

Émilie du Châtelet en de levende kracht

Émilie du Châtelet was een *femme savante* uit de eerste helft van de achttiende eeuw die correspondeerde met Frederik de Grote en vele geleerden uit haar tijd. Ze schreef een natuurkundeboek, vertaalde Newtons gehele *Principia* uit het Latijn in het Frans en voegde daar een uitgebreid eigen commentaar aan toe.

Op natuurwetenschappelijk gebied werden in Europa aan het begin van de achttiende eeuw levendige debatten gevoerd: over astronomie, de nieuwe bewegingsleer en de aard van het licht. Het respectabele gedachtegoed van Galilei, Descartes en Huygens werd uitgedaagd door nieuwere theorieën van Newton, van Leibniz en van hun volgelingen. Regelmatig leidde dat tot grote verwarring en ook tot filosofische partijvorming: newtonianen tegen leibnizianen, leibnizianen tegen newtonianen en beide tegen cartesianen. De achttiende eeuw was tegelijk een tijd van beginnende vrouwenemancipatie, al was er nog een lange weg te gaan. Zo hadden vrouwen nog geen toegang tot openbaar onderwijs, universiteiten en wetenschappelijke genootschappen. Alleen in adellijke en welgestelde kringen kregen meisjes privéonderwijs. In Frankrijk, waar de algemene roep om meer rechten uiteindelijk uitmondde in de revolutie van 1789, bestond de bijdrage van vrouwen uit de hogere kringen aan het intellectuele leven aanvankelijk vooral uit het organiseren van salons, waar schrijvers, filosofen en wetenschappers met de gasten en met elkaar discussieerden over literatuur en theater en de nieuwste wetenschappelijke inzichten. In de jaren dertig van de achttiende eeuw mengden vrouwen zich voor het eerst ook zelf in de wetenschappelijke discussies, met argumenten en opvattingen gebaseerd op eigen studie en eigen onderzoek. Een daarvan was Gabrielle Émilie le Tonnelier de Breteuil, markiezin van Châtelet-Lomont (1706-1749). Émilie, dochter van een dignitaris aan het hof van Lodewijk XIV, kreeg als kind thuis onderwijs samen met haar jongste broer – waarschijnlijk het standaardprogramma van lezen en schrijven, rekenen, Latijn, aardrijkskunde en geschiedenis en mogelijk een inleiding in de meetkunde. Met zekerheid is er niets over bekend. Wel is duidelijk dat het voor haar niet voldoende was. Op latere leeftijd schreef ze dat ze als zij zelf koning zou zijn middelbare scholen (*colèges*) voor meisjes zou oprichten [1].

Zoals destijds niet ongebruikelijk werd Émilie op achttienjarige leeftijd uitgehuwelijkt aan de twaalf jaar oudere markies van Châtelet-Lomont, telg uit een zeer oud, maar enigszins verarmd adellijk geslacht, waarvan de voornaamste bezittingen in Bourgondië en het gebied van de Champagne lagen: in de stad Semur-en-Auxois en het landgoed en kasteel van Cirey-sur-Blaise. Dit gearrangeerde huwelijk diende vooral familiebelangen. In de eerste jaren van haar huwelijk kreeg ze met de markies drie kinderen, een dochter en twee zonen, waarvan de jongste echter al op eenjarige leeftijd overleed. Niettemin had ze daarmee, en vooral met de geboorte van een mannelijke erfgenaam, haar voornaamste taak als echtgenote van de markies volbracht. Als officier, uiteindelijk luitenant-generaal, van het Franse leger was hij in de jaren daarna tijdens onder andere de Poolse en Oostenrijkse successieoorlogen veelal lange tijd weg van huis en kwam de zorg voor de bezittingen vooral op de schouders van de jonge markiezin. Zij kreeg nu echter ook weer gelegenheid zich op intellectuele uitdagingen te storten. Haar interesses waren veelzijdig. Ze sprak Italiaans, Duits en Engels, ze vertaalde



Mme Du Châtelet à sa table de travail, Maurice Quentin de La Tour, achttiende eeuw, Château de Breteuil.

