

Een perpetuum mobile nader bekeken

De uitvinding van een perpetuum mobile zou een welkome oplossing zijn voor het energieprobleem. Een nadere analyse van de mogelijkheden om een perpetuum mobile te maken kan in de bovenbouw HAVO en ATHENEUM nuttig zijn om leerlingen in staat te stellen meer greep te krijgen op abstracte natuurkundige begrippen als warmte en energie. Het hierna volgende artikel moge als handvat dienen om een (klasse-)discussie te wijden aan deze actuele begrippen in relatie tot het fenomeen perpetuum mobile.

Nog niet zo lang geleden werd er bijna iedere dag wel een perpetuum mobile uitgevonden. Speciaal daarvoor bestemde bureau's hadden handen vol werk met het kritisch onder de loep nemen van de vaak ingenieuze ontwerpen. Het resultaat was altijd, dat de aanvankelijk trotse uitvinders teleurgesteld huiswaarts gingen: hun ontwerp bevatte denkfouten, verkeerde uitgangspunten of onjuiste conclusies.

Tegenwoordig twijfelt bijna niemand meer aan de juistheid van de wet van behoud van energie, of van de eerste hoofdwet van de thermodynamica. Het bestaan van een geïsoleerd systeem, dat eeuwig arbeid kan verrichten, een zogenaamd perpetuum mobile van de eerste soort, is strijdig met deze wet(ten).

Is het dan niet mogelijk een machine te maken, die *warmte* direct volledig omzet in *arbeid*? In ieder geval is dan voldaan aan de wet van behoud van energie. De constructie van zo'n machine zou rigoreus een einde maken aan de energie-crisis: een oceaan-schip met zo'n machine aan boord zou zich kosteloos kunnen voortstuwen, door warmte te onttrekken aan het oceaanwater, dat immers een gigantisch warmte-reservoir vertegenwoordigt. Helaas is zo'n perpetuum mobile van de tweede soort strijdig met de tweede hoofdwet van de thermodynamica. Van de vele formuleringen van deze wet komt die van Planck en Kelvin hier het best van pas: het is onmogelijk een machine te bouwen, waarbij de toegevoerde warmte volledig in arbeid wordt omgezet. Nu is de natuurkunde bij uitstek een empirische wetenschap, die zich in het verleden voldoende plooibaar heeft getoond om, hoewel niet altijd direct, gehoor te geven aan nieuwe experimentele feiten die veranderingen of verfijningen in de theoretische modellen noodzakelijk maakten.

Een ontwerp voor een perpetuum mobile dat strijdig is met de bestaande wetten in de natuurkunde, mag men daarom niet a priori afwijzen.

Onlangs verscheen er een artikel van de hand van D. H. Deutsch in het blad *International Laboratory* (nr. 11 (1981) pg. 30), waarin een mogelijkheid wordt geopend voor een perpetuum mobile van de tweede soort. Deutsch redeneerde als volgt: de tweede hoofdwet van de thermodynamica geldt alleen maar voor macroscopische systemen, systemen waarbij een groot aantal moleculen een rol speelt. Als nu een microscopisch systeem, waarvoor de tweede hoofdwet *niet* geldt, deel uitmaakt van een groter systeem, dan is wellicht voor dat grotere systeem de tweede hoofdwet óók niet geldig en behoort een perpetuum mobile van de tweede soort tot de mogelijkheden.

Deutsch beschouwde een membraan (zie figuur 1), waarin zich kegelvormige openingen bevinden. Op grond van de geometrische asymmetrie kende Deutsch de volgende eigenschap aan het membraan toe: de kans, dat een molecuul het membraan van links naar rechts passeert, is groter dan de kans, dat een molecuul het membraan van rechts naar links passeert. De gedachte hierachter is, dat moleculen van links komend, eenmaal binnen zo'n kegel, via opeenvolgende botsingen met de wand van zo'n kegel uiteindelijk rechts van het membraan belanden. De kansen zouden zich dan ruwweg verhouden als R^2/r^2 .

