2 Beweging

2.1 Onderzoek van bewegingen

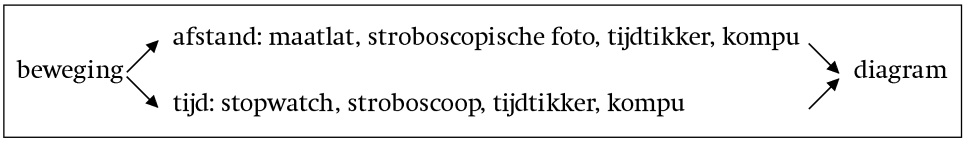
V

1 Op wandelwegen in de bergen staat de afstand altijd aangegeven in tijdseenheden: 'Alm Hütte 2,5 stunden'. Waarom worden afstanden niet altijd zo aangegeven?

2 Wat moet je bij het onderzoek van een beweging steeds meten? Bedenk een getallenvoorbeeld en leg daarmee uit, hoe dat bij een stroboscopische foto en bij een tijdtikker is geregeld.

3 Vergelijk de figuren 2.5 en 2.6 en leg uit of het linker- of het rechteruiteinde van de tikkerband aan het karretje vast zat. Vergelijk de figuren 2.6 en 2.7 en zeg of figuur 2.6 op ware grootte of op schaal is afgebeeld.

S



P

Een wiel met vier spaken draait met een snelheid van 6 omwentelingen per seconde. Het wiel wordt gefilmd met een videocamera die 25 beeldjes per seconde neemt. Hoe lijkt het wiel op de videofilm te bewegen, ten opzichte van de echte beweging?

a even snel
b langzaam vooruit
c langzaam achteruit
d stilstaand, maar je ziet te veel spaken

Opmerking Voor een toelichting op paragraafvragen, -schema's en -puzzels raadplege men het voorgaande hoofdstuk van de opgavenhulp. Het is de bedoeling dat je vanaf §2.4 zélf de paragraafschema's maakt.

6 De algemene vorm van een tabel kun je hiernaast zien. In de kopjes staat steeds de grootheid met de eenheid tussen haakjes. Op de plaats van de puntjes komen alleen getallen te staan, géén eenheden. De notatie (h:m:s) met : als scheidingstekens tussen uren, minuten en seconden wordt trouwens alleen bij tijdstippen en hoeken gebruikt.

vertrektijd (h:m:s)	aankomsttijd (h:m:s)
...	...
...	...
...	...
...	...

7 a Op een grotere snelheid.

8 a Tussen de 1e en de 4e afbeelding liggen drie flitsintervallen (1→2, 2→3, 3→4), de verstreken tijd is dus $3 \times (1/25) = 3 \times 0{,}04 = 0{,}12$ s.

b Er staat 'bepaal', dus meet je de verplaatsing met je geodriehoek. Meet ook de lengte van de meetlat. Bereken daarna de verplaatsing van de schijf.

9 a Je ziet het woord **STOP** stilstaan, omdat de tijdsduur van één omwenteling gelijk is aan de tijdsduur tussen twee flitsen. Tussen twee flitsen in is het donker en zie je niets. De flitsen komen echter zo snel na elkaar, dat je oog het donker niet eens merkt.

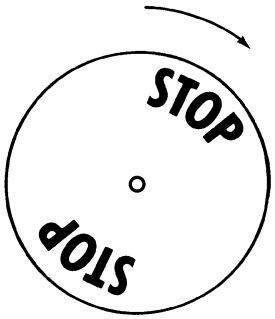
b Je ziet hetzelfde als bij a, maar de flits is maar eens per tweede omwenteling.

c Je ziet 2× **STOP**, twee flitsen op één omwenteling.

d Je ziet 4× **STOP**.

e De tijdsduur tussen twee flitsen duurt iets (korter/langer?) dan bij a, bij elke flits is **STOP** dus iets (minder ver/verder?), **STOP** lijkt dus langzaam (achteruit/vooruit?) te draaien.

f **STOP** lijkt nu langzaam (vooruit/achteruit?) te draaien.



10 A: De snelheid verandert niet, dus ...
B: In het begin is de snelheid groot, later klein, dus ...

2.2 Eenparige rechtlijnige beweging

V

1 Waarom kun je bij figuur 2.12 spreken van 'de' snelheid , en bij figuur 2.13 niet? Welk verband is er tussen figuur 2.12 en de vorm van de grafiek in figuur 2.17?

2 Bepaal uit figuur 2.13 de grootte van v_{gem} (0 s ⇒ 0,50 s). Waarom weet je al bij voorbaat dat v_{gem} ergens tussen 11 en 30 cm/s ligt?

3 Waarom drukt een natuurkundige de oppervlakte in figuur 2.15 in cm uit, en een wiskundige in cm^2? En waarom heeft een natuurkundige het in figuur 2.17 over een steilheid in cm/s, en een wiskundige over een richtingscoëfficiënt zonder eenheid?

S

Formules:

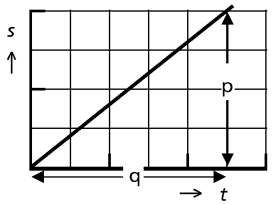
snelheid = $\frac{\text{afstand}}{\text{tijd}} = \frac{p}{q}$

ofwel: $v = \frac{s}{t} \Leftrightarrow s = v \cdot t$

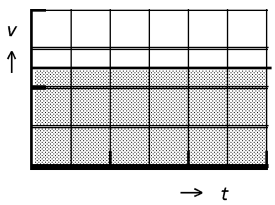
geldt ook voor v_{gem}

relatieve snelheid = verschilsnelheid

Diagrammen:



steilheid ⇒ snelheid



oppervlak ⇒ afstand

P

De baas laat Caesar uit op de fiets. Caesar ziet op 300 m afstand de bazin die hen tegemoet fietst. Terwijl baas en bazin blijven fietsen met respectievelijk 2 m/s en 4 m/s rent Caesar met 5 m/s de bazin tegemoet. Zodra hij haar heeft bereikt, keert hij om en rent met dezelfde snelheid terug naar de baas. Daar keert hij weer om en blijft zo met 5 m/s heen en weer rennen tot baas en bazin elkaar ontmoet hebben. Hoeveel afstand heeft Caesar dan afgelegd?

a 200 m b 250 m c 300 m d 600 m

19 Bereken in beide gevallen de snelheid. Die zou constant kunnen zijn, maar waarom *hoeft* dat niet?

21/22 Dus: snelheid = $\frac{\ldots\ \text{km}}{1\ \text{h}}$ Reken de afstand om naar meters, de tijd naar seconden en voer de deling uit.

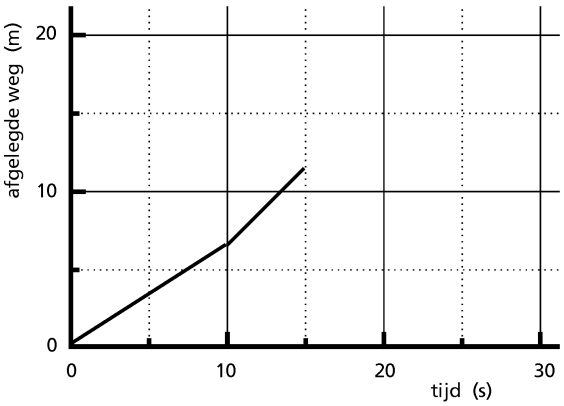
23 Het register achterin Binas verwijst naar tabelnummers en *niet* naar bladzijdennummers!

24 a Zie de opmerking hierboven. Neem aan dat de luchttemperatuur 20 °C is (= 293 K).
c Nee, de 6 s zou ook best 5,5 s of 6,5 s kunnen zijn geweest. Dat geeft veel meer onzekerheid dan de mogelijk andere geluidssnelheid.
d Hoe lang doet het licht erover?

25 De gemiddelde snelheid bereken je door de totale afstand te delen door de totale tijd. In het geval a leidt dat tot dezelfde uitkomst als wanneer je eerst de snelheden in periode 1 en periode 2 uitrekent, en dan het gemiddelde neemt. *Maar pas nu héél goed op:* als je dit laatste doet bij b en c, dan krijg je *een verkeerde uitkomst*, want de klasgenoot fietst de eerste helft in veel *kortere tijd* dan de tweede helft.

26 a De lijn schuin naar boven in het diagram geeft een mogelijk 'tijdpad' aan voor een auto die door kan rijden. Hoe gaat die lijn lopen als de auto een grotere snelheid heeft?
b Kijk of je nu een lijn schuin naar beneden kunt trekken.

27 a Een snelheid kan niet *ogenblikkelijk* een geheel andere waarde krijgen; dat duurt even.
b De afgelegde afstand tussen 25 s en 35 s.
c Tel de afstanden van de aparte 'blokken' op.
d Weg-tijd-diagram betekent: weg verticaal, tijd horizontaal. Begin bij tijd = 0 s en neem aan dat de plaats dan 0 m is. Op tijd = 10 s heeft het voorwerp 7,0 m afgelegd. Daarna neemt de snelheid toe, de grafiek wordt dus steiler. Op tijd = 15 s heeft het voorwerp 7,0 + 5,0 = 12,0 m afgelegd. Rechts is al een begin gemaakt...



28 a Bert fietst langzaam de heuvel op, en gaat er snel weer af; de snelheid zie je aan de steilheid van de grafiek.
b Als de snelheid nul is.
c Er staat 'bepaal', dus lees de afgelegde afstand uit de grafiek af. De snelheid mag ook in m/s.

d Houd goed in de gaten dat in de verschillende tijdsintervallen, bijvoorbeeld tussen 6 minuten en 14 minuten, de snelheid constant is, en dus in de grafiek een horizontale rechte oplevert. Denk aan de km/h!

29 Met relatieve snelheid reken je het makkelijk uit: Joost loopt in een uur ... m meer, en dat zijn ... rondjes. In ... min loopt Joost dus één rondje meer en in die tijd heeft Jeffrey ... m gelopen ⇒ ... rondjes.

30 Eenparige beweging: zie de samenvatting op bladzijde 52 van het Kernboek.

2.3 Het plaats-tijd-diagram

V

1 Wat is het verschil tussen een grafiek en een diagram? Wat is het verschil in betekenis tussen s en x? Waarom begint een (s,t)-grafiek altijd in de oorsprong?
2 Geef *drie* verschillen tussen de beweging van auto A en de beweging van auto B volgens de figuren 2.24 en 2.25.
3 Wat is de betekenis van het snijpunt van de grafieken in figuur 2.26? Welk verschil is er met het snijpunt in figuur 2.27? Bepaal voor beide gevallen de relatieve snelheid.

S

s = afgelegde weg (diagram begint altijd in oorsprong 0!)
x = plaats (diagram kan overal beginnen!)
inhalen of ontmoeten: grafieken snijden elkaar!

P

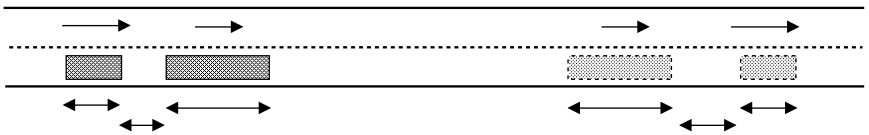
Bij een grote zwemwedstrijd in natuurwater hebben de deelnemers de keuze tussen een parcours in een langzaam stromende rivier of in een meer zonder stroming. In beide gevallen moeten de deelnemers in rechte lijn 1 km heen en 1 km terug afleggen. Welke deelnemers zijn in het voordeel, of maakt het niet uit?

a die die de rivier kiezen hebben voordeel
b die het meer kiezen hebben voordeel
c dat hangt van de stroomsnelheid af
d het maakt niet uit

35 Bepaal eerst de relatieve snelheid waarmee ze elkaar naderen, zie einde vorige paragraaf. Pas op: de twee tijd-assen van de diagrammen zijn verschillend!

