

## Inventaris van symmetrieën

Symmetrieën of invariantieprincipes spelen een voornamelijk rol in de wetenschap. Hun belang wordt echter nog miskend in sommige domeinen zoals bijvoorbeeld de toegepaste wetenschappen. Symmetrieën zijn transformaties van entiteiten die deze entiteiten in zekere opzichten invariant laten. Volgens Leo Apostel drukken symmetrieën in feite de mogelijkheidsvoorwaarden voor inductieve kennis uit. De natuurwetten zijn niet afhankelijk van plaats, tijd,... Symmetrieën kunnen ook in verband gebracht worden met behoudswetten (zie Emmy Noether). Symmetrieën laten toe om bepaalde wetten (of beperkingen die aan de wiskundige vorm van deze wetten gesteld worden) af te leiden.

In de mechanica vinden we symmetrieën voor:

- de plaats van meting (→ behoud van hoeveelheid van beweging of impuls);
- de oriëntatie van meettoestel (→ behoud van impulsmoment);
- het tijdstip van het experiment (→ behoud van energie);
- de (constante) snelheid van het laboratorium.

Albert Einstein leidt de speciale relativiteitstheorie af uit het “relativiteitsprincipe”: “als een galileïsch coördinatenstelsel  $C'$  ten opzichte van een galileïsch coördinatenstelsel  $C$  met een eenparige snelheid en zonder rotatie beweegt dan verlopen de natuurprocessen t.o.v.  $C'$  volgens precies dezelfde wetten als volgens  $C$ ”. “De algemene natuurwetten zijn invariant t.o.v. de lorenztransformaties”. Hij past dit principe toe op de lichtvoortplanting om de speciale relativiteitstheorie af te leiden.

In de kwantummechanica gelden symmetrieën voor:

- spiegeling (P);
- inversie van lading of vervangen van een deeltje door een anti-deeltje (C);
- omkering van tijd (T);
- ruimte-inversie en ladingsconjugatie gecombineerd (PC).

Bij de (sterke) wisselwerking van elementaire deeltjes geldt ook het behoud van:

- lading;
- elektronenfamiliegetal;
- muonfamiliegetal;
- bayronfamiliegetal;
- totale vreemdheid;
- isospin.

Merk op dat men samen met een behoudswet ook een stroom van de te behouden grootte kan beschouwen. Een voorbeeld hiervan is het behoud van lading en de stroom van ladingen of elektrische stroom. Dit leidt samen met de S-matrixtheorie tot een “stromenalgebra”. De S-matrix beschrijft het botsingsproces en de verstrooiing van deeltjes rekening houdend met causaliteit, de “logische” volgorde van oorzaak en gevolg. De toestand na de interactie kan nooit ontstaan eer de toestand van voor de interactie gerealiseerd is (zie Gerard 't Hooft).

In de kwantummechanica is ook de ijk-symmetrie zeer belangrijk (→ behoud van lading, → Maxwell-vergelijkingen in kwantummechanische gedaante, zie de kwantumelektrodynamica). Dit is eveneens het geval in de algemene relativiteitstheorie (→ gravitatievergelijkingen van Einstein). Ijk-symmetrie is een lokale symmetrie die in verband gebracht wordt (of werd) met:

- het ijken van maten (gewicht, lengte,...);
- een lokaal referentiekader en een lokale transformatie (recalibratie van de ijking);
- een schaal of een grootte;
- invariantie voor het wijzigen van een referentiepotentiaal in een potentiaalveld;
- invariantie voor positie- en tijdsafhankelijke interne transformaties.

Daarnaast kan men nog symmetrieën onderkennen voor de keuze van:

- de basis van het getallenstelsel in de rekenkunde (binair, decimaal,...);
- de schaal of de eenheden (→ machtswetten in uiteenlopende domeinen);
- de fundamentele eenheden van het eenhedenstelsel;
- de (ruimte-tijd) resolutie van de meetapparatuur (→ voornaamste axioma's van de kwantummechanica).

Men kan de natuurwetten dus afleiden uit meer fundamentele, kwalitatieve beginselen waarvan de wijsgeren de zijnsgrond zoeken (zie Leo Apostel). De wetten blijken ook niet beïnvloed te worden door een aantal arbitraire keuzes. Dit gaat samen met de kenbaarheid en verstaanbaarheid van de werkelijkheid ('intelligibiliteit'). Dit is een merkwaardige conclusie waarvan de draagwijdte nog niet volledig doorgrond werd.

Hubert Van Belle

08/11/03

16/12/03