

NATUURKUNDE 6DE JAAR

KINEMATICA: EENDIMENSIONALE BEWEGINGEN

Inhoudsopgave

3	Eendimensionale bewegingen	3.1
3.1	Inleiding	3.1
3.2	Eenparige rechtlijnige beweging	3.2
3.3	Eenparige versnelde rechtlijnige beweging	3.3
3.4	Oplossingsstrategie	3.5
3.5	Verticale worp	3.6
3.6	Oefeningen	3.8
3.6.A	Denkvragen	3.9
3.6.B	Vraagstukken	3.12
3.6.C	Vraagstukken vrije val	3.17

3.1 Inleiding

3.1 Inleiding

Beweging beschrijven is niet zo simpel als het in eerste instantie lijkt. Zo is bijvoorbeeld de beweging van een wolk eerder complex. Wat reken je al dan niet tot de wolk? Ook de bewegingen van de afzonderlijke moleculen in kaart brengen is een onmogelijke opgave omdat het aantal moleculen eerder groot is. Om toch vooruitgang te kunnen boeken, beginnen we met voorwerpen die we als een punt kunnen voorstellen. We maken dan abstractie van de ruimtelijke vorm van het object dat we beschrijven en doen alsof we het kunnen reduceren tot één enkele plaats in de ruimte. Zo zouden we het vliegen van een vlieg doorheen de kamer kunnen bekijken als een stipje. Het bewegen van de vleugels of de oriëntatie van de kop van de vlieg laten we dan buiten beschouwing. Ook deze beschrijving kunnen we inperken; we gaan in eerste instantie enkel bewegingen beschrijven die voor te stellen zijn op een rechte lijn. Dit noemen we eendimensionale bewegingen. Als we de beschrijving hiervan eenmaal kennen, kunnen we later dit later gemakkelijk uitbreiden naar een beschrijving van bewegingen in twee of drie dimensies.

Om het ons gemakkelijk te maken, zullen we in dit hoofdstuk enkel werken met de getalcomponenten van de vectoren. Dat gaat omdat we steeds in één dimensie werken en de eenheidsvector dan steeds gelijk blijft. Als we v_x kennen, vinden we direct de vectorcomponent volgens de x -as met $\vec{v}_x = v_x \cdot \vec{e}_x$. Bovendien kunnen we de index x ook weglaten. We weten dat het steeds over de x -as gaat.

1

¹In de fysica gebruiken we de wiskunde als 'taal' om de wetmatigheden van de natuur in uit te drukken. Wiskundige variabelen en objecten zoals functies krijgen nu een fysische betekenis. $x(t)$ is dus niets anders dan een functie $f(x)$ of $y(x)$ zoals je die in wiskunde kent. Alleen nemen wij nu niet voor de onafhankelijke variabele het symbool x maar het symbool t omdat het symbool moet staan voor de tijd. En voor het symbool f of y gebruiken wij nu het symbool x omdat de beeldwaarden van de functie nu als betekenis een positie op een coördinaatsas hebben.

3.2 Eenparige rechtlijnige beweging

3.2 Eenparige rechtlijnige beweging

Een eenvoudige beweging om te bestuderen is de *eenparig rechtlijnige beweging* (afgekort ERB). De snelheid van de beweging is eenparig² of gelijkmatig verdeeld wat betekent dat de snelheid steeds gelijk blijft. De snelheid is m.a.w. constant en dus de versnelling gelijk aan nul. Aangezien de snelheid niet verandert is de ogenblikkelijke snelheid gelijk aan de gemiddelde snelheid. Met deze observatie kan je eenvoudig een functie opstellen voor de plaatsfunctie van deze beweging:

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta x = v \Delta t \\ &\Leftrightarrow x - x_0 = v(t - t_0) \\ &\Leftrightarrow x = x_0 + v(t - t_0) \end{aligned}$$

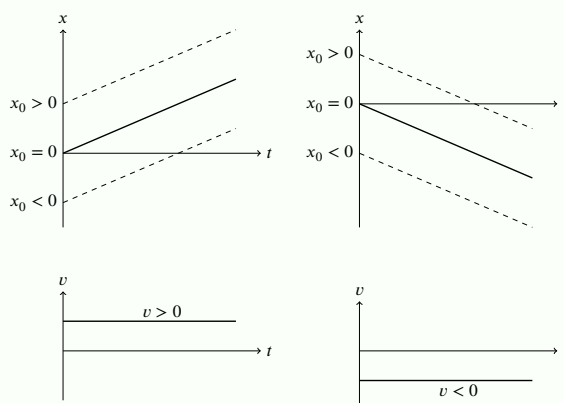
Stelling 3.2.1. De plaatsfunctie $x(t)$ van een ERB met snelheid v is gegeven door:

$$x(t) = x_0 + v(t - t_0)$$

waarbij $x_0 = x(t_0)$ de coördinaat op het tijdstip t_0 is. Als $t_0 = 0$ dan vereenvoudigt de plaatsfunctie tot

$$x(t) = x_0 + vt \quad (1)$$

De snelheid v is gelijk aan de beginsnelheid $v_0 = v(t_0)$ omdat in een ERB de snelheid constant is. De snelheidsfunctie is $v(t) = v$ en de versnellingsfunctie is $a(t) = 0$.



