Inleiding

Kinematica [1] is het onderdeel van de fysica dat de **bewegingen van voorwerpen beschrijft**, zoals vallende appels, rollende knikkers of rijdende auto's, maar ook de beweging van de maan rond de aarde of de aarde rond de zon. De kinematica beperkt zich tot het *beschrijven* van de beweging, zonder de onderliggende *oorzaak* te onderzoeken. De redenen waarom iets op een bepaalde manier beweegt worden verder behandeld in de *dynamica*.

In dit hoofdstuk worden eerst de **basisbegrippen** en **basisgrootheden** van de kinematica behandeld, namelijk de vectoriële grootheden **positie**, **snelheid** en **versnelling**, hun verbanden onderling en hun afhankelijkheid van de scalaire grootheid **tijd**. Vervolgens gebruiken we die begrippen om enkele concrete soorten bewegingen te bestuderen (rechtlijnige, cirkelvormige, snelle, trage, versnellende en vertragende, enzovoort).

Example 1. Als een appel van een boom valt, kan je allerlei vragen stellen over deze valbeweging:

- Hoe ver valt de appel van de boom?
- Hoe lang duurt het voor de appel de grond raakt?
- Hoe snel valt de appel? Is die snelheid altijd dezelfde, of valt een appel altijd maar sneller?
- Als de snelheid van de appel verandert, hoe groot is ze dan bij het begin van de val? En na één seconde? En op het moment dat de appel de grond raakt?

De kinematica vraagt zich niet af *waarom* een appel naar beneden valt, en bijvoorbeeld niet naar boven. In het latere onderdeel *dynamica* worden *krachten* bestudeerd die de bewegingen beïnvloeden. We zullen zien dat krachten eigenlijk alleen maar de *veranderingen van bewegingen* veroorzaken.

Example 2. Als je een krijtje gooit naar het bord, kan je je daarover allerlei vragen stellen:

- Vliegt dat krijtje in een rechte lijn naar het bord? Of eerder in een cirkelbaan? Of misschien een ellips? Of nog een andere vorm?
- Hoe snel vliegt het krijtje? Vertraagt het tijdens zijn vlucht, of versnelt het eerder omdat het ook wat naar beneden valt?

Author(s): Bart Lambregs, Vincent Gellens

[1] Het woord 'kinematica' is net zoals 'cinema' en 'kinesist' afgeleid van het Griekse $\kappa\iota\nu\eta\mu\alpha$ dat 'beweging' betekent.

- Als de leerkracht het laatste stukje van de baan van het krijtje nauwkeurig heeft geregistreerd, kan hij dan weten welke leerling gegooid heeft?
- Vliegen lange en korte krijtjes even snel? Vliegen witte en rode krijtjes even snel? Vliegen krijtjes met een scherpe punt sneller?
- Mag je eigenlijk wel met krijtjes gooien?
- Als je snel genoeg gooit, en opzettelijk het bord mist, is het dan theoretisch mogelijk om het krijtje in een baan om de aarde te krijgen? Hoe snel zou je moeten gooien?

Sommige van deze vragen worden behandeld in de kinematica, andere in de dynamica. Één vraag past natuurlijk beter binnen een cursus zingeving en ethiek, maar dat had je wel door...

Denkvraag 1 *Een buffel tracht loodrecht een* 300 m *brede rivier over te steken met een snelheid van* 1,00 m/s. *De stroomsnelheid bedraagt* 1,50 m/s.

(a) *In welke tijd bereikt de buffel de overzijde?*

(b) *Hoever drijft de buffel af?*

(c) *Met welke snelheid beweegt de buffel voor iemand die op de oever staat?*

(d) *Waarom is het antwoord op de vorige vraag niet simpelweg* $1{,}00\,\mathrm{m/s} + 1{,}50\,\mathrm{m/s} = 2{,}50\,\mathrm{m/s}$*?*

