



Hoofdstuk 3 Kracht & Beweging



eerst
genoemd in
paragraaf:

Welke leerdoelen horen bij dit hoofdstuk?

§1

A. Je kunt deze **krachten herkennen** uit beschrijvingen of afbeeldingen: spierkracht, veerkracht, spankracht, zwaartekracht, normaalkracht, wrijving, rolweerstand, luchtweerstand, aandrijvende kracht en opwaartse kracht.

B. Je kunt krachten **meten met een veerunster**.

C. Je kunt krachten **tekenen als een vector**.

$F_{\text{ROL}} = ? \text{ N}$

$F_{\text{MOTOR}} = 800 \text{ N}$



§2

D. Je kunt rekenen met de **zwaartekrachtformule**:

E (Extra). Je kunt met een tekening uitleggen waarom je **gewichtloos** bent in een cirkelbaan om de aarde.

$$F_z = m \cdot g$$

§3

F. Je kunt **eenheden van tijdsduur en van snelheid omrekenen**.

G. Je kunt rekenen met de **formule voor gemiddelde snelheid**:

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t}$$

§4

H. Je kunt uitleggen wat **eenparige bewegingen** en **versnelde/vertraagde bewegingen** zijn en hier voorbeelden van kunnen noemen.

I. Je kunt uitleggen wat **s/t- en v/t-diagrammen** zijn en bewegingen beschrijven aan de hand van voorbeelden van zulke diagrammen.

N)

J. Je kunt **informatie voor berekeningen** uit diagrammen halen.

$$8,2 \cdot 10^3 \text{ N} = \dots\dots\dots \text{ N}$$

Hemellichaam en/of locatie	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
Aarde, Nederland	
Aarde, Noordpool	
Aarde, Evenaar	
Maan, Evenaar	1.63
Mars	3.72
Jupiter	24.79
Zon	274

Welke grootheden en eenheden komen voor in dit hoofdstuk?

eerst
genoemd
in para-
graaf

Grootheid

symbool vd
grootheid

Eenheid

symbool vd
eenheid

§1

kracht

F

newton

N

§2

massa

m

kilogram

kg

§3

snelheid

v

meter per seconde

m/s

kilometer per uur

km/u

§4

afstand

s

meter

m

kilometer

km

seconde

s

uur

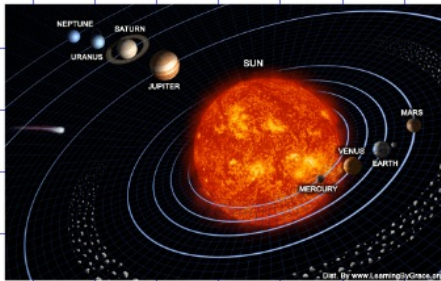
u

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

- CONTEXT -

De volgende pagina's geven interessante achtergrondinformatie bij de stof van dit hoofdstuk zoals voorbeelden uit de natuur van de verschijnselen of technische toepassingen van de natuurkundige inzichten bij deze verschijnselen. Zulke achtergrond informatie heet ook wel context. Het is niet noodzakelijk om deze pagina's te bestuderen voor het proefwerk maar het is wel interessante kennis!

"Welke soorten krachten zijn er en waar komen ze voor?"



"Hoeveel kracht ontstaat er bij... ?"



rustig fietsen: **10 N**



fiets optillen: **150 N**



blikje limonade (0,33 L)
opgetild houden: **4 N**



elastiekje uitrekken
tot het knapt: **30 N**



gele krachtmeter helemaal uitrekken: **50 N**

"Wat is de grootst mogelijke kracht die ... kan leveren?"



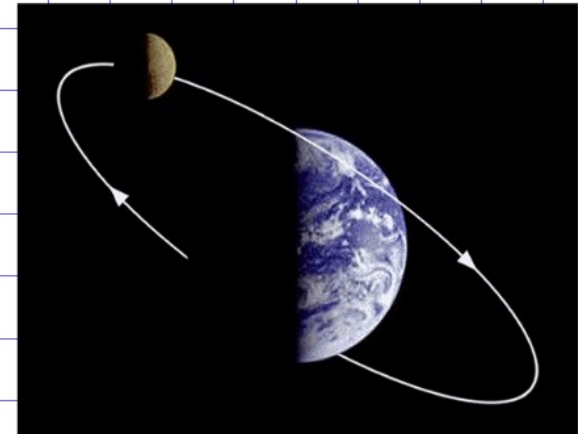
deadlift, Eddie Hall, 500 kg, 5000 N



stuwkracht Boeing 747, 300.000 N (x4)



Saturn V, eerste trap, 35.000.000 N



zwaartekracht aarde-maan: $2,0 \times 10^{20}$ N

"In welke vakgebieden krijg je met krachten te maken?"



civiele techniek



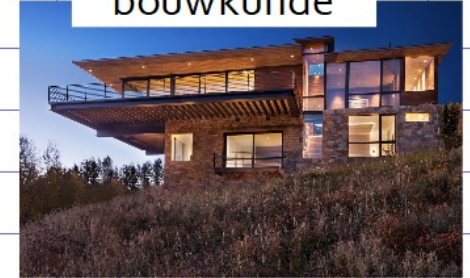
voertuigtechniek



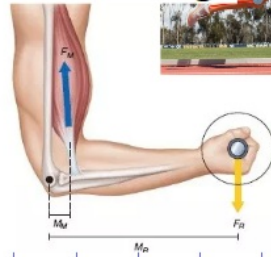
Technische opleidingen HVA



architectuur en
bouwkunde



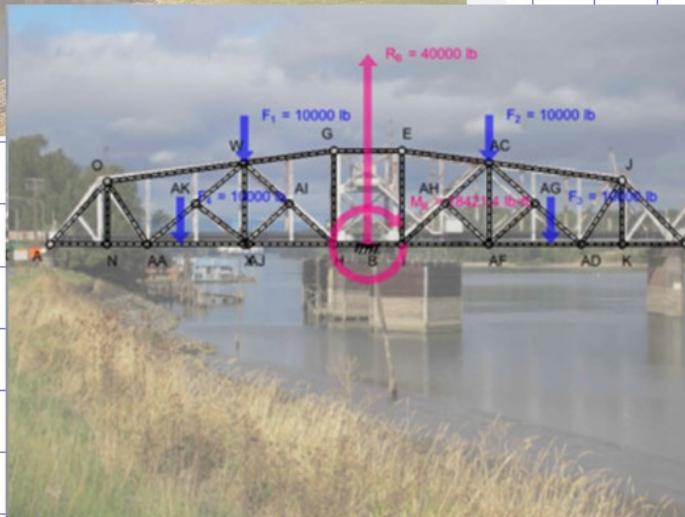
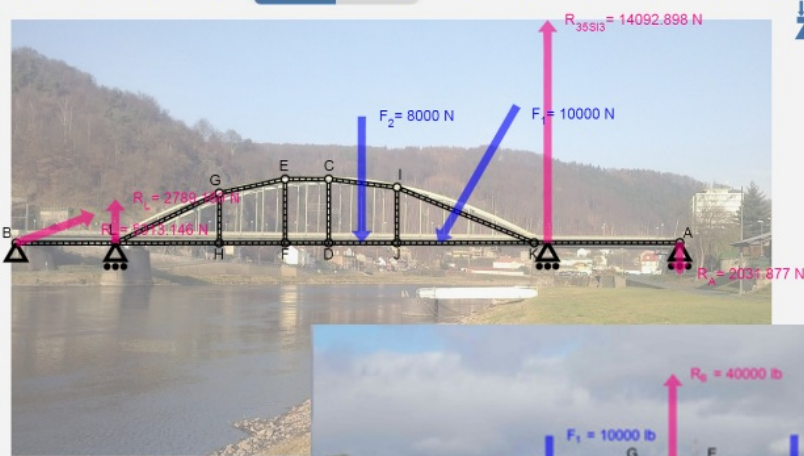
sport en gezondheidszorg



werktuigbouwkunde



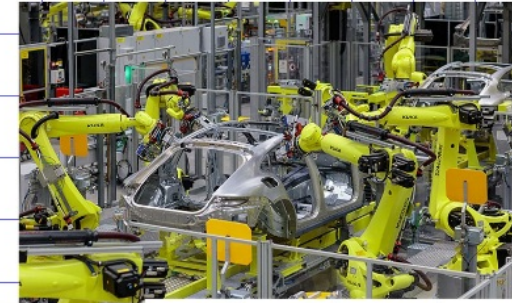
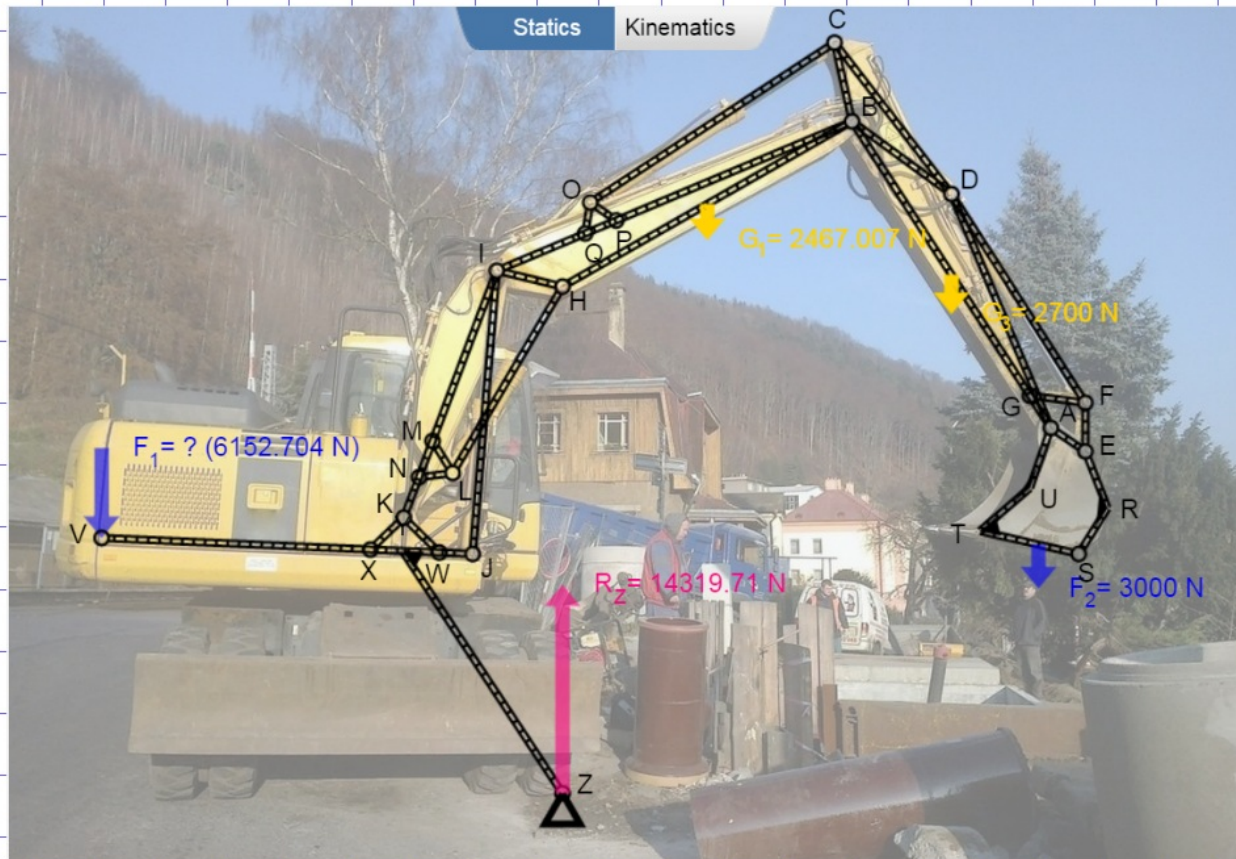
"Hoe kijken civiel ingenieurs naar krachten?"



civiele techniek



"Hoe kijken werktuigbouwkundigen naar krachten?"



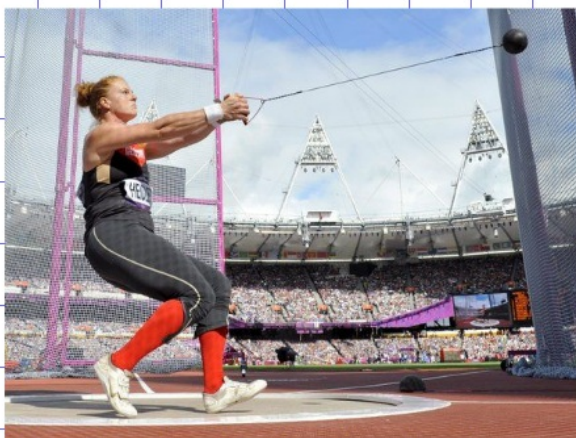
werktuigbouwkunde



"Hoe ga je met zo min mogelijk moeite zo hard mogelijk?"



"Hoe bewegen voorwerpen als er geen kracht (meer) op werkt?"



"Is er altijd een kracht nodig voor beweging?"



"Is er altijd een kracht nodig voor beweging?"



in de ruimte



air hockey



ijshockey



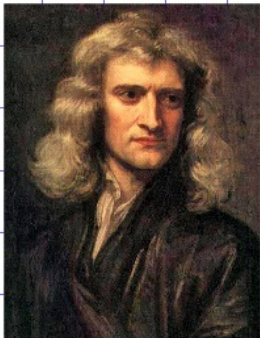
"Aan welke wetten houdt de natuur zich wat betreft krachten en beweging?"



Aristoteles:

"Alle voorwerpen **streven naar rust**. Alleen als er een kracht op een voorwerp werkt zal het voorwerp bewegen."

"Als je stop met duwen komt de auto immers tot stilstand!"



Isaac Newton:

1e wet: "Een voorwerp is in rust of beweegt eenparig, **tenzij er een nettokracht op werkt**."

"Een perfect gladde ijshockeypuck op een perfect gladde ijsvloer in een oneindig lange vacuüm hal zou eeuwig blijven doorglijden!"



"Welke tegenwerkende krachten zijn er?"



wrijving



luchtweerstand



rolweerstand



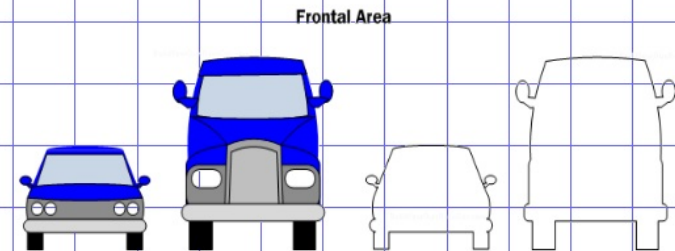
"Welke factoren bepalen de luchtweerstand?"



vorm van het voertuig



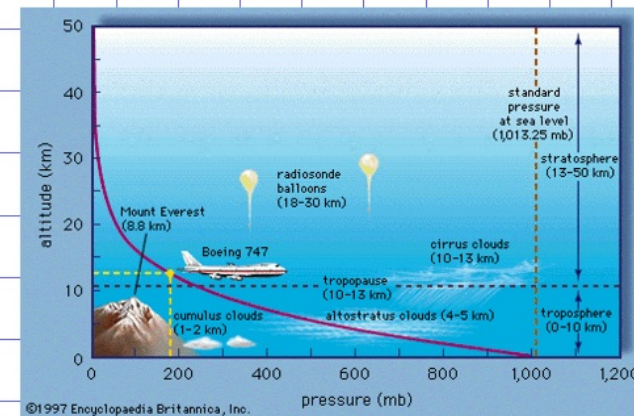
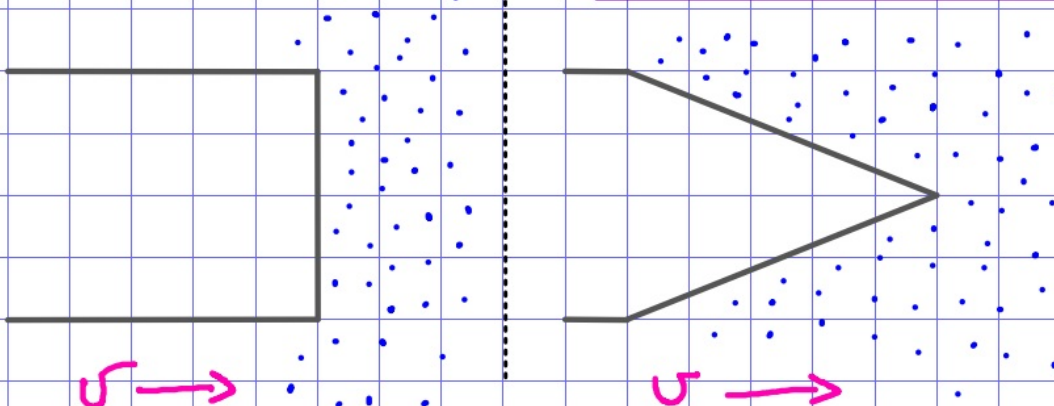
snelheid



frontaal oppervlak

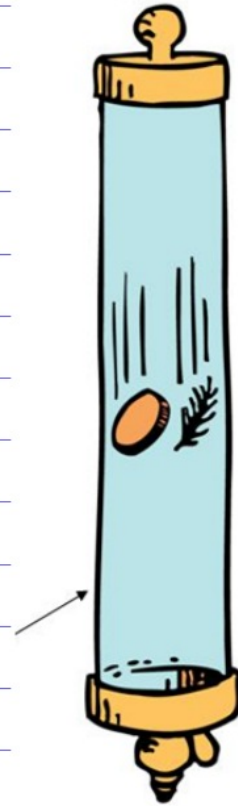
luchtweerstand:

$$F_{\text{luchtw}} = \frac{1}{2} \rho C_w A$$

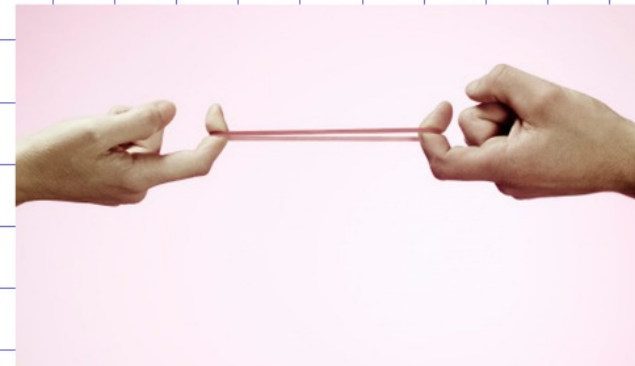


dichtheid vd lucht

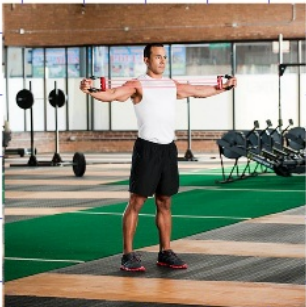
"Wat valt sneller in vacuüm: een donzen veertje of een stalen kogeltje?"



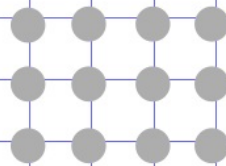
"Hoe ontstaan veerkracht en spankracht?"



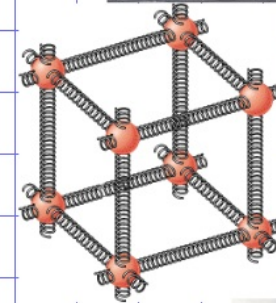
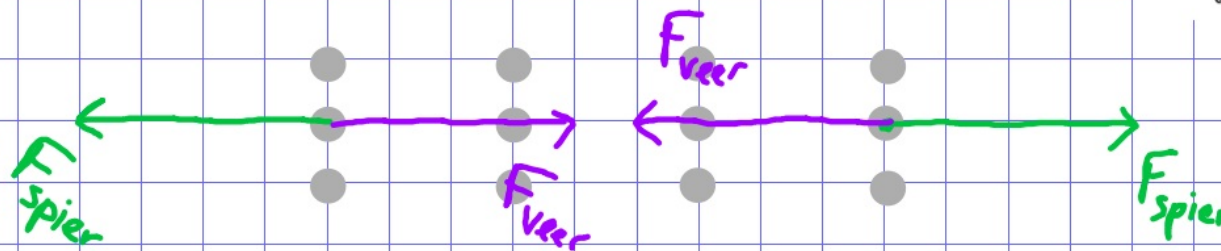
"Hoe ontstaan veerkracht en spankracht?"



atomen in het elastiekje zonder dat er krachten op werken:



atomen in het elastiekje als het uitgerekt wordt:



"Wat voor examenvragen gaan over krachten?"

Auto uit het ijs

In een filmpje op internet is te zien hoe enkele Russen met een staalkabel en houten planken een auto die door het ijs is gezakt weer boven water halen.

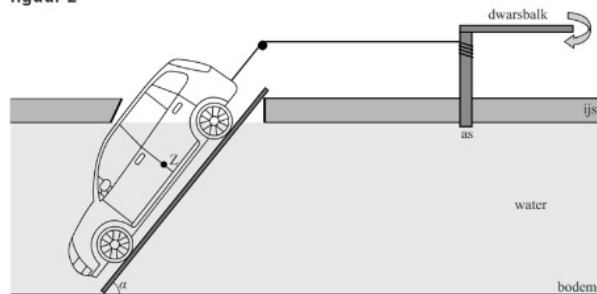
Tussen de auto en het ijs zijn planken gezet waarlangs de auto naar boven getrokken kan worden. In het ijs is een ronde as geslagen waar een dwarsbalk aan is vastgemaakt.

De staalkabel tussen de auto en de as kan worden opgedraaid door tegen deze dwarsbalk te duwen. Zie de foto in figuur 1 en het zij aanzicht in figuur 2.

figuur 1



figuur 2

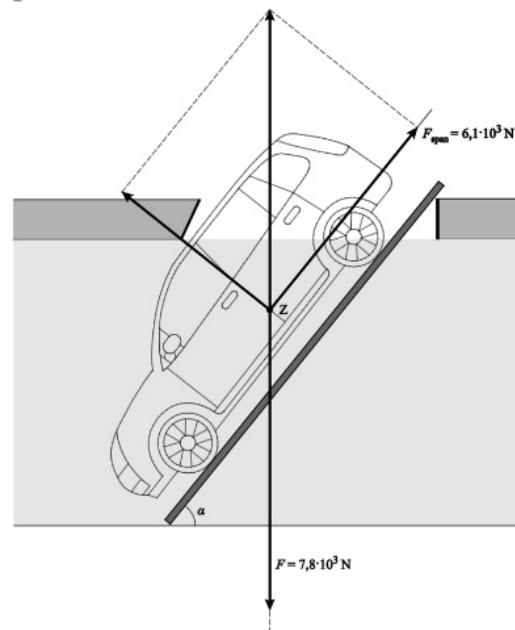


De planken maken een hellingshoek α met de bodem. Op de auto werken in deze situatie een spankracht, een normaalkracht en een kracht F recht omlaag. De kracht F is de resultante van de zwaartekracht omlaag en de

Auto uit het ijs

24 maximumscore 4
uitkomst: $F = 7,8 \cdot 10^3 \text{ N}$

voorbeeld van een bepaling:



- juiste constructie van de normaalkracht
- juiste constructie van F uit F_{span} en F naar beneden ingetekend

1

1

"Wat voor examenvragen gaan over krachten?"

Opgave 4 Hijskraan

In figuur 1 is een foto te zien van een inklapbare hijskraan.

figuur 1

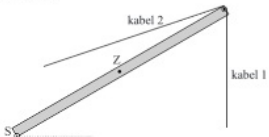


De foto is gemaakt met een digitale camera met een lens van 62,7 dpt. De afstand van de hijskraan tot de (lens van de) camera bedroeg 30,0 m. Het beeld van de hijskraan is in de camera vastgelegd op een lichtgevoelige chip van 20,0 mm bij 15,0 mm. De foto is een afdruk van het hele beeld op de lichtgevoelige chip. Op de foto is met een witte lijn de grond ter plaatse van de hijskraan aangegeven.

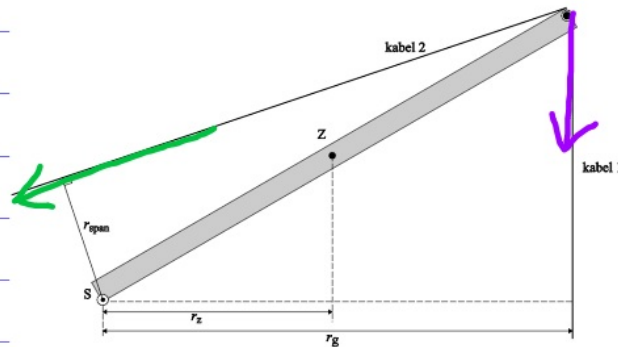
4p 15 Bepaal aan de hand van figuur 1 hoe hoog punt P zich boven de grond bevindt.

Het bovenste deel van de hijskraan is een hefboom. Zie figuur 2. Deze figuur is op schaal.

figuur 2



16 maximumscore 5
uitkomst: $F_{\text{span}} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ N}$ (met een marge van $0,2 \cdot 10^4 \text{ N}$)
voorbeeld van een bepaling:



Opmeten in de figuur levert:

De arm van de zwaartekracht is: $r_z = 5,9 \text{ cm}$.

De arm van de gewichtskracht is: $r_g = 12,0 \text{ cm}$.

De arm van de spankracht is: $r_{\text{span}} = 3,3 \text{ cm}$.

Toepassen van de momentenwet levert op: $\sum M = 0$.

$$F_z r_z + F_g r_g - F_{\text{span}} r_{\text{span}} = 0$$

of

$$m_{\text{kraan}} g r_z + m_{\text{last}} g r_g - F_{\text{span}} r_{\text{span}} = 0$$

$$\text{Invullen levert: } 880 \cdot 9,81 \cdot 0,059 + 420 \cdot 9,81 \cdot 0,12 - F_{\text{span}} 0,033 = 0.$$

$$\text{Dit levert: } F_{\text{span}} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ N}.$$

- tekenen van de armen van de zwaarte- en de gewichtskracht
- tekenen van de arm van de spankracht
- opmeten van de armen

1
1
1

"Wat voor examenvragen gaan over krachten?"

Gravitron

Figuur 1 toont de kermisattractie Gravitron. Hierbij nemen de passagiers plaats in een soort ton die gaat draaien. De passagiers blijven vanaf een bepaald toerental aan de wand van de ton 'plakken'. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2



In figuur 3 staat voor een rit in de Gravitron het toerental (het aantal omwentelingen per minuut) uitgezet tegen de tijd. De Gravitron heeft op de plaats waar de passagiers zich bevinden een diameter van 6,4 m. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

8 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de zwaartekracht op de passagier geldt: $F_z = mg = 71 \cdot 9,81 = 697 \text{ N}$.

Dit is aangegeven in de figuur met een pijl van 7,0 cm lengte.

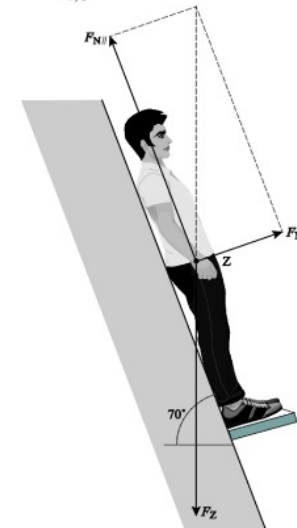
De vectorpijl van de kracht van de vloer op de passagier is 6,6 cm lang.

Dus geldt voor de grootte van deze kracht:

$$F_{z//} = \frac{6,6}{7,0} \cdot 697 = 6,6 \cdot 10^2 \text{ N (met een marge van } 0,4 \cdot 10^2 \text{ N)}.$$

Analoog geldt voor de kracht loodrecht op de wand:

$$F_{z\perp} = \frac{2,4}{7,0} \cdot 697 = 2,4 \cdot 10^2 \text{ N (met een marge van } 0,4 \cdot 10^2 \text{ N)}.$$



- gebruik van $F_z = mg$
- tekenen van de twee andere krachten
- toepassen van de schaalfactor
- completeren van het antwoord

1
1
1
1

"Wat voor examenvragen gaan over krachten?"

HAVO Natuurkunde 2015 1e tijdvak opgave 1

uitwerkbijlage

Mürrenbaan

Aan de rand van de Zwitserse Alpen ligt het dorpje Mürren. Dit dorp is niet per auto te bereiken. Reizigers van en naar het dorp moeten gebruikmaken van een kabelbaan, de Mürrenbaan. Zie figuur 1.

Anoek heeft een rit in de Mürrenbaan gemaakt. Zij heeft een gps bij zich waarmee ze tijdens de rit de hoogte van de cabine ten opzichte van de grond heeft gemeten.

Het bijbehorende (h, t) -diagram is in figuur 2 weergegeven. In het diagram zijn drie trajecten aangegeven: in traject 1 versnelt de cabine, in traject 2 beweegt de cabine met constante snelheid, in traject 3 remt de cabine weer af.

figuur 1

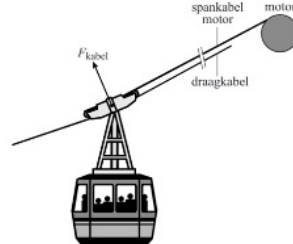


- Anoek kan met de gps ook de snelheid van de cabine langs de baan meten. Zij meet in traject 2 een constante snelheid van $7,5 \text{ m s}^{-1}$.
- 3 Bepaal de hellingshoek die de kabelbaan maakt met het horizontale vlak. Gebruik hierbij ook figuur 2.

De cabine hangt aan een draagkabel. Zie figuur 3. De resultante van de spankrachten in deze draagkabel wordt in figuur 3 aangegeven als F_{kabel} .
Figuur 3 is op de uitwerkbijlage vereenvoudigd weergegeven. In deze figuur komt 1,0 cm overeen een kracht van $1,0 \cdot 10^5 \text{ N}$.

- 4 Bepaal met behulp van een constructie in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de spankracht in de draagkabel.

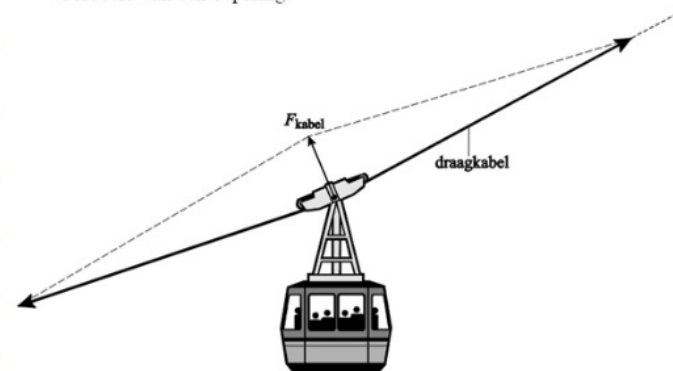
figuur 3



4 maximumscore 4

uitkomst: $F_g = 7,0 \cdot 10^5 \text{ N}$

voorbeeld van een bepaling:



De vector van de spankracht in de kabel is 7,0 cm lang. Dit komt overeen met een kracht van $7,0 \cdot 10^5 \text{ N}$.

- inzicht dat $\vec{F}_{\text{kabel}}$ ontbonden moet worden langs de draagkabel
- juiste constructie van $\vec{F}_2$ langs de draagkabel
- opmeten van de lengte van $\vec{F}_2$ (met een marge van 1,0 cm)
- completeren van de bepaling

1
1
1
1

"Wat voor examenvragen gaan over krachten?"

- 2p **23** ☐ In figuur 12 zijn de punten A, B, C en D aangegeven. Welke van deze punten is het zwaartepunt? Licht je antwoord toe.

Het been waarop het meisje staat, is gestrekt; het andere been is gebogen.

Figuur 13 is een anatomische tekening van een gestrekt been. Bij het bovenbeen zijn twee spieren aangegeven: de voorste dijspier en de achterste dijspier.

Deze spieren zorgen voor het buigen en strekken van het been.

Een spier oefent een kracht uit door zich samen te trekken.

- 1p **24** ☐ Welke van de twee spieren trekt zich samen bij het buigen van het been?

De beenspieren zijn via pezen met botten verbonden. De pees waarmee de voorste dijspier aan het scheenbeen vastzit, loopt over de knieschijf. Daardoor is het krachtmoment dat deze spier op het scheenbeen uitoefent extra groot.

In figuur 14 is de situatie schematisch weergegeven.

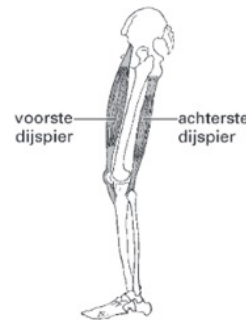
Punt O is het draaipunt van het kniegewricht. De kracht F van de pees op het scheenbeen is 20 N.

Figuur 14 staat vergroot op de bijlage.

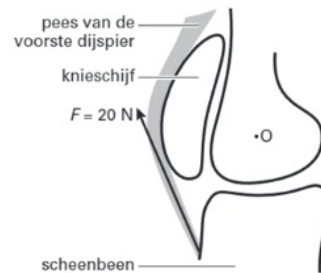
Deze vergrote figuur geeft het kniegewricht op ware grootte weer.

- 4p **25** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage het moment van kracht F ten opzichte van punt O. Teken daartoe eerst de arm van kracht F .

figuur 13



figuur 14



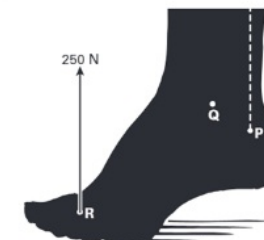
HAVO Natuurkunde1 2003 2e tijdvak opgave 5

In figuur 15 is de voet van het meisje op de foto op anatomische wijze getekend. Door de achillespees aan te spannen, houdt het meisje de voet in deze stand. In figuur 16 is het silhouet van de voet getekend.

figuur 15



figuur 16



De voet in evenwicht is te beschouwen als een hefboom met Q als draaipunt.

Voor deze hefboom zijn twee krachten van belang:

- Een kracht van 250 N, loodrecht omhoog in punt R.

Dit is de kracht die de grond op de voet uitoefent. Deze kracht is even groot als en tegengesteld aan de zwaartekracht op het meisje.

- De kracht van de achillespees op de voet, loodrecht omhoog in punt P.

De werklijn van deze kracht is met een stippellijn aangegeven.

Figuur 16 staat vergroot op de bijlage.

- 3p **26** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage de grootte van de kracht van de achillespees op de voet.

Behalve de twee hierboven genoemde krachten werkt er nog een derde kracht F_Q op de voet. Deze kracht grijpt aan in het draaipunt Q.

F_Q vergelijken we met de zwaartekracht F_z op het meisje.

Eén van onderstaande mogelijkheden is juist:

- F_Q is kleiner dan F_z
- F_Q is gelijk aan F_z
- F_Q is groter dan F_z

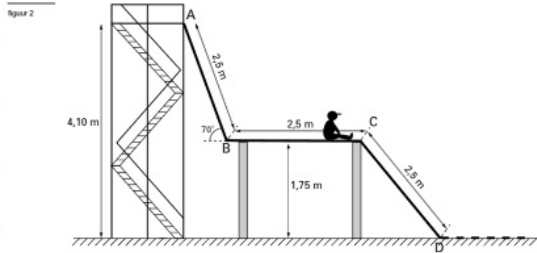
- 3p **27** ☐ Welke van deze mogelijkheden is juist? Licht je antwoord toe.

"Wat voor examenvragen gaan over krachten?"

Opgave 3 Glijbaan

VWO Natuurkunde 12 2002 2e tijdvak opgave 3

In figuur 2 is een glijbaan schematisch weergegeven. In werkelijkheid verlopen de overgangen bij A, B, C en D vloeiender. Het gedeelte BC is horizontaal.

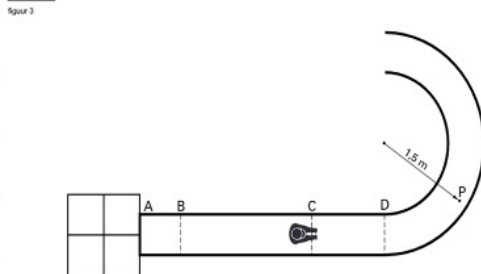


Keesje (massa 35 kg) laat zich zonder beginsnelheid vanaf A naar beneden glijden. Op het gedeelte AB ondervindt hij een wrijvingskracht van 80 N.
 9 ☐ Teken in de figuur op de bijlage het (v, t) -diagram van Keesje voor het gedeelte AB. Licht je antwoord toe met een berekening op de bijlage.

De wrijvingskracht is steeds recht evenredig met de normaalkracht en is niet afhankelijk van de snelheid.

10 ☐ Leg uit of de wrijvingskracht op CD groter of kleiner is dan op AB.

Na D eindigt de glijbaan in een horizontale, halfcirkelvormige goot waardoor Keesje een cirkelbeweging uitvoert.
 Figuur 3 geeft een bovenaanzicht van de glijbaan met de goot.



Maximumscore 6

11 ☐ antwoord:

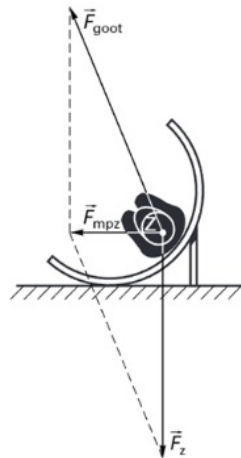
$F_z = mg = 35 \cdot 9,81 = 343 \text{ N}$. In de figuur is deze pijl 69 mm lang.

Dus 1,0 mm komt overeen met $\frac{343}{69} = 5,0 \text{ N}$.

$$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r} = \frac{35 \cdot 2,5^2}{1,5} = 146 \text{ N}.$$

Dat is een horizontale vector naar links met een lengte van $F_{\text{mpz}} = \frac{146}{5,0} = 29 \text{ mm}$.

Omdat $\vec{F}_{\text{goot}} + \vec{F}_z = \vec{F}_{\text{mpz}}$, kan $\vec{F}_{\text{goot}}$ nu geconstrueerd worden.

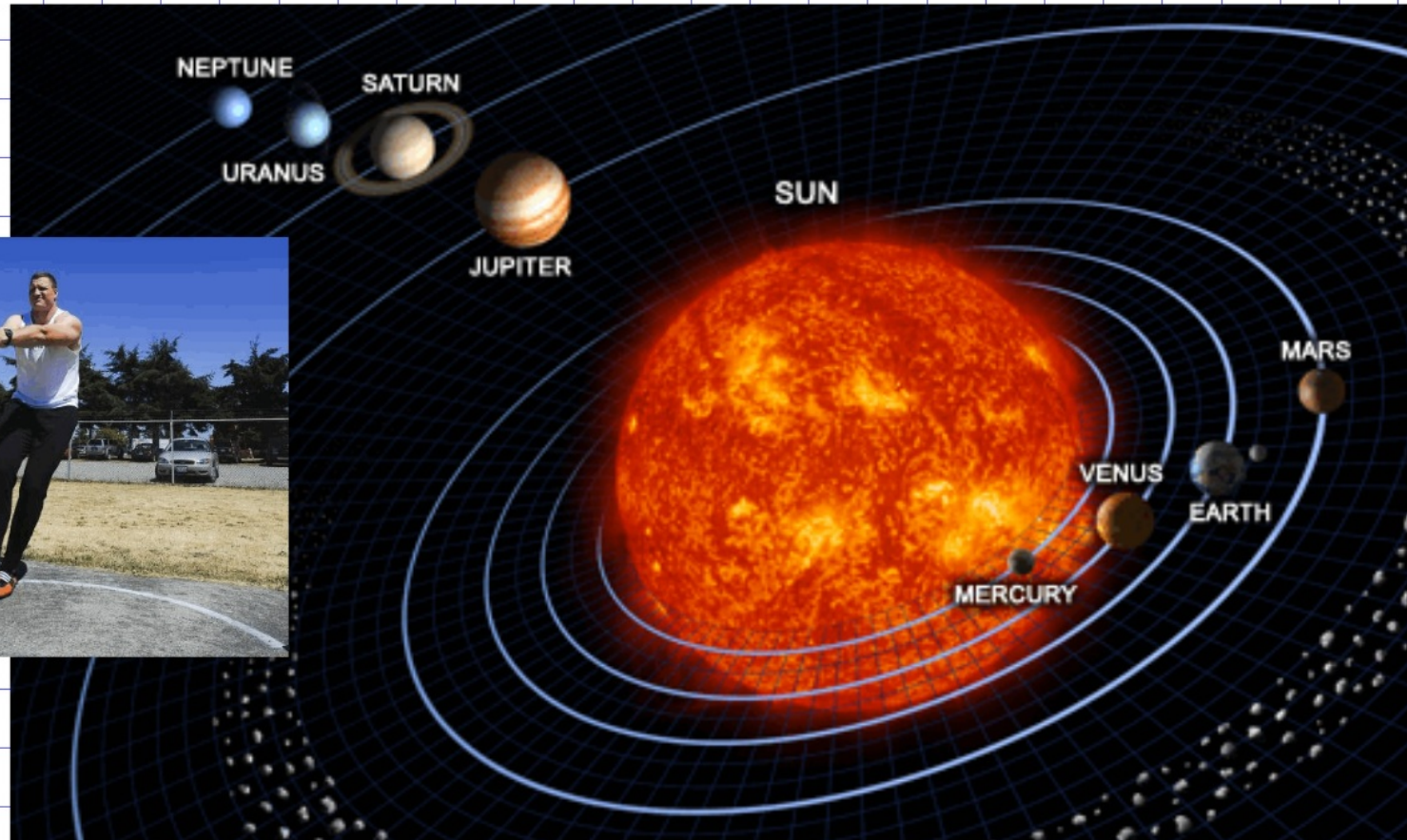


"Waarom vallen dingen naar beneden?"

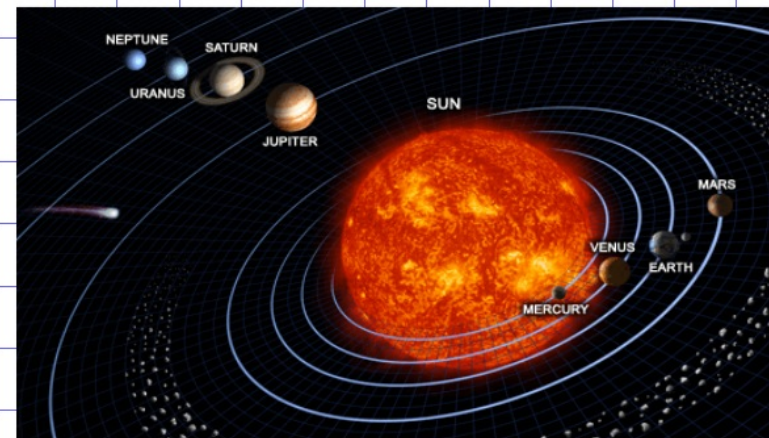
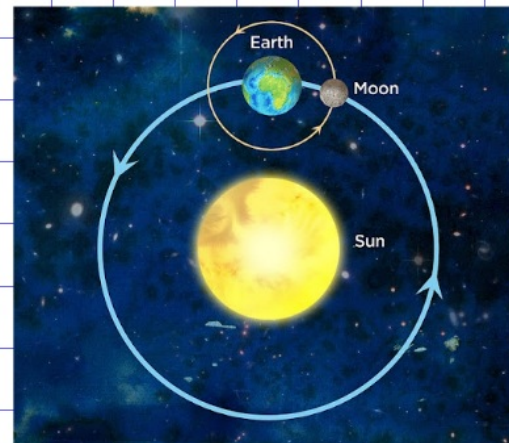
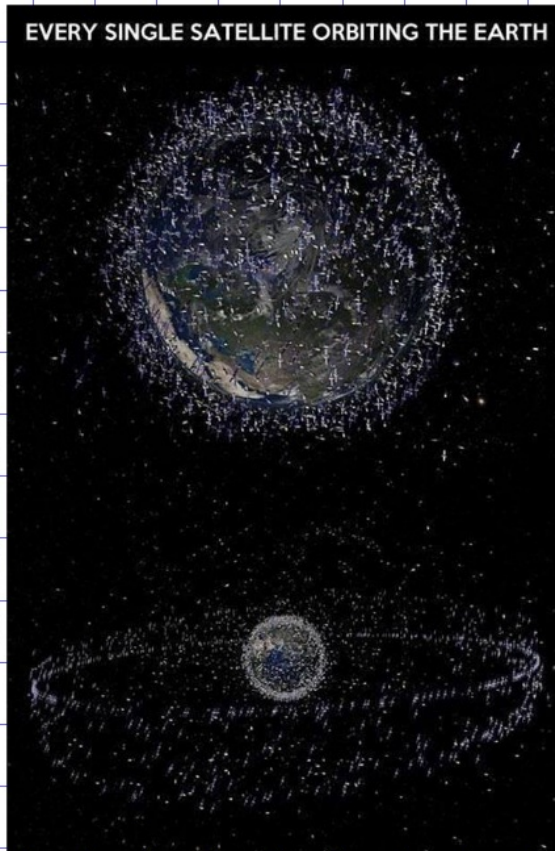


BBC (YouTube) Vacuum

"Waardoor draaien planeten om de zon?"



"Waarom beweegt alles in de ruimte in cirkels?"



