

# Atomisme als verbinding tussen scheikunde en de klassieke talen

*Een lessenserie voor de derde klas*

---

Thomas van Vroonhoven en Marjolein Wal

*Toelichting voor de docent*

## **INHOUDOPGAVE**

<b>Waarom een vakoverstijgende lessenserie over atomisme?.....</b>	<b>3</b>
<b>Opzet van de lessenserie voor de derde klas.....</b>	<b>3</b>
<b>Aansluiting bij de examenprogramma's scheikunde en klassieke talen.....</b>	<b>4</b>
<b>Aanwijzingen bij de lessen .....</b>	<b>5</b>
<b>Les 1: de fragmenten van Empedokles (Grieks) .....</b>	<b>5</b>
<b>Les 2: modelleren (scheikunde).....</b>	<b>6</b>
<b>Les 3 : de ontwikkeling van het atoommodel (scheikunde).....</b>	<b>7</b>
Opdracht ontwikkeling atoommodel, uitwerking voor de docent .....	8
<b>Extra les: de fragmenten van Lucretius (Latijn).....</b>	<b>10</b>

## Waarom een vakoverstijgende lessenserie over atomisme?

Leerlingen leren over het atoommodel bij scheikunde en natuurkunde. Het Grieks-Romeinse atomisme is daarbij slechts een historische voetnoot en wordt vanuit modern perspectief vaak gezien als primitief en speculatief. Het hedendaagse atoommodel wordt aan leerlingen gepresenteerd als een in steen gebeitelde waarheid, alsof er geen moeizaam proces van wetenschappelijke ontwikkeling aan vooraf is gegaan. Deze lessenserie voor de derde klas is ontwikkeld om dit te doorbreken.

## Opzet van de lessenserie voor de derde klas

Leerlingen maken kennis met het atomisme via enkele authentieke teksten van Grieks-Romeinse denkers. Ze ervaren dat het atoommodel haar conceptuele structuur aan de oudheid te danken heeft. Ook ondervinden ze dat er eindeloos veel mogelijkheden zijn om op basis van dezelfde gegevens tot een model te komen. Zo wordt ook duidelijk dat het moderne atoommodel niet vanzelfsprekend is.

De lessenserie bestaat uit drie lessen voor de derde klas, één bij Grieks en twee daaropvolgende lessen bij scheikunde. De lessenserie kan worden uitgebreid met een les Latijn. Het is ook mogelijk om alleen de lessen scheikunde te doen m.b.v. vertalingen van de hieronder genoemde tekstfragmenten. De scheikundelessen zijn ook bruikbaar voor klas 4.

- In de eerste les maken leerlingen kennis met Empedokles (5<sup>e</sup> eeuw v. Chr.), een Siciliaanse alleskunner die als godheid werd vereerd. Na een algemene introductie over Empedokles door de docent vertalen de leerlingen enkele passages uit de overgeleverde fragmenten van zijn leerdicht.<sup>1</sup> In de geselecteerde passages bespreekt Empedokles enkele algemene eigenschappen van zijn fundamentele ‘wortels’ of elementen.<sup>2</sup> Hij maakt duidelijk dat de dingen in onze wereld combinaties zijn van deze elementen. Die combinaties ontstaan, doordat Liefde en Haat de elementen bij elkaar brengen of uit elkaar laten vallen. In deze passages blijkt nog niet dat Empedokles met zijn ‘wortels’ concreet aarde, lucht, water en vuur op het oog had. De leerlingen krijgen de fragmenten met aantekeningen en sturende begripsvragen. In de aantekeningen kunnen grammaticale constructies die in de derde klas nog niet behandeld zijn, zoals deelwoorden, worden voorvertaald. Op dezelfde manier kunnen bij het vak Latijn fragmenten uit *De rerum natura* van de atomist Lucretius gelezen worden<sup>3</sup>.
- In de volgende les gaan leerlingen bij scheikunde aan de slag met hun vertaling van de fragmenten van Empedokles. Hun opdracht luidt om aan de hand van hun vertaling een model te maken met klei of Lego dat in hun optiek het citaat het best weergeeft. Vervolgens gaan zij aan het werk met de vertaling van een tweede passage

---

<sup>1</sup> *Empedokles. Aarde, lucht, water en vuur*, bezorgd, vertaald en toegelicht door dr. Rein Ferwerda, Damon, Budel, 2006.

<sup>2</sup> Bijvoorbeeld fr. 48 en 52a uit de editie van Ferwerda.

die ontleend is aan Lucretius' *De rerum natura*.<sup>3</sup> De leerlingen hebben nu de taak om hun model aan te passen zodat het strookt met de nieuwe 'gegevens' van deze tweede passage.