Figuur 1: Grafieken van de ERB

²Van Dale: zonder onderling verschil; gelijk

3.3 Eenparige versnelde rechtlijnige beweging

3.3 Eenparige versnelde rechtlijnige beweging

De ééndimensionale beweging met een constante versnelling wordt de *eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging* genoemd (EVRB). Eenparig betekent gelijkmatig; bij een constante versnelling is de *verandering* van de snelheid steeds gelijk. De grafiek van $a(t) = a$ is een constante met a een reëel getal is. Ook voor deze beweging kan je de plaatsfunctie en snelheidsfunctie bepalen en zo het verloop van de plaats en snelheid in functie van de tijd kennen.

De versnelling is de afgeleide van de snelheid. Voor een constante versnelling is de snelheid in functie van de tijd een lineaire functie (in de tijd).

Opmerking 3.3.1. Strikt genomen wordt hier iets over het hoofd gezien. A priori zou het immers kunnen dat er nog andere functies dan lineaire functies zijn waarvoor de afgeleide een constante functie is. Dat is echter niet het geval. Het bewijs hiervan zie je later dit jaar in het vak wiskunde. Je bewijst dat alle mogelijke functies die in aanmerking komen slechts op een constante na aan elkaar gelijk zijn.

Uit het snelheidsverloop kan je de plaats afleiden. De snelheid is de afgeleide van de plaatsfunctie. Voor een lineaire snelheidsfunctie is de positie bijgevolg een kwadratische functie (in de tijd). De afgeleide van een kwadratische functie is immers een lineaire functie.³

Dat de positie in functie van de tijd een tweedegraadsveeltermfunctie is, geeft in symbolen:

$$x(t) = pt^2 + qt + r$$

De constanten p , q en r is deze formule hebben een fysische betekenis. De snelheid is de afgeleide van deze plaatsfunctie en de versnelling komt overeen met de tweede afgeleide. Dit levert:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = 2pt + q$$

$$a(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} = 2p$$

Voor de EVRB is de versnelling constant en bijgevolg volgt uit de laatste regel dat $a(t) = a = 2p \Leftrightarrow p = \frac{a}{2}$.

Noteer met $v_0 = v(0)$ de snelheid op tijdstip $t = 0$. In de eerste vergelijking $t = 0$ invullen levert dan $q = v_0$. De constante q stelt de beginsnelheid voor.

Noteer met $x_0 = x(0)$ de positie op tijdstip $t = 0$. In de plaatsfunctie $t = 0$ invullen levert dan $r = x_0$. De constante r stelt dus de beginpositie voor.

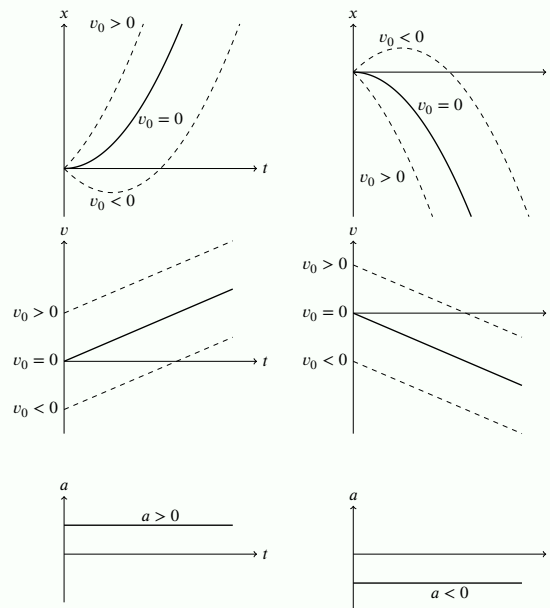
Stelling 3.3.1. De plaatsfunctie $x(t)$ en de snelheidsfunctie $v(t)$ van een EVRB met versnelling a worden gegeven door:

$$\begin{aligned} x(t) &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ v(t) &= v_0 + at \end{aligned}$$

Hierin is x_0 de *beginpositie* en v_0 de *beginsnelheid*. Ze worden bepaald door de *beginvoorwaarden* of *randvoorwaarden*.

³Hier geldt een gelijkaardige opmerking.

3.3 Eenparige versnelde rechtlijnige beweging



Figuur 2: Grafieken van de EVRB

Indien de beschrijving van de beweging niet op $t = 0$ start, maar op een gegeven tijdstip t_0 , dan wordt in de beschrijving t vervangen door $\Delta t = t - t_0$, de verstreken tijd vanaf het begintijdstip t_0 . De plaatsfunctie en zijn afgeleide worden dan een klein beetje ingewikkelder:

$$x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0)$$

Met de functies kan je de volgende formule voor de gemiddelde snelheid van een EVRB aantonen:

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$$

Oefening 3.3.1. Bewijs bovenstaande formule.

3.4 Oplossingsstrategie**3.4 Oplossingsstrategie**

Vraagstukken in de kinematica kan je vaak op dezelfde manier benaderen. Elke opgave blijft echter anders, creativiteit is dus noodzakelijk.

