

§ 1.3 Grootheden en eenheden

Grootheid: eigenschap die je kunt meten (met een meetinstrument)

Eenheid: maat waarin de grootheid wordt uitgedrukt

BINAS 2: vermenigvuldigingsfactoren

BINAS 3A: basisgrootheden en grondeenheden

BINAS 4: grootheden en eenheden in het S.I.

Achter het antwoord van een berekening moet altijd de eenheid worden vermeld.

Maak: som 4, 5.

§ 1.4 Werken met machten van 10

Om gemakkelijk met hele grote en kleine getallen te kunnen werken, worden 'machten van 10' gebruikt.

Maak: som 8, 10, 11.

§ 1.5 Werken met eenheden

Een afgeleide eenheid is een combinatie van eenheden.

Afspraak: de eenheid van een grootheid wordt aangegeven door die grootheid tussen rechte haken te plaatsen

Met deze afspraak is het eenvoudig(er) om de afgeleide eenheid te bepalen, als de formule voor de grootheid gegeven is.

Het omrekenen van eenheden is belangrijk.

Maak: som 14, 15, 17, 19.

§ 1.6 Meetonzekerheid en significante cijfers

Iedere meetwaarde heeft een meetonzekerheid.

Afspraak: het laatste cijfer in de opgegeven meetwaarde is geschat
12 m betekent (in de natuurkunde) iets anders dan 12,00 m;

$l = 12 \text{ m}$ betekent $11,5 \text{ m} \leq l < 12,5 \text{ m}$

$l = 12,00 \text{ m}$ betekent $11,995 \text{ m} \leq l < 12,005 \text{ m}$

Gevolg: De uitkomst van een berekening moet in het juiste aantal cijfers worden genoteerd.

Afronden bij vermenigvuldigen en delen

Vuistregel: rond de uitkomst af op het kleinste aantal significante cijfers;
het aantal significante cijfers is het aantal cijfers waar een meetwaarde uit bestaat (nullen aan de voorkant tellen niet mee).

Afronden bij optellen en aftrekken

Vuistregel: rond de uitkomst af op het kleinste aantal cijfers achter de komma.

Maak: som 22, 24.

Lijst van uitkomsten

Achter in het kernboek staan de uitkomsten van de (reken)sommen.

In het hulpboek staan de uitwerkingen van de sommen.

Uitwerkingen

Zie: <http://www.denhulster.nl/HavoVwo/Bovenbouw/Vakken/Natuurkunde/Download/tabid/283/Default.aspx>

§ 2.3 Plaats x , verplaatsing Δx en afgelegde weg s

Beweging langs een rechte lijn

1. Kies een 'nulpunt van plaats': $x = 0$
2. Kies een positieve richting (bijvoorbeeld naar rechts)

Iedere plek op de rechte lijn heeft nu een plaatscoördinaat.

$x = (+) 120$ m is dan de plek 120 m rechts van het gekozen nulpunt van plaats;

$x = - 80$ m is 80 m links van $x = 0$.

Met $x(0)$ ¹ wordt de beginplaats van het voorwerp bedoeld. Dit hoeft niet het nulpunt van plaats te zijn. $x(0) = - 48$ m betekent dat het voorwerp zich 'in het begin' bevindt op 48 m links van $x = 0$.

Er is (vaak) verschil tussen de verplaatsing Δx en de afgelegde weg s .

De verplaatsing $\Delta x = x_{\text{eind}} - x_{\text{begin}}$ kan zowel positief als negatief zijn².

$\Delta x = (+) 55$ m betekent dat het voorwerp uiteindelijk 55 m naar rechts is gegaan.

Het is goed mogelijk dat het voorwerp daarbij een grotere afstand heeft afgelegd.

Wellicht is het voorwerp eerst 40 m naar links gegaan en daarna 95 m naar rechts. In dat geval geldt: $s = 135$ m. De afgelegde weg kan uitsluitend positief zijn.