36 Grafisch = met behulp van een grafiek. Maak net zo'n grafiek als figuur 2.26 van het Kernboek.

37 a Geef in een schematische tekening (bijvoorbeeld zoals hieronder) de situatie weer bij het begin van de inhaalmanoevre, en bij het einde ervan. Noteer in je figuur alle gegevens. Je kunt het gevraagde dan zo uit je figuur aflezen!



b Reken de relatieve snelheid (18 km/h) om naar m/s.
c Bereken eerst hoe lang de inhaalmanoevre duurt.

38 Een echte ‘breinkraker’. Het woord ‘bepaal’ geeft aan dat je de zaak grafisch (met een grafiek) aan moet pakken. Maak dus een plaats-tijd-diagram en teken daarin de mogelijke grafieken van Mariska en haar moeder.
Een andere manier van oplossen: kijk goed naar de beweging van de moeder, hoeveel eerder dan normaal pikt de moeder Mariska op?

2.4 Afgelegde weg en verplaatsing

V

1 Je fietst 's morgens naar school, en legt dan 2,3 km af. 's Middags fiets je eerst met je vriendje naar zijn huis (1,6 km) en rijdt dan door naar je eigen huis (0,9 km). Hoe groot is op die dag je afgelegde weg en hoe groot je verplaatsing?
2 In figuur 2.29 zijn drie tijdstippen aangegeven, daarbij zijn twee Δt's aan te geven. Bereken die Δt's en ook de bijbehorende Δx (denk aan + en - tekens!).
3 Wat kun je in woorden zeggen over de snelheid van de wandelaar in figuur 2.30? Klopt dat met wat je ziet in figuur 2.31? En wat kun je in woorden zeggen over de plaats x van de wandelaar in figuur 2.31? Klopt dat met figuur 2.30?

Opmerking

S

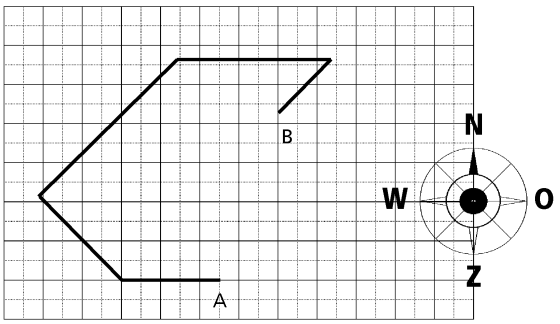
Vanaf hier moet je de paragraafschema's zelf maken. Bekijk daarbij af en toe nog eens de voorgaande schema's (ook die uit hoofdstuk 1). Het is de bedoeling dat het maken van schema's je helpt bij het bestuderen van de paragraaf, en bij het voorbereiden van een toets. Gebruik in een schema *géén complete zinnen.* Die zijn niet snel te overzien.

P

Charlie zwiert, zittend op een knoop in een touw, precies 10× heen en weer in de gymzaal. Ze legt zo in totaal 40 m af in 50 s. Daarom was haar gemiddelde snelheid:
a 0,80 m/s b 0 m/s c dat hangt er maar van af

41 Eerst afspreken, welke richting (naar boven of naar beneden) je positief neemt. Als je naar omhoog positief neemt, komt er -15 m uit de verplaatsing. Bij de afgelegde weg wordt alles positief gerekend.

42 Zie de kompasroos voor de windrichtingen! De resulterende verplaatsing is de rechtstreekse pijl van startplaats A naar eindplaats B.



43 a Afgelegde afstand, dus alles positief nemen.
b In één keer uit eind- en beginplaats berekenen.

44 De oppervlakte tussen 40 s en 60 s ligt onder de x-as en moet je dus een negatieve waarde geven. De plaats-tijd grafiek loopt dan dus schuin naar beneden.

2.1 t/m 2.4 Zelftoets

Het is de bedoeling dat je deze zelftoets onder 'repetitieomstandigheden' maakt, met alleen je Binas erbij, en dat je daarna je cijfer bepaalt met behulp van de uitwerkingen achter in de opgavenhulp.
Bij elke opgave is de paragraaf uit het Kernboek vermeld tot welke je de theorie moet kennen.

NB

Als er in een opgave 'bepaal' staat, dan moet je een gegeven diagram aflezen of op een andere manier gebruiken. Vaak moet je ook nog iets uitrekenen. Staat er 'bereken', dan moet je alleen met de gegeven getallen werken.

1 Koets (§2.1)

Jan Jansen heeft de trouwerij van z'n zus op video vastgelegd. Toen Jan de video vertoonde, leek het net of de spaken van de trouwkoets stilstonden. Een videocamera neemt 25 beeldjes per seconde op.

a Leg uit hoe het kan, dat de spaken op een video schijnbaar stilstaan.

Elk wiel had 12 spaken en had een middellijn van 1,2 m.

b Bereken de afstand die de koets aflegde bij één wielomwenteling.

c Bereken de snelheid die de koets had (daarvoor heb je je antwoord op a nodig).

Later reed de koets langzamer en leek op de video het aantal spaken verdubbeld.

d Leg uit hoe die spakenverdubbeling tot stand komt.

e Bereken de nieuwe snelheid van de koets.

2 Ontmoeting (§2.3)

Een fietser en een automobilist rijden elkaar op een weg tegemoet. Op $t = 0$ s bevindt de auto zich bij het plaatsbordje 25,6 km en de fiets bij het bordje 20,4 km. De auto heeft een snelheid van 30 m/s, de fiets van 9,0 m/s.

a Bereken hun relatieve snelheid.

b Bereken wanneer en waar de automobilist en de fietser elkaar ontmoeten.

c Teken in een diagram van de vorm als hiernaast de plaats-tijd-grafieken van de auto en de fiets. Controleer met het diagram je berekeningen van b.

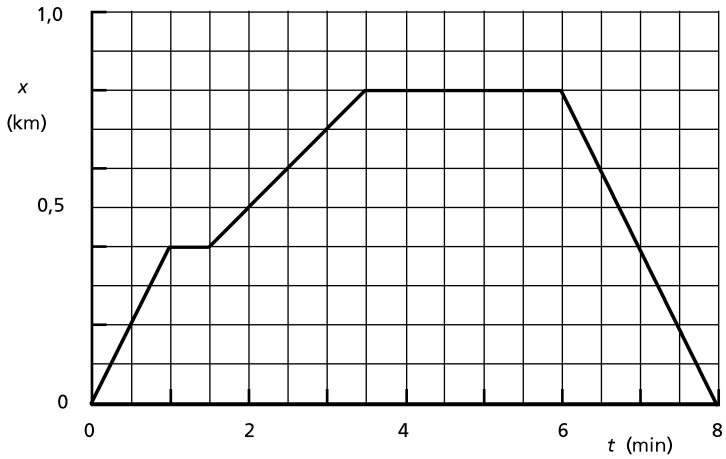


De fietser herkent het autotype op een afstand van 0,5 km.

d Bepaal op welk tijdstip dat is.

3 Broodje halfom (§2.4)

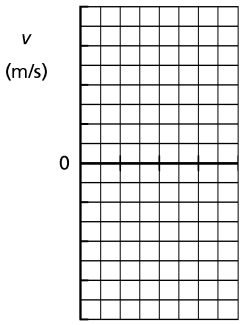
Jaap fietst, omdat hij zijn brood heeft vergeten, van school naar een broodjeszaak en terug. De grafiek van zijn plaats tegen de tijd is hieronder schematisch weergegeven.



a Waarom moet je bij zo'n hoekige grafiek wel zeggen dat die schematisch is?

b Bepaal de weg die Jaap in totaal aflegt.

c Teken de (snelheid,tijd)-grafiek van Jaap in een diagram zoals rechts is weergegeven. Gebruik dezelfde tijdas als in het gegeven (*x*,*t*)-diagram.



Een complete uitwerking van deze zelftoets vind je, mét een normering ter bepaling van je cijfer, achter in de opgavenhulp.

2.5 Snelheid op een tijdstip

V

1 Hoe kun je aan een plaats-tijd-diagram zien of een beweging wel of geen constante snelheid heeft? En of de snelheid in dat laatste geval toe- of afneemt?
2 Beschrijf in je eigen woorden hoe je uit een plaats-tijd-diagram van een beweging die geen constante snelheid heeft de snelheid op een tijdstip t kunt bepalen. Wat moet je doen om een schatting te maken van de onzekerheid in die snelheidsbepaling?
3 Zie de samenvatting op het einde van de paragraaf. Wat is de 'raaklijnmethode' en wat is de 'oppervlaktemethode'?

P

Achilles en de schildpad hielden een hardloopwedstrijd over 50 m. Ruimhartig gaf Achilles de schildpad 16 m voorsprong. Korte tijd na de start had Achilles zijn achterstand teruggebracht tot 8 m, na een kortere tijd weer tot de helft (4 m) en na een nog kortere tijd weer tot de helft, enzovoort. Volgens sommigen kan daarom Achilles de schildpad nooit inhalen, omdat hij eindeloos bezig blijft met het halveren van zijn achterstand. Wat nu?
a dat is waar
b dat is onzin, maar dat is niet te bewijzen
c dat komt er van als je niet goed met 0 gedeeld door 0 kunt omgaan

50 a Je kunt over een langer stuk gemiddeld 'vijftig' hebben gereden en toch soms korte tijd 'honderd'. De gemiddelde snelheid zegt dan niets over de overtreding.
b Je kunt – relatief gezien – nauwkeuriger meten, maar het gaat minder lijken op de snelheid op een tijdstip.

51 Je kent de snelheid van het geluid. Als de pulsen elkaar snel opvolgen (wat het geval is), dan berekent het programma vrijwel de snelheid op een tijdstip.

52 b/c Teken eerst het stuk met de constante snelheid in je diagrammen. Schets dan de andere stukken. Let op een goede begin- en eind-snelheid.

53 Je moet bij b en f raaklijnen trekken. Dat gaat minder precies dan een grafiek aflezen, daarom kun je wel een iets ander antwoord krijgen dan dat van de antwoordenlijst achterin het Kernboek.
f Vergelijk eens met je antwoord op c!

54 Maak gebruik van de antwoorden op de vorige opgave (behalve c). Op het laatst is de snelheid negatief!

55 a Gebruik de oppervlakte-methode.
b De eerste twee seconden een rechte schuine lijn door de oorsprong, daarna wordt de grafiek geleidelijk aan steeds steiler.

2.6 Eenparig versnelde rechtlijnige beweging (1)

V

1 Hoe kun je in een (v,t)-grafiek het verschil zien tussen een versnelde en een vertraagde beweging? En hoe zie je of die *eenparig* versneld of vertraagd is?
2 Leg in je eigen woorden uit wanneer iets een versnelling van 3,0 m/s^2 heeft. Idem voor een versnelling van -3,0 m/s^2. Welke formule hoort daar bij?
3 Zie de figuren 2.48 en 2.49. Is er tussen t = 3 s en t = 5 s sprake van een versnelling of van een vertraging? En tussen 12 s en 14 s? Leg uit.