(a) *De buffel bereikt de overzijde van de rivier na een tijd van* 300 s. *Of het water nu al dan niet stroomt, heeft geen invloed op de snelheid waarmee de buffel ten opzichte van het water naar de overkant gaat. Beschouw (een stuk van) de rivier als een bassin waarin de buffel zwemt, waarbij dat bassin dan zelf ten opzichte van de oever beweegt. De buffel moet dus een afstand van* 300 m *afleggen met een snelheid* 1,00 m/s, *waar hij dus* 300 s *(of 5 minuten) voor nodig heeft.*

(b) *De buffel drijft* 450 m *af; hij komt die afstand verderop langs de oever aan de overkant aan. Zolang dat de buffel aan het zwemmen is, gaat de rivier namelijk met hem aan de haal en neemt hem mee stroomafwaarts. De afgelegde afstand volgens de richting van de rivier is dan* $1{,}50\,\mathrm{m/s} \cdot 300\,\mathrm{s} = 450\,\mathrm{m}$.

(c) *Voor iemand die op de oever staat, beweegt de buffel met een snelheid van* 1,8 m/s. *Omdat in een bepaalde tijdsspanne* Δt *de buffel t.o.v. het water een afstand* $1{,}00\,\mathrm{m/s} \cdot \Delta t$ *heeft gezwommen en het water hem in diezelfde tijd over een afstand* $1{,}50\,\mathrm{m/s} \cdot \Delta t$ *heeft meegenomen, heeft de* *buffel in vogelvlucht, met de stelling van Pythagoras, een afstand van* $\sqrt{(1{,}00\,\mathrm{m/s}\cdot\Delta t)^2 + (1{,}50\,\mathrm{m/s}\cdot\Delta t)^2}$ *afgelegd. Die afstand in de gegeven tijdsspanne geeft dan de snelheid van de buffel ten opzichte van de over:*

$$v = \sqrt{(1{,}00\,\mathrm{m/s})^2 + (1{,}50\,\mathrm{m/s})^2}.$$

Hierbij hebben we $(\Delta t)^2$ *onder de wortel afgezonderd, uit de wortel gehaald waarbij het kwadraat verdween en de tijdsspanne in teller en noemer tegen mekaar hebben kunnen wegstrepen.*

(d) *De totale snelheid van de buffel is niet gelijk aan de optelling van de afzonderlijke snelheden omdat die snelheden van toepassing zijn op verschillende richtingen.*

Denkvraag 2 *Vanuit de laadbak van een auto gooit een man een zware medicine bal omhoog. Een klein beetje later vangt hij die bal terug op. Zie het volgende filmpje voor de reële situatie:*

YouTube link: `https://www.youtube.com/watch?v=j1URC2G2qnc`

(a) *Beschrijf de baan van de bal zoals die eruit ziet voor iemand die naar de rijdende auto kijkt.*

(b) *Beschrijf de baan van de bal zoals die eruit ziet voor de werper in de auto.*

(c) *Schets de snelheidsvector van de bal voor het moment dat de bal op zijn hoogste punt is, voor een waarnemer die naar de rijdende auto kijkt.*

(d) *Doe hetzelfde voor de snelheidsvector van de bal op een moment dat hij voorbij zijn hoogste punt is.*

(a) *De baan van de bal ziet er gebogen uit, waarbij de bal eerst omhoog en dan terug omlaag gaat.*

(b) *Ten opzichte van de werper in de auto gaat de bal enkel naar boven en naar beneden. Als we ervan uitgaan dat de wrijving te verwaarlozen is, is de baan van de bal een verticale rechte.*

(c) *Voor een waarnemer buiten de auto die stilstaat, is de snelheidsvector van de bal op het moment dat hij zich op zijn hoogste punt bevindt, horizontaal gericht. In verticale zin keert de bal van bewegingszin om zodat hij in deze richting geen snelheid heeft maar in horizontale zin beweegt de bal nog altijd met de auto mee.*

(d) *De snelheidsvector maakt nu een hoek met de horizontale en is groter dan de snelheid op het hoogste punt. Naast een horizontale component heeft de snelheid nu ook een verticaal naar beneden gerichte component omdat de bal ook terug naar beneden aan het vallen is.*

YouTube link: `https://www.youtube.com/watch?v=q9IWoQ199_o`