Versnellen en vertragen

§ 1 Gemiddelde snelheid

Gebruikte symbolen in deze paragraaf

In deze paragraaf komen de volgende grootheden met bijbehorende eenheden voor.

Grootheden	Eenheden
Δs = de afgelegde afstand	m of km
Δt = de tijdsduur	s of h
v_{gem} = de gemiddelde snelheid	m/s of km/h

We spreken Δs uit als 'delta es' en Δt als 'delta tee'. In veel leerboeken wordt de afgelegde afstand aangeduid met s en de tijdsduur met t. De letter s is namelijk afkomstig van het Latijnse woord 'spatium' wat afstand betekent. In deze cursus wordt echter onderscheid gemaakt tussen tijdsduur (Δt) en tijdstip (t). Om te bereiken dat toekomstige formules een 'mooie' vorm krijgen, wordt daarom hier Δs (en niet s) voor afgelegde afstand gebruikt.

Voorbeeld 1

Isolde rijdt op haar fiets van huis naar het treinstation. De afstand die zij aflegt is 300 meter en zij doet daar 100 seconde over. Welke afstand legt zij gemiddeld in 1 seconde af? Makkelijk is te zien dat dit 3 meter is. We zeggen dat haar *gemiddelde snelheid* 3 meter per seconde is. In symbolen wordt dit als volgt opgeschreven:

Δs = 300 m, Δt = 100 s en v_{gem} = 3 m/s.

Voorbeeld 2

Marije rijdt met haar auto van Groningen naar Delfzijl. De afstand tussen beide steden is 30 km en Marije heeft hier een half uur voor nodig. Met dezelfde gemiddelde snelheid zou zij in 1 uur een afstand van 60 km afleggen. Haar gemiddelde snelheid is dan 60 km/h. De letter h staat voor uur (in het Engels hour). In symbolen wordt dit als volgt opgeschreven:

Δs = 30 km, Δt = 0,5 h en v_{gem} = 60 km/h.

Theorie

Uit de bovenstaande voorbeelden blijkt verder dat de gemiddelde snelheid kan worden uitgerekend door de afgelegde afstand te delen door de benodigde tijd. In formulevorm:

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

(deze formule is de definitie van v_{gem})

Deze formule kan in twee andere vormen geschreven worden namelijk:

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

Formules met een breuk kun je het beste schrijven met een *horizontale* breukstreep.
Als de tekens **:** of **/** worden gebruikt ontstaat er soms verwarring.

Omrekenen van m/s naar km/h en omgekeerd

Stel je rijdt op je fiets en je legt 1 m in 1 s af. Je *gemiddelde snelheid* is dan 1 m/s. In 1 minuut (= 60 s) zou je 60 m afleggen en in een uur (= 60x60 s) 3,6 km (= 60x60 m). Je kunt dus ook zeggen dat je gemiddelde snelheid 3,6 km/h is. Blijkbaar is 1 m/s gelijk aan 3,6 km/h.

Uit dit voorbeeld volgen de volgende regels.
Bij het omrekenen van m/s naar km/h moet je de snelheid <u>vermenigvuldigen met 3,6</u>.
Bij het omrekenen van km/h naar m/s moet je de snelheid <u>delen door 3,6</u>.
Dus geldt: 1 m/s = 3,6 km/h. En 100 m/s = 360 km/h.
Omgekeerd geldt: 1 km/h = 1/3,6 m/s = 0,28 m/s. En 40 km/h = 40/3,6 m/s = 11,1 m/s.
In de natuurkunde wordt vaak de voorkeur gegeven aan de eenheid "m/s" boven "km/h".

Voorbeeld van een opgave

Maya doet er precies 2 minuten over om van huis naar school te rennen.
Deze liggen 280 m uit elkaar. Bereken haar gemiddelde snelheid (in m/s).
<u>Uitwerking</u>

gegeven: $\Delta t = 2 \text{ min.} = 120 \text{ s}$
$\Delta s = 280 \text{ m}$

gevraagd: v_{gem}
oplossing: $v_{gem} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{280 \text{ m}}{120 \text{ s}} = 2{,}33 \text{ m/s}$

Toelichting
1.
De onderdelen "gegeven" en "gevraagd" vormen de <u>vertaalslag</u> van de tekst (woorden en zinnen) naar de natuurkundige schrijfwijze (in symbolen zoals: Δs = 280 m). Bij ingewikkelde opgaven (die in volgende paragrafen komen) blijkt dit erg handig te zijn.
2.
In het onderdeel "oplossing" begin je altijd met een formule. Hierboven is dat: $v_{gem} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Deze vorm van de formule is veel handiger dan de vormen $\Delta s = v_{gem} \cdot \Delta t$ en $\Delta t = \frac{\Delta s}{v_{gem}}$. De reden is namelijk dat je na $v_{gem} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ direct door kunt schrijven tot en met het antwoord.

3.
Eenheden achter getallen mogen nooit worden vergeten. In het laatste voorbeeld moet 2,33 worden gevolgd door m/s.
4.
Het is in de natuurkunde niet gebruikelijk om een breuk in een uitkomst op te nemen zoals bij $2\frac{1}{3}$ m/s in plaats van 2,33 m/s.

Opgaven bij § 1

Opgave 1

Een fietser rijdt in 480 s van huis naar school. Zijn gemiddelde snelheid is 2,2 m/s.
Bereken de afstand tussen huis en school.
OPM.: De uitwerking moet de volgende vorm hebben.

gegeven: $\Delta t = \ldots\ldots\ldots$

$v_{gem} = \ldots\ldots\ldots$

gevraagd: Δs

oplossing: $\Delta s = v_{gem} \bullet \Delta t = \ldots\ldots\ldots\ldots \bullet \ldots\ldots\ldots$ (getallen ingevuld) $= \ldots\ldots\ldots$ (antwoord)

Opgave 2

Thomas zwemt van de ene hoek van het zwembad naar de andere hoek. Beide hoeken liggen 29 m van elkaar. Thomas zwemt gemiddeld met 0,83 m/s.
Bereken hoelang Thomas hierover doet.
OPM.: De uitwerking moet de volgende vorm hebben.

gegeven: $\Delta s = \ldots\ldots\ldots$

$v_{gem} = \ldots\ldots\ldots$

gevraagd: Δt

oplossing: $\Delta t = \dfrac{\Delta s}{v_{gem}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots$

Opgave 3

Geerten steekt een 15 m brede weg over en doet hier 11 s over.
Bereken de gemiddelde snelheid waarmee hij oversteekt.
Opmerking: Volg de aanwijzingen in de tekst bij het uitwerken van opgaven.

Opgave 4

Jochem en Menno willen weten hoe "snel" hun hond kan rennen. Aan het ene uiteinde van een 25 m lange steeg laat Jochem de hond los. Aan het andere uiteinde van de steeg staat Menno met een stuk worst te zwaaien. De hond doet er 4,3 s over om Menno te bereiken. Bereken hoe snel de hond rent.

Opgave 5
De snelheid van geluid in lucht is 340 m/s. Het onweert 8 km verderop (bliksemt). Bereken hoelang het duurt voordat je de donder hoort.

Opgave 6
Dimitri doet er precies 2 minuten over om een rondje rond de school te rennen. Een rondje bedraagt 350 m. Bereken zijn gemiddelde snelheid (uitgedrukt in m/s).

Opgave 7
Een kogel wordt met een snelheid van 550 km/h uit een geweer weggeschoten. Al na 0,75 s raakt de kogel zijn doel. Bereken de afstand tussen geweer en doel.

Opgave 8
Luisina rijdt in 20 minuten van haar huis naar het werk met een gemiddelde snelheid van 35 km/h. Bereken de afstand tussen haar huis en het werk.

Opgave 9
Een motorrijder rijdt met 100 km/h door een 450 m lange wandelstraat (alleen bestemd voor voetgangers). Bereken hoelang de motorrijder in overtreding is.

§ 2 Snelheid-tijd-diagram

Snelheid op een tijdstip

In de natuurkunde wordt onderscheid gemaakt tussen de gemiddelde snelheid en de snelheid op een moment. Als je bijvoorbeeld met je auto van Zwolle naar Assen rijdt, dan kan je de gemiddelde snelheid uitrekenen (zie de vorige paragraaf). Toch is de snelheid tijdens de rit op sommige momenten hoger en op andere momenten lager geweest dan de gemiddelde snelheid.