P

Jan zegt dat een voorwerp met een negatieve versnelling altijd *afremt*. Volgens Willem kan een voorwerp met een negatieve versnelling ook wel *versnellen*. Hoe zit dat?
a Jan heeft gelijk b Willem heeft gelijk

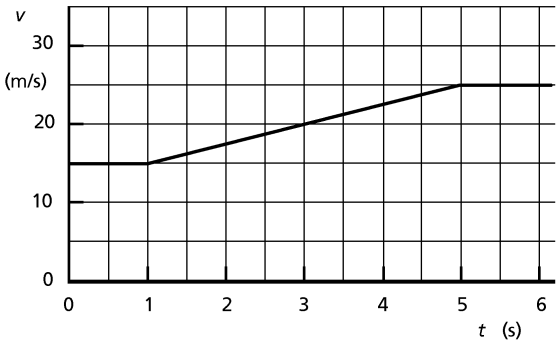
59/60 Je kunt de definitie van versnelling (zie hiernaast) gebruiken.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

62 Het is al helemaal voorgedaan voor t = 4,0 s!

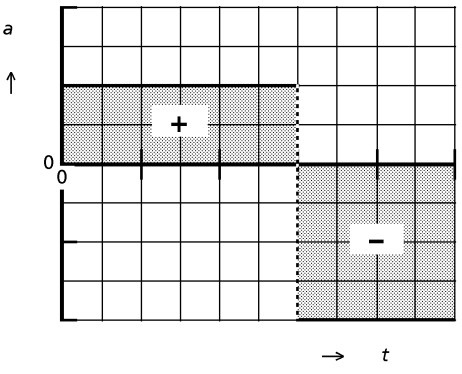
63/64 Je kunt de definitie van versnelling (zie rechtsboven) gebruiken.

65 a Reken eerst km/h om naar m/s.
b De snelheid neemt regelmatig toe van 15 m/s tot 25 m/s. Daarom is de gemiddelde snelheid 20 m/s. Je kunt ook het oppervlak onder de grafiek bepalen tussen 1 en 5 s. Dat is 80 m. Delen door 4 s geeft 20 m/s.



66 a Je moet dus *twee* snelheidsfuncties opstellen (van 0 tot 8 s en van 8 tot 12 s).
b Vergelijk met de figuren 2.48 en 2.49 van het Kernboek: als de (v,t)-grafiek horizontaal loopt, is a gelijk aan 0, als de (v,t)-grafiek schuin omhoog (omlaag) loopt volgens een rechte lijn is a constant en positief (negatief).

67 a Bepaal het oppervlak tussen de grafiek en de horizontale as (bij a = 0) van 0 s tot 3 s.
b Het deel van de oppervlakte onder de horizontale as moet je negatief tellen, daar neemt de snelheid immers weer af.



68 a Bij een eenparig versnelde beweging zou de snelheid volgens een *rechte* grafiek (schuin omhoog) toenemen.
b De steilheid van de grafiek is een maat voor de versnelling!

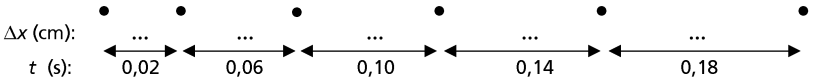
2.7 Onderzoek van een tikkerband

V

1 De eertste stippen op jouw tikkerband zitten op een kluitje en daarom zet je $t = 0$ s pas bij stip nummer 6. Hoe verandert daardoor jouw grafiek vergeleken met de figuren 2.54, 2.55 en 2.56?
2 Door de tijd-verschuiving van hierboven is er al een snelheid op $t = 0$ s. Is daardoor de *versnelling* veranderd die je uit jouw grafiek bepaalt? En verandert er iets aan de formule $v(t) = a \cdot t$?
3 Mag je in figuur 2.56 op de verticale as v_{gem} vervangen door v? Leg uit waarom (niet).

71 a Tussen twee opeenvolgende stippen zit 1/50 = 0,02 s. Tussen stip 0 en stip 8 zit $8 \times 0{,}02 = 0{,}16$ s.
b Berekenen in m/s.
c Zet de tijd horizontaal, maak de grafiek zoals in figuur 2.54 van het Kernboek.
d Teken nu de punten en de lijn zoals in figuur 2.56.
e/f De steilheid van de rechte grafiek bepaalt de versnelling.

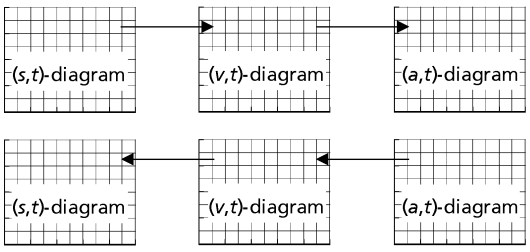
72 Bepaal vijfmaal de (gemiddelde) snelheid v_{gem} tussen twee naburige stippen en maak het (v,t)-diagram. Let speciaal op de tijdstippen die bij elke v_{gem} horen. Het zou trouwens ook een vertraging geweest kunnen zijn!



2.8 Eenparig versnelde rechtlijnige beweging (2)

V

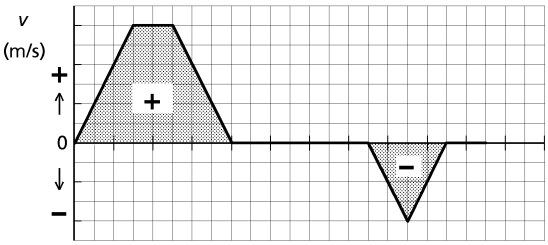
1 Noteer de formules voor snelheid en afgelegde weg bij een eenparig versnelde beweging. Wat betekent $v(t)$, wat betekent $v(0)$? In welk geval moeten de formules worden uitgebreid? Probeer dat eens voor de $v(t)$-formule.
2 Zie het nevenstaande schema. Noteer voor elke pijl wat je moet doen om uit het ene diagram het andere te kunnen bepalen.
3 Zie het nevenstaande schema. Noteer voor elke pijl wat je moet doen om uit het ene diagram het andere te kunnen bepalen.



Opmerking De formules $v(t) = a \cdot t$ en $s(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2$ uit deze paragraaf heb je pas bij de opgaven van de *volgende* paragraaf nodig!

77 Het wordt in het Kernboek al voorgerekend voor $t = 10$ s; je kunt natuurlijk ook de bovenstaande formules gebruiken.

78 Spreek af dat de bovenwaartse richting als positief geldt.



a Er is ook enige tijd een *negatieve* snelheid.

b Versneld noem je een beweging, als de snelheid in *grootte* toeneemt, afgezien van het + of -teken.

e/f Al het oppervlak dat boven de 0 m/s ligt telt voor de verplaatsing positief, wat eronder ligt negatief.

79 De remvertraging haal je uit de steilheid van de grafiek, de remweg uit het oppervlak onder de grafiek. Omdat het slechts om verhoudingen gaat, kun je zelf getallen (bijvoorbeeld 1 t/m 4) op de assen plaatsen.

80 a De grafieken beginnen horizontaal. *Niet:* ze beginnen in de oorsprong!

b Vergelijk zowel hun afgelegde weg als hun eindsnelheid na het optrekken.

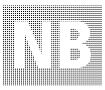
81a Een snelheidsgrafiek verandert niet als de beginplaats $s(0)$ verandert, dus kun je uit een snelheidsgrafiek geen beginplaats aflezen.

b Dan hebben ze beiden precies dezelfde weg afgelegd.

c B heeft bij het inhalen een grotere snelheid dan A, en B heeft vlak voor het inhalen minder afstand afgelegd dan A.

2.5 t/m 2.8 Zelftoets

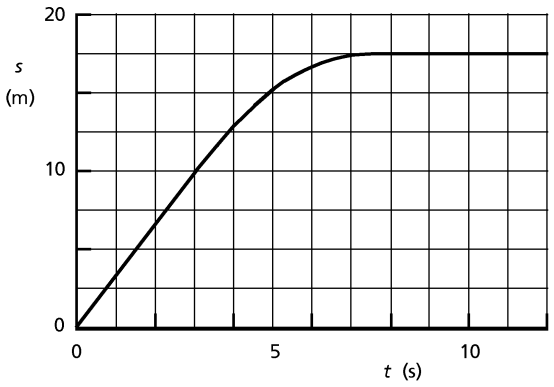
Het is de bedoeling dat je deze zelftoets onder 'repetitieomstandigheden' maakt, met alleen je Binas erbij, en dat je daarna je cijfer bepaalt met behulp van de uitwerkingen achter in de opgavenhulp.
Bij elke opgave is de paragraaf uit het Kernboek vermeld tot welke je de theorie moet kennen.



Als er in een opgave 'bepaal' staat, dan moet je een gegeven diagram aflezen of op een andere manier gebruiken. Vaak moet je ook nog iets uitrekenen. Staat er 'bereken', dan moet je alleen met de gegeven getallen werken.

1 Stoplicht (§2.6)

Een fietser remt voor een stoplicht. In het diagram hiernaast is de afgelegde weg s van de fietser gegeven als functie van de tijd.



a Bepaal tussen welke twee tijdstippen de fietser aan het remmen was.
b Bepaal de snelheid van de fietser vóór hij met remmen begon.
c Bepaal ook zijn snelheid op $t = 5{,}5$ s.
d Bepaal de gemiddelde snelheid van de fietser tussen 0 s en 12 s.

Neem aan dat de fietser afremde met een constante vertraging.
e Bepaal de vertraging van de fietser tijdens het remmen.

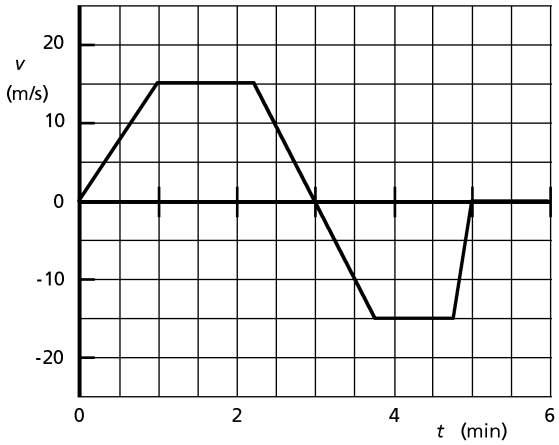
2 Speelgoedautootje (§2.7)

Een speelgoedautootje wordt gebruikt voor een proef. In het autootje is een inktdruppelaar gebouwd, die per seconde 5 druppeltjes laat vallen. Het spoor dat het autootje achterlaat, is hieronder 10× verkleind afgebeeld.

a Teken met behulp van dit druppelspoor een (v,t)-grafiek. Noteer voor minstens één geval je berekeningen. Neem bij het trekken van de grafiek aan, dat de versnelling constant was.
b Bepaal uit je diagram de versnelling van het autootje. Geef aan hoe je dat doet.

3 Proefrit (§2.8)

Tijdens een proefrit van een tram werd de snelheid gemeten als functie van de tijd. De gegevens zijn (in vereenvoudigde vorm) verwerkt tot het nevenstaande diagram.



a Wanneer trekt de tram op, en wanneer remt hij af?

b Teken in een diagram het verband tussen de versnelling van de tram en de tijd en noteer je berekeningen.

c Wanneer rijdt de tram vooruit, en wanneer achteruit?

d Leg uit op welke manier je uit het gegeven (v,t)-diagram de verplaatsing van de tram kunt aflezen tijdens de eerste twee minuten.

e Bepaal de totale verplaatsing van de tram tussen t = 0 min en t = 6,0 min.

Een complete uitwerking van deze zelftoets vind je, mét een normering ter bepaling van je cijfer, achter in de opgavenhulp.

Intermezzo Problemen oplossen

Overzicht krijgen

Bij het ingewikkelder worden van de natuurkundeopgaven wordt het steeds moeilijker om een goed overzicht over de opgave te krijgen. Zo'n overzicht moet je echter wél hebben om tot een oplossing te komen. Het is daarom belangrijk om systematisch te werk te gaan bij de aanpak van een opgave.
In de uitwerkingen van de voorgaande zelftoets (achter in de opgavenhulp) kun je al het begin van zo'n systematische aanpak vinden. Er wordt daar eerst een tekening gemaakt, waar alle gegevens bij worden geschreven. Daarna worden bruikbare formules genoteerd, en zover als mogelijk ingevuld. Als je dan nog eens goed kijkt wat er eigenlijk wordt gevraagd, zie je vaak al gauw de oplossing.