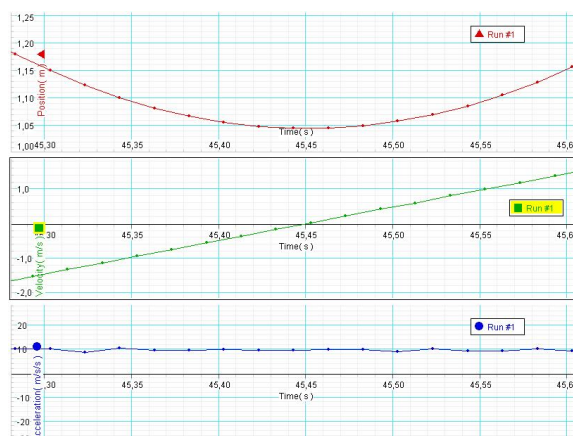
- (a) Lees het vraagstuk aandachtig. Zorg dat je duidelijk weet wat er gevraagd wordt.
- als je correct de snelheid op t_3 berekent, maar de snelheid op t_2 was gevraagd, is dat een jammere fout ...
 - als je correct de positie op t_1 berekent, maar de positie op t_0 was gevraagd, is dat een jammere fout ...
 - ...
- (b) Kies het systeem (object, lichaam, massa, geheel van lichamen) waarvan je een onbekende positie, snelheid of versnelling wil berekenen.
- (c) Maak een tekening van dit systeem. Teken een coördinaatsas.
- (d) Bepaal de gegevens uit het vraagstuk. Welke heb je nodig om de oplossing te bepalen?
- (e) Gebruik de bewegingsvergelijkingen voor positie, snelheid en versnelling en eventueel ook de geziene definitie- en hulpformules om het gevraagde te berekenen.
- (f) Heeft je oplossing de juiste eenheden en grootteorde? De snelheid van een tennisbal in de eenheid $\frac{s}{m^2}$ is waarschijnlijk fout. Als het enkele minuten duurt voordat de bowlingbal de kegels raakt, heb je waarschijnlijk ergens een (reken)fout gemaakt ...

3.5 Verticale worp

3.5 Verticale worp

Onze perceptie leert dat zwaardere lichamen sneller vallen dan lichtere. Een pluim en een steen komen in regel niet op hetzelfde moment op de grond terecht. Toch blijkt deze intuïtie niet te kloppen. In het jaar 1586 stond een wetenschapper uit Brugge op de Nieuwe Kerk van Delft. [Simon Stevin](#)⁴

liet vanop de kerktoeren twee loden bollen met een verschillende massa vallen en stelde vast dat ze op hetzelfde moment de grond raakten.



Figuur 3: Experimenteel bekomen grafieken van een verticale worp waarbij de as naar beneden is georiënteerd.

In vacuüm – waar voorwerpen geen luchtweerstand ondervinden – blijkt de massa geen rol te spelen bij de constante versnelling die de voorwerpen krijgen: alle voorwerpen vallen met dezelfde versnelling! Met lode bollen kon Simon Stevin het effect van de luchtweerstand uitschakelen. De theoretische verklaring voor dit experiment hoort thuis in de dynamica. In de kinematica wordt enkel de beweging beschreven. Omdat de valversnelling constant is, heb je hier simpelweg met een EVRB te maken.

Strikt genomen verschilt de valversnelling van plaats tot plaats op de aarde, maar voor het gemak nemen wij in vraagstukken de waarde

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

Omdat de verticale worp een EVRB is, kunnen we de formules voor de plaatsfunctie en snelheidsfunctie gebruiken om een valbeweging te beschrijven. Voor de versnelling a nemen we dan $a = g$ of $a = -g$ al naargelang de oriëntatie van de coördinaatsas.

Vlugge Vraag

Als je een tennisbal in de lucht gooit, op welk(e) moment(en) is de versnelling 0? Op welk(e) moment(en) is de snelheid 0?

Vlugge Vraag

Leg de fysische betekenis uit indien de zin van de snelheidsvector en versnellingsvector tegengesteld zijn. Wat indien ze dezelfde zin hebben?

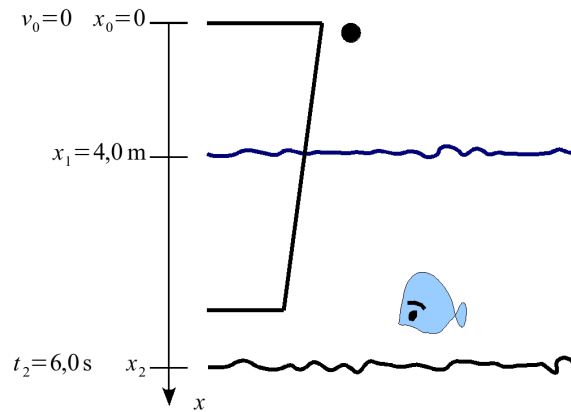
⁴Het woord *mathematica* vindt zijn etymologische stam in het Griekse *μαθηματική*, wat in ons alfabet overeenkomt met *mathēmatiké*. Vandaag merk je deze invloed in het Franse *mathématiques*, het Spaanse *matemáticas*, het Turkse *matematik* of het Zweedse *matte*. Dat men in het Nederlandse taalgebied over *wiskunde* spreekt, komt door Simon Stevin.⁵

⁵Het Griekse *φυσική*, wat in ons alfabet overeenkomt met *physiké*, is de ethomologische stam van het woord *fysica*. Vandaag merk je deze invloed in het Franse *physique*, het Spaanse *física*, het Turkse *fizik* of het Zweedse *fysik*. Dat men in het Nederlandse taalgebied over de *natuurkunde* spreekt, komt door Simon Stevin.⁶

⁶Voor de kunst van het scheiden vervolledigt de lezer deze voetnoot zelf... (*khēmíā*, chimie, química, kimya, kemi)

3.5 Verticale worp

Oefening 3.5.1. Simon Stevin laat van de boord van een schip een loden bol in het water vallen. De boord bevindt zich 4 m boven het wateroppervlak. De loden bol zinkt vervolgens met de snelheid waarmee hij het water raakte. Er zijn 6 s tussen het loslaten van de bol en het raken van de bodem.