"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"



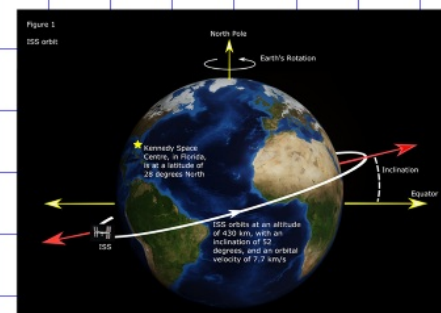
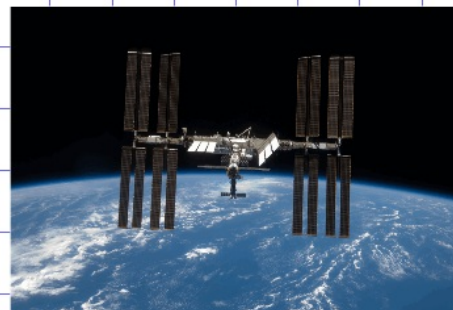
[Fidget Spinner in Space \(YouTube\)](#)

[Sleeping in Space \(YouTube\)](#)

[Washing Hair in Space \(YouTube\)](#)

[Life on Station \(YouTube\)](#)

[Weightlessness in ISS \(YouTube\)](#)



<https://spotthestation.nasa.gov>

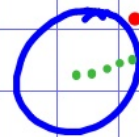
"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"

Elke twee voorwerpen oefenen zwaartekracht op elkaar uit volgens:

$$F_z = \frac{\text{massa A} \cdot \text{massa B} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}}{(\text{afstand})^2}$$

← universele zwaartekracht-constante "G"

Omdat G zo klein is merk je pas iets van zwaartekracht als een van de twee voorwerpen een grote massa heeft (zoals een planeet).



$$m_{\text{aarde}} = 5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$
$$r_{\text{aarde}} = 6400 \cdot 10^3 \text{ m}$$

Dicht bij het aardoppervlak kun je de zwaartekracht op een voorwerp uitrekenen met:

$$F_z = \frac{5,976 \cdot 10^{24} \cdot m_B \cdot 6,6726 \cdot 10^{-11}}{(6378 \cdot 10^3)^2}$$

$$F_z = m_B \cdot 9,81$$

versnelling door zwaartekracht aan aardoppervlak
↑
"g"

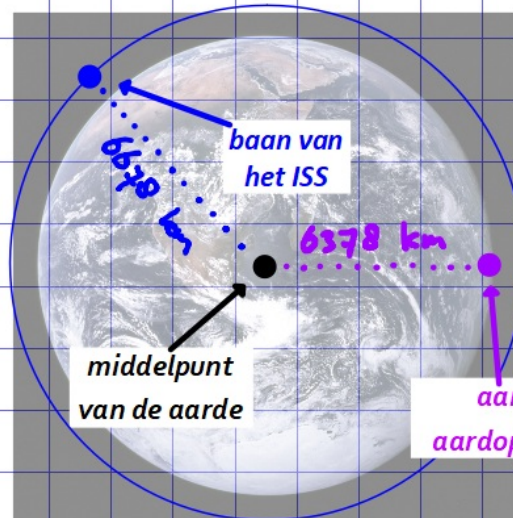
"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"

De zwaartekracht wordt wel zwakker naarmate je verder weg gaat van een planeet:

$$F_z = \frac{\text{massa A} \cdot \text{massa B} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}}{(\text{afstand})^2}$$

baan van het ISS
(400 km boven
aarde)

$$F_z = m_B \cdot 8,93$$

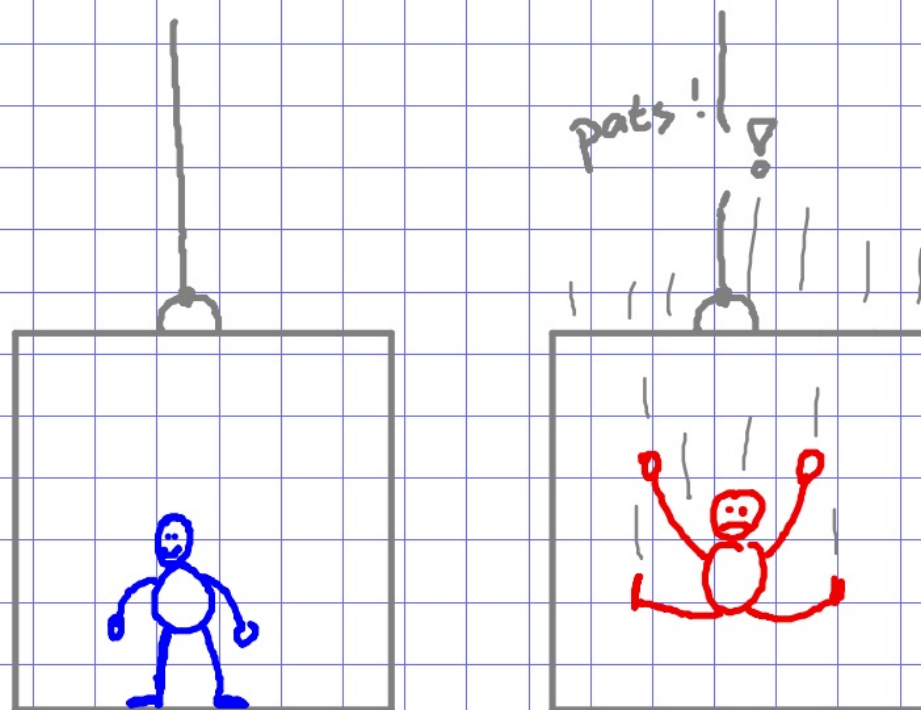


geostationaire baan
(36.000 km boven aarde)

$$F_z = m_B \cdot 0,24$$

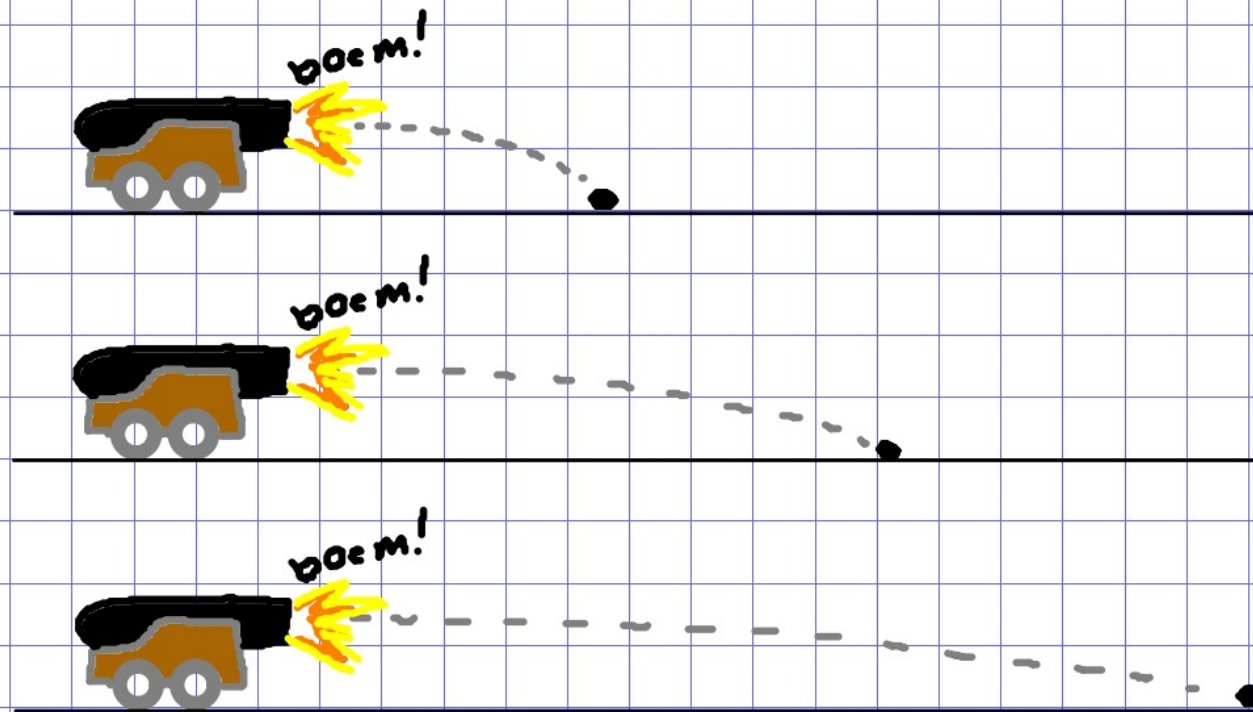
$$F_z = m_B \cdot 9,81$$

"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"



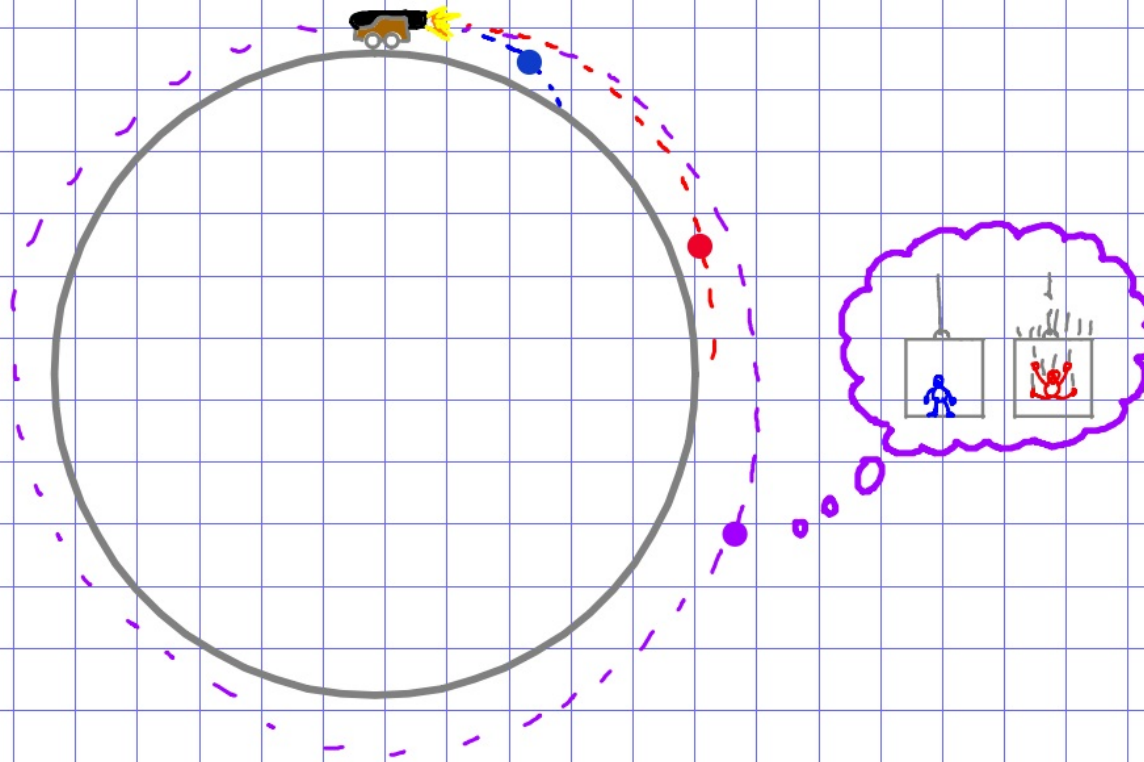
Als de lift valt *lijkt* het alsof er geen zwaartekracht is...

"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"



Hoe harder je schiet, hoe verder de kogel vliegt...

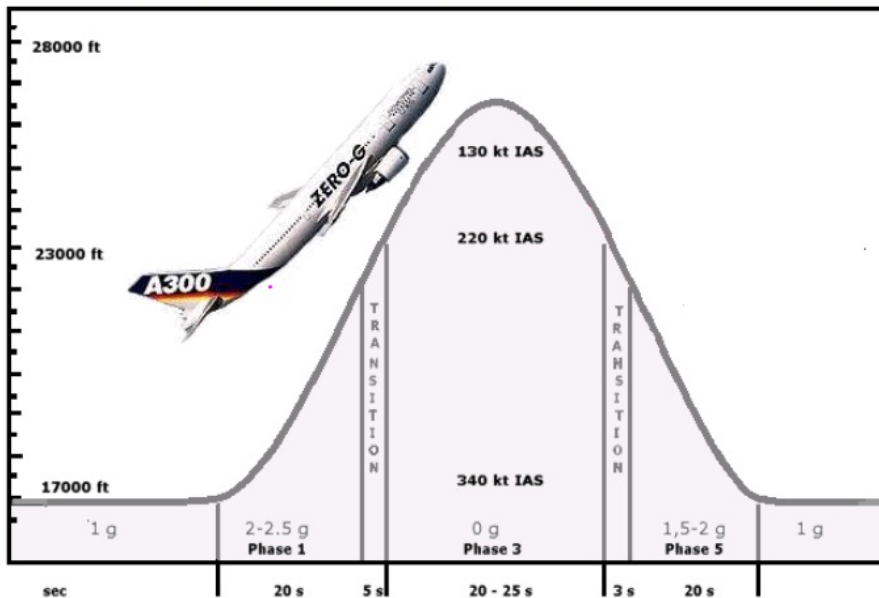
"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"



[Applet Newton's cannon](#)
(java)

Een voorwerp (kogel/ruimtestation) in een baan om de aarde is constant in vrije val...

"Waarom lijkt het alsof er geen zwaartekracht is in de ruimte?"



[Window View of Parabolic Flight \(YouTube\)](#)

[Brian Cox in Zero G BBC \(YouTube\)](#)

[Promo GoZeroG \(YouTube\)](#)

[Website GoZeroG](#)

"Hoe kun je massa meten in een gewichtloze situatie?"



"Wat valt sneller in vacuüm, een bowlingbal of een veer?"

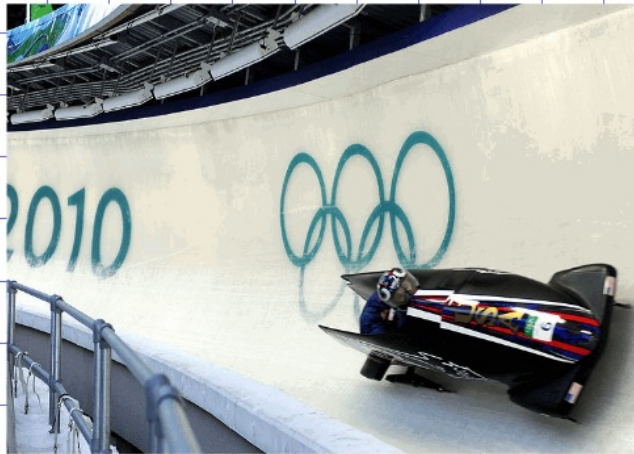


vrije val met
luchtweerstand



vrije val zonder
luchtweerstand

"Hoe ontstaan g-krachten?"

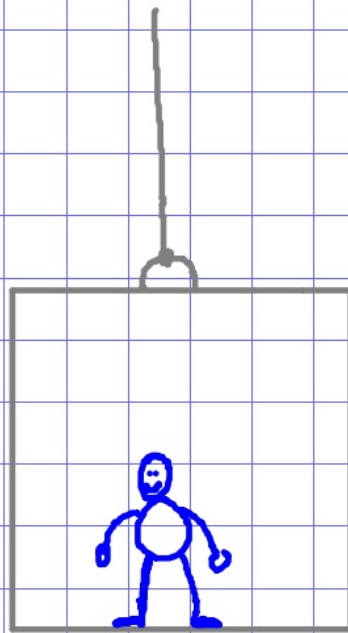


[G-Force Training 1 \(YouTube\)](#)

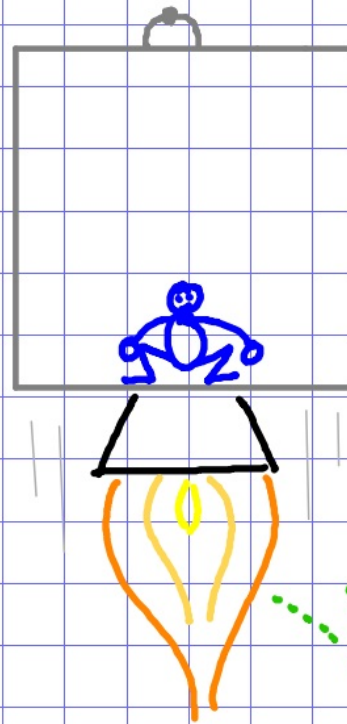


[Hilarious G-Force Training \(YouTube\)](#)

"Hoe ontstaan g -krachten?"

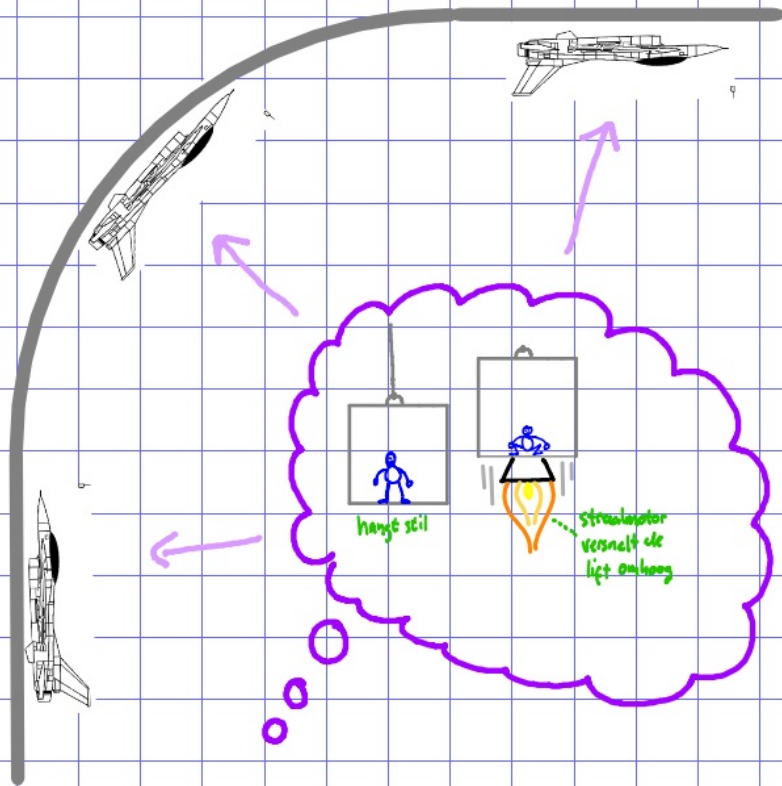


hangt stil

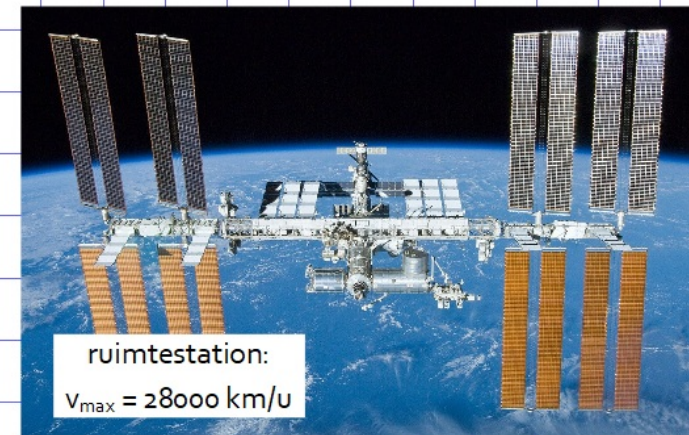


struilmotor
versnelt de
lift omhoog

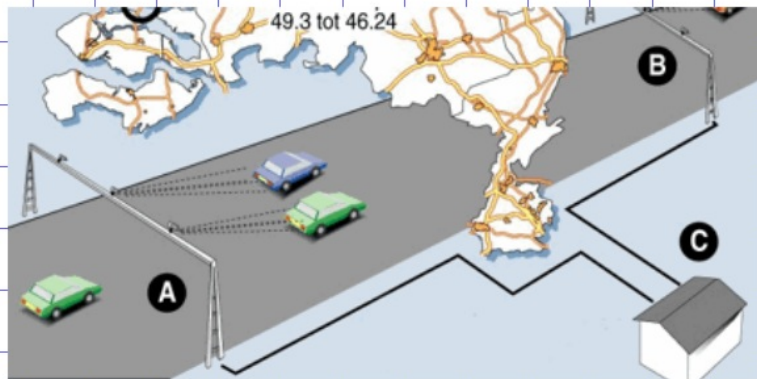
"Hoe ontstaan g-krachten?"



"Welke extreme snelheden komen voor?"



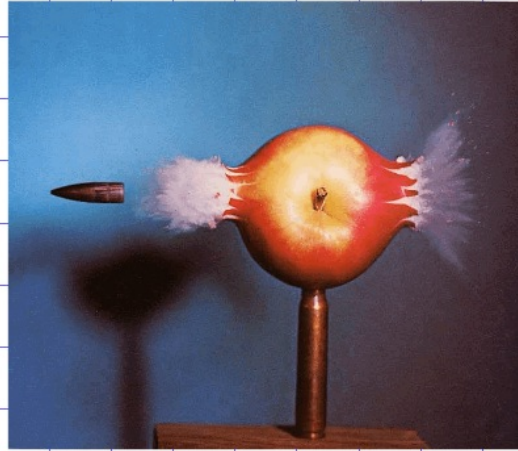
"Hoe meet de politie je snelheid?"



"Hoe snel schiet een aardappelkanon?"



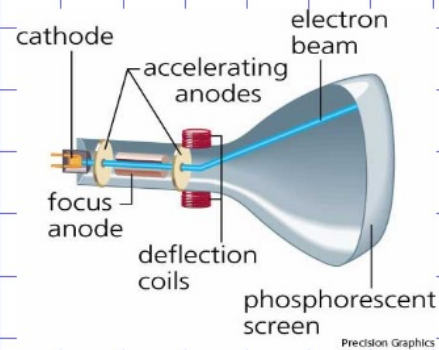
"Hoe kun je grote snelheden meten?"



"Waarom is het interessant om beweging te bestuderen?"

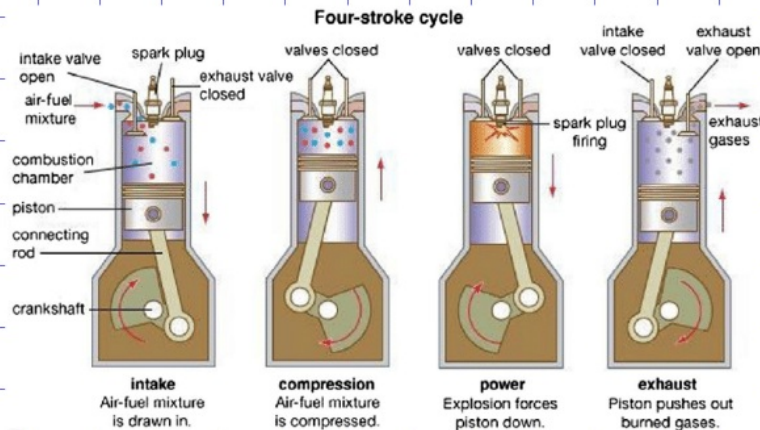


"Waarom is het interessant om beweging te bestuderen?"



kennis van kracht en beweging nodig bij:

Elektromagnetisme



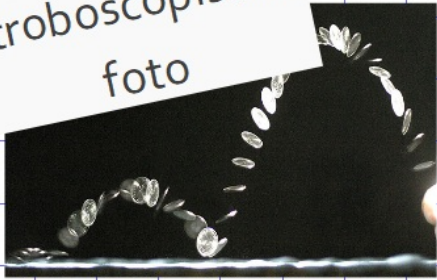
kennis van kracht en beweging nodig bij:

Thermodynamica

"Hoe kun je beweging vastleggen?"



stroboscopische
foto



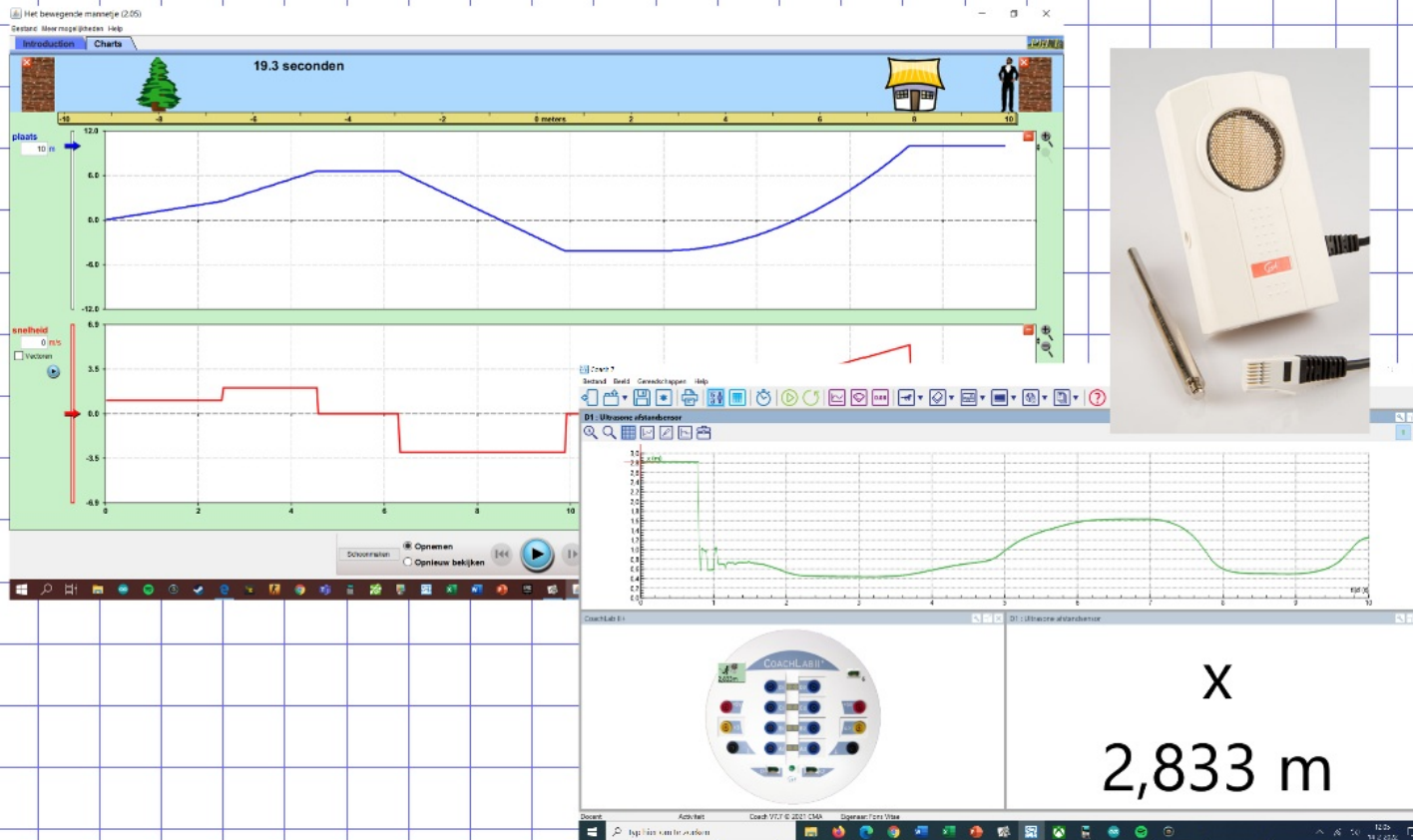
samengestelde
foto



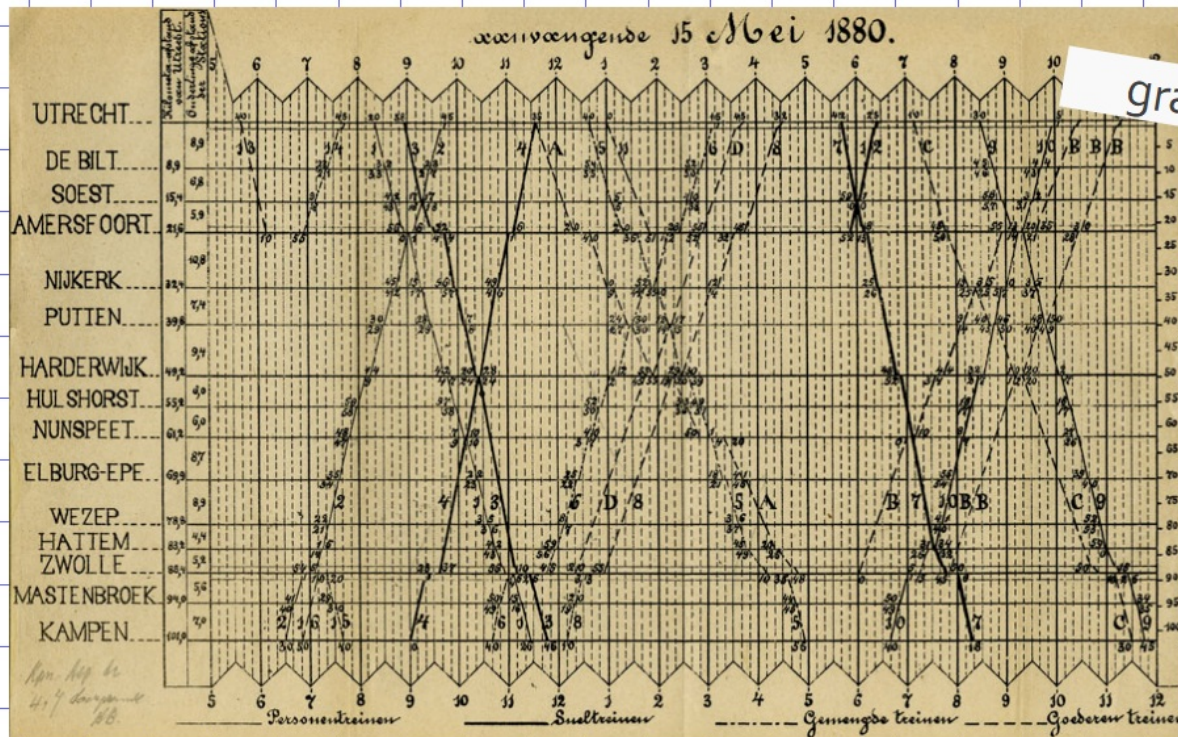
"Hoe kun je beweging vastleggen?"



"Hoe kun je beweging vastleggen?"



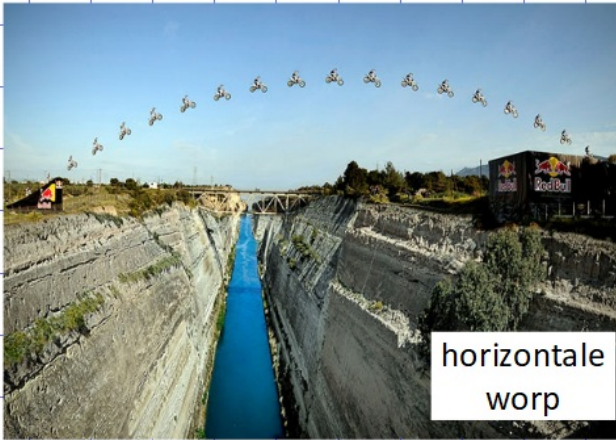
"Hoe kun je beweging vastleggen?"



grafieken



"Welke soorten bewegingen zijn er?"



"Waar kom je s/t- en v/t-grafieken tegen?"

Snelheidsrecord op de fiets

In 2018 verbrak Denise Mueller-Korenek het wereldsnelheidsrecord op de fiets, op een hooggelegen zoutvlakte in de Verenigde Staten. Tijdens de recordpoging legde ze een afstand van vijf mijl af en werd haar snelheid tijdens de laatste mijl nauwkeurig bepaald. Deze laatste mijl is heel nauwkeurig gemeten, zodat de meetwaarde te schrijven is als 1.000.000 mijl. Denise haalde hier een gemiddelde snelheid van 183.932 mijl per uur.

- 3p 1 Bereken in hoeveel seconden Denise de laatste mijl afgelegd heeft. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Om haar recordsnelheid te kunnen halen, fietste Denise vlak achter een raceauto. Zie figuur 1. In drie significante cijfers kunnen we haar snelheid tijdens de laatste mijl als constant beschouwen. Deze was, omgerekend naar SI-eenheden, $82,2 \text{ m s}^{-1}$.

figuur 1



figuur 2



De luchtweerstandskracht die Denise zou hebben ondervonden wanneer er geen auto voor haar had gereden, kan theoretisch bepaald worden. In figuur 2 zie je een vooraanzicht van Denise op haar fiets. De wielen van de fiets hebben een diameter van 0,46 m. Neem aan dat de c_w -waarde van Denise met fiets gelijk is aan 0,70. De dichtheid van de lucht op deze zoutvlakte is gelijk aan $1,1 \text{ kg m}^{-3}$.

Het vooraanzicht staat ook weergegeven op de uitwerkbijlage.

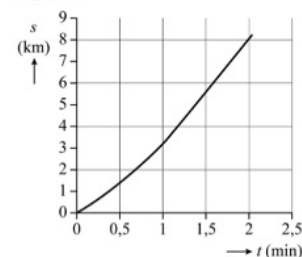
- 4p 2 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het frontaal oppervlak van Denise met haar fiets. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
 - Bereken hiermee de luchtweerstandskracht die bij de recordsnelheid op Denise zou hebben gewerkt zonder auto.

Denise reed tijdens haar recordpoging vlak achter een auto. Hierdoor was de totale weerstandskracht die ze ondervond veel kleiner. Tijdens de laatste mijl leverde Denise een vermogen van 700 W.

- 2p 3 Bereken de totale weerstandskracht die Denise tijdens de laatste mijl ondervond.

Om bij het begin van de recordpoging snelheid te krijgen, was de fiets van Denise met een kabel vastgemaakt aan de auto. Na één mijl (1609 m) werd deze kabel automatisch losgekoppeld.

figuur 3



In figuur 3 staat het (s,t) -diagram van de recordpoging. Deze figuur staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

- 3p 4 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de snelheid van Denise in km h^{-1} op het moment van loskoppelen. Noteer je antwoord in twee significante cijfers. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt.

Na de recordpoging remde de bestuurster van de raceauto voorzichtig af, totdat de fiets van Denise contact maakte met de auto. De auto remde vervolgens over een afstand van 1,5 km af van $82,2 \text{ m s}^{-1}$ tot 50 m s^{-1} . De massa van Denise en de fiets samen was 71 kg.

- 3p 5 Bereken de gemiddelde resulterende remkracht op Denise en haar fiets tijdens het afremmen.

"Waar kom je s/t- en v/t- grafieken tegen?"

Falcon heavy

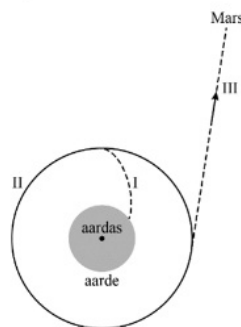
In februari 2018 is de Falcon 9 heavy (kortweg F9h) getest. Dit is een raket die naar Mars moet reizen. Zie figuur 1.

Het bovenaanzicht van het testtraject is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 2. F9h werd gelanceerd (I) richting een baan om de aarde. Daar aangekomen werd de raket tijdelijk 'geparkeerd' in deze baan om de aarde, de zogenaamde parkeerbaan (II). Daarna vervolgde hij zijn weg verder richting Mars (III).

figuur 1



figuur 2



I Lancering

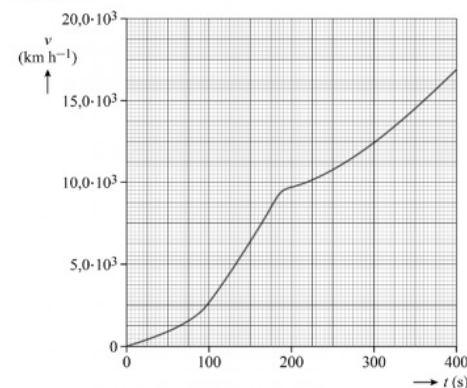
Om in de parkeerbaan te komen, moest de raket brandstof verbranden om voldoende kinetische energie en zwaarte-energie te krijgen. De benodigde zwaarte-energie is niet afhankelijk van de plek waar de raket vanaf aarde gelanceerd werd. De benodigde kinetische energie is wel afhankelijk van de plek van lancering. Omdat de aarde om de aardas draait, heeft het lanceerplatform zelf een snelheid v_L . Hierdoor had de raket al voor de lancering kinetische energie.

4p 11 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat de snelheid v_L bij de evenaar het grootst is.
- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat er minder brandstof nodig is als de lanceerplek dicht bij de evenaar ligt.

Van de eerste minuten van de beweging van F9h is een (v,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



De raket gebruikte een hoofdmotor en extra hulpmotoren. Na ruim 3 minuten werden de hulpmotoren uitgeschakeld en bleef alleen de hoofdmotor van de raket werken. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage. Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling op $t = 180$ s. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

4p 12

"Waar kom je s/t - en v/t -grafieken tegen?"

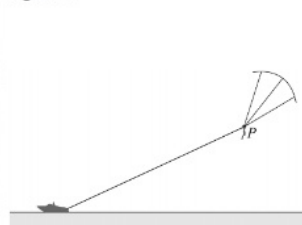
Parasailing

Bij 'parasailing' wordt iemand voortgetrokken door een motorboot terwijl hij of zij aan een parachute hangt. Zie figuur 1. In figuur 2 is de situatie schematisch weergegeven. Deze figuur is op schaal.

figuur 1



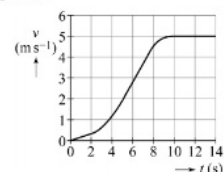
figuur 2



Als de motorboot vertrekt, staat de parachutist op het strand. Als de kabel strak komt te staan, gaat de parachutist omhoog.

In figuur 3 staat het (v, t) -diagram van de beweging van de boot.

figuur 3



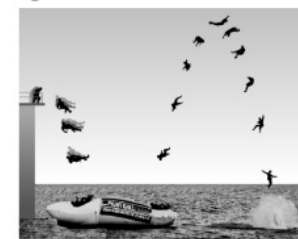
Figuur 3 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

- 3p 15 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de afstand die de boot heeft afgelegd op $t = 8,0$ s. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
- 3p 16 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling van de boot op tijdstip $t = 6,0$ s. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Wereldrecord blobspringen

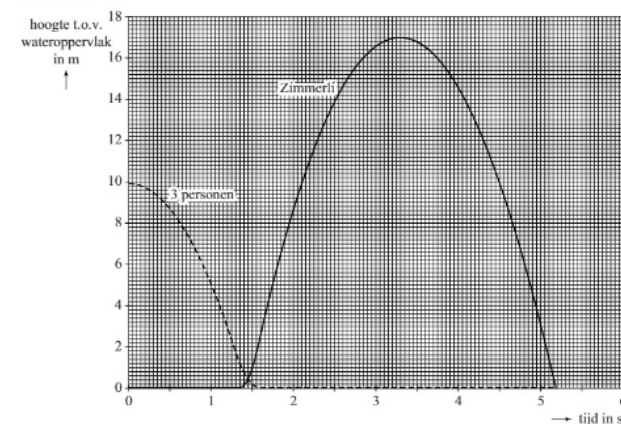
In juni 2011 werd het wereldrecord blobspringen verbeterd door Reto Zimmerli. Zie de fotomontage in figuur 1. Voor deze afbeelding zijn diverse na elkaar gemaakte foto's van de recordpoging samengevoegd tot één beeld. Zes van deze foto's zijn ook apart weergegeven op de uitwerkbijlage. Links sprong een groep van drie personen tegelijk van een hoge toren. Ze landden op het uiteinde van een met lucht gevulde zak op het water, de blob. Hierdoor werd Zimmerli, die diep weggezakt in het andere uiteinde van de blob lag te wachten, de lucht in geschoten.

figuur 1



Van de beweging van de deelnemers aan deze recordpoging is met behulp van een videometing een (h, t) -diagram gemaakt. Zie figuur 2. De hoogte is gemeten ten opzichte van het wateroppervlak.

figuur 2



"Waar kom je s/t- en v/t-grafieken tegen?"

Boombrommer

Betelnoten groeien in de toppen van palmbomen. De stammen van die bomen zijn hoog en kaarsrecht. Zie figuur 1. Boeren beklimmen deze bomen om de noten te plukken. Een uitvinder heeft een boombrommer gemaakt om langs een stam omhoog naar de top te kunnen 'rijden'. Zie figuur 2.

figuur 1



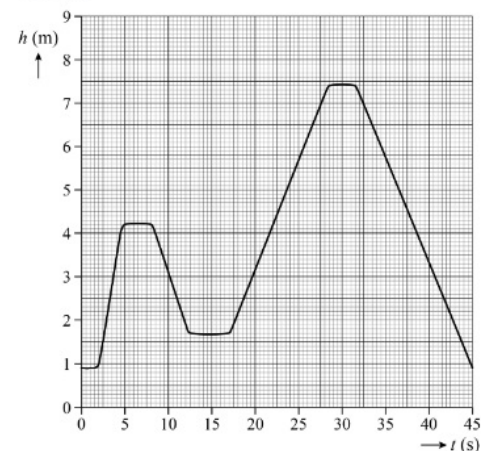
figuur 2



De brommer klemt met wielen om de stam. Een benzinemotor kan de brommer met constante snelheid langs de stam naar boven laten rijden. De boombrommer is uitgerust met een rem. Deze rem zorgt voor een grote remkracht op de brommer, waardoor die stil kan hangen aan de stam. De boombrommer kan vanuit stilstand weer afdalen langs de stam door de remkracht te verkleinen.

De uitvinder heeft een testrit gemaakt om de boombrommer te demonstreren. Van deze rit is een (h,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

- 2p 12 Geef in de tabel met een kruisje per tijdstip aan welke bewering juist is.

Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p 13 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale snelheid waarmee de brommer langs de stam naar boven rijdt. Geef in de figuur aan hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

"Waar kom je s/t - en v/t -grafieken tegen?"

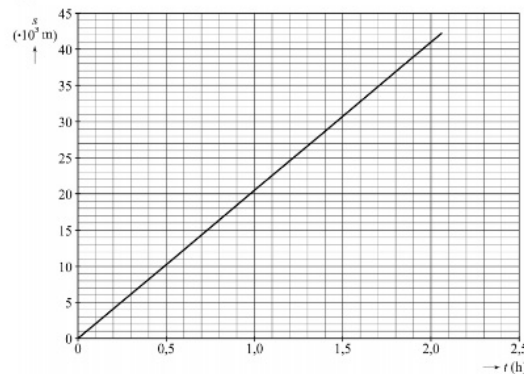
HAVO Natuurkunde 2022 3e tijdvak opgave 4

uitwerkbijlage

Marathon onder de twee uur

Tijdens een marathon wordt een afstand van 42 km en 195 m in een zo kort mogelijke tijd gerend. In 2014 werd het wereldrecord gelopen in 2 uur, 2 minuten en 57 seconden. In figuur 1 staat het (vereenvoudigde) (s, t) -diagram dat hoort bij dit wereldrecord.

figuur 1



- 3p 20 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het (v, t) -diagram van het wereldrecord uit 2014. Licht je antwoord toe met een berekening.

Een looptijd van minder dan twee uur werd lang onmogelijk geacht. Atleten hebben in 2017 geprobeerd dat toch te halen door onder perfecte omstandigheden te lopen. In de voorbereiding werd het (s, t) -diagram van het wereldrecord uit 2014 als richtpunt gebruikt voor een nieuw loopschema voor deze recordpoging. Vóór de atleten zou een auto rijden om het tempo aan te geven volgens dat nieuwe schema. Zie figuur 2.

figuur 2

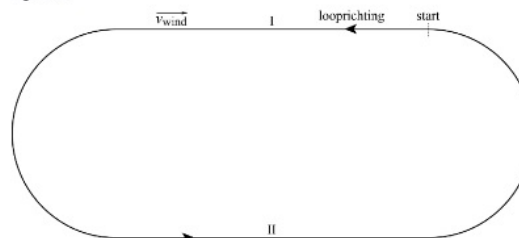


Op de uitwerkbijlage staan drie zinnen over het (v, t) -diagram voor de recordpoging onder de twee uur.

- 2p 21 Omcirkel in elke zin het juiste alternatief.

In het nieuwe schema kon nog geen rekening gehouden worden met de wind. Met tegenwind loopt een atleet langzamer, met wind mee loopt hij harder. De race werd gelopen op een deel van het autoracecircuit van Monza. Dit deel van het circuit heeft twee lange rechte stukken I en II. Tijdens de recordpoging was er wind. Zie figuur 3.

figuur 3



Met deze wind loopt een atleet $0,3 \text{ m s}^{-1}$ langzamer dan hij zou lopen zonder wind op het rechte stuk I en $0,3 \text{ m s}^{-1}$ sneller dan hij zou lopen zonder wind op het rechte stuk II.

Anke beweert: "Een constante wind heeft geen invloed op de looptijd van een hele ronde."

Bert beweert: "Door de wind wordt de looptijd voor een hele ronde langer."

- 2p 22 Beredeneer wie er gelijk heeft: Anke of Bert.

HAVO Natuurkunde 2022 3e tijdvak opgave 4

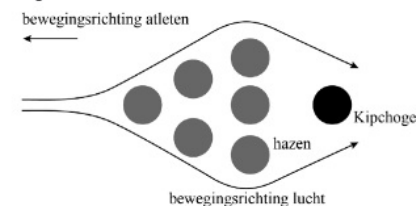
Een van de atleten was Eliud Kipchoge. Om het lopen voor Kipchoge makkelijker te maken, renden er extra lopers (de zogenaamde hazen) vlak voor hem. Zie figuur 4.

figuur 4



Er kan worden aangenomen dat dankzij de hazen een deel van de lucht om Kipchoge heen beweegt. Zie het bovenaanzicht in figuur 5.

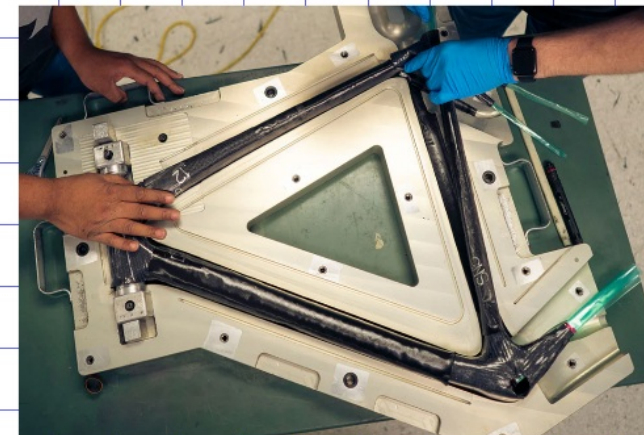
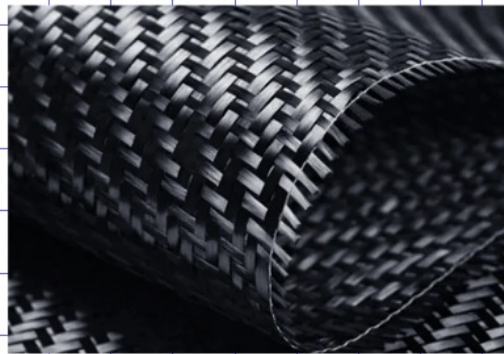
figuur 5



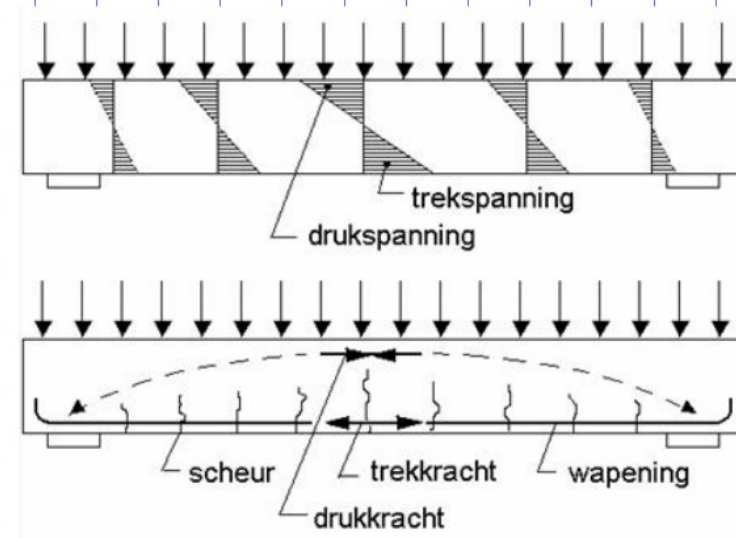
In de groep loopt de voorste haas met een groter vermogen P dan Kipchoge.

- 23 Leg dat uit aan de hand van een formule voor het vermogen.

