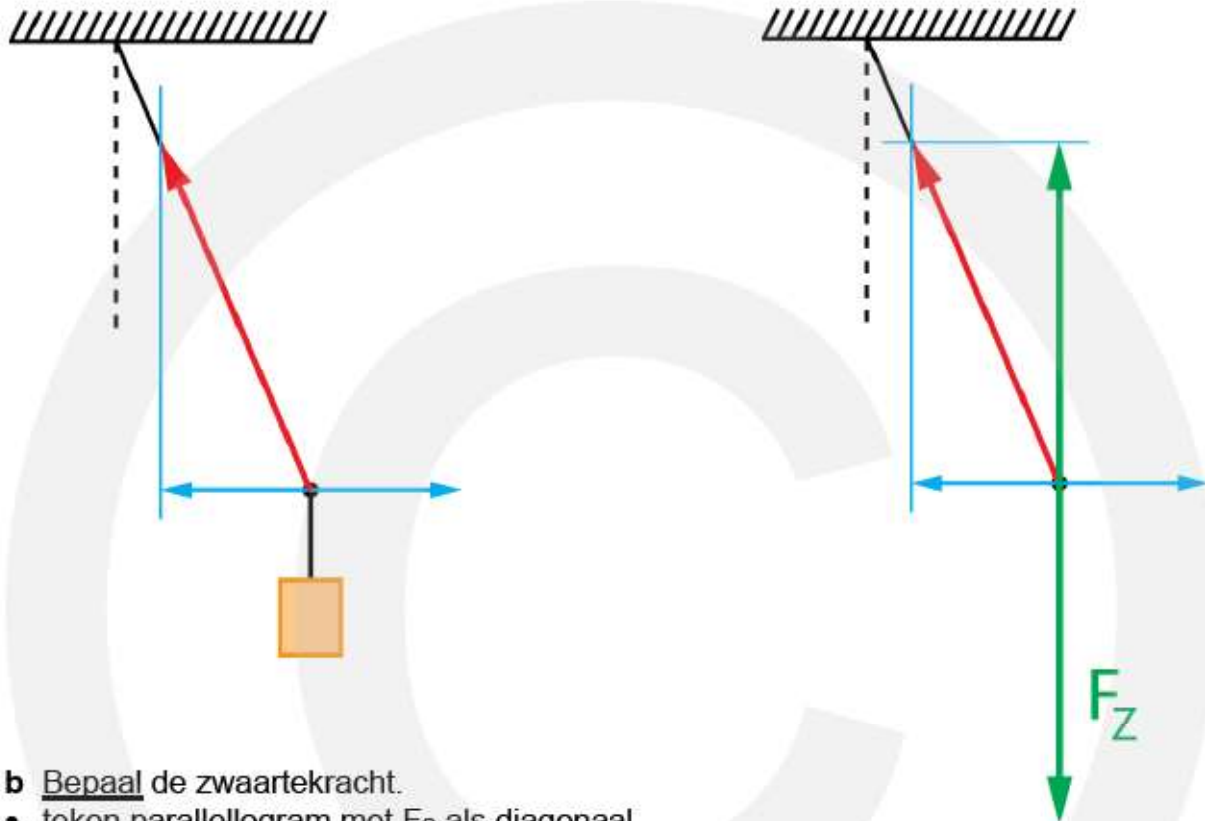
- a Bepaal de spankracht in het touw.

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

- verhoudingstabel:

N	40	F_{span}
cm	2,0	5,0

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



- b** Bepaal de zwaartekracht.

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

- verhoudingstabel:

N	100	F_{sy}
cm	5,0	4,6

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

- c** Bereken de spankracht in het touw.

- beschouw de driehoek van krachtpijlen F_{span} , $F_{span x}$ en $F_{span y}$.

- $\sin \alpha = \frac{F_{span y}}{F_{span}}$ met $F_{span x} = F_{trek}$

- $\sin 24 = \frac{40}{F_{span}} \rightarrow F_{span} = \frac{40}{\sin 24} = 98,34 = 98 \text{ N}$

- d** Bereken de zwaartekracht.

- beschouw de driehoek van krachtpijlen F_{span} , $F_{span x}$ en $F_{span y}$.

- $\tan \alpha = \frac{F_{\text{span } x}}{F_{\text{span } y}}$ met $F_{\text{span } x} = F_{\text{trek}}$ en $F_{\text{span } y} = F_z$
- $\tan 24 = \frac{40}{F_z} \rightarrow F_z = \frac{40}{\tan 24} = 89,84 = 90 \text{ N}$

OOK GOED

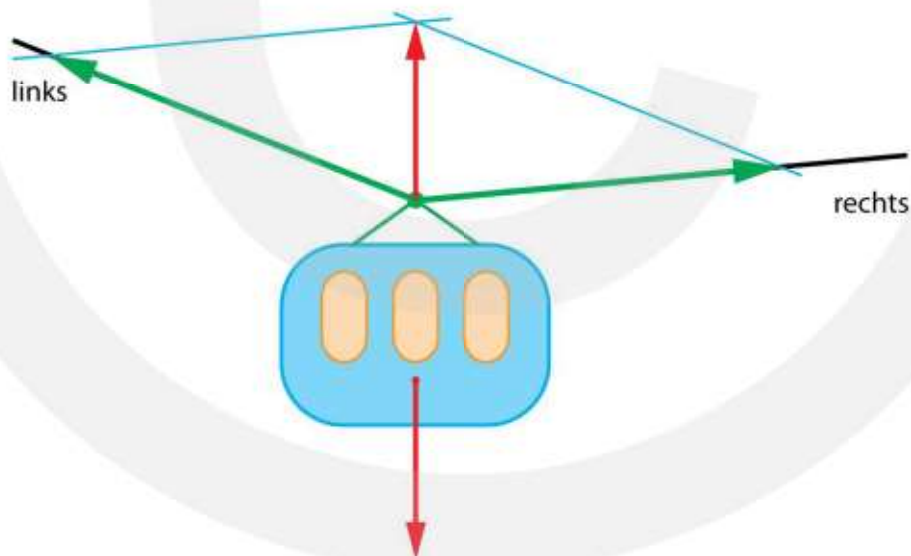
- $F_z = F_s \cdot \cos \alpha$
- $F_z = 98,34 \cdot \cos 24 = 89,83 = 90 \text{ N}$

OOK GOED

- gebruik pythagoras: $F_{\text{trek}}^2 + F_z^2 = F_s^2$
- $40^2 + F_z^2 = 98,34^2 \rightarrow F_z = 89,84 = 90 \text{ N}$

7***

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



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

N	$2,5 \cdot 10^4$	F_L
mm	32	74
- kruislings vermenigvuldigen:

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

c Bepaal de spankracht in de rechter kabel.

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

• verhoudingstabel:

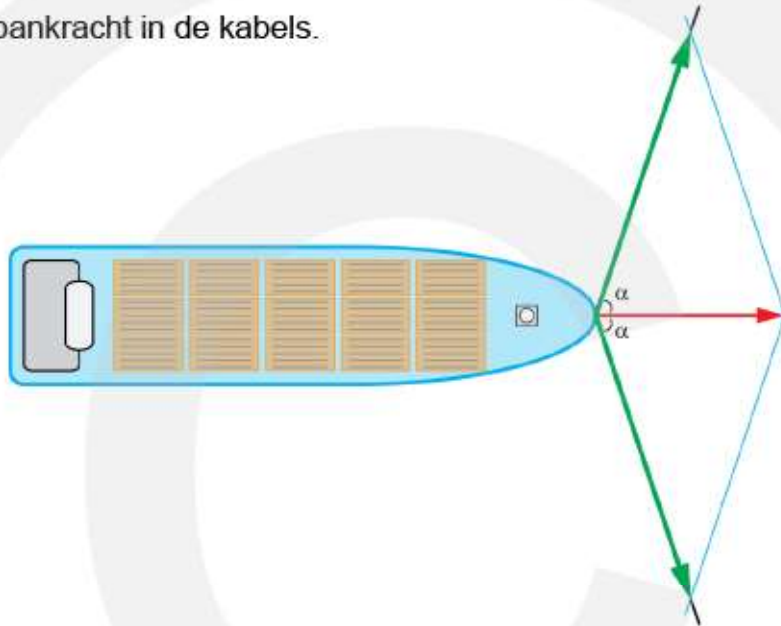
N	$2,5 \cdot 10^4$	F_R
mm	32	66

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

8***

a Teken de spankracht in de kabels.

- zie figuur



b Bepaal de spankracht in de kabels.

- opmeten lengte van de krachtpijl op het schip: $\ell_{\text{schip}} = 3,8 \text{ cm}$

- opmeten lengte van de spankracht: $\ell_{\text{span}} = 6,1 \text{ cm}$

• verhoudingstabel:

kN	5,0	F_{span}
cm	3,8	6,1

- kruislings vermenigvuldigen: $5,0 \cdot 6,1 = 3,8 \cdot F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 8,0 \text{ kN}$

c Bepaal de maximale resulterende kracht op het schip.

- $F_{\text{schip}} = 5,0 \text{ kN}$ geeft $F_{\text{span}} = 8,0 \text{ kN}$

• verhoudingstabel:

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

- kruislings vermenigvuldigen: $5 \cdot 12 = 8 \cdot x \rightarrow x = 7,5$

- ΣF op schip mag maximaal 7,5 kN zijn

d Bepaal de spankracht in de kabels bij een resulterende kracht van 5,0 kN m.b.v. hoek α .

- opmeten: hoek α is 72° (marge 1°)

- $\Sigma F = 5000 \text{ N}$

- $\frac{1}{2} \cdot \Sigma F = F_{\text{span}} \cdot \cos \alpha$

- $2500 = F_{\text{span}} \cdot \cos 72$
- $F_{\text{span}} = \frac{2500}{\cos 72} = 8090 = 8,0 \cdot 10^3 \text{ N}$

e Bepaal de maximale resulterende kracht op het schip m.b.v. hoek α .
(geen krachtpijlen tekenen)

- $\alpha = 72^\circ \mid F_{\text{span}} = 12 \cdot 10^3 \text{ N} \mid \Sigma F = \dots \text{ N}$
- $\frac{1}{2} \cdot \Sigma F = F_{\text{span}} \cdot \cos \alpha$
- $\frac{1}{2} \cdot \Sigma F = 12 \cdot 10^3 \cdot \cos 72 = 3,7082 \cdot 10^3$
- $\Sigma F = 7,4164 \cdot 10^3 = 7,4 \cdot 10^3 \text{ N}$

f Bereken de maximale hoek waarmee de sleepboten mogen trekken bij een spankracht van 12 kN en een resulterende kracht op het schip van 5,0 kN.

- $\frac{1}{2} \cdot \Sigma F = F_{\text{span}} \cdot \cos \alpha$
- $\frac{1}{2} \cdot 5,0 \cdot 10^3 = 12 \cdot 10^3 \cdot \cos \alpha \rightarrow \alpha = 77,9753 = 78^\circ$

9 ****

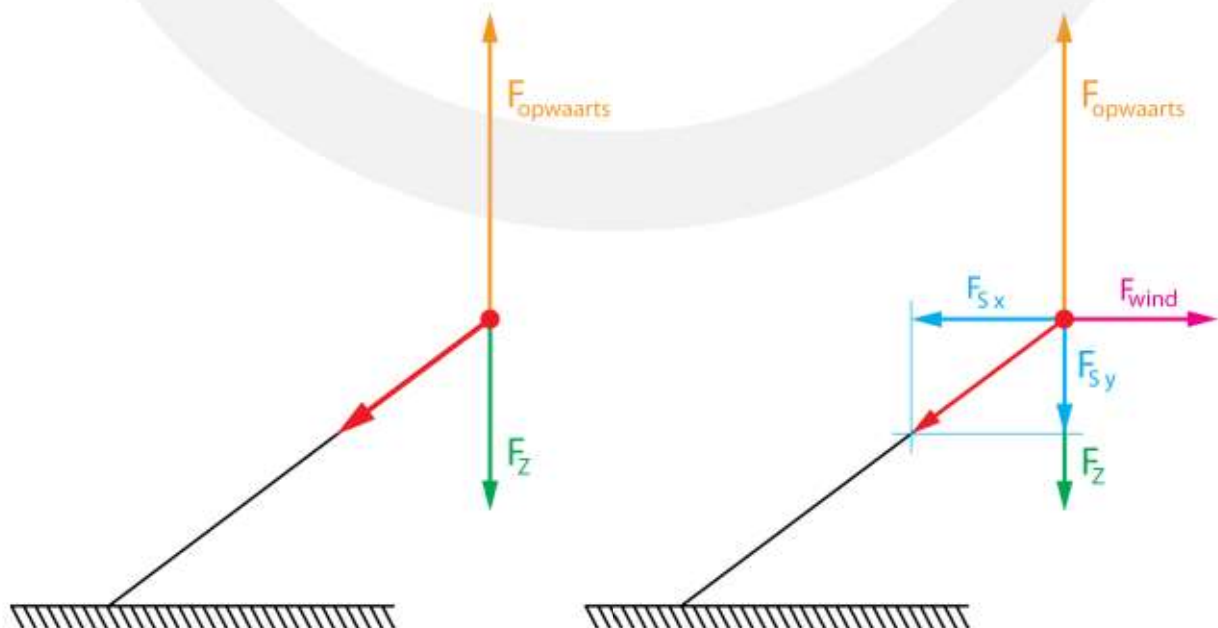
a Teken de krachten die op de ballon werken. Gebruik als schaal 1 cm $\leftrightarrow$ 0,2 N.