1. Hoe diep is het water?
2. Wat is de gemiddelde snelheid van de bol over het hele traject?

3.6 Oefeningen**3.6 Oefeningen**

De oefeningen zijn opgedeeld in denkvragen en vraagstukken. Zie daarvoor de hierbij horende onderdelen.

De denkvragen bevatten conceptuele oefeningen, oefeningen die zuiver op algebraïsche manipulaties focussen, grafische oefeningen, vragen die op theoretische aspecten ingaan . . .

3.6.A Denkvragen

3.6.A Denkvragen

Oefening 3.6.1. Als de grootte van de snelheid van een voorwerp toeneemt, neemt de versnelling dan noodzakelijkerwijs ook toe? Motiveer je antwoord.

Oefening 3.6.2. Kan de gemiddelde snelheid van een deeltje over een gegeven tijdsinterval gelijk zijn aan nul, terwijl de grootte van de snelheid over een kortere tijdsduur binnen dat tijdsinterval verschillend is van nul? Verklaar je antwoord.

Oefening 3.6.3. Geef een voorbeeld waarin zowel de snelheids- als de versnellingscomponent negatief zijn.

Oefening 3.6.4. Wanneer een voorwerp zich met een constante snelheid verplaatst, verschilt de gemiddelde snelheid over een willekeurig tijdsinterval dan van de ogenblikkelijke snelheid op een willekeurig moment?

Oefening 3.6.5. Een puntmassa voert een eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging uit over het tijdsinterval $[0, 2\text{ s}]$ met beginsnelheid en beginpositie van respectievelijk 0 m/s en 0 m . De versnelling is 3 m/s^2 . Waarom kan je onmiddellijk stellen dat als in het tijdsinterval de tijd half om is, de puntmassa nog niet halfweg is?

1. Leg in woorden uit op welke manier je onmiddellijk kan inzien dat het te bewijzen juist is.
2. Controleer het te bewijzen via de numerieke waarden van dit vraagstuk.
3. Geef nu het bewijs.

Oefening 3.6.6. Een massa vertrekt vanuit rust om een eenparig versnelde rechtlijnige beweging uit te voeren. Als haar beginpositie 0 m is, welke van de volgende betrekkingen is dan juist?

Meerkeuze:

(a) $t = \frac{x}{2v}$

(c) $t = \frac{v}{2x}$

(b) $t = \frac{2x}{v}$

(d) $t = \frac{2v}{x}$

Oefening 3.6.7. De snelheid van een lichaam dat vanuit rust vrij valt, bedraagt na een valafstand x :

Meerkeuze:

(a) $v = 2gx$

(c) $v = gx$

(b) $v = \sqrt{2gx}$

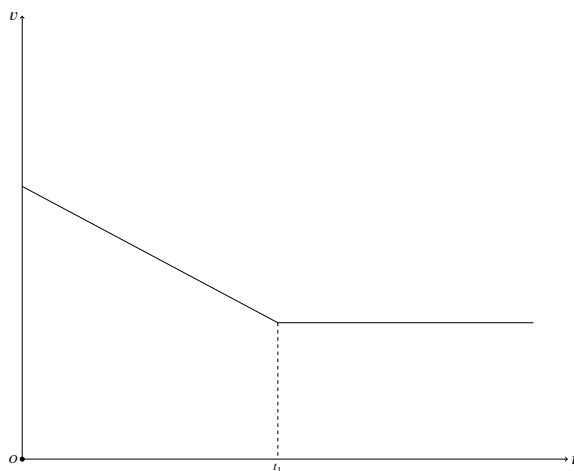
(d) $v = \sqrt{\frac{gx}{2}}$

Oefening 3.6.8. Laat zien dat voor een EVRB volgende formule geldt:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

3.6.A Denkvragen

Oefening 3.6.9. Teken de overeenkomstige $x(t)$ - en $a(t)$ -grafiek bij de gegeven $v(t)$ -grafiek. Ga ervan uit dat $x_0 = 0$ m.

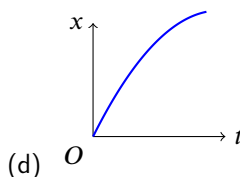
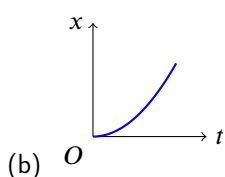
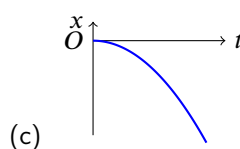
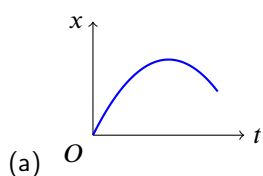


Figuur 4: Snelheidsverloop in functie van de tijd

Oefening 3.6.10. De snelheid van een deeltje voldoet aan $v = at$ waarin a constant en negatief is. De plaats van het deeltje wordt voorgesteld door x . Aangenomen wordt dat $x = 0$ m op het ogenblik $t = 0$ s.