Stappen

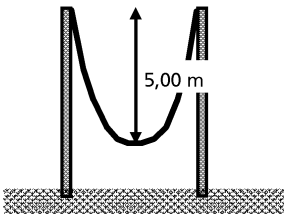
Bedenk dus, dat je bij het oplossen van een vraagstuk de moed niet mag opgeven, als je niet eerst de volgende stappen hebt gezet:

- een tekening of schetsje hebt gemaakt,
- daar de gegevens hebt bijgeschreven,
- bruikbare formules hebt opgeschreven en ingevuld,
- en goed hebt gekeken wat er eigenlijk wordt gevraagd!

Vergeet vooral die laatste stap niet, want daar ligt het begin van je oplossing!

Blind staren

Je moet er ook op bedacht zijn dat je je blind kunt staren op een probleem. Als je er niet verder mee komt, laat het dan even liggen, óók tijdens een repetitie. Als je het later weer oppakt, dan zie je soms zomaar een heel andere aanpak. Als voorbeeld het volgende probleempje:
Een 10,00 m lang touw hangt tussen twee lange palen. Het touw hangt 5,00 m door, zoals rechts schematisch is weergegeven. Hoe ver staan de palen uit elkaar?
Het lijkt een moeilijk probleem, waar je veel wiskunde voor nodig hebt. Als je daarmee vastloopt, dan kun je even later plotseling in een flits de oplossing zien (of niet, helaas!).



Uitproberen

Probeer het gebruik van de bovenstaande stappen maar uit op de opgaven van de komende paragrafen. De volgende zelftoetsen zullen ook op die manier worden uitgewerkt. In het volgende hoofdstuk wordt in een *intermezzo* het aanpakken van problemen verder besproken aan de hand van een 7-Stappen-Plan.

2.9 Het gebruik van formules en diagrammen

In het *intermezzo* op de vorige bladzijde is beschreven hoe je opgaven aan kunt pakken door te beginnen met vier vaste stappen.

1 Lees de opgave van het *eerste* voorbeeld uit de paragraaf door en voer de vier genoemde stappen uit vóórdat je in de uitwerking kijkt.

2 Lees de opgave van het *tweede* voorbeeld uit de paragraaf door en voer de vier genoemde stappen uit vóórdat je in de uitwerking kijkt.

3 Lees de opgave van het *derde* voorbeeld uit de paragraaf door en voer de vier genoemde stappen uit vóórdat je in de uitwerking kijkt.

82 Zie het **Eerste voorbeeld** in de paragraaf van het Kernboek; dat is een volkomen vergelijkbaar probleem. Een andere oplossingsmanier: Bereken eerst de snelheid die Rintje *gemiddeld* heeft over de eerste 20 m. Zijn eindsnelheid is 2× zo groot als hij constant versnelt. Laat dat zien met behulp van een (v,t)-grafiekje.

83 Vergeet niet eerst naar m/s om te rekenen. Hoeveel legt Kevin af vóór hij reageert? Hoelang duurt het remmen?

84 Maak *zeker* een plaatje met alle gegevens. Zie verder de voorgaande opgave.

85 Het verband tusen de diagrammen wordt uitgelegd in de voorgaande §2.8; zie speciaal de samenvatting.

86 De snelheid van de motorrijder tijdens de vertraging is gemiddeld 72 km/h (precies tussen 90 en 54 in), dat is 20 m/s. Vergelijk met de eerdere opgave 65 (§2.6). In de 4,0 s wordt dus 80 m afgelegd. Je kunt ook een (v,t)-diagram tekenen en daaruit de afstand bepalen.

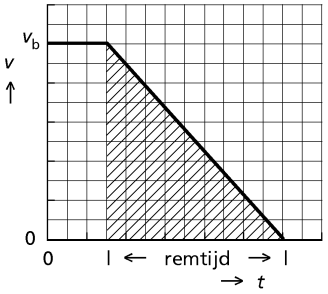
87/88 Bereken de remtijd uit de afstand en de gemiddelde snelheid van de auto tijdens het remmen (= 45 km/h). Uit de remtijd kun je (met de definitie van versnelling) de remvertraging uitrekenen.

89 Reken km/h eerst om naar m/s. Je hebt zowel de formule voor de snelheid v als die voor de afgelegde weg s nodig. Schrijf die laatste op in de vorm: $s = \frac{1}{2}(a \cdot t) \times t$ (zie hiernaast!) en vind zo uit hoeveel $a \cdot t$ is. Gebruik dan de andere formule.

Let op:
Uit de wiskundeles:
(a + b)×c = a×c + b×c
(a×b)×c = a×b×c

90 Geef eerst in een schetsje van de situatie de reactieafstand, de remafstand en de stopafstand aan.
   a Kijk bijvoorbeeld wat de reactieafstand is, als de beginsnelheid van de auto 25 m/s bedraagt (grafiek I).
   b Bepaal bijvoorbeeld voor v_b = 25 m/s de stopafstand en de remafstand (grafiek II).

c De remafstand is het oppervlak van de gearceerde driehoek hiernaast:
remafstand = $\frac{1}{2} \cdot v_b \cdot$ remtijd.
Ook is $a = {}^{v_b}/_{\text{remtijd}} \Rightarrow$
remtijd = ...$\Big\} \Rightarrow$ .....



d Gebruik de net afgeleide formule. Als de remvertraging in beide gevallen even groot is, kun je die a's in de verhouding op elkaar wegdelen.

Intermezzo Beweging wiskundig bekeken

Als een voorwerp met een constante versnelling vanuit stilstand vertrekt, dan ken je al de wiskundige formules die de plaats en de snelheid van een voorwerp beschrijven. Die formules kunnen gemakkelijk worden uitgebreid tot de situatie dat er een beginsnelheid is:

$$x(t) = \underline{x(0) + v(0) \cdot t} + \tfrac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \text{en} \quad v(t) = \underline{v(0)} + a \cdot t$$

De onderstreepte delen geven de uitbreidingen van de bekende formules aan, met verder: $x(t)$ = plaats op tijdstip t, $x(0)$ = plaats op tijdstip 0 en het overeenkomstige voor $v(t)$ en $v(0)$. Als je handig met wiskunde bent, kun je met deze formules snel een oplossing voor bewegings-problemen vinden.
De linkerformule is een vergelijking van de vorm: $a \cdot t^2 + b \cdot t + c = 0$ met a, b, en c als getallen. Zoals je van de wiskunde-les weet, heeft die vergelijking twee oplossingen t_1 en t_2 volgens de abc-formule:

$$t_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Je moet bij het werken met deze formules wel zorgvuldig zijn met het gebruik van + en - tekens. Als + een richting aangeeft, geeft - de tegengestelde richting aan. Dus kan een beginsnelheid een + teken (snelheid naar rechts of naar boven) of een - teken (snelheid naar links of naar beneden) hebben. Hetzelfde geldt voor de versnelling.

2.10 Valbeweging: onderzoek van een vrije val

V

1 Waarom hebben op de maan alle vallende voorwerpen een *vrije* val, en waarom is dat op aarde niet zo? In welke Binas-tabel vind je de waarde g op andere planeten?
2 Hoe kun je uit de afmetingen van figuur 2.74 aflezen dat de versnelling van de vallende kogel constant is?
3 Wat betekent 'valversnelling'? Waarom heeft die een ander symbool dan a? Waar op aarde vind je andere waarden voor g dan 9,81 m/s^2?

P

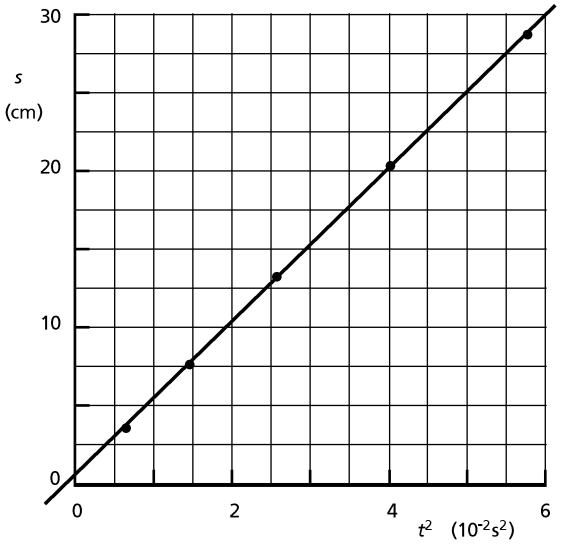
Je laat een bolletje piepschuim en een precies even grote stalen kogel vanaf dezelfde hoogte vallen. Het bolletje piepschuim is het laatst op de grond. Dat komt doordat:
a lichte stoffen altijd langzamer vallen
b de zwaartekracht op de stalen bol veel groter is
c de luchtwrijving op het piepschuim relatief groter is

95/96 Vergeet niet, als je de formules opschrijft, om $g = 9{,}8$ m/s^2 in te vullen.

97 a Eenparig versneld $\Rightarrow$ v is elke Δt met hetzelfde bedrag groter geworden. De afstand tussen de stippen is een maat voor v, dus ...

b Bepaal bij tikkerband II Δv, je weet Δt, dus kun je a uitrekenen.

98a/b Meet de verplaatsingen met je geodriehoek en bepaal de schaal door ook 30 cm op te meten: 116 mm (geodriehoek) $\triangleq$ 30 cm (in 't echt). De verplaatsing is bij de tweede afbeelding moeilijker te meten.

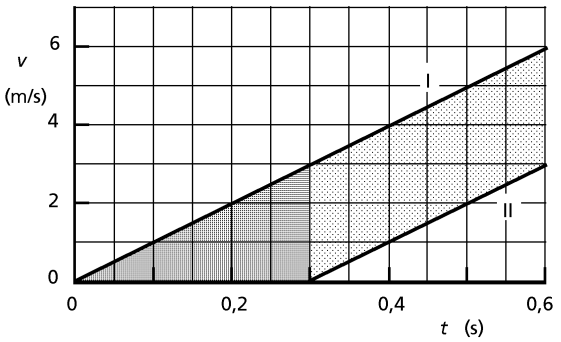


d/g/h De grafiek is recht omdat $s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$, vergelijk dat met $y = a \cdot x$ (wiskunde!), dan komt t^2 overeen met x en $\frac{1}{2} \cdot g$ met a (steilheid).
De steilheid is dan:
$29{,}5 \text{ cm} / 6{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 4{,}917 \text{ m/s}^2 = \frac{1}{2} \cdot g \Rightarrow$
$g = 9{,}83 \text{ m/s}^2$

i Het kogeltje begon niet precies op $t = 0$ s te vallen!

99 Bereken eerst de valtijd (vergeet niet: km/h → m/s!).

100 Zie hiernaast: het driehoekige oppervlak (donker gearceerd) is de afstand die druppel I heeft afgelegd wanneer druppel II na 0,3 s begint met vallen. Het ruitvormige oppervlak (licht gearceerd) is de afstand die druppel I méér aflegt dan druppel II in de volgende 0,3 s.



f Vergelijk het met een elastiekje dat je uitrekt.

2.11 Valbeweging met wrijving

V

1 Wat betekent de opmerking bovenaan bladzijde 96: 'Dat betekent dat het voorwerp daar nog vrij valt.'? Waarom moet (zie figuur 2.80) de steilheid van grafiek I 9,8 m/s^2 zijn? Hoe zie je in de figuur dat de invloed van de luchtwrijving steeds groter wordt?
2 Wat wordt er bedoeld met 'eindsnelheid'? Hoe groot is de versnelling van het vallende voorwerp dan? Van welke twee factoren hangt de grootte van de eindsnelheid af?
3 Waarom hebben de twee grafieken in figuur 2.81 bij t = 0 s dezelfde steilheid? Teken zo goed mogelijk in één (a,t)-diagram de twee grafieken die horen bij de grafieken I en II van figuur 2.81.