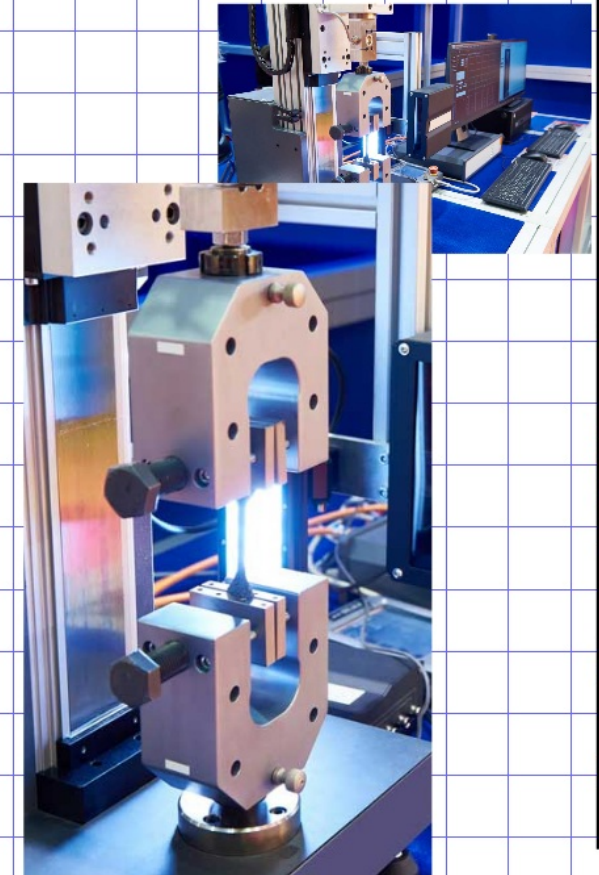
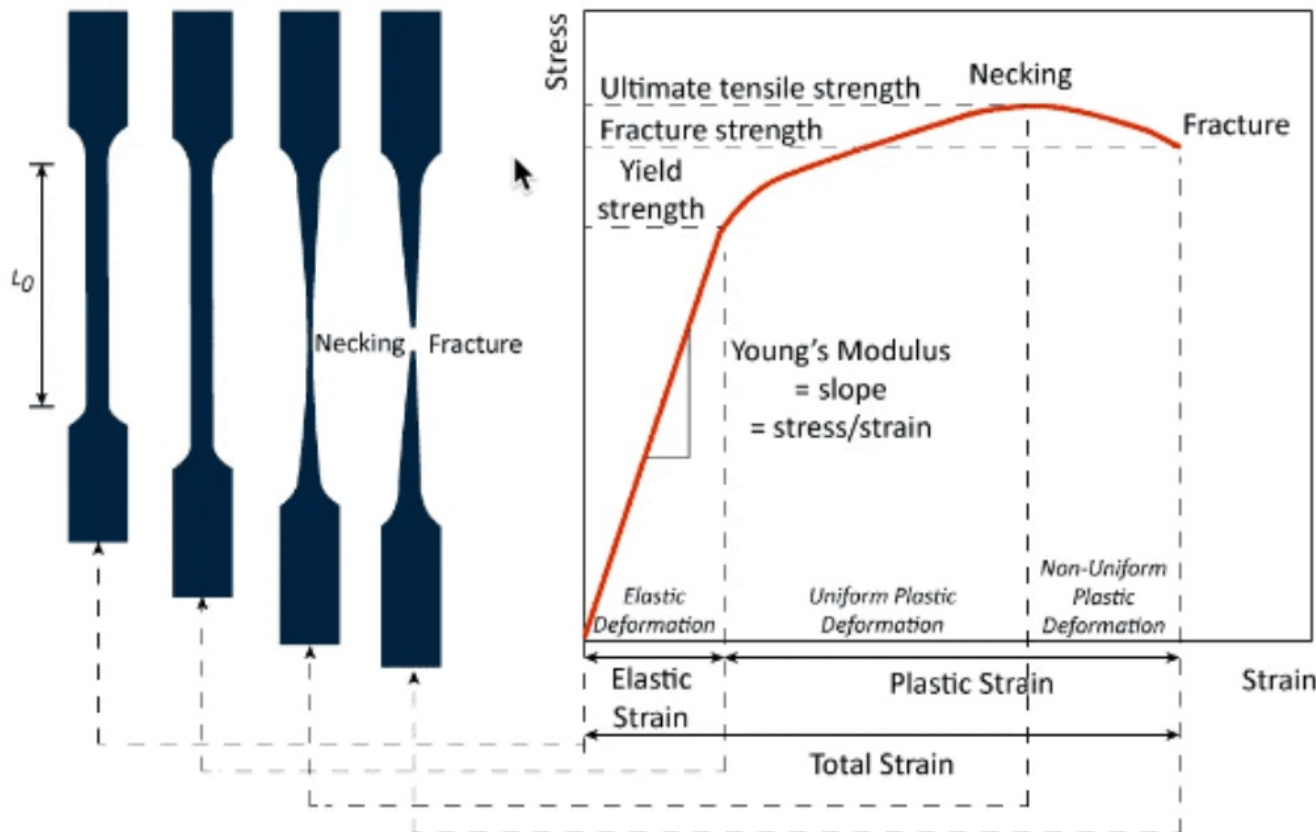
"Wat onderzoeken materiaalwetenschappers?"



"Wat onderzoeken materiaalwetenschappers?"



"Wat onderzoeken materiaalwetenschappers?"



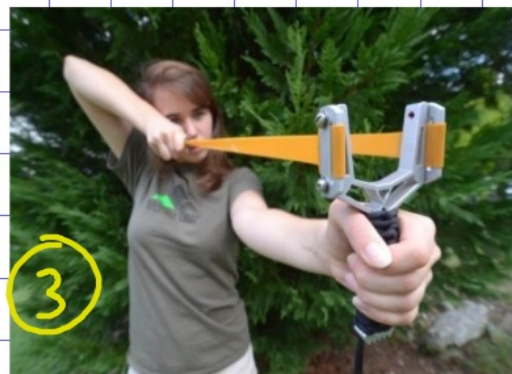
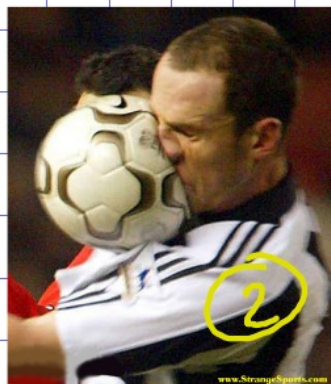
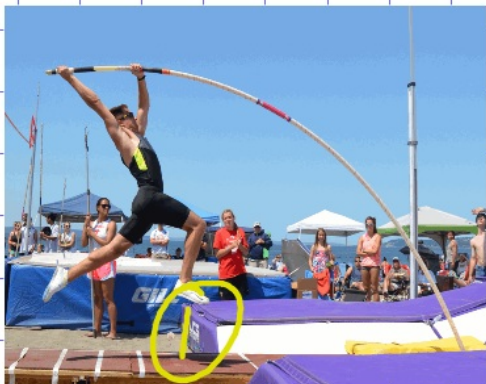
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

- DENK/OVERLEGVRAGEN -

Hier staan de bonusvragen bij dit hoofdstuk. Deze vragen zijn bedoeld om je te laten nadenken over wat je geleerd hebt. Soms moet je kennis reproduceren of een geoefende techniek laten zien. Ook zitten hier inzichtvragen tussen waarvoor je geleerde kennis op een nieuwe en creatieve manier moet toepassen. Deze vragen zijn zeer nuttig om voor een proefwerk nog een keer langs te lopen!

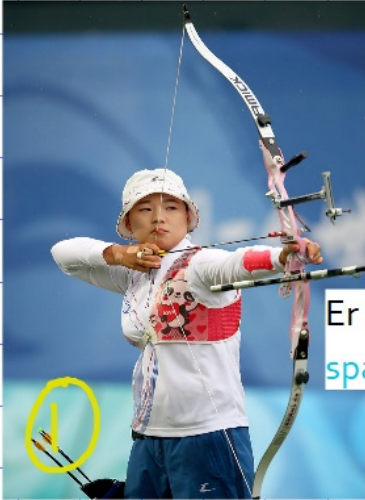
"Welke soorten krachten zie je hier afgebeeld?"

denk-
overlegvraag

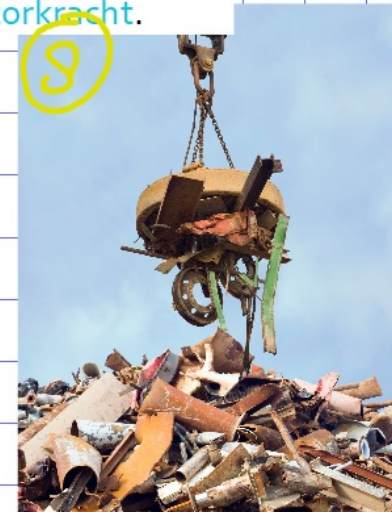


"Welke krachten zie je hier afgebeeld?"

denk-
overlegvraag



Er zijn allerlei **soorten krachten**, bijvoorbeeld: ~~zwaartekracht~~, ~~spierkracht~~, ~~veerkracht~~, ~~spankracht~~, magnetische kracht, elektrische kracht, normaalkracht, motorkracht.



Er zijn drie krachten die beweging **altijd tegenwerken**: wrijving, luchtweerstand en rolweerstand.

"Welke tegenwerkende krachten zie je hier..."

denk-
overlegvraag



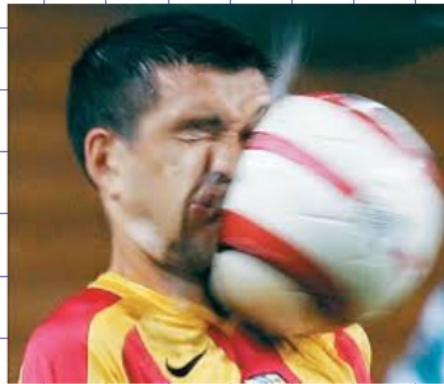
Er zijn drie krachten die beweging **altijd tegenwerken**:
wrijving, luchtweerstand en rolweerstand.



"... en wat is gedaan om ze zo klein mogelijk te maken?"

"Welke krachtenparen zie je hier?"

denk-
overlegvraag



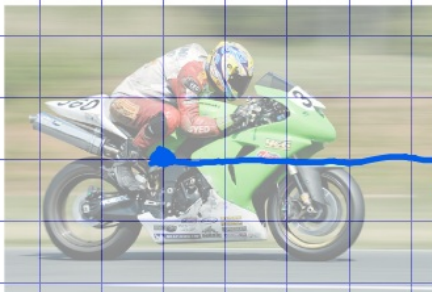
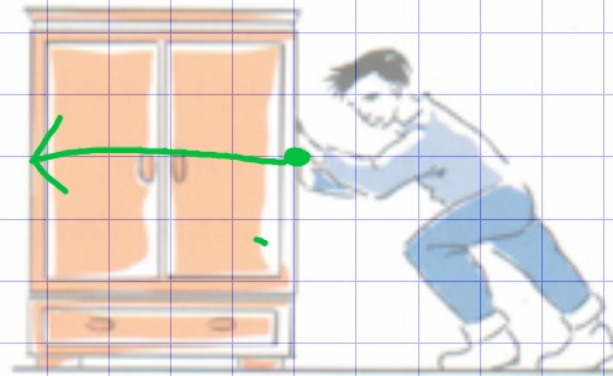
"Hoe teken je deze krachten?"

denk-
overlegvraag

Schaal (1 cm : 20 N)

spierkracht van de
jongen op de kast:

$$F_{\text{spier}} = 80 \text{ N}$$



Schaal (1 cm : 50 N)

motorkracht:

$$F_{\text{motor}} = 300 \text{ N}$$

"Hoe teken je deze krachten?"

denk-
overlegvraag

Krachtenchaal (1 cm : 20 N)

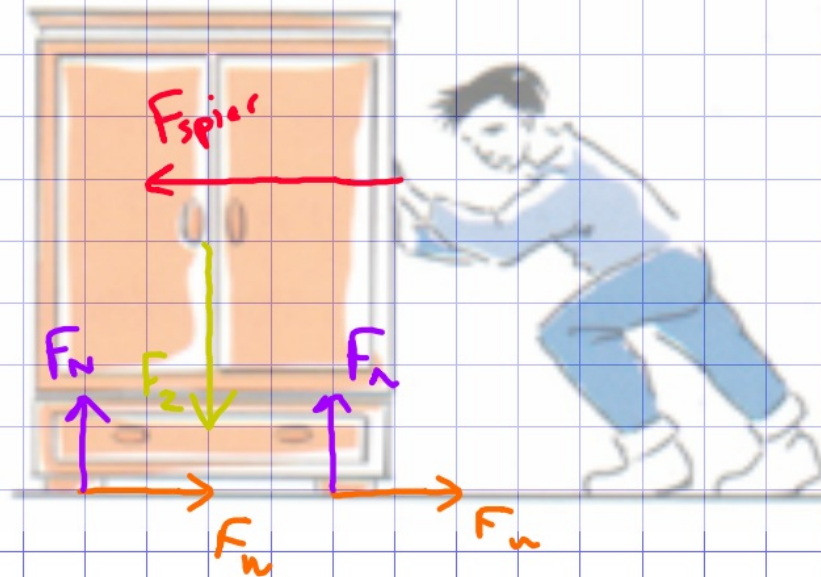
spierkracht van de jongen op de kast:

$$F_{\text{SPIER}} = 80 \text{ N}$$

wrijving vd kast met de
grond: $F_w = 40 \text{ N}$ per poot

zwaartekracht op de
kast: $F_z = 60 \text{ N}$

normaalkracht van de grond
op de kast: $F_N = 30 \text{ N}$ per poot



"Hoe teken je deze krachten? Schuif de pijlen naar de juiste plaats en draai ze in de goede richting en schrijf er een naam bij."

denk-
overlegvraag

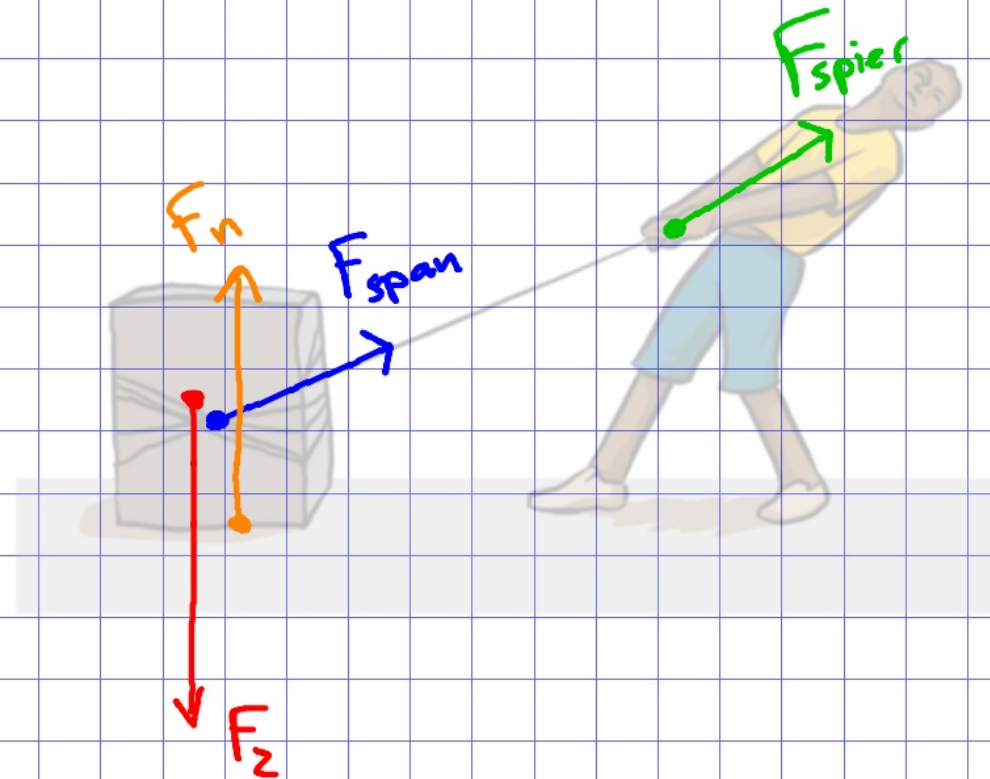
Schaal (1 cm : 100 N)

Kracht van de jongen op het touw: $F_{\text{spier}} = 300 \text{ N}$

Kracht van het touw op het blok: $F_{\text{span}} = 300 \text{ N}$

Zwaartekracht op het blok: $F_z = 500 \text{ N}$

Normaalkracht op het blok: $F_{\text{normaal}} = 400 \text{ N}$



"In welke tekening is de kracht van het touw op het blok goed getekend?"

denk-
overlegvraag

bevestigingspunt vh
touw aan het blok

A

B

C

D

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

"Teken deze krachten op een schaal van 1 cm $\leftrightarrow$ 100 N

denk-
overlegvraag

Kracht vd rechterhand vd man op
de slee: $F_{\text{spier}} = 400 \text{ N}$

Zwaartekracht op de
gewichtschijven: $F_z = 500 \text{ N}$

Wrijving tussen de slee en de
grond: $F_w = 300 \text{ N}$

Normaalkracht van de grond
op de slee: $F_{\text{normaal}} = 600 \text{ N}$

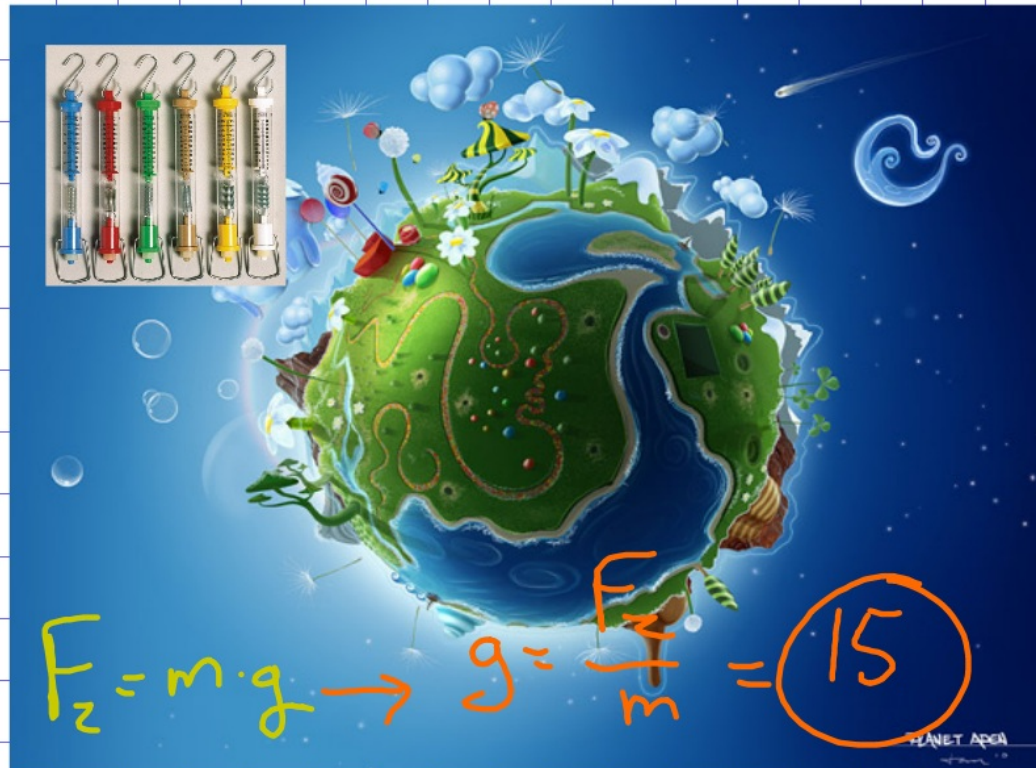


"Hoe groot is de factor g van deze planeet?"

denk-
overlegvraag



Een krachtmeter geeft op deze planeet 150 N aan als je er een massa van 10 kg aan hangt.



"Hoe groot is de factor g van deze planeet?"

denk-
overlegvraag

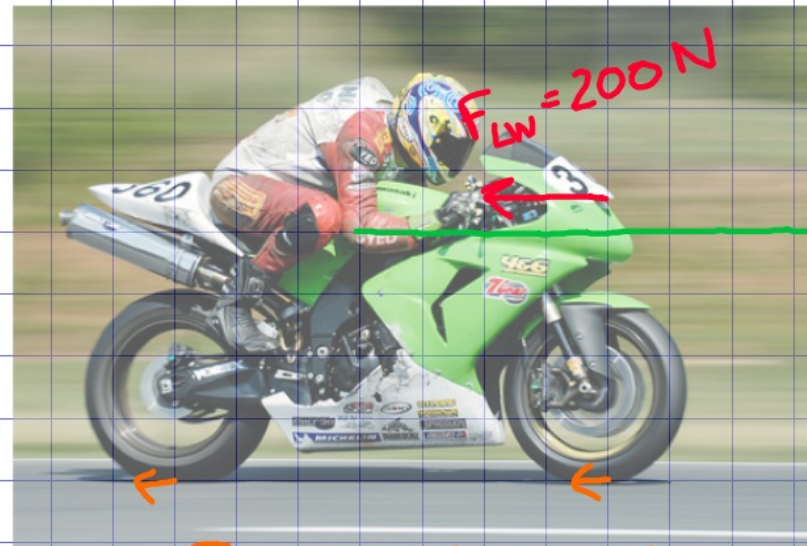


Een krachtmeter geeft op deze planeet 30 N aan als je er een massa van 5 kg aan hangt.

"Wat is hier de nettokracht en hoe beweegt de motor daardoor?"

denk-
overlegvraag

- Motorkracht, $F_{\text{MOTOR}} = 900 \text{ N}$
- Luchtweerstand, $F_{\text{LW}} = 200 \text{ N}$
- Rolweerstand, $F_{\text{RW}} = 50 \text{ N}$ per wiel

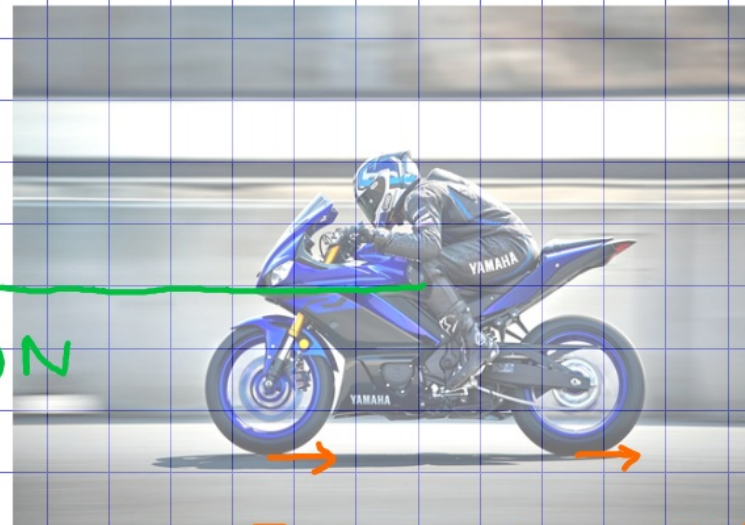


$F_{\text{RW}} = 50 \text{ N}$ per wiel

"Deze motorfietser rijdt hier op topsnelheid. Wat moet de luchtweerstand dan wel zijn?"

denk-
overlegvraag

- Motorkracht, $F_{\text{MOTOR}} = 1200 \text{ N}$
- Luchtweerstand, $F_{\text{LW}} = ?$
- Rolweerstand, $F_{\text{RW}} = 100 \text{ N}$ per wiel



$F_{\text{motor}} = 1200 \text{ N}$

$F_{\text{RW}} = 100 \text{ N}$ per wiel

"Deze motorrijder vertraagt, maar de motorrijder geeft nog wel een beetje gas.
Welke waarde kan de motorcracht niet hebben?"

denk-
overlegvraag

a. $F_{\text{MOTOR}} = 680 \text{ N}$

b. $F_{\text{MOTOR}} = 750 \text{ N}$

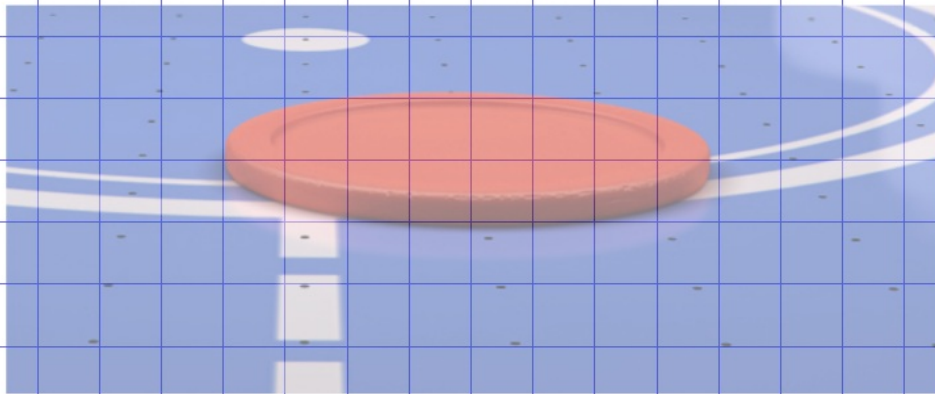
c. $F_{\text{MOTOR}} = 250 \text{ N}$



$F_{\text{RW}} = 50 \text{ per wiel}$

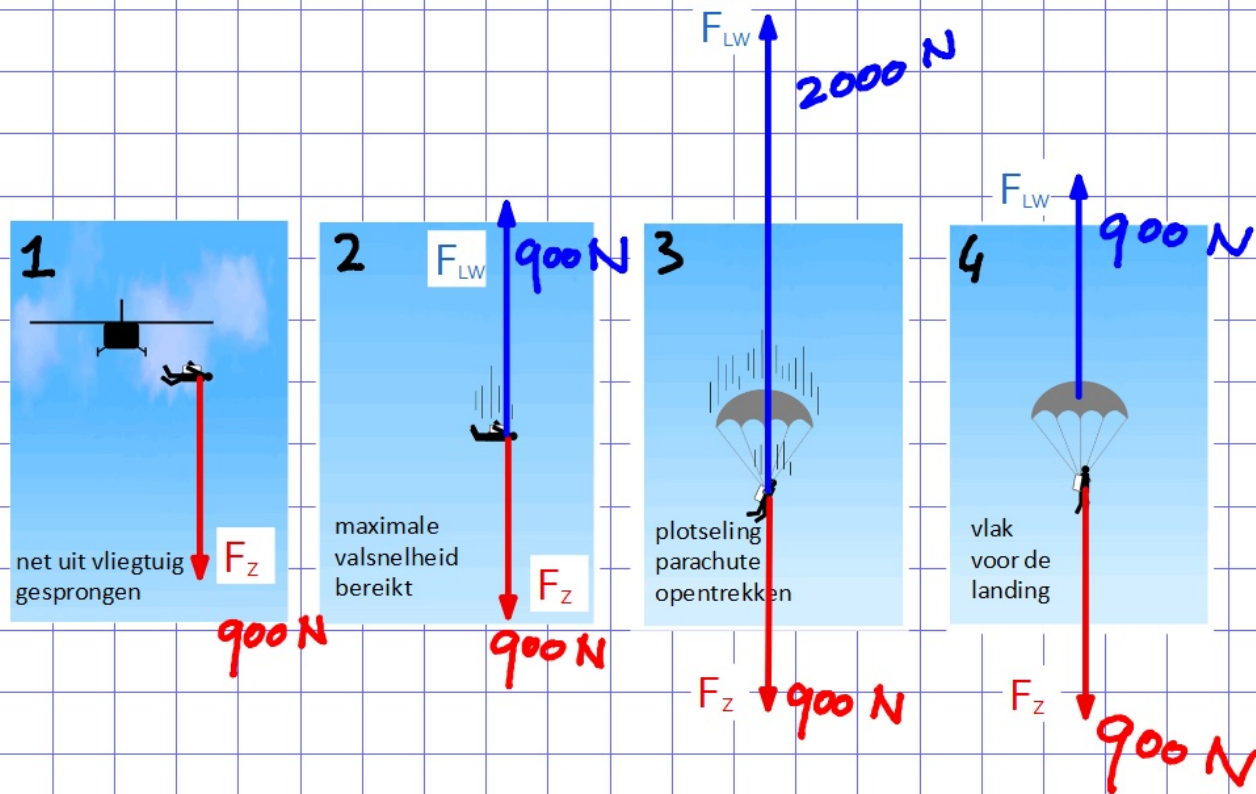
"Wat is de nettokracht op deze puck na de slag en hoe beweegt de puck daardoor?"

denk-
overlegvraag



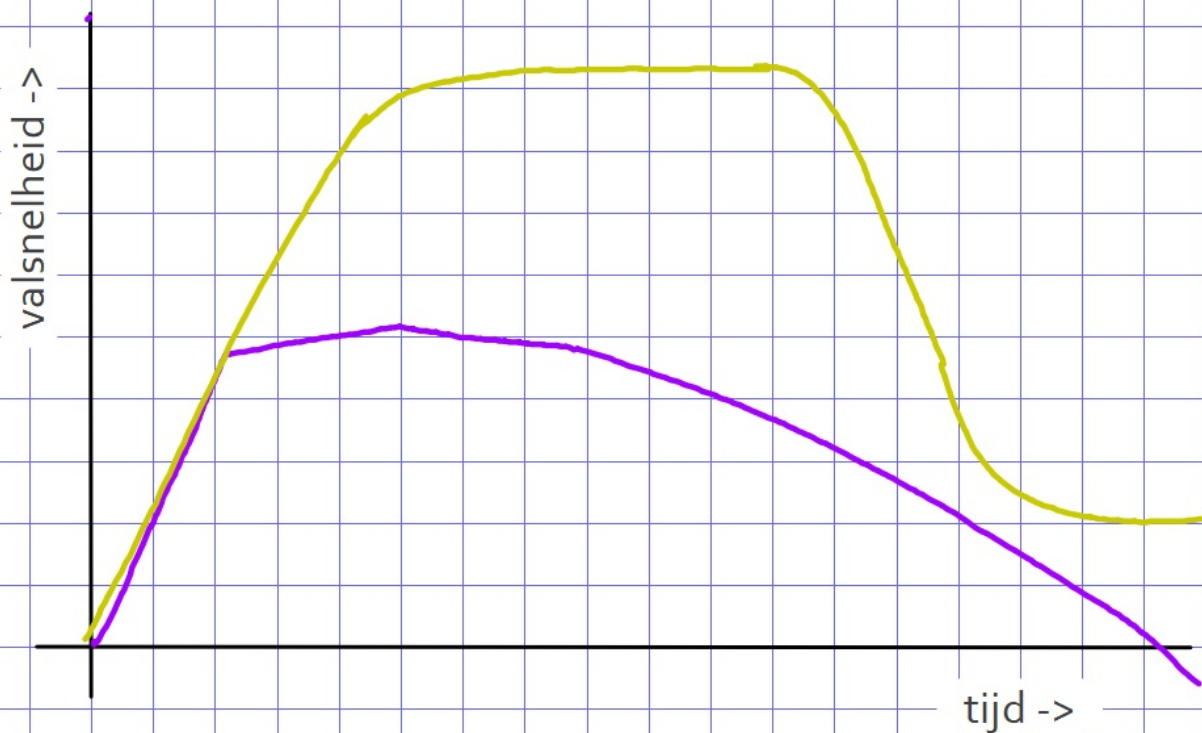
"Wat is de nettokracht op de springer in elke fase van de sprong en hoe beweegt de springer hierdoor?"

denk-
overlegvraag



"Hoe ziet een snelheid-tijdgrafiek van de sprong er uit?"

denk-
overlegvraag



"Welke omrekeningen zijn fout?"

denk-
overlegvraag

a) $3 \text{ km} = 3000 \text{ m}$

b) $10 \text{ km/u} = 36 \text{ m/s}$

c) $6 \text{ min} = 60 \text{ s}$

d) $1,5 \text{ u} = 5400 \text{ s}$

e) $20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/u}$

f) $432 \text{ m} = 4,32 \text{ km}$

"Welke omrekeningen zijn fout?"

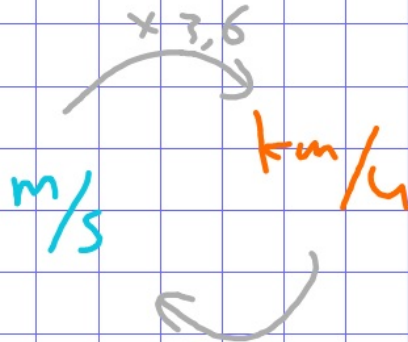
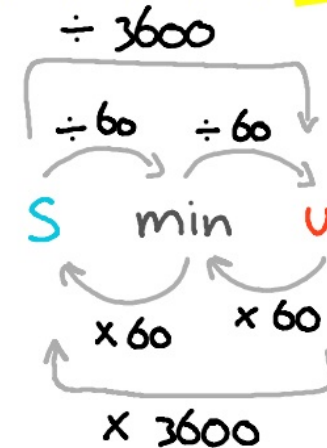
denk-
overlegvraag

a) $280 \text{ m} = 2,80 \text{ km}$

b) $50 \text{ m/s} = 180 \text{ km/u}$

c) $150 \text{ min} = 2,5 \text{ u}$

d) $7,5 \text{ u} = 7 \text{ uur en } 50 \text{ minuten}$



km

"Welke formules zijn goed omgerekend?"

denk-
overlegvraag

a) $R = \frac{U}{I} \rightarrow U = I \cdot R$

b) $F = p \cdot A \rightarrow p = \frac{F}{A}$

c) $v = \frac{s}{t} \rightarrow s = \frac{v}{t}$

d) $Q = c \cdot \Delta T \rightarrow c = \frac{Q}{\Delta T}$

"Welke vormen van de snelheidsformule zijn goed?"

denk-
overlegvraag

$$t = v_{\text{gem}} \times s$$

a.

$$t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}$$

b.

$$v_{\text{gem}} = s \times t$$

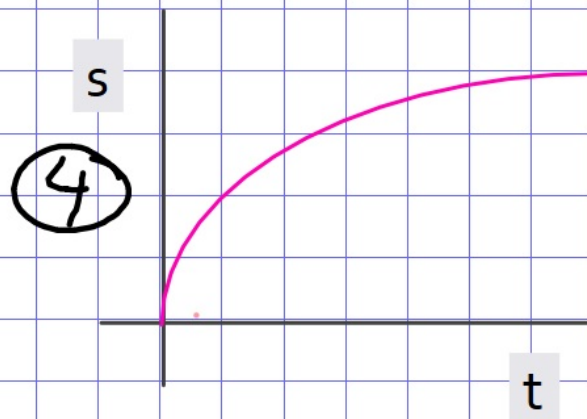
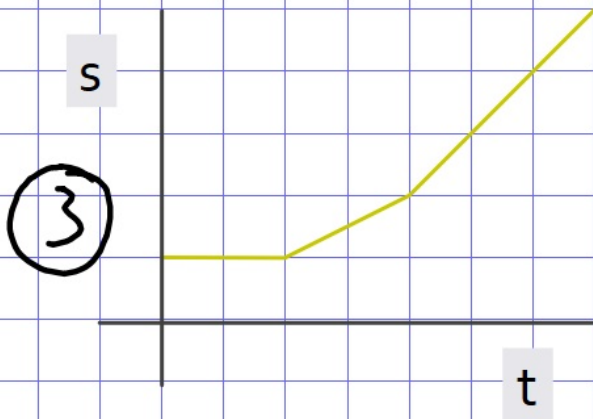
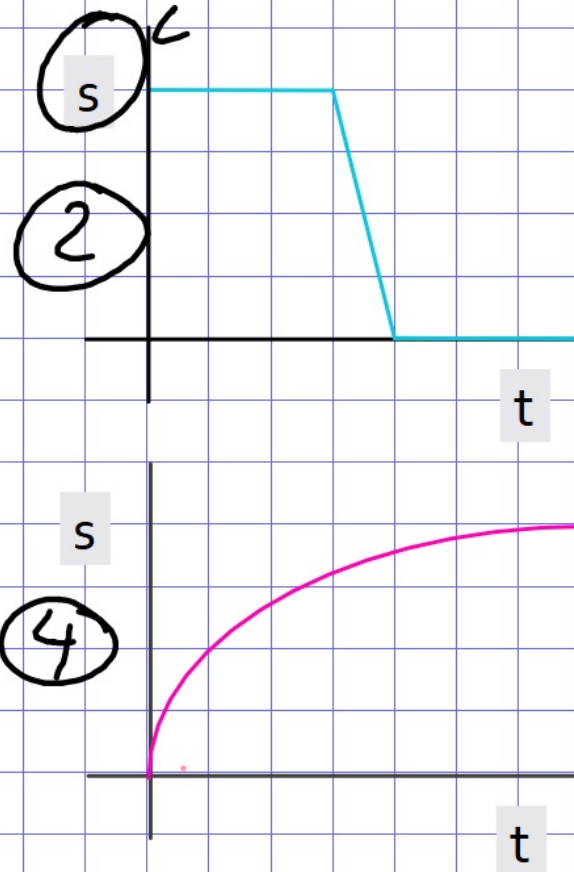
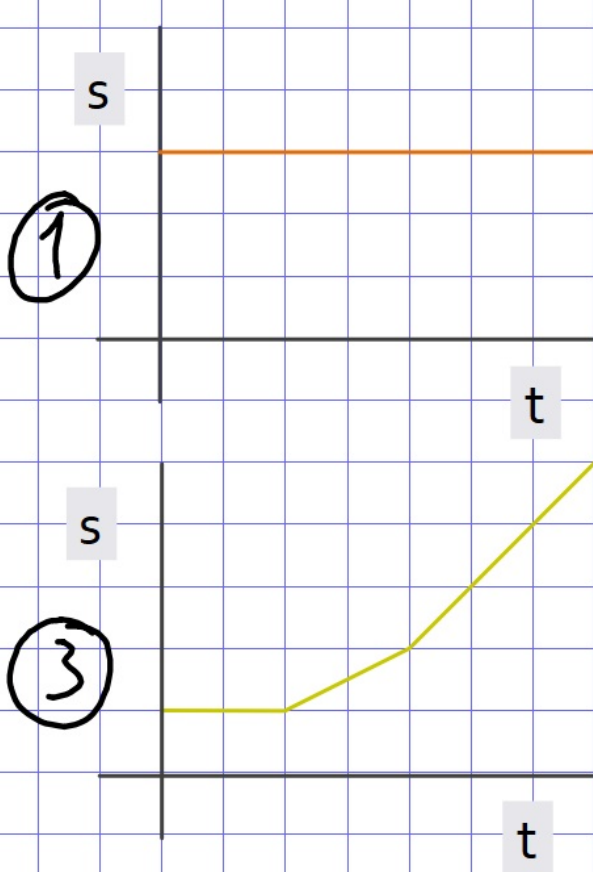
c.

$$s = v_{\text{gem}} \times t$$

d.

"Hoe zijn deze bewegingen te beschrijven?"

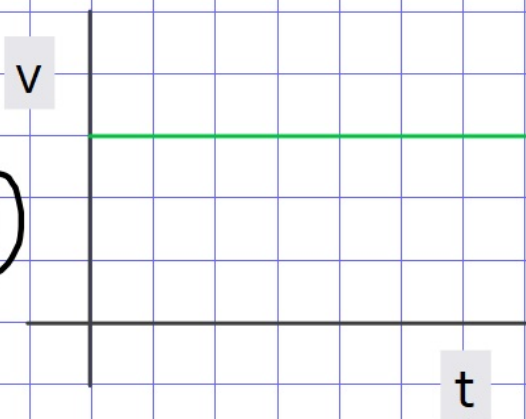
denk-
overlegvraag



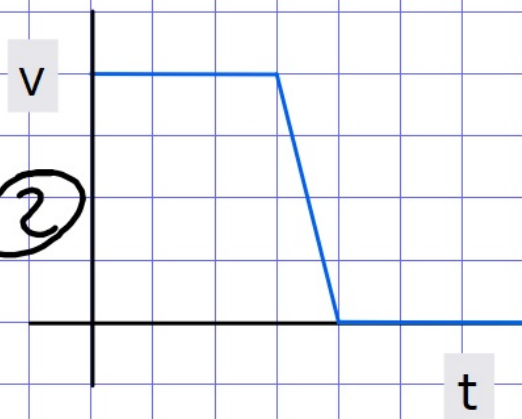
"Hoe zijn deze bewegingen te beschrijven?"

denk-
overlegvraag

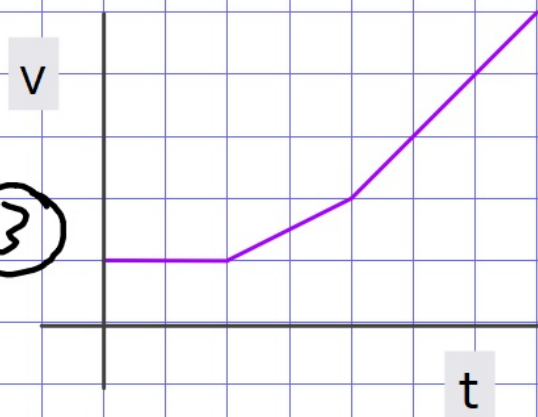
①



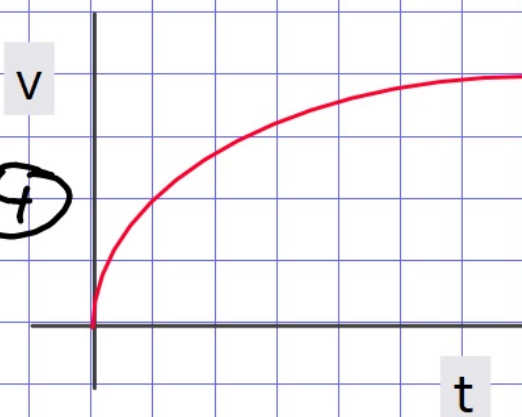
②



③

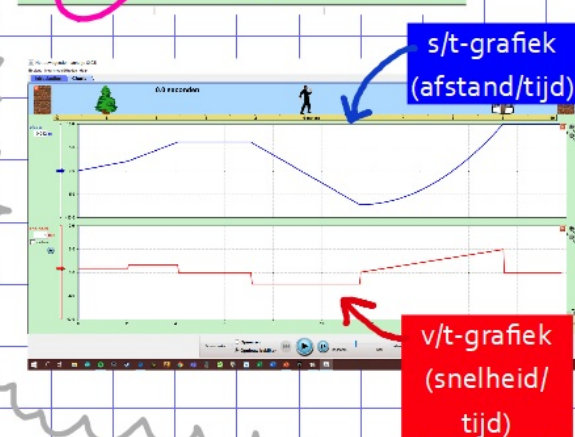
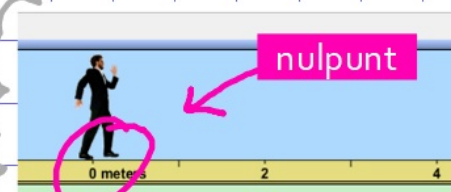
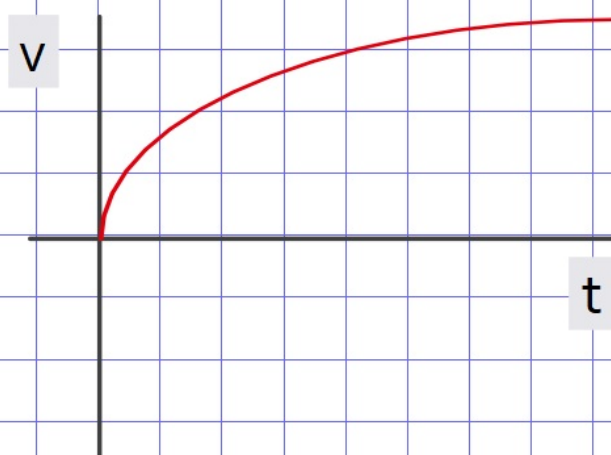
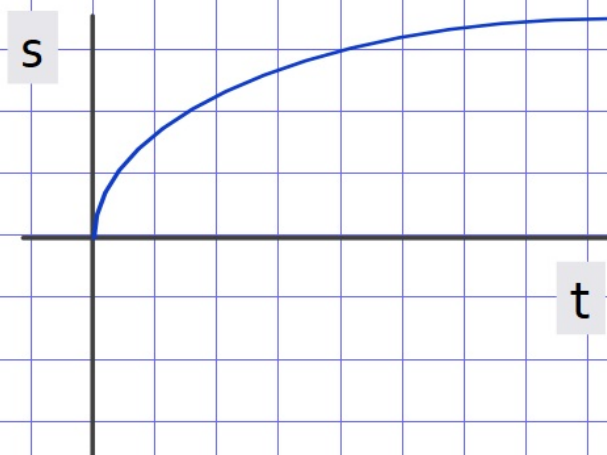


④



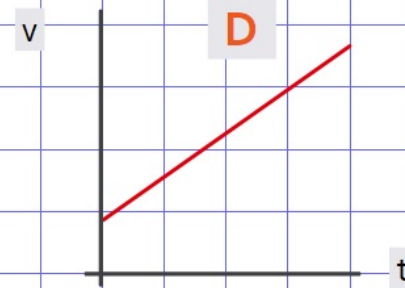
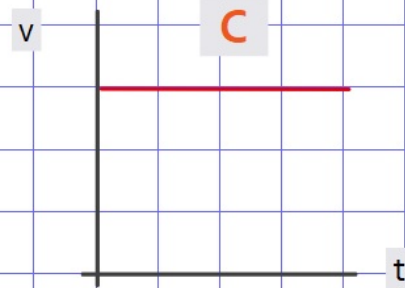
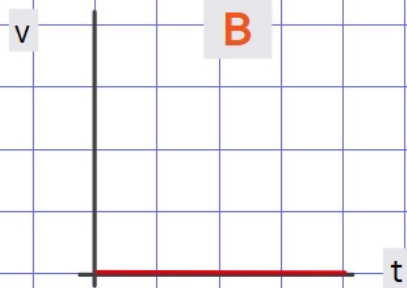
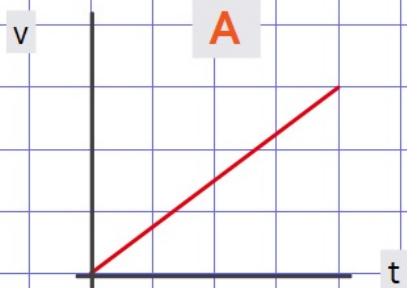
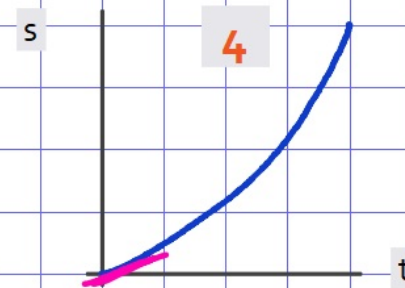
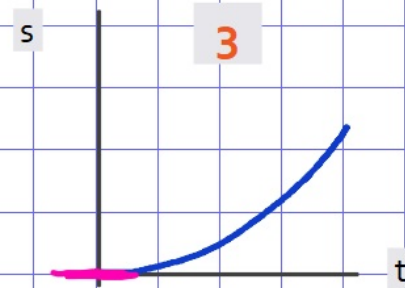
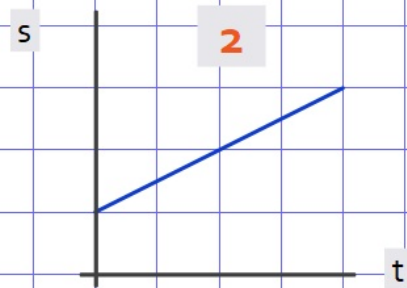
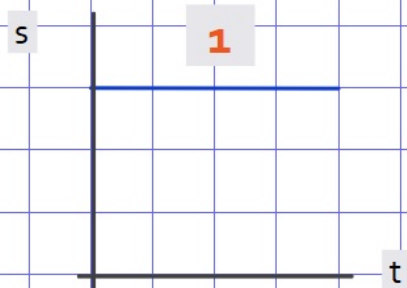
"Hoe zijn deze bewegingen te beschrijven?"

denk-
overlegvraag

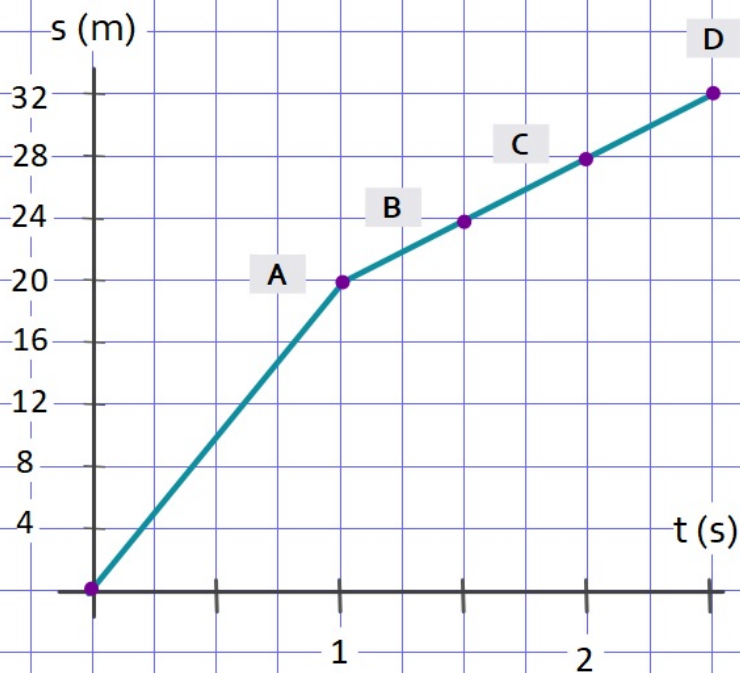


"Welke s/t-grafiek hoort bij welke v/t-grafiek?"

denk-
overlegvraag

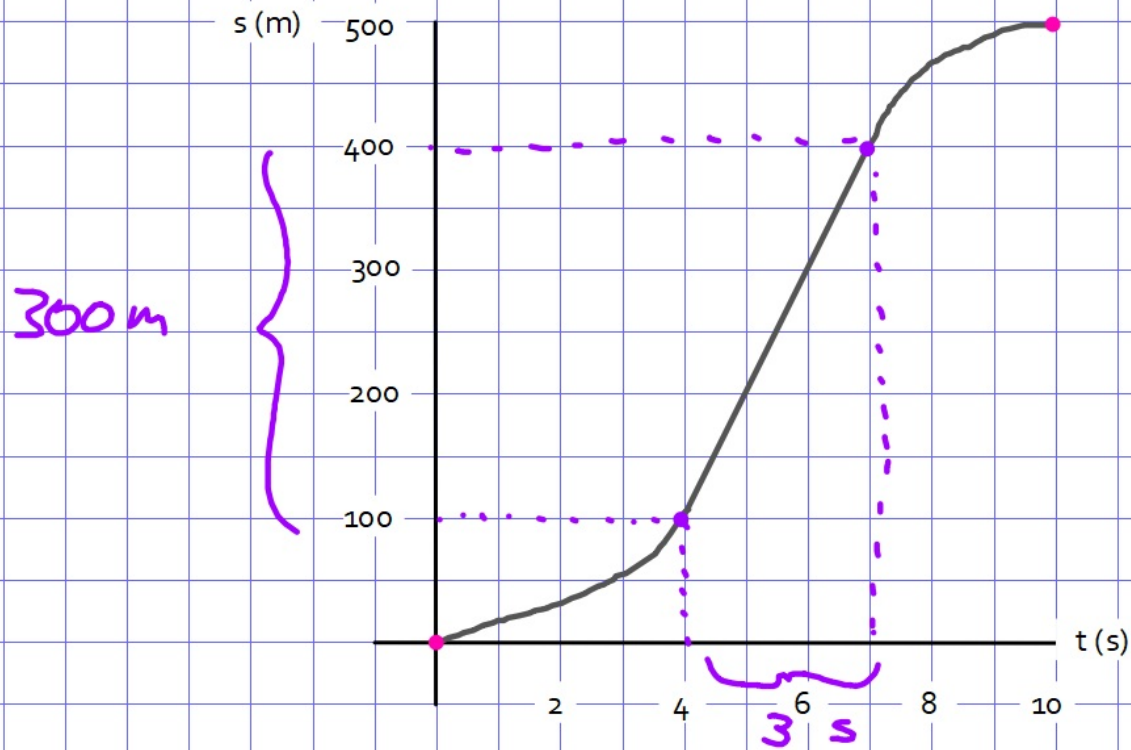


"Op welk tijdstip (A, B, C of D) zou je deze beweging kunnen stoppen denk-overlegvraag zodat de gemiddelde snelheid tot op dat moment 14 m/s is?"