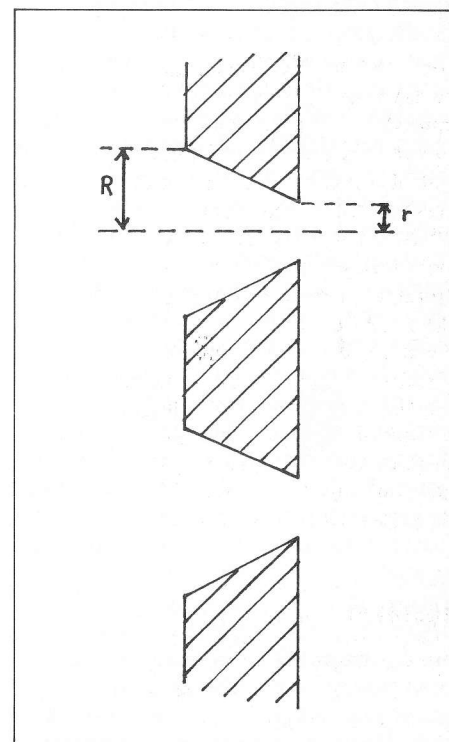
Met behulp van zo'n membraan is een perpetuum mobile van de tweede soort gauw gemaakt (zie figuur 2). Twee ruimtes, A en B, waarin zich gas bevindt, zijn gescheiden door het asymmetrische membraan. Was de druk in vat A aanvankelijk nog gelijk aan die in vat B, na enige tijd

zal door het membraan het aantal gasmoleculen in vat B toenemen ten koste van het aantal moleculen in vat A. Met andere woorden: er zal spontaan een drukverschil ontstaan tussen beide ruimtes. Via een energie-omzetter (een turbine) kunnen we gas van B naar A laten stromen. De turbine zal arbeid kunnen verrichten, ten gevolge waarvan het gas, dat de turbine passeert, zal afkoelen. Door vat A of desnoods het hele systeem in contact te brengen met een warmte-reservoir (bijvoorbeeld de oceaan) kan de cyclus opnieuw beginnen. De warmte van het oceaanwater kan nu dus gebruikt worden om een oceaanschip voort te stuw.

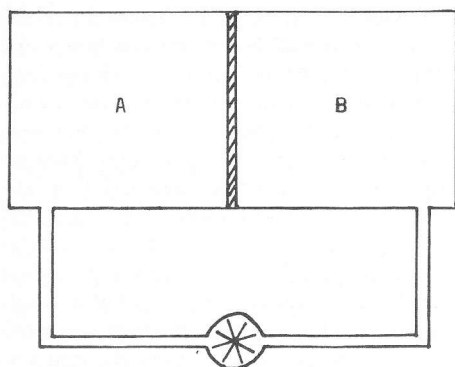
Om de fout (waar Deutsch zich overigens niet van bewust is) in dit ontwerp op te sporen is het nuttig eerst een tweetal andere membranen nader te bekijken.

In figuur 3 is een klapdeur-membraan getekend. Dit membraan heeft de eigenschap, dat alleen moleculen van links naar rechts worden doorgelaten.

Maxwell introduceerde al in de vorige eeuw zijn 'duiveltje', een geheimzinnig we-



Figuur 1
Membraan met kegelvormige openingen



Figuur 2

Perpetuum mobile van de tweede soort; het membraan tussen A en B bevat microscopisch kleine, kegelvormige openingen

zientje dat in staat was om snelle moleculen alleen van links naar rechts en langzame moleculen alleen van rechts naar links door te laten. Hierdoor kon Maxwells duiveltje spontaan een temperatuurverschil tussen twee ruimtes doen ontstaan.