- $F_z = 0,40 \text{ N}$ is pijl naar beneden van 2,0 cm lang
- opwaartse kracht is pijl omhoog van 3,2 cm lang
- spankracht is pijl omlaag van 1,2 cm lang

b Bereken de spankracht in het touw.

- $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_{\text{opwaarts}} + \vec{F}_z + \vec{F}_{\text{span}} = 0 \rightarrow F_{\text{opwaarts}} = F_z + F_{\text{span}}$
- $0,64 = 0,40 + F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{span}} = 0,24 \text{ N}$

c Teken alle krachten die op de ballon werken.



d Bepaal de spankracht in het touw.

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

- verhoudingstabel:

N	0,40	0,64
cm	3,0	ℓ_{opwaarts}

- kruislings vermenigvuldigen: $0,64 \cdot 3,0 = 0,4 \cdot \ell_{\text{op}} \rightarrow \ell_{\text{op}} = 4,8 \text{ cm}$
- de verticale component van de spankracht $F_{\text{span } y} = 0,64 - 0,40 = 0,24 \text{ N}$

- verhoudingstabel:

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

- kruislings vermenigvuldigen: $0,24 \cdot 3,0 = 0,4 \cdot \ell_{\text{span } y} \rightarrow \ell_{\text{span } y} = 1,8 \text{ cm}$
- teken parallellogram met de spankracht als diagonaal
- opmeten lengte van krachtpijl F_{span} : $\ell_s = 3,0 \text{ cm}$

- verhoudingstabel:

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

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

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

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

- verhoudingstabel:

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

- kruislings vermenigvuldigen: $0,40 \cdot 2,3 = 3,0 \cdot F_{\text{span } x} \rightarrow F_{\text{span } x} = 0,30667 = 0,31 \text{ N}$
- hangt stil $\rightarrow$ krachten zijn in evenwicht
- $F_{\text{wind}} = F_{\text{span } x} = 0,31 \text{ N}$

f Berekening de kracht die de wind op de ballon uitoefent.

- voor hoek α tussen het touw en de gestreepte lijn geldt $\sin \alpha = \frac{30}{50}$

- $\alpha = \sin^{-1} 0,60 = 36,87^\circ$

- $F_{\text{span } y} = F_{\text{opwaarts}} - F_z \rightarrow F_{s y} = 0,64 - 0,40 = 0,24 \text{ N}$

- $\tan \alpha = \frac{F_{\text{span } x}}{F_{\text{span } y}}$

- $\tan 36,87 = \frac{F_{\text{span } x}}{0,24} \rightarrow F_{\text{span } x} = 0,24 \cdot 0,75 = 0,18 \text{ N}$

- $F_{\text{wind}} = F_{\text{span } x} = 0,18 \text{ N}$

g Bereken de spankracht in het touw.

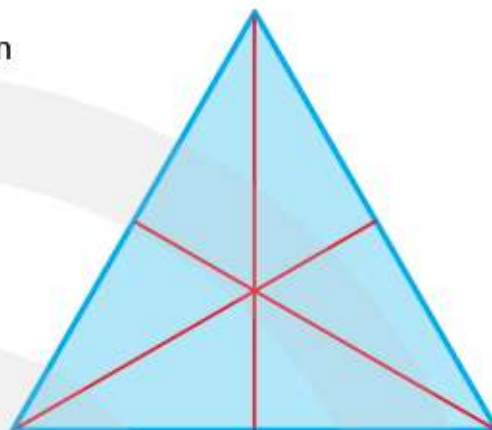
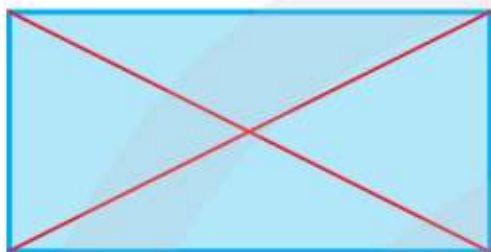
- $F_{\text{span } x} = 0,18 \text{ N} \mid F_{\text{span } y} = 0,24 \text{ N} \mid F_{\text{span}} = \dots \text{ N}$

- pythagoras: $F_{\text{span}} = \sqrt{0,18^2 + 0,24^2} \rightarrow F_s = 0,30 \text{ N}$

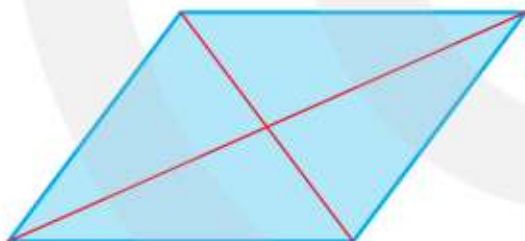
3.4 Zwaartekracht, gewicht en normaalkracht

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

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



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



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

7**

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

8***

- a** Hoe groot is de massa van deze steen op aarde?
- op aarde is de massa ook $5,0 \text{ kg}$
- b** Hoe groot is het gewicht van deze steen op de maan?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 1,62 = 8,1 \text{ N}$
- c** Hoe groot is het gewicht van deze steen op aarde?
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 = 49 \text{ N}$

9**

- a** Teken de zwaartekracht op de kar.
Krachtenschaal $1 \text{ cm} \leftrightarrow 50 \text{ N}$.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 25 \cdot 9,81 = 245,25 = 245 \text{ N}$
 - lengte krachtpijl $\ell = \frac{245,25}{50} = 4,9 \text{ cm}$ en wijst omlaag

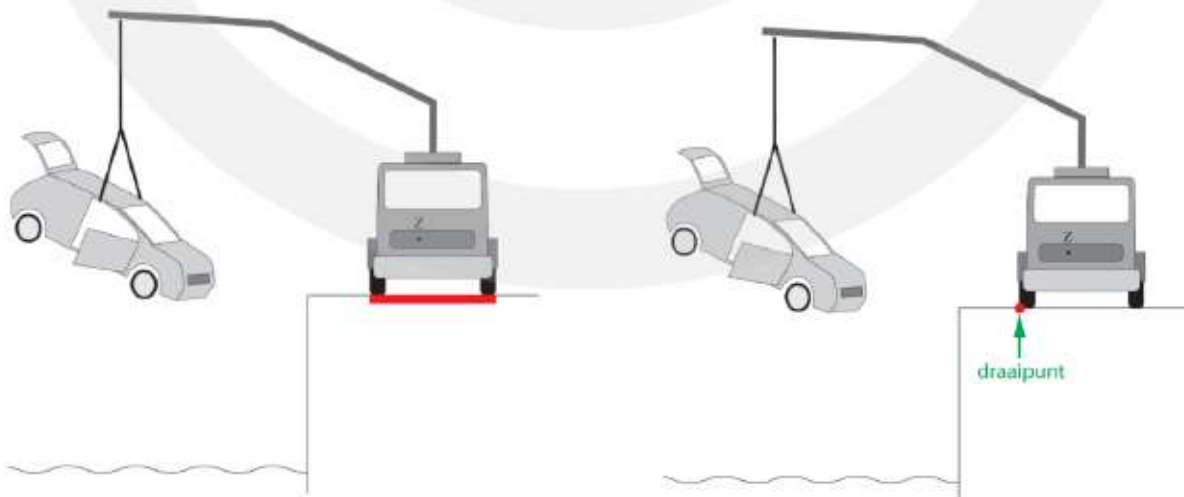
- b** Teken de normaalkrachten op de wielen van de kar.
- de normaalkracht is verdeeld over twee of vier wielen
 - 2 wielen: $F_N = \frac{245,25}{2} = 123 \text{ N}$ per wiel $\rightarrow$ krachtpijl $\frac{123}{50} = 2,5 \text{ cm}$ omhoog
 - 4 wielen: $F_N = \frac{245,25}{4} = 61,3 \text{ N}$ per wiel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

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

b Teken het steunvlak van de kar op de helling.



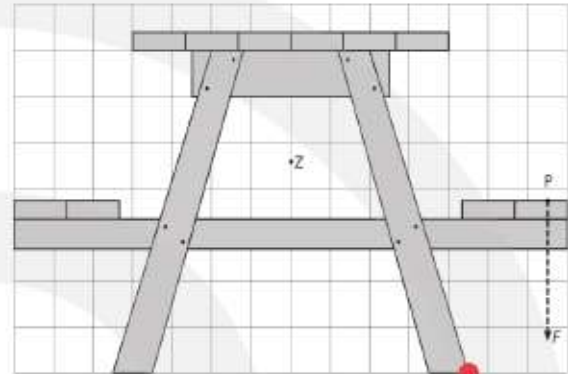
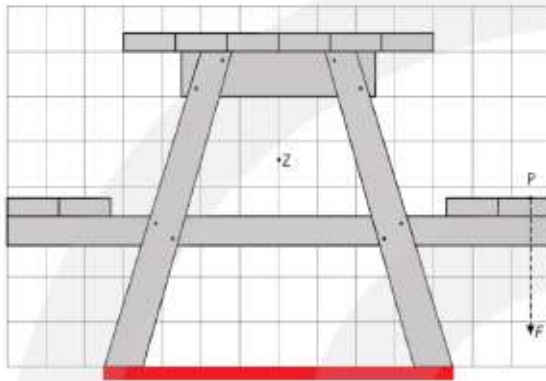
- 11**** **a** Teken het steunvlak van de takelwagen.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de takelwagen gaat draaien.
- het draaipunt is bij het wiel dat langs de kade staat



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

12**

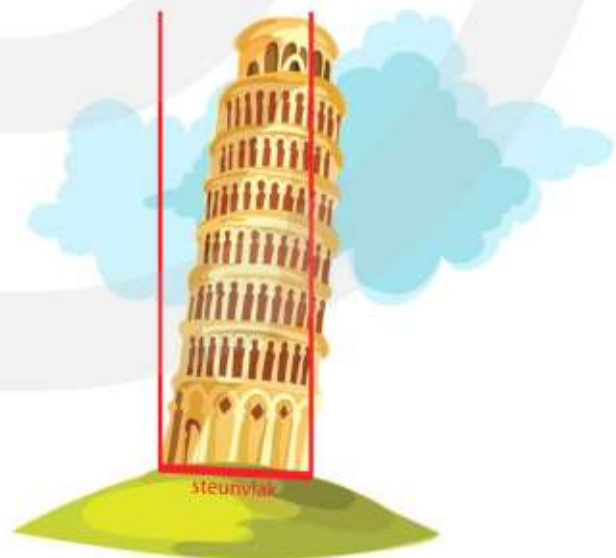
- a** Teken het steunvlak van de picknicktafel.
- het steunvlak is de oppervlakte tussen de buitenste steunpunten
- b** Geef het punt aan waar de picknicktafel gaat draaien.
- het draaipunt is aan de buitenkant van de rechterpoot



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

13***

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



14***

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

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

c Teken het steunvlak van de tafel.



15****

a Wie denk je dat er gelijk heeft, Stan, Amber of geen van beiden.