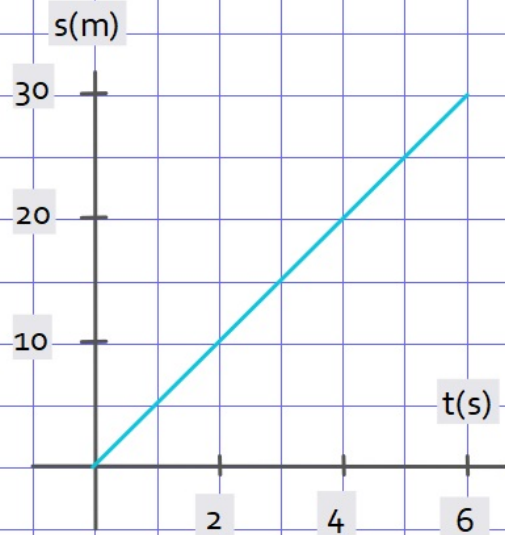
"Wat is de gemiddelde snelheid en wat is de topsnelheid van deze beweging?"

denk-
overlegvraag

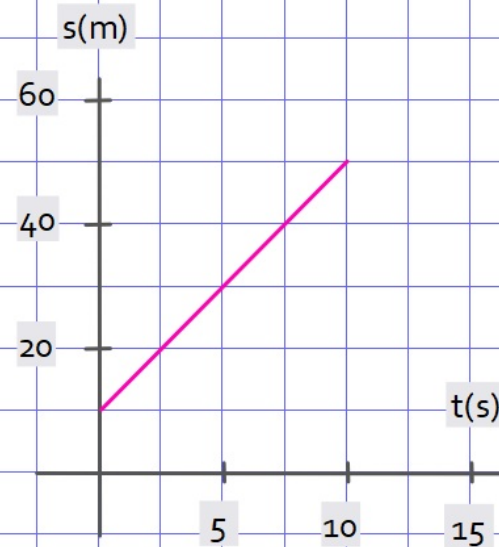


"Wat is de snelheid van deze bewegingen?"

denk-
overlegvraag



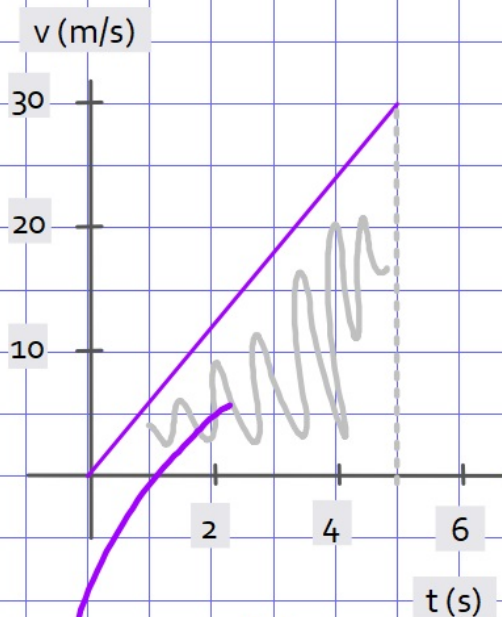
$$v = \frac{s}{t} = \frac{30 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$



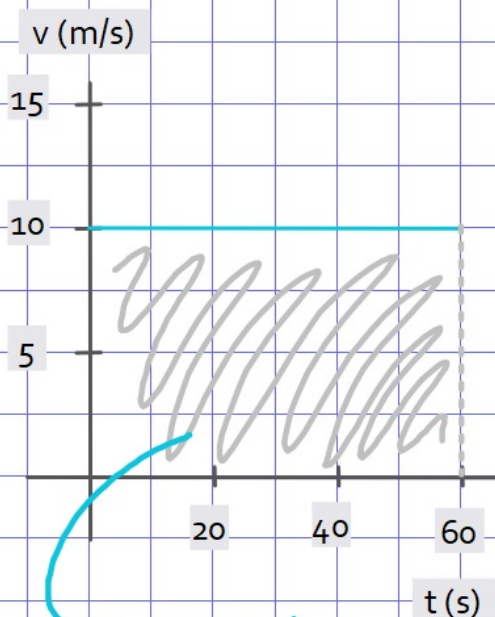
$$v = \frac{s}{t} = \frac{40 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$$

"Wat is de afgelegde afstand in deze bewegingen?"

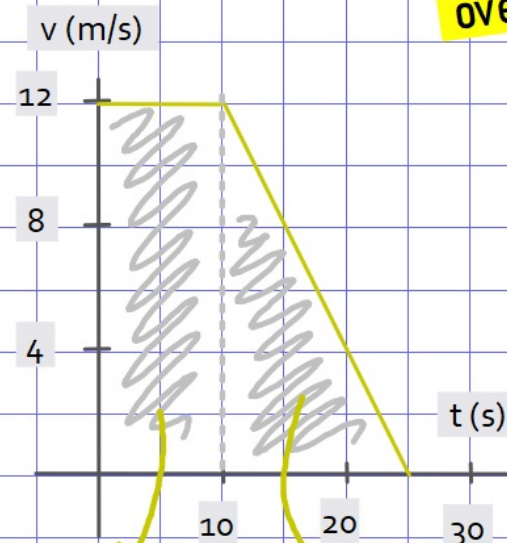
denk-
overlegvraag



oppervlakte =
afstand =
 $\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 30 = 75 \text{ m}$



afstand
 $= 10 \cdot 60 = 600 \text{ m}$



afstand I
 $= 10 \cdot 12$
 $= 120 \text{ m}$

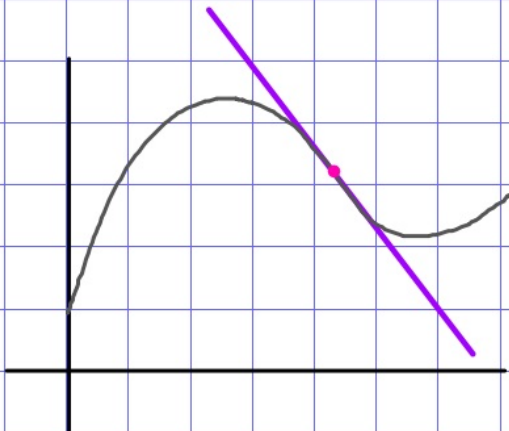
afstand II
 $= \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 12$
 $= 90 \text{ m}$

totale afstand is 210 m

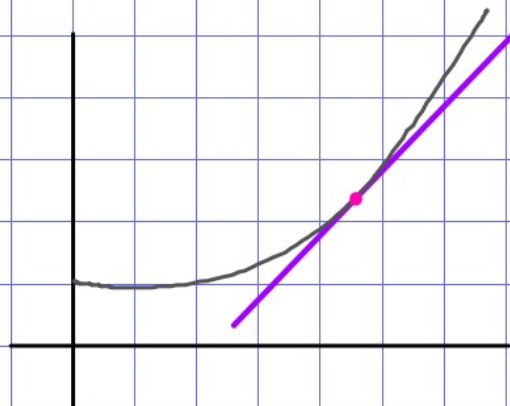
"Welke van deze raaklijnen zijn goed getekend?"

denk-
overlegvraag

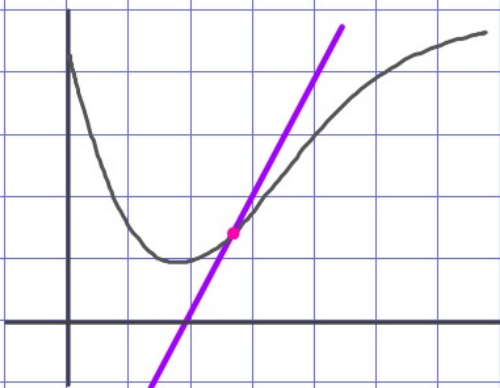
1



2



3



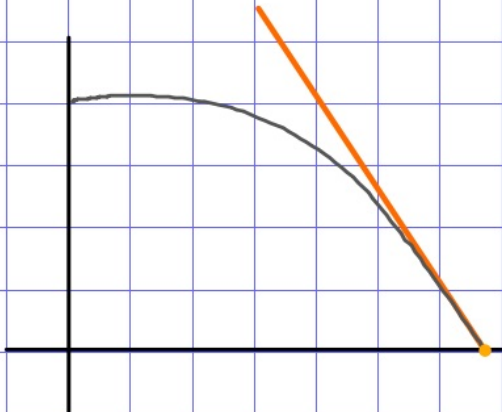
4



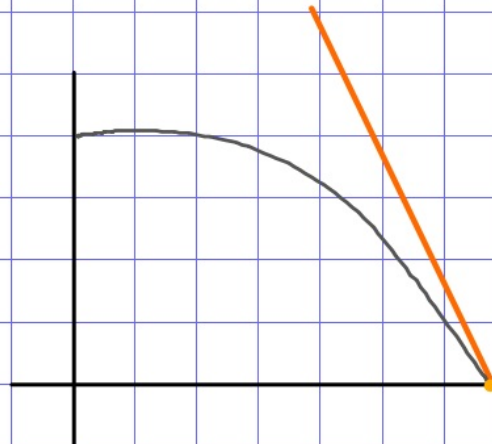
"Welke van deze raaklijnen zijn goed getekend?"

denk-
overlegvraag

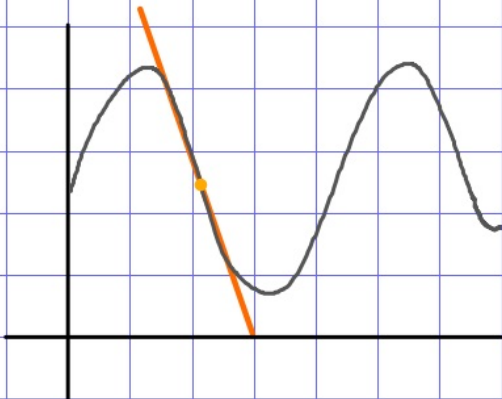
1



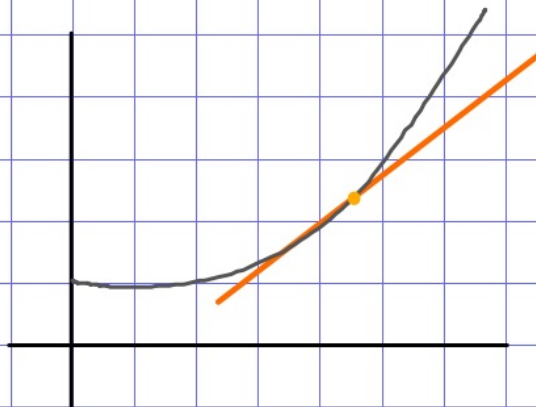
2



3

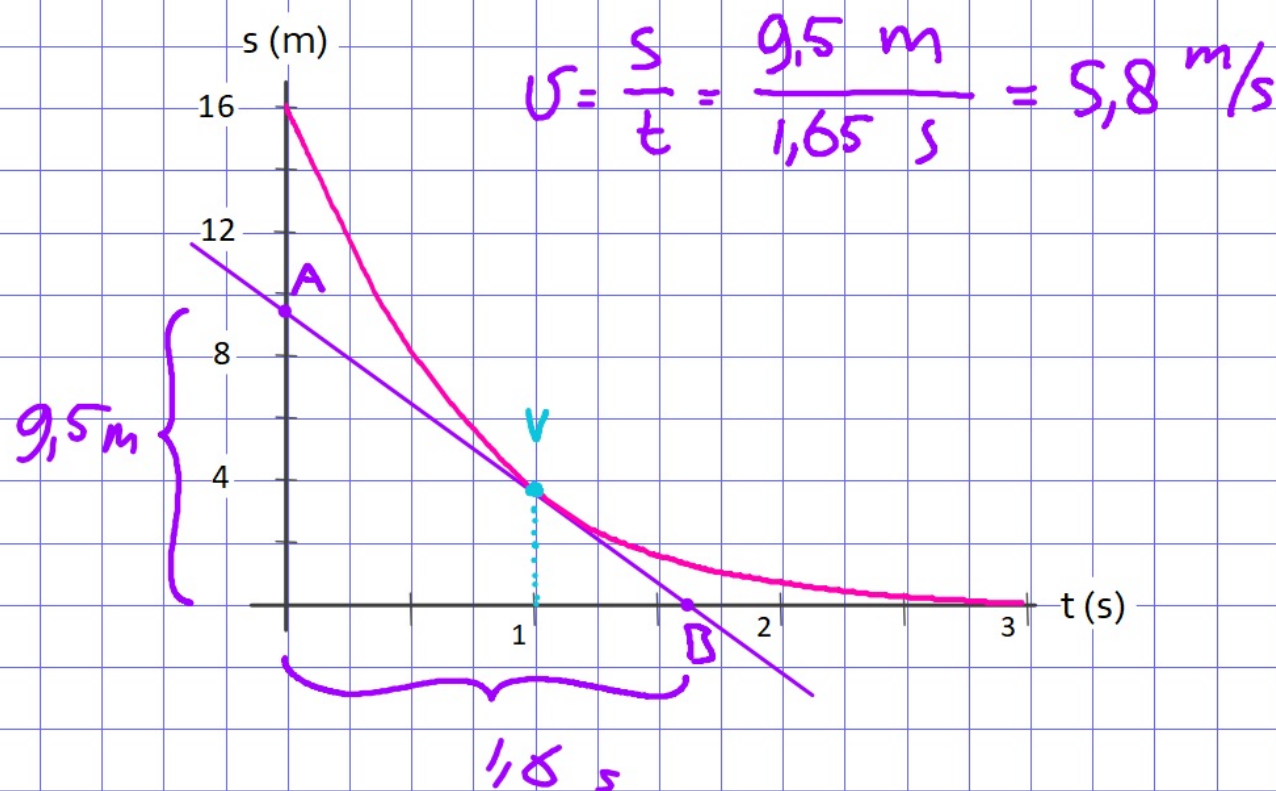


4



"Wat was de snelheid van dit voorwerp op $t = 1,0 \text{ s}$?" denk-
overlegvraag

$$v = \frac{s}{t}$$

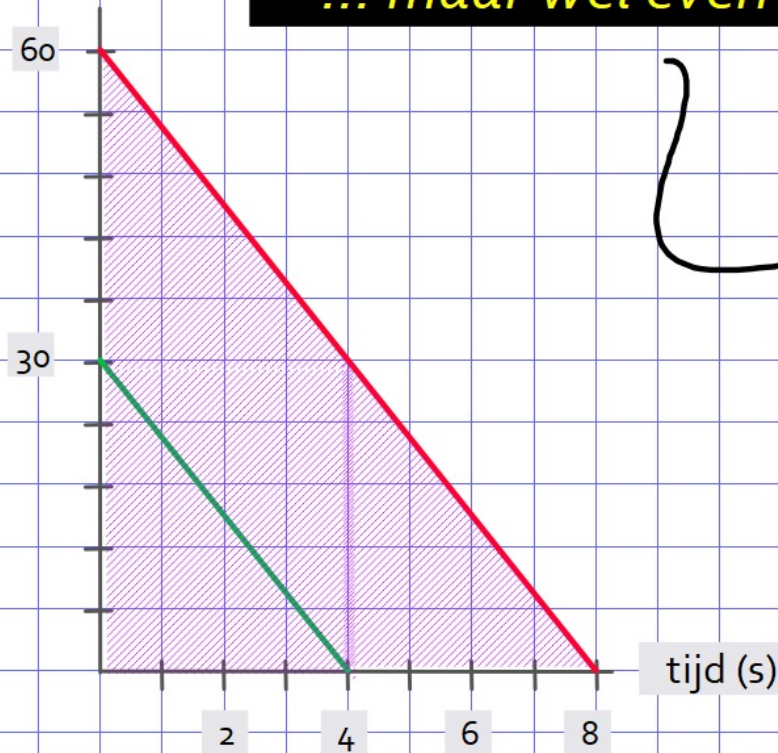


"Hoe veel groter wordt de remweg als je twee keer zo hard gaat"

denk-
overlegvraag

"... maar wel even hard remt?"

snelheid
(m/s)



a. twee keer zo groot

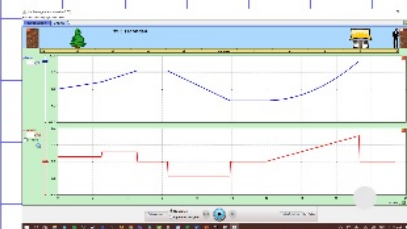
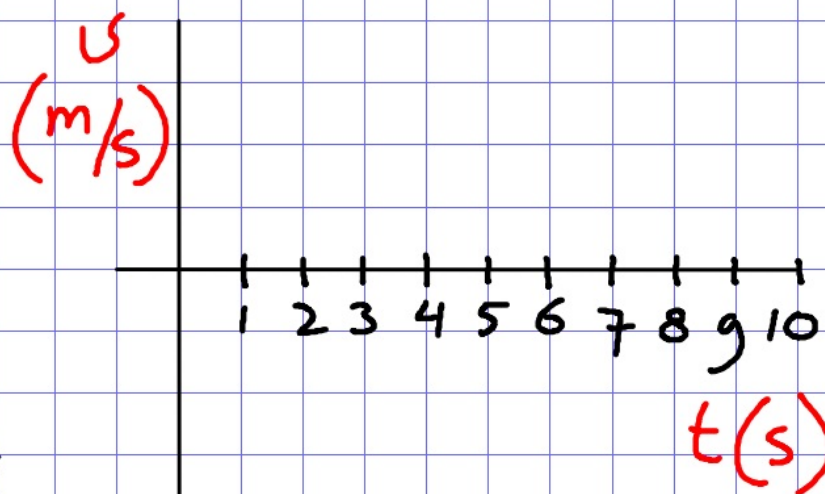
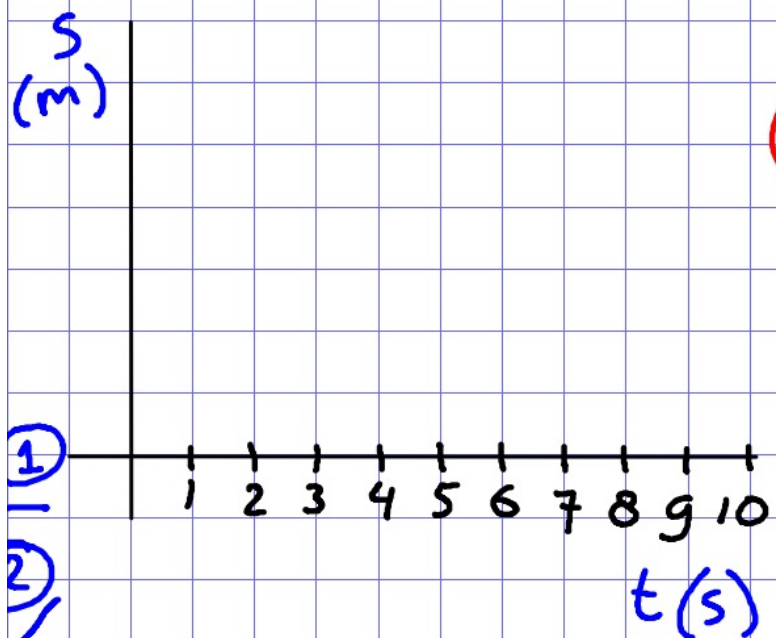
b. drie keer zo groot

c. vier keer zo groot

d. vijf keer zo groot



"Hoe ziet deze beweging er in het echt uit?"



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

- UITLEG & AANTEKENINGEN -

De volgende dia's zijn de aantekeningen die je in de les overgenomen hebt. Alles wat hier tussen de rode lijnen staat zou ook in je schrift moeten staan. Dit is de essentiële stof voor het proefwerk en deze moet je proberen volledig te begrijpen. Je vindt hier ook de tekst bij de bordoefeningen waarvan je als het goed is alleen de uitwerkingen hebt opgeschreven.

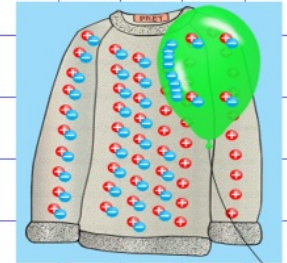
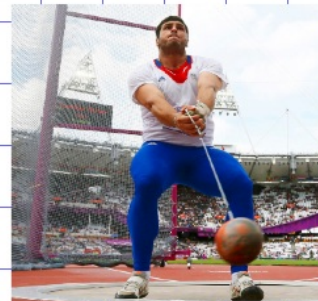
Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

Er zijn allerlei **soorten krachten**:

- zwaartekracht
- spierkracht
- veerkracht
- spankracht
- magnetische kracht
- elektrische kracht
- normaalkracht
- motorkracht.

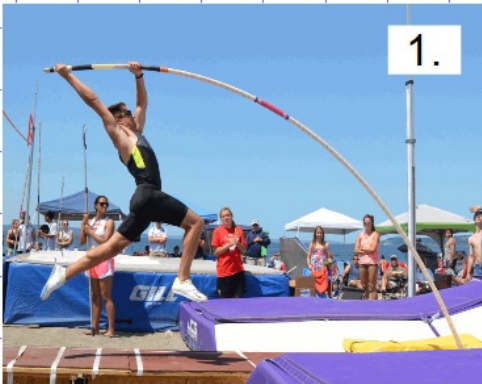
Er zijn drie krachten die beweging **altijd tegenwerken**:
wrijving, **luchtweerstand** en **rolweerstand**.



Bordoeffening 1: Schrijf bij elke afbeelding de kracht op die daar wordt uitgebeeld. Let op: noem nergens spierkracht of zwaartekracht.

Er zijn allerlei soorten krachten, bijvoorbeeld: **zwaartekracht**, **spierkracht**, **veerkracht**, **spankracht**, **magnetische kracht**, **elektrische kracht**, **normaalkracht**, **motorkracht**.

Er zijn drie krachten die beweging altijd tegenwerken: **wrijving**, **luchtweerstand** en **rolweerstand**.



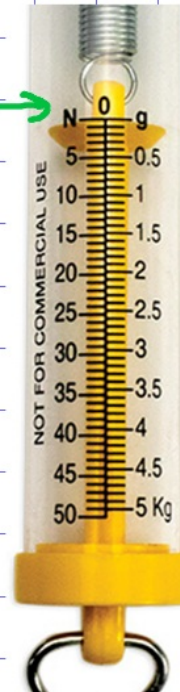
Hoe hard een kracht duwt of trekt druk je uit in de eenheid *newton* (symbool: N). Het symbool voor kracht in formules is F.

Voorbeeld: "De kracht van de knuppel op de bal is 200 newton", kun je schrijven als:

$$F = 200 \text{ N}$$

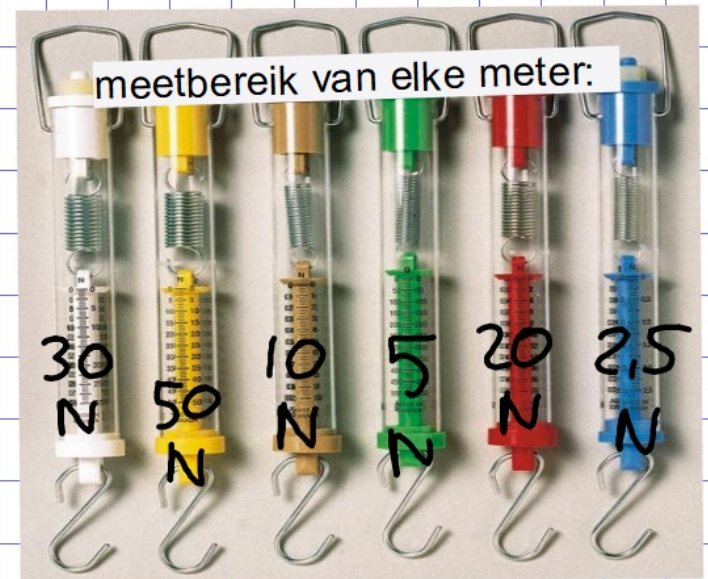
Opdracht: kracht meten met unster:

- a. elastiekje breken: $F = \dots\dots\dots \text{ N}$
- b. lucifer breken: $F = \dots\dots\dots \text{ N}$
- c. etui open ritsen: $F = \dots\dots\dots \text{ N}$
- d. stoel verschuiven: $F = \dots\dots\dots \text{ N}$
- e. dop van pen lostrekken: $F = \dots\dots\dots \text{ N}$
- f. (zelf iets bedenken): $F = \dots\dots\dots \text{ N}$



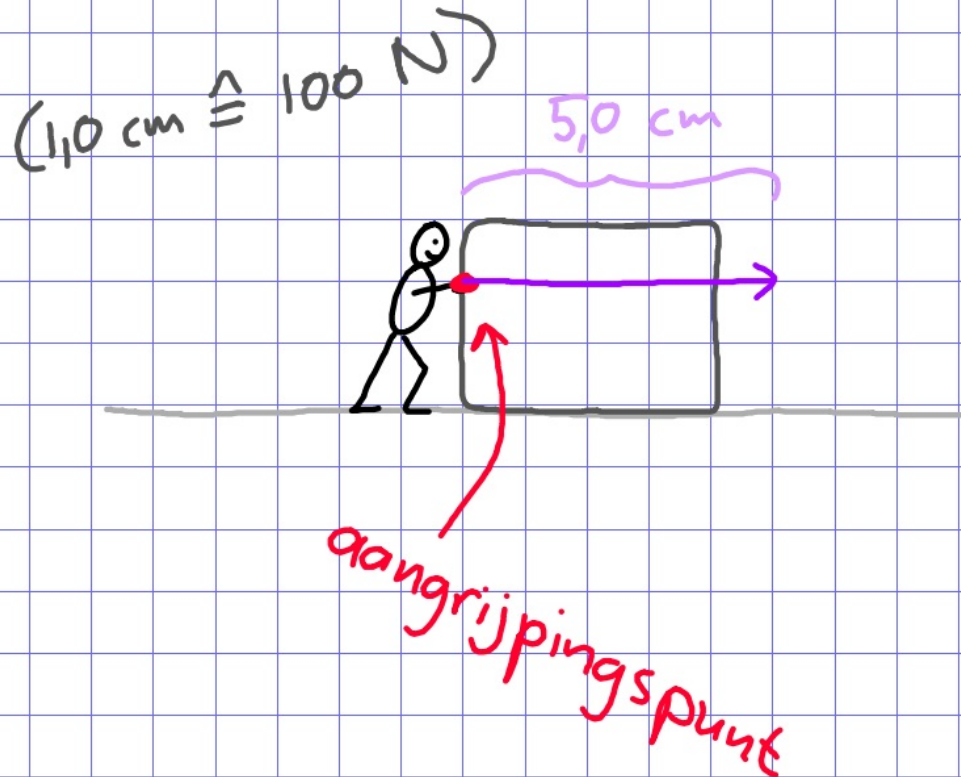
Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen



Een kracht wordt in een tekening weergegeven door een pijl (een "vector").

Voorbeeld: een mannetje duwt met een kracht van 500 N tegen een blok.



Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

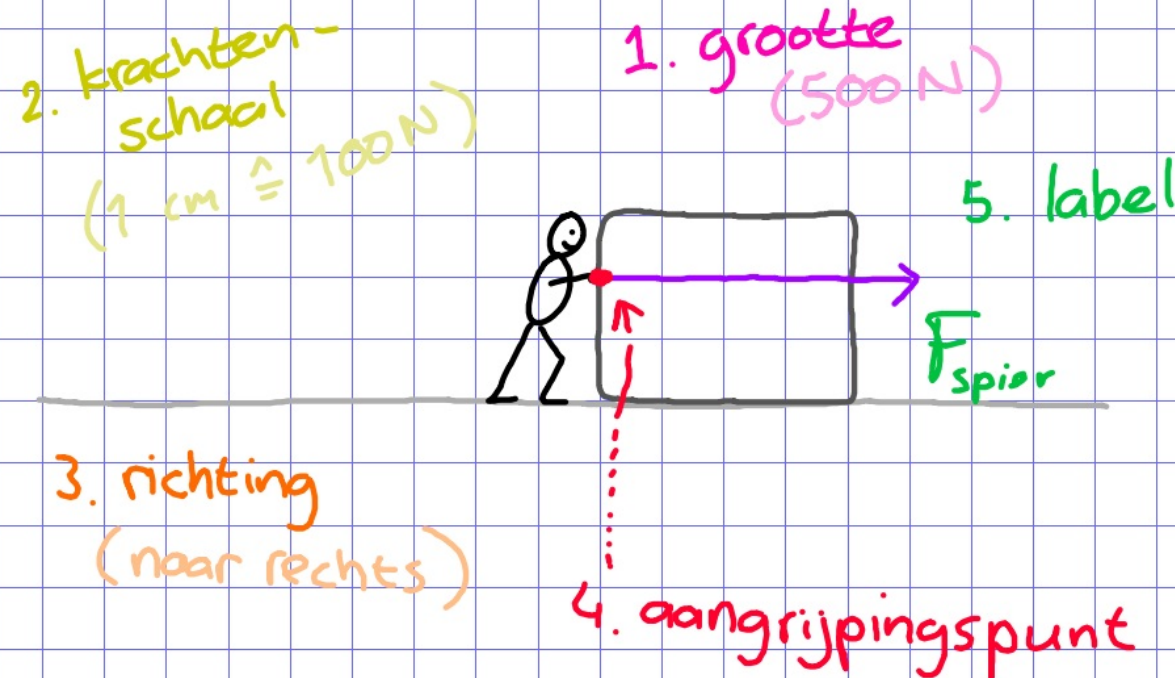
Bord oefening 2: Bedenk hoe je deze krachten zou tekenen.

- De kracht van de **knuppel op de bal**: 800 N (schaal: 1 cm $\leftrightarrow$ 200 N)
- De kracht van de **mevrouw op de halter**: 300 N per hand (schaal 1 cm $\leftrightarrow$ 100 N).



Een kracht wordt in een tekening weergegeven door een pijl. Er zijn daarbij **vijf aandachtspunten**.

Voorbeeld: een mannetje duwt met een kracht van 500 N tegen een blok.

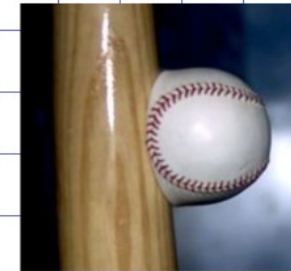


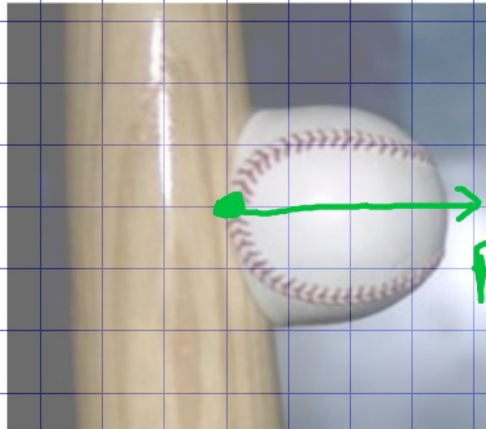
Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

Bord oefening 2: Bedenk hoe je deze krachten zou tekenen.

- De kracht van de **knuppel op de bal**: 800 N (schaal: 1 cm $\leftrightarrow$ 200 N)
- De kracht van de **mevrouw op de halter**: 300 N per hand (schaal 1 cm $\leftrightarrow$ 100 N).





F_{kn}

F_R

F_L



Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

Bord oefening 2: Bedenk hoe je deze krachten zou tekenen.

- De kracht van de **knuppel op de bal**: 800 N (schaal: 1 cm $\leftrightarrow$ 200 N)
- De kracht van de **mevrouw op de halter**: 300 N per hand (schaal 1 cm $\leftrightarrow$ 100 N).

2. krachten-
schaal
(1 cm $\hat{=}$ 100 N)

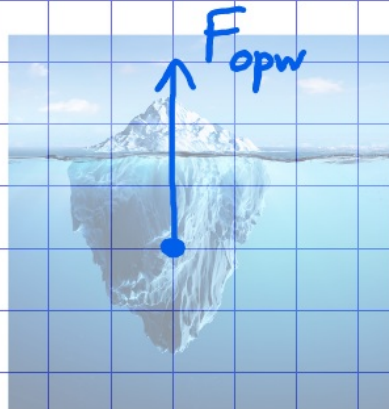
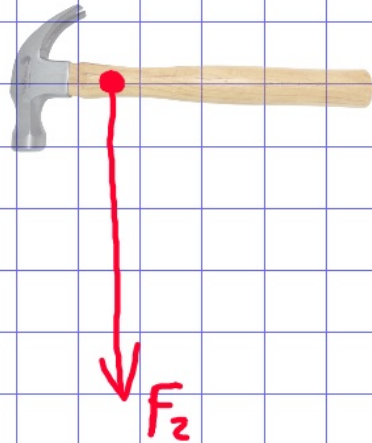
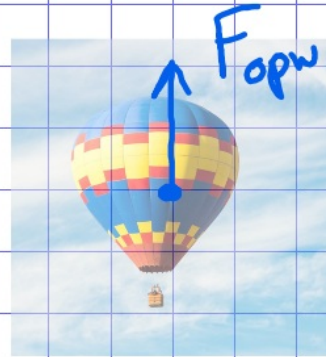
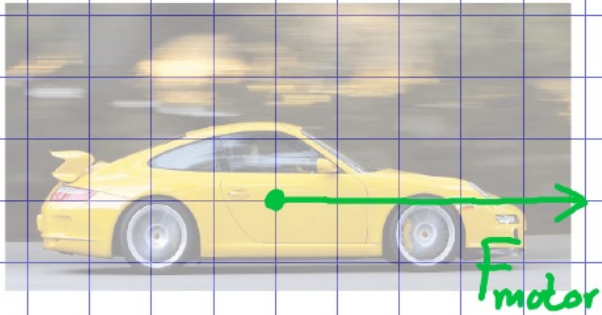
1. grootte
(500 N)

3. richting
(naar rechts)

4. aangrijpingspunt

5. label





Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

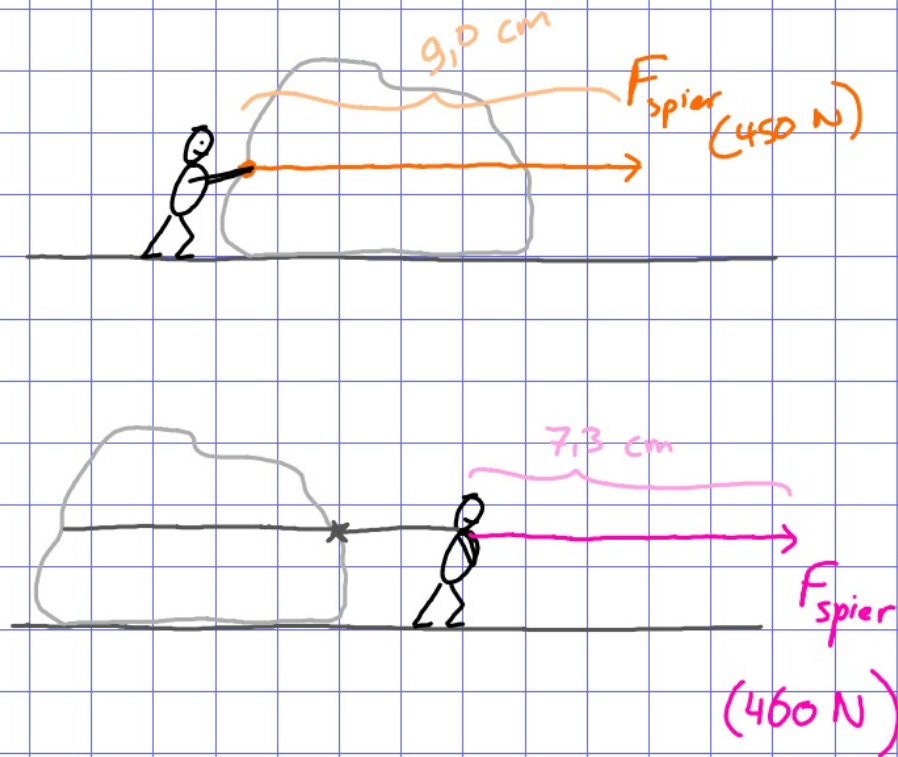
Let op waar je deze krachten laat aangrijpen in je tekening:

- **zwaartekracht**: vanuit het zwaartepunt.
- **motorkracht**: vanuit het midden van het voertuig.
- **opwaartse kracht** (lucht of water: van onderaan of middenin het voorwerp.
- **luchtweerstand**: ergens aan de voorkant van het bewegende voorwerp

Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

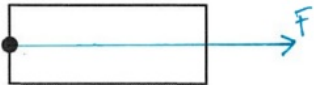
Bordoeffening 2b: Bereken de krachtenschaal van deze tekeningen:



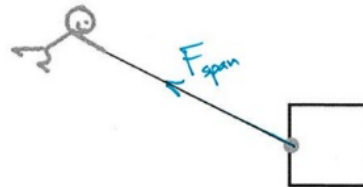
Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

Extra oefenopgaven bij paragraaf 3.1 – Teken van krachten (1)



In het aangegeven punt werkt een kracht naar rechts van 0,6 N. Teken de kracht op een schaal 1 cm $\rightarrow$ 0,1 N.

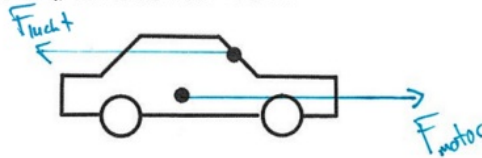


Het mannetje trekt met een kracht van 300 N aan het touw. Het touw geeft deze kracht door aan het bevestigingspunt aan het blok. Teken de kracht op het blok op schaal 1 cm $\rightarrow$ 100 N.

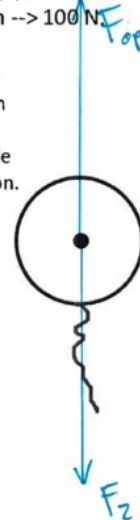


Op dit blok werken een zwaartekracht van 15 N (teken vanuit het middelpunt) en een dragende normaalkracht (teken vanaf de grond), ook van 15 N. Teken beide krachten op een schaal van 1 cm $\rightarrow$ 10 N.

Op de auto werkt een motorkracht van 1 kN en een luchtweerstand van 800 N. Teken de krachten op een schaal 1 cm $\rightarrow$ 200 N.



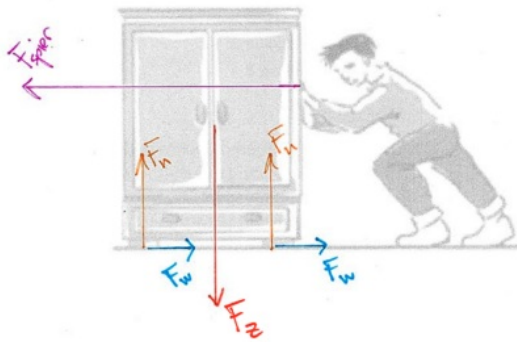
Op deze heliumballon werkt een zwaartekracht van 500 mN. De ballon blijft zweven dankzij een even grote opwaartse kracht. Teken beide krachten op een schaal van 1 cm $\rightarrow$ 0,1 N. Beide krachten grijpen aan in het midden van de ballon.