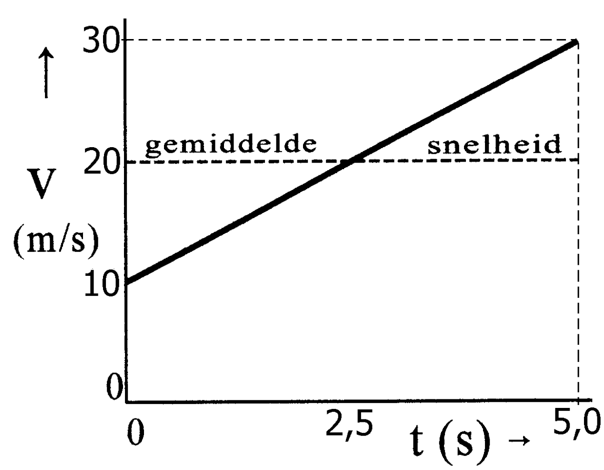
Ook maken we onderscheid tussen de begrippen tijdsduur en tijdstip. De gemiddelde snelheid hoort bij een tijdsduur en de snelheid op een moment hoort bij een tijdstip. In de Engelse en Duitse taal wordt dit onderscheid ook gemaakt. Zo slaan 3 hours en 3 Stunden op een tijdsduur terwijl 3 o'clock en 3 Uhr op een tijdstip betrekking hebben.

De snelheid op een moment wordt met de letter v aangeduid en een tijdstip met t. Een tijdsduur is eigenlijk het verschil tussen twee tijdstippen. In formule: $\Delta t = t_{eind} - t_{begin}$.
Het nieuwe schema van grootheden en (meest gangbare) eenheden wordt dan als volgt.

Grootheden	Eenheden
Δs = afgelegde afstand	m
t = tijdstip	s
Δt = tijdsduur	s
v_{gem} = gemiddelde snelheid	m/s
v = snelheid op een moment	m/s

Voorbeeld van een snelheid-tijd-diagram

Jan rijdt met zijn motor binnen de bebouwde kom. Uit angst voor boetes houdt hij zijn snelheid laag namelijk 10 m/s (= 36 km/h). Direct na het passeren van het bord "einde bebouwde kom" geeft hij gas en neemt zijn snelheid toe. Na 5 s bereikt hij een snelheid van 30 m/s (= 108 km/h).
Natuurlijk zijn deze 10 m/s en 30 m/s snelheden op momenten (en geen gemiddelde snelheden).



In het diagram hiernaast is de snelheid van Jan tegen de tijd uitgezet. Het tijdstip waarop Jan de bebouwde kom verlaat is op 0 s gesteld.

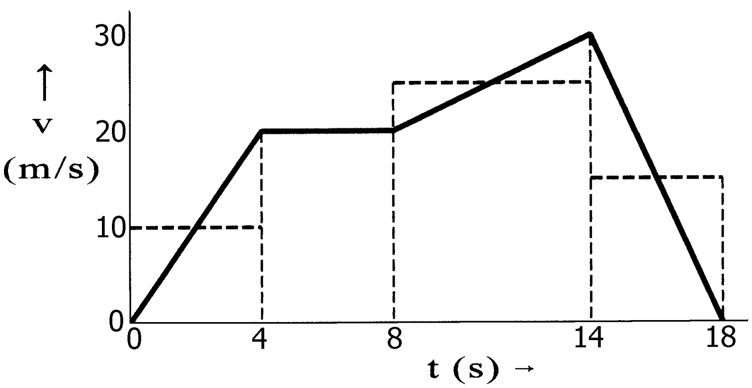
Maar wat is nou de *gemiddelde snelheid* van Jan tussen t = 0,0 s en t = 5,0 s? Deze ligt precies in het midden tussen de kleinste snelheid (= 10 m/s) en de grootste snelheid (= 30 m/s). Voor de gemiddelde snelheid geldt dan dus: v_{gem} = 20 m/s. In de bovenstaande grafiek is deze als een stippellijn weergegeven.

Het nut van de gemiddelde snelheid wordt duidelijk als je de afgelegde afstand wilt uitrekenen. Hiervoor geldt namelijk: $\Delta s = v_{gem} \cdot \Delta t = 20\ \text{m/s} \cdot 5{,}0\ \text{s} = 100\ \text{m}$.

Blijkbaar heeft de motor 100 m gereden in de 5 s na het verlaten van de bebouwde kom.

Tweede voorbeeld van een snelheid-tijd-diagram

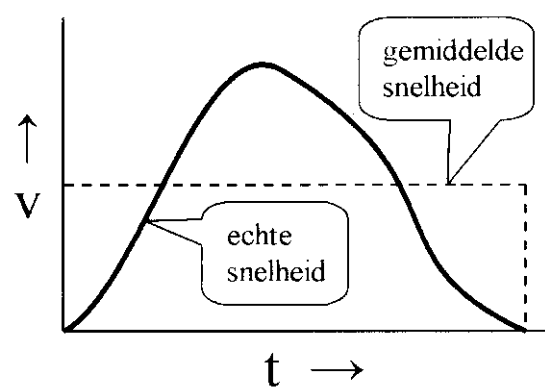
Jan (uit het vorige voorbeeld) maakt de volgende dag met zijn motor een zeer kort testritje. Het snelheid-tijd-diagram is hieronder gegeven.
Om uit te rekenen hoeveel meter Jan hierbij heeft afgelegd, kan het snelheid-tijd-diagram het beste in vier trajecten worden opgesplitst. Rechts van het diagram staat dit uitgewerkt. Tijdens de testrit heeft Jan blijkbaar 330 m afgelegd.



	v_{gem}	Δt	Δs
traject 1:	10 m/s	4 s	40 m
traject 2:	20 m/s	4 s	80 m
traject 3:	25 m/s	6 s	150 m
traject 4:	15 m/s	4 s	60 m
	totaal afgelegd:		330 m

Uit een snelheid-tijd-diagram de afgelegde afstand bepalen (algemeen)

In een snelheid-tijd-diagram staat de snelheid van een voorwerp tegen de tijd uit. Zie de dikke lijn in de figuur hiernaast. De beweging van het voorwerp kan sterk worden vereenvoudigd door het voorwerp een *constante* snelheid te geven die gelijk is aan de gemiddelde snelheid. In het (v-t)-diagram is dit weergegeven met een horizontale stippellijn.



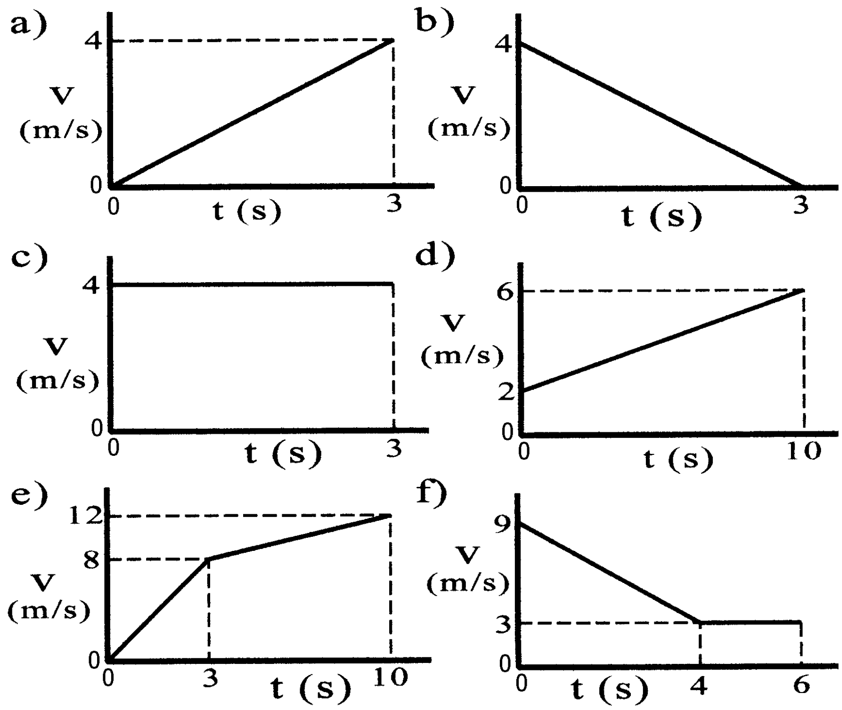
De stippellijn bevindt zich op de "gemiddelde hoogte" van de dikke lijn. Exacter geformuleerd: de oppervlakte van de rechthoek onder de stippellijn moet gelijk zijn aan de oppervlakte tussen de dikke lijn en de tijd-as. We kunnen aan deze oppervlakte nog een bepaalde betekenis toekennen.

De "oppervlakte" onder het (v-t)-diagram is namelijk een maat (graadmeter) voor de afgelegde afstand van het voorwerp.