P

Een massieve stalen kogel ondervindt ook bij een flinke snelheid een verwaarloosbare luchtwrijving. Als je zo'n kogel laat vallen, krijgt die een valversnelling van 9,8 m/s^2. Maar hoe is het als je die kogel met een vaart naar beneden gooit? Dan is na het loslaten zijn valversnelling:
a minder dan 9,8 m/s^2 b gelijk aan 9,8 m/s^2 c groter dan 9,8 m/s^2

103a/b Waarom staat er de ene keer 'bepaal' en de andere keer 'maak een schatting'?
c Het frontoppervlak is het oppervlak dat de langswaaiende luchtstroom 'ziet'.

2.9 t/m 2.11 Zelftoets

Het is de bedoeling dat je deze zelftoets onder 'repetitieomstandigheden' maakt, met alleen je Binas erbij, en dat je daarna je cijfer bepaalt met behulp van de uitwerkingen achter in de opgavenhulp.
Bij elke opgave is de paragraaf uit het Kernboek vermeld tot welke je de theorie moet kennen. Gebruik de aanwijzingen in het intermezzo 'Problemen oplossen' van bladzijde 24!

1 Vliegdekschip (§2.9)

Een straaljager wordt vanaf een vliegdekschip gelanceerd met behulp van een stoomkatapult. Daarbij wordt de snelheid van de straaljager in korte tijd vanuit stilstand gebracht op 250 km/h. De versnelling die daarbij optreedt, bedraagt 35 m/s^2.

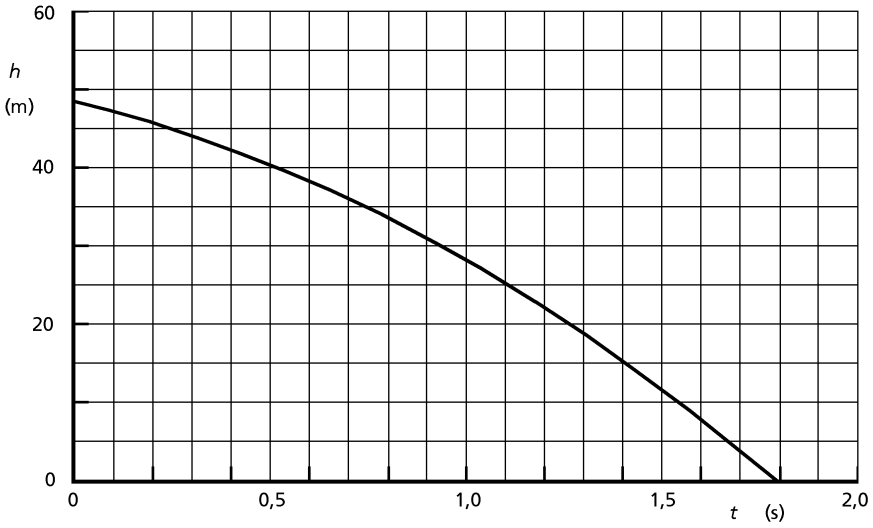
a Bereken hoe lang zo'n lancering duurt.
b Bereken hoeveel afstand voor de lancering nodig is.

Na een vlucht landt de straaljager op het vliegdek en wordt afgeremd door elastische touwen die over het dek zijn gespannen. De aanvliegsnelheid bedraagt 220 km/h. Het afremmen duurt 3,1 s.

c Bereken de vertraging die het vliegtuig dan ondervindt.
d Bereken de remweg van het vliegtuig.

2 Onbekende planeet (§2.10)

Op een onbekende planeet zonder atmosfeer wordt met een prop papier de valversnelling bepaald. In het diagram hieronder is voor het laatste stuk van die val de hoogte h van de prop uitgezet tegen de tijd.



a Bepaal de snelheid van de prop op het tijdstip t = 0 s.
b Bepaal de snelheid waarmee de prop de grond treft.
c Waarom maakt het hier niet uit of je een prop papier of een zware steen gebruikt?
d Bepaal de valversnelling op de planeet.

3 Badmintonshuttle (§2.11)

Solmaz en Karel onderzoeken hoe een badmintonshuttle valt. Karel heeft een shuttle enkele malen uit een raam op de 2e verdieping laten vallen en Solmaz heeft de beweging van de shuttle goed bekeken. Volgens haar versnelde de shuttle in het begin maar had hij de laatste 4 m een constante snelheid.

a Leg uit waarom het te verwachten is dat een vallende shuttle na korte tijd een constante snelheid krijgt.

Toen ze echt gingen meten, kregen ze de volgende resultaten: totale valhoogte: 8,6 m, totale valtijd: 1,81 s en valtijd over de laatste 4,0 m: 0,67 s.

b Teken zo goed mogelijk de (v,t)-grafiek van de shuttle.

c Geef een toelichting op je grafiek.

Een complete uitwerking van deze zelftoets vind je, mét een normering ter bepaling van je cijfer, achter in de opgavenhulp.

Over de zelftoetsen

De zelftoetsen geven je de gelegenheid om je voortgang te testen. Het is de bedoeling dat je een zelftoets onder 'repetitieomstandigheden' maakt, met alleen je Binas erbij. Daarna kun je je cijfer bepalen met behulp van de uitwerkingen. Je kunt ook alleen een deel van een zelftoets maken, want bij elke opgave is de paragraaf uit het Kernboek vermeld tot welke je de theorie moet kennen.

In de uitwerkingen wordt elk te behalen punt met ① aangegeven, ② geeft 2 punten aan. Bij elke (deel)vraag is het maximum aantal punten vermeld en de getalsmatige antwoorden zijn **vetgedrukt**. De cijferberekening gaat volgens de formule:

$$\text{cijfer} = \frac{(\text{aantal punten})}{(\text{maximum aantal punten})} \times 9 + 1$$

Dus bij 'alles goed' is je cijfer een 10 en bij 'alles fout' een 1. Stel dat het maximum aantal punten 45 pt is en je hebt 28 pt behaald, dan is je cijfer gelijk aan:

$$\text{cijfer} = \frac{28}{45} \times 9 + 1 = 6{,}6$$

2.1 t/m 2.4 Uitwerking zelftoets

Elk te behalen punt wordt met ① aangegeven, ② geeft 2 punten aan. Bij elke (deel)vraag is het maximum aantal punten vermeld en de getalsmatige antwoorden zijn **vetgedrukt**.

1 Koets (12 pt)

2pt a Bij elk volgende beeldje zijn de wielen weer een stukje verder gedraaid; als er 12 spaken zijn dan is het wiel $\frac{1}{12}$ deel van een cirkel rondgedraaid. ②

2pt b Omtrek wiel = afgelegde afstand bij één omwenteling ①
Omtrek = $2 \cdot \pi \cdot r = 2\pi \cdot 0{,}6 = 3{,}77$ m = **3,8 m** ①

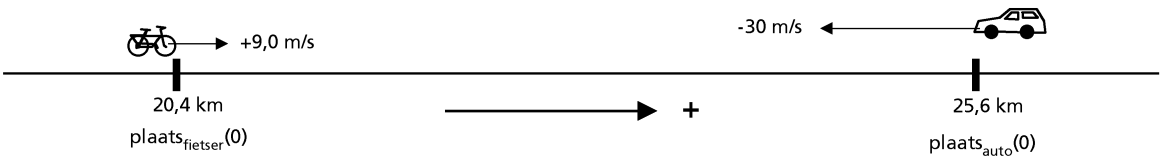
4pt c Neem aan: $\frac{1}{12}$ omwenteling per beeldje, dus per $\frac{1}{25}$ seconde. ①
Dan is er $\frac{1}{12} \cdot 3{,}77$ m afgelegd in $\frac{1}{25}$ s ① ⇒
snelheid = $\frac{\frac{1}{12} \times 3{,}77}{\frac{1}{25}}$ = **7,9 m/s** ① (= 28 km/h)
Ook is $\frac{2}{12}$ omwenteling per beeldje mogelijk, maar dan gaat de koets wel erg hard ($2\times$!).

2pt d Bij elk volgende beeldje is het wiel $\frac{1}{24}$ deel verder, ① spaak zie je 'er tussen in'. ①

2pt e snelheid is dan $\frac{\frac{1}{24} \times 3{,}77}{\frac{1}{25}}$ = **3,9 m/s** ①

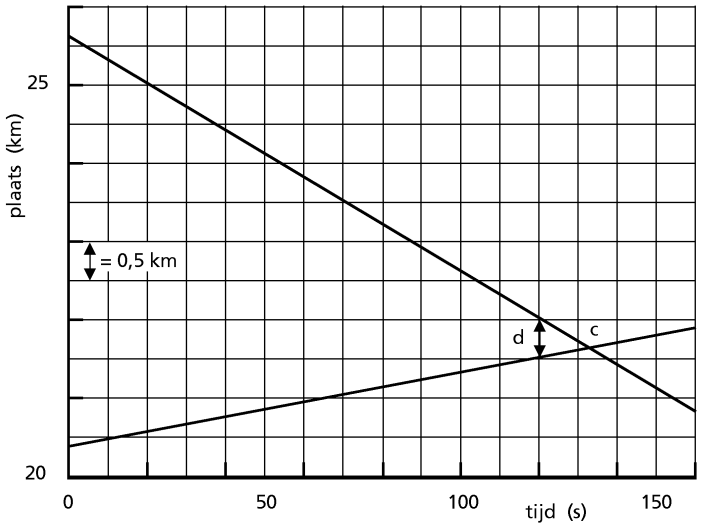
2 Ontmoeting (14 pt)

Let op het consequent gebruiken van de + en de - richting!



3pt a $v_{rel} = v_f - v_a$ ① = 9,0 - (-30) ① = **39 m/s** ①

5pt b Hun onderlinge afstand gaat van 25,6 - 20,4 = 5,2 km naar 0 km.① Die afstand wordt afgelegd met 39 m/s ① ⇒ dat duurt $5{,}2 \cdot 10^3/39$ = **133 s**. ① In 133 s komt de fietser $9{,}0 \times 133 = 1{,}2$ km verder ① ⇒ ontmoeting bij **21,6 km** ①



4pt c Diagram met grafieken (zie hierboven): ② Het snijpunt van de twee grafieken markeert de ontmoeting ①, dat is op 133 s en bij 21,6 km ①

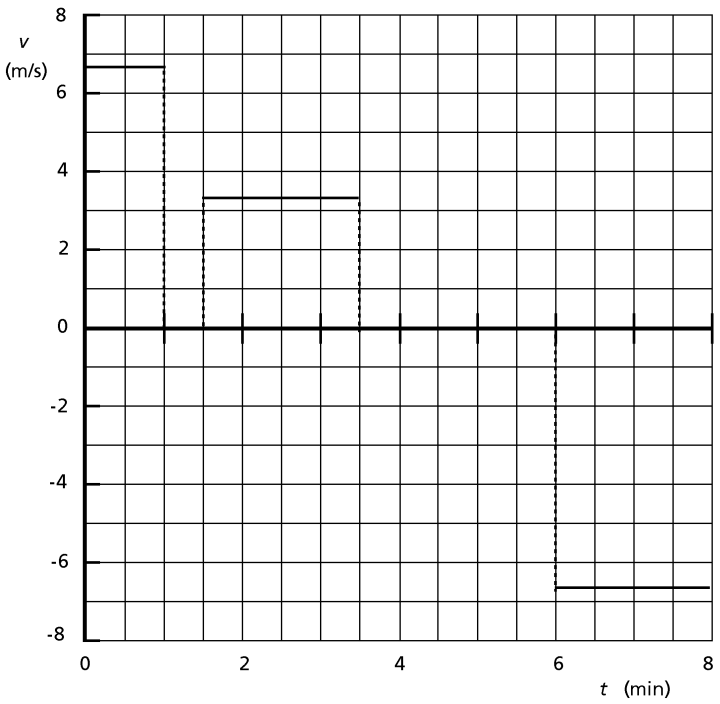
2pt d Aflezen uit diagram: **120 s** ②

3 Broodje halfom (10 pt)

2pt a hoekig ⇒ onmiddellijke snelheidsveranderingen, maar het duurt even als je van snelheid verandert! ②