- het steunvlak is van beide flessen hetzelfde
- het zwaartepunt ligt van beide flessen ongeveer even hoog
- de flessen zijn even stabiel → ze hebben beide geen gelijk

b Gaat er een fles omvallen?

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



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

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

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

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

3.5 Kracht en vervorming

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

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

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

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

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

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

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

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

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

c Bereken de vervorming van veer B.

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

6*** a Bereken de veerconstante.

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

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

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

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

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

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

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

b Bepaalde veerconstante.

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

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

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

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

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

8**

a Bepaal de veerconstante.

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

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

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

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

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

9**

a Bepaal de veerconstante.

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

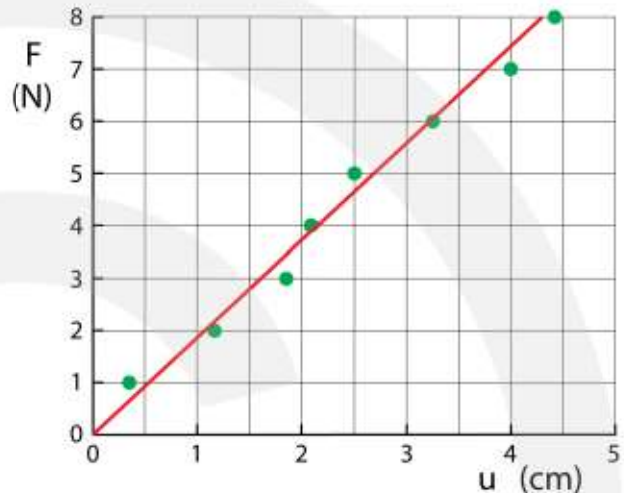
b Bepaal de kracht die nodig is om deze veer 50 cm lang te maken.

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

- c Wat is de lengte van de veer bij een kracht van 125 N?
- $C = 200 \text{ N/m} \mid F = 100 \text{ N} \mid u = \dots \text{ cm}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow 125 = 200 \cdot u \rightarrow u = 0,625 \text{ m}$
 - $\ell = \ell_0 + u \rightarrow \ell = 0,10 + 0,0625 = 0,1625 = 0,16 \text{ m}$

10 ***

- a Leg uit waaraan je kunt zien dat het experiment slordig is uitgevoerd
- de meetpunten liggen niet mooi op een rechte lijn
- b Leg uit waarom dit het geval is.
- als je geen kracht op de veer uitoefent is de uitrekking per definitie nul (de lengte is dan niet nul)
- c Trek met een liniaal de best mogelijke rechte lijn door de meetpunten. Zorg dat de lijn in ieder geval door (0, 0) gaat.
- d Bepaal de veerconstante uit de helling van de getekende lijn.
- aflezen bij de getekende lijn: $F = 8,0 \text{ N}$ bij $u = 4,3 \text{ cm}$
 - $C = \frac{F}{u} \rightarrow C = \frac{8}{0,043} = 186,0465 = 186 \text{ N/m}$
- e Bereken de kracht die nodig is om de veer 14 cm uit te rekken.
- $C = 186 \text{ N/m} \mid u = 0,14 \text{ m} \mid F = \dots \text{ N}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow F = 186 \cdot 0,14 = 26,04 = 26 \text{ N}$



11 ***

- a Leg uit wie er sterker is, Jip of Janneke.
- Jip kan 2 veren 35 cm uitrekken $\rightarrow$ hij kan daarom 1 veer 70 cm uitrekken
 - Janneke kan 3 veren 25 cm uitrekken $\rightarrow$ ze kan daarom 1 veer 75 cm uitrekken
 - Janneke is sterker dan Jip
- b Bereken hoever Jip de expander met 4 veren kan uitrekken.
- Jip kan 2 veren 35 cm uitrekken
 - Jip kan 4 veren $\frac{35}{2} = 17,5 \text{ cm}$ uitrekken
- c Bereken hoever Janneke de expander met 4 veren kan uitrekken.
- Janneke kan 3 veren 25 cm uitrekken $\rightarrow$ ze kan 1 veer 75 cm uitrekken
 - Janneke kan 4 veren $\frac{75}{4} = 18,75 \text{ cm}$ uitrekken

12 ****

a Bereken de veerconstante van de veer.

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

b Bereken de uitrekking van de veer op aarde.

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

13 ****

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

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

b Bij welke massa krijgt de veer een lengte van 70 cm?

- door 300 gram toe te voegen neemt de lengte 15 cm toe
- bij 500 gram is de veer 40 cm lang
- om de veer 70 cm lang te maken moet je twee keer 15 cm toevoegen
- je moet twee keer 300 gram toevoegen $\rightarrow$ in totaal $500 + 300 + 300 = 1100 \text{ gram}$

14 ****

a Bereken de veerconstante.

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

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

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

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

3.6 Kracht en versnelling

Eerste wet van Newton

- 1***
- a** Formuleer de eerste wet van Newton in je eigen woorden.
- als er geen resulterende kracht werkt is er geen versnelling
 - als er geen resulterende kracht werkt verandert de snelheid niet
 - als er geen resulterende kracht werkt blijft de snelheid constant
- b** Formuleer de tweede wet van Newton in je eigen woorden.
- als er een resulterende kracht werkt gaat het voorwerp versnellen; de versnelling is recht evenredig met de kracht
 - als er een resulterende kracht werkt verandert de snelheid; bij een grote massa is er veel kracht nodig om een grote versnelling te krijgen
- c** Formuleer de derde wet van Newton in je eigen woorden.
- als je een kracht uitoefent op iets dan oefent dat iets een even grote kracht uit op jou
 - als A een kracht uitoefent op B dan oefent B een even grote kracht de andere kant uit op A

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

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

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

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

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

- 7*****
- a** Bereken de zwaartekracht op de auto
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 1200 \cdot 9,81 = 11772 \text{ N}$

b Bereken de normaalkracht op de auto

- verticaal zijn de krachten in evenwicht
- $F_z + F_N = 0 \rightarrow F_N = -F_z$
- $F_N = -11772 \text{ N}$ (minteken niet verplicht)

c Bereken de resulterende kracht op de auto.

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

d Bereken de wrijvingskracht op de auto

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

8***

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

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

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

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

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

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

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 Bereken de horizontale component van de resulterende kracht ΣF_x .

- $F_x = F \cdot \cos \alpha \rightarrow F_x = 50 \cdot \cos 35 = 40,9576 = 41 \text{ N}$
- $\Sigma F_x = F_x - F_w \rightarrow \Sigma F_x = 40,9576 - 30 = 10,9576 = 11 \text{ N}$

b Bereken de snelheid van de slee na 5,0 s.

- $\Sigma F = \Sigma F_x = 10,9576 \text{ N} \mid m = 25 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $10,9576 = 25 \cdot a \rightarrow a = 0,438304 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t$
- $\Delta v = 0,438304 \cdot 5 = 1,753216 = 1,8 \text{ m/s}$

c Bereken de afstand van de slee na 5,0 s.

- $v_{\text{gem}} = \frac{0 + 1,753216}{2} = 0,87661 \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 0,87661 \cdot 4 = 3,50643 = 3,5 \text{ m}$

OOK GOED

- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot 0,438304 \cdot 4^2 = 3,50643 = 3,5 \text{ m}$

d Bereken de normaalkracht die door de grond op de slee wordt uitgeoefend.

- $F_y = F \cdot \sin \alpha \rightarrow F_y = 50 \cdot \sin 35 = 28,67882 \text{ N}$
- $\Sigma F_z = F_z - F_y - F_n = 0$ (geen versnelling in verticale richting)
- $F_n = F_z - F_y \rightarrow F_n = 40 \cdot 9,81 - 28,67882 = 3,63721 \cdot 10^2 = 3,6 \cdot 10^2 \text{ N}$

10 ****

a Hoeveel kracht levert de motor van de trein?

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

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

- $\Sigma F = 9000 \text{ N} \mid m = 360 \cdot 10^3 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 9000 = 360 \cdot 10^3 \cdot a \rightarrow a = 0,025 \text{ m/s}^2$
- $\Delta v = 40 \text{ m/s} \mid a = 0,025 \text{ m/s}^2 \mid \Delta t = \dots \text{ s}$

- $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow 40 = 0,025 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 1600 \text{ s}$
- $\frac{1600}{60} = 26,67 = 27 \text{ minuten}$

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

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

11** 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)

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

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

- b** Teken in figuur 2 de zwaartekracht op de halter.
- zie figuur hiernaast

- c** Teken in figuur 2 de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.
- de horizontale component van de spierkracht is 500 N
 - opmeten lengte van horizontale kracht $\ell_{\text{hor}} = 2,4 \text{ cm}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 140 \cdot 9,81 = 1373,4 \text{ N}$
 - de verticale component van de spierkracht is 1373,4 N
 - verhoudingstabel:

newton	500	1373,4
centimeter	2,4	ℓ_z

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

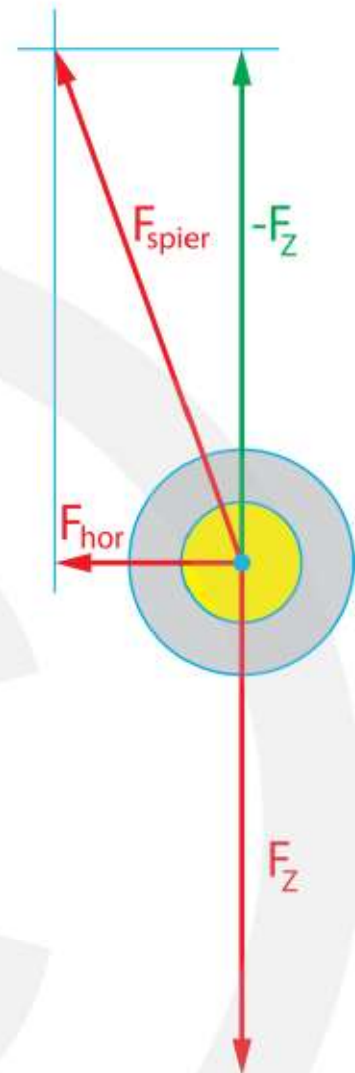
- c** Teken in figuur 2 de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggooien.
- zie figuur hiernaast

- 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.

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



- 13*** a** Bepaal de versnelling van de lift.

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- aflezen tussen $t = 0$ en $t = 3 \text{ s}$: $\Delta v = 10 - 0 = 10 \text{ m/s}$
- $a = \frac{10}{3} = 3,3333 = 3,3 \text{ m/s}^2$

b Hoe groot is het gewicht van Johan tijdens de versnelling.

- $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F}_z$
- $\Sigma F = F_n - F_z = m \cdot a \rightarrow F_n - 65 \cdot 9,81 = 65 \cdot 3,3333 \rightarrow F_n = 854,32 \text{ N}$
- $F_{\text{gewicht}} = -F_n \rightarrow F_{\text{gewicht}} = -854,32 = -8,5 \cdot 10^2 \text{ N}$
- Johans gewicht is $8,5 \cdot 10^2 \text{ N}$ en is omlaag gericht

c Hoe groot is het gewicht van Johan tussen $t = 3$ en $t = 8 \text{ s}$?

- tussen $t = 3$ en $t = 8 \text{ s}$ is de snelheid constant
- $\Sigma F = F_n - F_z = 0 \rightarrow F_n = F_z = m \cdot g \rightarrow F_n = -637,65 = -6,4 \cdot 10^2 \text{ N}$
- Johans gewicht is $6,4 \cdot 10^2 \text{ N}$ en is omlaag gericht

d Hoe groot is het gewicht van Johan tussen $t = 8$ en $t = 10 \text{ s}$?

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- aflezen tussen $t = 8$ en $t = 10 \text{ s} \rightarrow \Delta v = 0 - 10 = -10 \text{ m/s}$
- $a = \frac{-10}{2} = -5,0 \text{ m/s}^2$
- $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F}_z$
- $\Sigma F = F_n - F_z = m \cdot a \rightarrow F_n - 65 \cdot 9,81 = 65 \cdot -5,0 \rightarrow F_n = 312,65 \text{ N}$
- $F_{\text{gewicht}} = -F_n \rightarrow F_{\text{gewicht}} = -312,65 = -3,1 \cdot 10^2 \text{ N}$
- Johans gewicht is $3,1 \cdot 10^2 \text{ N}$ en is omlaag gericht

e Bepaal de afstand die de lift aflegt.