Welke grafiek geeft het juiste verloop van $x(t)$?

Meerkeuze:



Oefening 3.6.11. Beargumenteer het gebruik van het model van een eenparig versnelde rechtlijnige beweging (EVRB) voor de vrije beweging van een wagentje op een helling. Denk daarbij aan een proefneming die we in de klas deden. De notie kracht moet je hier even buiten beschouwing laten.

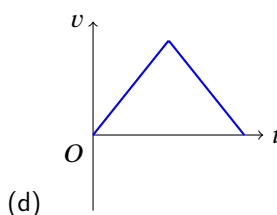
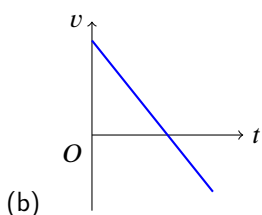
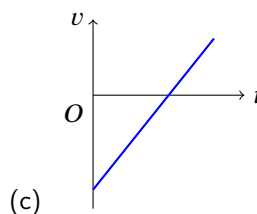
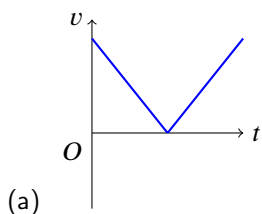
Oefening 3.6.12. Kan de bewegingszin van een voorwerp omkeren terwijl de versnelling gelijk blijft? Zo ja, geef dan een voorbeeld. Zo nee, leg uit waarom dat niet kan.

Oefening 3.6.13. Kan een voorwerp dat een positieve versnelling heeft een negatieve snelheid hebben? Kan het omgekeerde ook?

3.6.A Denkvragen

Oefening 3.6.14. Een lichaam wordt verticaal omhoog geworpen. De referentieas is omhoog gericht. Welke van de volgende $v(t)$ -diagrammen geeft dan het juiste verloop van de snelheid weer?

Meerkeuze:



Oefening 3.6.15. Vanaf een klif laat men vanop dezelfde hoogte twee identieke bollen vallen. Men laat de tweede bol één seconde later vallen dan de eerste. De luchtwrijving is *niet* te verwaarlozen. Dan

Meerkeuze:

- | | |
|--|--|
| (a) zal de tweede bol iets later dan één seconde na de eerste neerkomen. | (c) zal de tweede bol exact één seconde na de eerste neerkomen. |
| (b) zal de tweede bol iets vroeger dan één seconde na de eerste neerkomen. | (d) kunnen we hieromtrent geen uitspraak doen bij gebrek aan gegevens. |

Oefening 3.6.16. Vanop een grote hoogte laat men achtereenvolgens twee stenen vallen met een tussentijd van 2 seconden. Op welke wijze verandert de afstand tussen beide stenen in de tijdsduur dat beide vallen? Geef een tijdsafhankelijk voorschrift voor die afstand.

Oefening 3.6.17. Aan de rand van een afgrond laat men een steen vallen. Op hetzelfde ogenblik werpt men een steen op. Zou het kunnen dat, als de afgrond diep genoeg is, beide stenen elkaar nog ontmoeten?

Oefening 3.6.18. Op de maan is de valversnelling slechts een zesde van die op de aarde. Als een voorwerp op de maan verticaal omhoog wordt gegooid, hoeveel maal hoger komt het dan dan een voorwerp dat met dezelfde beginsnelheid vanaf de aarde wordt opgeworpen?

3.6.B Vraagstukken**3.6.B Vraagstukken**

Oefening 3.6.19. Een automobilist rijdt op een rechte baan gedurende 1,5 h aan 80 km h^{-1} en daarna gedurende dezelfde tijdsduur aan 70 km h^{-1} in dezelfde zin.

1. Wat is zijn gemiddelde snelheid?
2. Met welke snelheid had hij moeten rijden om met een constante snelheid hetzelfde traject in dezelfde tijd af te leggen?

Oefening 3.6.20. Een fietser legt een bepaalde afstand af over een zekere tijd. Gedurende de eerste helft van de tijd houdt hij constant een snelheid v_1 aan, gedurende de tweede helft een snelheid v_2 . Wat is zijn gemiddelde snelheid over het totale tijdsinterval?

Oefening 3.6.21. Een automobilist legt 120 km af. De eerste helft van de weg legt hij af aan 90 km h^{-1} , de tweede helft aan 120 km h^{-1} . Wat is zijn gemiddelde snelheid?

Oefening 3.6.22. Een fietser legt een bepaalde afstand af over een zekere tijd. Gedurende de eerste helft van de af te leggen afstand houdt hij constant een snelheid v_1 aan, gedurende de tweede helft een snelheid v_2 . Wat is zijn gemiddelde snelheid over het totale tijdsinterval?

Oefening 3.6.23. Als je met de fiets heen en terug naar school rijdt en in het heengaan tegenwind en in het terugkeren rugwind hebt, compenseert dat dan mekaar precies?

Stel om dit op te lossen dat de weg rechtlijnig is. Bereken je gemiddelde snelheid over het traject heen en terug en vergelijk die met de snelheid die je zonder wind zou halen. Neem aan dat je normaal 20 km h^{-1} zou fietsen, maar door de wind win of verlies je 2 km h^{-1} .

