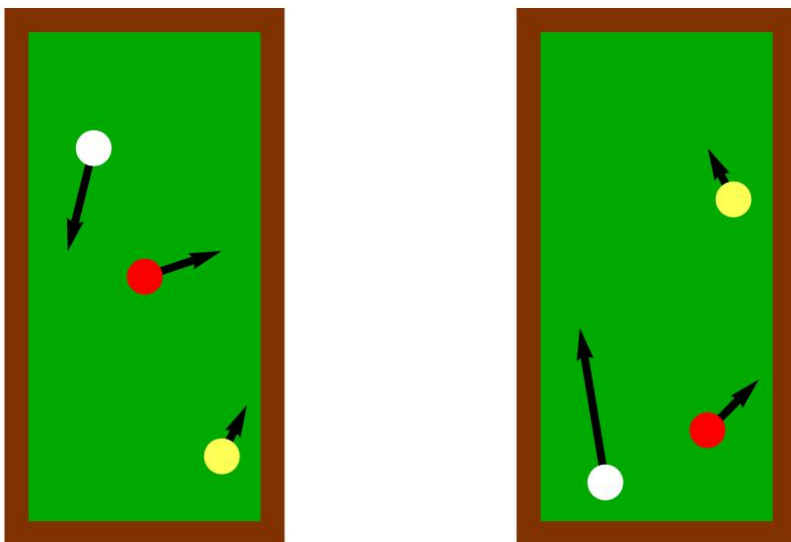


## Faseruimte (1): Faseruimte in het kort

*Dit is het eerste artikel in het dossier Faseruimte. Een korte beschrijving van de inhoud van dit dossier vind je in het [overzichtsartikel](#).*

Natuurkunde is een vak van generalisaties. Een van de doelen van de natuurkunde is het vinden van eenvoudige regels die op een zo groot mogelijk aantal van situaties van toepassing zijn. De splitsing tussen *regels* en *situaties* is daarbij cruciaal: als we eenmaal een natuurwet (een regel) gevonden hebben, kunnen we die altijd op een bepaald systeem toepassen, ongeacht wat de toestand (situatie) van dat systeem precies is.



Afbeelding 1. Een biljartDe wetten van de mechanica beschrijven de banen van biljartballen. De wetten gelden voor elke toestand, onafhankelijk van de precieze plaats en snelheid van de ballen.

Bijvoorbeeld: de manier waarop biljartballen na een stoot over een biljartlaken rollen, wordt beschreven door de wetten van de mechanica. Het maakt voor die wetten niet uit welke posities en welke snelheden de biljartballen hebben – we kunnen ze toepassen op elke mogelijke toestand van het systeem.

We kunnen de toestand van een natuurkundig systeem beschrijven door van elke component

(in dit voorbeeld: van elke bal) de positie, snelheid en eventuele andere eigenschappen te noemen. Vaak blijkt het nuttig om niet de toestand van elke component *afzonderlijk* te beschrijven, maar de toestand van het systeem als *geheel*. We zullen in dit artikel zien dat dat mogelijk is door zo'n toestand te zien als een punt in een abstracte, hogerdimensionale ruimte. Sterker nog, er bestaan diverse varianten van zo'n hogerdimensionale ruimte:

- De configuratieruimte
- De faseruimte
- De toestandsruimte

Deze drie begrippen lijken erg op elkaar; we zullen de overeenkomsten en verschillen in de loop van dit artikel uitleggen.

Voor we echter op de details ingaan, kunnen we ons het volgende afvragen: waarom is het nuttig om de toestand van het hele systeem in één keer te beschrijven? Er zijn hierop tenminste drie antwoorden:

1. *Administratief gemak*. In het voorbeeld van het biljart voldoet de rode biljartbal aan precies dezelfde natuurwetten als de witte. Door de natuurwetten op de hele toestand van het biljart toe te passen, voorkomen we dat we drie keer dezelfde wiskundige formules hoeven op te schrijven.
2. *Vereenvoudiging*. In veel systemen is het praktisch ondoenlijk om elke component afzonderlijk te beschrijven. Denk aan een gas in een gasfles, dat bestaat uit een gigantisch aantal atomen of moleculen - vaak een getal van meer dan twintig cijfers. Het is ondoenlijk om de positie van elk atoom afzonderlijk te beschrijven (laat staan om al die posities te meten), dus een beschrijving van het systeem als één geheel is veel efficiënter. In zo'n beschrijving kunnen we ons richten op de grootheden waarin we daadwerkelijk geïnteresseerd zijn (bijvoorbeeld de temperatuur, de dichtheid en het volume van het gas), en alle andere informatie verwaarlozen.
3. *Quantumbeschrijving*. De quantummechanica zegt dat op het allerkleinste niveau niet elke eigenschap van een systeem onafhankelijk te meten valt. Dit blijkt bijvoorbeeld in het beroemde onzekerheidsprincipe van Heisenberg, dat zegt dat de positie en de snelheid van een deeltje niet tegelijk met willekeurige precisie te bepalen zijn. In de

quantummechanica zijn de begrippen “positie” en “snelheid” nauw met elkaar verbonden, en is het beter om deze twee begrippen niet afzonderlijk te beschrijven, maar te zien als twee eigenschappen van de totale toestand van het systeem. Dat klinkt in deze bewoordingen nog wat vaag, maar we zullen dit idee in de loop van dit artikel veel preciezer maken.

*Dit is het eerste artikel uit het dossier Faseruimte. In het [tweede artikel](#) zien we een voorbeeld van een hogerdimensionale ruimte die de toestand van een systeem beschrijft: de configuratieruimte van het systeem.*

*Afbeeldingsverantwoording: afbeelding in het blokkenschema door Andrzej Barabasz.*