Beweging niet langs een rechte lijn

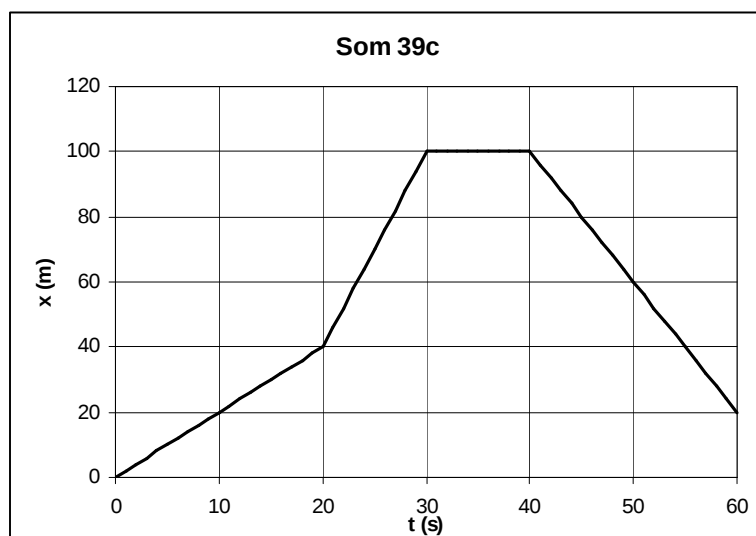
Als je naar school gaat is de grootte van de verplaatsing de hemelsbrede afstand tussen de school en je huis. De afgelegde weg is de werkelijk afgelegde afstand tijdens je reis naar school. Als je later weer thuis gekomen bent, geldt $\Delta x = 0$.

Gemiddelde snelheid

Per definitie geldt: $\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

De consequentie is dat als je op zondagochtend met de racefiets een rondje gaat fietsen, je gemiddelde snelheid (hoe hard je ook fietst) uiteindelijk 0 m/s is³.

Maak: som 28, 38 en 39. Om som 39c te kunnen maken is extra informatie nodig; namelijk op welke plaats het voorwerp is op $t = 0$ s. Neem aan $x(0) = 0$ m.



¹ $x(0)$ is een verkorte schrijfwijze voor $x(t = 0)$.

² Verplaatsing is een vectorgrootte; het heeft zowel een grootte als een richting.

³ Je gemiddelde 'vaart' (average speed) kun je aflezen op je fietscomputertje.

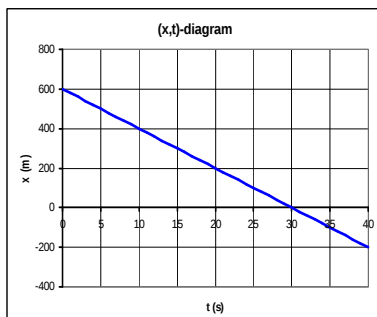
Beweging langs een rechte lijn: Rechterlijnige bewegingen

1. Eenparige beweging; constante snelheid
2. Eenparig versnelde beweging; constante versnelling
3. Willekeurig versnelde beweging; niet-constante versnelling.

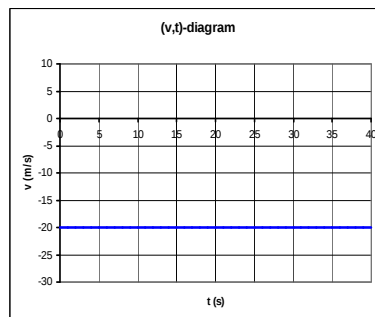
§ 2.2 + 2.4 Eenparige beweging; diagrammen

Veel bewegingen zijn in de natuur (bij benadering) eenparige bewegingen. De snelheid verandert niet. Voorbeelden:

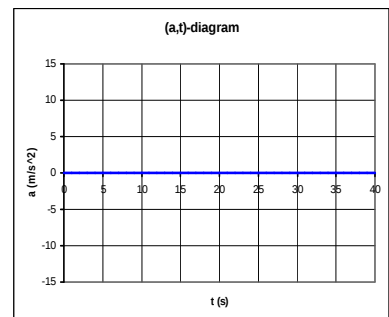
- Een auto op een rustige snelweg
- Een bowlingbal op de bowlingbaan
- Een vallende regendruppel.



Het (x,t) -diagram is een rechte lijn.



Het (v,t) -diagram is een horizontale lijn.



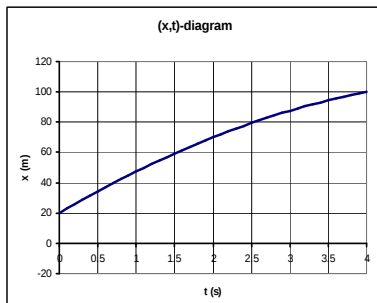
Er is geen versnelling;
 $a = 0$

§ 2.6 + 2.7 + 2.9 Eenparig versnelde beweging; diagrammen

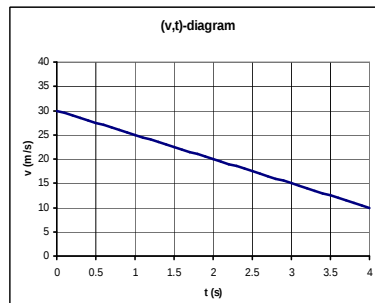
Veel bewegingen zijn in de natuur (bij benadering) eenparig versnelde bewegingen. De snelheid verandert 'op regelmatige wijze'. Er is een constante versnelling.