Meerkeuze:

- | | |
|---|--|
| (a) Nee, je hebt netto een nadeel vanwege de tegenwind. | (c) Ja, de afstand heen is de afstand terug, dus het is net alsof je helemaal geen wind had. |
| (b) Nee, je hebt netto een voordeel vanwege de | |

Oefening 3.6.24. Een bowlingbal die met een constante snelheid voortrolt, raakt de kegels aan het einde van een kegelbaan van 16,5 m lengte. De werper hoorde het geluid waarmee de bal op de kegels botst 2,5 s nadat hij de bal losliet. Welke snelheid had de bal? De snelheid van het geluid is 343 m/s .

Oefening 3.6.25. Een vliegtuig moet minstens een snelheid van 108 km h^{-1} hebben om te kunnen opstijgen. Indien de propellers aan het toestel een versnelling van $1,50 \text{ m/s}^2$ geven, hoe lang moet de startbaan dan minstens zijn?

Oefening 3.6.26. Een trein rijdt aan een snelheid van 72 km h^{-1} en remt met een versnelling waarvan de grootte $1,0 \text{ m/s}^2$ bedraagt. Na hoeveel tijd komt de trein tot stilstand en welke afstand wordt er tijdens dit afremmen afgelegd?

Oefening 3.6.27. Op een bevroren meer komt een glijdende hockeyschijf na 200 m tot stilstand. Als zijn initiële snelheid $3,00 \text{ m/s}$ was, bepaal dan

1. Bepaal de versnelling in de veronderstelling dat deze constant is.

3.6.B Vraagstukken

2. Bepaal de tijd die de schijf nodig heeft om tot stilstand te komen.

Oefening 3.6.28. Een bootje vaart met een snelheid van $36,0 \text{ km h}^{-1}$ een eerste tijdopnemer voorbij en drijft daarna eenparig zijn snelheid op. Na $20,0 \text{ s}$ komt het voorbij een tweede tijdopnemer met een snelheid van $90,0 \text{ km h}^{-1}$. Bereken de versnelling van het bootje en de afstand tussen beide tijdopnemers.

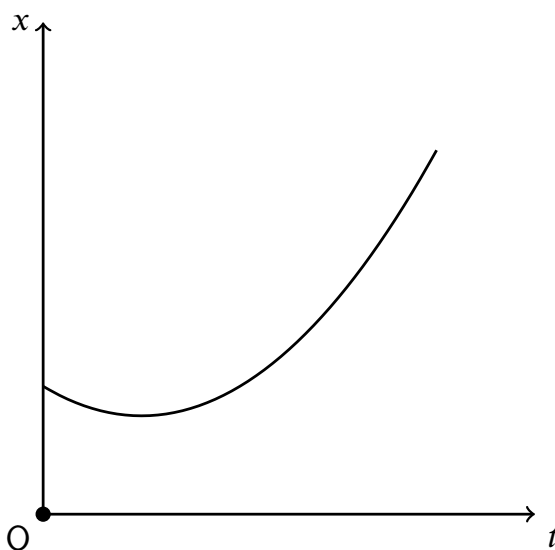
Oefening 3.6.29. Een auto vertrekt vanuit rust en bereikt na $3,0 \text{ km}$ een snelheid van 450 km h^{-1} . We onderstellen de versnelling constant en de baan recht. Bereken de versnelling en de tijd, nodig om die $3,0 \text{ km}$ af te leggen.

Oefening 3.6.30. Een auto begint te remmen als hij zich 35 m van een stilstaande hindernis bevindt. Zijn snelheid op dat moment is 54 km h^{-1} . Na $4,0 \text{ s}$ botst hij tegen de hindernis. Bereken de snelheid waarmee hij de hindernis raakt en zijn constante versnelling gedurende de remweg.

Oefening 3.6.31. Twee fietsers vertrekken gelijktijdig om een afstand van 200 m af te leggen. De eerste rijdt met een constante snelheid van $4,0 \text{ m/s}$, terwijl de tweede vertrekt met een snelheid van $1,00 \text{ m/s}$ en de afstand van 200 m met een EVRB met een versnelling van $0,20 \text{ m/s}^2$ aflegt. Waar zal de tweede fietser de eerste inhalen en wanneer?

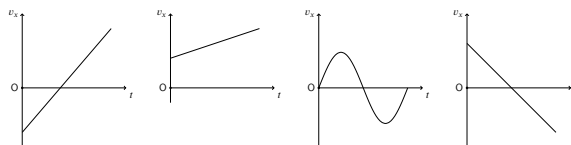
Oefening 3.6.32. Een trein vertrekt om 12u00 in het station a en rijdt naar het station b, op 15 km van a gelegen. De eerste 1000 m worden afgelegd met een EVRB en de verkregen snelheid is 72 km h^{-1} . Die snelheid blijft constant tot op 250 m van b. Hier begint de trein te vertragen. Om hoe laat komt de trein in station b toe? Maak de $v(t)$ -grafiek.

Oefening 3.6.33. Een deeltje beschrijft een eendimensionale beweging op de x -as. De positie als functie van de tijd is hiernaast weergegeven in een $x(t)$ -diagram. Duid de onderstaande grafiek aan die het best het verloop weergeeft van de snelheidscomponent v van dat deeltje als functie van de tijd.