- (v, t) -diagram: afstand is oppervlakte onder de grafiek
- oppervlakte $= \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3 + 10 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2 = 75 \text{ m}$

Derde wet van Newton

14***

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

15***

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

16***

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

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

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

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

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

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

3.7 Wrijving

- 1** a Leg uit waarom een voorwerp niet in beweging komt als F_{trek} kleiner is dan $F_{W \text{ max}}$.
- als F_{trek} kleiner is dan $F_{W \text{ max}}$ geldt: $F_{\text{trek}} = F_W$
 - $\Sigma F = F_{\text{trek}} - F_W = 0$
 - Newton 1: $\Sigma F = 0 \Leftrightarrow a = 0$
 - geen versnelling, dus voorwerp komt niet in beweging

- b Leg uit waarom dit het geval is.
- bij het verschuiven komen de oppervlakken los van elkaar
 - de kracht waarmee ze van elkaar los worden getrokken moet gelijk zijn aan de normaalkracht
 - er is een recht evenredig verband tussen de minimale trekkracht en de normaalkracht
 - de minimaal benodigde trekkracht is gelijk aan de maximale wrijvingskracht

- 2** a Leg uit waarom de puck tot stilstand komt.
- bij het glijden is F_W de enige horizontale kracht op de puck
 - $\Sigma F = F_W = m \cdot a$
 - de puck vertraagt totdat hij tot stilstand komt.

- b Leg uit wat hiervan de oorzaak is.
- F_W is groter $\rightarrow$ de vertraging is groter.
 - de beginsnelheid is hetzelfde
 - $\Delta v = a \cdot t \rightarrow t = \frac{\Delta v}{a}$
 - Δv is gelijk en a is groter $\rightarrow t$ is kleiner

- c Leg uit waarom de vertraging constant is.
- tijdens het afremmen geldt: $\Sigma F = F_{W \text{ max}}$

- $\Sigma F = F_{W \text{ max}} = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_{W \text{ max}}}{m}$
- $F_{W \text{ max}}$ en m zijn constant $\rightarrow a$ is constant

- + d Bereken de verhouding tussen de maximale wrijvingskrachten van ijs en asfalt.
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ en v_{gem} is in beide gevallen gelijk
 - s is 10 keer zo groot $\rightarrow t$ is 10 keer zo groot
 - $\Delta v = a \cdot \Delta t$ en Δv is in beide gevallen gelijk
 - ijs: t is 10 keer zo groot $\rightarrow a$ is 10 keer zo klein
 - $\Sigma F = F_{W \text{ max}} = m \cdot a$
 - ijs: a is 10 keer zo klein en m blijft gelijk $\rightarrow F_{W \text{ max}}$ is 10 keer zo klein

3*****a** Bereken de versnelling van de boot.

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

b Bereken de afstand van de boot na 50 s.

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

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

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

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

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

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

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

c Bereken de massa van de waterdruppel.

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

d Bereken de snelheid waarmee de regendruppel de grond bereikt.

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

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

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

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

6 ****

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

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

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

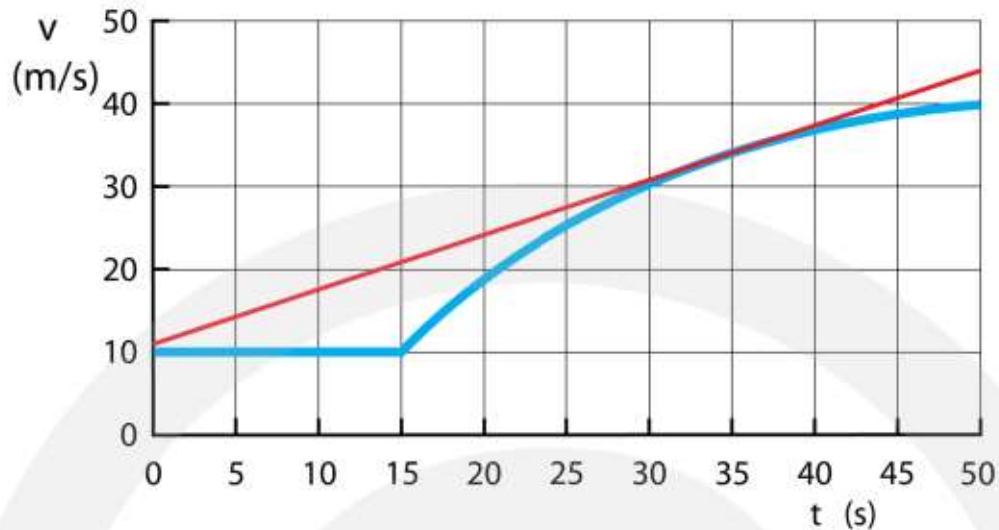
- aflezen: direct na 20 s $F_{\text{motor}} = 2000 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_W \rightarrow \Sigma F = 2000 - 200 = 1800 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 1800 = 1000 \cdot a \rightarrow a = 1,8 \text{ m/s}^2$

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

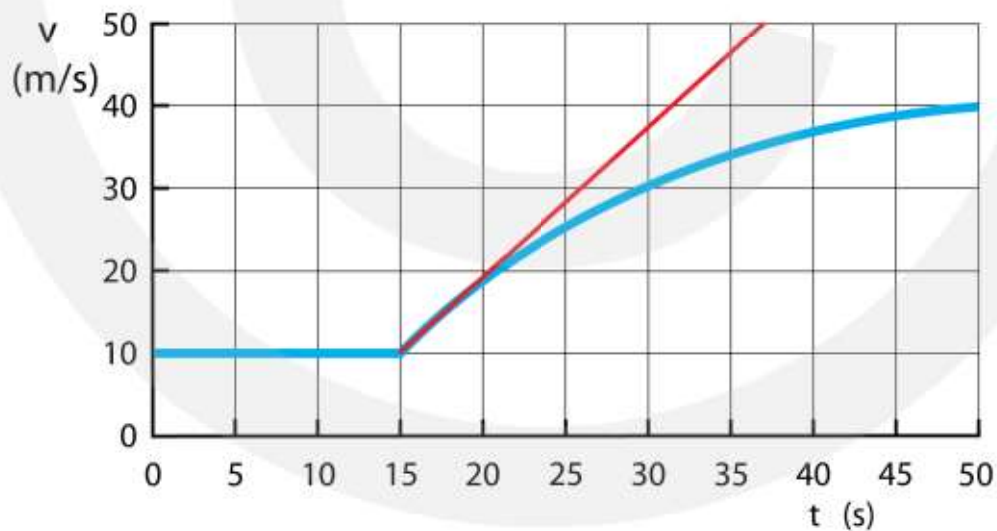
- figuur 1 $\rightarrow F_{\text{motor}}$ is na $t=15 \text{ s}$ constant
- figuur 2 $\rightarrow$ de versnelling neemt na $t=15 \text{ s}$ geleidelijk af
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_W = m \cdot a$
- a neemt af en F_{motor} blijft gelijk $\rightarrow F_W$ neemt toe

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

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



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



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

7***

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

REDEN 1

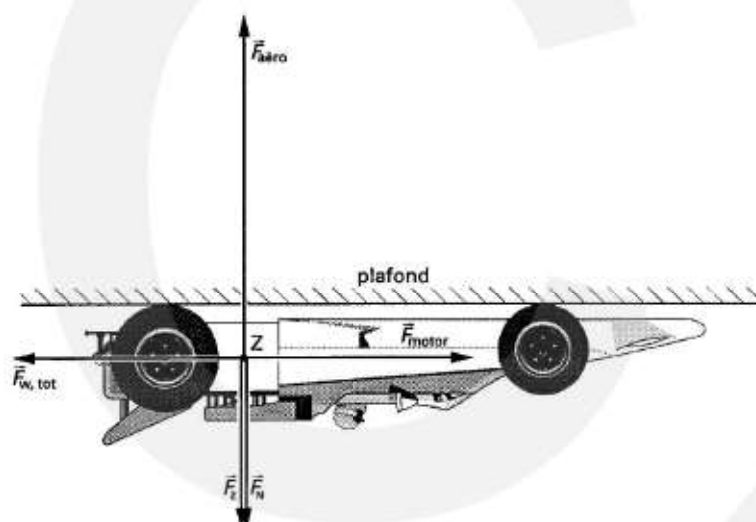
- de massa is nu kleiner omdat er minder brandstof in de tank zit
- dus bij een even grote motorkracht is de versnelling groter

REDEN 2

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

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

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



8***

Space Shot

a Bepaal de kracht die de lanceermotor in het begin op de ring met mensen uitoefent.

- teken een lange raaklijn op $t = 0$
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{25}{0,80} = 31,25 \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = F_{motor} - F_z = m \cdot a$
- $F_{motor} - 2,4 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 31,25 \rightarrow F_{motor} = 9,8544 \cdot 10^4 = 9,9 \cdot 10^4 \text{ N}$

b Bepaal het tijdstip waarop de lanceermotor geen kracht meer uitoefent.

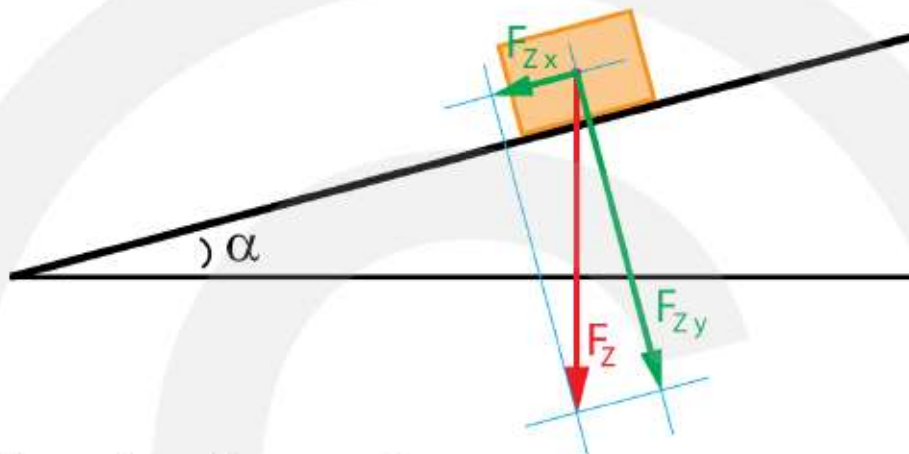
- op $t = 1,4 \text{ s}$ is de snelheid maximaal
- na $1,4 \text{ s}$ oefent de lanceermotor geen kracht meer uit

- c** Toon aan dat de vertraging $t = 1,8$ en $t = 3,6$ s groter $9,81 \text{ m/s}^2$ en geef hiervoor een verklaring.
- bepaal de richtingscoëfficiënt tussen $t = 1,8$ en $t = 4,0$ s
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{-25}{2,5} = -10 \text{ m/s}^2$
 - dit is groter $-9,81 \text{ m/s}^2$
 - bij het omhooggaan is de wrijvingskracht net als de zwaartekracht naar beneden gericht
 - dit geeft een extra vertraging
- d** Hoe groot is de normaalkracht op een persoon met een massa van 70 kg tussen $t = 1,8$ en $t = 3,6$ s?
- $\Sigma \vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F}_z = m \cdot \vec{a} \rightarrow F_n - F_z = m \cdot a$
 - $F_n - 70 \cdot 9,81 = -70 \cdot 10 \rightarrow F_n = -13,3 = -13 \text{ N}$
- e** Welke richting geeft deze normaalkracht?
- de normaalkracht is negatief, dus naar beneden gericht (zelfde richting als F_z)
- f** Leg uit of het omkeren van de richting van de wrijvingskracht inderdaad tot een dergelijke knik in de (v, t) -grafiek kan leiden.
- bij het omhoog gaan hebben de wrijvingskracht en de zwaartekracht dezelfde richting
 - bij het omlaag gaan is de wrijvingskracht tegengesteld gericht aan de zwaartekracht
 - het omkeren van de wrijvingskracht geeft een knik in de (v, t) -grafiek (waarbij de steilheid kleiner wordt)