Voorbeelden:

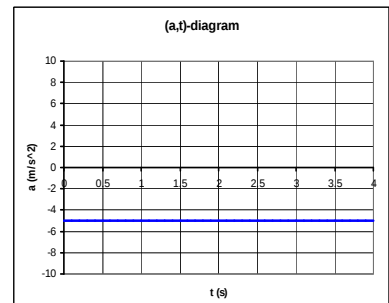
- Een remmende auto
- Een optrekkende brommer
- Een vallende bloempot.



Het (x,t) -diagram is een (deel van) een parabool.



Het (v,t) -diagram is een rechte lijn.



Het (a,t) -diagram is een horizontale lijn.

Willekeurig versnelde beweging; diagrammen

In werkelijkheid zijn de meeste bewegingen in de natuur niet-eenparig (versneld). De snelheid verandert 'op onregelmatige wijze'; er is geen constante versnelling. Voorbeelden:

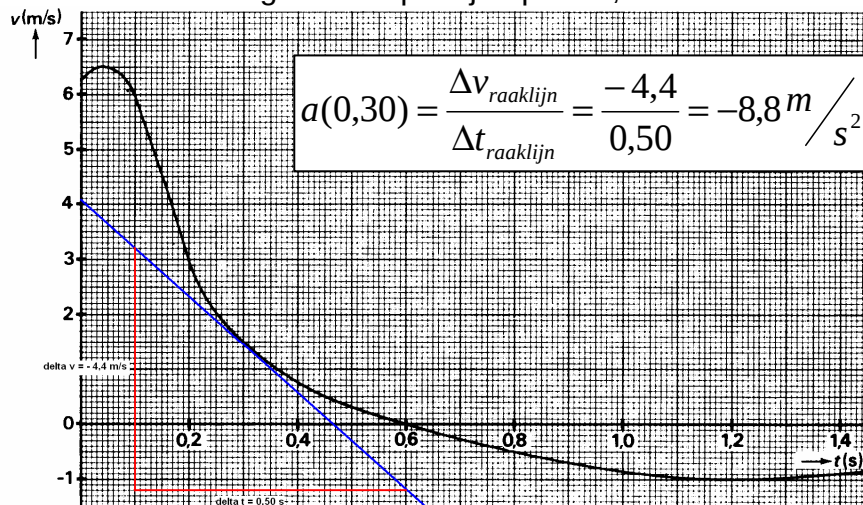
- Een auto op een drukke snelweg
- Een atleet op de 100 m
- Een parachutist.

Om informatie uit diagrammen te halen zijn twee technieken belangrijk.

Raaklijnmethode

De 'steilheid' van een grafiek⁴ levert (meestal) een nieuwe grootheid⁵.

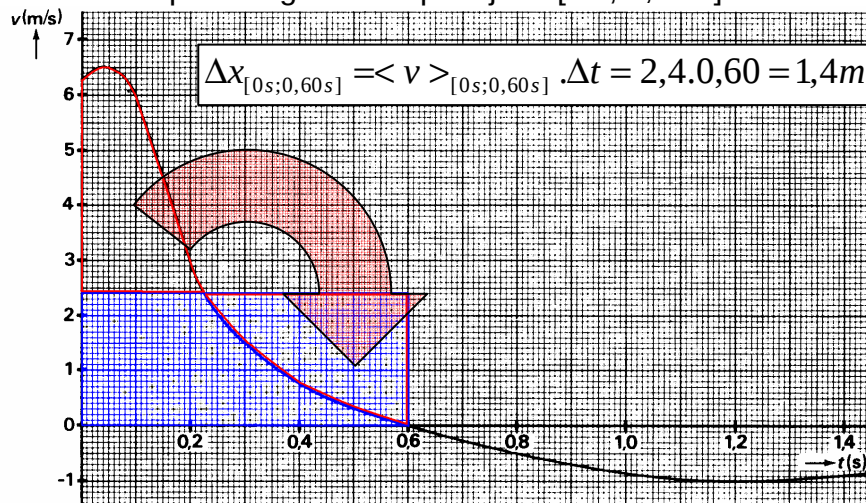
Voorbeeld: De versnelling van het paaltje op $t = 0,30$ s:



Oppervlaktemethode

De oppervlakte 'onder' een grafiek levert (meestal) een nieuwe grootheid⁶.