- In de derde les krijgen leerlingen bij het vak scheikunde veertien uitspraken van wetenschappers en filosofen die in de loop van de geschiedenis een bijdrage hebben geleverd aan het atoommodel. De leerlingen hebben nu de taak om de citaten in het juiste tijdvak te plaatsen.

### **Aansluiting bij de examenprogramma's scheikunde en klassieke talen**

De lessenserie sluit op verschillende manieren aan bij de exameneisen voor de beide vakken. In de eerste les ontwerpen leerlingen op basis van beperkte informatie een kwalitatief model, dat ze vervolgens op basis van nieuwe informatie moeten aanpassen. Zo maken leerlingen kennis met verschillende stadia van de zogenaamde *modelleercyclus*, een subdomein in het examenprogramma scheikunde (A7). Door het rangschikken van citaten in de derde les krijgen leerlingen zicht op de historische ontwikkeling van het atoommodel. De lessenreeks geeft een concreet voorbeeld van de ontwikkeling van chemische kennis, een thema dat eveneens onderdeel uitmaakt van het examenprogramma scheikunde (A15).

Vanuit het oogpunt van het examenprogramma van de klassieke talen nodigt de lessenreeks uit tot een 'reflectie op de relatie tussen de antieke cultuur en de latere Europese cultuur' (domein B). Naast de 'gewone' vertaalopdracht ontdekken de leerlingen namelijk dat het moderne atoommodel een zeer geavanceerde variant is van een klassiek denkpatroon.

Uiteraard zijn de aspecten die het atomisme van Empedokles en de moderne atoomtheorie gemeenschappelijk hebben enigszins abstract. Maar juist het zoeken naar de verschillen en overeenkomsten kan bijdragen tot een beter begrip van zowel het moderne atoommodel als het klassieke atomisme. Het kan bijvoorbeeld leerzaam zijn om de vraag te stellen in hoeverre de 'krachten' Liefde en Haat van Empedokles te vergelijken zijn met de elektrische krachten die op moleculaire schaal aantrekking en afstoting veroorzaken. Die vraag kan bovendien voor de scheikundige een uitgangspunt zijn om dieper in te gaan op de aard van chemische bindingen; voor een classicus kan de vraag een begin zijn van de verdere bespreking van de begrippen Liefde en Haat in de rest van de fragmenten. Bijvoorbeeld: is Liefde een goddelijk of natuurlijk principe?

---

<sup>3</sup> Zie uit Lucretius' *De rerum natura* bijvoorbeeld: 1.55-62, 1.215-223, 1.245-249, 1.265-273, 1.418-428, 1.483-502, 1.565-577, 1.599-614, 1.628-634.

## Aanwijzingen bij de lessen

### Les 1: de fragmenten van Empedokles (Grieks)

*Doen voor de les:*

- Bereid een inleiding voor over het leven en werk van Empedokles. Het doel van de inleiding is vooral om de nieuwsgierigheid van de leerlingen te wekken. De anekdotes die over Empedokles zijn overgeleverd doen het hier goed. Denk bijvoorbeeld aan de verhalen over Empedokles' populariteit in zijn vaderstad, zijn excentrische uitdossingen, de goddelijke status die hij aan zichzelf aanmat en zijn dramatische einde door zijn sprong in de Etna.  
Vermeld de veelzijdigheid van Empedokles als staatsman, dichter, arts, 'ingenieur' en filosoof. Bedenk dat het niet de bedoeling is om hier het 'atomisme' van Empedokles uit de doeken te doen: het doel is juist dat de leerlingen dat later zelf uit de fragmenten destilleren. Ondersteun de inleiding evt. met een powerpoint. Gebruik als bron voor de inleiding bijvoorbeeld Rein Ferwerda's *Empedokles* (Damon), de *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (<https://plato.stanford.edu>) of de secundaire bronnen die vermeld staan op de Wikipedia-pagina van Empedocles.
- Print het stencil *Nalatenschap van de Griekse filosofie* voor leerlingen van de klas. Laat het laatste blad met werkvertalingen weg.

*Indeling van de les*

- Inleiding over het leven en het werk van Empedokles door de docent. Lees aan het eind met de klas de inleiding op de fragmenten die op het stencil staat (10 min.).
- Vertalen in groepen: fragment 48. De leerlingen vertalen in kleine groepen het eerste fragment van het stencil. Ze noteren de vertaling en maken de bijbehorende begripsvragen (15 min.). De docent stuurt waar nodig.
- Vertalen in groepen: fragment 52a. De leerlingen vertalen in kleine groepen het tweede fragment van het stencil (10 min.).
- Klassikale bespreking van de vertalingen. Laat evt. de werkvertalingen zien op een smartboard. Vraag de leerlingen om hun antwoorden op de begripsvragen en vergelijk de antwoorden in een klassengesprek (15 min.).
- Huiswerk. Laat de leerlingen als huiswerk voor de volgende les de vertalingen van de Griekse fragmenten leren. Dit als voorbereiding op de tweede les van de serie bij het vak scheikunde.