2pt b 0,8 km (heen) + 0,8 km (terug) = **1,6 km** ②

6pt c Zie diagram hieronder. $v1$ = 400/60 = **6,7 m/s** ①; $v2$ = 400/120 = **3,3 m/s** ①; $v3$ = -800/120 = **-6,7 m/s** ①; diagram-assen ①; rechte horizontale lijnen ②



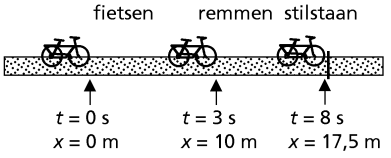
Totaal aantal punten van deze zelftoets = 36 pt
Dus je cijfer is gelijk aan: (aantal pt/36 pt) × 9 + 1

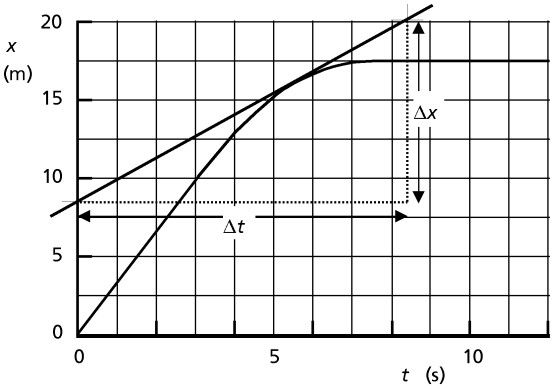
2.5 t/m 2.8 Uitwerking zelftoets

Elk te behalen punt wordt met ① aangegeven, ② geeft 2 punten aan. Bij elke (deel)vraag is het maximum aantal punten vermeld en de getalsmatige antwoorden zijn **vetgedrukt**. *Gewerkt is aan de hand van het intermezzo 'Problemen oplossen' op bladzijde 30 van de opgavenhulp.*

1 Stoplicht (12 pt)

Hiernaast zijn de bewegingsstadia geschetst, afgelezen uit het diagram.
Er wordt naar de snelheid gevraagd: $v = \Delta s/\Delta t$, eventueel met raaklijn aan de grafiek. Ook vertraging gevraagd: $a = \Delta v/\Delta t$





2pt a Waar de grafiek krom ① is (leg er een geodriehoek langs): **tussen 3 s en 7 s** ①

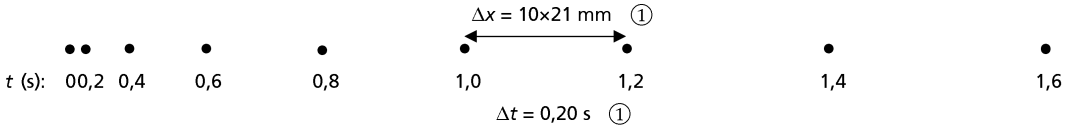
2pt b $v = \Delta x/\Delta t = 10{,}0/3{,}0$ ① = = **3,3 m/s** ①

3pt c Raaklijn ①: $\Delta x = 20 - 8{,}3 =$ = 11,7 m en $\Delta t = 8{,}3$ s ① ⇒ $v = 11{,}7/8{,}3 =$ **1,4 m/s** ①
De steilheid van de raaklijn mag ±10% afwijken.

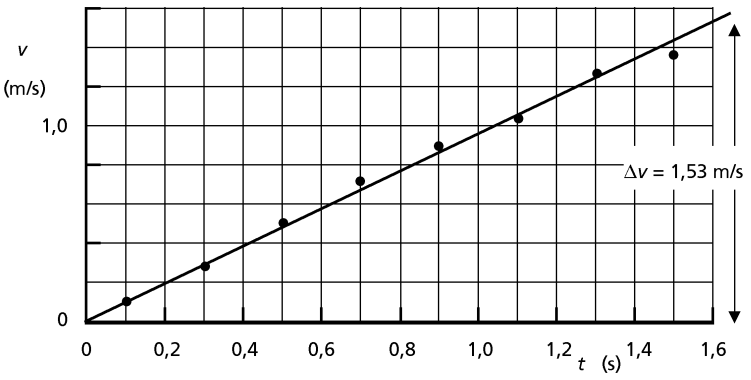
2pt d $v_{gem} = 17{,}5$ m/12,0 s ① = = **1,46 m/s** ①

3pt e $a = \Delta v/\Delta t$ en $\Delta v = -3{,}3$ m/s ① en $\Delta t = 7{,}5 - 3{,}0 = 4{,}5$ s ① ⇒ $a =$ **-0,73 m/s²** ①

2 Speelgoedautootje (13 pt)



9pt a Hierboven is voor één geval Δx opgemeten, Δt is tussen twee punten steeds 0,20 s. Dan is $v = 210$ mm/0,20 s = 1,05 m/s ①. Deze snelheid hoort bij een tijdstip tussen 1,0 en 1,2 s, dus bij 1,1 s ①. Op dezelfde manier hoort bij $t = 0{,}1$ s een Δx van $10 \times 2{,}0$ mm en een Δt van 0,20 s, dus $v = 0{,}10$ m/s, enzovoort.①



De grafiek (zie hierboven) moet recht zijn omdat a constant is. Trek de grafiek zo, dat er evenveel punten onder als boven de grafiek liggen.
Meetpunten: ①, assen: ①, grafiek: ①

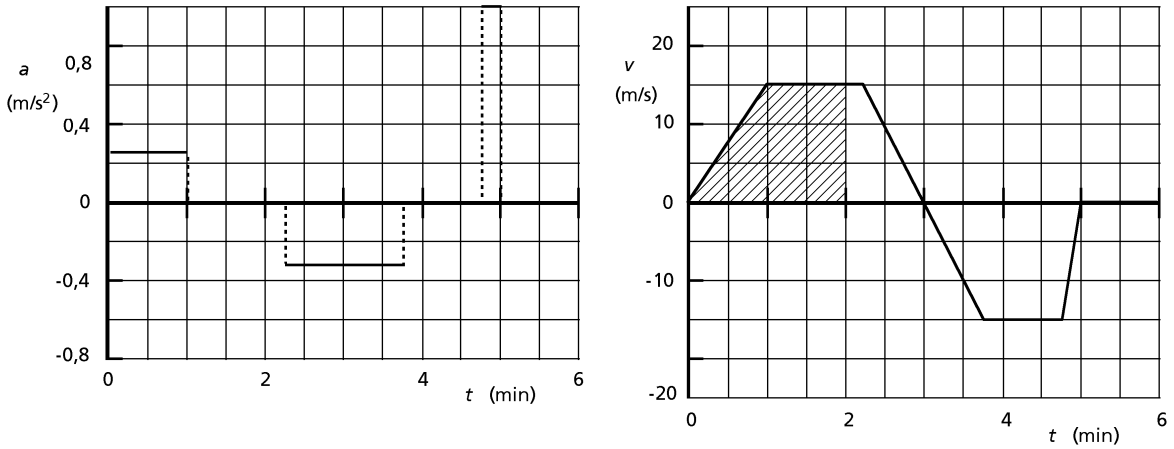
4pt b $a = \Delta v/\Delta t$ ① = 1,53/1,60 ② = **0,96 m/s²** ①

3 Proefrit (16 pt)

De tramrit: versnellen, constant rijden, vertragen tot stilstand, versnellen achteruit, constant rijden achteruit, vertragen tot stilstand.
Bij (v,t)-diagram krijg je de versnelling uit de *steilheid* van de grafiek, en de verplaatsing uit het *oppervlak* onder de grafiek.

3pt a Optrekken: snelheid neemt in grootte toe, dus **$0 \le t \le 1$ min en $3 \le t \le 3\frac{3}{4}$ min** ②
Afremmen: snelheid neemt in grootte af, dus **$2\frac{1}{4} \le t \le 3$ min en $4\frac{3}{4} \le t \le 5$ min** ①

6pt b $0 \le t \le 1$ min: Δv = +15 m/s ⇒ a = 15/60 = **0,25 m/s²** ①;
$2\frac{1}{4} \le t \le 3\frac{3}{4}$ min: Δv = -30 m/s ⇒ a = -30/90 = **-0,33 m/s²** ①;
$4\frac{3}{4} \le t \le 5$ min: Δv = + 15 m/s ⇒ a = **1,0 m/s²** ①.
Diagram (linksonder): assen ①, grafiek ②.



2pt c Vooruit: als de snelheid *positief* is, dus **tussen 0 min en 3,0 min**. ①
Achteruit: als de snelheid *negatief* is, dus **tussen 3,0 min en 5,0 min**. ①
Andersom mag ook, +/- richting is maar een afspraak!

2pt d Het gearceerde oppervlak ② (zie diagram rechtsboven) bepaalt de verplaatsing tijdens de eerste twee minuten.

3pt e Eerste minuut: $\frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 60$ = 450 m ①; 1 → $2\frac{1}{4}$ min: $15 \cdot 75$ = 1125 m;
$2\frac{1}{4}$ → 3 min: $\frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 45$ = 337,5 m; 3 → $3\frac{3}{4}$ min: $\frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 45$ = -337,5 m ①;
$3\frac{3}{4}$ → $4\frac{3}{4}$ min: $-15 \cdot 60$ = -900 m; $4\frac{3}{4}$ →5 min: $-15 \cdot 15$ = -225 m; 5 → 6 min: 0 m.
Totale verplaatsing = **450 m** ①

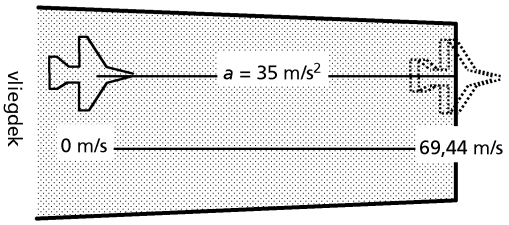
Totaal aantal punten van deze zelftoets = 41 pt
Dus je cijfer is gelijk aan: (aantal pt/41 pt) × 9 + 1

2.9 t/m 2.11 Uitwerking zelftoets

Elk te behalen punt wordt met ① aangegeven, ② geeft 2 punten aan. Bij elke (deel)vraag is het maximum aantal punten vermeld en de getalsmatige antwoorden zijn **vetgedrukt**. *Gewerkt is aan de hand van het intermezzo 'Problemen oplossen' op bladzijde 30 van de opgavenhulp.*

1 Vliegdekschip (11 pt)

Figuur met gegevens →



Bruikbare formules:

$a = \Delta v/\Delta t$ en $x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

3pt a 250 km/h = 69,44 m/s ①
$a = \Delta v/\Delta t \Rightarrow 35 = 69{,}44/\Delta t$ ①
$\Rightarrow \Delta t = 1{,}98 =$ **2,0 s** ①

2pt b $x(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow x(1{,}98) =$
$\frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 1{,}98^2$ ① = **69 m** ①
Je moet niet tussendoor afronden, alleen maar bij het eindantwoord.