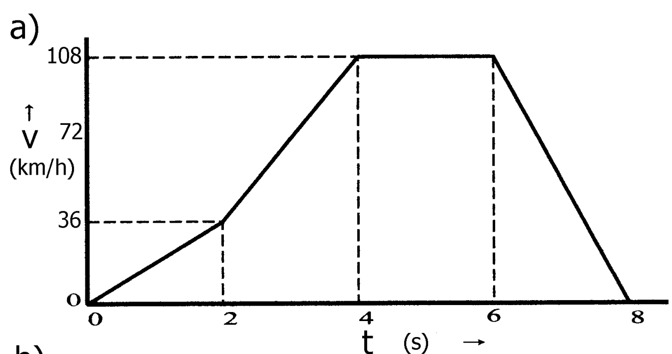
Dit is eenvoudig in te zien met de formule voor de afgelegde afstand: $\Delta s = v_{gem} \bullet \Delta t$.
In de vermenigvuldiging "v_{gem} keer Δt" herkennen we eigenlijk "lengte keer breedte" van de rechthoek onder de stippellijn.

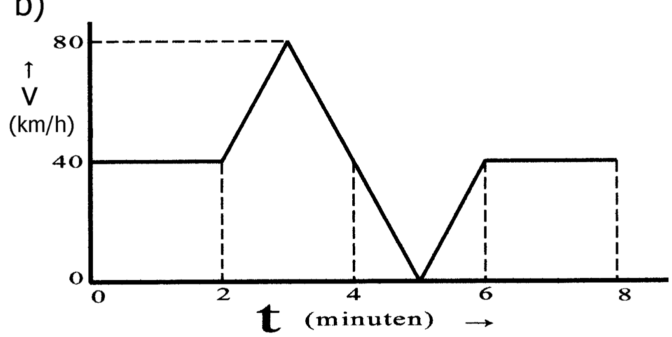
Opgaven bij § 2

Opgave 1
Hiernaast staan zes (v-t)-diagrammen weergegeven.
Bepaal de totaal afgelegde afstand bij elk diagram.

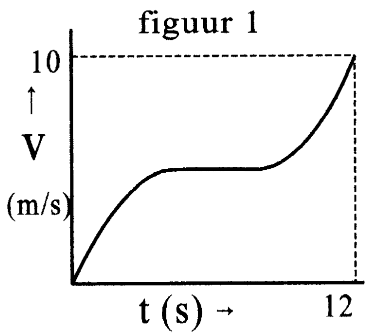


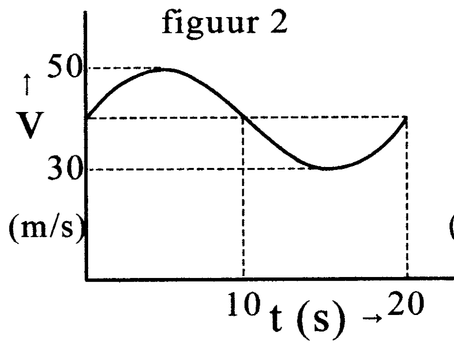
Opgave 2
Hiernaast staan twee (v-t)-diagrammen weergegeven.
Bepaal de totaal afgelegde afstand bij elk diagram.
Let hierbij steeds op de eenheden langs de assen.

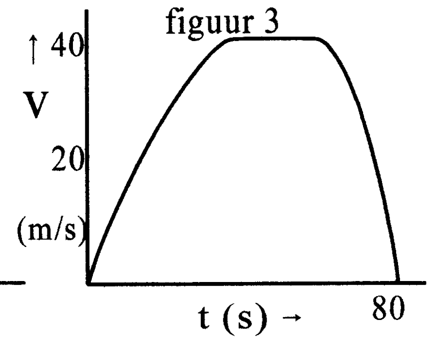




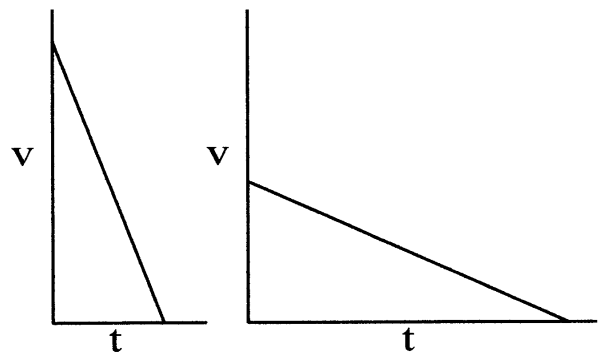
Opgave 3
Bepaal bij de onderstaande drie (v-t)-diagrammen de afgelegde afstand. Bij de figuren moet de gemiddelde snelheid zo goed mogelijk geschat worden.







Opgave 4
Hiernaast zijn twee (v-t)-diagrammen gegeven. De schaalverdelingen langs de verticale assen zijn gelijk. Idem voor de horizontale assen.
Bij welk (v-t)-diagram is de afgelegde afstand het grootst? Geef een toelichting.



Opgave 5
Mieke fietst van Rijswijk naar Delft. Zij heeft forse tegenwind. Onderweg stopt zij drie keer. De volgende dag fietst Alexandra precies dezelfde route. Zij heeft echter wind mee en stopt niet onderweg. Als beide (v-t)-diagrammen in één figuur worden getekend, zullen ze er totaal verschillend uit zien. Toch is er een overeenkomst. Welke is dat? En waarom?

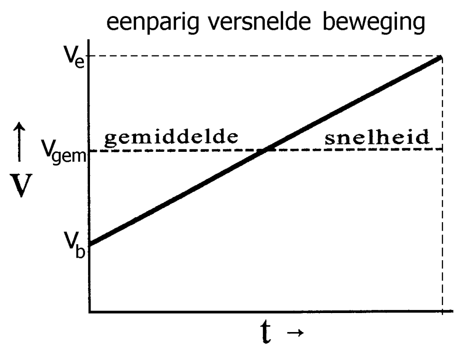
Opgave 6
Brian trekt met zijn auto vanuit stilstand gelijkmatig op tot 60 km/h. Nadat hij deze snelheid enige tijd heeft gereden geeft hij plankgas. Echter, de topsnelheid haalt Brian niet omdat hij bij een snelheid van 120 km/h een noodstop moet maken om een botsing te voorkomen. Schets hieronder het (v-t)-diagram van Brians beweging.

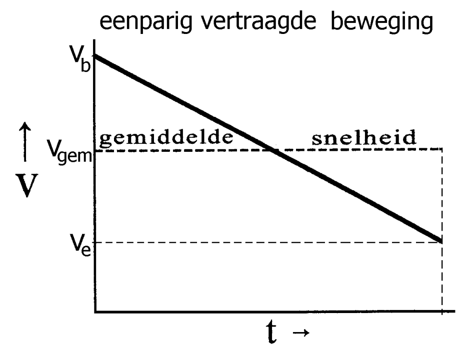
§ 3 Berekeningen bij eenparig versnelde of vertraagde bewegingen

Theorie

Een *eenparig versnelde beweging* is een beweging waarbij de snelheid in elke seconde (of algemener: in elk tijdsinterval met vaste grootte) met dezelfde waarde toeneemt.
Een *eenparig vertraagde beweging* is een beweging waarbij de snelheid in elke seconde (of algemener: in elk tijdsinterval met vaste grootte) met dezelfde waarde afneemt.

De snelheid bij dit soort bewegingen verandert altijd gelijkmatig. Het (v-t)-diagram is altijd een rechte lijn. Zie de figuren hiernaast. Hierin is de gemiddelde snelheid als een horizontale stippellijn aangegeven.





Langs de verticale assen staan drie snelheden aangegeven. Deze zijn:

- v_{gem} = gemiddelde snelheid
- v_b = beginsnelheid
- v_e = eindsnelheid

Als een voorwerp een eenparig versnelde of eenparig vertraagde beweging uitvoert kan de gemiddelde snelheid eenvoudig berekend worden uit de beginsnelheid en de eindsnelheid. De formule hiervoor is:

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$$ (mits **eenparig** versneld / vertraagd!)

Deze formule kan in twee andere vormen geschreven worden namelijk:

$v_b = 2 \times v_{gem} - v_e$ en $v_e = 2 \times v_{gem} - v_b$.

Eerste voorbeeld van een opgave

Een kogel wordt in een dikke plaat piepschuim geschoten. De kogel komt het piepschuim binnen met een snelheid van 300 m/s en verlaat dit met 150 m/s. De verblijftijd van de kogel in het piepschuim is 20 ms (ms = milliseconde). Bereken hoe dik de plaat piepschuim is.