het beroemde verhaal *Fable of the bees* van de in Engeland wonende Nederlandse arts-filosoof Mandeville en ze begon aan een studie wiskunde onder leiding van de Franse geleerde Maupertuis, die haar ook kennis liet maken met de theorie van Newton over de beweging van de hemellichamen. Tegenwoordig is Maupertuis nog bekend door zijn bepaling, in 1736, van de lengte van de booggraad langs een meridiaan in Lapland, waarmee hij de door Newton voorspelde afplatting van de aarde aan de polen bewees, en daarnaast van het door hem geopperde principe van de kleinste werking in de mechanica. Hij was echter vaak op reis en kreeg aanstellingen bij de wetenschappelijke academies van zowel Parijs als Berlijn, daarom bracht hij Du Châtelet in contact met zijn jonge beschermeling Clairaut met wiens hulp ze haar wiskundestudie kon voortzetten. Dat kwam overigens niet slecht uit, want Clairaut was een betere wiskundige dan Maupertuis zelf. Een grote verandering voltrok zich in het leven van Du Châtelet rond het jaar 1733. Ze leerde in die tijd de schrijver-filosoof Voltaire kennen, die een aantal jaren van ballingschap in Engeland had doorgebracht. Daar was hij onder de indruk geraakt van de wetenschappelijke en filosofische ideeën van Newton en Locke, die hij ook in Frankrijk wilde introduceren. Maar aangezien subtiliteit niet Voltaires sterkste kant was, kwam hij regelmatig in aanvaring met de autoriteiten en de kerk die weinig ophadden met het gedachtegoed van de verlichting. Voltaire en Du Châtelet ontwikkelden echter grote bewondering voor elkaar en zij nodigde

hem daarom uit bij haar op het kasteel van Cirey te komen wonen, waar hij enigszins aan het oog van de autoriteiten onttrokken zou zijn. Voltaire nam de uitnodiging aan en woonde tot 1739 bij haar in Cirey, waar hun verhouding al gauw meer dan platonisch was.

Het werden voor beiden vruchtbare jaren van intellectuele samenwerking en regelmatig ook samenwerking. Niet alleen werden Voltaires toneelstukken en ook hele opera's op Cirey door de bewoners en hun gasten zelf uitgevoerd, maar om experimenten en waarnemingen te kunnen doen, werd ook een heel kabinet van wetenschappelijke instrumenten aangeschaft, waaronder thermometers, lenzen, een spiegeltelescoop en een microscoop. Émilie verdiepte zich met nieuwe energie in het werk van Newton: ze bezat een eigen exemplaar van zowel de *Opticks*, dat ze naar eigen zeggen vrijwel uit haar hoofd kende, en van de *Principia* die ze met haar goede kennis van

“Als vertaalster van Newton is ze bekend gebleven, maar haar eigen werk is in de vergetelheid geraakt.”

het Latijn en van de wiskunde intensief bestudeerde. Daarmee was ze een onmisbare bron van kennis en steun voor Voltaire die in die tijd bezig was met een verhandeling over Newtons gedachtegoed en de filosofische implicaties ervan [2].

In 1738 namen beiden deel aan een prijsvraag van de Academie van Wetenschappen in Parijs met als onderwerp de aard en eigenschappen van vuur. Aanvankelijk zou ze Voltaire helpen met experimenten en het schrijven van een essay, maar aangezien ze het niet eens was met zijn aanpak, besloot ze op het laatste moment zonder zijn medeweten en in eerste instantie anoniem een eigen bijdrage in te zenden. Geen van twee won de competitie, maar beide essays werden gepubliceerd. Hiermee werd Du Châtelet de eerste vrouw ooit die een eigen erkende bijdrage leverde aan de verslagen van de Academie [3].

Aangemoedigd door dit succes besloot ze nu ook een eigen boek over grondslagen van de natuurkunde te schrijven, onder de titel *Institutions de physique* [4], een boek dat wetenschappelijk aanzienlijk dieper ging dan dat van Voltaire. Oorspronkelijk was het bedoeld als een leerboek voor haar zoon. Dat blijkt wel uit het uitvoerige en bevlogen voorwoord vol opvoedkundige aansporingen waarin ze ook, puttend uit eigen ervaring, een paar opmerkelijk ontwikkelingspsychologische inzichten verwerkt. Bovendien keert ze zich erin tegen het sektarisme dat onder de filosofisch

ingestelde beoefenaren van de wetenschap gangbaar was en waar ook haar eigen Voltaire zich schuldig aan maakte. Als je een boek over natuurkunde leest, zo spoort ze haar zoon aan, moet je je afvragen of het goed is, niet tot welke stroming of nationaliteit de auteur behoort. Geen onderzoeker is feilloos, zelfs een Descartes of een Newton, denk dus altijd zelf na en zoek naar de feiten.