Voorbeeld: De verplaatsing van het paaltje in $[0 \text{ s}; 0,60 \text{ s}]$:



⁴ In de wiskunde: de richtingscoëfficiënt van de grafiek

⁵ De eenheid van deze nieuwe grootheid kun je vinden door de eenheid van de grootheid op de verticale as te delen door de eenheid van de grootheid op de horizontale as.

⁶ De eenheid van deze nieuwe grootheid kun je vinden door de eenheid van de grootheid op de verticale as te vermenigvuldigen met de eenheid van de grootheid op de horizontale as.

Momentane⁷ snelheid v

- In een (v,t) -diagram is de momentane snelheid in de grafiek af te lezen.
De snelheid van de hardloper in figuur 2.40 is op $t = 0,50$ s: $v(0,50) = 3,1$ m/s.
- In figuur 2.39 is de momentane snelheid van de hardloper te bepalen m.b.v. de 'raaklijnmethode'. De raaklijn loopt immers even steil als de grafiek.
De 'steilheid' van raaklijn in het (x,t) -diagram (figuur 2.39) op $t = 0,50$ s is 3 m/s.

Verplaatsing Δx

- In een (x,t) -diagram is de verplaatsing in de grafiek af te lezen.
De verplaatsing van de hardloper in figuur 2.39 is in de eerste twee seconden:
 $\Delta x = x(2) - x(0) = 9,4 - 0 = 9,4$ m.
- In figuur 2.40 is de verplaatsing van de hardloper te bepalen m.b.v. de 'oppervlaktemethode'.

Het oppervlakte onder de grafiek is: $\Delta x_{0s \rightarrow 1s} = \frac{1}{2} \cdot 6,1 \cdot 1,0 = 3,1$ m

$$\Delta x_{1s \rightarrow 2s} = 6,1 \cdot 1,0 = 6,1$$

Samen: $\Delta x = 3,1 + 6,1 = 9,2$ m.

Gemiddelde snelheid $\langle v \rangle$

- Als een voorwerp met een constante snelheid beweegt (eenparige beweging), dan is dat ook de gemiddelde snelheid.

In figuur 2.40 is de snelheid van de hardloper in de periode $[1,0 \text{ s} \rightarrow 2,0 \text{ s}]$ constant 6,1 m/s. Dit is dan ook zijn gemiddelde snelheid in die periode.

- Als een voorwerp met een constante versnelling beweegt (eenparig versnelde beweging), dan geldt: $\langle v \rangle = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2}$.

In figuur 2.40 verandert de snelheid van de hardloper in de eerste seconde 'op regelmatige wijze'.

In de eerste seconde is de gemiddelde snelheid $\langle v \rangle = \frac{0 + 6,1}{2} = 3,1 \text{ m/s}$.

- Voor de gemiddelde snelheid geldt altijd (per definitie): $\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

In figuur 2.39 valt af te lezen dat de verplaatsing in de eerste seconde 3,2 m is.

De gemiddelde snelheid in de eerste seconde is dus: $\langle v \rangle = \frac{3,2}{1,0} = 3,2 \text{ m/s}$.

Er valt af te lezen dat de verplaatsing in de tweede seconde $9,4 - 3,2 = 6,2$ m is.

De gemiddelde snelheid in de tweede seconde is dus: $\langle v \rangle = \frac{6,2}{1,0} = 6,2 \text{ m/s}$.

De verplaatsing in de eerste twee seconde is 9,4 m.