Uitwerking:

gegeven: $v_b = 300$ m/s

$v_e = 150$ m/s

$\Delta t = 20$ ms $= 0{,}020$ s

gevraagd: Δs

oplossing: $v_{gem} = \dfrac{v_b + v_e}{2} = \dfrac{300 + 150}{2} = 225$ m/s

$\Delta s = v_{gem} \bullet \Delta t = 225 \bullet 0{,}020 = 4{,}5$ m

↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑

altijd eerst de formule

Veel leerlingen zijn erg onzorgvuldig met het opschrijven van hun antwoord.
Het enige dat zij opschrijven is (300 + 150) / 2 = 225 • 0,020 = 4½
Zelf begrijpen ze wat ze doen; anderen kunnen het vaak maar moeilijk volgen.
Wat is voor verbetering vatbaar?

1.
De vertaalslag van tekst naar "gegevens" en "gevraagd" wordt overgeslagen.

2.
Het antwoord begint meteen met getallen. We hebben afgesproken dat je moet beginnen met een formule. Het nut hiervan is dat iedereen direct ziet welke berekening eigenlijk wordt uitgevoerd.

3.
De twee stappen (300 + 150) / 2 = 225 en 225 • 0,020 = 4½ worden aan elkaar gebreid. Na (300 + 150) / 2 = 225 moet met een nieuwe regel worden begonnen. Wiskundig gezien klopt er niets van want (300 + 150) / 2 is niet gelijk aan 4½

4.
Het is een slechte gewoonte om een breuk in een uitkomst te zetten. Dus is 4,5 beter dan 4½.

5.
De eenheid m achter 4½ ontbreekt.

Tweede voorbeeld van een opgave

Een auto rijdt met een bepaalde snelheid op een rechte weg. Plotseling rent een hert op de weg. De automobilist maakt een noodstop. Na 4,3 s komt hij 45 m verderop tot stilstand.

Bereken met welke snelheid (in km/h) hij oorspronkelijk reed.

Uitwerking:

gegeven: $\Delta t = 4{,}3 \text{ s}$

$\Delta s = 45 \text{ m}$

$v_e = 0 \text{ m/s}$

gevraagd: v_b

oplossing: $v_{gem} = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{45 \text{ m}}{4{,}3 \text{ s}} = 10{,}47 \text{ m/s}$

$v_b = 2 \bullet v_{gem} - v_e = 2 \bullet 10{,}47 - 0 = 20{,}93 \text{ m/s} = 75 \text{ km/h}$

Opgaven bij § 3

Opgave 1

Een motor trekt gelijkmatig op van 30 m/s naar 70 m/s. Bereken zijn gemiddelde snelheid.

OPM.: De uitwerking moet de volgende vorm hebben.

gegeven: $v_b = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$v_e = \ldots\ldots\ldots\ldots$

gevraagd: v_{gem}

oplossing: $v_{gem} = \dfrac{v_b + v_e}{2} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ (getallen invullen) $= \ldots\ldots\ldots$(antw.)

Opgave 2

Een vliegtuig landt met 80 m/s op de startbaan en remt in 20 s eenparig af tot stilstand. Bereken hoeveel meter het vliegtuig aflegt voordat het tot stilstand komt.

OPM.: De uitwerking moet de volgende vorm hebben.

gegeven: $v_b = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$v_e = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$\Delta t = \ldots\ldots\ldots\ldots$

gevraagd: Δs

oplossing: $v_{gem} = \dfrac{v_b + v_e}{2} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots$

$\Delta s = v_{gem} \bullet \Delta t = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots$

Opgave 3

Een misdadiger richt zijn pistool op de buik van een winkelier en schiet. De kogel komt er aan de achterzijde van het slachtoffer weer uit. De afstand die de kogel in het lichaam aflegt is 26 cm en dit duurt 0,0040 s. De snelheid waarmee de kogel het lichaam binnenkomt is 72 m/s.

Bereken de snelheid waarmee de kogel het lichaam verlaat.

OPM.: de uitwerking moet de volgende vorm hebben.

gegeven: $\Delta s = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$\Delta t = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$v_b = \ldots\ldots\ldots\ldots$

gevraagd: v_e

oplossing: $v_{gem} = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$v_e = 2 \bullet v_{gem} - v_b = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots$

Bij de volgende opgaven moet de uitwerking dezelfde vorm hebben als bij de eerste drie opgaven.

Opgave 4
Een vliegtuig wacht op de startbaan om te vertrekken. Na goedkeuring door de verkeerstoren trekt het vliegtuig vanuit stilstand eenparig versneld op. Na 35 s komt het vliegtuig los van de startbaan. Het heeft dan 1200 m op de startbaan gereden. Bereken met welke snelheid het vliegtuig loskomt van de grond.

Opgave 5
Alex gooit vanaf een hoog huis een steen naar beneden met een snelheid van 6 m/s. Na 2 s is de snelheid van de steen 26 m/s. Bereken de afstand waarover de steen is gevallen.

Opgave 6
Suzanne trekt met haar fiets gelijkmatig op van 2,0 m/s naar 4,6 m/s. De afstand die zij daarvoor nodig heeft is 15 m. Bereken de tijd die zij daarvoor nodig heeft.

Opgave 7

Een stuk ijs wordt met een bepaalde snelheid op een ijsbaan geschoven. Door de wrijving komt het stuk ijs 13 m verder tot stilstand. Dit duurt 2,2 s.
Bereken met welke snelheid het stuk ijs op de baan wordt geschoven.

Opgave 8

Een parachutespringer daalt met een snelheid van 200 km/h als hij zijn parachute opentrekt. Na 0,70 s is zijn snelheid gedaald tot 40 km/h. Bereken hoeveel meter de parachutist in de tussentijd heeft afgelegd (neem hierbij aan dat de vertraging eenparig is).

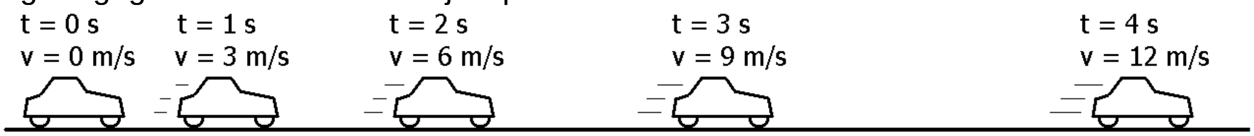
Opgave 9

Een trein rijdt 60 km/h en trekt vanaf dat moment 8 s lang eenparig op. In deze 8 s heeft de trein 188 m afgelegd. Bereken de snelheid die de trein op het eind heeft.

§ 4 Versnelling

Voorbeeld 1

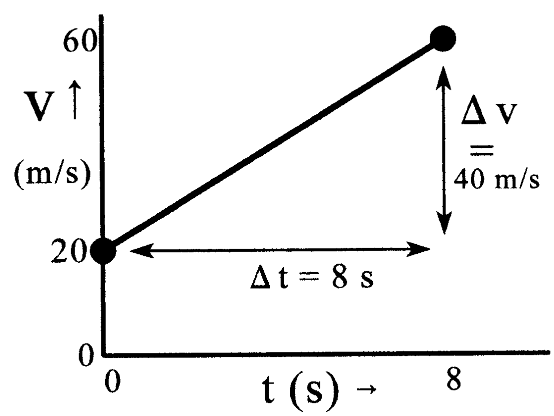
Laura heeft een nieuwe auto gekocht en wil kijken hoe snel ze kan optrekken. Op een bepaald moment (t = 0 s) gaat ze van start. Het snelheidsverloop is in de onderstaande figuur gegeven. Hierin is t het tijdstip en v de snelheid van Laura.



Hoe kunnen we nu in een getal uitdrukken hoe snel Laura optrekt?
Het is dan logisch om te kijken naar de snelheidstoename in één seconde.
Dit is een nieuwe grootheid met de naam ‘versnelling’ en met symbool a (van ‘accelleration’).
Voor Laura geldt dan: a = 3 m/s per seconde.
In woorden: "Laura heeft een versnelling van drie meter per seconde per seconde."
Of korter: "Laura heeft een versnelling van drie meter per seconde kwadraat."
Dit schrijven we als a = 3 m/s^2.