Extra oefenopgaven bij paragraaf 3.1 – Teken van krachten (2)

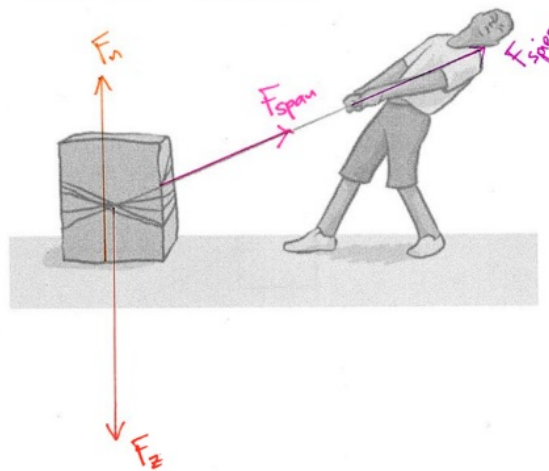
Teken deze krachten met als schaal (1 cm : 20 N)

spierkracht van de jongen op de kast: $F_{\text{spier}} = 120 \text{ N}$
wrijving vd kast met de grond: $F_w = 20 \text{ N}$ per poot
zwaartekracht op de kast: $F_z = 80 \text{ N}$
normaalkracht van de grond op de kast: $F_n = 40 \text{ N}$ per poot



Teken deze krachten met als schaal (1 cm : 100 N)

Kracht van de jongen op het touw: $F_{\text{span}} = 300 \text{ N}$
Kracht van het touw op het blok: $F_{\text{span}} = 300 \text{ N}$
Zwaartekracht op het blok: $F_z = 500 \text{ N}$
Normaalkracht op het blok: $F_{\text{normaal}} = 400 \text{ N}$



Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

Oefenopgaven bij §1

A. Basisopgaven om te kijken of je de stof snapt

- In onderstaande beschrijvingen staat telkens één van de twaalf krachten uit deze paragraaf centraal. Noem welke kracht dat is. Let op: elke kracht komt één keer voor.
 - Dikke touwen houden een vrachtschip op haar plaats in de haven.
 - Je duwt met je handen een winkelwagentje vooruit in de supermarkt.
 - Een rijpe appel valt uit een boom.
 - Een kind glijdt over een glijbaan naar beneden.
 - Je fietst trapt lekker licht omdat je je banden hebt opgepompt.
 - Je staat schuin met je rug tegen een muur en je valt niet om door de kracht die de muur op je uitoefent.
 - Een rubber elastiekje houdt wat potloden bij elkaar.
 - Een magneet houdt je boodschappenlijstje tegen de koelkastdeur aan.
 - Op de snelweg steek je je hoofd uit het raam en voel je de lucht tegen je hoofd blazen.
 - Als je een voetbal onder water loslaat schiet deze omhoog het water uit.
 - Papiersnippers blijven aan een plastic kam plakken nadat je de kam met een katoenen doek gewreven hebt.
 - Een raket wordt gelanceerd vanaf een platform.
- Bekijk de afbeeldingen rechts. Noem bij elke afbeelding een kracht die in die afbeelding te herkennen is. Noem elke kracht maximaal één keer in deze opgave.
- Noteer deze uitspraken als een complete meetwaarde:
 - "De zwaartekracht op deze appel is 6,7 newton."
 - "Om deze kist te verschuiven moet je er met 1,3 kilonewton tegen aan duwen."
- Krachten hieronder zijn getekend op een schaal van 1,0 cm $\leftrightarrow$ 100 N. Gebruik je geodriehoek om te bepalen hoe groot deze krachten zijn. Schrijf deze in je schrift als een complete meetwaarde. Toelichting:
 - Spierkracht van de atleet op de slee



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

opgave 1

- spankracht
- spierkracht
- zwaartekracht
- wrijving
- rolweerstand
- normaalkracht
- veerkracht
- magnetische kracht
- luchtweerstand
- opwaartse kracht
- elektrische kracht
- stuwkracht

opgave 2

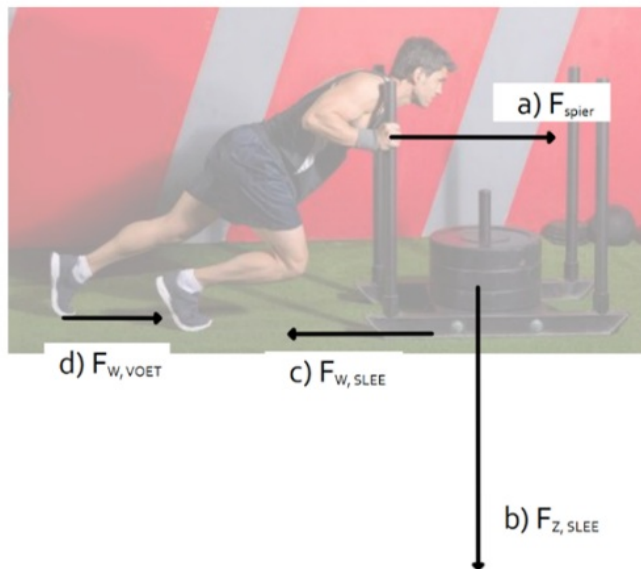
- spierkracht
- spankracht
- veerkracht
- zwaartekracht
- motorkracht

$$3a. F_2 = 6,7 \text{ N}$$

$$b. F = 1,3 \text{ kN}$$

4. Krachten hieronder zijn getekend op een schaal van 1,0 cm $\leftrightarrow$ 100 N. Gebruik je geodriehoek om te bepalen hoe groot deze krachten zijn. Schrijf deze in je schrift als een complete meetwaarde. Toelichting:

- Spierkracht van de atleet op de slee
- Zwaartekracht op de slee
- Wrijvingskracht op de rechterpoot van de slee
- Wrijving op de linkerschoen van de atleet



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

a. $F_{\text{spier}} = 200 \text{ N}$

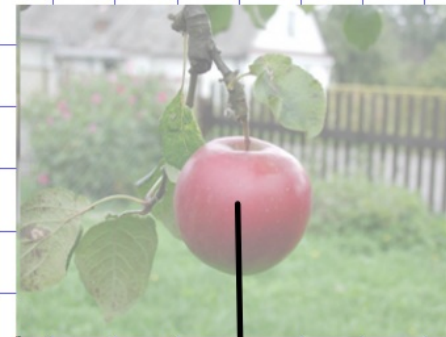
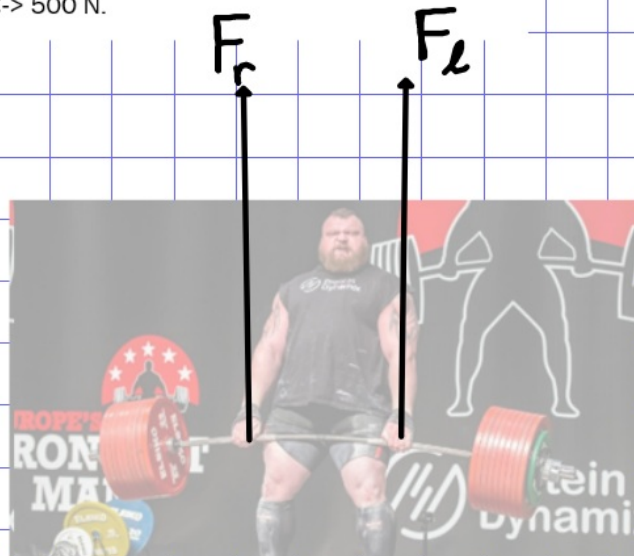
b. $F_{z, \text{slee}} = 350 \text{ N}$

c. $F_{w, \text{slee}} = 180 \text{ N}$

d. $F_{w, \text{voet}} = 120 \text{ N}$

5. Bekijk de afbeeldingen hieronder. Teken deze krachten:

- De kracht van het racket op de tennisbal: 60 N. Gebruik als krachtschaal 1,0 cm $\leftrightarrow$ 20 N.
- De spierkracht van de atleet op de halter: 250 N per hand. Kies als krachtschaal 1,0 cm $\leftrightarrow$ 50 N.
- Zwaartekracht op de appel: 8,0 N. Krachtschaal: 1,0 cm $\leftrightarrow$ 2,0 N.
- Aandrijvende kracht van de motor van de auto: 3000 N. Teken de kracht op een schaal van 1,0 cm $\leftrightarrow$ 500 N.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

B. Extra oefening voor een ruime voldoende

6. In onderstaande beschrijvingen staat telkens één van de twaalf krachten uit deze paragraaf centraal. Noem welke kracht dat is. Let op: elke kracht komt één keer voor.
- a. Een kompasnaald wijst naar het noorden dankzij deze kracht.
 - b. Een brommer trekt op als het verkeerslicht op groen springt.
 - c. Een cruiseschip wordt aan een ketting de haven in gesleept door een sleepboot.
 - d. De maan blijft rondjes draaien om de aarde door deze kracht.
 - e. Je ski's glijden makkelijker over de sneeuw nadat ze ingesmeerd zijn met speciale was.
 - f. Omdat de wielen van een trein van staal zijn rollen deze soepel over de rails.
 - g. Een golfbal vliegt weg doordat de golfclub er tegenaan slaat.
 - h. Een pijl wordt afgeschoten door een gespannen boog.
 - i. Door de gestroomlijnde vorm heeft een sportauto minder last van deze kracht dan een gewone auto.
 - j. Je knijpt met je handen een colablikje plat.
 - k. Een heliumballon stijgt op als je hem loslaat.
 - l. Elektrische stroom beweegt door een lamp door deze kracht.
7. Bekijk de afbeeldingen hiernaast. Noem bij elke afbeelding de belangrijkste kracht die uitgebeeld wordt. Noem elke kracht maximaal één keer.
8. Bekijk onderstaande afbeelding van een mevrouw die een winkelwagentje duwt. De spierkracht van de mevrouw is 160 N.
- a. Bepaal de krachtenschaal van deze figuur.
 - b. Bepaal de grootte van de zwaartekracht en de rolweerstand.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

opgave 6

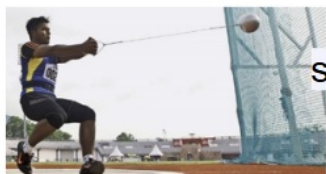
- a. magnetische kracht
- b. motorkracht
- c. spankracht
- d. zwaartekracht
- e. wrijving
- f. rolweerstand
- g. normaalkracht
- h. veerkracht
- i. luchtweerstand
- j. spierkracht
- k. opwaartse kracht
- l. elektrische kracht

B. Extra oefening voor een ruime voldoende

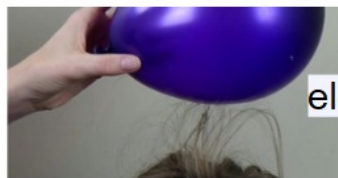
7. Bekijk de afbeeldingen hiernaast. Noem bij elke afbeelding de belangrijkste kracht die uitgebeeld wordt. Noem elke kracht maximaal één keer.



magnetische kracht



spankracht



elektrische kracht

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen



spierkracht



luchtweerstand

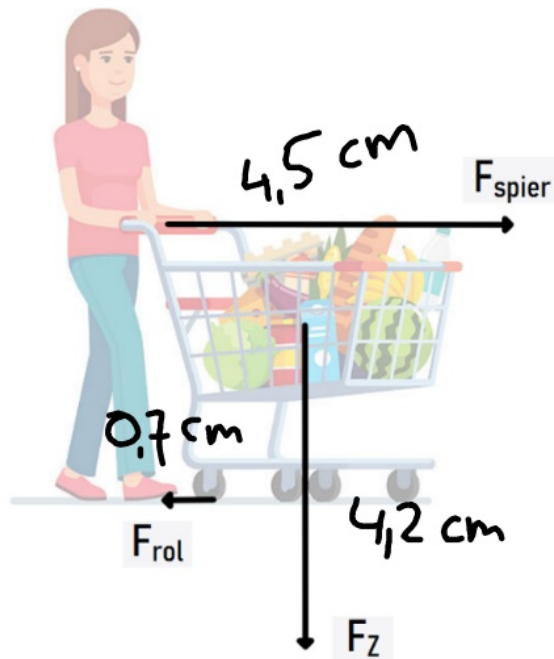


normaalkracht



zwaartekracht

8. Bekijk onderstaande afbeelding van een mevrouw die een winkelwagentje duwt. De spierkracht van de mevrouw is 160 N.
- Bepaal de krachtenschaal van deze figuur.
 - Bepaal de grootte van de zwaartekracht en de rolweerstand.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

- a. De spierkracht van de mevrouw is 160 N groot en is getekend als een pijl van 4,5 cm, dus:

$$\begin{array}{l} \div 4,5 \quad 160 \text{ N} \leftrightarrow 4,5 \text{ cm} \\ \quad \quad 35,6 \text{ N} \leftrightarrow 1,0 \text{ cm} \quad \div 4,5 \end{array}$$

- b. rolweerstand:

$$0,7 \cdot 35,6 \text{ N} = 24,9 \text{ N}$$

zwaartekracht:

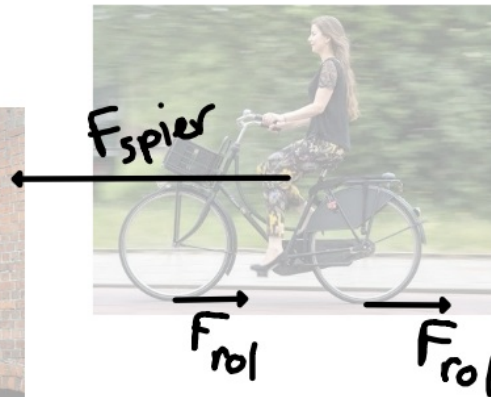
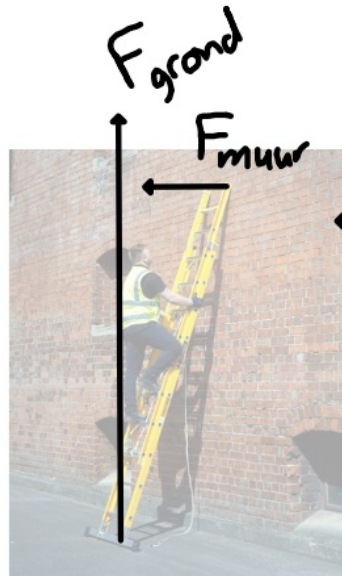
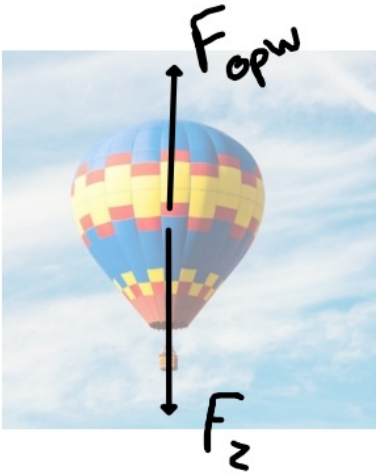
$$4,2 \cdot 35,6 \text{ N} = 149,5 \text{ N}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

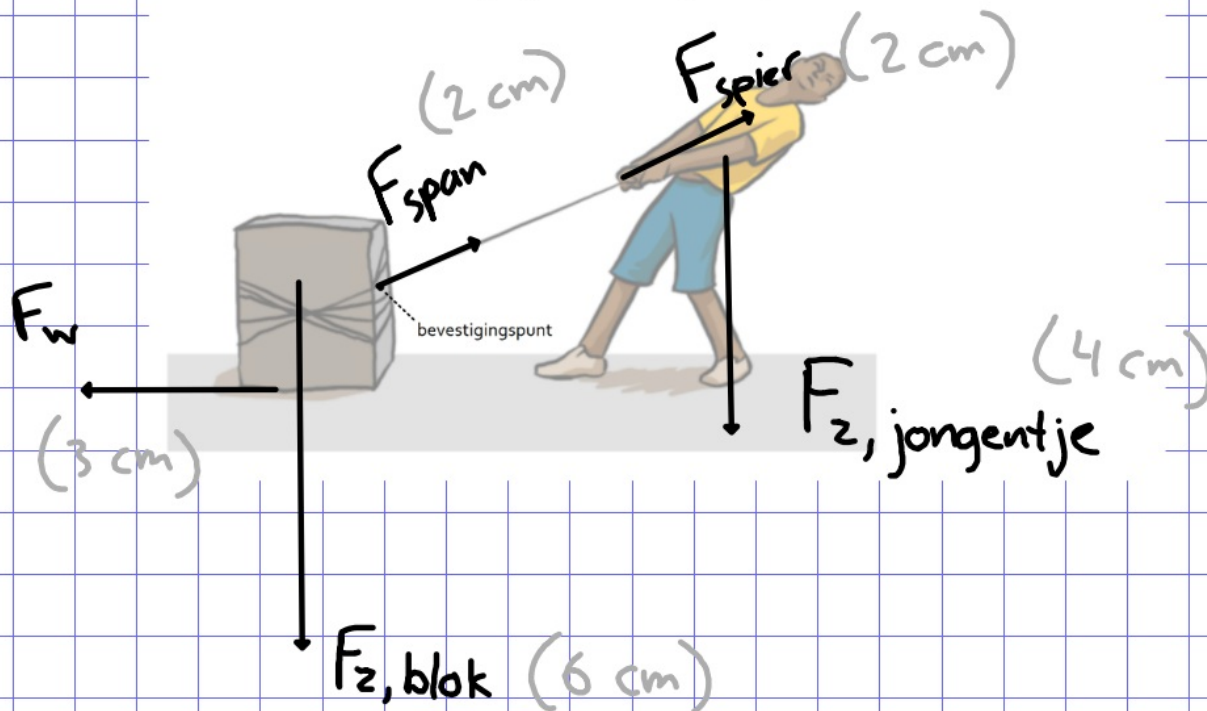
9. Teken deze krachten in onderstaande figuren:

- Opwaartse kracht van de lucht op de ballon en zwaartekracht van de aarde op de ballon. Beide zijn 2,0 kN groot. Schaal: 1,0 cm $\leftrightarrow$ 1,0 kN.
- Normaalkracht van de grond (1200 N) en van de muur (200 N) op de ladder. Schaal: 1,0 cm $\leftrightarrow$ 200 N.
- Aandrijvende kracht op de fiets (400 N) en rolweerstand (100 N per wiel). Schaal: 1,0 cm $\leftrightarrow$ 100 N.



10. Bekijk de figuur hieronder. Je ziet een jongetje dat een rotsblok probeert te verslepen aan een touw. Het touw zit vast aan het blok in het aangegeven punt. Teken deze krachten in de figuur. Kies zelf een logische schaal zodat alle krachten op het papier passen en zichtbaar zijn.

- De spierkracht van de jongen op het touw: 200 N.
- De spankracht van het touw op het blok: 200 N.
- De zwaartekracht op het blok: 600 N.
- De zwaartekracht op het jongetje: 400 N
- De wrijvingskracht van de grond op het blok: 300 N.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

lengte v. d. kracht-
vectoren bij schaal:

1,0 cm $\leftrightarrow$ 100 N

C. Uitdagende of verdiepende opgaven

11. Je kunt uitrekenen hoe groot de luchtweerstand op een voertuig is met deze formule:

$$F_{lw} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot C_w \cdot \rho \cdot v^2$$

Hierin is:

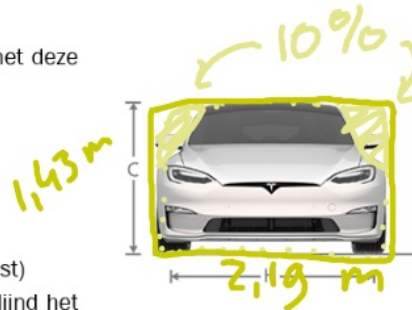
- F_{lw} de luchtweerstand in N
- A het frontaal oppervlak in m^2 (zie bovenste afbeelding hiernaast)
- C_w een constante zonder eenheid die aangeeft hoe gestroomlijnd het voertuig is (zie onderste afbeelding hiernaast)
- ρ de dichtheid van de lucht (let op: in kg/m^3 , dit is anders dan in hfd 1!)
- v de snelheid in m/s

Van een Tesla Model S is bekend:

- breedte, $H = 2,19 \text{ m}$
- hoogte, $C = 1,43 \text{ m}$
- $C_w = 0,208$

Dichtheid van de lucht op zeeniveau is: $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$.

- Bekijk de afbeelding van de voorkant van de Tesla Model S en schat met behulp van een berekening hoe groot het frontaal oppervlak van de auto is.
- Stel, je rijdt 72 km/u (20 m/s) in je Tesla Model S. Bereken hoe groot de luchtweerstand op de auto dan is.
- Bereken ook de luchtweerstand bij een snelheid van 144 km/u (40 m/s). Valt je iets op als je de uitkomst vergelijkt met die van opgave b?
- Zoek op internet de C_w -waarde (engels: "drag coefficient", symbool soms " C_d ") op van een Volkswagen ID Buzz. Bekijk de afbeelding hiernaast. Verwacht je dat deze C_w -waarde groter of kleiner is dan die van de Tesla Model S?



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

a. $A_{\text{frontaal}} = 2,19 \text{ m} \cdot 1,43 \text{ m}$
 $= 3,13 \text{ m}^2$

betere A_{frontaal} is

$2,8 \text{ m}^2$

(ongeveer)

-10%

C. Uitdagende of verdiepende opgaven

11. Je kunt uitrekenen hoe groot de luchtweerstand op een voertuig is met deze formule:

$$F_{lw} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot C_w \cdot \rho \cdot v^2$$

Hierin is:

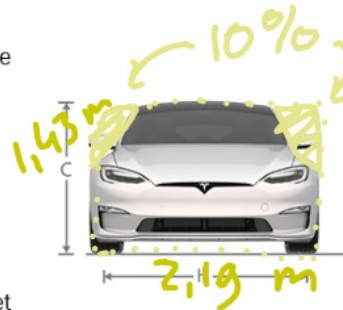
- F_{lw} de luchtweerstand in N
- A het frontaal oppervlak in m^2 (zie bovenste afbeelding hiernaast)
- C_w een constante zonder eenheid die aangeeft hoe gestroomlijnd het voertuig is (zie onderste afbeelding hiernaast)
- ρ de dichtheid van de lucht (let op: in kg/m^3 , dit is anders dan in hfd 1!)
- v de snelheid in m/s

Van een Tesla Model S is bekend:

- breedte, $H = 2,19 \text{ m}$
- hoogte, $C = 1,43 \text{ m}$
- $C_w = 0,208$

Dichtheid van de lucht op zeeniveau is: $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$.

- Bekijk de afbeelding van de voorkant van de Tesla Model S en schat met behulp van een berekening hoe groot het frontaal oppervlak van de auto is.
- Stel, je rijdt 72 km/u (20 m/s) in je Tesla Model S. Bereken hoe groot de luchtweerstand op de auto dan is.
- Bereken ook de luchtweerstand bij een snelheid van 144 km/u (40 m/s). Valt je iets op als je de uitkomst vergelijkt met die van opgave b?
- Zoek op internet de C_w -waarde (engels: "drag coefficient", symbool soms " C_d ") op van een Volkswagen ID Buzz. Bekijk de afbeelding hiernaast. Verwacht je dat deze C_w -waarde groter of kleiner is dan die van de Tesla Model S?



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§1 Krachten herkennen

$$\begin{aligned} a. A_{\text{frontaal}} &= 2,19 \text{ m} \cdot 1,43 \text{ m} \\ &= 3,13 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. F_{lw} &= \frac{1}{2} \cdot A \cdot C_w \cdot \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,13 \cdot 0,208 \cdot 1,225 \cdot (20)^2 \\ &= 159,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. F_{lw} &= \frac{1}{2} \cdot A \cdot C_w \cdot \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,13 \cdot 0,208 \cdot 1,225 \cdot (40)^2 \\ &= 638,0 \text{ N} \end{aligned}$$

§2 Zwaartekracht

Alle voorwerpen in het universum oefenen **zwaartekracht** uit op elkaar.

Dankzij zwaartekracht:

Vallen voorwerpen naar beneden en blijven ze op de grond liggen.

Blijft de dampkring bij de aarde.

Draait de aarde om de zon en de maan om de aarde.

Rekenen met de **zwaartekrachtformule**:

$$F_z = g \cdot m$$

zwaarte-kracht (N) (valversnelling) massa (kg)

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

Hemellichaam en/of locatie	g (m/s ²)
Aarde, Nederland	9.81
Aarde, Noordpool	9.78
Aarde, Evenaar	9.83
Maan, Evenaar	1.63
Mars	3.72
Jupiter	24.79
Zon	274
Deimos (ene maan van Mars)	0.003
Phobos (andere maan van Mars)	0.006
Ceres (dwarfplaneet in astroidengordel)	0.27
Aarde, 300 km boven oppervlak	9,00
Aarde 50.000 km boven oppervlak	2.1



Bordoefening 4:

$$350 \text{ g} = 0,35 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g = 0,35 \text{ kg} \cdot 9,81 = 3,4 \text{ N}$$

Bordoefening 5:

$$F_z = m \cdot g \rightarrow m = \frac{F_z}{g}$$

$$m = \frac{F_z}{g} = \frac{570 \text{ N}}{9,81} = 58 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} * F_{z_6} &= m_2 \cdot g_3 \\ * m_2 &= \frac{F_{z_6}}{g_3} \\ * g_3 &= - \end{aligned}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

Bordoefening 4: Bereken de zwaartekracht in Nederland op een steen van 350 g.

Bordoefening 5: Op een stoeptegelt werkt in Nederland een zwaartekracht van 570 N. Reken uit wat de massa van de stoeptegelt is.

Bordoefening 6: Je neemt een steen ($m = 1,3 \text{ kg}$) mee naar een onbekende planeet. Deze blijkt een zwaartekracht van 16,0 N uit te oefenen op de steen. Reken het getal g van deze planeet uit.

Bordoefening 7: Het ruimtestation ISS heeft een massa van $4,8 \times 10^5 \text{ kg}$. Het station draait rondjes om de aarde op 300 km hoogte. Bereken de zwaartekracht van de aarde op het station. Geef je antwoord in wetenschappelijke notatie.

Hemellichaam en/of locatie	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
Aarde, Nederland	9.81
Aarde, Noordpool	9.78
Aarde, Evenaar	9.83
Maan, Evenaar	1.63

Bordoefening 6:

$$F_z = m \cdot g \rightarrow g = \frac{F_z}{m}$$

$$g = \frac{F_z}{m} = \frac{16 \text{ N}}{1,3} = 12,3$$

$$\begin{aligned} * F_{z6} &= m_2 \cdot g_3 \\ * m_2 &= \frac{F_{z6}}{g_3} \\ * g_3 &= \frac{F_{z6}}{m_2} \end{aligned}$$

Bordoefening 7:

$$F_z = m \cdot g = (4,8 \cdot 10^5 \text{ kg}) \cdot 9,00 = 4,32 \cdot 10^6 \text{ N}$$

→ 480000 kg

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

Bordoefening 4: Reken uit hoe hard de aarde trekt aan een steen van 350 g.

Bordoefening 5: Op een stoeptegel werkt op aarde een zwaartekracht van 570 N. Reken uit wat de massa van de stoeptegel is.

Bordoefening 6: Je neemt een steen ($m = 1,3 \text{ kg}$) mee naar een onbekende planeet. Deze blijkt een zwaartekracht van 16,0 N uit te oefenen op de steen. Reken het getal g van deze planeet uit.

Bordoefening 7: Het ruimtestation ISS heeft een massa van $4,8 \times 10^5 \text{ kg}$. Het station draait rondjes om de aarde op 300 km hoogte. Bereken de zwaartekracht van de aarde op het station. Geef je antwoord in wetenschappelijke notatie.

Bordoeffening 8:

$$F_z = ? \quad (\text{op je helm})$$

$$m_{\text{steen}} = 5,2 \text{ kg}$$

$$F_{z, \text{steen}} = 29 \text{ N}$$

$$m_{\text{helm}} = 12,6 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g$$

$$\rightarrow g = \frac{F}{m}$$

$$g = \frac{29 \text{ N}}{5,2 \text{ kg}} = 5,58$$

$$F_z = 12,6 \cdot 5,58$$

$$= 70,3 \text{ N}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

Bordoeffening 8: Je bent op planeet X en hebt een steen van 5,2 kg bij je. Planeet X trekt aan deze steen met een zwaartekracht van 29 N. Hoe groot is hier de zwaartekracht op je astronautenhelm ($m = 12,6 \text{ kg}$)?



Oefenopgaven bij §2

A. Basisopgaven

- Bereken de zwaartekracht op deze voorwerpen:
 - Je fiets ($m = 14,2 \text{ kg}$) op Aarde (in Nederland) en op Mars.
 - Een vrachtwagen ($m = 1,605 \times 10^4 \text{ kg}$) op de Noordpool en op de evenaar. Geef je antwoord in een geheel getal in N in gewone notatie.
 - Een knikker ($m = 3,8 \text{ g}$) die zich op 300 km boven het aardoppervlak bevindt.
 - Een zandkorrel ($m = 47 \text{ mg}$) op het oppervlak van Deimos (één van de twee manen van Mars). Geef je antwoord in N en gebruik wetenschappelijke notatie waarbij je afrondt op één getal achter de komma.
- Bereken de massa's van deze voorwerpen:
 - Een steen waarop op aarde een zwaartekracht werkt van 439 N.
 - Een rotsblok op de maan waarop een zwaartekracht werkt van 12 kN.
 - Een prop papier waar de aarde aan trekt met $F_z = 58 \text{ mN}$.
- Je bent met je raket ($m = 22,8 \times 10^3 \text{ kg}$) geland op een nieuw ontdekte planeet. Deze planeet oefent een zwaartekracht uit op je raket van $3,42 \times 10^5 \text{ N}$. Bereken de zwaartekrachtconstante g van deze planeet.
- Je bent op de maan en je hebt een steen waarop daar een zwaartekracht van 120 N werkt. Hoe groot is de zwaartekracht op deze steen op aarde?
- Je buurjongetje zegt: de massa van voorwerpen is op de maan kleiner dan die op aarde. Leg uit waarom je buurjongetje geen gelijk heeft.
- Je oom zegt dat de astronauten in het ruimtestation kunnen zweven omdat er op die hoogte geen zwaartekracht is. Leg uit waarom je oom geen gelijk heeft.
- Je opa zegt dat de maan niet op de aarde stort omdat er in de ruimte geen zwaartekracht is. Leg uit waarom je opa geen gelijk heeft.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

$$F_z = m \cdot g$$

① a. $F_z = 14,2 \text{ kg} \cdot 9,81 = 139 \text{ N}$

$$F_z = 14,2 \cdot 3,72 = 52,8 \text{ N}$$

b. $F_z = 1,605 \cdot 10^4 \cdot 9,78 = 156969 \text{ N}$

$$F_z = 1,605 \cdot 10^4 \cdot 9,83 = 157772 \text{ N}$$

c. $F_z = 0,0038 \text{ kg} \cdot 9,00 = 0,0342 \text{ N}$

d. $F_z = 0,000047 \text{ kg} \cdot 0,003 = 1,41 \cdot 10^{-7} \text{ N}$

$47 \text{ mg} = 0,000047 \text{ kg}$

Oefenopgaven bij §2

A. Basisopgaven

- Bereken de zwaartekracht op deze voorwerpen:
 - Je fiets ($m = 14,2 \text{ kg}$) op Aarde (in Nederland) en op Mars
 - Een vrachtwagen ($m = 1,605 \times 10^4 \text{ kg}$) op de Noordpool en op de evenaar. Geef je antwoord in een geheel getal in N in gewone notatie.
 - Een knikker ($m = 3,8 \text{ g}$) die zich op 300 km boven het aardoppervlak bevindt.
 - Een zandkorrel ($m = 47 \text{ mg}$) op het oppervlak van Deimos (één van de twee manen van Mars). Geef je antwoord in N en gebruik wetenschappelijke notatie waarbij je afrondt op één getal achter de komma.
- Bereken de massa's van deze voorwerpen:
 - Een steen waarop op aarde een zwaartekracht werkt van 439 N.
 - Een rotsblok op de maan waarop een zwaartekracht werkt van 12 kN
 - Een prop papier waar de aarde aan trekt met $F_z = 58 \text{ mN}$.
- Je bent met je raket ($m = 22,8 \times 10^3 \text{ kg}$) geland op een nieuw ontdekte planeet. Deze planeet oefent een zwaartekracht uit op je raket van $3,42 \times 10^5 \text{ N}$. Bereken de zwaartekrachtconstante g van deze planeet.
- Je bent op de maan en je hebt een steen waarop daar een zwaartekracht van 120 N werkt. Hoe groot is de zwaartekracht op deze steen op aarde?
- Je buurjongetje zegt: de massa van voorwerpen is op de maan kleiner dan die op aarde. Leg uit waarom je buurjongetje geen gelijk heeft.
- Je oom zegt dat de astronauten in het ruimtestation kunnen zweven omdat er op die hoogte geen zwaartekracht is. Leg uit waarom je oom geen gelijk heeft.
- Je opa zegt dat de maan niet op de aarde stort omdat er in de ruimte geen zwaartekracht is. Leg uit waarom je opa geen gelijk heeft.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

② gebruik:

$$m = \frac{F_z}{g}$$

$$a. m = \frac{439 \text{ N}}{9,81} = 44,8 \text{ kg}$$

$$b. m = \frac{12000 \text{ N}}{1,63} = 7362 \text{ kg}$$

$$c. m = \frac{0,058 \text{ N}}{9,81} = 0,0059 \text{ kg} \\ = 5,9 \text{ g}$$

Oefenopgaven bij §2

A. Basisopgaven

- Bereken de zwaartekracht op deze voorwerpen:
 - Je fiets ($m = 14,2 \text{ kg}$) op Aarde (in Nederland) en op Mars
 - Een vrachtwagen ($m = 1,605 \times 10^4 \text{ kg}$) op de Noordpool en op de evenaar. Geef je antwoord in een geheel getal in N in gewone notatie.
 - Een knikker ($m = 3,8 \text{ g}$) die zich op 300 km boven het aardoppervlak bevindt.
 - Een zandkorrel ($m = 47 \text{ mg}$) op het oppervlak van Deimos (één van de twee manen van Mars). Geef je antwoord in N en gebruik wetenschappelijke notatie waarbij je afrondt op één getal achter de komma.
- Bereken de massa's van deze voorwerpen:
 - Een steen waarop op aarde een zwaartekracht werkt van 439 N.
 - Een rotsblok op de maan waarop een zwaartekracht werkt van 12 kN
 - Een prop papier waar de aarde aan trekt met $F_z = 58 \text{ mN}$.
- Je bent met je raket ($m = 22,8 \times 10^3 \text{ kg}$) geland op een nieuw ontdekte planeet. Deze planeet oefent een zwaartekracht uit op je raket van $3,42 \times 10^5 \text{ N}$. Bereken de zwaartekrachtconstante g van deze planeet.
- Je bent op de maan en je hebt een steen waarop daar een zwaartekracht van 120 N werkt. Hoe groot is de zwaartekracht op deze steen op aarde?
- Je buurjongetje zegt: de massa van voorwerpen is op de maan kleiner dan die op aarde. Leg uit waarom je buurjongetje geen gelijk heeft.
- Je oom zegt dat de astronauten in het ruimtestation kunnen zweven omdat er op die hoogte geen zwaartekracht is. Leg uit waarom je oom geen gelijk heeft.
- Je opa zegt dat de maan niet op de aarde stort omdat er in de ruimte geen zwaartekracht is. Leg uit waarom je opa geen gelijk heeft.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

$$\textcircled{3} \quad g = \frac{F_z}{m} = \frac{3,42 \cdot 10^5 \text{ N}}{22,8 \cdot 10^3 \text{ kg}} = 15 \text{ m/s}^2$$

$$\textcircled{4} \quad m = \frac{F_z}{g} = \frac{120 \text{ N}}{1,63} = 73,62 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g = 73,62 \cdot 9,81 = 722 \text{ N}$$

B. Extra oefening

8. Bereken de zwaartekracht op deze voorwerpen:

- Een satelliet ($m = 5200 \text{ kg}$) die zich op ~~2000~~ ^{50.000 km} km boven het aardoppervlak bevindt.
- Een telefoon ($m = 120 \text{ g}$) op het oppervlak van Jupiter.
- Een ruimtevaartuig ($m = 1,05 \times 10^3 \text{ kg}$) dat geland is op Phobos (één van de twee manen van Mars).

9. Bereken deze massa's:

- Een rubber laars waarop op de Noordpool een zwaartekracht werkt van 15,28 N. Geef je antwoord in kg.
- Een fles whisky waar de maan met een kracht van 890 mN aan trekt. Geef je antwoord in gram.

10. Planeet Zork oefent een zwaartekracht van 500 N uit op een stalen kogel met een massa van 40 kg. Wat is de zwaartekrachtconstante van planeet Zork?

11. Je hebt een steen ($m = 5,6 \text{ kg}$) waar planeet X een zwaartekracht op uitoefent van 600 N. Een andere steen die je hebt heeft een massa van 8,1 kg. Hoe groot is de zwaartekracht op deze steen op planeet X?

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

8

$$a. F_z = m \cdot g = 5200 \text{ kg} \cdot 2,1 = 10920 \text{ kg}$$

$$b. F_z = m \cdot g = 0,120 \text{ kg} \cdot 24,79 = 2,97 \text{ N}$$

$$c. F_z = m \cdot g = 1,05 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 0,006 = 6,3 \text{ N}$$

9

$$a. m = \frac{F_z}{g} = \frac{15,28 \text{ N}}{9,83} = 1,55 \text{ N}$$

$$b. m = \frac{F_z}{g} = \frac{0,890 \text{ N}}{1,63} = 0,546 \text{ kg} = 546 \text{ g}$$

B. Extra oefening

8. Bereken de zwaartekracht op deze voorwerpen:
- Een satelliet ($m = 5200 \text{ kg}$) die zich op 2000 km boven het aardoppervlak bevindt.
 - Een telefoon ($m = 120 \text{ g}$) op het oppervlak van Jupiter.
 - Een ruimtevaartuig ($m = 1,05 \times 10^3 \text{ kg}$) dat geland is op Phobos (één van de twee manen van Mars).
9. Bereken deze massa's:
- Een rubber laars waarop op de Noordpool een zwaartekracht werkt van 15,28 N. Geef je antwoord in kg.
 - Een fles whisky waar de maan met een kracht van 890 mN aan trekt. Geef je antwoord in gram.
10. Planeet Zork oefent een zwaartekracht van 500 N uit op een stalen kogel met een massa van 40 kg. Wat is de zwaartekrachtconstante van planeet Zork?
11. Je hebt een steen ($m = 5,6 \text{ kg}$) waar planeet X een zwaartekracht op uitoefent van 600 N. Een andere steen die je hebt heeft een massa van 8,1 kg. Hoe groot is de zwaartekracht op deze steen op planeet X?

17

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

10

$$g = \frac{F_z}{m} = \frac{500 \text{ N}}{40 \text{ kg}} = 12,5 \text{ m/s}^2$$

11

$$g = \frac{F_z}{m} = \frac{600 \text{ N}}{5,6} = 107 \text{ m/s}^2$$

$$F_z = m \cdot g = 8,1 \text{ kg} \cdot 107 = 868 \text{ N}$$

C. Uitdagende of verdiepende opgaven

12. Zwaartekracht wordt niet alleen uitgeoefend door sterren, planeten en manen. Alle voorwerpen in het heelal trekken elkaar aan. Je telefoon en je hoofd doen dit bijvoorbeeld ook. Je voelt deze aantrekking hiertussen echter niet omdat deze maar heel klein is. In de 5^e klas leerde je de universele gravitatieformule waarmee je de aantrekking tussen elke mogelijk twee voorwerpen kunt uitrekenen:

$$F_z = \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot G}{r^2}$$

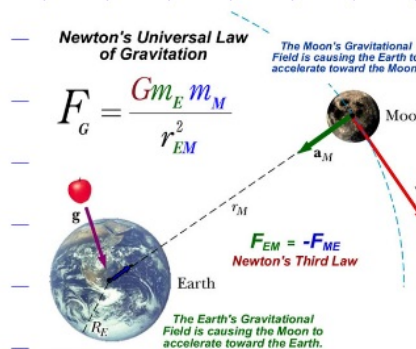
Hierin is:

- m_1 de massa van voorwerp 1 in kg
- m_2 de massa van voorwerp 2 in kg
- G de universele zwaartekrachtconstante: $G = 6,67 \times 10^{-11}$
- r de afstand tussen de twee voorwerpen in meter. Let op: je moet hiervan het kwadraat nemen.

- a. Reken met deze formule uit hoe groot de aantrekking is tussen je telefoon ($m_1 = 0,2$ kg) en je hoofd ($m_2 = 4,0$ kg) als er $r = 0,25$ m tussen zit.

Je antwoord bij a was maar heel klein. Zo'n kleine kracht voel je niet en is ook moeilijk te meten. Een ander verhaal is het bij grote voorwerpen zoals planeten. De aarde heeft een massa van $5,972 \times 10^{24}$ kg.

- b. Hoe groot is de zwaartekracht van de aarde op je telefoon? Reken dit uit met de universele gravitatieformule. Als afstand r neem je nu de straal van de aarde: 6371 km, oftewel $6,371 \times 10^6$ m.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§2 Zwaartekracht

$$\textcircled{a} \quad F_z = \frac{0,2 \cdot 4,0 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}}{(0,25)^2} = 5,336 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$\textcircled{b} \quad F_z = \frac{0,2 \cdot 5,972 \cdot 10^{24} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}}{(6,371 \cdot 10^6)^2} = 1,96 \text{ N}$$

$$\text{vergelijk: } F_z = m \cdot g = 0,2 \text{ kg} \cdot 9,81 = 1,96 \text{ N}$$

§3 Snelheid

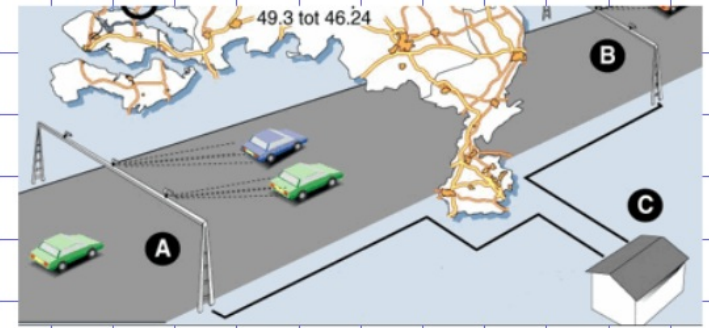
Je kunt de **gemiddelde snelheid** van een **verplaatsing** berekenen met:

$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{afgelegde afstand}}{\text{tijdsduur}}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$$

Bord oefening 10:

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging



Bord oefening 10: Een auto rijdt door een trajectcontrole van 1500 m en doet daar 40 seconden over. Wat is de snelheid van deze auto?

Let op: er zijn twee sets van eenheden bij de snelheidsformule. Je moet kiezen in welke set je werkt:

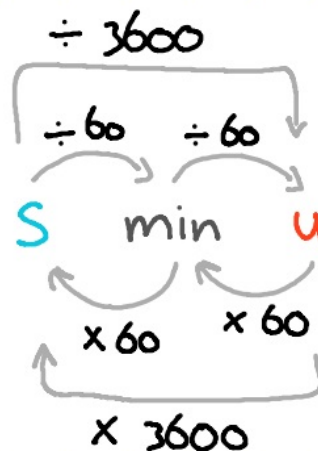
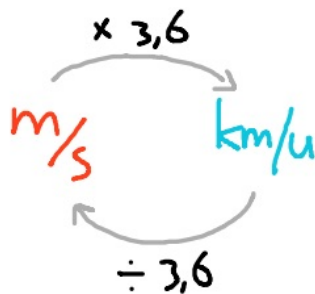
$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$$

Handwritten unit annotations: m (above s), s (below t), m/s (to the left of the equation).

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$$

Handwritten unit annotations: km (above s), u (below t), km/u (to the left of the equation).

Omrekenen van tijds- en snelheidseenheden:



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

Bordoefening 10: Een auto rijdt door een trajectcontrole van 1500 m en doet daar 40 seconden over. Wat is de snelheid van de auto?

Bordoefening 11: Reken de snelheid van bordoefening 1 om naar km/u.

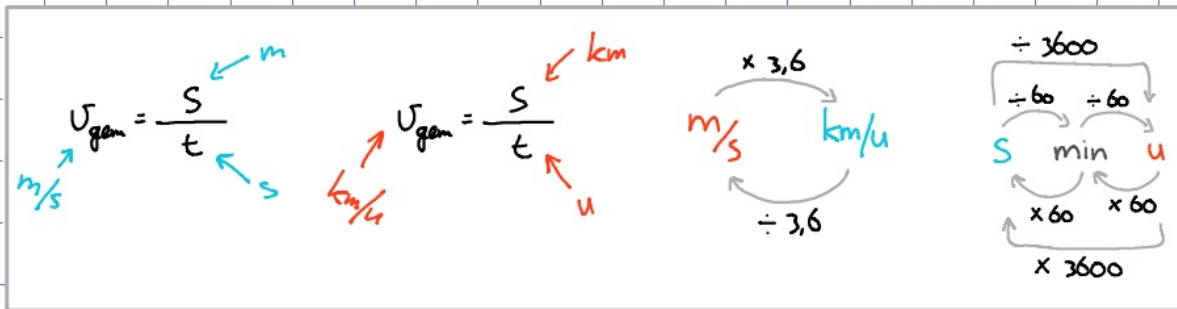
Bordoefening 12: Je woont 5,3 km van school en je fietst deze afstand in 18 minuten. Reken uit met welke snelheid je dan fietst in km/u.

Bordoefening 13: Een mier loopt een afstand van 60 cm in 5,0 seconden. Reken de snelheid van de mier uit in m/s.

Bordoefening 11:

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid



Bordoeffening 12:

$$t = 18 \text{ min} = 0,3 \text{ u}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{5,3 \text{ km}}{0,3 \text{ u}} = 17,7 \frac{\text{km}}{\text{u}}$$

Bordoeffening 13:

$$s = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,60 \text{ m}}{5,0 \text{ s}} = 0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Bordoeffening 10: Een auto rijdt door een trajectcontrole van 1500 m en doet daar 40 seconden over. Wat is de snelheid van de auto?

Bordoeffening 11: Reken de snelheid van bordoeffening 1 om naar km/u.

Bordoeffening 12: Je woont 5,3 km van school en je fietst deze afstand in 18 minuten. Reken uit met welke snelheid je dan fietst in km/u.

Bordoeffening 13: Een mier loopt een afstand van 60 cm in 5,0 seconden. Reken de snelheid van de mier uit in m/s.

Bordoeffening 11:

$$37,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 135 \frac{\text{km}}{\text{u}}$$

Bordoefening 14: $s = v_{\text{gem}} \cdot t = 89 \text{ km/u} \cdot 2,5 \text{ u} = 223 \text{ km}$

Bordoefening 15: $t = \frac{s}{v} = \frac{100 \text{ m}}{9,2 \text{ m/s}} = 10,9 \text{ s}$

Bordoefening 16:

$s = ?$

$t = 12 \text{ min} = 0,2 \text{ u}$

$v = 23 \text{ km/u}$

$v = \frac{s}{t} \rightarrow s = v \cdot t$

$s = 23 \text{ km/u} \cdot 0,2 \text{ u} = 4,6 \text{ km}$

Bordoefening 17:

$t = ?$

$s = 8,3 \text{ km} = 8300 \text{ m}$

$v = 5,0 \text{ m/s}$

$v = \frac{s}{t} \rightarrow t = \frac{s}{v}$

$t = \frac{s}{v} = \frac{8300 \text{ m}}{5,0 \text{ m/s}} = 1660 \text{ s} = 0,46 \text{ u}$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

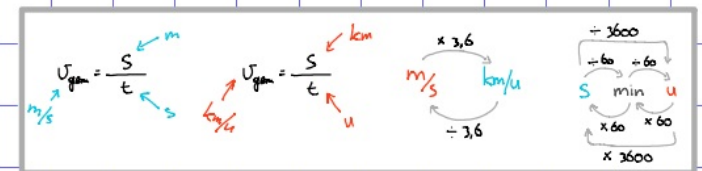
§3 Snelheid

Bordoefening 14: Welke afstand leg je af als je 2,5 uur rijdt met een snelheid van 89 km/u?

Bordoefening 15: Hoe lang doe je over een sprint van 100 m als je gemiddelde snelheid 9,2

Bordoefening 16: Welke afstand leg je af als je 12 minuten fietst met een snelheid van 23 km/u?

Bordoefening 17: Hoe lang doe je over een traject van 8,3 km als je een snelheid hebt van 5,0 m/s?



Bordoeffening 18:

$$v = ?$$

$$t = 7 \text{ s}$$

$$s = 450 \text{ m}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

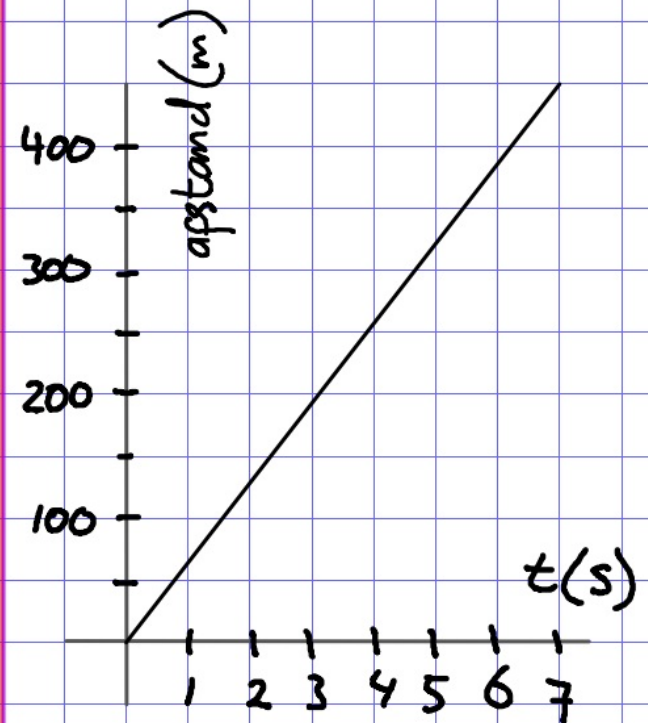
$$v = \frac{s}{t} = \frac{450 \text{ m}}{7 \text{ s}} = 64,3 \text{ m/s} = 231 \text{ km/h}$$

$$s = 450 \text{ m}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

Bordoeffening 18: Bekijk de grafiek hieronder. Met welke snelheid beweegt deze



A. Basisopgaven

- Bereken de gemiddelde snelheid van deze verplaatsingen. Geef het antwoord telkens in m/s en in km/u.
 - Een atleet legt 400 m af in 58 s.
 - Een auto rijdt 23,8 km in 12 min.
 - Een fietser rijdt $1,8 \times 10^4$ m in 7,3 uur.
 - Een straaljager vliegt 1280 km in 45 min.
- Bereken hoe lang deze bewegingen duren:
 - Je legt fietsend $8,4 \times 10^3$ m af met een snelheid van 18 km/u.
 - Je rijdt 12 km met een snelheid van 31 m/s.
- Bereken de afgelegde afstanden van:
 - Een autorit van 3 uur en 20 minuten met een gemiddelde snelheid van 105 km/u.
 - De maan in één minuut. Deze beweegt in haar baan om de aarde met een snelheid van 3683 km/u!
- Je fietst in de zomer een berg op en af over een weg die 18,8 km lang is van het dal naar de top. Op de weg naar boven rijdt je met een snelheid van 15,2 km/u en op de terugweg is je snelheid 29,8 km/u. Bereken je gemiddelde snelheid (zie voorbeeld 6).
- Je rent één rondje om een voetbalveld heen. Het veld is 50 m breed en 100 m lang. Je doet hier 40,5 seconden over. Bereken je gemiddelde snelheid.
- Je rijdt over een snelweg waar een maximumsnelheid van 80 km/u geldt. Ongemerkt rijdt je met een snelheid van 95 km/u een stuk op waar trajectcontrole wordt uitgevoerd. Je merkt dit pas na 1,5 minuut. Het totale stuk snelweg is 4,8 km lang.
 - Reken uit welke afstand je in de 1,5 min al hebt afgelegd.
 - Reken uit hoeveel m van de totale 4,8 km nog over is.
 - Reken uit hoe lang je minstens over de totale 4,8 km zou moeten doen als je precies 80 km/u rijdt.
 - Bereken hoe lang je dus nu nog moet doen over de resterende afstand van het controletraject om op een gemiddelde snelheid van 80 km/u uit te komen.
 - Bereken met welke maximale snelheid je het resterende stuk van het traject dus kunt uitrijden zonder een bekeuring te krijgen.
- Bekijk de samengestelde foto van een vallende appel hiernaast. Dit is een reeks foto's die op de computer in elkaar geplakt zijn. Tussen elke foto zat 0,10 seconde. De witte meetlat in de foto is 1,0 m lang.
 - Hoe kun je zien dat de appel steeds sneller viel?
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de hele valbeweging van de appel.
 - Leg uit waarom je beeldje C in je berekening bij b niet mee moet tellen.