Al schrijvende kreeg het boek echter steeds meer het karakter van een overzicht van de recentste inzichten waarin ze (tot ongenoegen van Voltaire) naast de theorie van Newton ook het werk van auteurs als Leibniz, Johann Bernoulli en 's-Gravesande bespreekt. Dat spitst zich in het bijzonder toe op de in die tijd hevige discussies over de *vis viva*, de levende kracht. Het woord *kracht* had destijds ook voor natuurkundigen geen eenduidige betekenis. Het stond niet alleen voor de mechanische kracht als product van massa en versnelling, maar ook voor energie, vermogen en intensiteit. Newton zelf gebruikte het woord *kracht* bijvoorbeeld ook in de context van traagheid: de *vis insita* of *vis inertiae* was het vermogen van een lichaam zich te verzetten tegen een verandering van de bewegingstoestand.

Zoals bekend wordt de bewegingstoestand van een vrij lichaam gekenmerkt door een constante impuls $p = mv$; die bewegingstoestand kan alleen veranderen door een van buiten werkende kracht, zoals een stoot of de zwaartekracht. Zulke krachten werden aangeduid met de term *inwerkende kracht* of *vis impressa*. Dit is het krachtbegrip dat we kennen uit Newtons tweede hoofdwet

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}.$$

Newtons derde wet, de gelijkheid van actie en reactie, zorgt er dan voor dat de totale impuls van lichamen bij onderlinge krachtwerking behouden is: $\Sigma \mathbf{p} = \text{constant}$.

De levende kracht is weer een ander soort krachtbegrip dat staat voor de grootte mv^2 , op een factor twee na wat we nu kinetische energie noemen. Huygens had al in 1669 een volledig stel regels voor elastische centrale botsingen opgesteld, waaruit bleek dat daarbij niet alleen de impuls maar ook de *vis viva* Σmv^2 behouden was. Dezelfde grootte ontstond bij een vrije val uit de arbeid die de zwaartekracht verricht: bij een val over een afstand h krijgt het lichaam een kinetische energie

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh.$$

Nu had Descartes in zijn werk een halve eeuw daarvoor geprobeerd een dynamica van botsende deeltjes te formuleren waarin de hoeveelheid van beweging Σmv , een *scalaire* grootte, behouden was. Die theorie was niet houdbaar, maar Leibniz probeerde dat idee nu te vervangen door de levende kracht Σmv^2 en ging op zoek naar een algemene bewegingsleer, niet alleen voor botsingen, geformuleerd in termen van *vis viva*.

Leibniz' voorstel werd door Newtons aanhangers niet met enthousiasme, zelfs met vijandigheid ontvangen. Het verdeelde de wetenschappelijke wereld in het begin van de

achttiende eeuw in twee kampen (naast het derde kamp van nog altijd niet geheel verdwenen cartesianen), waartussen Du Châtelet weigerde te kiezen. Begonnen als bewonderaar van Newtons nieuwe mechanica en gravitatie-theorie zag zij de levende kracht ook als een zinvol en nuttig begrip. De proeven van 's-Gravesande in Leiden, die kogels in een bak klei liet vallen [5] en vond dat de diepte van de inslag evenredig was met het kwadraat van de snelheid, niet met de snelheid zelf, overtuigden haar nog meer. Ze formuleerde in haar boek zelfs de hypothese dat de levende kracht, die verloren ging als een lichaam arbeid verrichtte, in het omgekeerde proces door dezelfde hoeveelheid arbeid weer in dezelfde hoeveelheid zou terugkeren. Dit is ongetwijfeld een van de vroegste formuleringen van het principe van behoud van mechanische energie. Het was uiteindelijk d'Alembert die, misschien mede geïnspireerd door de *Institutions*, de natuurkundigen ervan overtuigde dat de ideeën van Newton en Leibniz niet in tegenspraak waren, maar elkaar aanvulden.