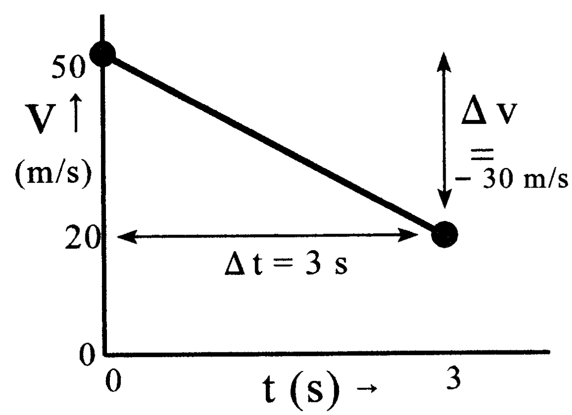
Voorbeeld 2

Een snelle auto trekt in 8 s eenparig op van 20 m/s naar 60 m/s. Zie het (v-t)-diagram hiernaast. De snelheidstoename geven we het symbool Δv. Dus geldt:
Δv = 60 - 20 = 40 m/s.
In formulevorm: $\Delta v = v_e - v_b$.
Deze Δv vindt plaats in een tijdsduur Δt van 8 s.
De versnelling is dan a = 40 / 8 = 5 m/s^2.
In formulevorm: a = Δv / Δt.
De versnelling a bepaalt hoe steil de grafiek in het (v-t)-diagram loopt en is te vergelijken met de richtingscoëfficient in de wiskunde.



Voorbeeld 3

Een auto rijdt 50 m/s en remt in 3 s eenparig af tot 20 m/s. Zie het (v-t)-diagram hiernaast. De snelheidstoename is dan:
$\Delta v = v_e - v_b$ = 20 - 50 = - 30 m/s.
Het minteken geeft aan dat er van een snelheids**afname** sprake is (en geen toename).
De versnelling is:
a = Δv / Δt = -30 m/s **/** 3 s = - 10 m/s^2.



Het minteken geeft aan dat de auto **vertraagt** (en niet versnelt). Toch blijven we de grootheid a 'versnelling' noemen. Merk op dat in de wiskunde de richtingscoëfficient van een soortgelijke grafiek ook negatief is.

Theorie

In deze paragraaf worden er weer nieuwe grootheden en eenheden besproken.
De onderstaande tabel geeft het nieuwe overzicht van alle grootheden en eenheden.

Grootheden	Eenheden
Δs = afgelegde afstand	m
t = tijdstip	s
Δt = tijdsduur	s
v_{gem} = gemiddelde snelheid	m/s
v = snelheid op een tijdstip	m/s
v_b = beginsnelheid	m/s
v_e = eindsnelheid	m/s
Δv = snelheidstoename	m/s
a = versnelling	m/s^2

Als een voorwerp in een bepaalde tijdsduur Δt van snelheid verandert, geldt voor de snelheidstoename:

$$\Delta v = v_e - v_b$$ (definitie van snelheidstoename)

Het deltateken Δ betekent in de wis- en natuurkunde steeds: eindwaarde min beginwaarde. In dit geval is dat: eindsnelheid min beginsnelheid.
Voor de versnelling a geldt dan:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$ (deze formule is de definitie van a)

Deze formule kan in twee andere vormen geschreven worden namelijk:

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

Als Δv en a negatief zijn, is er eigenlijk geen versnelling maar een vertraging.

Eerste voorbeeld van een opgave

Joris rijdt 20 m/s met zijn auto als hij het gaspedaal dieper intrapt. Zijn versnelling bedraagt 1,5 m/s^2. Bereken zijn snelheid na 3 s.

Uitwerking

gegeven: $v_b = 20$ m/s

$a = 1{,}5$ m/s^2

$\Delta t = 3$ s

gevraagd: v_e

oplossing: $\Delta v = a \bullet \Delta t = 1{,}5 \bullet 3 = 4{,}5$ m/s

$v_e = 20 + 4{,}5 = 24{,}5$ m/s

Tweede voorbeeld van een opgave

Iris rijdt met haar motor 54 km/h als zij gelijkmatig gaat optrekken. Vanaf het startmoment van het optrekken legt zij in 5 s een afstand van 100 m af.
Bereken haar versnelling.

Uitwerking

gegeven: $v_b = 54$ km/h $= 15$ m/s

$\Delta t = 5$ s

$\Delta s = 100$ m

gevraagd: a

oplossing: $v_{gem} = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{100 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 20$ m/s

$v_e = 2 \bullet v_{gem} - v_b = 2 \bullet 20 - 15 = 25$ m/s

$a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{25 - 15}{5} = 2$ m/s^2

Opmerking

Volgens afspraak worden bij het uitwerken van een opgave altijd de gebruikte formules (met letters!) opgeschreven. De formule $\Delta v = v_e - v_b$ mag hierop een uitzondering vormen. Hierbij is het voldoende om de berekening met getallen op te schrijven. Zie de bovenstaande voorbeelden.

Opgaven bij § 4

Opgave 1

Een motor heeft een snelheid van 20 m/s. Op een bepaald moment trekt deze op met een versnelling van 2 m/s^2. Na enige tijd is de snelheid van de motor 30 m/s.

a.

Leg zonder formules uit hoe groot de snelheid van de motor is na 1 s. En na 2 s. En na 3 s.

b.

Leg zonder formules uit na hoeveel tijd de snelheid van de motor 30 m/s is.

c.

Bereken nogmaals na hoeveel tijd de snelheid 30 m/s is, maar nu op de nette manier.

OPM.: De uitwerking moet de volgende vorm hebben.

gegeven: $v_b = \ldots\ldots$

$v_e = \ldots\ldots$

$a = \ldots\ldots$

gevraagd: Δt

oplossing: $\Delta t = \dfrac{\Delta v}{a} = \dfrac{\ldots\ldots - \ldots\ldots}{\ldots\ldots} = \ldots\ldots$

Opgave 2

Een trein rijdt 14 m/s en doet er 7,3 s over om zijn snelheid te verdubbelen.

Bereken zijn versnelling.

Opgave 3

Een brommer rijdt 18 km/h als hij optrekt met een versnelling van 1,4 m/s^2.
Bereken zijn snelheid (in km/h) na 4 s.

Opgave 4

Een raceauto trekt vanuit een onbekende beginsnelheid op naar een snelheid van 83,3 m/s. Het optrekken duurt 3,4 s en de versnelling is 6,6 m/s^2. Bereken de beginsnelheid.

Opgave 5

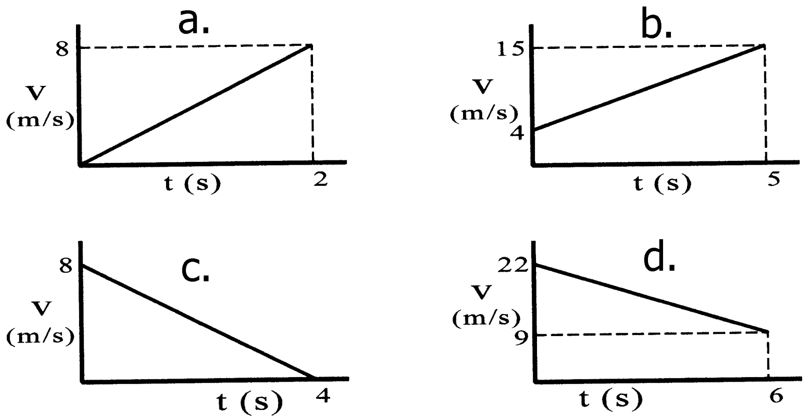
Een personenauto remt in 3,2 s af van 60 km/h naar 25 km/h. Bereken zijn versnelling.

Opgave 6

Een wielrenner rijdt 15 m/s als hij afremt met een versnelling van -4 m/s^2.
Bereken hoelang het duurt voordat de snelheid tot 3 m/s is gedaald.

Opgave 7

Bepaal de versnelling die hoort bij de volgende (v-t)-diagrammen.



Opgave 8

Een motorrijder versnelt vanuit stilstand. Na 2,5 s heeft hij 30 m afgelegd.
Bereken zijn versnelling.

Opgave 9

Op een verre planeet wonen hoog ontwikkelde wezens. Deze wonen net als op de Aarde in huizen. Een steen raakt op een hoogte van 17 m boven de grond los van het dak van een huis. De steen komt met een snelheid van 14 m/s op de grond. Bereken de versnelling van de steen.

Opgave 10

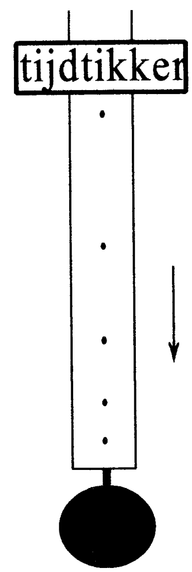
In een discotheek wordt vaak geschoten. De eigenaar plaatst om zijn kantoorruimte een dikke muur om zichzelf te beschermen. De muur is 123 cm dik en is gemaakt van schuimplastic. De eigenaar test de muur door er twee kogels op af te vuren.
Ga er in het volgende vanuit dat de kogels eenparig in het schuimplastic afgeremd worden.
De EERSTE kogel wordt met een snelheid van 210 m/s loodrecht in de muur geschoten. De kogel dringt 83 cm in het schuimplastic door voordat hij tot stilstand komt. Bereken de versnelling van de kogel in het schuimplastic.