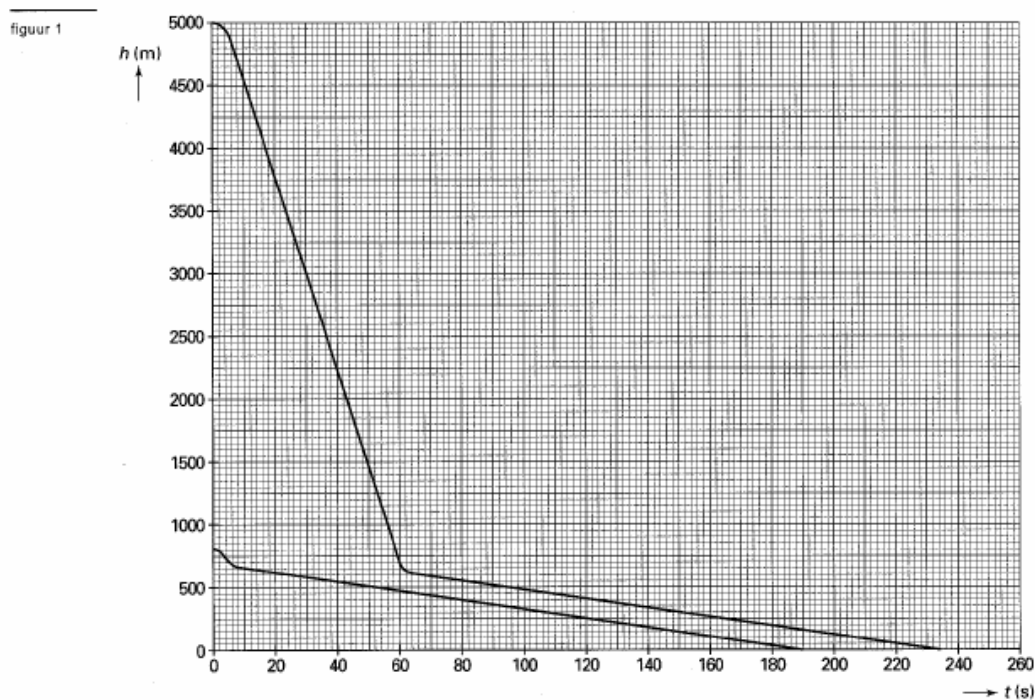
De gemiddelde snelheid in de eerste twee seconde is: $\langle v \rangle = \frac{9,4}{2,0} = 4,7 \text{ m/s}$.

Maak: som 52, 53, 54, 56, 58.

⁷ Snelheid op een tijdstip

Voorbeeld 1⁸:

Joyce wil weten hoe een parachutesprong verloopt. Zij vraagt een ervaren parachutist om inlichtingen. Deze laat de (hoogte, tijd)-grafieken zien van twee van zijn sprongen. In het diagram van figuur 1 zijn beide (h, t) -grafieken weergegeven.



De eerste sprong is vanaf 5000 m.

- Bepaal⁹ op welke hoogte de parachute openging.
- Bepaal de valsnelheid op 2200 m hoogte.
- Bepaal de snelheid waarmee de parachutist op de grond komt.
- Bepaal de beginsnelheid.

De tweede sprong.

- Bepaal de verplaatsing tijdens de tweede sprong.
- Bepaal hoeveel korter de tweede sprong duurt dan de eerste sprong.

⁸ Voorbeelden 1 en 2 zijn ontleend aan eindexamensommen.

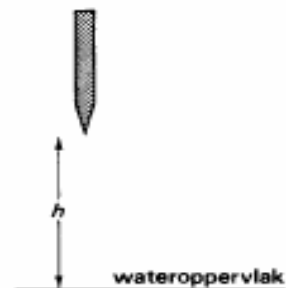
⁹ Bij een bepaling moet informatie uit een figuur worden gebruikt.

Voorbeeld 2¹⁰:

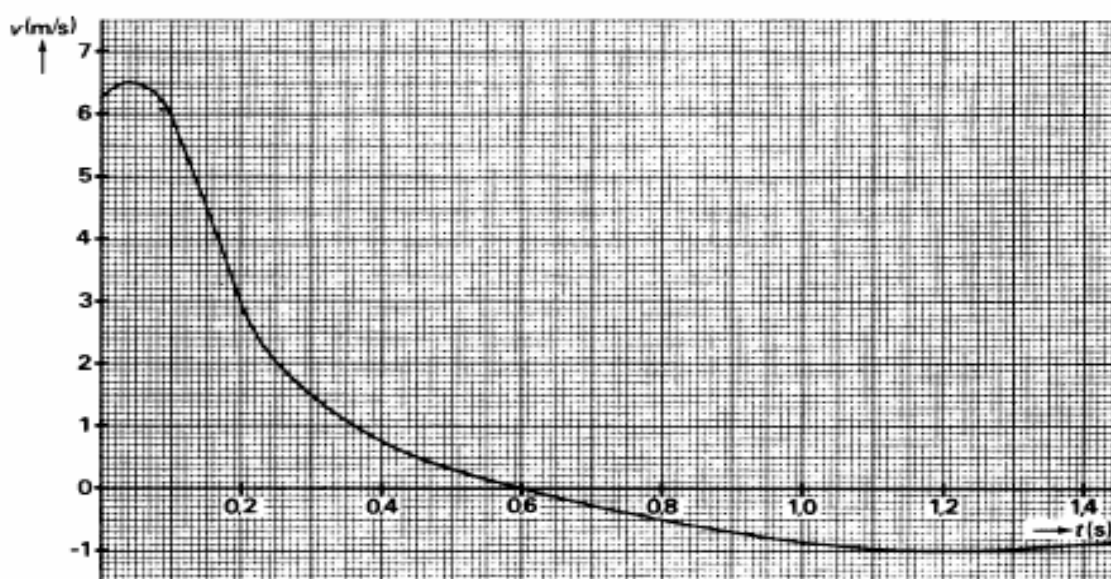
De afstand tussen een verticaal gehouden paaltje en een wateroppervlak is h . Zie figuur 2. Het paaltje wordt losgelaten en raakt even later het wateroppervlak met een snelheid van 6,3 m/s. Tijdens de val naar het wateroppervlak was de wrijvingskracht op het paaltje te verwaarlozen.