3pt c Δv = -61,1 m/s en $a = \Delta v/\Delta t$ ① ⇒ a = -61,1/3,1① = -19,7 = **-20 m/s²** ①

3pt d Gemiddeld bedraagt de snelheid tijdens het remmen: $v_{gem} = \frac{1}{2} \times 61{,}1$ m/s ① (zo'n berekening geldt alléén bij eenparig versnelde of vertraagde beweging!) ⇒
$\Delta x = v_{gem} \times \Delta t = \frac{1}{2} \times 61{,}1 \times 3{,}1$ ① = **94 m** ①

2 Onbekende planeet (9 pt)

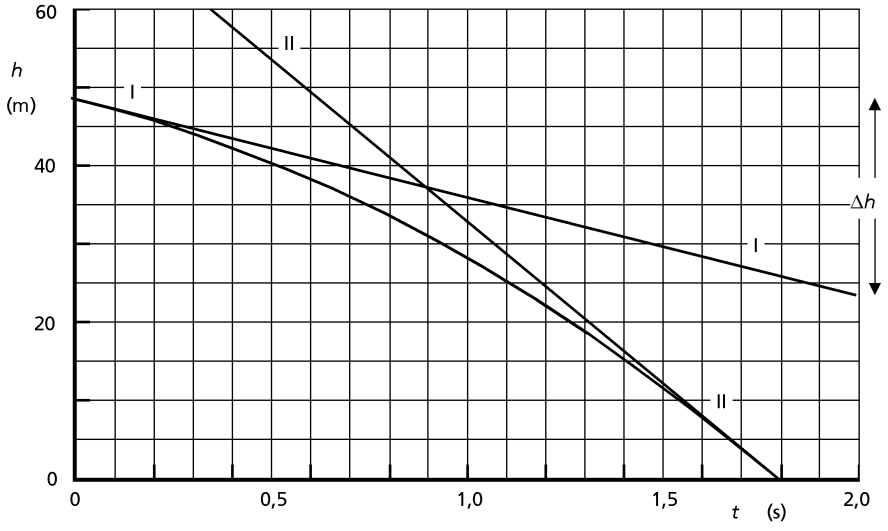
$g = a = \Delta v/\Delta t$ en $v = \Delta s/\Delta t$ = steilheid raaklijn aan (s,t)-grafiek. In het gegeven diagram is $\Delta s = -\Delta h$. De prop heeft al beginsnelheid, daarom kun je de formules $s(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ en $v(t) = g \cdot t$ niet gebruiken!

3pt a Steilheid van de raaklijn I ① bedraagt: $v = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{23 - 48}{2{,}0 - 0}$ ① = (-)**12,5 m/s** = $v(0)$ ①

2pt b Raaklijn II: v(1,8 s) = -60/(1,8-0,35) ① = **-41 m/s** ①

1pt c géén wrijving met een atmosfeer! ①

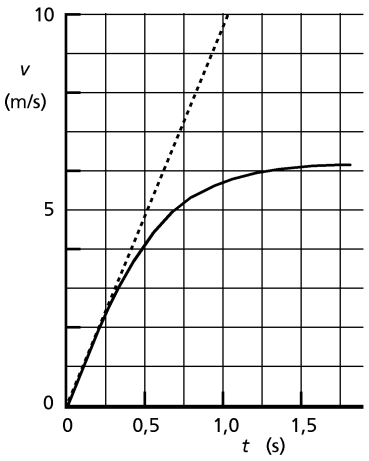
3pt d g (planeet) = $\Delta v/\Delta t$ ① = 28,9/1,8 ① = **16 m/s²** ①



3 Badmintonshuttle (11 pt)

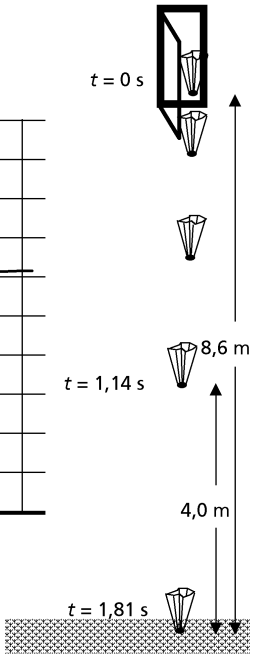
Figuur met gegevens →

3pt a Na korte tijd ontstaat er luchtwrijving omdat de shuttle snelheid krijgt. ① Door die toenemende wrijving neemt de snelheid steeds minder toe tot de shuttle zijn eindsnelheid heeft. ②



4pt b Eindsnelheid = 4,0/0,67
= **6,0 m/s** ①
Grafiek zie hiernaast ③
Opmerking: deze grafiek is verkregen met behulp van een rekenmodel.

4pt c In het begin van de val (lage snelheid) neemt de snelheid toe met 9,8 m/s^2 ① (vrije val, zie de raaklijn ①). Daarna neemt de snelheid minder toe ① en krijgt zijn eindwaarde ①



Totaal aantal punten van deze zelftoets = 31 pt
Dus je cijfer is gelijk aan: (aantal pt/31 pt) × 9 + 1

Practicum

Over proeven doen en verslagen schrijven

Proeven doen

Proeven

De proeven uit dit boek hebben steeds een nummer dat gelijk is aan de paragraaf uit het Kernboek waar de proef bij hoort. Bovendien wordt bij *Literatuur* nog eens precies aangegeven welke theorie uit het Kernboek je bij de proef nodig hebt.

Voorbereiding

Voor het efficiënt uitvoeren van een proef is het nodig dat je tevoren de proefinstructie hebt gelezen en de bijbehorende theorie hebt doorgenomen. Als er uitdrukkelijk een **Voorbereiding** wordt gevraagd, dan moet je die echt gedaan hebben vóór je de proef uitvoert.

Meetkompu

Soms wordt bij *Benodigdheden* een meetkompu met sensor genoemd. Een sensor kan aan een kompu zijn gekoppeld (vaak via een invoerkastje) of aan een los kastje ('datalogger') dat je pas achteraf aan een kompu koppelt. Op de kompu moet een programma draaien waarmee je metingen kunt binnenhalen en verwerken, bijvoorbeeld IP-Coach, Coach 5 of Science Workshop. Omdat IP-Coach geen standaard Windows-bediening heeft, staan er aanwijzingen voor dat programma in de proefinstructies. Coach 5 en Science Workshop hebben wél een Windows- (of Mac-) bediening, die meestal voor zich spreekt. Aan de vele mogelijkheden van de programma's wordt in de volgende Leerlingenhandleiding (N1 vwo2) aandacht geschonken.

Verslaggeving

Van de proeven maak je een *meetrapport* of een *verslag*. Bij een *meetrapport* bespreek je kort alle genummerde opdrachten (1 enzovoort) van de instructie. Een *verslag* is uitgebreider en hoort aan de onderstaande eisen te voldoen.

Verslagen schrijven

Algemeen

Probeer het verslag zo beknopt mogelijk te maken, maar toch volledig en overzichtelijk. Gebruik tussenhoofdjes. In de proefinstructie zijn de opdrachten gemerkt met een genummerd hokje: 1 enzovoort. Controleer daarmee of je niet iets bent vergeten.

Titel en auteurs

Gebruik dezelfde titel als vermeld in de proefinstructie en vermeld de naam van alle medewerkers.

Onderzoeksvraag

Schrijf de onderzoeksvraag of het doel van de proef op in je eigen woorden, meestal iets concreter en uitgebreider dan wat er in de proefinstructie staat.

Proefopstelling

Geef een beschrijving van de proefopstelling aan de hand van een figuur. Geef daarin zoveel mogelijk de gemeten grootheden aan.

Meetresultaten

Presenteer je metingen in tabelvorm en verbanden in diagramvorm; noteer je meetonzekerheid. Teken diagrammen op ruitjes- of grafiekenpapier. In het Kernboek vind je voorbeelden voor de vorm van tabellen of diagrammen.

Bespreking

Bespreek hoe je meetresultaten leiden tot de beantwoording van de onderzoeksvraag. Het onderdeel **Verwerking** helpt je daarmee. Als je iets *grafisch* moet bepalen, betekent dat: uit een grafiek. De meetonzekerheid speelt vaak een rol.

Conclusie

Vat je resultaten kort samen; meestal komt dat neer op de beantwoording van de onderzoeksvraag. In een conclusie horen geen *nieuwe* feiten of meningen te staan.

Onderzoek doen

Eigen onderzoek

Bij de proeven uit dit boek is al voor jou nagedacht over de opstelling en over de te beantwoorden vragen. Als je *zelf* een onderzoek opzet, dan moet je die voorbereiding uiteraard *zelf* doen. Houd er rekening mee dat dat meestal meer tijd kost dan het eigenlijke experiment doen + verslag schrijven.

Hypothese

Naast wat hierboven over verslagen schrijven staat, is het zinvol om aan je onderzoeksvraag een *hypothese* toe te voegen, waarin je een kernachtige voorspelling doet over het antwoord. Geef ook *argumenten*; vertel hoe je aan je hypothese bent gekomen.

2.1 Bewegingen

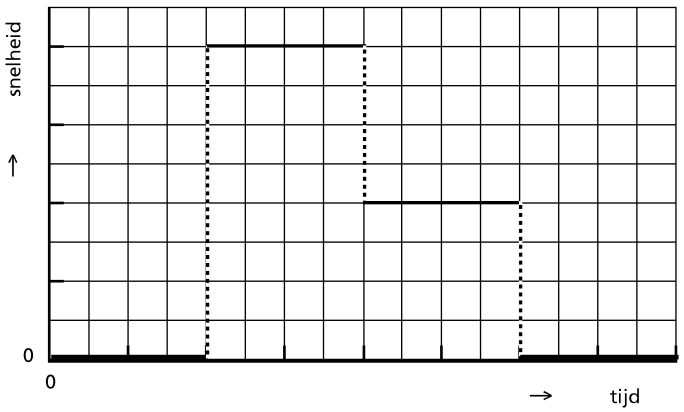
Benodigdheden meetkompu, bewegingssensor
Literatuur Systematische Natuurkunde N1 vwo1 2.1
Onderzoeksvragen Je loopt op verschillende manieren voor de bewegingssensor. Hoe zien de bijbehorende plaats-tijd- en snelheid-tijd diagrammen er uit?

Uitvoering

De bewegingssensor zendt korte pulsen van ultrasoon geluid uit en vangt het teruggekaatste geluid op. Het kompu-programma berekent daarmee de plaats en de snelheid van het bewegende voorwerp en maakt er grafieken van. Bij de onderstaande proeven gaat het alleen om de *vorm* van de grafieken. Zorg dat je tijdens het lopen het beeldscherm kunt zien.

1 Voer de volgende drie bewegingen uit (met maximaal één herkansing) en laat iemand anders steeds de resultaten opslaan:
   a Loop zo constant mogelijk naar de sensor toe en sta op ≈ 1 m ervoor stil.
   b Loop zo constant mogelijk van de sensor af en sta op ≈ 5 m afstand stil.
   c Loop met constante *vertraging* naar de sensor toe, sta op ≈ 1 m ervoor stil en loop er met constante *versnelling* vanaf.

2 Probeer een beweging uit te voeren die zo goed mogelijk het onderstaande snelheid-tijd diagram oplevert, ook weer met één herkansing.



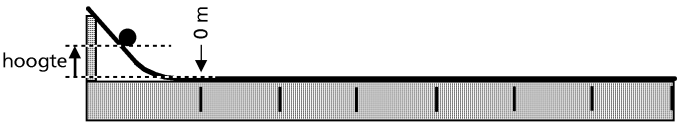
Verwerking

3 Druk de opgenomen diagrammen af of neem ze over op ruitjespapier.

4 Bespreek het verband tussen 1e: jouw beweging, 2e: de vorm van de plaats-tijd grafiek, 3e: de vorm van de snelheid-tijd grafiek.

2.2 Constante snelheid

Benodigdheden rail, kogel, stopwatch, maatlat
Literatuur Systematische Natuurkunde N1 vwo1 2.2
Onderzoeksvragen Een kogel wordt op een helling losgelaten en rolt uit over een horizontaal stuk. Hoe ziet het plaats-tijd-diagram van de kogel eruit op het horizontale stuk? Wat gebeurt er met de snelheid, als je de hoogte verdubbelt?