De TWEEDE kogel wordt loodrecht in de muur geschoten met een onbekende *begin*snelheid. De kogel komt er aan de andere kant weer uit met een snelheid van 120 m/s. De gemiddelde snelheid van de kogel in de muur is 182 m/s.
Bereken de versnelling van de kogel in het schuimplastic.

§ 5 Bepaling van de valversnelling op aarde

Zolang een vallend voorwerp geen luchtwrijving ondervindt, versnelt dit voorwerp **eenparig** met een versnelling van a = 9,8 m/s^2. Het maakt hierbij niet uit of het voorwerp licht of zwaar is. Deze versnelling noemt men de "valversnelling", "zwaartekrachtversnelling" of "gravitatieversnelling". Voorwerpen op andere planeten hebben een andere valversnelling. Bijvoorbeeld op Mars a = 3,74 m/s^2 en op Jupiter a = 26,0 m/s^2.

Om aan te geven dat het om de VALversnelling gaat (en niet om de versnelling van bijvoorbeeld een optrekkende auto) geeft men deze een apart symbool namelijk g (van **g**ravitatie). Op aarde geldt dus g = 9,8 m/s^2 en op Mars g = 3,74 m/s^2.



Met een veel uitgevoerde practicumproef kan de waarde van g bepaald worden (uiteraard moet deze ongeveer uitkomen op 9,8 m/s^2). Hierbij wordt een kogel van een bepaalde hoogte boven de grond losgelaten, die vervolgens naar beneden valt. De valbeweging van de kogel wordt vastgelegd met een tijdtikker. Deze zet met vaste regelmaat (bijvoorbeeld 50 keer per seconde) stippen op een lange strook papier die door de vallende kogel wordt "meegesleurd".

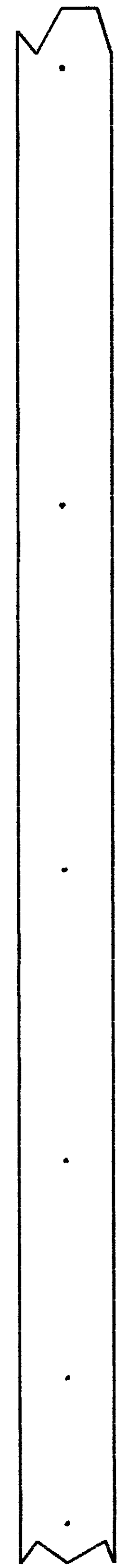
Voor de bepaling van g is het niet nodig om het gehele stippenpatroon te gebruiken. Dat komt vaak goed uit omdat het stippenpatroon in de praktijk niet overal even duidelijk is. Slechts een deel van de strook (met goed herkenbare stippen) wordt voor de bepaling van g gebruikt.

Van het gebruikte strookdeel worden de beginsnelheid v_b, de eindsnelheid v_e en de tijdsduur Δt bepaald uit de afstand en tijd tussen de stippen (opmeten met een liniaal). Vervolgens wordt g uitgerekend met $g = \frac{v_e - v_b}{\Delta t}$.

Op de volgende oefenbladen wordt de methode in detail uitgewerkt voor de planeten X en Y. Bepaal voor deze planeten de g-waarde door het stappenplan strikt te volgen. Als dit geen problemen oplevert, kan de eigenlijke g-bepaling (voor de planeet Aarde) nauwelijks problemen opleveren.

OEFENBLAD: BEPALING VAN g MET EEN TIJDTIKKERSTROOK

Met een tijdtikker wordt de waarde van g bepaald op de planeet X.
De tijdtikker zet 10 stippen per seconde op de strook.
Een gedeelte van de strook is hiernaast op ware grootte getekend.



BEPALING VAN DE GEM. SNELHEID VAN HET EERSTE INTERVAL

Meet met een liniaal de lengte van het *eerste* interval (= afstand tussen de onderste twee stippen). Δs = _______ cm = _______ m

Wat is de tijdsduur tussen de onderste twee stippen? Δt = ________ s.

Bereken de gemiddelde snelheid in dit *eerste* interval. $v_{gem} = \Delta s / \Delta t$ = _________ m/s.

Deze gemiddelde snelheid is gelijk aan de snelheid op het tijdstip halverwege het eerste interval. Verderop wordt deze snelheid v_{gem1} genoemd.

BEPALING VAN DE GEM. SNELHEID VAN HET LAATSTE INTERVAL

Meet met een liniaal de lengte van het *laatste* interval (= afstand tussen de bovenste twee stippen). Δs = _______ cm = _______ m

Wat is de tijdsduur tussen de bovenste twee stippen? Δt = ________ s.

Bereken de gemiddelde snelheid in dit *laatste* interval. $v_{gem} = \Delta s / \Delta t$ = _________ m/s

Deze gemiddelde snelheid is gelijk aan de snelheid op het tijdstip halverwege het laatste interval. Verderop wordt deze snelheid v_{gem2} genoemd.

BEPALING VAN DE VALVERSNELLING

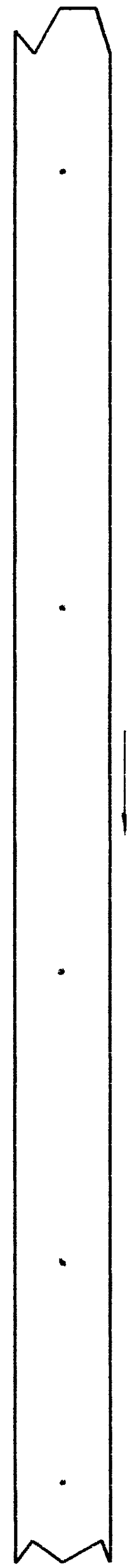
Wat is de snelheidstoename tussen de middens van het eerste en het laatste interval? $\Delta v = v_{gem2} - v_{gem1}$ = _________ m/s

Hoeveel tijd zit er tussen de middens van het eerste en het laatste interval? Δt = ________ s.

Bereken g. $g = \Delta v / \Delta t$ = __________ m/s^2.

OEFENBLAD: BEPALING VAN g MET EEN TIJDTIKKERSTROOK

Met een tijdtikker wordt de waarde van g bepaald op de planeet Y.
De tijdtikker zet 25 stippen per seconde op de strook.
Een gedeelte van de strook is hiernaast op ware grootte getekend.



BEPALING VAN DE GEM. SNELHEID VAN HET EERSTE INTERVAL

Meet met een liniaal de lengte van het *eerste* interval (= afstand tussen de onderste twee stippen). Δs = _______ cm = _______ m

Wat is de tijdsduur tussen de onderste twee stippen? Δt = ________ s.

Bereken de gemiddelde snelheid in dit *eerste* interval. $v_{gem} = \Delta s / \Delta t$ = _________ m/s.

Deze gemiddelde snelheid is gelijk aan de snelheid op het tijdstip halverwege het eerste interval. Verderop wordt deze snelheid v_{gem1} genoemd.

BEPALING VAN DE GEM. SNELHEID VAN HET LAATSTE INTERVAL

Meet met een liniaal de lengte van het *laatste* interval (= afstand tussen de bovenste twee stippen). Δs = _______ cm = _______ m

Wat is de tijdsduur tussen de bovenste twee stippen? Δt = ________ s.

Bereken de gemiddelde snelheid in dit *laatste* interval. $v_{gem} = \Delta s / \Delta t$ = _________ m/s

Deze gemiddelde snelheid is gelijk aan de snelheid op het tijdstip halverwege het laatste interval. Verderop wordt deze snelheid v_{gem2} genoemd.

BEPALING VAN DE VALVERSNELLING

Wat is de snelheidstoename tussen de middens van het eerste en het laatste interval? $\Delta v = v_{gem2} - v_{gem1}$ = _________ m/s

Hoeveel tijd zit er tussen de middens van het eerste en het laatste interval? Δt = ________ s.

Bereken g. $g = \Delta v / \Delta t$ = __________ m/s^2.

§ 6 Versnellen vanuit stilstand

Theorie

In deze paragraaf beperken we ons tot voorwerpen die VANUIT STILSTAND een eenparig versnelde beweging uitvoeren. Als de tijdsduur Δt en de versnelling a van de beweging bekend zijn, dan kan de afgelegde weg Δs berekend worden met de formules uit de vorige paragrafen. Er is echter een formule die sneller het gewenste resultaat geeft namelijk:

$$\Delta s = \frac{1}{2} \times a \times \Delta t^2$$

Deze formule kan in twee andere vormen geschreven worden namelijk:

$$a = \frac{2 \times \Delta s}{\Delta t^2} \quad \text{en} \quad \Delta t = \sqrt{\frac{2 \times \Delta s}{a}}$$

Bewijs van de nieuwe formule

Uitgangspunt is de algemeen geldende formule:

$\Delta s = v_{gem} \cdot \Delta t$ (formule 1).