Bereken de hoogte h .

Het moment waarop het paaltje het wateroppervlak raakt, noemen we $t = 0$. In de grafiek van figuur 3 is af te lezen hoe vanaf dit moment de *snelheid* van het paaltje verandert als functie van de tijd.



Figuur 2



Figuur 3

In de periode waarop figuur 3 betrekking heeft, moet worden aangenomen dat het paaltje steeds een verticale stand heeft. Het paaltje heeft een lengte van 60 cm.

Gebruik figuur 3 voor de volgende vragen.

- Op welk(e) tijdstip(pen) is de snelheid van het paaltje 0?
- Op welk(e) tijdstip(pen) beweegt het paaltje omhoog?
- Bepaal de snelheidsverandering in de eerste seconde.
- Toon met figuur 3 aan dat het paaltje op $t = 0,10$ s geheel onder water is.
- Bepaal de maximale diepte van de punt van het paaltje onder water¹¹.
- Op welk(e) tijdstip(pen) is de versnelling 0?
- Bepaal de versnelling op $t = 0,15$ s.

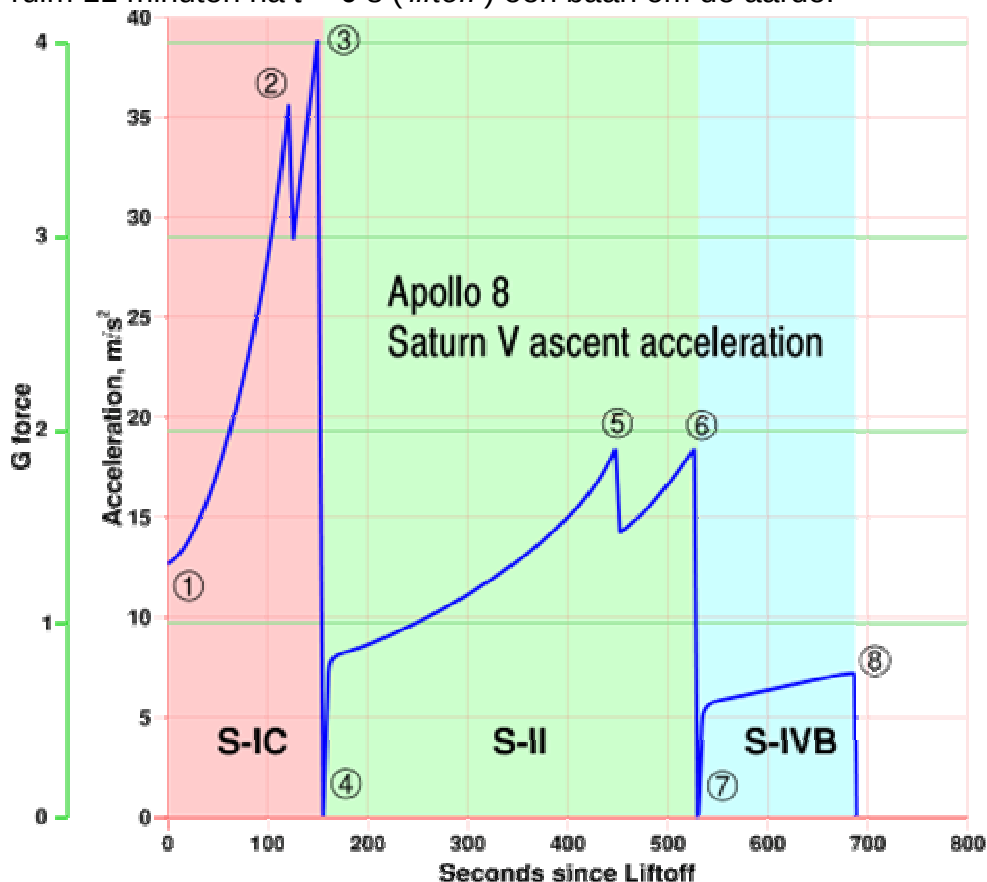
¹⁰ Als de wrijvingskracht tijdens een val mag worden verwaarloosd, is de beweging eenparig versneld met (op aarde) een versnelling van $9,8 \text{ m/s}^2$ (zie: § 2.9).