Beide voorbeelden zijn in het verleden reeds grondig geanalyseerd, en te licht bevonden. De volgende verklaring werd gegeven: door de voortdurende botsingen tegen het klapdeurtje wordt het deurtje heter en heter en zal de stand van het deurtje aan grote fluctuaties onderhevig zijn. Het deurtje zal dan vanzelf al open en dicht gaan, waardoor ook moleculen van rechts naar links kunnen passeren.¹ Ook het duiveltje van Maxwell zal zelf steeds heter worden, omdat het voortdurend de signalen omtrent de snelheden van de naderende moleculen moet verwerken. Na enige tijd zal het duiveltje door de hitte niet goed meer kunnen functioneren in de ruimste zin van het woord en geen onderscheid meer kunnen maken tussen links en rechts of tussen langzaam en snel.

Terug naar ons asymmetrische membraan. Het verschil met de twee voorbeelden is, dat in het membraan van figuur 1 geen warmte-ontwikkeling optreedt. En het is juist dit gegeven, dat ons in staat stelt Deutsch' ontwerp te ontmantelen.

De gasmoleculen voeren slechts zuiver elastische botsingen uit met het membraan, waardoor de beweging der molecu-

len omkeerbaar is in de tijd.² Als een film van het proces vertoond wordt, is het onmogelijk te zeggen of de film achterstevoren wordt afgespeeld of niet. De tijdsomkeerbaarheid brengt met zich mee, dat in figuur 1 de kans om het membraan van links naar rechts te passeren even groot is als de kans om het membraan van rechts naar links te passeren. De conclusie luidt dan: het is onmogelijk een membraan te maken, dat op grond van zijn geometrische eigenschappen een asymmetrische doorlaatbaarheid heeft. Zo'n membraan, als Deutsch voorstelt, bestaat dus niet!

Ook het uitgangspunt van Deutsch is aanvechtbaar. De tweede hoofdwet is geldig voor ieder macroscopisch systeem, ook al bevat dit een microscopisch systeem dat niet aan de wet voldoet.

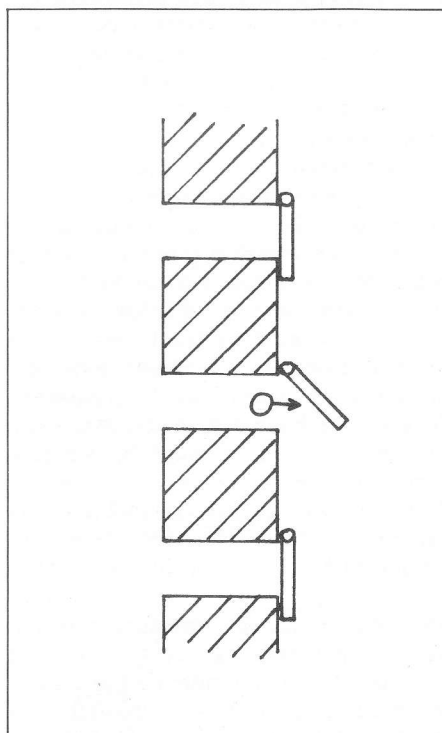
Zoals reeds gezegd mag je zo'n ontwerp nooit afwijzen alleen, omdat het niet voldoet aan de huidige wetten van de natuurkunde. Het kan best zijn dat Deutsch over 100 jaar de grootste fysicus aller tijden wordt genoemd. Hoeveel beroemde fysici werden er immers in hun tijd niet verguisd, alleen omdat hun opvattingen strij-

dig waren met de gangbare regels en modellen? Het lijkt me daarom verstandig de mogelijkheid open te laten, dat zijn ontwerp bruikbaar is. Het beste bewijs dat hij kan geven, is zo'n machine te bouwen en te laten zien dat hij werkt. Tot die tijd staan de pijlers van de huidige fysica nog recht overeind.

Voetnoten

1. Verhitting is de gangbare verklaring. Het zogenaamde 'fluctuatie-dissipatiethema' ligt hieraan ten grondslag.

2. De bewegingsvergelijkingen zijn symmetrisch in de tijd t ; doordat ze geen oneven machten van t bevatten, mag t straleloos door $-t$ vervangen worden. Analooz aan deze microscopische reversibiliteit is de omkeerbaarheid van de stralengang bij een lens waarin geen absorptie plaats vindt.



Figuur 3

Klapdeurmembraan