Omdat de beginsnelheid nul is kan formule $v_{gem} = (v_b + v_e) / 2$ vereenvoudigd worden tot:

$v_{gem} = ½\, v_e$ (formule 2)

Als formule 1 en 2 gecombineerd worden ontstaat:

$\Delta s = ½\, v_e \cdot \Delta t$ (formule 3)

Omdat de beginsnelheid nul is kan formule $\Delta v = a \cdot \Delta t$ vereenvoudigd worden tot:

$v_e = a \cdot \Delta t$ (formule 4)

Als formule 3 en 4 gecombineerd worden ontstaat:

$\Delta s = ½\, a \cdot \Delta t \cdot \Delta t$ (formule 5)

Formule 5 kan geschreven worden als $\Delta s = ½\, a \cdot \Delta t^2$

Eerste voorbeeld van een opgave

Een auto staat voor een stoplicht te wachten. Als het groen wordt trekt de auto gedurende 3 s op met een versnelling van 2,0 m/s^2. Bereken de afgelegde afstand.

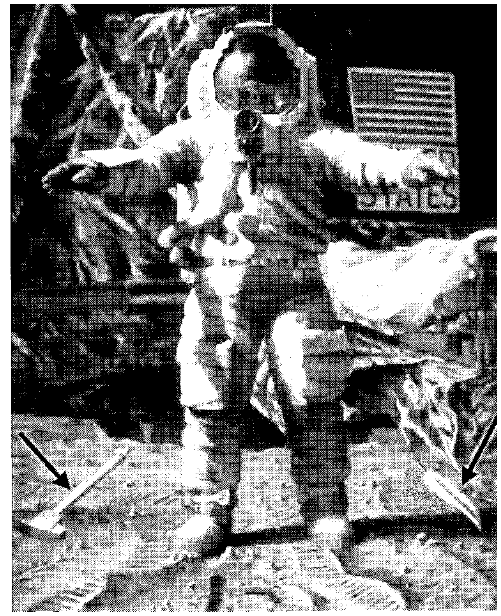
Uitwerking

gegeven: $v_b = 0$ m/s
$\Delta t = 3$ s
$a = 2{,}0$ m/s^2

gevraagd: Δs

oplossing: $\Delta s = ½ \cdot a \cdot \Delta t^2 = ½ \cdot 2{,}0 \cdot 3^2 = 9$ m

Tweede voorbeeld van een opgave



In 1971 landde de Apollo 15 op de maan. Astronaut David Scott deed er de valproef van Galilei. Hij liet een zware hamer en een ganzenveer tegelijkertijd van dezelfde hoogte vallen. De hamer en de veer bereikten op hetzelfde moment de grond. Zie de figuur hiernaast. Scott zei: “Deze proef bevestigt dat de maan geen dampkring heeft”.
De hamer en de veer vielen over een afstand van 1,6 m en bereikten na 1,4 s de grond.
Bereken uit deze gegevens de valversnelling (g) op de maan.

Uitwerking

gegeven: $\Delta s = 1{,}6 \text{ m}$

$v_b = 0 \text{ m/s}$

$\Delta t = 1{,}4 \text{ s}$

gevraagd: g

oplossing: $g = \dfrac{2 \times \Delta s}{\Delta t^2} = \dfrac{2 \times 1{,}6}{1{,}4^2} = 1{,}6 \text{ m/s}^2$

Derde voorbeeld van een opgave

Een steen valt van een 20 m hoge toren. De beginsnelheid is nul.
Bereken de valtijd van de steen. Verwaarloos hierbij de luchtwrijving tijdens het vallen.

Uitwerking

gegeven: $\Delta s = 20 \text{ m}$

$v_b = 0 \text{ m/s}$

$g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$ (= valversnelling op aarde)

gevraagd: Δt

oplossing: $\Delta t = \sqrt{\dfrac{2 \times \Delta s}{g}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 20}{9{,}8}} = 2{,}0 \text{ s}$

Opmerking

Veel vraagstukken kunnen eenvoudig worden opgelost door de formules uit de vorige paragrafen toe te passen. Dat geldt echter niet voor het laatste voorbeeld (probeer het maar eens!). Dan biedt de formule in deze paragraaf uitkomst.

Opgaven bij § 6

Opgave 1
Een motorrijder staat stil voor een stoplicht. Als het groen wordt versnelt hij gedurende 4,5 s met een versnelling van 3 m/s^2.
a.
Bereken op de "oude manier" hoe groot zijn afgelegde afstand is na deze 4,5 s (maak dus gebruik van de formules $\Delta v = a \cdot \Delta t$, $v_{gem} = (v_b+v_e) / 2$ en $\Delta s = v_{gem} \cdot \Delta t$).

b.
Bereken op de "nieuwe manier" hoe groot zijn afgelegde afstand is na deze 4,5 s (maak dus gebruik van de formule $\Delta s = ½ \cdot a \cdot \Delta t^2$).

Opgave 2
Een raket bereikt 2,8 s na zijn lancering een hoogte van 120 m. Bereken op twee verschillende manieren de versnelling van de raket.

Opgave 3

Een vliegtuig vertrekt vanaf Schiphol met een versnelling van 3,5 m/s^2. Bereken hoelang het duurt voordat dit vliegtuig een afstand van 400 m heeft afgelegd.

Opgave 4

Vanaf een 17,4 m hoog dak in Rijswijk valt een dakpan naar beneden. De luchtwrijving is hierbij te verwaarlozen.

a.

Bereken hoelang het duurt voordat de dakpan op de grond komt.

b.

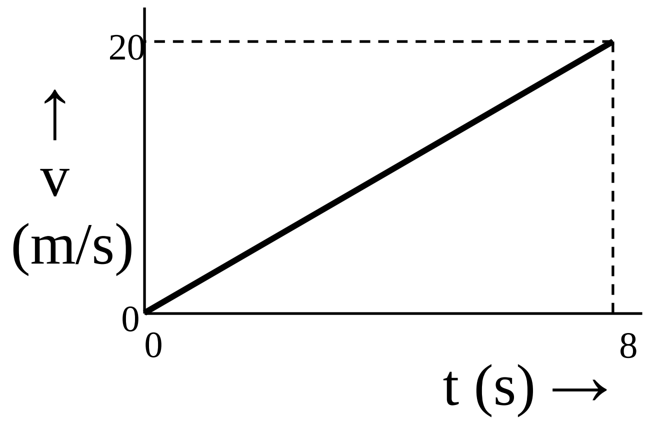
Bereken de snelheid waarmee de dakpan op de grond valt.

Opgave 5

Op Venus is de versnelling van vallende voorwerpen 8,9 m/s^2. Een steen valt op Venus van een hoogte van 20 m omlaag (zonder beginsnelheid). Bereken de snelheid in km/h waarmee de steen op de grond komt.

Opgave 6

In deze opgave gaan we aan de hand van een (v-t)-diagram na of de formule $\Delta s = ½ \bullet a \bullet \Delta t^2$ klopt.
Het (v-t)-diagram heeft betrekking op een eenparig versnelde beweging vanuit stilstand.



a.
Bepaal uit het (v-t)-diagram hoe groot v_{gem}, Δv en Δt zijn.

b.
Bereken met de antwoorden op vraag a. de afgelegde afstand Δs.

c.
Bereken met de antwoorden op vraag a. de versnelling a.

d.
Bereken nu hoe groot $½ \bullet a \bullet \Delta t^2$ is.

e.
Ga na dat de antwoorden op vraag b. en vraag d. gelijk zijn.

Opgave 7

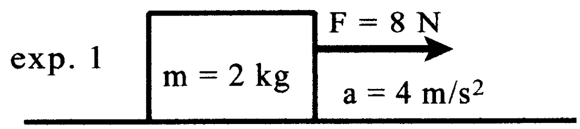
Boven een 40 m diepe put laat je een steen los.
Bereken na hoeveel tijd je de steen op de bodem hoort vallen.
De geluidssnelheid is 340 m/s. De luchtwrijving is te verwaarlozen.