¹¹ Zie 'oppervlakte-methode' blz. 4.

Voorbeeld 3¹²:

In 1968 is Apollo-8 gelanceerd. Het was de eerste bemande vlucht om de maan.

Door een drietrapsraket bereikte het ruimtevaartuig ruim 11 minuten na $t = 0$ s ('liftoff') een baan om de aarde.



- Bepaal op welk(e) tijdstip(pen) de versnelling $1\frac{1}{2}g^{13}$ is.
- Bepaal de snelheidstoename t.g.v. de aandrijving van de 3^e trap (S-IVB).
- Bepaal de snelheid, waarmee Apollo-8 zijn baan om de aarde bereikt.

Overzicht

	(x,t)-diagram	(v,t)-diagram	(a,t)-diagram
Raaklijnmethode	Snelheid $v(t)$	Versnelling $a(t)$	-
Oppervlaktmethode	-	Verplaatsing Δx	Snelheidsverandering Δv

¹² Lancering Apollo-8; bron: http://history.nasa.gov/ap08fj/01launch_ascent.htm

¹³ De valversnelling op aarde ($9,8 \text{ m/s}^2$) noemen we g .

§ 2.4 Inhaalmanoeuvres en (bijna) botsingen

Twee methodes om na te gaan of bij inhalen en/of naderen een botsing dreigt:

1. M.b.v. 'relatieve snelheden'
2. M.b.v. (x,t) -diagram.

Maak: som 45, 47.

§ 2.2 + 2.4 Eenparige beweging: Formules

Het (x,t)-diagram is een rechte lijn.	Het (v,t)-diagram is een horizontale lijn.	Er is geen versnelling; $a = 0$
Algemeen: $x(t) = x(0) + v \cdot t$	Algemeen: $v(t) = v$	Algemeen: $a(t) = 0$
Hier: $x(t) = 600 - 20 \cdot t$ x in meter t in seconde	Hier: $v(t) = -20$ v in m/s t in seconde	Hier: $a(t) = 0$

Maak: som 26b en 27.

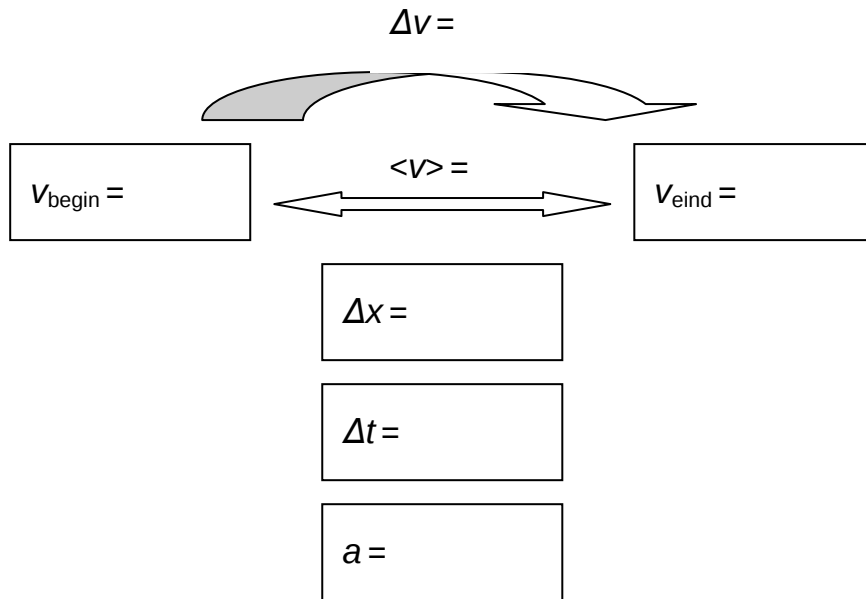
§ 2.6 + 2.7 + 2.9 Eenparig versnelde beweging: Formules