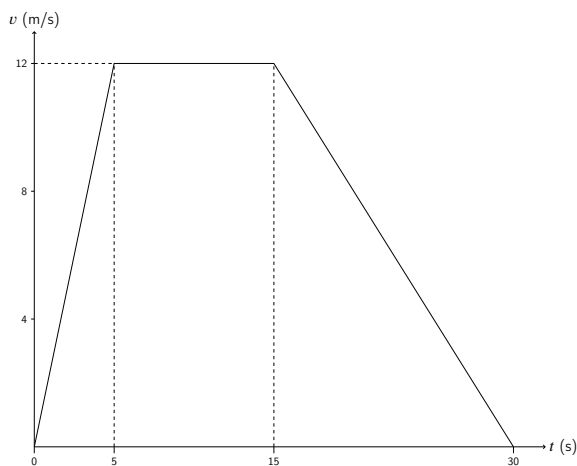


Figuur 5: De grafiek van de plaatsfunctie $x(t)$ -diagram

3.6.B Vraagstukken



Oefening 3.6.34. Een deeltje beweegt in de zin van de x -as. De onderstaande grafiek geeft aan hoe de grootte van de snelheid verandert als functie van de tijd.



Figuur 6: snelheidsfunctie

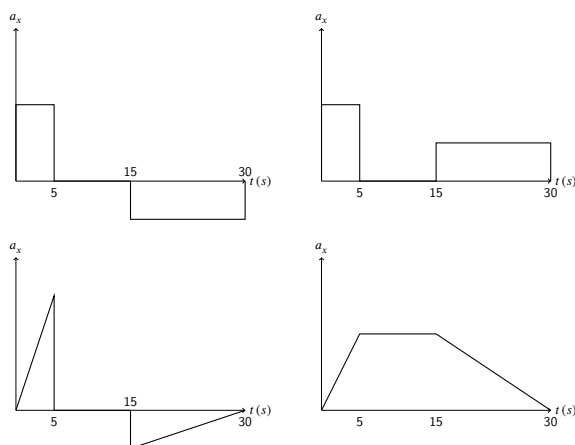
1. De afstand afgelegd na 15 s bedraagt:

30 m	120 m	150 m	240 m
------	-------	-------	-------

2. Na 30 s heeft het deeltje een welbepaalde afstand afgelegd. Hoe groot zou de constante snelheid van het deeltje moeten zijn om in 30 s dezelfde afstand af te leggen?

0,0 m s ⁻¹	6,0 m s ⁻¹	8,0 m s ⁻¹	12 m s ⁻¹
-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------

3. Welke figuur geeft kwalitatief het verloop van de versnellingscomponent van het deeltje weer?



3.6.B Vraagstukken

Oefening 3.6.35. (***) Maggie en Jennifer lopen de 100 m. Beiden doen ze er exact 10,2 s over. Met een eenparige versnelling bereikt Maggie na 2 s haar maximale snelheid, Jennifer doet dat na 3 s. Hun maximale snelheden houden ze aan voor de rest van de wedstrijd.

1. Wat zijn hun maximale snelheden?
2. Wat is de versnelling van iedere sprinter?
3. Wie heeft er voorsprong na 6 s, en hoeveel?

Oefening 3.6.36. Een auto die 90 km h^{-1} rijdt, ligt 100 m achter op een vrachtwagen die 75 km h^{-1} rijdt. Hoeveel tijd kost het de auto om de vrachtwagen in te halen?

Oefening 3.6.37. De snelheid van een trein verandert eenparig in 2 minuten van 20 km h^{-1} tot 30 km h^{-1} . De trein rijdt gedurende die tijd over een rechte spoorlijn.

1. Bepaal de versnelling.
2. Bepaal de afstand die de trein heeft afgelegd gedurende deze 2 minuten.

Oefening 3.6.38. Een auto trekt in 5,0 s op van 10 m/s naar 25 m/s. Wat was de versnelling in de veronderstelling dat de auto een EVRB ondergaat? Welke afstand legde de auto in deze periode af?

Oefening 3.6.39. Op een vliegdekschip worden vliegtuigen gekatapulteerd op een startbaan van 25 m. Een opstijgend vliegtuig doorloopt dat traject vanuit rust op 1 s tijd en dat op eenparig versnelde manier.

Zoek zijn versnelling en de snelheid waarmee het de baan verlaat.

Oefening 3.6.40. Een auto trekt vanuit rust op tot 100 km h^{-1} in 6,0 s. Als hij dat doet op een rechte baan met constante versnelling, welke afstand is er dan hiervoor nodig?

Oefening 3.6.41. Een vliegtuig landt met een snelheid van 100 m/s. Op de landingsbaan heeft het een vertraging van $5,0 \text{ m/s}^2$. Welke afstand heeft het vliegtuig nodig om tot stilstand te komen?

Oefening 3.6.42. Een trein vertrekt uit een station en rijdt op een recht spoor met een eenparig versnelde beweging waarvan de versnelling $0,50 \text{ m/s}^2$ bedraagt. Hoe groot is de afstand die de trein heeft afgelegd als zijn snelheid $72,0 \text{ km h}^{-1}$ bedraagt?