§ 7 Tweede wet van Newton

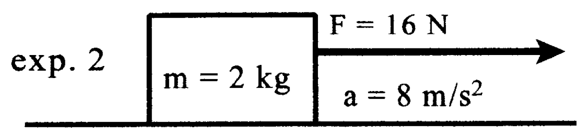
Voorbeeld 1

Hieronder worden drie eenvoudige experimenten beschreven. Steeds wordt een blok, dat op een gladde ondergrond ligt, door een (trek)kracht versneld. De wrijving tussen het blok en de ondergrond is verwaarloosbaar. In de experimenten spelen naast de versnelling de nieuwe grootheden 'kracht' en 'massa' een rol.
Het symbool voor kracht is F (van force) en zijn eenheid is N (van newton).
Het symbool voor massa is m en zijn eenheid is de kg (van kilogram).

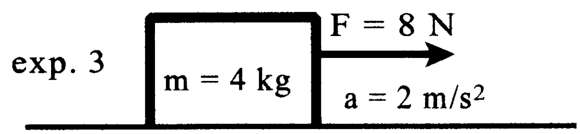
In het *eerste experiment* wordt aan het blok getrokken met een kracht van 8 N. De massa van het blok bedraagt 2 kg. De versnelling van het blok is 4 m/s^2.



In het *tweede experiment* wordt aan het blok getrokken met een kracht van 16 N. De massa van het blok bedraagt 2 kg. De versnelling van het blok is 8 m/s^2.



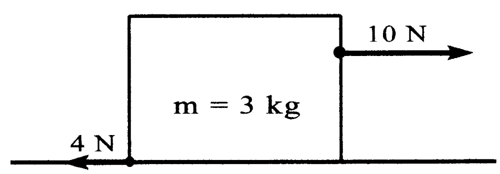
In het *derde experiment* wordt aan het blok getrokken met een kracht van 8 N. De massa van het blok bedraagt 4 kg. De versnelling van het blok is 2 m/s^2.



Uit de experimenten blijkt dat een verdubbeling van de kracht leidt tot een verdubbeling van de versnelling en dat een verdubbeling van de massa leidt tot een halvering van de versnelling. In elk experiment geldt: kracht = massa x versnelling ($F = m \cdot a$).
Deze formule heet de "tweede wet van Newton".

Voorbeeld 2

Een blok wordt met een kracht van 10 N over de tafel naar rechts getrokken. Tijdens het schuiven ondervindt het blok een wrijvingskracht van 4 N. De massa van het blok bedraagt m = 3 kg. De versnelling van het blok bedraagt a = 2 m/s^2.
Blijkbaar moet voor F in de formule $F = m \cdot a$ de waarde 6 N worden genomen. Dit is ook logisch omdat de 10 N en de 4 N elkaar tegenwerken en het verschil hiertussen 6 N is. Deze kracht noemen we de "resulterende" kracht en geven deze het symbool F_R. De tweede wet van Newton wordt dan $F_R = m \cdot a$.



De "resulterende" kracht is 10-4=6 N.
De versnelling is 2 m/s^2 .

Theorie

Grootheden	Eenheden
a = versnelling	m/s^2
F_R = resulterende kracht	N
m = massa	kg

Als er op een voorwerp meerdere krachten werken, kunnen we de krachten samenstellen tot één netto kracht. Deze kracht heet de "resulterende kracht" en heeft als symbool F_R. De resulterende kracht heeft dezelfde beweging van het voorwerp tot gevolg als de oorspronkelijke combinatie van krachten. Als de massa van het voorwerp m is, dan ondergaat dit voorwerp een versnelling a. Het verband tussen de drie grootheden wordt gegeven door de volgende formule.

$$F_R = m \times a$$ (tweede wet van Newton)

Deze formule kan in twee andere vormen geschreven worden namelijk:

$$a = \frac{F_R}{m}$$ en $$m = \frac{F_R}{a}$$

Uit de tweede wet van Newton volgen de volgende regels.

1.

De versnelling van een voorwerp is recht evenredig met de resulterende kracht op dat voorwerp (bij gelijkblijvende massa). Bijvoorbeeld trekt een auto met een sterke motor sneller op dan een auto met een zwakke motor.

2.

De versnelling van een voorwerp is omgekeerd evenredig met de massa van dat voorwerp (bij gelijkblijvende resulterende kracht). Bijvoorbeeld trekt een volgeladen vrachtwagen langzamer op dan een lege vrachtwagen.

Voorbeeld van een opgave

Op een voorwerp van 2,5 kg werkt gedurende 8 s een resulterende kracht van 10 N naar rechts. De beginsnelheid van het voorwerp is 8 m/s (ook naar rechts).
Bereken de afgelegde afstand van dat voorwerp gedurende die 8 s.

Uitwerking

gegeven: $m = 2{,}5$ kg

$\Delta t = 8{,}0$ s

$F_R = 10$ N

$v_b = 8$ m/s

gevraagd: Δs

oplossing: $a = \frac{F_R}{m} = \frac{10}{2{,}5} = 4{,}0 \text{ m/s}^2$

$\Delta v = a \bullet \Delta t = 4{,}0 \bullet 8{,}0 = 32$ m/s

$v_e = 8 + 32 = 40$ m/s

$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2} = \frac{8 + 40}{2} = 24$ m/s

$\Delta s = v_{gem} \bullet \Delta t = 24 \bullet 8{,}0 = 192$ m

Opgaven bij § 7

Opgave 1
Op een voorwerp van 4,0 kg werkt een resulterende kracht van 10 N. Bereken de versnelling van het voorwerp.

Opgave 2
Op een voorwerp werkt een resulterende kracht van 26 N. Ten gevolge hiervan ondergaat het voorwerp een versnelling van 0,24 m/s^2. Bereken de massa van het voorwerp.

Opgave 3
Een blok van 130 gram versnelt met 1,2 m/s^2. Bereken de resulterende kracht op het blok.

Opgave 4
Op een voorwerp met een massa van 151 kg werken twee krachten. De ene kracht bedraagt 8 N en wijst naar links. De andere kracht bedraagt 12 N en wijst naar rechts. Bereken de versnelling van het voorwerp.

Opgave 5

Een motorrijder trekt in 5 s op vanuit stilstand naar 120 km/h. De massa van de motor met rijder bedraagt 660 kg. Bereken de resulterende kracht op de motor met rijder.

Opgave 6

De formule voor de zwaartekracht is: $F_Z = m \cdot g$.
Leg uit hoe deze formule volgt uit de tweede wet van Newton.

Opgave 7

De eerste wet van Newton luidt:
"Als op een voorwerp geen kracht werkt, of als de krachten met elkaar in evenwicht zijn, blijft het voorwerp in rust òf beweegt met constante snelheid verder."
Leg uit dat de eerste wet van Newton volgt uit $F_R = m \cdot a$ (de tweede wet van Newton).

Opgave 8

Een kogel van 20 gram wordt door een dikke laag piepschuim geschoten. De kogel komt de laag binnen met een snelheid van 280 m/s en verlaat deze met een snelheid van 240 m/s. Tijdens het doorboren van de laag ondervindt de kogel een remkracht van 208 N. Bereken hoe dik de laag piepschuim is.

Opgave 9

In Amerika gebeurde een merkwaardig ongeluk. Een man viel van ongeveer 65 m hoogte uit een flat en belandde op het dak van een auto. Hij overleefde niet alleen de val maar was zelfs niet ernstig gewond.

a.

Laat zien dat de man met een snelheid van ongeveer 36 m/s op de auto terechtkwam.

Vervolg opgave 9.
b.
Het dak boog 40 cm door en de massa van de man was 70 kg.
Bereken de (resulterende) kracht op de man tijdens het neerkomen.

Opgave 10
Een auto van 1100 kg trekt vanuit stilstand eenparig op. De stuwkracht van de motor (naar voren gericht) bedraagt 1800 N. De wrijvingskracht op de auto bedraagt 200 N.
Bereken de snelheid van de auto in km/h als deze 18 m heeft gereden.

§ 8 Overzicht: grootheden, eenheden, formules

grootheden en eenheden

Grootheden	Eenheden
Δs = afgelegde afstand	m
t = tijdstip	s
Δt = tijdsduur	s
v_{gem} = gemiddelde snelheid	m/s
v = snelheid op een tijdstip	m/s
v_b = beginsnelheid	m/s
v_e = eindsnelheid	m/s
Δv = snelheidstoename	m/s
a = versnelling	m/s^2
g = valversnelling	m/s^2
F_R = resulterende kracht	N
m = massa	kg

formules

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

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$$ (alleen voor **eenparig** versnellen of vertragen)

$$\Delta v = v_e - v_b$$

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

$$\Delta s = \tfrac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2$$ (alleen voor eenparig versnellen waarbij de **beginsnelheid nul is**)

$$F_R = m \cdot a$$