3.8 Krachten op een helling

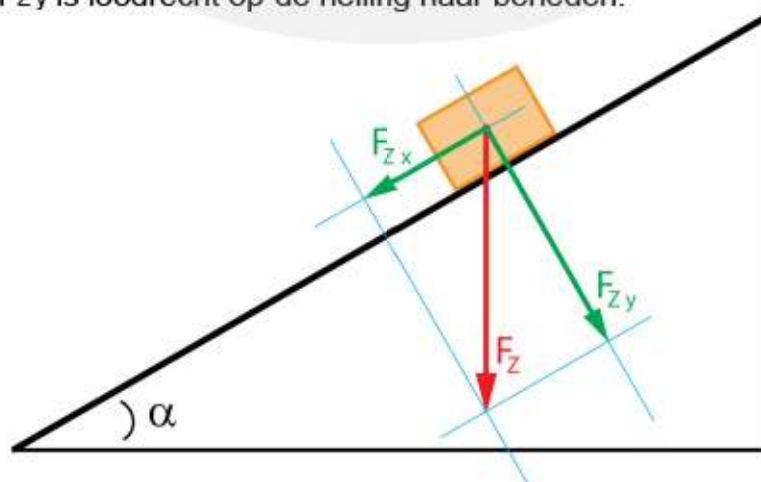
Helling zonder wrijving

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



- b Bepaal de grootte van F_{zx} en van F_{zy} .
- meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z , ℓ_{zx} en ℓ_{zy}
 - verhoudingstabel:
- | | | | |
|------------|----------|-------------|-------------|
| newton | 150 | F_{zx} | F_{zy} |
| centimeter | ℓ_z | ℓ_{zx} | ℓ_{zy} |
- kruislings vermenigvuldigen
 - $F_{zx} = 39 \text{ N}$ en $F_{zy} = 145 \text{ N}$
- c Bereken de grootte van F_{zx} en van F_{zy} .
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 150 \cdot \sin 15 = 38,823 = 39 \text{ N}$
 - $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 150 \cdot \cos 15 = 144,89 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

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



b Bereken de grootte van F_{zx} en van F_{zy} .

- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 250 \cdot \sin 30 = 125 \text{ N}$
- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 250 \cdot \cos 30 = 216,5 = 217 \text{ N}$

c Bereken de massa van de kar.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow 250 = m \cdot 9,81 \rightarrow m = 25,484 = 25,5 \text{ kg}$

d Bereken de versnelling van de kar.

- $\Sigma F = F_{zx} = 125 \text{ N} \mid m = 25,484 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $125 = 25,484 \cdot a \rightarrow a = 4,905 = 4,91 \text{ m/s}^2$

3**

a F_{zx} is de componenten van F_z langs de helling naar beneden. Teken F_{zx} en F_{zy} en bereken hoeveel newton deze krachten zijn.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 12 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 117,72 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 117,72 \cdot \sin 10 = 20,442 = 20 \text{ N}$
- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 117,72 \cdot \cos 10 = 115,93 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$

b Bereken de versnelling van de kar.

- $\Sigma F = F_{zx} = 20,44 \text{ N} \mid m = 12 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $20,442 = 12 \cdot a \rightarrow a = 1,7 \text{ m/s}^2$

c Bereken F_{zx} en F_{zy} .

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 6 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 58,86 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 58,86 \cdot \sin 10 = 10,221 = 10 \text{ N}$
- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 58,86 \cdot \cos 10 = 57,97 = 58 \text{ N}$

d Bereken de versnelling van de kar.

- $\Sigma F = F_{zx} = 10,221 \text{ N} \mid m = 6 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $10,221 = 6 \cdot a \rightarrow a = 1,7 \text{ m/s}^2$

e Leg uit waarom dit het geval is.

- als de massa x keer zo groot is dan is F_z ook x keer zo groot
- de resulterende kracht wordt x keer zo groot én de massa wordt x keer zo groot
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{\Sigma F}{m} \rightarrow a$ verandert niet

f Na hoeveel seconde is het blok beneden?

- $s = 4,0 \text{ m} \mid a = 1,7035 \text{ m/s}^2 \mid t = \dots \text{ s}$

- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $4 = \frac{1}{2} \cdot 1,7035 \cdot t^2 \rightarrow t = 2,167 = 2,2 \text{ s}$

g Welke snelheid heeft het blok onderaan de helling?

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta v = a \cdot \Delta t$
- $\Delta v = 1,7 \cdot 2,167 = 3,6916 = 3,7 \text{ m/s}$

h Welke kar is het eerste beneden?

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

4***

a Toon aan dat zolang de wrijving mag worden verwaarloosd voor ieder voorwerp op een helling geldt $a = g \cdot \sin \alpha$.

- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha$
- $\Sigma F = F_{zx} = m \cdot a$
- $m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot a$ *massa wegstrepen*
- $a = g \cdot \sin \alpha$

b Bereken de versnelling van de snowboarder.

- $a = g \cdot \sin \alpha \rightarrow a = 9,81 \cdot \sin 30 = 4,905 = 4,9 \text{ m/s}^2$

c Leg uit waarom de versnelling onafhankelijk is van de massa van de snowboarder.

- m valt weg uit bij de berekening (zie vraag a)

Helling met schuifwrijving

5**

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

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 49,05 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 49,05 \cdot \sin 25 = 20,73 = 21 \text{ N}$

b Leg uit waarom dit het geval is.

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

c Bereken de grootte van de wrijvingskracht.

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

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

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 5 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 49,05 \text{ N}$
- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 49,05 \cdot \cos 25 = 44,454 = 44 \text{ N}$
- teken F_{zy} en meet de lengte van de krachtpijlen ℓ_z en ℓ_{zy}
- verhoudingstabel:

newton	49,05	F_{zy}
centimeter	ℓ_z	ℓ_{zy}
- kruislings vermenigvuldigen $\rightarrow F_{zy} = 44,454 = 44,5 \text{ N}$

e Kun je uit de antwoorden op c en d de wrijvingscoëfficiënt f berekenen?

- bij vraag c bereken je F_w en dus niet $F_{w \max}$
- je kunt de de wrijvingscoëfficiënt niet berekenen omdat je $F_{w \max}$ niet weet

6***

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

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,8 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 7,848 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 7,848 \cdot \sin 30 = 3,924 = 3,9 \text{ N}$

b Leg uit waarom dit het geval is.

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

c Bereken de grootte van de wrijvingskracht.

- constante snelheid: $\Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w = 0 \rightarrow F_{zx} = F_w = 3,924 = 3,9 \text{ N}$

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

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,8 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 7,848 \text{ N}$
- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 7,848 \cdot \cos 30 = 6,7966 = 6,8 \text{ N}$

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 .

- $F_{zx} = F_{w \max} = 3,924 \text{ N} \mid F_{zy} = F_n = 6,7966 \text{ N} \mid f = \dots$ (geen eenheid)
- $F_{w \max} = f \cdot F_n$
- $3,924 = f \cdot 6,7966 \rightarrow f = 0,57735 = 0,58$

g Hoe groot is de zwaartekracht op deze blokken samen?

- twee keer zoveel als van één blok
- $F_z = 2 \cdot 7,848 = 15,696 = 15,7 \text{ N}$

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

- F_{zx} en F_{zy} zijn twee keer zo groot als bij één
- $F_{zx} = 2 \cdot 3,924 = 7,848 = 7,8 \text{ N}$
- $F_{zy} = 2 \cdot 6,7966 = 13,593 = 14 \text{ N}$

i Bereken hoe groot F_n nu is.

- $F_n = F_{zy} = 13,593 = 14 \text{ N}$

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

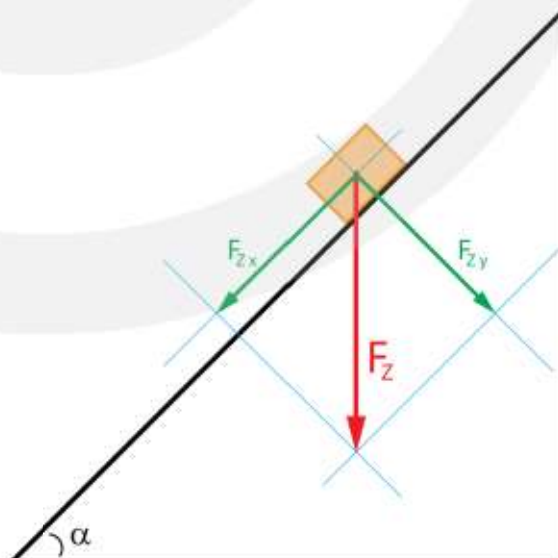
- F_n wordt twee keer zo groot en f blijft gelijk
- $F_{W \max}$ wordt ook twee keer zo groot
- $F_{W \max} = f \cdot F_n$
- $F_{W \max} = 0,57734 \cdot 13,593 = 7,848 = 7,8 \text{ N}$

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

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

7***

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



- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 12 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 117,72 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 117,72 \cdot \sin 45 = 83,24 = 83 \text{ N}$

b Bereken de resulterende kracht langs de helling naar beneden.

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

c Bereken de versnelling van het blok.

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

d Bereken wanneer het blok beneden is.

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

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

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

f Bereken F_{zy} .

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 12 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 117,72 \text{ N}$
- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 117,72 \cdot \cos 45 = 83,24 = 83 \text{ N}$

g Bereken f .

- $F_{w \max} = 70 \text{ N} \mid F_n = F_{zy} = 83,24 \text{ N} \mid f = \dots$
- $F_{w \max} = f \cdot F_n$
- $f = \frac{F_{w \max}}{F_n} \rightarrow f = \frac{70}{83,24} = 0,84$

8***

a Toon dit aan.

Hint: vul de uitdrukkingen voor $F_{w \max}$ en F_n in.

- als het blok nog net niet in beweging is geldt: $\Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_{w \max} = 0 \rightarrow F_{zx} = F_{w \max}$
- $F_{zx} = f \cdot F_n$
- $F_z \cdot \sin \alpha = f \cdot F_z \cdot \cos \alpha$
- $f = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \leftrightarrow f = \tan \alpha$

b Geef hiervoor een verklaring.

- $\Sigma F = 0 \rightarrow F_{zx} = f \cdot F_n$
- F_{zx} en F_n zijn recht evenredig met de massa
- de massa heeft geen invloed op f

9 ***

a Bepaal de spankracht in het touw.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{\text{span}} - F_{zx} - F_w = 0$
- $\Sigma F_{\text{span}} = F_{zx} + F_w$
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 58 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 568,98 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 568,98 \cdot \sin 35 = 326,35 \text{ N}$
- $\Sigma F_{\text{span}} = 326,35 + 150 = 476,25 = 476 \text{ N}$

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

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

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

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

10 ***

a Bereken de versnelling van de skiër.

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 65 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 637,65 \text{ N}$
- $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{zx} = 637,65 \cdot \sin 40 = 409,87 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{zx} - F_w \rightarrow \Sigma F = 409,87 - 200 = 209,87 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $209,87 = 65 \cdot a \rightarrow a = 3,2288 = 3,2 \text{ m/s}^2$

b Leg uit waarom dit het geval is.

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

c Leg uit waarom dit het geval is.

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

d Leg uit waarom de snelheid hierdoor kleiner wordt.

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

11 ***

a Toon met een berekening aan dat de helling een stijgingspercentage heeft van 8,00%.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = F_{motor} - F_{Zx} - F_W = 0 \rightarrow F_{motor} = F_{Zx} + F_W$
- $F_{Zx} = F_Z \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha$
- $F_{motor} = m \cdot g \cdot \sin \alpha + F_W \rightarrow 5000 = 4000 \cdot 9,81 \cdot \sin \alpha + 1861 \rightarrow \sin \alpha = 0,080$
- stijgingspercentage is $\sin \alpha = 0,080 = 8,00\%$

b Bereken de versnelling van de bestelwagen.