① gebruik $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

a. $v = \frac{400 \text{ m}}{58 \text{ s}} = 6,9 \text{ m/s} = 24,8 \text{ km/u}$

b. $12 \text{ min} = 0,2 \text{ u}$

$v = \frac{23,8 \text{ km}}{0,2 \text{ u}} = 119 \text{ km/u} = 33 \text{ m/s}$

c. $1,8 \cdot 10^4 \text{ m} = 18000 \text{ m} = 18 \text{ km}$

$v = \frac{18 \text{ km}}{7,3 \text{ u}} = 2,47 \text{ km/u} = 0,68 \text{ m/s}$

d. $45 \text{ min} = 0,75 \text{ u}$

$v = \frac{1280 \text{ km}}{0,75 \text{ u}} = 1707 \text{ km/u} = 474 \text{ m/s}$

A. Basisopgaven

- Bereken de gemiddelde snelheid van deze verplaatsingen. Geef het antwoord telkens in m/s en in km/u.
 - Een atleet legt 400 m af in 58 s.
 - Een auto rijdt 23,8 km in 12 min.
 - Een fietser rijdt $1,8 \times 10^4$ m in 7,3 uur.
 - Een straaljager vliegt 1280 km in 45 min.
- Bereken hoe lang deze bewegingen duren:
 - Je legt fietsend $8,4 \times 10^3$ m af met een snelheid van 18 km/u.
 - Je rijdt 12 km met een snelheid van 31 m/s.
- Bereken de afgelegde afstanden van:
 - Een autorit van 3 uur en 20 minuten met een gemiddelde snelheid van 105 km/u.
 - De maan in één minuut. Deze beweegt in haar baan om de aarde met een snelheid van 3683 km/u!
- Je fietst in de zomer een berg op en af over een weg die 18,8 km lang is van het dal naar de top. Op de weg naar boven rijdt je met een snelheid van 15,2 km/u en op de terugweg is je snelheid 29,8 km/u. Bereken je gemiddelde snelheid (zie voorbeeld 6).
- Je rent één rondje om een voetbalveld heen. Het veld is 50 m breed en 100 m lang. Je doet hier 40,5 seconden over. Bereken je gemiddelde snelheid.
- Je rijdt over een snelweg waar een maximumsnelheid van 80 km/u geldt. Ongemerkt rijdt je met een snelheid van 95 km/u een stuk op waar trajectcontrole wordt uitgevoerd. Je merkt dit pas na 1,5 minuut. Het totale stuk snelweg is 4,8 km lang.
 - Reken uit welke afstand je in de 1,5 min al hebt afgelegd.
 - Reken uit hoeveel m van de totale 4,8 km nog over is.
 - Reken uit hoe lang je minstens over de totale 4,8 km zou moeten doen als je precies 80 km/u rijdt.
 - Bereken hoe lang je dus nu nog moet doen over de resterende afstand van het controletraject om op een gemiddelde snelheid van 80 km/u uit te komen.
 - Bereken met welke maximale snelheid je het resterende stuk van het traject dus kunt uitrijden zonder een bekeuring te krijgen.
- Bekijk de samengestelde foto van een vallende appel hiernaast. Dit is een reeks foto's die op de computer in elkaar geplakt zijn. Tussen elke foto zat 0,10 seconde. De witte meetlat in de foto is 1,0 m lang.
 - Hoe kun je zien dat de appel steeds sneller viel?
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de hele valbeweging van de appel.
 - Leg uit waarom je beeldje C in je berekening bij b niet mee moet tellen.

② gebruik $\Delta t = \frac{s}{v_{\text{gem}}}$

a. $\Delta t = \frac{8,4 \text{ km}}{18 \text{ km/u}} = 0,467 \text{ u} = 28 \text{ min}$

b. $31 \text{ m/s} = 111,6 \text{ km/u}$

$\Delta t = \frac{12 \text{ km}}{111,6} = 0,108 \text{ u} = 6,45 \text{ min}$

③ gebruik $s = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t$

a. $3 \text{ u} + 20 \text{ min} = 3,0 \text{ u} + 0,33 \text{ u} = 3,33 \text{ u}$

$s = 105 \text{ km/u} \cdot 3,33 \text{ u} = 350 \text{ km}$

b. $s = 3683 \text{ km/u} \cdot 0,0167 \text{ u} = 61,4 \text{ km}$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

A. Basisopgaven

- Bereken de gemiddelde snelheid van deze verplaatsingen. Geef het antwoord telkens in m/s en in km/u.
 - Een atleet legt 400 m af in 58 s.
 - Een auto rijdt 23,8 km in 12 min.
 - Een fietser rijdt $1,8 \times 10^4$ m in 7,3 uur.
 - Een straaljager vliegt 1280 km in 45 min.
- Bereken hoe lang deze bewegingen duren:
 - Je legt fietsend $8,4 \times 10^3$ m af met een snelheid van 18 km/u.
 - Je rijdt 12 km met een snelheid van 31 m/s.
- Bereken de afgelegde afstanden van:
 - Een autorit van 3 uur en 20 minuten met een gemiddelde snelheid van 105 km/u.
 - De maan in één minuut. Deze beweegt in haar baan om de aarde met een snelheid van 3683 km/u!
- Je fietst in de zomer een berg op en af over een weg die 18,8 km lang is van het dal naar de top. Op de weg naar boven rijdt je met een snelheid van 15,2 km/u en op de terugweg is je snelheid 29,8 km/u. Bereken je gemiddelde snelheid (zie voorbeeld 6).
- Je rent één rondje om een voetbalveld heen. Het veld is 50 m breed en 100 m lang. Je doet hier 40,5 seconden over. Bereken je gemiddelde snelheid.
- Je rijdt over een snelweg waar een maximumsnelheid van 80 km/u geldt. Ongemerkt rijdt je met een snelheid van 95 km/u een stuk op waar trajectcontrole wordt uitgevoerd. Je merkt dit pas na 1,5 minuut. Het totale stuk snelweg is 4,8 km lang.
 - Reken uit welke afstand je in de 1,5 min al hebt afgelegd.
 - Reken uit hoeveel m van de totale 4,8 km nog over is.
 - Reken uit hoe lang je minstens over de totale 4,8 km zou moeten doen als je precies 80 km/u rijdt.
 - Bereken hoe lang je dus nu nog moet doen over de resterende afstand van het controletraject om op een gemiddelde snelheid van 80 km/u uit te komen.
 - Bereken met welke maximale snelheid je het resterende stuk van het traject dus kunt uitrijden zonder een bekeuring te krijgen.
- Bekijk de samengestelde foto van een vallende appel hiernaast. Dit is een reeks foto's die op de computer in elkaar geplakt zijn. Tussen elke foto zat 0,10 seconde. De witte meetlat in de foto is 1,0 m lang.
 - Hoe kun je zien dat de appel steeds sneller viel?
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de hele valbeweging van de appel.
 - Leg uit waarom je beeldje C in je berekening bij b niet mee moet tellen.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

4

$$\text{heenweg: } \Delta t = \frac{s}{v} = \frac{18,8 \text{ km}}{15,2 \text{ km/u}} = 1,237 \text{ u}$$

$$\text{terugweg: } \Delta t = \frac{s}{v} = \frac{18,8 \text{ km}}{29,8 \text{ km/u}} = 0,631 \text{ u}$$

$$\text{totale tijdsduur} = 1,237 + 0,631 = 1,868 \text{ u}$$

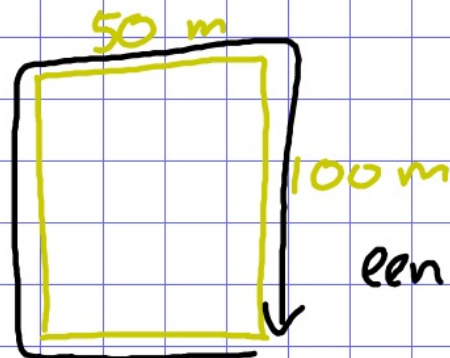
$$\text{totale afstand} = 2 \times 18,8 = 37,6 \text{ km}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{37,6 \text{ km}}{1,868 \text{ u}} = 20,1 \text{ km/u}$$

A. Basisopgaven

- Bereken de gemiddelde snelheid van deze verplaatsingen. Geef het antwoord telkens in m/s en in km/u.
 - Een atleet legt 400 m af in 58 s.
 - Een auto rijdt 23,8 km in 12 min.
 - Een fietser rijdt $1,8 \times 10^4$ m in 7,3 uur.
 - Een straaljager vliegt 1280 km in 45 min.
- Bereken hoe lang deze bewegingen duren:
 - Je legt fietsend $8,4 \times 10^3$ m af met een snelheid van 18 km/u.
 - Je rijdt 12 km met een snelheid van 31 m/s.
- Bereken de afgelegde afstanden van:
 - Een autorit van 3 uur en 20 minuten met een gemiddelde snelheid van 105 km/u.
 - De maan in één minuut. Deze beweegt in haar baan om de aarde met een snelheid van 3683 km/u!
- Je fietst in de zomer een berg op en af over een weg die 18,8 km lang is van het dal naar de top. Op de weg naar boven rijdt je met een snelheid van 15,2 km/u en op de terugweg is je snelheid 29,8 km/u. Bereken je gemiddelde snelheid (zie voorbeeld 6).
- Je rent één rondje om een voetbalveld heen. Het veld is 50 m breed en 100 m lang. Je doet hier 40,5 seconden over. Bereken je gemiddelde snelheid.
- Je rijdt over een snelweg waar een maximumsnelheid van 80 km/u geldt. Ongemerkt rijdt je met een snelheid van 95 km/u een stuk op waar trajectcontrole wordt uitgevoerd. Je merkt dit pas na 1,5 minuut. Het totale stuk snelweg is 4,8 km lang.
 - Reken uit welke afstand je in de 1,5 min al hebt afgelegd.
 - Reken uit hoeveel m van de totale 4,8 km nog over is.
 - Reken uit hoe lang je minstens over de totale 4,8 km zou moeten doen als je precies 80 km/u rijdt.
 - Bereken hoe lang je dus nu nog moet doen over de resterende afstand van het controletraject om op een gemiddelde snelheid van 80 km/u uit te komen.
 - Bereken met welke maximale snelheid je het resterende stuk van het traject dus kunt uitrijden zonder een bekeuring te krijgen.
- Bekijk de samengestelde foto van een vallende appel hiernaast. Dit is een reeks foto's die op de computer in elkaar geplakt zijn. Tussen elke foto zat 0,10 seconde. De witte meetlat in de foto is 1,0 m lang.
 - Hoe kun je zien dat de appel steeds sneller viel?
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de hele valbeweging van de appel.
 - Leg uit waarom je beeldje C in je berekening bij b niet mee moet tellen.

5



een rondje is 300 m

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{300 \text{ m}}{40,5 \text{ s}} = 7,4 \text{ m/s}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

A. Basisopgaven

- Bereken de gemiddelde snelheid van deze verplaatsingen. Geef het antwoord telkens in m/s en in km/u.
 - Een atleet legt 400 m af in 58 s.
 - Een auto rijdt 23,8 km in 12 min.
 - Een fietser rijdt $1,8 \times 10^4$ m in 7,3 uur.
 - Een straaljager vliegt 1280 km in 45 min.
- Bereken hoe lang deze bewegingen duren:
 - Je legt fietsend $8,4 \times 10^3$ m af met een snelheid van 18 km/u.
 - Je rijdt 12 km met een snelheid van 31 m/s.
- Bereken de afgelegde afstanden van:
 - Een autorit van 3 uur en 20 minuten met een gemiddelde snelheid van 105 km/u.
 - De maan in één minuut. Deze beweegt in haar baan om de aarde met een snelheid van 3683 km/u!
- Je fietst in de zomer een berg op en af over een weg die 18,8 km lang is van het dal naar de top. Op de weg naar boven rijdt je met een snelheid van 15,2 km/u en op de terugweg is je snelheid 29,8 km/u. Bereken je gemiddelde snelheid (zie voorbeeld 6).
- Je rent één rondje om een voetbalveld heen. Het veld is 50 m breed en 100 m lang. Je doet hier 40,5 seconden over. Bereken je gemiddelde snelheid.
- Je rijdt over een snelweg waar een maximumsnelheid van 80 km/u geldt. Ongemerkt rijdt je met een snelheid van 95 km/u een stuk op waar trajectcontrole wordt uitgevoerd. Je merkt dit pas na 1,5 minuut. Het totale stuk snelweg is 4,8 km lang.
 - Reken uit welke afstand je in de 1,5 min al hebt afgelegd.
 - Reken uit hoeveel m van de totale 4,8 km nog over is.
 - Reken uit hoe lang je minstens over de totale 4,8 km zou moeten doen als je precies 80 km/u rijdt.
 - Bereken hoe lang je dus nu nog moet doen over de resterende afstand van het controletraject om op een gemiddelde snelheid van 80 km/u uit te komen.
 - Bereken met welke maximale snelheid je het resterende stuk van het traject dus kunt uitrijden zonder een bekeuring te krijgen.
- Bekijk de samengestelde foto van een vallende appel hiernaast. Dit is een reeks foto's die op de computer in elkaar geplakt zijn. Tussen elke foto zat 0,10 seconde. De witte meetlat in de foto is 1,0 m lang.
 - Hoe kun je zien dat de appel steeds sneller viel?
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de hele valbeweging van de appel.
 - Leg uit waarom je beeldje C in je berekening bij b niet mee moet tellen.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

6

$$\Delta t_1 = 1,5 \text{ min} = 0,025 \text{ u}$$

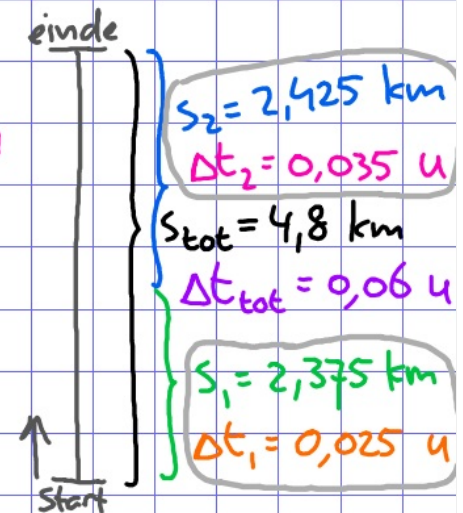
$$a. s = v \cdot \Delta t_1 = 95 \cdot 0,025 \text{ u} = 2,375 \text{ km}$$

$$b. s_2 = 4,8 - 2,375 = 2,425 \text{ km}$$

$$c. \Delta t_{\text{tot}} = \frac{4,8 \text{ km}}{80 \text{ km/u}} = 0,06 \text{ u}$$

$$d. \Delta t_2 = 0,06 \text{ u} - 0,025 \text{ u} = 0,035 \text{ u}$$

$$e. v_2 = \frac{s_2}{\Delta t_2} = \frac{2,425}{0,035} = 69,3 \text{ km/u}$$



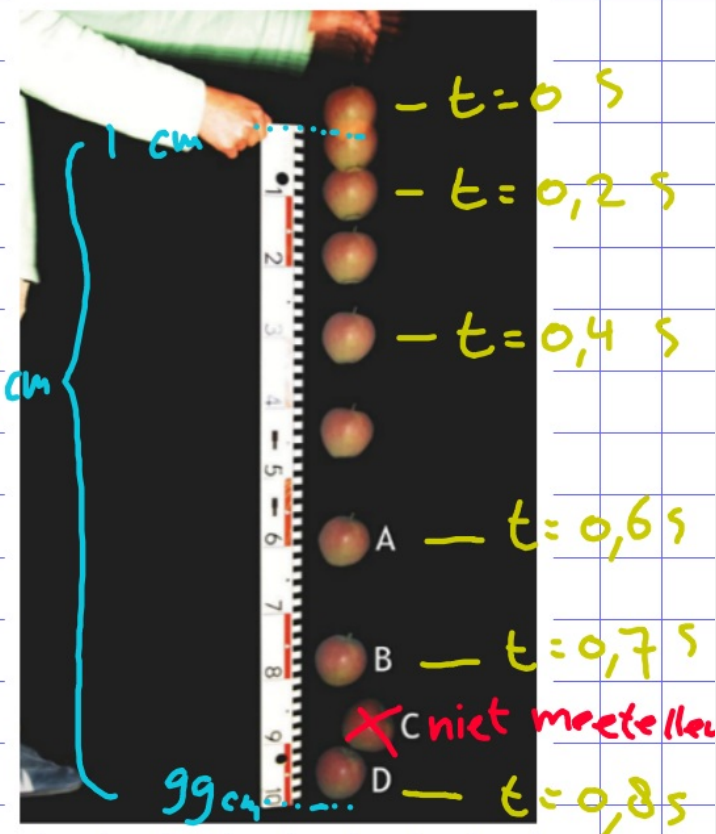
A. Basisopgaven

- Bereken de gemiddelde snelheid van deze verplaatsingen. Geef het antwoord telkens in m/s en in km/u.
 - Een atleet legt 400 m af in 58 s.
 - Een auto rijdt 23,8 km in 12 min.
 - Een fietser rijdt $1,8 \times 10^4$ m in 7,3 uur.
 - Een straaljager vliegt 1280 km in 45 min.
- Bereken hoe lang deze bewegingen duren:
 - Je legt fietsend $8,4 \times 10^3$ m af met een snelheid van 18 km/u.
 - Je rijdt 12 km met een snelheid van 31 m/s.
- Bereken de afgelegde afstanden van:
 - Een autorit van 3 uur en 20 minuten met een gemiddelde snelheid van 105 km/u.
 - De maan in één minuut. Deze beweegt in haar baan om de aarde met een snelheid van 3683 km/u!
- Je fietst in de zomer een berg op en af over een weg die 18,8 km lang is van het dal naar de top. Op de weg naar boven rijdt je met een snelheid van 15,2 km/u en op de terugweg is je snelheid 29,8 km/u. Bereken je gemiddelde snelheid (zie voorbeeld 6).
- Je rent één rondje om een voetbalveld heen. Het veld is 50 m breed en 100 m lang. Je doet hier 40,5 seconden over. Bereken je gemiddelde snelheid.
- Je rijdt over een snelweg waar een maximumsnelheid van 80 km/u geldt. Ongemerkt rijdt je met een snelheid van 95 km/u een stuk op waar trajectcontrole wordt uitgevoerd. Je merkt dit pas na 1,5 minuut. Het totale stuk snelweg is 4,8 km lang.
 - Reken uit welke afstand je in de 1,5 min al hebt afgelegd.
 - Reken uit hoeveel m van de totale 4,8 km nog over is.
 - Reken uit hoe lang je minstens over de totale 4,8 km zou meten doen als je precies 80 km/u rijdt.
 - Bereken hoe lang je dus nu nog moet doen over de resterende afstand van het controletraject om op een gemiddelde snelheid van 80 km/u uit te komen.
 - Bereken met welke maximale snelheid je het resterende stuk van het traject dus kunt uitrijden zonder een bekeuring te krijgen.
- Bekijk de samengestelde foto van een vallende appel hiernaast. Dit is een reeks foto's die op de computer in elkaar geplakt zijn. Tussen elke foto zat 0,10 seconde. De witte meetlat in de foto is 1,0 m lang.
 - Hoe kun je zien dat de appel steeds sneller viel?
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de hele valbeweging van de appel.
 - Leg uit waarom je beeldje C in je berekening bij b niet mee moet tellen.

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{0,98 \text{ m}}{0,8 \text{ s}} = 1,225 \text{ m/s}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid



B. Extra oefening

1. Bekijk onderstaande tabel. Bereken de ontbrekende grootheden a t/m d:

afstand	tijdsduur	snelheid
512 m	(a)	16 m/s
(b)	65 min	330 km/u
$9,5 \times 10^4$ km	400 s	(c)
(d)	$7,8 \times 10^{-5}$ s	$2,11 \times 10^7$ m/s

2. Een schaatser rijdt rondjes van 400 m per stuk over een ijsbaan. De schaatser heeft een gemiddelde snelheid van 38 km/u en schaatst gedurende 15 minuten. Reken uit hoeveel rondjes de schaatser heeft afgelegd.
3. Twee hardlopers vertrekken tegelijkertijd van het startpunt van een marathon (afstand: 42195 m). Loper A legt de marathon af met een gemiddelde snelheid van 12,9 km/u. Loper B komt 10,0 minuten later over de finish dan loper A.
- Bereken hoe lang loper A over de marathon doet.
 - Reken uit hoe lang loper B over de marathon doet.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van loper B.
4. Bekijk onderstaande afbeelding. Dit is de finish van de 100 m sprint. De afstand tussen de finishlijn en de witte lijn die je ziet links van het nummer in elke baan is 1,0 m. De winnaar van deze race legde de 100 m af in 9,58 s. Alle atleten vertrokken tegelijk met het startschot.
- Bepaal met je geodriehoek welke afstand de atleet in baan 9 nog te gaan had op het moment dat de winnaar finishte.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de atleet in baan 9 vanaf het startschot tot het moment van de foto.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

① a. $\Delta t = 32$ s

b. $65 \text{ min} = 1,083 \text{ u}$
 $s = 357 \text{ km}$

c. $v = 237500 \text{ m/s} = 885000 \text{ km/u}$

d. $s = 1649 \text{ m}$

② $15 \text{ min} = 0,25 \text{ u}$

$s = v \cdot \Delta t = 38 \text{ km/u} \cdot 0,25 \text{ u} = 9,5 \text{ km}$

$\frac{9500}{400} = 23,75 \text{ rondes}$

B. Extra oefening

1. Bekijk onderstaande tabel. Bereken de ontbrekende grootheden a t/m d:

afstand	tijdsduur	snelheid
512 m	(a)	16 m/s
(b)	65 min	330 km/u
$9,5 \times 10^4$ km	400 s	(c)
(d)	$7,8 \times 10^{-5}$ s	$2,11 \times 10^7$ m/s

2. Een schaatser rijdt rondjes van 400 m per stuk over een ijsbaan. De schaatser heeft een gemiddelde snelheid van 38 km/u en schaatst gedurende 15 minuten. Reken uit hoeveel rondjes de schaatser heeft afgelegd.
3. Twee hardlopers vertrekken tegelijkertijd van het startpunt van een marathon (afstand: 42195 m). Loper A legt de marathon af met een gemiddelde snelheid van 12,9 km/u. Loper B komt 10,0 minuten later over de finish dan loper A.
- Bereken hoe lang loper A over de marathon doet.
 - Reken uit hoe lang loper B over de marathon doet.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van loper B.
4. Bekijk onderstaande afbeelding. Dit is de finish van de 100 m sprint. De afstand tussen de finishlijn en de witte lijn die je ziet links van het nummer in elke baan is 1,0 m. De winnaar van deze race legde de 100 m af in 9,58 s. Alle atleten vertrokken tegelijk met het startschot.
- Bepaal met je geodriehoek welke afstand de atleet in baan 9 nog te gaan had op het moment dat de winnaar finishte.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de atleet in baan 9 vanaf het startschot tot het moment van de foto.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

3

$$\begin{aligned}
 \text{a. } t &= \frac{s}{v} = \frac{42,195 \text{ km}}{12,9 \text{ km/u}} = 3,2709 \text{ u} \\
 &= 3,0 \text{ u} + 0,2709 \text{ u} \\
 &= 3,0 \text{ u} + 16,26 \text{ min}
 \end{aligned}$$

$$\text{b. } 3,0 \text{ u} + 16,26 \text{ min} + 10 \text{ min}$$

$$3,0 \text{ u} + 26,26 \text{ min}$$

$$3,0 \text{ u} + 0,4376 \text{ u} = 3,4376 \text{ u}$$

$$\text{c. } v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{42,195 \text{ km}}{3,4376 \text{ u}} = 12,27 \text{ km/u}$$

B. Extra oefening

1. Bekijk onderstaande tabel. Bereken de ontbrekende grootheden a t/m d:

afstand	tijdsduur	snelheid
512 m	(a)	16 m/s
(b)	65 min	330 km/u
$9,5 \times 10^4$ km	400 s	(c)
(d)	$7,8 \times 10^{-5}$ s	$2,11 \times 10^7$ m/s

2. Een schaatser rijdt rondjes van 400 m per stuk over een ijsbaan. De schaatser heeft een gemiddelde snelheid van 38 km/u en schaatst gedurende 15 minuten. Reken uit hoeveel rondjes de schaatser heeft afgelegd.

3. Twee hardlopers vertrekken tegelijkertijd van het startpunt van een marathon (afstand: 42195 m). Loper A legt de marathon af met een gemiddelde snelheid van 12,9 km/u. Loper B komt 10,0 minuten later over de finish dan loper A.

- Bereken hoe lang loper A over de marathon doet.
- Reken uit hoe lang loper B over de marathon doet.
- Bereken de gemiddelde snelheid van loper B.

4. Bekijk onderstaande afbeelding. Dit is de finish van de 100 m sprint. De afstand tussen de finishlijn en de witte lijn die je ziet links van het punt waar elke baan is 1,0 m. De winnaar van deze race legde de 100 m af in 9,58 s. Alle atleten vertrokken tegelijk met het startschot.

- Bepaal met je geodriehoek welke afstand de atleet in baan 9 nog te gaan had op het moment dat de winnaar finishte.
- Bereken de gemiddelde snelheid van de atleet in baan 9 vanaf het startschot tot het moment van de foto.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

4

b

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{97,1 \text{ m}}{9,58 \text{ s}} = 10,14 \text{ m/s}$$

a

dus heeft $s = 97,1 \text{ m}$ afgelegd

deze atleet moet nog 2,9 m afleggen

C. Uitdagende of verdiepende opgaven

5. Met een elektronenkanon kunnen kleine elektrisch negatief geladen deeltjes ("elektronen") versneld worden. Zo'n elektronenkanon wordt gebruikt in de wetenschap en zat ook in de nu verouderde beeldbuis-TV's. In zo'n kanon worden elektronen versneld tot een snelheid van $1,6 \times 10^7$ m/s.
- De afstand van Amsterdam naar Barcelona is 1500 km. Bereken hoe lang een elektron uit dit kanon zou doen over deze afstand. Geef je antwoord in seconden.
 - De afstand van de aarde tot de maan is 400.000 km. Reken uit hoe lang het elektron hier over doet. Geef je antwoord in seconden.
 - De lengte van het bètaggebouw is 28,0 m. Bereken hoe lang het elektron doet over deze afstand. Geef je antwoord in wetenschappelijke notatie.

gebruik $\Delta t = \frac{s}{v}$

$$a. \Delta t = \frac{1500\,000\text{ m}}{1,6 \cdot 10^7\text{ m/s}} = 0,0938\text{ s} = 93,8\text{ ms}$$

$$b. \Delta t = \frac{400\,000\,000\text{ m}}{1,6 \cdot 10^7\text{ m/s}} = 25\text{ s}$$

$$c. \Delta t = \frac{28\text{ m}}{1,6 \cdot 10^7\text{ m/s}} = 1,75 \cdot 10^{-6}\text{ s}$$

6. De aarde draait rondjes om de zon op een afstand van $r = 1,5 \times 10^8$ km. Zo'n rondje duurt een jaar (365,25 dagen van 24 uur).

- Bereken de afstand die de aarde aflegt in één rondje. Gebruik de formule voor de omtrek van een cirkel: omtrek = $3,14 \cdot 2 \cdot r$
- Reken uit hoeveel uur er in één jaar zitten.
- Bereken de snelheid van de aarde in haar baan om de zon in km/u.

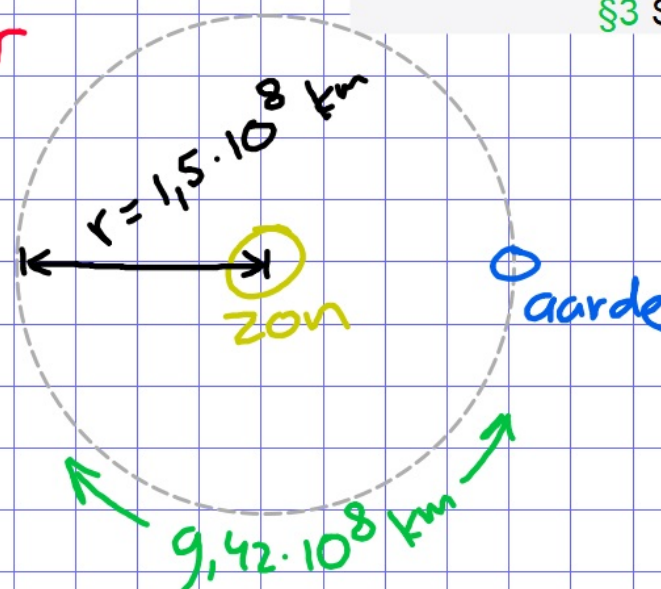
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§3 Snelheid

$$\begin{aligned} \text{a. omtrek} &= 3,14 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} \\ &= 9,42 \cdot 10^8 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\text{b. } 24 \cdot 365,25 = 8766 \text{ u}$$

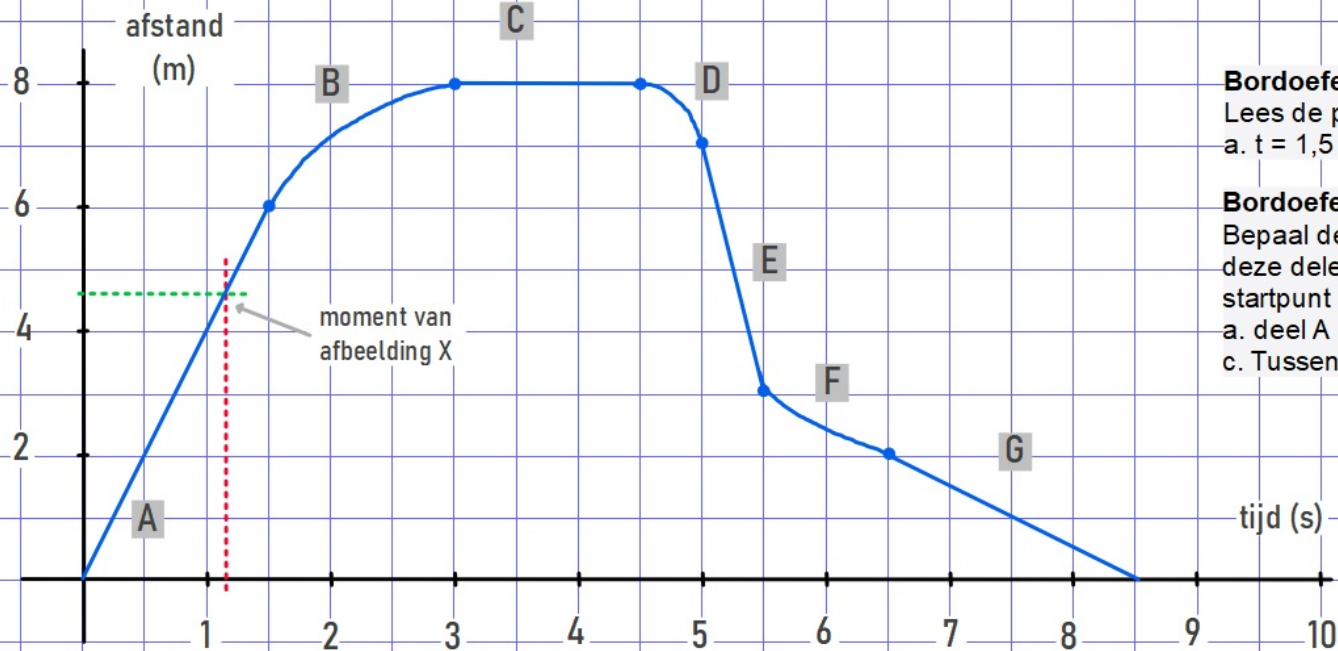
$$\text{c. } v = \frac{s}{\Delta t} = \frac{9,42 \cdot 10^8 \text{ km}}{8766 \text{ u}} = 107461 \text{ km/u}$$



§4 Bewegingsgrafieken

Je kunt bewegingen vastleggen in **twee** typen

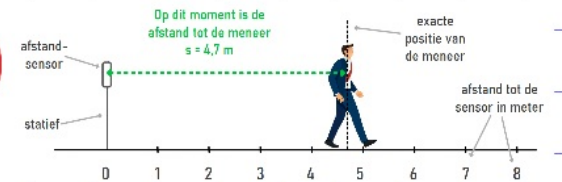
1. Plaats, tijd-grafieken



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging



Op dit moment geeft de stopwatch aan $t = 1,2$ s.



Bord oefening 19:

Lees de positie van de meneer af op:

- a. $t = 1,5$ s b. $t = 4,0$ s c. $t = 5,25$ s

Bord oefening 20:

Bepaal de gemiddelde snelheid van de meneer tijdens deze delen en geef ook aan of de beweging van het startpunt af was of naar het startpunt toe.

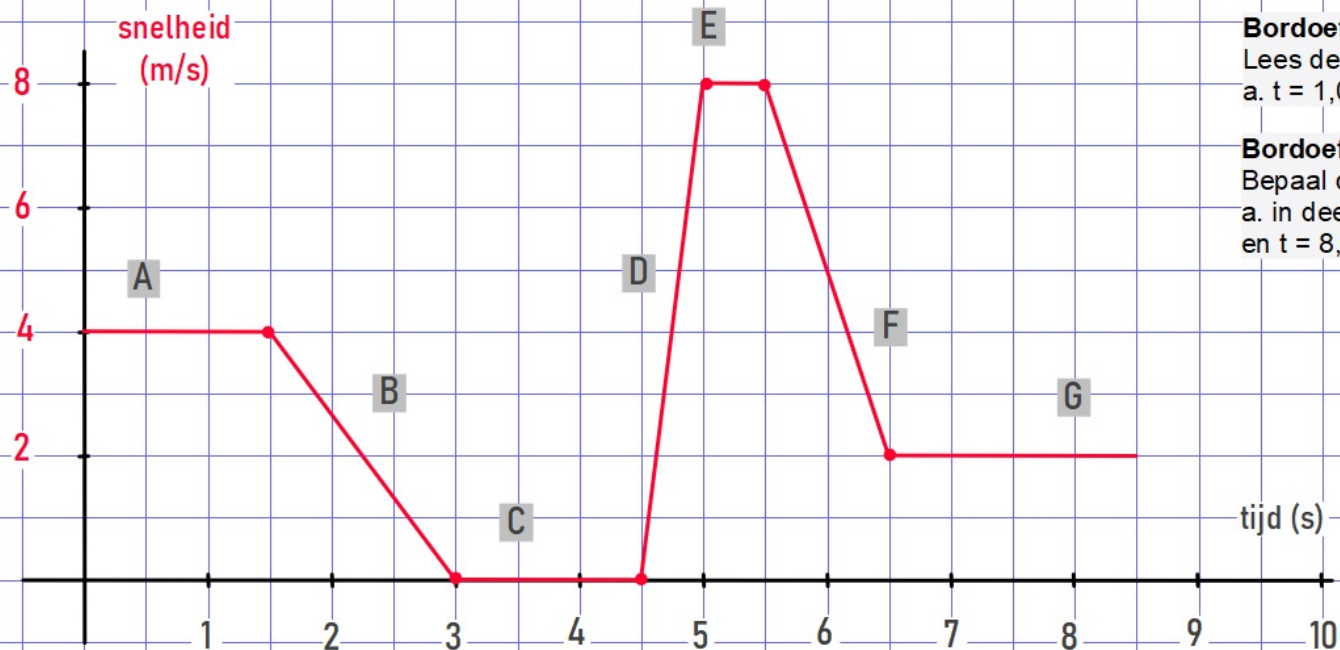
- a. deel A b. deel E
c. Tussen $t = 4,5$ s en $t = 8,5$ s

Bord oefening 21:

Noem de delen van de grafiek waar de beweging:

- a. eenparig is
b. versneld is
c. vertraagd is.

2. Snelheid,tijd-grafieken (v,t)



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

Bordoefening 22:

Lees de snelheid van de meneer af op:

- a. $t = 1,0$ s b. $t = 2,0$ s c. $t = 6,2$ s

Bordoefening 23:

Bepaal de afstand die de meneer aflegt:

- a. in deel A b. in deel E c. Tussen $t = 6,5$ s en $t = 8,5$ s

Bordoefening 24:

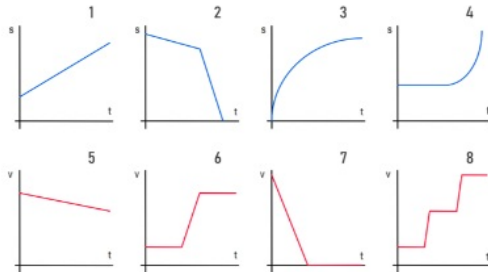
Noem de delen van de grafiek waar de beweging:

- a. eenparig is
b. versneld is
c. vertraagd is.

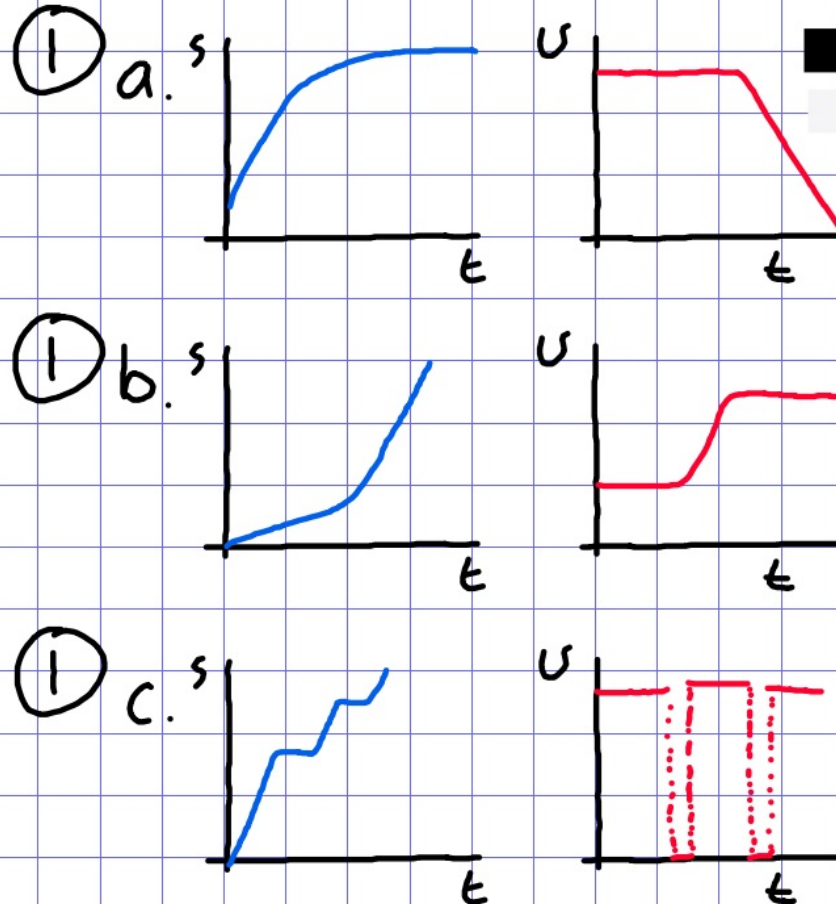
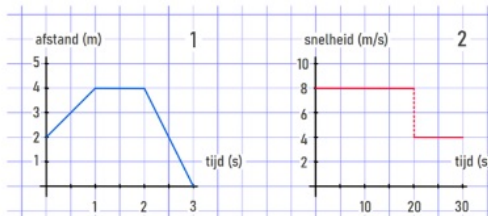
Oefenopgaven bij §4

A. Basisopgaven

- Maak op basis van onderstaande beschrijvingen van bewegingen een schets van de bijbehorende s/t-grafiek en v/t-grafiek. Let op: het gaat alleen om de vorm van de grafiek, je hoeft geen schaalverdeling aan te brengen op de assen.
 - Een fietser rijdt met constante snelheid en remt dan af tot stilstand voor een rood stoplicht.
 - Een auto rijdt met constante snelheid, versnelt tot een grotere snelheid en houdt die snelheid vervolgens aan.
 - Een lift beweegt van de begane grond met constante snelheid omhoog maar stopt onderweg twee keer kort op een verdieping.
- Bekijk onderstaande grafieken. Schets van de s/t-grafieken (1 t/m 4) een v/t-grafiek en schets van de v/t-grafieken een s/t-grafiek. Je hoeft geen rekening te houden met de eenheden op de assen, het gaat alleen om de vorm.



- Bekijk onderstaande s/t- en v/t-grafieken. Maak van de s/t-grafiek een schets van de bijbehorende v/t-grafiek en andersom. Zorg daarbij ook de schaalverdeling klopt. De getallen zijn makkelijk gekozen zodat je dit zonder rekenmachine kunt doen.



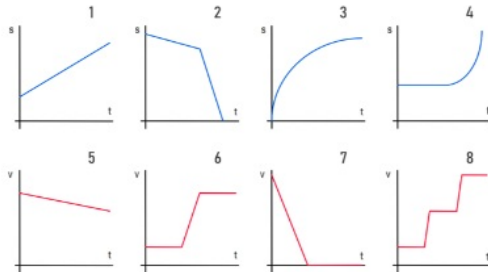
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

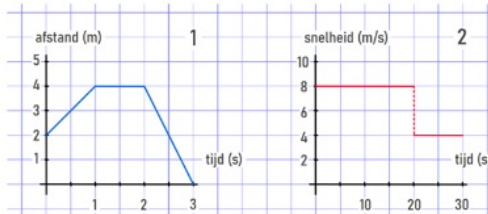
Oefenopgaven bij §4

A. Basisopgaven

- Maak op basis van onderstaande beschrijvingen van bewegingen een schets van de bijbehorende s/t-grafiek en v/t-grafiek. Let op: het gaat alleen om de vorm van de grafiek, je hoeft geen schaalverdeling aan te brengen op de assen.
 - Een fietser rijdt met constante snelheid en remt dan af tot stilstand voor een rood stoplicht.
 - Een auto rijdt met constante snelheid, versnelt tot een grotere snelheid en houdt die snelheid vervolgens aan.
 - Een lift beweegt van de begane grond met constante snelheid omhoog maar stopt onderweg twee keer kort op een verdieping.
- Bekijk onderstaande grafieken. Schets van de s/t-grafieken (1 t/m 4) een v/t-grafiek en schets van de v/t-grafieken een s/t-grafiek. Je hoeft geen rekening te houden met de eenheden op de assen, het gaat alleen om de vorm.



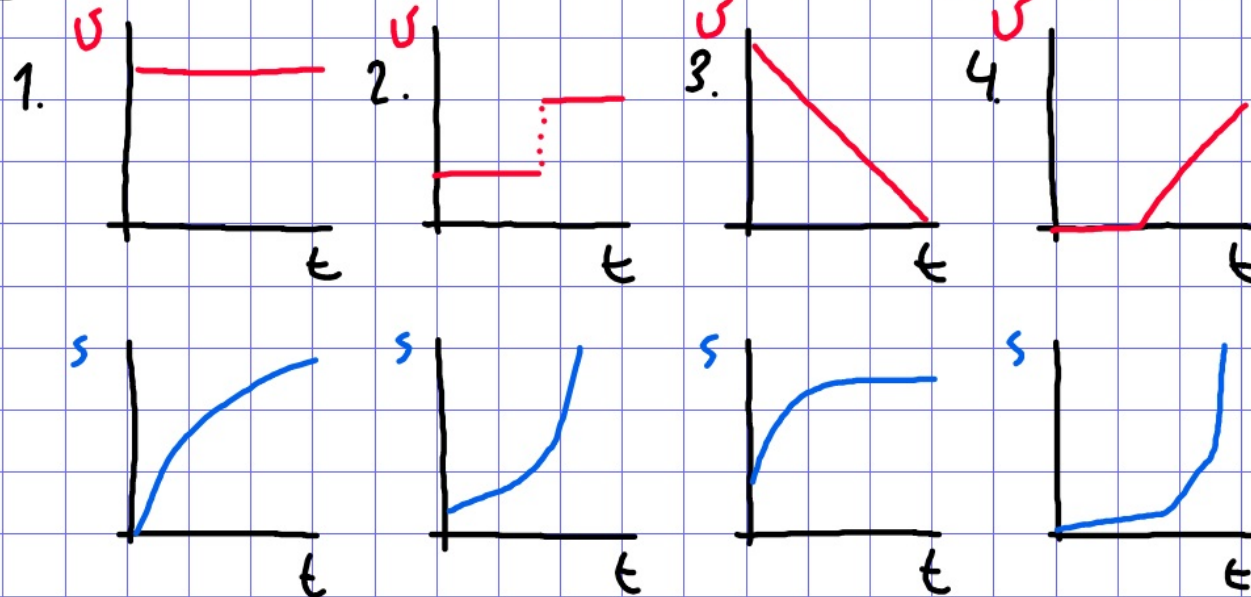
- Bekijk onderstaande s/t- en v/t-grafieken. Maak van de s/t-grafiek een schets van de bijbehorende v/t-grafiek en andersom. Zorg daarbij ook de schaalverdeling klopt. De getallen zijn makkelijk gekozen zodat je dit zonder rekenmachine kunt doen.



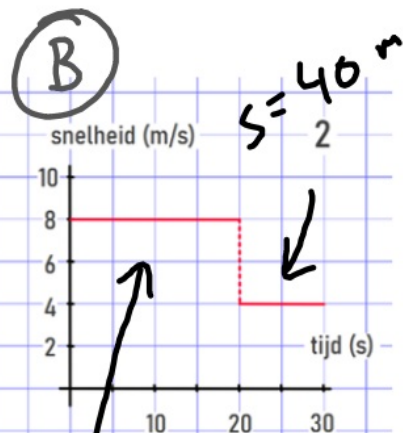
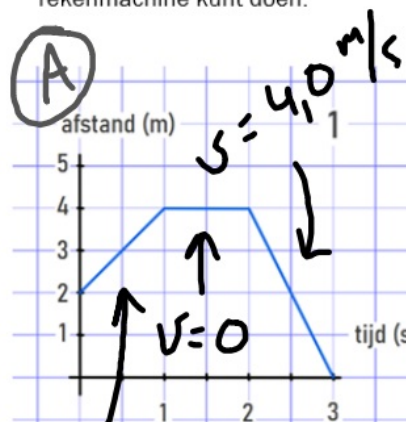
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

2



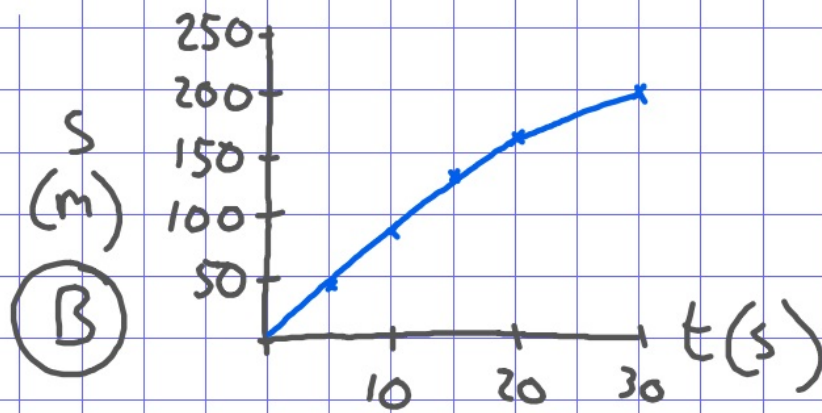
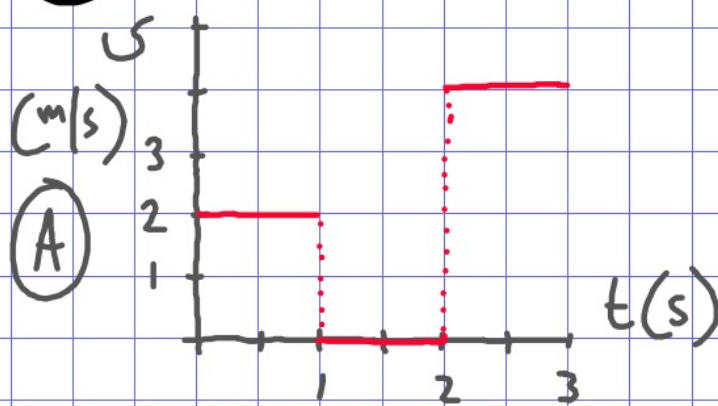
3. Bekijk onderstaande s/t- en v/t grafieken. Maak van de s/t-grafiek een schets van de bijbehorende v/t-grafiek en andersom. Zorg daarbij ook de schaalverdeling klopt. De getallen zijn makkelijk gekozen zodat je dit zonder rekenmachine kunt doen.