In de volgende jaren was Du Châtelet druk met familie-zaken, gepaard met veelvuldige verhuizingen. Eerst een verblijf van een paar jaar in Brussel om een grote rechtszaak uit te vechten waar haar man in verwickeld was om een erfenis van landgoederen, daarnaast regelmatige verblijven in Parijs en aan het hof van Lodewijk XV, de onderhandelingen over een goede officierspositie voor haar zoon, het vergde allemaal veel aandacht en energie. Bovendien zocht ze voor haar man na diens afzwaaien uit de Franse krijgsmacht een nieuwe positie. Uiteindelijk vonden ze die in Luneville aan het hof van Stanislaus Leszczyński, schoonvader van Lodewijk, troonpretendent van Polen en hertog van Lotharingen. Met Voltaire was ze nog steeds innig bevriend, al waren ze intussen geen geliefden meer. Tussen alle bedrijven door probeerde Émilie aandacht te blijven geven aan de wetenschap. Ze was nu een erkend philosophe, die niet alleen correspondeerde met Maupertuis, maar ook met diens beschermheer Frederik de Grote van Pruisen en verder onder andere met de Bernoulli's, Euler en pater François Jacquier, hoogleraar in de experimentele natuurkunde in Turijn en later aan de pauselijke academie in Rome, expert op het gebied van Newtons *Principia*. In 1746 werd ze gekozen tot lid van de Academie van Wetenschappen in Bologna.

Intussen had ze ook een nieuw en zeer uitdagend project: de vertaling van de drie boeken van de *Principia* uit het Latijn in het Frans. Het nam haar de laatste jaren van haar leven in toenemende mate in beslag. In 1749 legde ze er de laatste hand aan, inclusief een eigen commentaar van 116 pagina's en een appendix van 168 pagina's waarin ze een deel van Newtons ouderwetse meetkundige redeneringen en bewijzen verving en aanvulde door modernere algebraïsche en analytische, gebaseerd op Leibniz' versie van de differentiaal- en integraalrekening.

Du Châtelets complete vertaling van de *Principia*, inclusief de aanhangsels, verscheen pas tussen 1756 en 1759 in druk, bijna tien jaar na haar overlijden, onder supervisie van Clairaut en voorafgegaan door een lofrede van

INSTITUTIONS DE PHYSIQUE.



A PARIS,
Chez PRAULT fils, Quai de Conty, vis-à-vis la
descente du Pont-Neuf, à la Charité.
M. D C C. X L.
Avec Approbation & Privilège du Roi.

Het boek *Institutions de physique* van Du Châtelet uit 1742.
Bron: Gallica.

Voltaire [6]. Het is nog steeds de enige complete Franse uitgave, overigens niet minder leesbaar dan de gangbare Engelse vertaling van haar tijdgenoot Andrew Motte en voorzien van een veel uitgebreider commentaar. Een paar dagen nadat ze haar manuscript bij de drukker had ingeleverd, in september 1749, overleed Émilie du Châtelet bij de geboorte van haar vierde kind, een dochter, waarschijnlijk aan de gevolgen van een longembolie. Als vertaalster van Newton is ze bekend gebleven, maar haar eigen werk is in de vergetelheid geraakt. Wie geïnteresseerd is in de geschiedenis van het energiebegrip in de fysica vindt in haar *Institutions* echter nog altijd een heldere en leerzame uiteenzetting van een aantal ideeën die tot de invoering en acceptatie van dat begrip hebben geleid.

REFERENTIES

- 1 J.P. Zinsser, *La Dame d'Esprit* (Viking, 2006).
- 2 M. De Voltaire, *Éléments de la Philosophie de Neuton* (E. Ledet & Co, Amsterdam, 1738).
- 3 Mme du Châtelet, *Dissertation sur la nature et la propagation du feu* in: *Pièces qui ont été présentées à l'Académie Royale de Sciences pour concourir au prix de l'année 1738*, 87 (Paris, 1739).
- 4 Mme du Châtelet, *Institutions de physique* (Pault, Paris, 1740).
- 5 W. 's-Gravesande, *Essai d'une nouvelle théorie du choc des corps fondée sur l'expérience*, *Journal littéraire* (Den Haag, 1722).
- 6 Mme du Châtelet, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (Desaint & Saillant et Lambert, Paris, 1756): <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-1743>.