- $\Sigma F = F_{motor} + F_{Zx} - F_W = m \cdot a$
- $F_{Zx} = F_Z \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha$
- $\Sigma F = F_{motor} + m \cdot g \cdot \sin \alpha - F_W \rightarrow \Sigma F = 5000 + 4000 \cdot 9,81 \cdot 0,080 - 1861 = 6278,2 \text{ N}$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{6278,2}{4000} = 1,5696 = 1,57 \text{ m/s}^2$

c Bereken de grootte van de remkracht die nodig is om de bestelwagen met een constante snelheid naar beneden te laten rijden.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{Zx} - F_W - F_{rem} = 0$
- $F_{rem} = F_{Zx} - F_W = 4000 \cdot 9,81 \cdot 0,080 - 1861 = 1278,2 = 1,28 \cdot 10^3 \text{ N}$

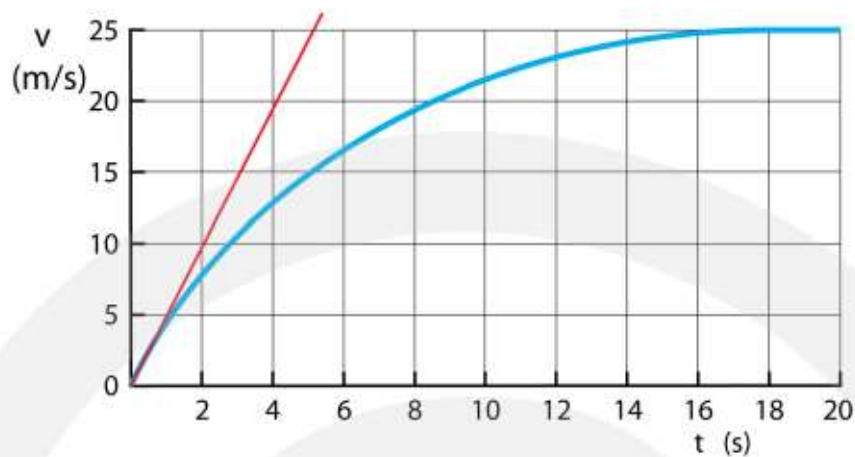
Helling met schuifwrijving én luchtweerstand

12 ****

a Leg uit waarom dit het geval is.

- aflezen: op $t = 0$ is de snelheid nul
- als $v = 0$ is de luchtweerstand ook nul (zie formule)

b Bepaal de hellingshoek.



- bepaal de versnelling op $t=0$ door een lange raaklijn te tekenen en de richtingscoëfficiënt van deze lijn te bepalen

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{25}{5,2} = 4,8 \text{ m/s}^2$

- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 82 \cdot 4,8 = 394,23 \text{ N}$

- $\Sigma F = F_{zx} - F_{w \max}$

- $\Sigma F = 82 \cdot 9,81 \cdot \sin \alpha - 70 = 394,23$

- $\sin \alpha = \frac{394,23 + 70}{82 \cdot 9,81} = 0,5771$

- $\alpha = \sin^{-1} 0,5771 = 35,2468 = 35^\circ$

c Bereken f .

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 82 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 804,42 \text{ N}$

- $F_{zy} = F_z \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{zy} = 804,42 \cdot \cos 35,2468 = 656,95 \text{ N}$

- $F_{w \max} = f \cdot F_n \rightarrow f = \frac{F_{w \max}}{F_n}$

- $f = \frac{70}{656,95} = 0,10655 = 0,11$

d Toon aan dat de luchtweerstandscoefficiënt c_w geen eenheid heeft.

- $F_w = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$ vul basiseenheden in

- $[F] = \text{N} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [c_w] \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^2 \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \rightarrow \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [c_w] \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$

- wegstrepen: $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [c_w] \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$

- $[c_w] = 1 \rightarrow c_w$ heeft geen eenheid

- e Bepaal de luchtweerstandscoefficiënt c_w .
- na 18 s wordt v constant: $v = 25 \text{ m/s}$
- $v = \text{constant} \rightarrow \Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{z_x} - F_{w \max} - F_{w \text{ lucht}} = 0$
- $82 \cdot 9,81 \cdot \sin 35,2468 - 70 - F_{w \text{ lucht}} = 0 \rightarrow F_{w \text{ lucht}} = 394,23 \text{ N}$
- opzoeken: $\rho_{\text{lucht}} = 1,293 \text{ kg/m}^3$
- $F_{w \text{ lucht}} = 394,23 \text{ N} \mid \rho_{\text{lucht}} = 1,293 \text{ kg/m}^3 \mid A = 0,85 \text{ m}^2 \mid v = 25 \text{ m/s}$
- $394,23 = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot 1,293 \cdot 0,85 \cdot 25^2 \rightarrow c_w = 1,1478 = 1,15$

3.9 Gekoppelde voorwerpen

1***

a Welke kracht veroorzaakt de versnelling?

- de zwaartekracht op het blokje veroorzaakt de versnelling

b Hoe groot is deze kracht?

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,010 \cdot 9,81 \rightarrow F_z = 0,0981 \text{ N}$

c Hoeveel massa wordt er versneld?

- slee én blokje worden versneld
- $m = m_{\text{slee}} + m_{\text{blokje}} \rightarrow m = 0,25 + 0,010 = 0,260 \text{ kg}$

d Bereken de versnelling.

- $\Sigma F = F_z = 0,0981 \text{ N} \mid m = 0,260 \text{ kg} \mid a = \dots \text{ m/s}^2$
- $\Sigma F = m \cdot a$
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow 0,0981 = 0,26 \cdot a \rightarrow a = 0,3773077 = 0,377 \text{ m/s}^2$

e Bereken de tijd waarin de slee 2,0 m heeft afgelegd.

- $s = 2,0 \text{ m} \mid a = 0,3773077 \text{ m/s}^2 \mid t = \dots \text{ s}$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $2 = \frac{1}{2} \cdot 0,3773077 \cdot t^2 \rightarrow t = 3,25598 = 3,26 \text{ s}$

f Bereken de snelheid van de slee nadat hij 2,0 m heeft afgelegd.

- $\Delta v = a \cdot \Delta t$
- $\Delta v = 0,3773077 \cdot 0,325589 = 1,2285076 = 1,23 \text{ m/s}$
- $v_{\text{eind}} = 1,23 \text{ m/s}$

g Leg uit waarom dit het geval is.

- F_z op het blokje veroorzaakt de versnelling;
- F_z op de slee niet, want die wordt gecompenseerd door F_n
- $a = \frac{\Sigma F}{m}$ waarbij m de totale massa is die wordt versneld

h Leid de formule voor de versnelling van de slee af uit de wetten van Newton.

- $\Sigma F = m_{\text{blokje}} \cdot g$
- $a = \frac{\Sigma F}{m}$ met $m = m_{\text{slee}} + m_{\text{blokje}}$
- $a = \frac{m_{\text{blokje}}}{m_{\text{slee}} + m_{\text{blokje}}} \cdot g$

2****

a Bereken de spankracht in het koord als A en B stil hangen.

- A heeft een massa van 10 kg en hangt stil aan het koord
- blok A: $\Sigma F = F_{ZA} - F_{span} = 0$
- $F_{span} = F_{ZA} = m_A \cdot g \rightarrow F_{span} = 3 \cdot 9,81 = 29,43 \text{ N}$

b Bereken de versnelling van A en B.

- $F_{ZA} = m_A \cdot g = 3 \cdot 9,81 = 29,43 \text{ N}$ | $F_{ZB} = m_B \cdot g = 2,5 \cdot 9,81 = 24,525 \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{ZA} - F_{ZB}$
- $\Sigma F = 29,43 - 24,525 = 4,905 \text{ N}$
- $\Sigma F = (m_A + m_B) \cdot a$
- $4,905 = 5,5 \cdot a \rightarrow a = 0,891818 = 0,89 \text{ m/s}^2$

c Bereken de snelheid waarmee A op de grond komt.

- $s = 5,0 \text{ m}$ | $a = 0,891818 \text{ m/s}^2$ | $t = \dots \text{ s}$
- $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$
- $5 = \frac{1}{2} \cdot 0,891818 \cdot t^2 \rightarrow t = 3,3485889 \text{ s}$
- $\Delta v = a \cdot \Delta t$
- $\Delta v = 0,891818 \cdot 3,3485889 = 1,2285076 = 2,98633 = 3,0 \text{ m/s}$
- $v_{\text{eind}} = 3,0 \text{ m/s}$

d Bereken de spankracht in het koord tijdens het vallen.

- op A werken F_Z en F_{span}
- $\Sigma F = F_{ZA} - F_{span}$
- $\Sigma F = F_{ZA} - F_{span} = m_A \cdot a$
- $29,43 - F_{span} = 3 \cdot 0,891818 \rightarrow F_{span} = 26,7545 = 27 \text{ N}$

e Verklaar dit.

- tijdens het vallen werkt er een resulterende kracht op A
- blok A: $\Sigma F = F_{ZA} - F_{span} \rightarrow F_{span} < F_{ZA}$

f Controleer dat op B dezelfde spankracht werkt als op A.

- op B werken F_Z en F_{span}
- $\Sigma F = F_{span} - F_{ZB}$
- $\Sigma F = F_{span} - F_{ZB} = m_B \cdot a$
- $F_{span} - 24,525 = 2,5 \cdot 0,891818 \rightarrow F_{span} = 26,7545 = 27 \text{ N}$ KLOPT

3***

a Bereken hoeveel kracht je moet zetten om een versnelling van $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ te krijgen.

- $F_W = 20 + 15 = 35 \text{ N}$ | $m = 80 + 30 = 110 \text{ kg}$ | $a = 1,2 \text{ m/s}^2$ | $F_{\text{spier}} = \dots \text{ N}$
- $\Sigma F = F_{\text{spier}} - F_W = m \cdot a$

- $F_{\text{spier}} - 35 = 110 \cdot 1,2 \rightarrow F_{\text{spier}} = 167 = 1,7 \cdot 10^2 \text{ N}$

b Bereken de kracht die de fiets tijdens deze versnelling op de fietskar uitoefent.

- kar: $\Sigma F = F_{\text{trek}} - F_W = m_{\text{kar}} \cdot a$
- $F_{\text{trek}} - 15 = 30 \cdot 1,2 \rightarrow F_{\text{trek}} = 51 \text{ N}$

c Bereken hoeveel kracht je nu moet zetten.

- constante snelheid: $\Sigma F = F_{\text{spier}} - F_W = 0$
- $F_{\text{spier}} = F_W \rightarrow F_{\text{spier}} = 20 + 15 = 35 \text{ N}$

d Hoeveel kracht moeten de remmen uitoefenen?

- $\Sigma F = F_{\text{rem}} + F_W$
- $\Sigma F = F_{\text{rem}} + F_W = m \cdot a$
- $F_{\text{rem}} + 35 = 110 \cdot 2,5 \rightarrow F_{\text{rem}} = 240 = 2,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

4 ****

a Bereken de motorkracht.

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W \text{ bagage}} - F_{W A} - F_{W B} = 0$
- $F_{\text{motor}} = F_{W \text{ bagage}} + F_{W A} + F_{W B} \rightarrow F_{\text{motor}} = 1000 + 750 + 750 = 2500 = 2,50 \cdot 10^3 \text{ N}$

b Bereken de spankracht van de kabel tussen de aanhangers A en B.

- $\Sigma F_B = F_{\text{span B}} - F_{W B} = 0 \rightarrow F_{\text{span B}} = F_{W B} = 750 \text{ N}$

c Bereken de spankracht van de kabel tussen de bagagewagen en aanhanger A.

- $\Sigma F_{AB} = F_{\text{span A}} - F_{W A} - F_{W B} = 0$
- $F_{\text{span A}} = F_{W B} + F_{W B} = 750 + 750 = 1500 = 1,50 \cdot 10^3 \text{ N}$

d Bereken de motorkracht tijdens het versnellen.

- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W \text{ bagage}} - F_{W A} - F_{W B} = m \cdot a$
- $m = m_{\text{bagage}} + m_A + m_B \rightarrow m = 1200 + 800 + 800 = 2800 \text{ kg}$
- $F_{\text{motor}} - 1000 - 750 - 750 = 2800 \cdot 0,5 \rightarrow F_{\text{motor}} = 3900 = 3,9 \cdot 10^3 \text{ N}$

e Bereken de spankracht tussen de aanhangers A en B tijdens het versnellen.

- $\Sigma F_B = F_{\text{span B}} - F_{W B} = m_B \cdot a$
- $F_{\text{span B}} - 750 = 800 \cdot 0,5 \rightarrow F_{\text{span B}} = 1150 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$

f Bereken de spankracht tussen de bagagewagen en aanhanger A tijdens het versnellen.