Oefening 3.6.43. Twee personen A en B voeren op dezelfde rechte en vanuit dezelfde beginstand een eenparige beweging uit. A vertrekt 100 s eerder dan B. Met een snelheid die dubbel zo groot is als die van A haalt B, op 400 m van het vertrekpunt, A in. Bereken beide snelheden en stel ze grafisch voor.

Oefening 3.6.44. Aan het begin van een rechte landingsbaan, start een vliegtuig vanuit rust en versnelt met een constante versnelling langs de grond alvorens op te stijgen. Het legt 600 m af in 12 s. Bepaal de versnelling, de snelheid na 12 s en de afstand afgelegd gedurende de twaalfde seconde.

3.6.B Vraagstukken

Oefening 3.6.45. Een auto die 60 km/h rijdt, raakt een boom; de voorkant van de auto wordt in elkaar gedrukt en de bestuurder komt na 70 cm tot stilstand. Welke gemiddelde vertraging onderging de bestuurder tijdens de botsing?

3.6.C Vraagstukken vrije val**3.6.C Vraagstukken vrije val**

Oefening 3.6.46. Welke afstand wordt er door een bungeejumper na een vrije val van 2,5 s afgelegd?

Oefening 3.6.47. Uit een punt op 28,0 m boven de grond wordt een bal verticaal omhoog geworpen met een snelheid van 12 m/s.

1. Bepaal de door de bal bereikte hoogte boven de grond;
2. Bepaal de tijd nodig om de grond te bereiken;
3. Bepaal de snelheid bij het bereiken van de grond.

Oefening 3.6.48. Een pijl wordt verticaal van de grond omhooggeschoten en bereikt na 2,8 s het hoogste punt. Bepaal deze hoogte.

Oefening 3.6.49. Een parachutist in vrije val bereikt een uiteindelijke valsnelheid van 50 m/s. Neem aan dat een geopende parachute voor een constante vertraging van 30 m/s^2 zorgt.^a Wil er bij het neerkomen geen kans op letsel bestaan, dan mag de landingssnelheid niet groter dan 5,0 m/s zijn.

Wat is de minimumhoogte voor het openen van de parachute?

^aDit is een heel ruwe benadering. In feite hangt de vertraging door de parachute namelijk af van de snelheid en is die afhankelijkheid bovendien voor grote snelheden sterker dan voor kleine.

Oefening 3.6.50. Iemand laat een meloen vallen vanop een hoogte van 20 m. Op hetzelfde moment schiet je een pijl verticaal omhoog vanop de grond. De pijl treft de meloen na 1,0 s.

1. Geef in één assenstelsel een verzorgde schets van de grafiek van de plaats in functie van de tijd voor beide objecten.
2. Met welke snelheid heb je de pijl afgeschoten?

Oefening 3.6.51. (***) Wanneer de pelikaan naar vis duikt, trekt hij zijn vleugels in om als een steen verticaal naar beneden te vallen.

Stel een pelikaan duikt vanaf 25 m hoogte en verandert onderweg dus niet meer van koers. Als het een vis 0,15 s kost om te vluchten, wat is dan de hoogte waarop de vis de pelikaan minstens moet opmerken, wil de vis nog kans maken te ontsnappen?

Neem aan dat de vis zich aan het wateroppervlak bevindt.

Oefening 3.6.52. (***) Een verticaal vallende steen legt in de laatste seconde, voor hij de grond bereikt, 100 m af. Men veronderstelt dat hij vanuit rust vertrok.

1. Bepaal de snelheid op het ogenblik dat hij de grond bereikt.
2. Bepaal de hoogte vanwaar de steen viel en de tijd die hij daarvoor nodig had.

Oefening 3.6.53. (***) Van de Empire State Building in New York komt op 250 m een ijskegel los en valt naar beneden.

1. Na hoeveel tijd en met welke snelheid bereikt het ijskegeltje uiteindelijk de grond?
2. Hoelang en over welke afstand moet de ijskegel al gevallen zijn om in de daaropvolgende 2 s een afstand te kunnen afleggen van 100 m?

3.6.C Vraagstukken vrije val

Oefening 3.6.54. (***) Een zieke man zit voor een raam dat 2,0 m hoog is. Een steen wordt vanop de grond opgeworpen en passeert het raam een keer opwaarts en een keer neerwaarts. De man ziet de steen in totaal voor exact één seconde.

1. Bepaal de snelheid waarmee de steen de onderkant van het raam bereikt in zijn opwaartse beweging en in zijn neerwaartse beweging.
2. Toon aan dat het met deze gegevens niet mogelijk is te berekenen hoe hoog het raam boven de grond is gelegen.

Oefening 3.6.55. (***) Een student gooit een sleutelbos verticaal omhoog naar een medebewoonster in een raam 4,00 m hoger. De sleutels worden 1,50 s later opgevangen.

1. Wat was de snelheid waarmee de sleutels omhoog werden gegooid?
2. Welke snelheid had de sleutelbos vlak voordat hij werd opgevangen?

Oefening 3.6.56. (***) Een voorwerp wordt verticaal omhoog geworpen en bereikt na een tijd t een hoogte h . Toon aan dat de maximale hoogte $h_{\max}$ die het voorwerp bereikt, wordt gegeven door:

$$h_{\max} = \frac{(gt^2 + 2h)^2}{8gt^2}.$$