3

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken



4. Onderstaand is een s/t-grafiek te zien van een autorit. Tijdens delen A en C was de snelheid constant. Tijdens deel E varieerde de snelheid.
- Bereken de snelheid die de auto had tijdens deel A.
 - Bereken de snelheid die de auto had tijdens deel C.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de auto tijdens de eerste 2,0 uur.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de auto tijdens deel E.
 - Teken in de figuur de lijn van een auto die een snelheid heeft van 70 km/u en deze snelheid aanhoudt totdat 160 km is afgelegd.
 - Geef aan in de figuur waar deze lijn van auto B de lijn van auto A snijdt. Noteer het tijdstip als een complete meetwaarde en noem welke auto de andere auto inhaalt.
 - Teken een v/t-grafiek met kloppende schaalverdeling op de assen van de eerste 2 uur van de autorit.



$$e. \Delta t = \frac{s}{v} = \frac{160 \text{ km}}{70 \text{ km/u}} = 2,3 \text{ u}$$

④ a. $v_A = \frac{s}{\Delta t} = \frac{115 \text{ km}}{0,75 \text{ u}} = 153 \text{ km/u}$

b. $v_C = \frac{s}{\Delta t} = \frac{(135 - 115)}{(1,5 - 0,75)} = \frac{20 \text{ km}}{0,75 \text{ u}} = 26,7 \text{ km/u}$

c. $v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{135 \text{ km}}{1,5 \text{ u}} = 90 \text{ km/u}$

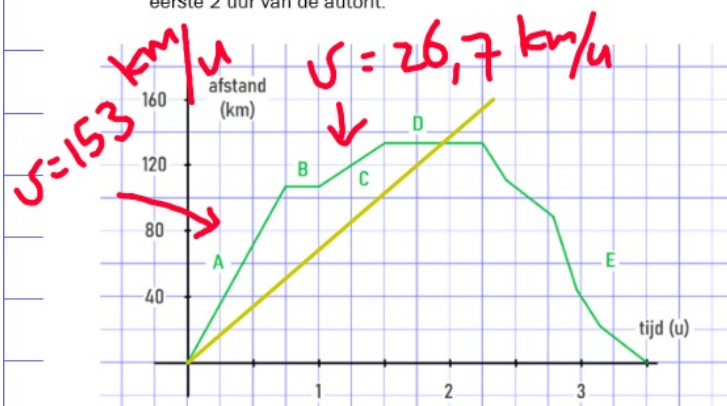
d. $v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{90 \text{ km}}{(3,5 - 2,8)} = \frac{90 \text{ km}}{0,7 \text{ u}} = 129 \text{ km/u}$

f. op $t = 1,9 \text{ u}$ haalt auto B auto A in

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

4. Onderstaand is een s/t-grafiek te zien van een autorit. Tijdens delen A en C was de snelheid constant. Tijdens deel E varieerde de snelheid.
- Bereken de snelheid die de auto had tijdens deel A.
 - Bereken de snelheid die de auto had tijdens deel C
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de auto tijdens de eerste 2,0 uur.
 - Bereken de gemiddelde snelheid van de auto tijdens deel E.
 - Teken in de figuur de lijn van een auto die een snelheid heeft van 70 km/u en deze snelheid aanhoudt totdat 160 km is afgelegd.
 - Geef aan in de figuur waar deze lijn van auto B de lijn van auto A snijdt. Noteer het tijdstip als een complete meetwaarde en noem welke auto de andere auto inhaalt.
 - Teken een v/t-grafiek met kloppende schaalverdeling op de assen van de eerste 2 uur van de autorit.

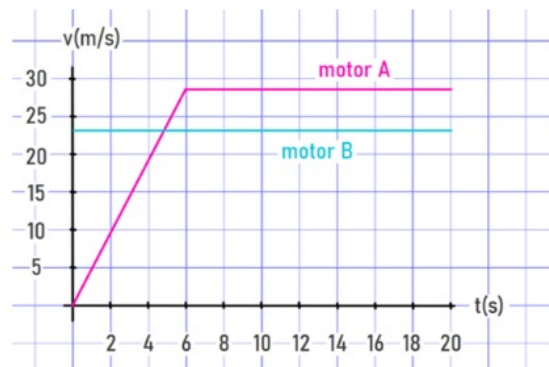


Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken



5. Hieronder zie je een v/t-grafiek van twee motorrijders die op de snelweg rijden.
- Beschrijf de beweging van beide motoren in woorden. Gebruik de termen *versneld*, *vertraagd* en *constante snelheid* voor zover die van toepassing zijn.
 - Lees de topsnelheid van motor A af.
 - Bereken de afstand die motor B aflegt in deze grafiek.
 - Op tijdstip $t = 6,0$ s rijden de motorfietsers precies naast elkaar, maar motorrijder A heeft een hogere snelheid. Bereken hoeveel meter motor A voorligt op motor B op $t = 18,0$ s.



$$\Delta t = 12,0 \text{ s}$$

33

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

a. Motor A versnelt eerst en rijdt dan door met een snelheid van 28 m/s. Motor B rijdt de hele tijd met een snelheid van 23 m/s.

b. Motor A bereikt een topsnelheid van 28 m/s.

$$c. s = v \cdot \Delta t = 23 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s} = 460 \text{ m}$$

d. Bereken van beide motorrijders de afgelegde afstand tussen $t = 6,0$ s en $t = 12,0$ s:

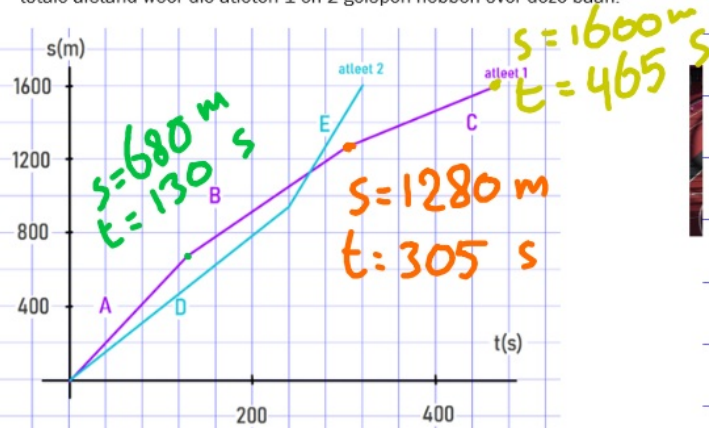
$$A: s = v \cdot \Delta t = 28 \text{ m/s} \cdot 12,0 \text{ s} = 336 \text{ m}$$

$$B: s = v \cdot \Delta t = 23 \text{ m/s} \cdot 12,0 \text{ s} = 276 \text{ m}$$

$$\text{Verschil} = 336 \text{ m} - 276 \text{ m} = 60 \text{ m}$$

B. Extra oefening

6. Een standaard atletiekbaan heeft rondes van 400 m. Voor een wedstrijd van 1600 m moeten atleten dus vier rondes rennen. Onderstaande figuur geeft de totale afstand waar die atleten 1 en 2 gelopen hebben over deze baan.



LET OP: elk hokje stelt 40 seconden voor!

- Welke van de twee atleten ging in de loop van de wedstrijd sneller lopen?
- Op welk tijdstip haalt de ene atleet de andere atleet in en wie wordt er ingehaald?
- Geef het tijdstip waarop atleet 1 aan het derde rondje begint.
- Hoeveel meter had atleet 1 nog te gaan toen atleet 2 over de finish kwam?
- Hoeveel later kwam atleet 1 over de finish dan atleet 2?
- Bereken de gemiddelde snelheid van de totale race van atleet 2.
- Bereken de gemiddelde snelheid van delen A, B en C afzonderlijk.
- Teken een v/t-grafiek van atleet 1 met kloppende schaalverdeling.

De wereldrecordhouder op de 1600 m hardlopen is Hicham El Guerrouj uit Marokko (zie foto). Zijn recordtijd was 3 min en 43,13 s.

- Reken deze tijdsduur om naar seconden.
- Teken in de figuur de lijn die hoort bij de beweging van Hicham. Doe de aanname dat hij de hele race met dezelfde snelheid liep.

a. atleet 2

b. op $t = 260$ s wordt atleet 1 ingehaald door atleet 2

c. $t = 285$ s

d. nog 300 meter

e. 155 s later

$$f. v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{1600 \text{ m}}{320 \text{ s}} = 5,0 \text{ m/s}$$

$$g. A: v = \frac{s}{t} = \frac{680 \text{ m}}{130 \text{ s}} = 5,23 \text{ m/s}$$

$$B: v = \frac{s}{t} = \frac{(1280 - 680)}{(305 - 130)} = 3,43 \text{ m/s}$$

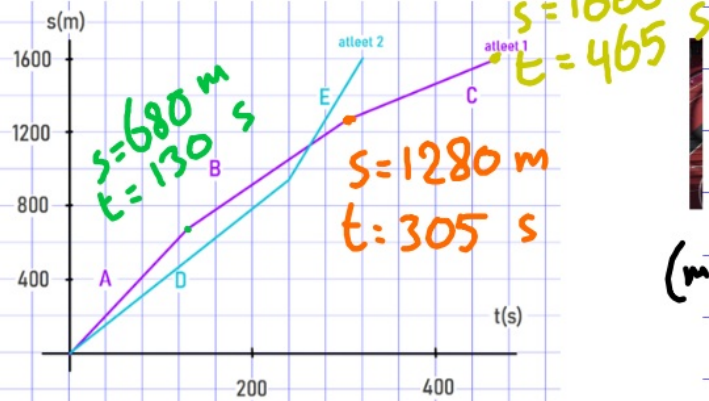
$$C: v = \frac{s}{t} = \frac{(1600 - 1280)}{(465 - 305)} = 2,0 \text{ m/s}$$

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

B. Extra oefening

6. Een standaard atletiekbaan heeft rondes van 400 m. Voor een wedstrijd van 1600 m moeten atleten dus vier rondes rennen. Onderstaande figuur geeft de totale afstand waar die atleten 1 en 2 gelopen hebben over deze baan.



LET OP: elk hokje stelt 40 seconden voor!

- Welke van de twee atleten ging in de loop van de wedstrijd sneller lopen?
- Op welk tijdstip haalt de ene atleet de andere atleet in en wie wordt er ingehaald?
- Geef het tijdstip waarop atleet 1 aan het derde rondje begint.
- Hoeveel meter had atleet 1 nog te gaan toen atleet 2 over de finish kwam?
- Hoeveel later kwam atleet 1 over de finish dan atleet 2?
- Bereken de gemiddelde snelheid van de totale race van atleet 2.
- Bereken de gemiddelde snelheid van delen A, B en C afzonderlijk.
- Teken een v/t-grafiek van atleet 1 met kloppende schaalverdeling.

De wereldrecordhouder op de 1600 m hardlopen is Hicham El Guerrouj uit Marokko (zie foto). Zijn recordtijd was 3 min en 43,13 s.

- Reken deze tijdsduur om naar seconden.
- Teken in de figuur de lijn die hoort bij de beweging van Hicham. Doe de aanname dat hij de hele race met dezelfde snelheid liep.

$$A: v = \frac{s}{t} = \frac{680 \text{ m}}{130 \text{ s}} = 5,23 \text{ m/s}$$

$$B: v = \frac{s}{t} = \frac{(1280 - 680)}{(305 - 130)} = 3,43 \text{ m/s}$$

$$C: v = \frac{s}{t} = \frac{(1600 - 1280)}{(465 - 305)} = 2,0 \text{ m/s}$$

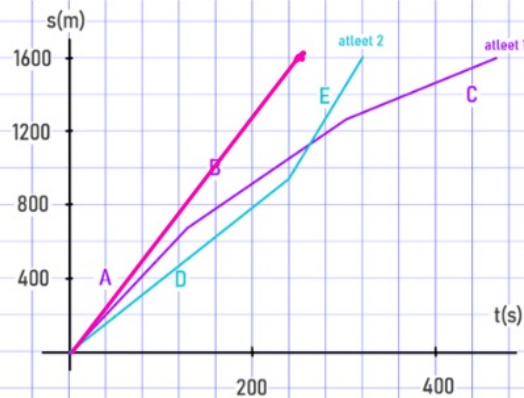
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken



B. Extra oefening

6. Een standaard atletiekbaan heeft rondes van 400 m. Voor een wedstrijd van 1600 m moeten atleten dus vier rondes rennen. Onderstaande figuur geeft de totale afstand weer die atleten 1 en 2 gelopen hebben over deze baan.



LET OP: elk hokje stelt 40 seconden voor!

- Welke van de twee atleten ging in de loop van de wedstrijd sneller lopen?
- Op welk tijdstip haalt de ene atleet de andere atleet in en wie wordt er ingehaald?
- Geef het tijdstip waarop atleet 1 aan het derde rondje begint.
- Hoeveel meter had atleet 1 nog te gaan toen atleet 2 over de finish kwam?
- Hoeveel later kwam atleet 1 over de finish dan atleet 2?
- Bereken de gemiddelde snelheid van de totale race van atleet 2.
- Bereken de gemiddelde snelheid van delen A, B en C afzonderlijk.
- Teken een v/t-grafiek van atleet 1 met kloppende schaalverdeling.

De wereldrecordhouder op de 1600 m hardlopen is Hicham El Guerrouj uit Marokko (zie foto). Zijn recordtijd was 3 min en 43,13 s.

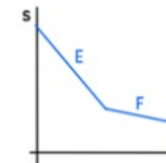
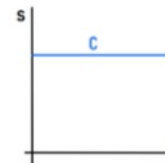
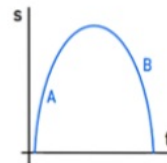
- Reken deze tijdsduur om naar seconden.
- Teken in de figuur de lijn die hoort bij de beweging van Hicham. Doe de aanname dat hij de hele race met dezelfde snelheid liep.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

$$i. 3 \text{ min} + 43,13 \text{ s} = 180 \text{ s} + 43,13 \text{ s} = 223,13 \text{ s}$$

7. Geef de letters in onderstaande grafieken die horen bij:
- Eenparige beweging
 - Versnelde beweging
 - Vertraagde beweging
 - Stilstand

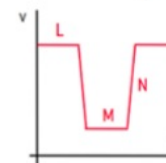
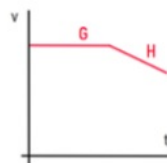


a. E, F, G, J, K, L, M

b. B, I, N

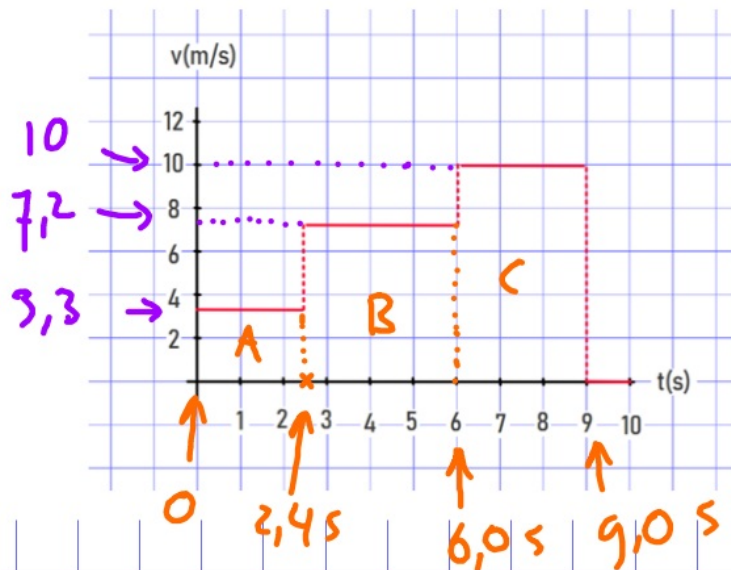
c. A, D, H

d. C, K



8. Bekijk onderstaande v/t-grafiek. Je ziet drie verschillende tijdsduren van enkele seconden per stuk waartijdens verschillende snelheden worden aangehouden.

- Bekijk de snelheden die op de verticale as staan en bedenk van wat voor voertuig deze grafiek zou kunnen zijn. Kies uit: voetganger, fietser of auto.
- De stippellijntjes geven aan dat de snelheid plotseling verspringt naar een andere waarde. Leg uit waarom zulke sprongsgewijze veranderingen in snelheid niet realistisch zijn.
- Bepaal de totale afgelegde afstand die bij deze beweging hoort.
- Bereken de gemiddelde snelheid van de totale beweging.



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

c) A: $s = v \cdot \Delta t = 3,3 \text{ m/s} \cdot 2,4 \text{ s} = 7,92 \text{ m}$

B: $s = v \cdot \Delta t = 7,2 \text{ m/s} \cdot 3,6 \text{ s} = 25,92 \text{ m}$

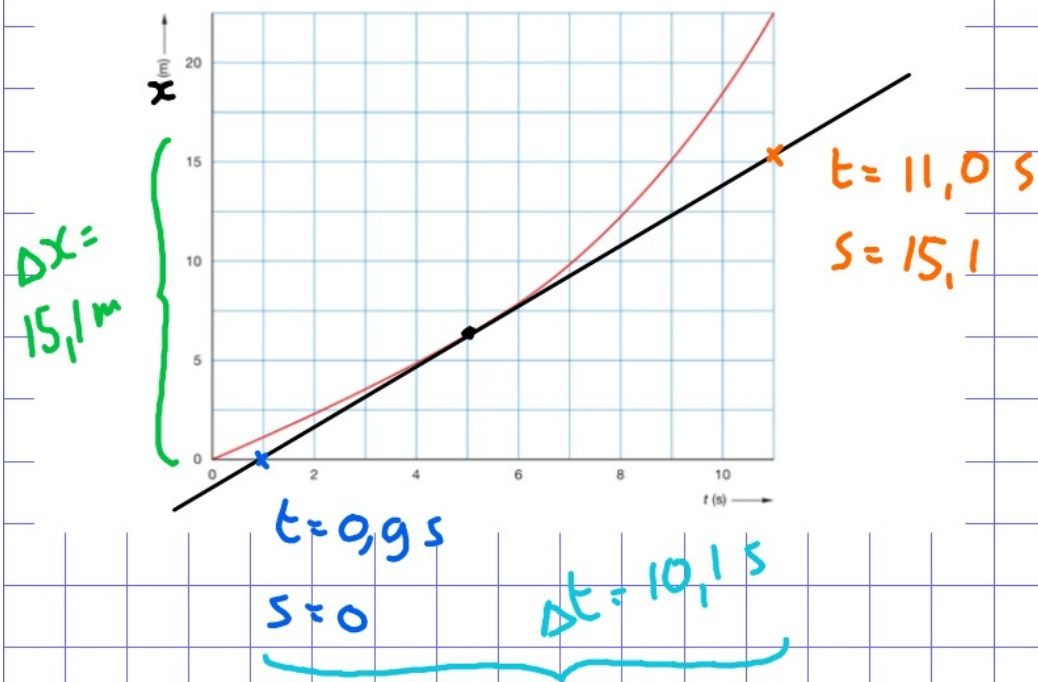
C: $s = v \cdot \Delta t = 10 \text{ m/s} \cdot 3,0 \text{ s} = 30,00 \text{ m}$

$\hookrightarrow 7,92 + 25,92 + 30,00 = 63,84 \text{ m}$

d) $v_{\text{gem}} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{63,84 \text{ m}}{9,0 \text{ s}} = 7,1 \text{ m/s}$

C. Uitdagende of verdiepende opgaven

9. In de derde klas leer je een techniek hoe je de snelheid op een bepaald tijdstip (de "momentane snelheid") uit een s,t-grafiek kunt halen als de grafiek een kromme is. Je tekent dan een raaklijn. Op YouTube vind je korte uitlegvideo's van deze techniek. Bekijk zo'n video en bepaal met een raaklijn de snelheid in onderstaande figuur op $t = 5,0$ s



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

§4 Bewegingsgrafieken

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{15,1 \text{ m}}{10,1 \text{ s}} = 1,50 \text{ m/s}$$

Extra oefenopgaven bij dit hoofdstuk

1. Bekijk onderstaande afbeeldingen. Noem in totaal acht krachten die in deze afbeeldingen te herkennen zijn. Noem elke kracht maar een keer. Geef bij elke kracht een toelichting.



2. Lees deze veerunsters af. Noteer je antwoord als een complete meetwaarde.

3. Bekijk de afbeelding van een opstijgend vliegtuig. Op het vliegtuig werken vier krachten: de liftkracht van de vleugels, de stuwkracht van de motoren, de luchtweerstand en de zwaartekracht.



- De massa van het vliegtuig met brandstof, passagiers en baggage is 50968 kg. Laat zien dat de zwaartekracht op het vliegtuig dus $5,0 \times 10^6$ N is.
- Gebruik de zwaartekracht om de krachtschaal van de figuur te bepalen.
- Bepaal hoe groot de andere drie krachten op het vliegtuig zijn.
- Als het vliegtuig maximaal beladen is ondervindt het een zwaartekracht van $7,65 \times 10^6$ N. Bereken deze maximale startmassa.
- Bij het opstijgen versnelt het vliegtuig vanuit stilstand tot 280 km/u over een startbaan van 2100 m lang. De gemiddelde snelheid bij het starten is 135 km/u. Bereken hoe lang het opstijgen duurt.
- Een vlucht van Amsterdam naar New York duurt ongeveer 6,2 u. De afstand die het daarbij aflegt is 5860 km. Bereken de gemiddelde snelheid die het vliegtuig heeft in km/u en in m/s.
- Het vliegtuig kan met minimale belading en maximale brandstof aan boord 8,5 uur vliegen met een gemiddelde snelheid van 910 km/u. Bereken de maximale afstand die het vliegtuig kan afleggen.

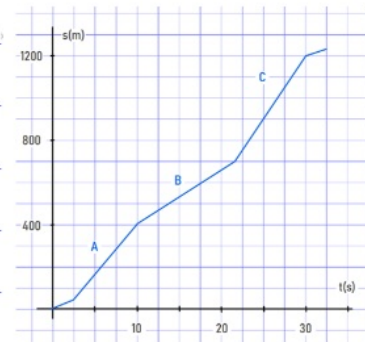
36

4. Onderstaand zie je het snelheid-tijddiagram van een wielrenner gedurende een vlakke etappe tijdens van Tour de France.



- Lees de snelheid af op $t = 1,5$ u en op $t = 4,0$ u.
- Noem de tijdstippen waarop de wielrenner versnelde.
- Bereken de afgelegde afstand tijdens het tweede uur van de etappe.
- Bereken de afgelegde afstand tijdens het snelste deel van de rit.

5. Bij een olympische bobslee-wedstrijd kunnen snelheden gehaald worden tot 150 km/u. Onderstaand zie je een versimpelde afstand-tijd-grafiek van een bobsleerit.



- Lees de afgelegde afstand af op $t = 20,0$ s en op $t = 25,0$ s.
- Bereken de snelheids tijdens het snelste deel van de afdaling.
- Bereken de gemiddelde snelheid van de gehele afdaling.

37

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

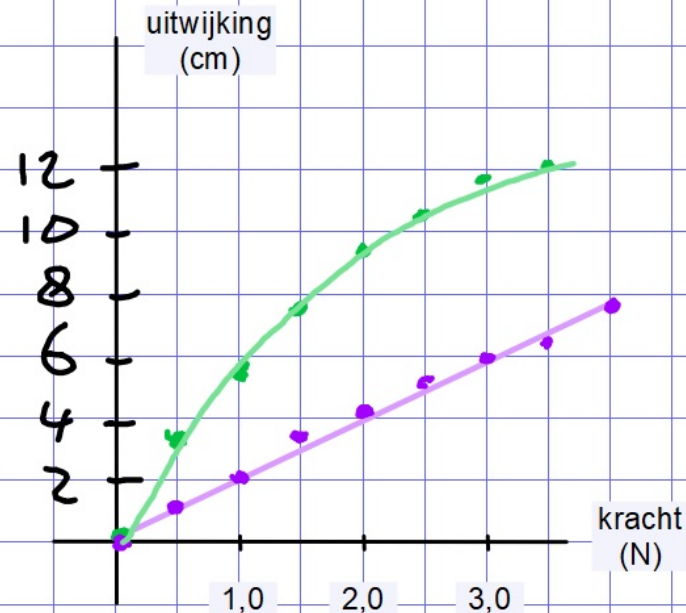
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

- ACTIVITEITEN -

Als we grotere activiteiten zoals practicum gedaan hebben tijdens dit hoofdstuk dan vind je hier de informatie die daar bij hoorde. Hoewel dit niet cruciaal is voor succes op het proefwerk is het wel nuttig om te bekijken. Probeer je daarbij te herinneren wat we precies gedaan hebben en waarom dat een nuttige leeractiviteit zou kunnen zijn met het oog op de proefwerkstof.

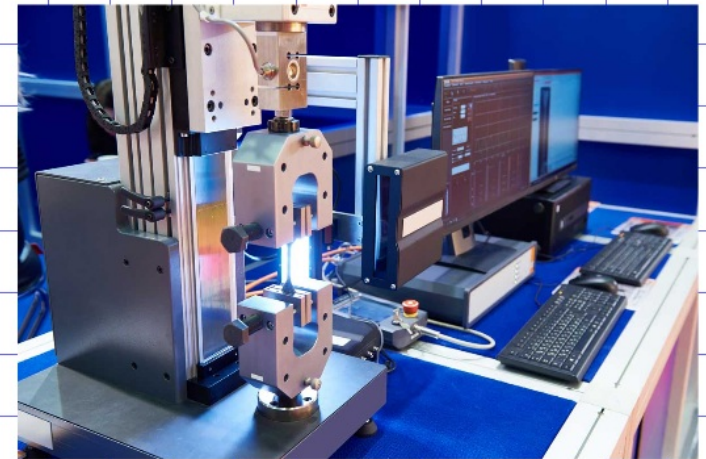
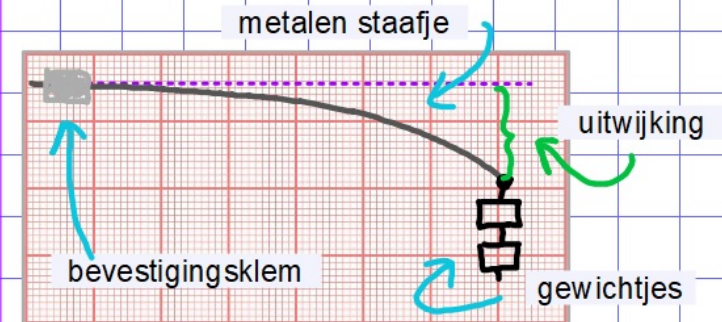
Practicum: veerkracht en buiging

kracht (N)	dun staafje uitw. (cm)	dik staafje uitw. (cm)
0,0	0	0
0,5	2,1	0,4
1,0	5,2	0,9
1,5	—	—
2,0	—	—
2,5	—	—
3,0	—	—
3,5	12	7

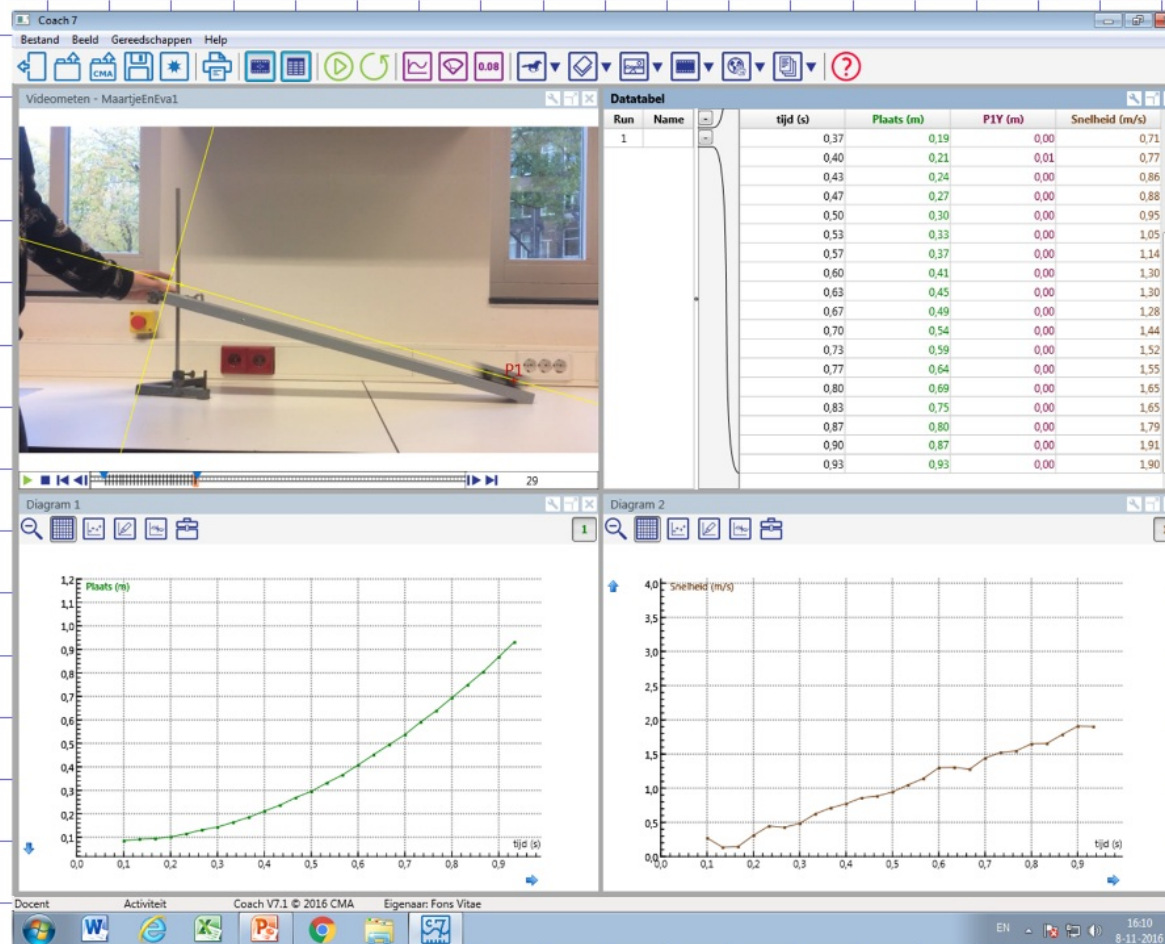


Doen: Hang steeds meer gewichtjes aan het staafje en meet de uitwijking aan het uiteinde. Meet de uitwijking tot op de millimeter nauwkeurig. Maak één grafiek met daarin twee staafjes verwerkt.

Hoofdstuk 2 Kracht en beweging



Practicum: videometen met coach 7



Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

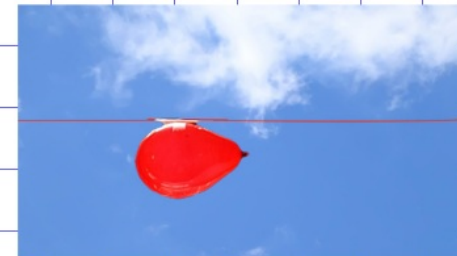
Doen:

- Volg de instructies op het blad (ook te vinden op bastiaanvanhengel.com).
- Lever je *Coach 7-bestand* (een "activiteit") in op Teams als je klaar bent.

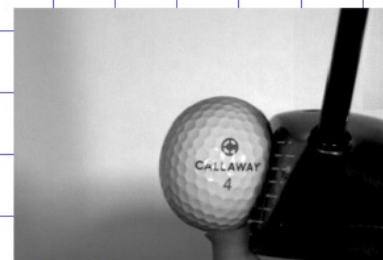
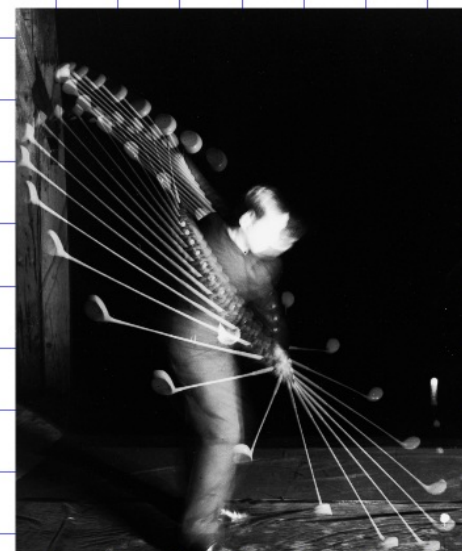
Hoofdstuk 2 Kracht en beweging

- ARCHIEF -

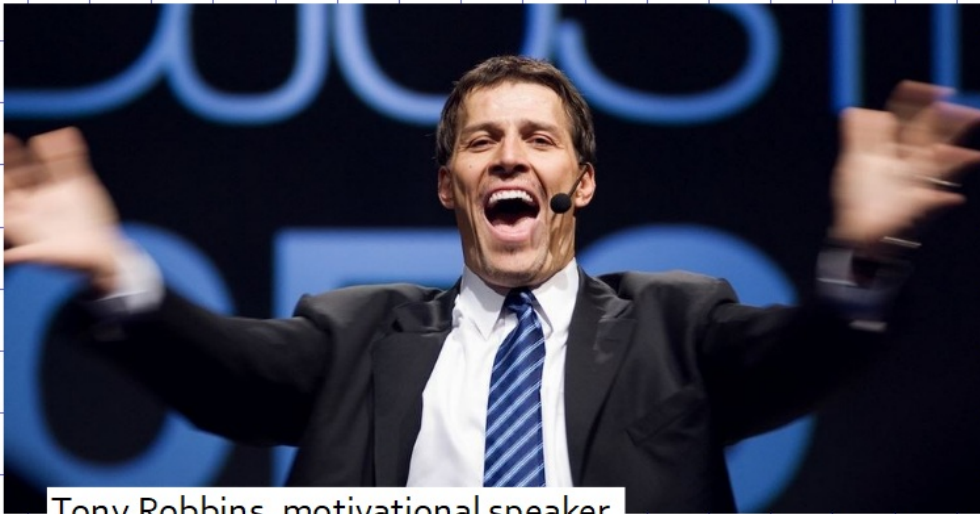
"Hoe werkt straalaandrijving?"



"Hoe groot zijn de krachten bij balsporten?"



"Wat is het verschil tussen kracht, energie, vermogen en intensiteit?"



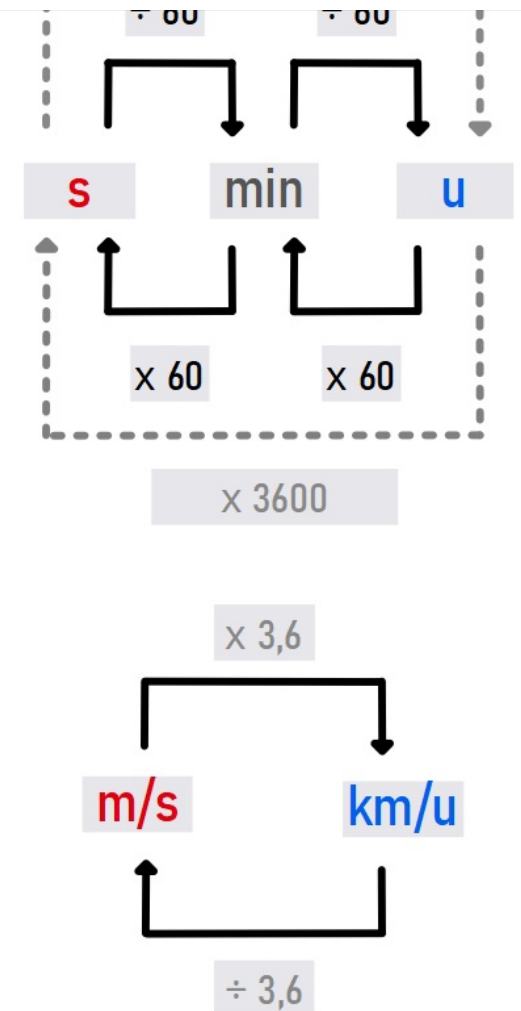
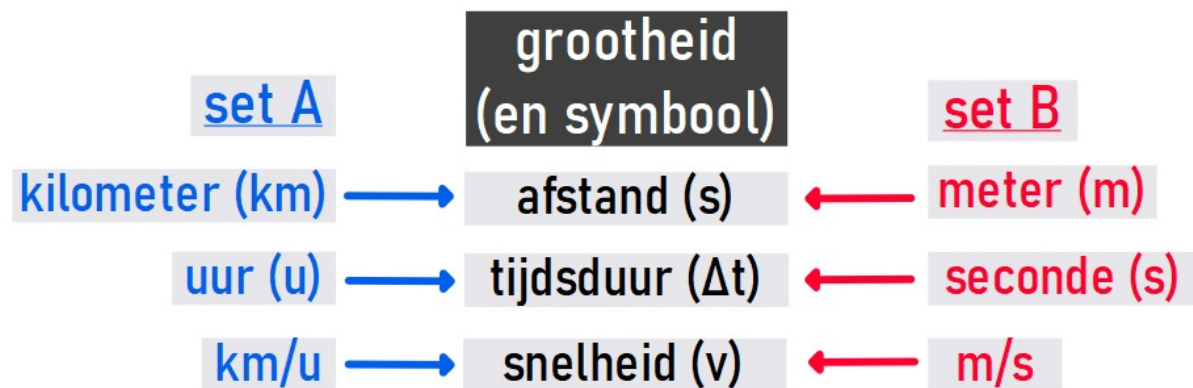
Tony Robbins, motivational speaker

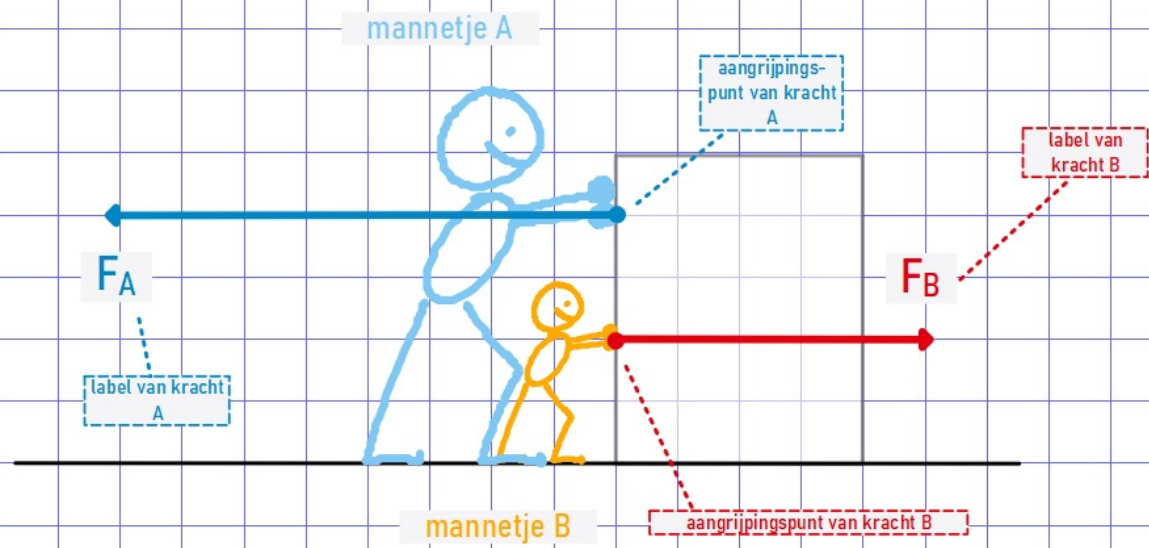
"Tony is a **forceful** speaker." $F = ?$ (N)

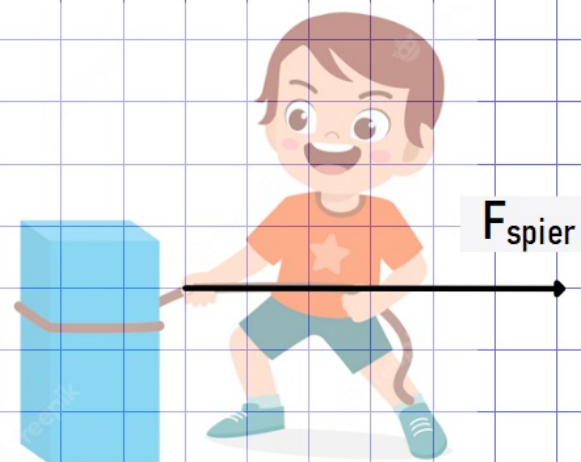
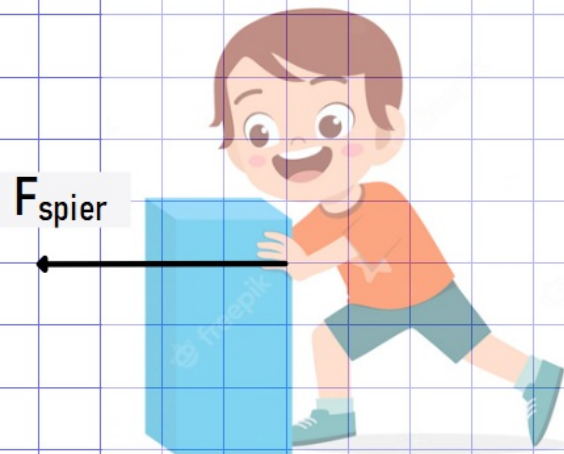
"Tony is an **energetic** speaker." $E = ?$ (J)

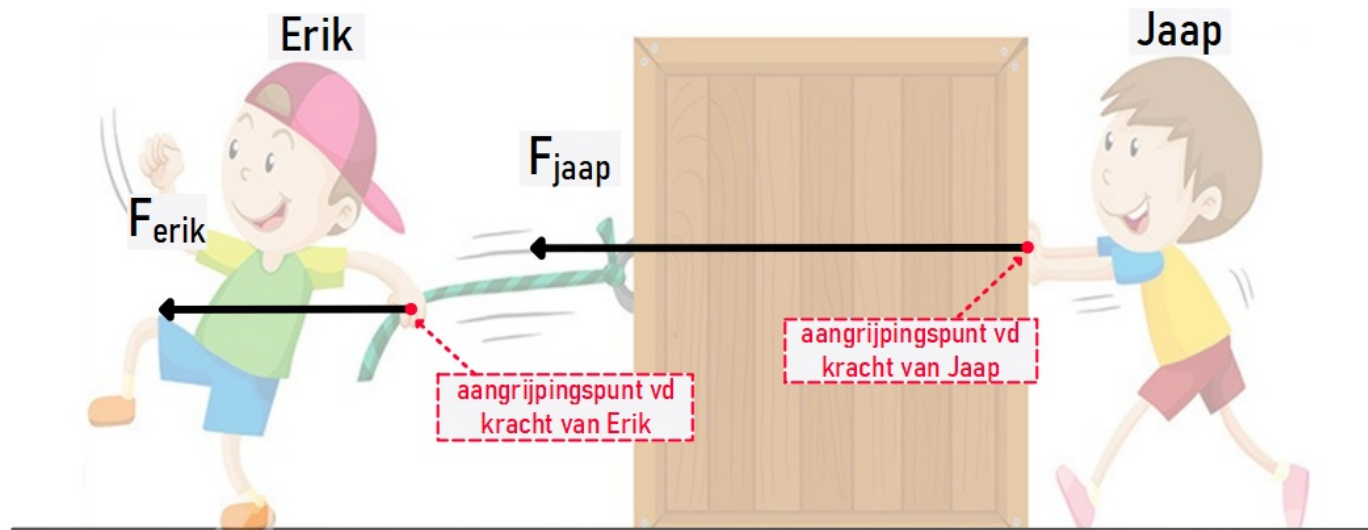
"Tony is a **powerful** speaker." $P = ?$ (W)

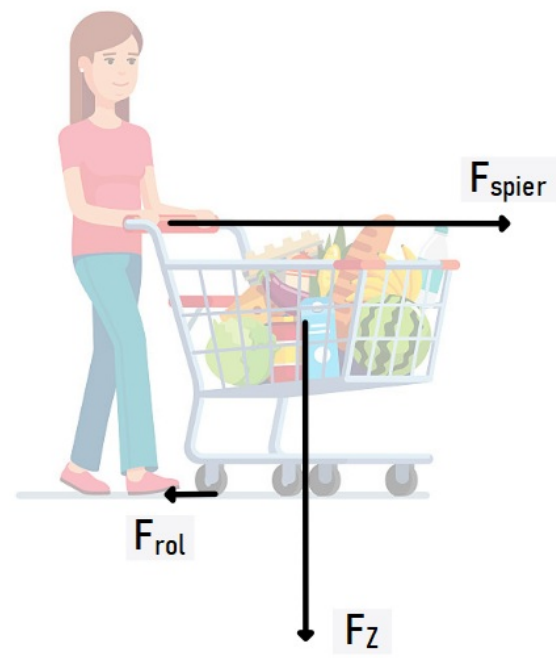
"Tony is an **intense** speaker."