- $\Sigma F_{AB} = F_{\text{span A}} - F_{W A} - F_{W B} = m_{AB} \cdot a$
- $F_{\text{span A}} - 750 - 750 = (800 + 800) \cdot 0,5 \rightarrow F_{\text{span A}} = 2300 = 2,3 \cdot 10^3 \text{ N}$

5+ Vervolg

a Bereken met hoeveel kracht de bagagewagen moet remmen om met constante snelheid de helling af te gaan.

- $F_{Z,x} = F_Z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{Z,x} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$
- $F_{Z,x} = 2800 \cdot 9,81 \cdot \sin 15 = 7109,24 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{Z,x} - F_{\text{wr}} - F_{\text{rem}}$
- constante snelheid $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$
- $F_{Z,x} - F_{\text{wr}} - F_{\text{rem}} = 0 \rightarrow F_{\text{rem}} = F_{Z,x} - F_{\text{wr}}$
- $F_{\text{rem}} = 7109,24 - (1000 + 750 + 750) = 7109,24 - 2500 = 4609,24 = 4,61 \text{ kN}$

b Bereken hoe hard aanhanger A tegen de bagagewagen duwt.

- $F_{Z(A+B),x} = F_{Z(A+B)} \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{Z(A+B),x} = (m_A + m_B) \cdot g \cdot \sin \alpha$
- $F_{Z(A+B),x} = 1600 \cdot 9,81 \cdot \sin 15 = 4062,42 \text{ N}$
- F_{duw} is de kracht waarmee de bagagewagen terugduwt tegen kar A + B
- $F_{\text{res}(A+B)} = F_{Z(A+B),x} - F_{\text{wr}(A+B)} - F_{\text{duw}}$
- constante snelheid $\rightarrow F_{\text{res}} = 0$
- $F_{Z(A+B),x} - F_{\text{wr}} - F_{\text{duw}} = 0 \rightarrow F_{\text{duw}} = F_{Z(A+B),x} - F_{\text{wr}(A+B)}$
- $F_{\text{duw}} = 4062,42 - (750 + 750) = 4062,42 - 1500 = 2562,42 = 2,56 \text{ kN}$

c Bereken met hoeveel kracht de bagagewagen moet remmen om met een vertraging van $0,50 \text{ m s}^{-2}$ tot stilstand te komen.

- $F_{Z,x} = F_Z \cdot \sin \alpha \rightarrow F_{Z,x} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$
- $F_{Z,x} = 2800 \cdot 9,81 \cdot \sin 15 = 7109,24 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{Z,x} - F_{\text{wr}} - F_{\text{rem}}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a$; $a = -0,50 \text{ m s}^{-2}$
- $F_{\text{res}} = 2800 \cdot -0,50 = -1400 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_{Z,x} - F_{\text{wr}} - F_{\text{rem}} \rightarrow F_{\text{rem}} = F_{Z,x} - F_{\text{wr}} - F_{\text{res}}$
- $F_{\text{rem}} = 7109,24 - (1000 + 750 + 750) + 1400 = 6009,24 = 6,01 \text{ kN}$

OOK GOED

• om met constante snelheid de helling af te gaan is een remkracht van $4609,24 \text{ N}$ nodig

• om af te remmen met $0,50 \text{ m/s}^2$ is een extra kracht

$$F_{\text{res}} = 2800 \cdot 0,50 = 1400 \text{ N nodig}$$

• totaal benodigde remkracht $= 4609,24 + 1400 = 6009,24 = 6,01 \text{ kN}$

d Bereken hoe hard aanhanger A bij het remmen tegen de bagagewagen duwt.

- $F_{Z(A+B),x} = 1600 \cdot 9,81 \cdot \sin 15 = 4062,42 \text{ N}$
- F_{duw} is de kracht waarmee de bagagewagen terugduwt tegen kar A + B
- $F_{\text{res}(A+B)} = F_{Z(A+B),x} - F_{\text{wr}(A+B)} - F_{\text{duw}}$
- $F_{\text{res}(A+B)} = m \cdot a$; $a = -0,50 \text{ m s}^{-2}$
- $F_{\text{res}(A+B)} = 1600 \cdot -0,50 = -800 \text{ N}$
- $F_{\text{res}(A+B)} = F_{Z(A+B),x} - F_{\text{wr}(A+B)} - F_{\text{duw}} \rightarrow F_{\text{duw}} = F_{Z(A+B),x} - F_{\text{wr}(A+B)} - F_{\text{res}}$
- $F_{\text{duw}} = 4062,42 - 1500 + 800 = 3362,42 = 3,36 \text{ kN}$

OOK GOED

- om met constante snelheid de helling af te gaan is een duwkracht van 2562,42 N nodig
- om af te remmen met $0,50 \text{ m/s}^2$ is een extra kracht
 $F_{\text{res}} = 1600 \cdot 0,50 = 800 \text{ N}$ nodig
- totaal benodigde remkracht = $2562,42 + 800 = 3362,42 = 3,36 \text{ kN}$



HAVO examenvragen

Beweging op een hellend vlak

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

METHODE 1

- teken lange raaklijn aan de (x, t)-grafiek (figuur 2) op $t = 1,5$ s 1
- $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{1,0 - 0}{2,5 - 0,35} = 0,465$ 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 **b** 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 **c** Bepaal de versnelling van het karretje.
- gebruik $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{0,77 - 0}{2,5 - 0} = 3,08 = 3,1$ m/s² 2

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

Fietsen

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

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

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

Schaatsen

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

- wegstrepen $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [\text{k}] \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow \text{kg} = [\text{k}] \cdot \text{m} \rightarrow [\text{k}] = \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ 1

3p **b** Laat zien hoe Eric de formule van P uit formule van $F_{W \text{ lucht}}$ 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 **c** Toon aan dat deze schaatser met strips een tijdwinst heeft van 0,5 s per rondje.

- $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v_{\text{gem}} = \frac{400}{32} = 12,5 \text{ m/s}$ 1
- $P = 0,15 \cdot v^3 \rightarrow P = 0,15 \cdot 12,5^3 = 292,97 \text{ W}$ 1
- met strips $k = 0,95 \cdot 0,15 = 0,1425 \text{ kg/m}$ 1
- $292,97 = 0,1425 \cdot v^3 \rightarrow v = 12,716 \text{ m/s}$ 1
- $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow 12,716 = \frac{400}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 31,46 \text{ s}$ (dus 0,5 s per rondje) 1

Nerobergbahn

3p **a** Bereken hoeveel liter water in wagon A is gepompt.

- de totale massa van wagon A is gelijk aan de totale massa van wagon B 1
- massa water = massa 15 personen = $15 \cdot 60 = 900 \text{ kg}$ 1
- $\frac{900}{0,9982} = 901,6 = 9,0 \cdot 10^2 \text{ liter}$ 1

3p **b** Bereken met deze gegevens de totale massa van de twee wagons, inclusief het water en de passagiers.

- $\Sigma F = F_A - F_B = 23,5 \cdot 10^3 - 19,5 \cdot 10^3 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
- gebruik: $\Sigma F = m \cdot a$ 1
- $4000 = m \cdot 0,17 \rightarrow m = 2,353 \cdot 10^4 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ kg}$ 1

3p **c** Bereken de grootte van F_K .

- inzicht: $\Sigma F = F_K - F_B$ 1
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 10,5 \cdot 10^3 \cdot 0,17 = 1785 \text{ N}$ 1
- $1785 = F_K - 19,5 \cdot 10^3 \rightarrow F_K = 2,1285 \cdot 10^4 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ 1

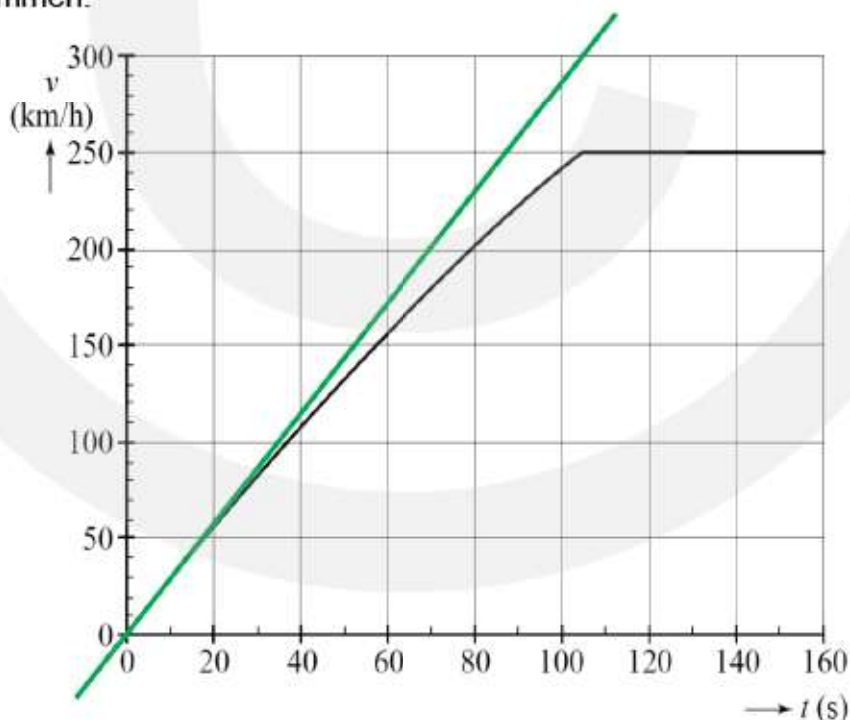
3p **d** Bereken de gemiddelde snelheid, in km/h, van een wagon tijdens de rit.

- gebruik: $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ 1
- $t = 3,5 \cdot 60 = 210 \text{ s}$ 1
- $438 = v_{\text{gem}} \cdot 210 \rightarrow v_{\text{gem}} = 2,0857 \text{ m/s} = 7,5 \text{ km/h}$ 1

- 4p e Bereken de energie die de pomp per seconde moet leveren bij het terugpompen van het water.
- gebruik: $E_z = m \cdot g \cdot h$ met $h = 83 \text{ m}$ 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

Superbus

- 4p a Bepaal met behulp van de figuur 2 de optrekafstand van de Superbus.
- optrekafstand is oppervlakte onder de (v, t) -grafiek tussen $t = 0$ en $t = 105 \text{ s}$ 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 b Laat met behulp van de figuur 2 zien dat beide waarden van F_{res} met elkaar overeenstemmen.