Voorbereiding

Je laat een stalen kogel vanaf een zekere hoogte los en onderzoekt de beweging van de kogel op het horizontale stuk.

1 Voorspel wat er precies met de snelheid van de kogel gebeurt, als je de hoogte verdubbelt.

Uitvoering

2 Laat de kogel een aantal keren los halverwege de helling (zie figuur, meet de hoogte). Meet de tijd die de kogel nodig heeft om de afstand tussen de eerste en de tweede merkstreep af te leggen. Daarna hetzelfde voor de tijd tussen de eerste en de derde, de eerste en de vierde merkstreep, enzovoort. Meet ook die afstanden. Noteer je meetresultaten in een tabel.

3 Voer de proef nogmaals uit, waarbij de kogel vanaf de volle hoogte rolt.

Verwerking

4 Zet (op ruitjespapier!) in één diagram de plaats s van de kogel uit tegen de tijd t, voor beide proeven. Zet s verticaal en t horizontaal uit. Teken de grafieken (lijnen) die voor de twee bewegingen het verband aangeven tussen s en t.

5 Welke grafiek hoort bij de snelste beweging? Waarom is het onlogisch om als grafiek een lijn te trekken die precies door alle meetpunten gaat, in plaats van één rechte lijn?

6 Bepaal uit de grafieken de snelheid die de kogel had tijdens de twee proeven. Lees ook uit de grafiek af hoe nauwkeurig je de snelheid hebt bepaald (zie eventueel de eerdere proef 1.6 'Veerconstante'). Noteer hoe je tewerk gaat. Klopt je voorspelling?

2.5 Veranderlijke snelheid

Benodigdheden rail, kogel, stopwatch, maatlat
Literatuur Systematische Natuurkunde N1 vwo1 2.5
Onderzoeksvragen Een kogel rolt tegen een lichte helling op. Hoe zien het plaats-tijd-diagram en het snelheid-tijd-diagram van de kogel eruit? Welk verband is er tussen die twee?

Uitvoering

1. De rail van de voorgaande proef 'Constante snelheid' staat nu iets omhoog. De kogel wordt weer op het omhooggebogen uiteinde gelegd en losgelaten. Leg de rail zo schuin, dat de kogel ongeveer 10 à 15 seconden doet over de heen- plus terugtocht op het rechte stuk. De kogel hoeft niet helemaal tot het uiteinde van de rail te komen.
2. Voer dezelfde metingen uit als bij de vorige proef, maar meet nu ook de teruggaande beweging. Je moet daarbij de stopwatch steeds blijven starten als de kogel de eerste merkstreep passeert. *Noteer ook plaats en tijd van de bewegingsomkeer.* Zet je meetresultaten in een tabel.

Verwerking

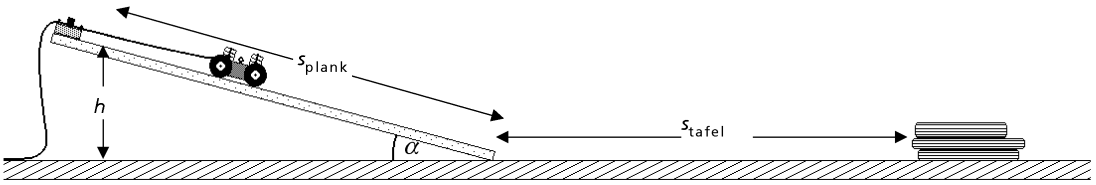
3. Zet in één diagram de plaats s van de kogel uit tegen de tijd t. Zet s verticaal en t horizontaal uit. Maak een groot diagram. Trek door/langs de meetpunten van het diagram een vloeiende lijn.
4. Bepaal de snelheid die de kogel had op alle gehele seconden uit de helling van de raaklijn aan de grafiek, óók voor $t = 0$ s. Snelheden kunnen negatief zijn!
5. Teken een (v,t)-diagram; gebruik voor de t-as dezelfde schaal als bij het (s,t)-diagram. Trek door/langs de meetpunten van het diagram een rechte lijn die de beste benadering is van de metingen.
6. Beschrijf met je eigen woorden hoe de snelheid van de tijd afhangt. Beschrijf hoe de twee grafieken met elkaar samenhangen.
7. Bepaal met behulp van de oppervlaktemethode uit het (v,t)-diagram de verplaatsing van de kogel tijdens de heengaande beweging (vanaf de eerste merkstreep), en controleer of dat klopt.

2.7 Versnelde beweging

Benodigdheden plank, statief met klem, verzwaard karretje, tijdtikker, tikkerband, wisselspanningsbron, drukschakelaar, maatlat

Literatuur Systematische Natuurkunde N1 vwo1 2.5 t/m 2.7

Onderzoeksvragen Een karretje rijdt een helling af, en gaat verder over de tafel. Hoe ziet het (v,t)-diagram van het karretje er uit en hoe bepaal je de versnelling van het karretje?



Voorbereiding

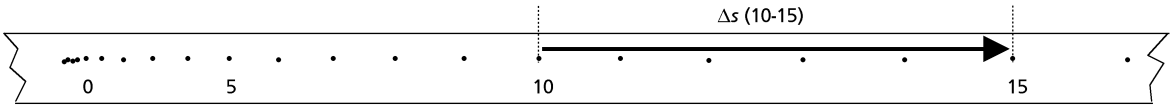
Een karretje wordt – zoals hierboven afgebeeld – bovenaan een plank vanuit stilstand losgelaten, rijdt de plank af en rijdt over de tafel tegen een stapeltje boeken.

1 Schets voor de gehele beweging de (v,t)-grafiek die je verwacht (t horizontaal) en geef een toelichting op je grafiek.

Uitvoering

2 Zet de plank schuin op tafel met een hoogteverschil h (zie figuur) van zo'n 20 cm. Laat het karretje ≈ 1 m na de plank tegen een stapeltje boeken botsen. Klem de tijdtikker bovenaan de plank. Sluit de tijdtikker via de drukschakelaar aan op de wisselspanning. Verzwaar het karretje zonodig.

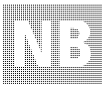
3 Leg de beweging van het karretje over plank en tafel vast met een tikkerband. Meet het hoogteverschil dat het karretje doorloopt en de afstanden die het aflegt op de plank en op de tafel.



4 Nummer de stippen op de band, zet een 0 bij de eerste duidelijke stip. 'Vergeet' eventuele onduidelijke stippen bij de start. Bepaal met behulp van de tikkerband de gemiddelde snelheid v_{gem} over aansluitende tijdsintervallen van vijf tikken. Deel bijvoorbeeld de afstand Δs tussen tik 0 en tik 5 door de tijdsduur Δt tussen tik 0 en tik 5, idem voor tik 5 en tik 10, enzovoort. De tijdtikker geeft ... (navragen!) tikken per seconde. Dus is Δt gelijk aan ... s.

5 Zet je resultaten in een tabel zoals op de volgende bladzijde weergegeven, over de hele rit van het karretje tot en met het stapeltje boeken. Zet in de kolom t_{gem} de tijd die gemiddeld bij dat interval hoort. Stel de eerste t_{gem} op 0,00 s.

interval	Δs	Δt	v_{gem}	t_{gem}
(stipnrs)	(mm)	(s)	(m/s)	(s)
0-5		0,10		0,00
5-10		0,10		0,10
10-15				
15-20				
enzovoort				
enzovoort				



Voeg je tikkerband bij je verslag.

Verwerking

6 Teken de (v,t)-grafiek van het karretje. Teken de meetpunten met een duidelijk zichtbare punt of een kruisje. Teken de grafiek met twee rechte lijnstukken, die de meetpunten zo goed mogelijk volgen. Bespreek of en hoe je voorspelling uit de voorbereiding afwijkt van je gemeten grafiek.

7 Bepaal uit je grafiek de versnelling van het karretje op de schuine plank en de versnelling op de tafel. Doe dat in beide gevallen uit de snelheidsverandering Δv en de bijbehorende tijdsduur Δt. Schat uit je grafiek hoe nauwkeurig je de twee versnellingen kunt aflezen en noteer je eindresultaten in de gebruikelijke vorm.

a = ... ± ... m/s^2

8 Bepaal uit je (v,t)-diagram met behulp van de oppervlaktemethode de afstand, die het karretje op de plank en op de tafel heeft afgelegd. Controleer of dat klopt met je gemeten afstanden.

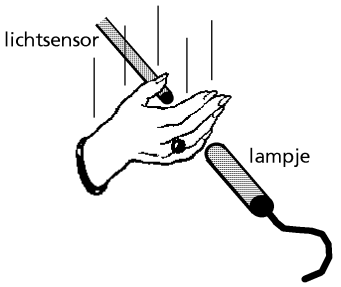
9 Teken het (a,t)-diagram van de beweging, die het karretje uitvoerde. Geef aan hoe je uit deze grafiek de snelheidsveranderingen van het karretje zou kunnen aflezen.

2.10 Valversnelling

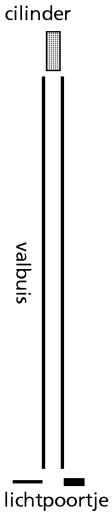
Benodigdheden meetkompu, lichtpoortje, twee cilinders, valbuis, kurklinoleum, maatlat
Literatuur Systematische Natuurkunde N1 vwo1 2.10
Onderzoeksvragen Hoe bepaal je met een kompu de valversnelling g? Hangt die af van het gewicht van een voorwerp?

Voorbereiding

Bij deze proef gebruik je een zogenaamd *lichtpoortje* om de snelheid van een voorwerp te meten. Zo'n lichtpoortje bestaat uit een lampje en een lichtsensor. De lichtsensor geeft een spanning V_{sensor} af, die evenredig is met de lichtsterkte. Als je je hand voor de lichtsensor langs beweegt, dan zie je dat aan de spanning. De kompu tekent op het beeldscherm een (V_{sensor},t)-grafiek.



1 Schets de (V_{sensor},t)-grafieken die je verwacht als je je hand langzaam of snel beweegt. Geef een toelichting.



Uitvoering

Voer bij IP-Coach de metingen uit met het onderdeel 'Multiscoop'; kies bij INSTELLING/meting een geschikte tijdsduur. Een cilinder valt vanaf ≈ 1 m hoogte via de valbuis door het lichtpoortje op het kurklinoleum. De valtijd en de eindsnelheid worden gemeten met het lichtpoortje en de kompu.

Gebruik van IP-Coach
Muis: Kiezen/openen door klikken met *linker*muisknop. Sluiten door klikken met *rechter*muisknop.
Return: Gebruiken om getallen enzovoort te veranderen.
Pijltjes-toetsen en Esc-toets: Te gebruiken in plaats van de muis.
Pijltjestoetsen op numeriek eiland: Voor nauwkeurig aflezen.

2 Laat een cilinder vallen en start *gelijktijdig* de meting van de kompu. Meet zelf de valhoogte. Sla de kompu-meting op onder een toepasselijke naam. Voer elke meting 3× uit en doe de proeven met beide cilinders.
3 Meet aan de cilinders wat je nodig hebt om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Verwerking

4 Lees (bij IP-Coach in het onderdeel 'Verwerking') de grafieken van je metingen af. Geef met een schetsje aan hoe je dat doet. Bereken de valversnelling g voor de twee cilinders. Doe dat op twee verschillende manieren: uit de valhoogte en uit de eindsnelheid.
Aanwijzing: gebruik de formules voor valhoogte: $s(t)$ = ... en valsnelheid: $v(t)$ = ...
5 Bespreek welk onderdeel van de proef het meeste bijdraagt aan de meetonzekerheid in de valversnelling.