Het (x,t)-diagram is een (deel van) een parabool.	Het (v,t)-diagram is een rechte lijn.	Het (a,t)-diagram is een horizontale lijn.
Algemeen: $x(t) = x(0) + v(0) \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$	Algemeen: $v(t) = v(0) + a \cdot t$	Algemeen: $a(t) = a$
Hier: $x(t) = 20 + 30 \cdot t - 2\frac{1}{2} \cdot t^2$ x in meter t in seconde	Hier: $v(t) = 30 - 5 \cdot t$ v in m/s t in seconde	Hier: $a(t) = -5$ a in m/s^2 t in seconde

Bewijs m.b.v. het (v,t) -diagram van een eenparig versnelde beweging de formule:

$$\Delta x = v(0) \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

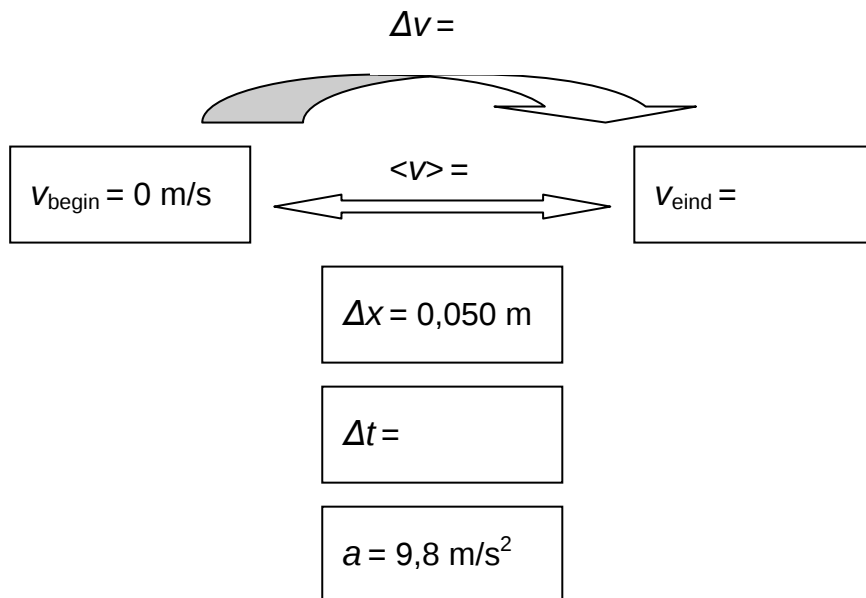
Schema voor berekeningen eenparig versnelde bewegingen:



Formules bij dit schema:

$$\Delta x = \langle v \rangle \cdot \Delta t \quad \Delta v = v_{eind} - v_{begin} \quad \langle v \rangle = \frac{v_{begin} + v_{eind}}{2} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Er is echter één type opgave dat niet met dit schema kan worden opgelost: som 102.



Dit type opgave moet worden opgelost met de formule¹⁴: $\Delta x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

¹⁴ Algemeen: $\Delta x = v(0) \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

§ 2.8 Noodstop (eenparige én eenparig versnelde beweging)

Als een auto plotseling moet stoppen:

1. De chauffeur moet reageren en zijn voet naar het rempedaal brengen. Gedurende deze reactietijd rijdt de auto door met een (bij benadering) constante snelheid (eenparige beweging).
2. Zodra het rempedaal is ingedrukt, wordt de snelheid van de auto kleiner. De auto remt met een (bij benadering) constante vertraging (eenparig versnelde beweging), totdat de auto stilstaat.

Stopafstand = Reactieafstand + Remafstand

§ 2.9 Vrije val (eenparig versnelde beweging)

Een vrije val is een valbeweging waarbij de (lucht)wrijving mag worden verwaarloosd.

Een vrije val is een eenparig versnelde beweging; er is een constante valversnelling¹⁵. Op aarde geldt¹⁶: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Er is sprake van een echte vrije val als het voorwerp valt in vacuüm.

In hoofdstuk 4 zal blijken dat er bij benadering sprake is van een vrije val, als:

- Het vallende voorwerp zwaar is
- Het vallende voorwerp klein en goed gestroomlijnd is
- Het vallende voorwerp geen grote snelheid bereikt
- De lucht ijl is.

Nuttige (bereken)sommen:

Maak: § 2.6 63, 64, 67, 68, 69

§ 2.7 78, 79, 84

§ 2.8 voorbeeld 1, voorbeeld 3, 85 t/m 91, 94

§ 2.9 100, 101, 102, 103, 105.

¹⁵ Het symbool voor valversnelling is g (gravitatie).

¹⁶ Op zeeniveau