- bepaal de versnelling op $t=0 \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{300 / 3,6}{104} = 0,8013 \text{ m/s}^2$ 1
- $\Sigma F = m \cdot a \rightarrow \Sigma F = 8,1 \cdot 10^3 \cdot 0,8013 = 6490 = 6,5 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
- dit klopt met de F_{res} in het (F, t) -diagram van figuur 3 op $t=0$ 1

- 3p **c** Leg uit hoe uit figuur 3 blijkt dat $F_{W\text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.
- $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W\text{ rol}} - F_{W\text{ lucht}}$ en op $t = 0$ $F_{W\text{ lucht}} = 0$ (want $v = 0$) 1
 - $\Sigma F = F_{\text{motor}} - F_{W\text{ rol}} \rightarrow F_{W\text{ rol}} = F_{\text{motor}} - \Sigma F$ 1
 - aflezen in figuur 3: $F_{W\text{ rol}} = 7,8 \cdot 10^3 - 6,5 \cdot 10^3 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

- 3p **d** Bepaal het vermogen dat de motor dan levert.
- gebruik $P = F \cdot v$ 1
 - aflezen $F_{\text{motor}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$ en $v = \frac{250}{3,6} = 69,444 \text{ m/s}$ 1
 - $P = 4,8 \cdot 10^3 \cdot 69,444 = 3,333 \cdot 10^5 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ W}$

- 4p **e** Bepaal de luchtweerstandscoefficiënt van de Superbus.
- $v = \text{constant}$: $\Sigma F = 0$
 - $F_{\text{motor}} - F_{W\text{ rol}} - F_{W\text{ lucht}} = 0 \rightarrow F_{W\text{ lucht}} = 4,8 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^3 = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1
 - aflezen $F_{\text{motor}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$ en $v = \frac{250}{3,6} = 69,444 \text{ m/s}$ 1
 - $A = 2,50 \cdot 1,70 = 4,25 \text{ m}^2$ 1
 - $F_{W\text{ lucht}} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N} \mid \rho = 1,2 \text{ kg/m}^3 \mid A = 4,25 \text{ m}^2 \mid v = 69,444 \text{ m/s}$
 - $F_{W\text{ lucht}} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \rightarrow 3,5 \cdot 10^3 = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot 1,2 \cdot 4,25 \cdot 69,444^2 \rightarrow c_w = 0,28$ 1

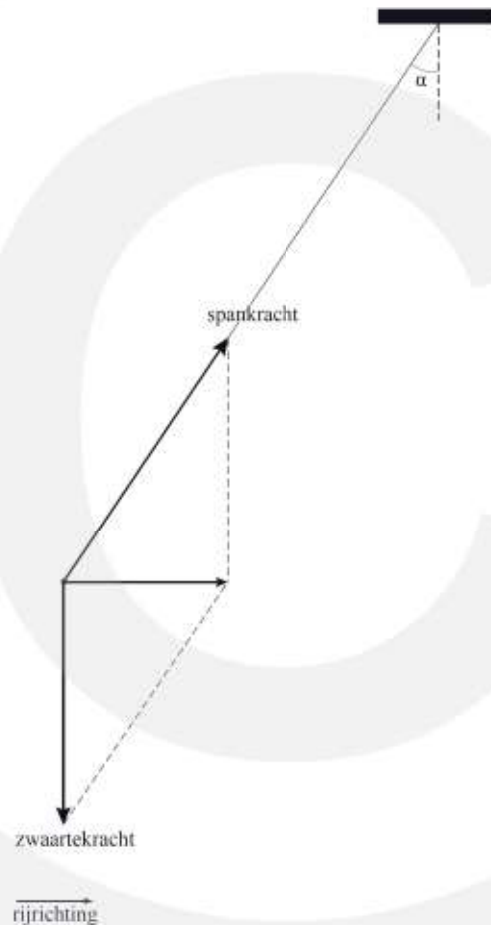
Tower of Terror

- 4p **a** Bepaal de (horizontale) kracht die de elektromagneten tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 7,0 \text{ s}$ op de kar uitoefenen.
- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{46 - 0}{7 - 0} = 6,5714 \text{ m/s}^2$ 1
 - gebruik $\Sigma F = m \cdot a$ 1
 - $\Sigma F = 6,2 \cdot 10^3 \cdot 6,5714 = 4,0743 \cdot 10^3 = 4,1 \cdot 10^3 \text{ N}$ 1

- 3p **b** Bepaal de afstand die de kar aflegt tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 10 \text{ s}$.
- afstand is de oppervlakte onder de (v, t) -grafiek 1
 - oppervlakte $= \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 46 + 3 \cdot 46 = 161 + 138$ 1
 - $s = 299 = 3,0 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1

- 3p **c** Bepaal de verticale afstand tussen het hoogste punt D en het horizontale gedeelte van de baan.
- vertraging in verticale richting is $9,81 \text{ m/s}^2$ 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow 9,81 = \frac{46}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = 4,689 \text{ s}$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow s = 23 \cdot 4,689 = 107,85 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}$ 1
 - *LET OP: de berekende tijd komt niet overeen met de figuur omdat tussen $t = 0 \text{ s}$ en $t = 11 \text{ s}$ de kar ook nog een horizontale snelheid heeft*

- 3p **d** Welke kracht/krachten werkt/werken er op de kar:
- op het traject van C naar D,
 - in punt D,
 - op het traject van D naar C?
 - op het traject van C naar D werkt de **zwaartekracht**
 - in punt D werkt de **zwaartekracht**
 - op het traject van D naar C werkt de **zwaartekracht**
- 5p **e** Bepaal met behulp van figuur 4 de versnelling van de kar. Construeer daartoe eerst de resulterende kracht die op het ringetje werkt.



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

- 2p **f** In welke afbeelding is de plaats van het bolletje tijdens het versnellen goed weergegeven? Beantwoord deze vraag voor zowel John als Dave.
- John: afbeelding 1c is goed
 - Dave: afbeelding 2b is goed

Vooruitgang

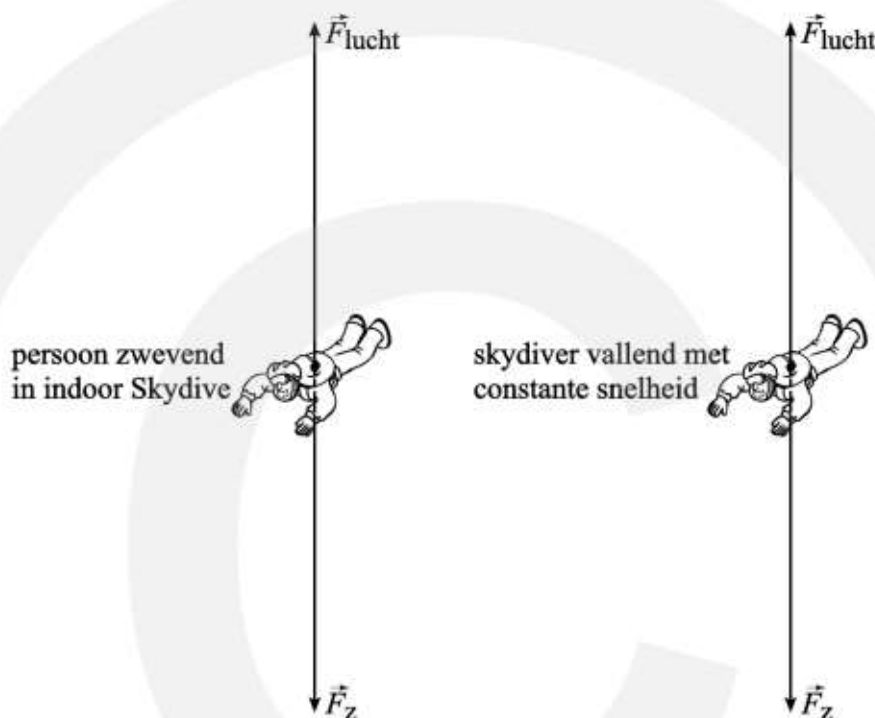
- 4p **a** Bepaal hoeveel meter het schip in de eerste 150 s heeft afgelegd.
- afstand is de oppervlakte onder de (v, t)-grafiek 1
 - 145 hokjes 1
 - één hokje correspondeert met $\frac{0,2}{3,6} \cdot 10 = 0,5555 \text{ m}$ 1
 - $s = 145 \cdot 0,5555 = 80,56 = 81 \text{ m}$ (marge 5 m) 1
- OOK GOED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

Skydive (aangepast)

- 3p **a** 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
 - $\Sigma F = F_z - F_{\text{W lucht}}$ als $F_{\text{W lucht}} = F_z \rightarrow \Sigma F = 0 \rightarrow a = 0$ 1
 - als $a = 0$ blijft de snelheid constant 1

- 2p **b** Bereken hoeveel m^3 lucht er per seconde door de windtunnel wordt geblazen.
- per seconde gaat er 55 keer het oppervlakte windvolume door de tunnel 1
 - $\text{volume} = 55 \cdot 14,5 = 797,5 = 8,0 \cdot 10^2 \text{ m}^3$ 1

- 2p **c** Teken in figuur 3 de vector van de luchtweerstand voor deze situatie. Let daarbij op de richting en de lengte van de vector. Licht je tekening toe.



- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$ 1
- $F_{\text{lucht}} = F_z$ (tegengestelde richting) 1

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

Examenvragen vwo

Zwemmers (aangepast)

- 4p **a** Leg met behulp van een berekening uit dat deze voorspelling juist is.
- beide zwemmers ondervinden dezelfde wrijvingskracht, want ze oefenen evenveel kracht uit en ze hebben een constante snelheid 1
 - $F_{W\text{ lang}} = F_{W\text{ kort}} \rightarrow k \cdot A_{\text{lang}} \cdot v_{\text{lang}}^2 = k \cdot A_{\text{kort}} \cdot v_{\text{kort}}^2 \rightarrow A_{\text{lang}} \cdot v_{\text{lang}}^2 = A_{\text{kort}} \cdot v_{\text{kort}}^2$ 1
 - $A \sim \frac{1}{\ell} \rightarrow \frac{v_{\text{lang}}^2}{\ell_{\text{lang}}} = \frac{v_{\text{kort}}^2}{\ell_{\text{kort}}} \rightarrow \frac{v_{\text{lang}}^2}{v_{\text{kort}}^2} = \frac{\ell_{\text{lang}}}{\ell_{\text{kort}}}$ 1
 - $\frac{v_{\text{lang}}^2}{v_{\text{kort}}^2} = \frac{1,9}{1,7} = 1,117647 \rightarrow \frac{v_{\text{lang}}}{v_{\text{kort}}} = \sqrt{1,117647} = 1,0572 = 1,06$ dus 6% groter 1
- 3p **b** Leg uit of hun metingen daarmee in overeenstemming zijn.
- het verschil in eindsnelheid is $0,96 - 0,90 = 0,06 \text{ m/s}$ 1
 - de eindsnelheid van het lange blok is $\frac{0,06}{0,90} = 0,06667 = 6,7\%$ 1
 - de metingen zijn (vrijwel) in overeenstemming met de voorspelling 1
- 4p **c** Leg uit hoe ze de waarde voor k kunnen bepalen.
- bij constante snelheid geldt $F_w = F_{ZP}$ 1
 - gebruik in de redenering $F_w = k \cdot A \cdot v^2$ 1
 - inzicht dat v kan worden afgelezen en A kan worden bepaald 1
 - als F_w , A en v bekend zijn kan k worden uitgerekend 1
- 4p **d** Bereken de massa van het aandrijvende gewicht P.
- teken raaklijn aan de (v, t)-grafiek op $t = 0$ 1
 - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{0,4}{0,05} = 8,0 \text{ m/s}^2$ 1
 - inzicht $\Sigma F = F_{ZP} = m \cdot a$ 1
 - $m_p \cdot 9,81 = (m_p + 1) \cdot 8 \rightarrow m_p \cdot (9,81 - 8) = 8 \rightarrow m_p = 4,41989 = 4,4 \text{ kg}$ 1

Fietskar duwt fiets (aangepast)

- 4p **a** Bereken de versnelling tijdens het optrekken.
- $v_{\text{eind}} = 20 / 3,6 = 5,5555 \text{ m/s} \mid s = 35 \text{ m} \mid t = \dots \text{s}$
 - $v_{\text{gem}} = \frac{0 + v_{\text{eind}}}{2} \rightarrow v_{\text{gem}} = 2,77778 \text{ m/s}$ 1
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 35 = 2,77778 \cdot t \rightarrow t = 12,6 \text{ s}$ 1
 - $\Delta v = a \cdot \Delta t$ 1
 - $5,55556 = a \cdot 12,6 \rightarrow a = 0,440917 = 0,44 \text{ m/s}^2$ 1

- 3p **b** Schets in figuur 3 de krachten $\vec{F}_{\text{kar op fiets}}$ en $\vec{F}_{\text{fiets op kar}}$ op fiets tijdens het versnellen.
Geef een toelichting bij de grootte van de vectoren.
- teken twee even lange horizontale, tegengesteld gerichte krachtpijlen 1
 - de krachtpijlen zijn langer dan de krachtpijlen in figuur 2. 1
 - Tijdens het versnellen is de aandrijvende kracht van de kar op de fiets groter dan de kracht bij constante snelheid omdat nu niet alleen de wrijving overwonnen moet worden maar er ook een resulterende kracht is die voor de versnelling zorgt. 1
- c** Bepaal de kracht die nodig is om bij een snelheid van $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ met $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ te versnellen.
- aflezen: bij 40 km/h is de totale weerstand $F_{\text{rol}} + F_{\text{lucht}} = 12 + 35 = 47 \text{ N}$ 1
 - inzicht $\Sigma F = F - F_w$ 1
 - $\Sigma F = F - F_w = m \cdot a \rightarrow F - 47 = (30 + 80) \cdot 0,5 \rightarrow F = 102 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ N}$ 1