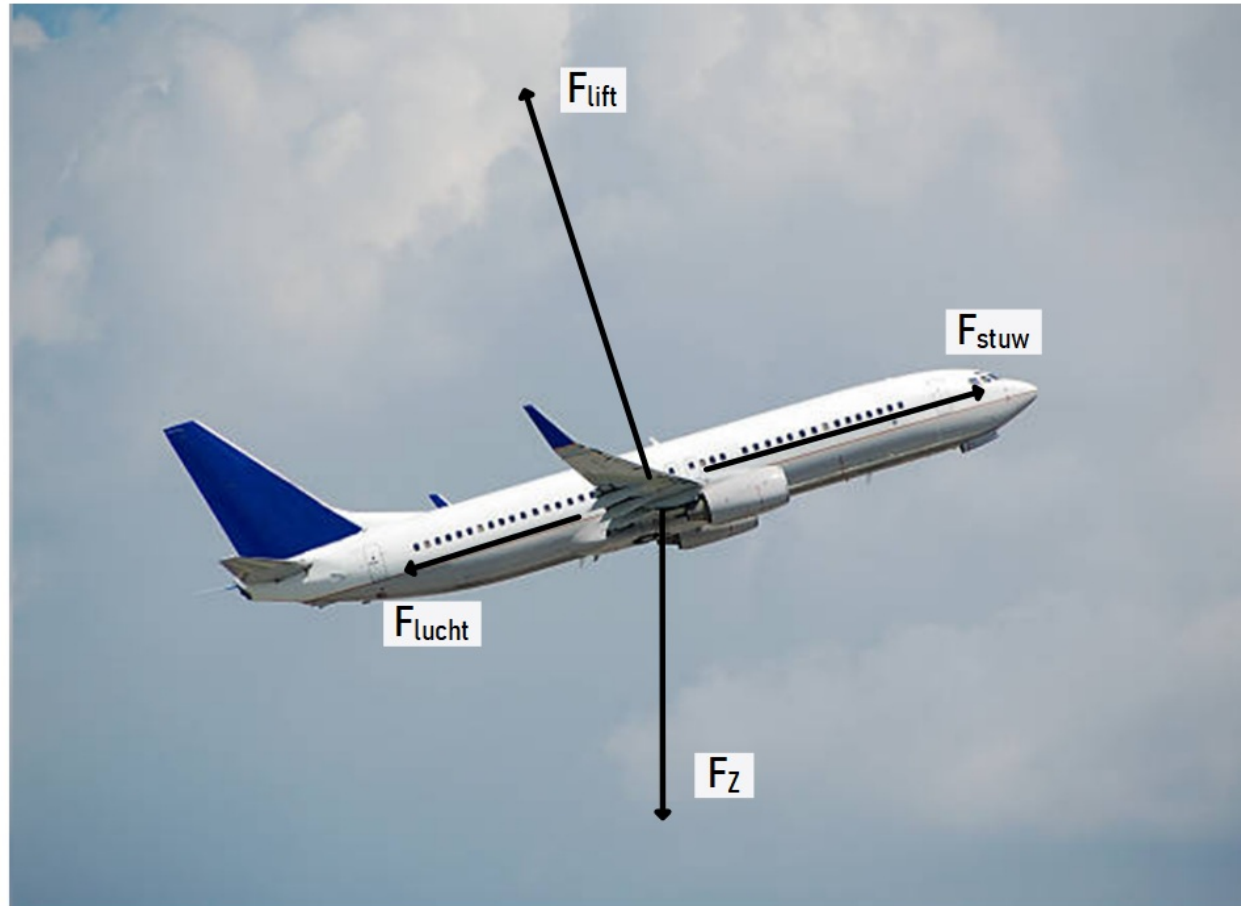


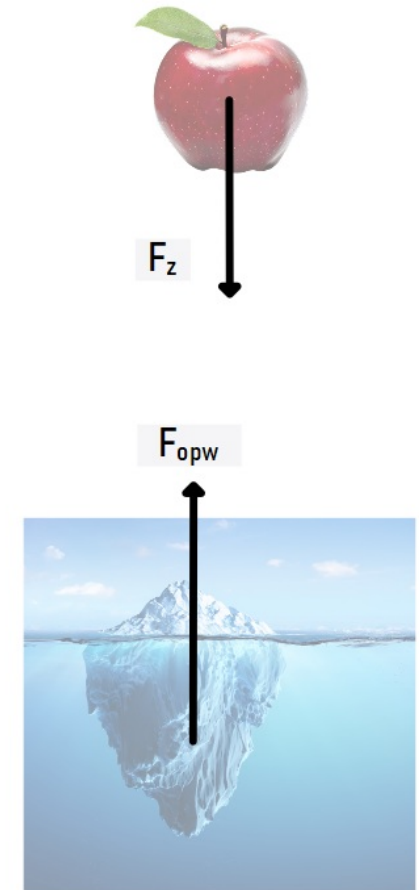
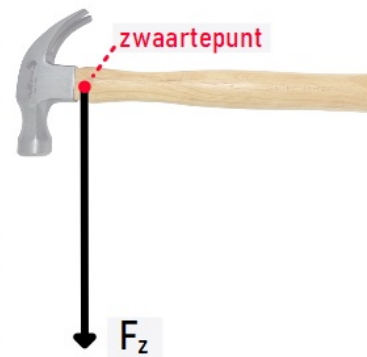
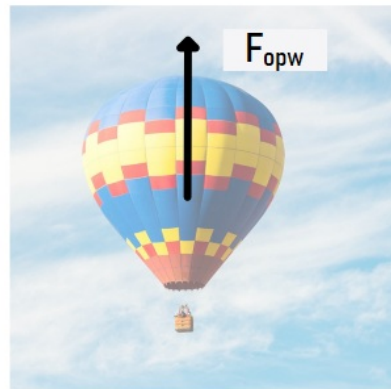
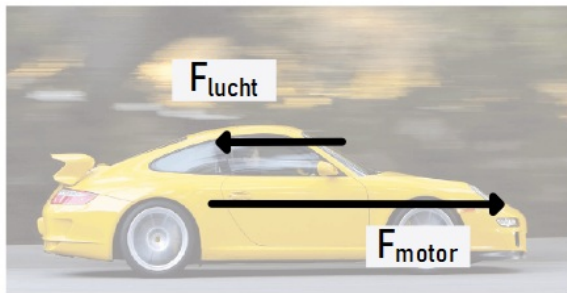


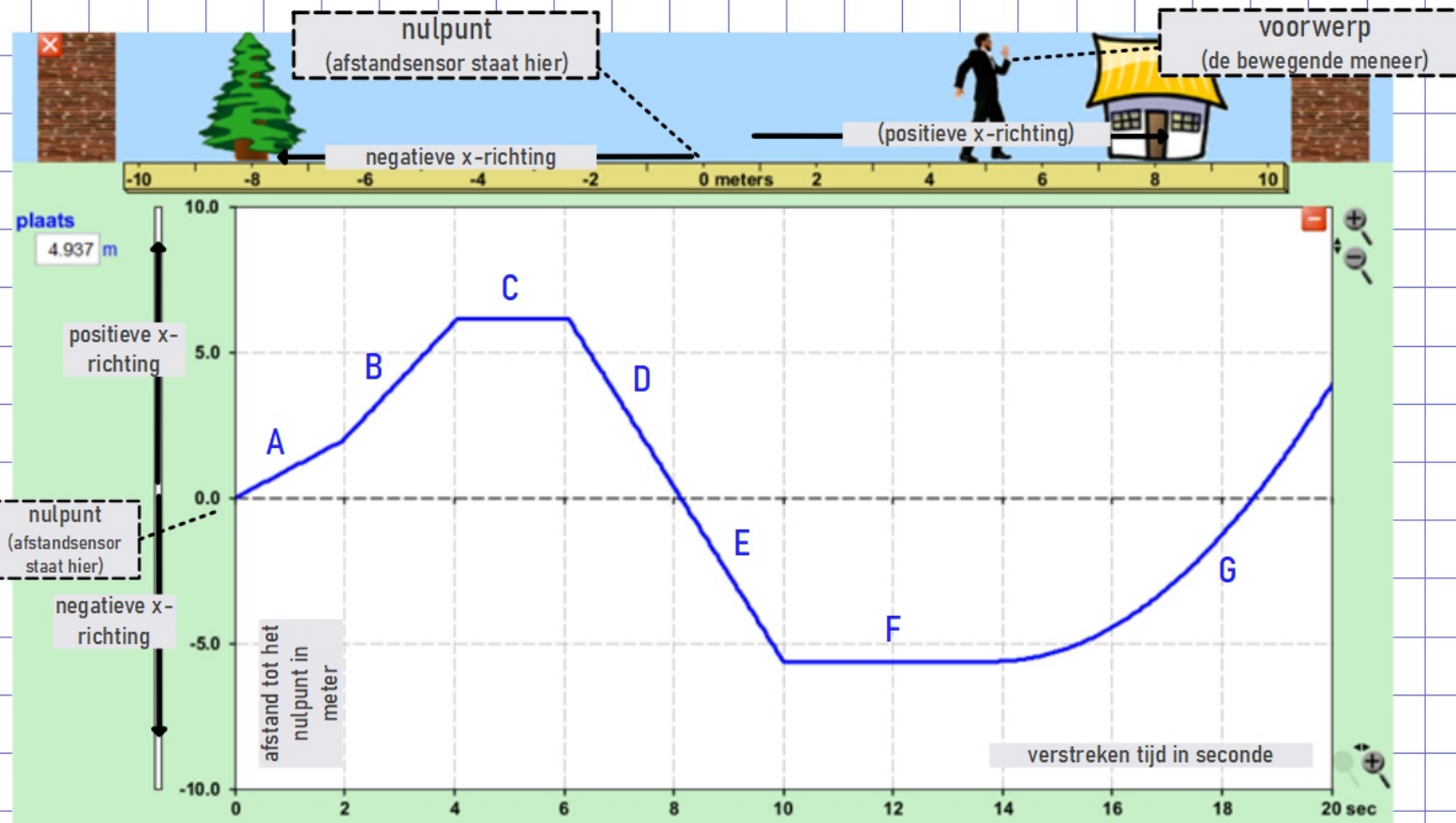












Hoeveel krachten werken er op het voorwerp?

nul

een

meer dan een

Dan is F_{netto} is nul.
Heeft het voorwerp
al een snelheid?

ja

nee

Het voorwerp blijft met
deze snelheid en in een
rechte lijn doorbewegen.

Het voorwerp blijft
stil liggen.

Dan is deze kracht F_{netto}

Verreken deze krachten met elkaar om F_{netto} te vinden:
 $F_{\text{netto}} = (\text{krachten vooruit}) - (\text{tegenwerkende krachten})$

Heeft het voorwerp al
snelheid?

nee

Het voorwerp versnelt
vanuit stilstand in de
richting van F_{netto} .

ja

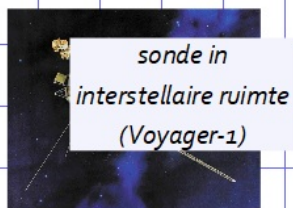
Is deze snelheid
in dezelfde
richting als
 F_{netto} ?

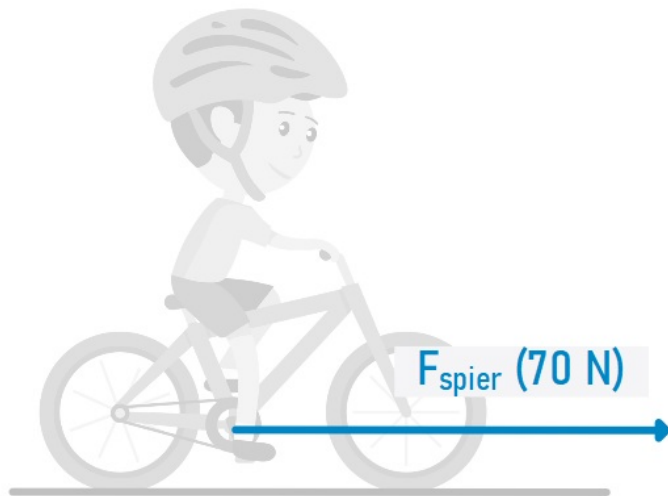
ja

voorwerp
versnelt

nee

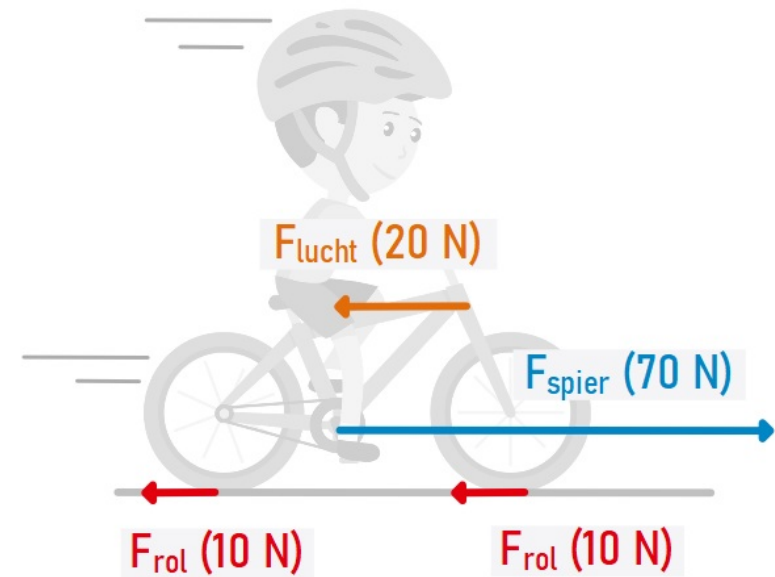
voorwerp
vertraagt





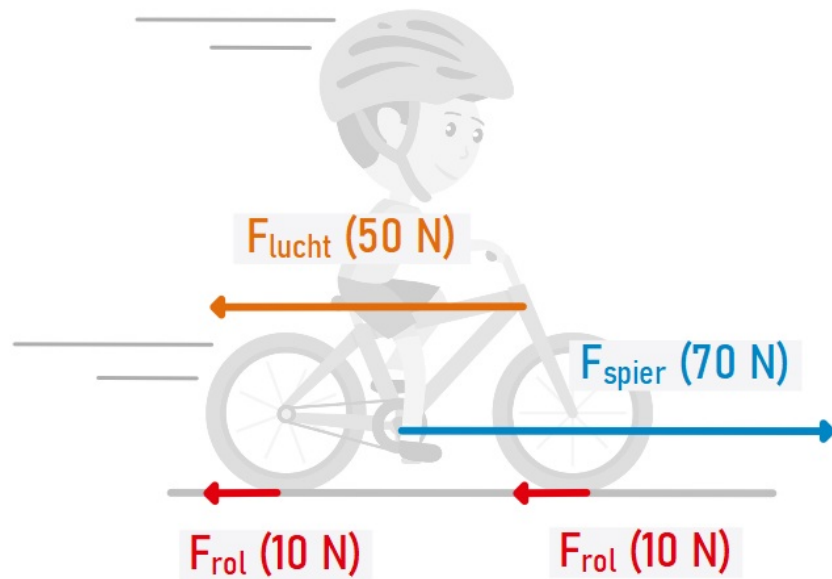
$F_{\text{netto}} = 70 \text{ N}$ (naar voren)

snelheid: 0 m/s



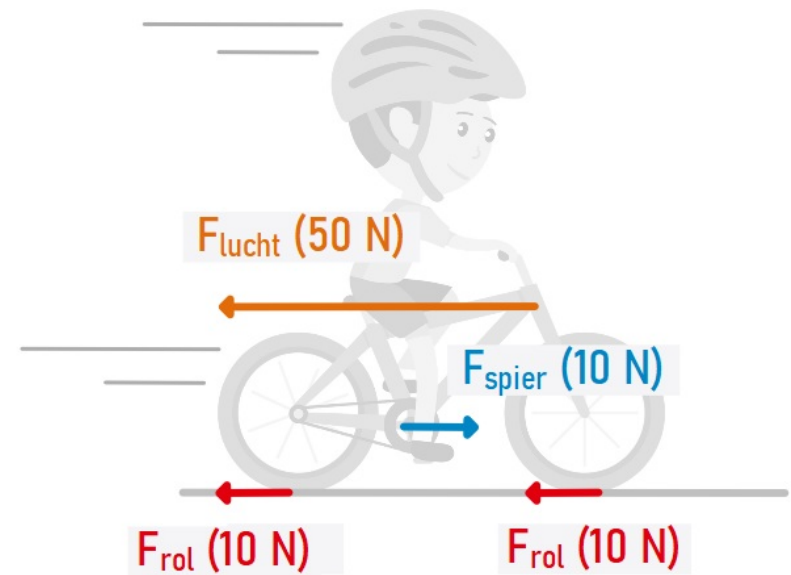
$F_{\text{netto}} = 30 \text{ N}$ (naar voren)

snelheid: 12 m/s



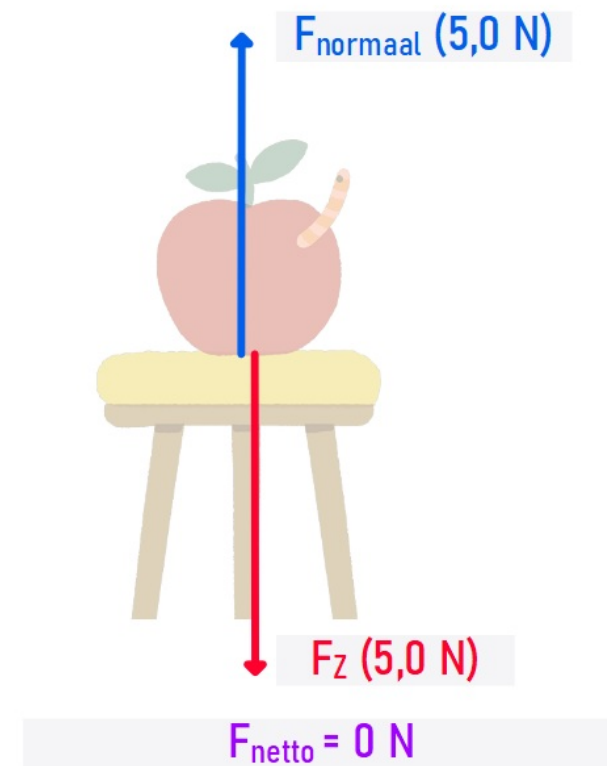
$$F_{\text{netto}} = 0 \text{ N}$$

snelheid: 18 m/s



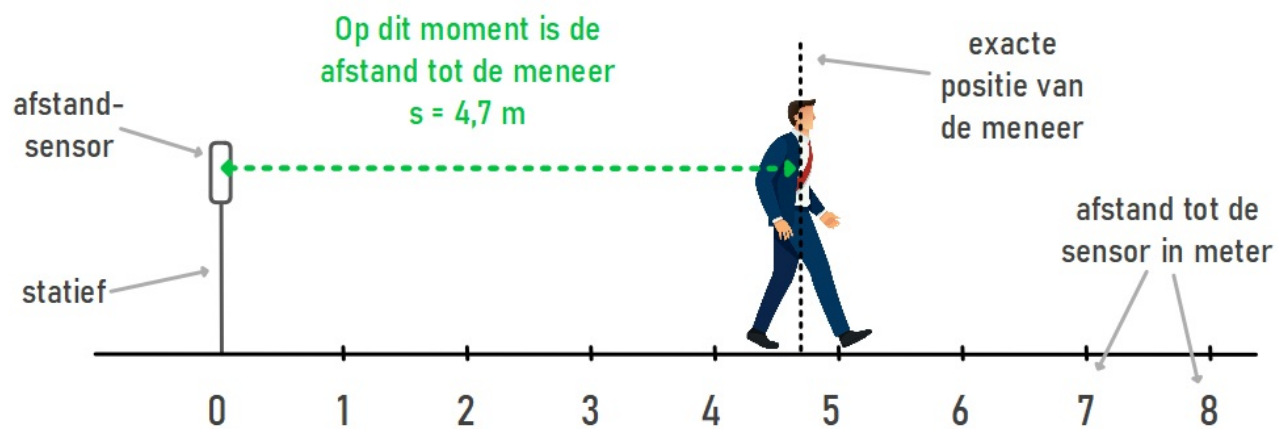
$$F_{\text{netto}} = 60 \text{ N (naar achteren)}$$

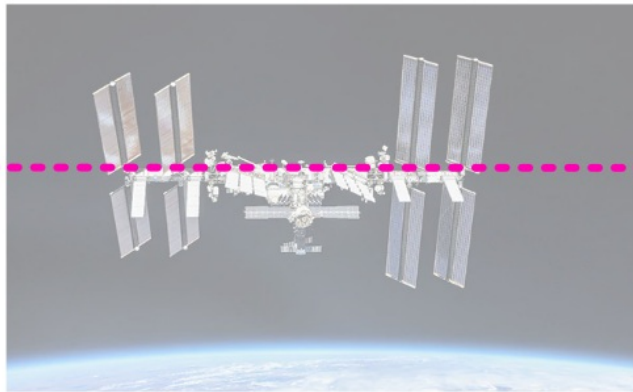
snelheid: 18 m/s



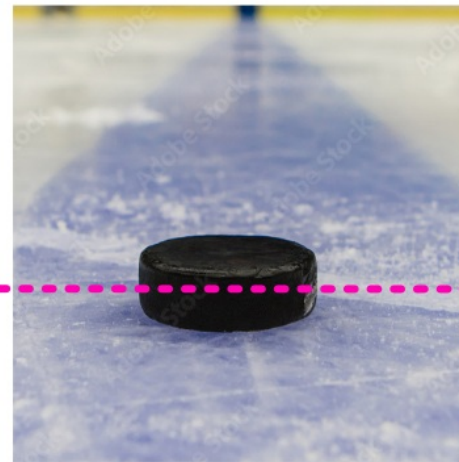


Op dit moment
geeft de stopwatch
aan $t = 1,2$ s.

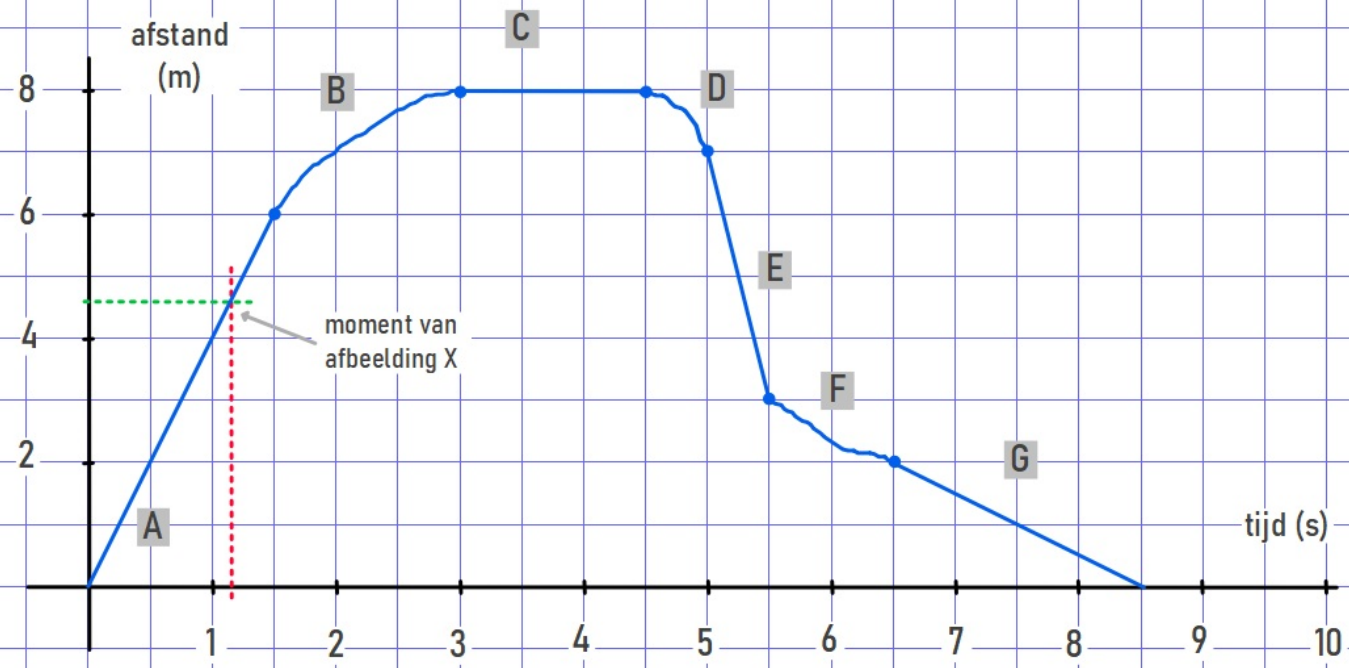


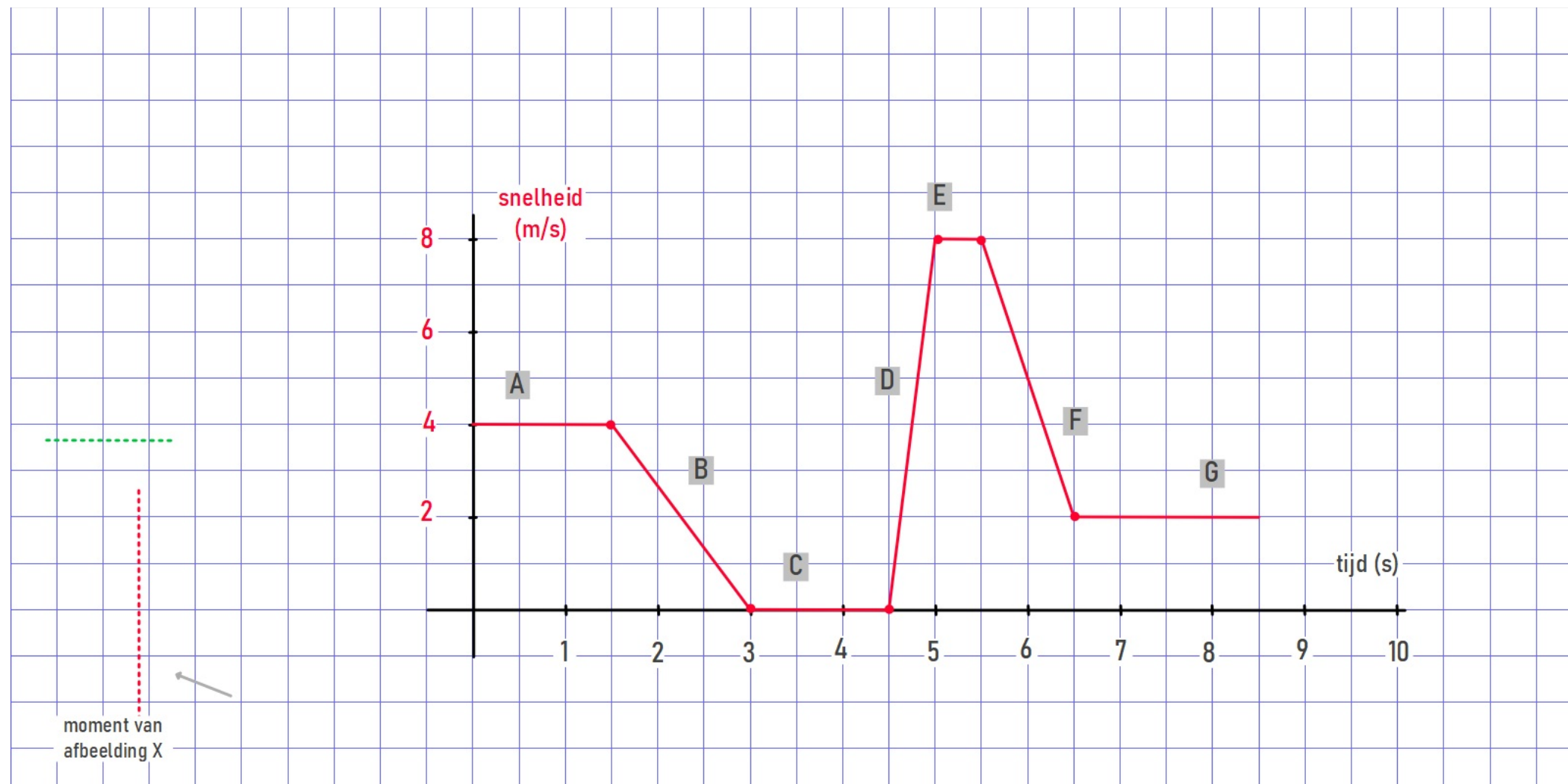


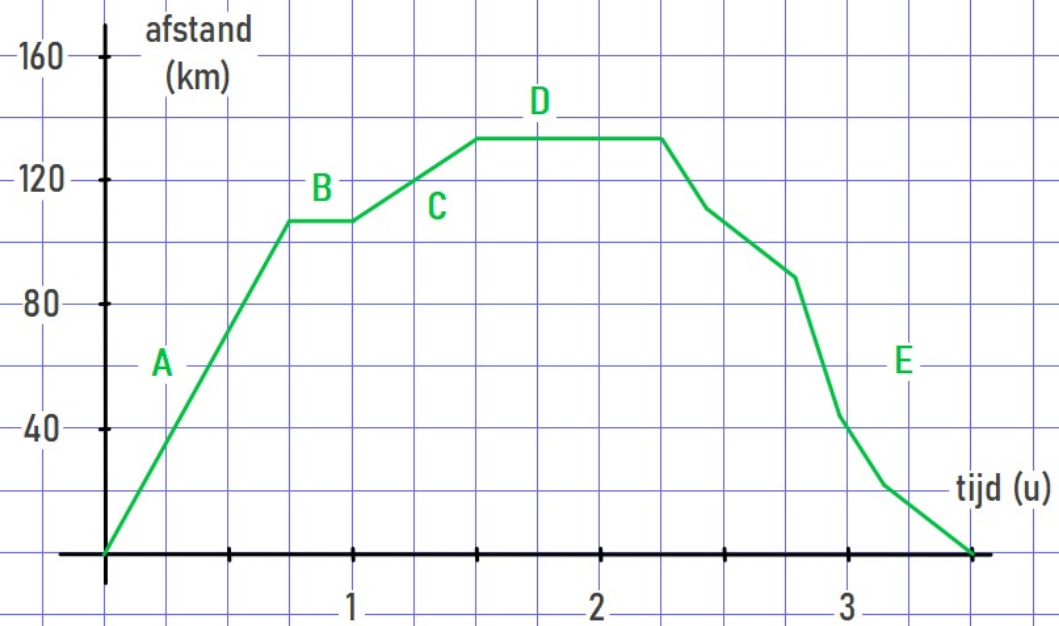
In de zijwaartse richting
werken geen krachten op het
ruimtestation, $F_{\text{netto}} = 0 \text{ N}$

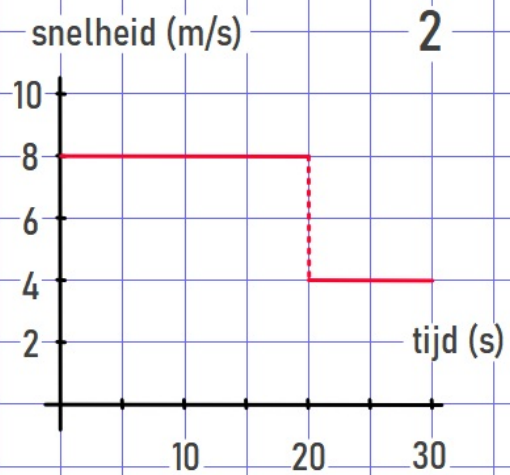
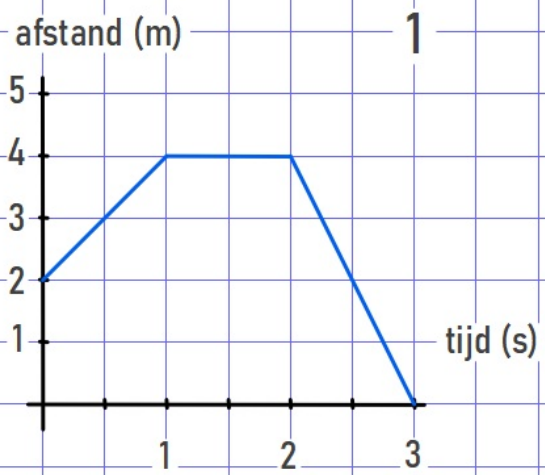


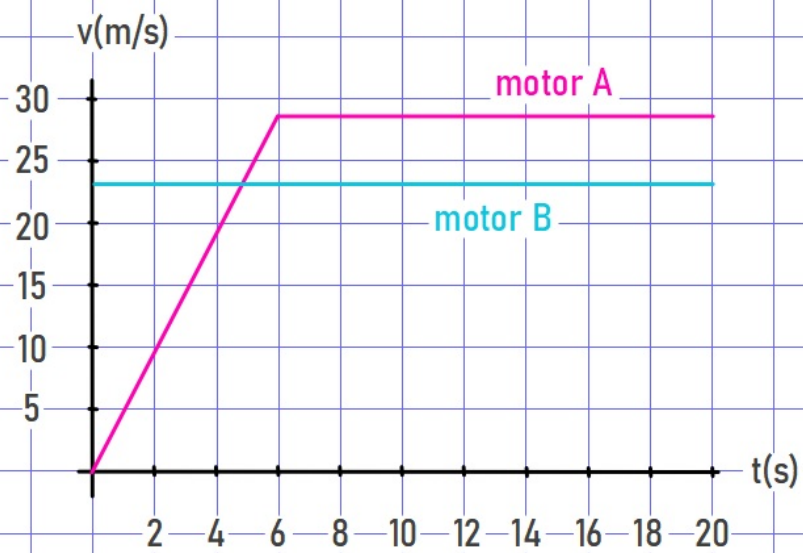
In de zijwaartse richting
werken geen krachten op de
ijshockey-puck, dus $F_{\text{netto}} = 0 \text{ N}$

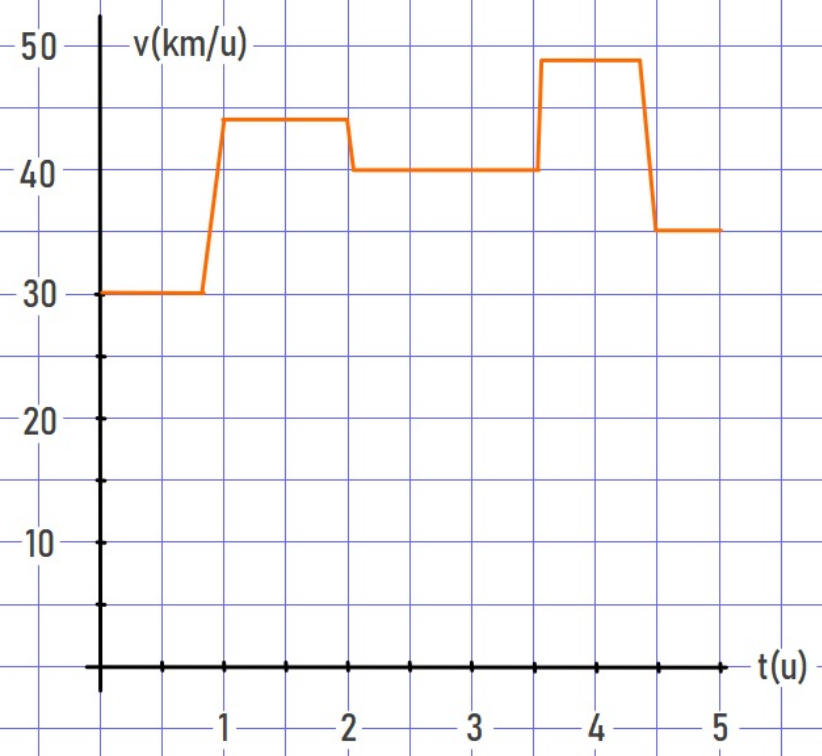












$v(\text{m/s})$

12

10

8

6

4

2

1

2

3

4

5

6

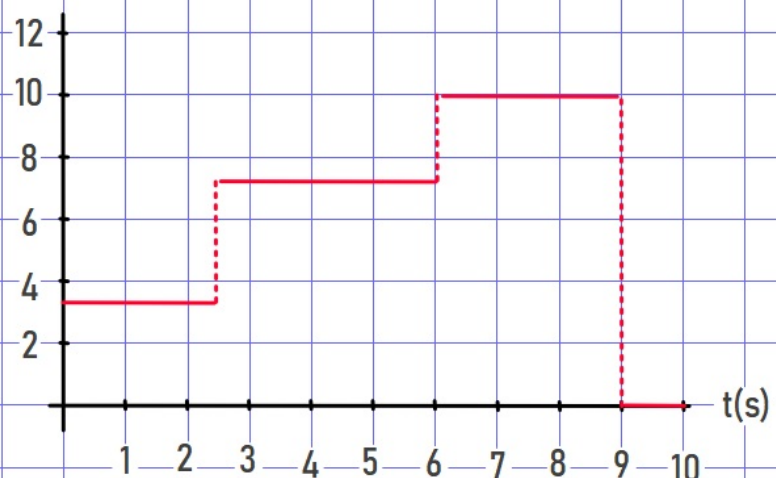
7

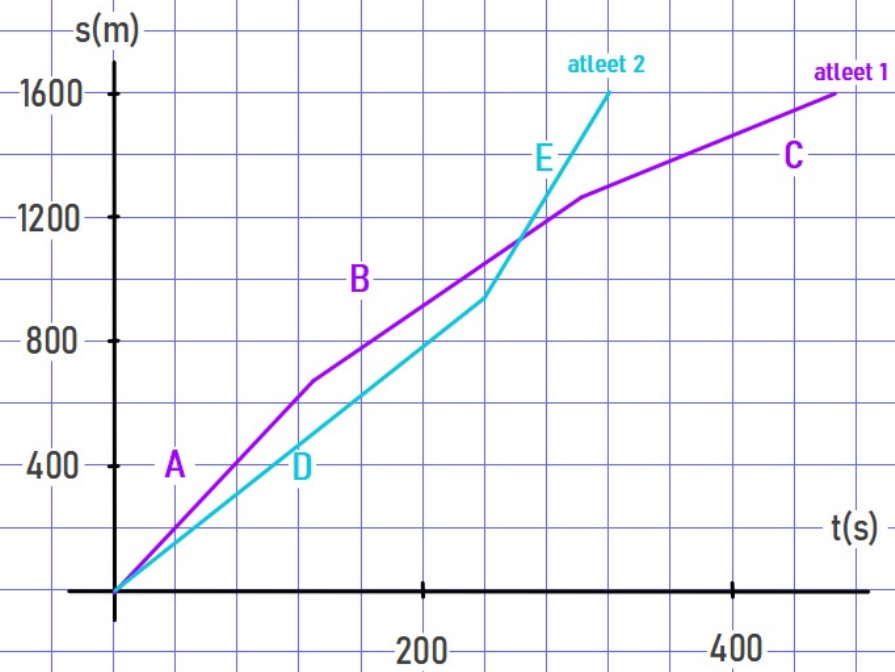
8

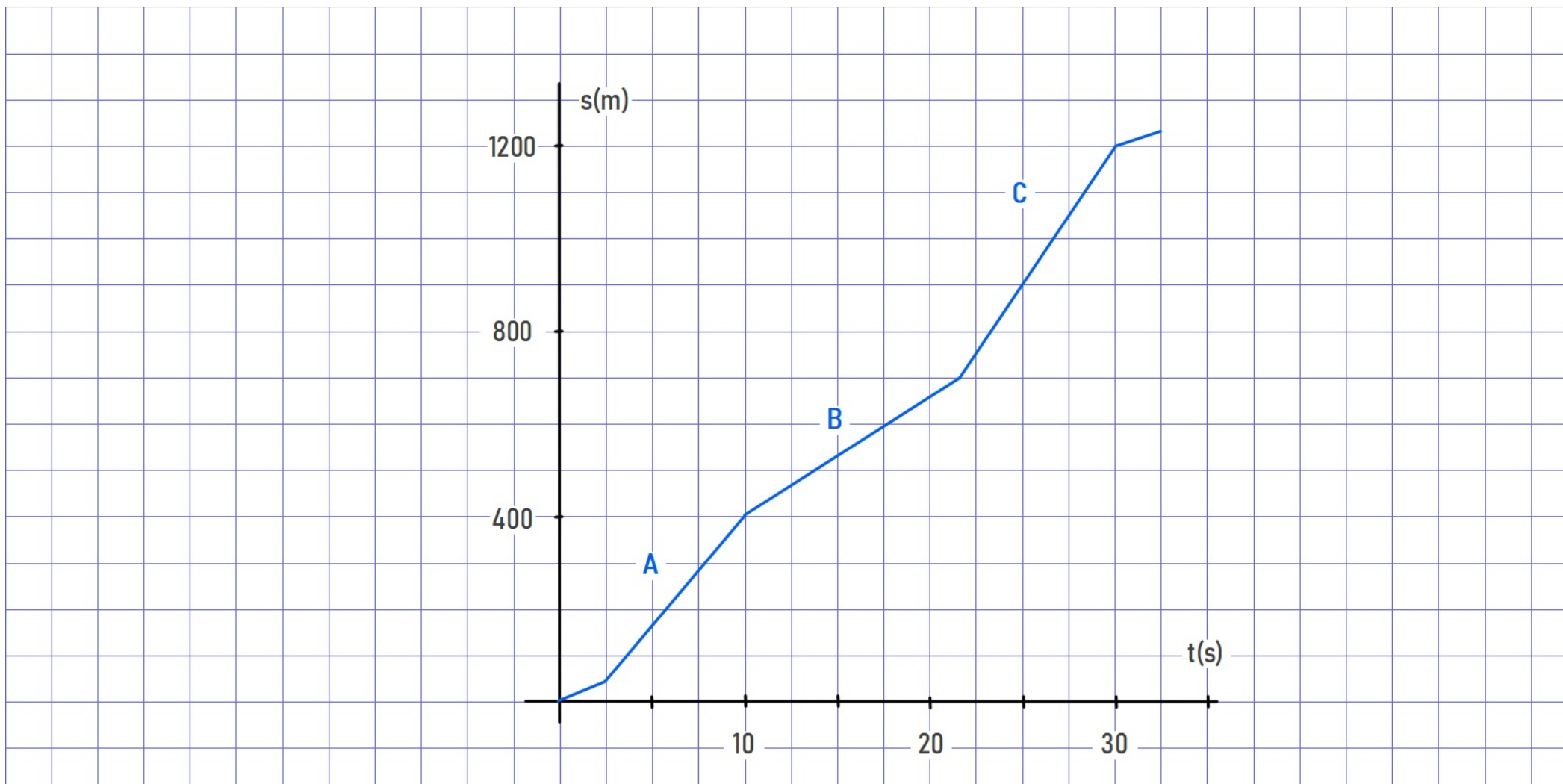
9

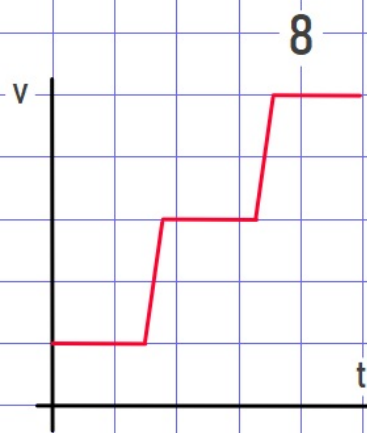
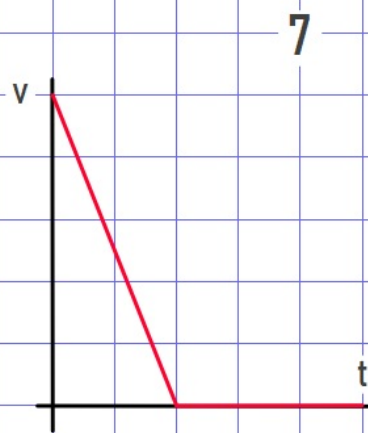
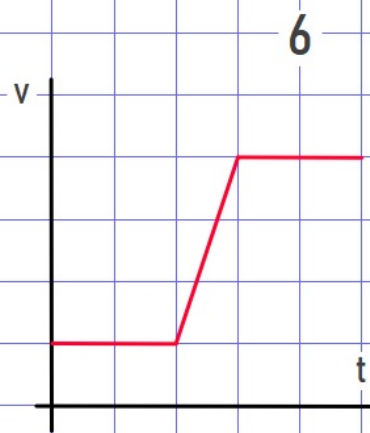
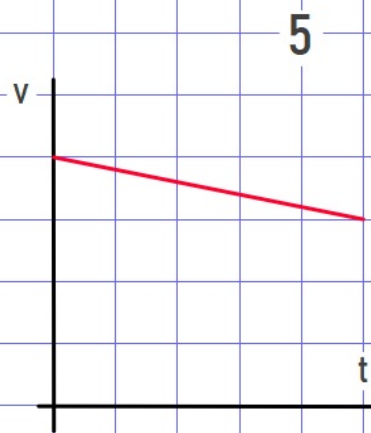
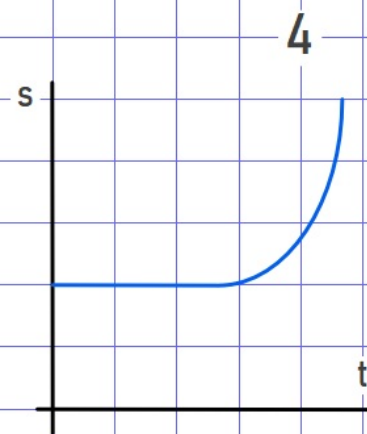
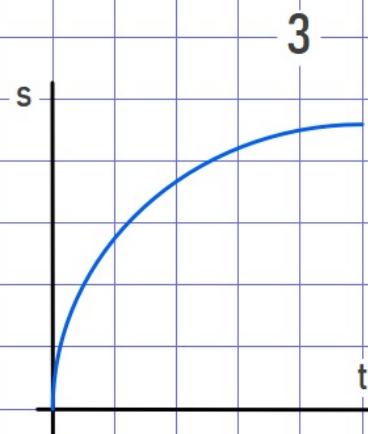
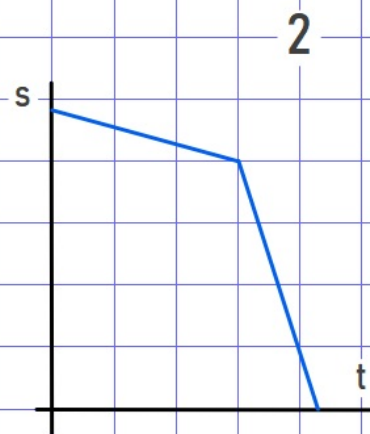
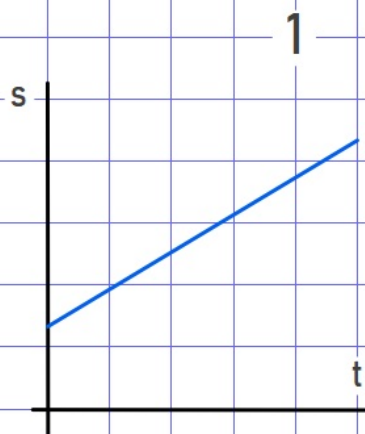
10

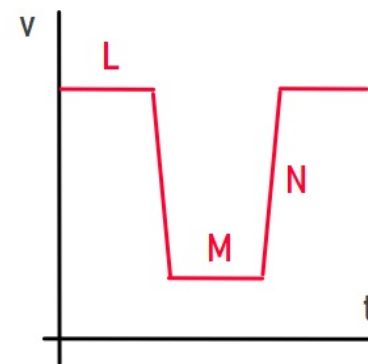
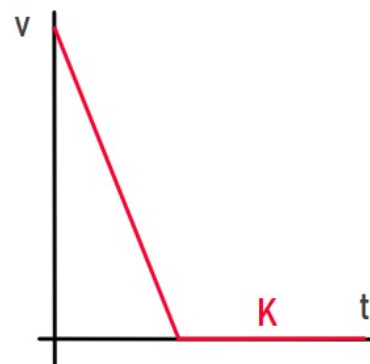
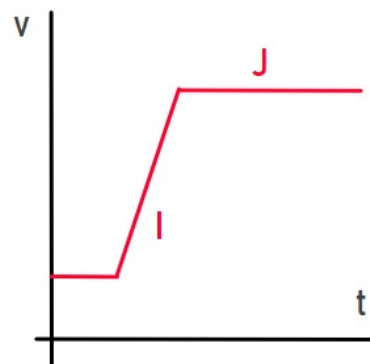
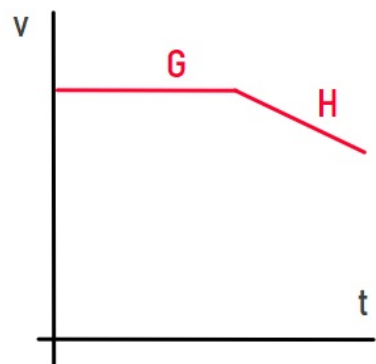
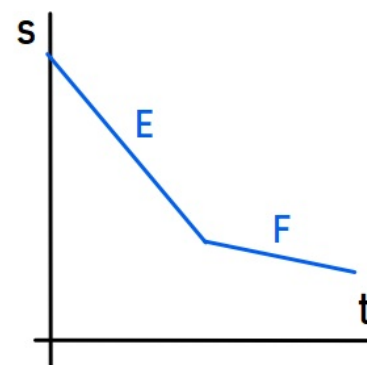
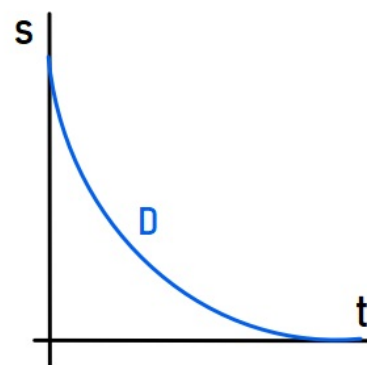
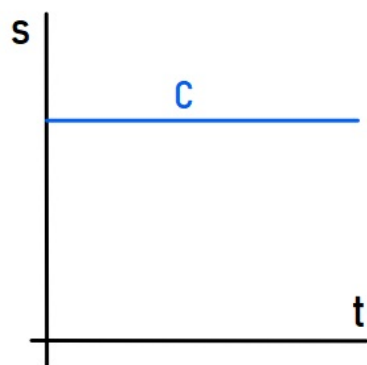
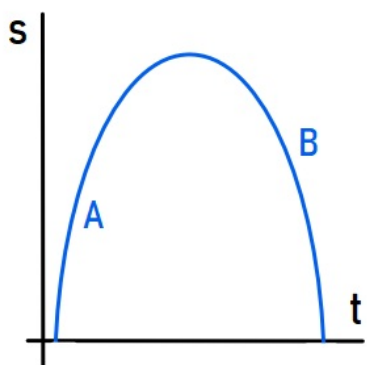
$t(\text{s})$











6

7

8