*Opmerking*

Deze les kan worden aangevuld met een les bij Latijn. Zie hiervoor de toelichting bij de extra les Latijn hieronder.

## Les 2: modelleren (scheikunde)

*Doen voor de les:*

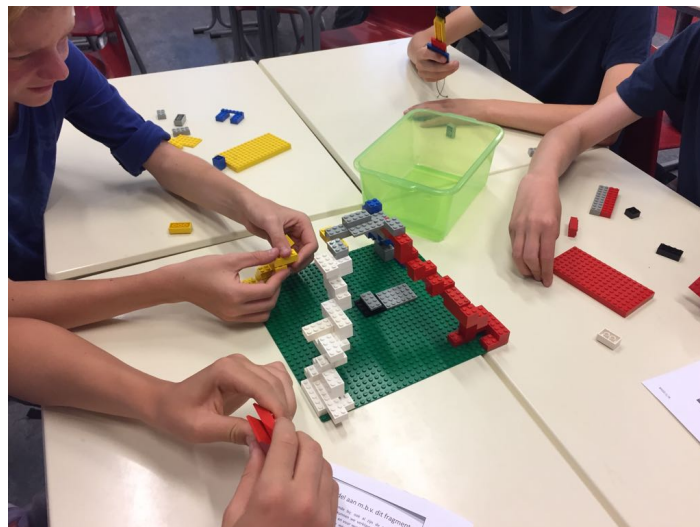
- Schaf materiaal aan om mee te modelleren. Lego en klei werken erg goed.
- Print het stencil met de teksten van Empedokles en Lucretius en knip het doormidden, zodat de teksten apart van elkaar uitgedeeld kunnen worden.

*Indeling van de les*

- Terugblik op de fragmenten van Empedokles die vertaald zijn in de les Grieks en eventueel de teksten van Lucretius als die vertaald zijn bij Latijn (5 min.). Dit zijn de vertalingen uit de klassikale bespreking aan het einde van de lessen Grieks en Latijn.
- Modelleren in groepen: deel de vertaling van de tekst van Empedokles uit en geef de leerlingen de opdracht om een model te maken met Lego of klei op basis van het tekstfragment (10 min). Het is hierbij belangrijk dat de leerlingen alleen de informatie uit de tekst gebruiken en hun moderne kennis over atomen 'uitschakelen',
- Klassikale bespreking van de gemaakte modellen. Besteed ook aandacht aan het feit dat dezelfde 'dataset' tot verschillende modellen kan leiden (10 min).
- Modelleren in groepen: deel de vertaling van het fragment van Lucretius uit en geef de leerlingen de opdracht om hun model aan te passen aan de nieuwe informatie (10 min). Ook hier is het belangrijk dat de leerlingen alleen de informatie uit de tekst gebruiken en hun moderne kennis over atomen 'uitschakelen',
- Klassikale bespreking van de gemaakte aanpassingen (5 min).
- Als er tijd over is kan de docent wat achtergrondinformatie over Empedokles en Lucretius geven, als dit niet bij de lessen Griek en/of Latijn aan behandeld is.

*Opmerking*

Het heeft meerwaarde als ook de docent klassieke talen bij deze les aanwezig is.



*Een model: vier elementen (kleuren) gaan samen een verbinding aan*

### Les 3: de ontwikkeling van het atoommodel (scheikunde)

*Doen voor de les:*

- Print de opdracht over de ontwikkeling van het atoommodel.

*Indeling van de les*

- Terugblik op de vorige les en inleiding opdracht over de ontwikkeling. Besteed ook aandacht aan het feit dat ons huidige atoommodel het resultaat is van eeuwenlange ontwikkeling (5-10 min).
- Opdracht over de ontwikkeling van het atoommodel uitwerken in groepen (10 min).
- Klassikale bespreking van de opdracht over de ontwikkeling van het atoommodel (10-15 min). Hierbij is het ook interessant om te bespreken welke cultuurhistorische aspecten de ontwikkeling van het model hebben beïnvloed. De opdracht is grafisch zo weergegeven dat duidelijk zichtbaar wordt dat in sommige tijdvakken veel ontwikkeling van het model heeft plaatsgevonden en in andere tijdvakken niet of nauwelijks. Het is interessant om met de leerlingen te bespreken waarom dat zou kunnen zijn.

*Deze filmpjes zijn geschikt om de in deze les te gebruiken:*

[Crash Course Chemistry History of Atomic Theory](#)

[TED-ED: The 2,400-year search for the atom](#)

- Sluit de les af met een klassengesprek waarin je de meerwaarde van deze vakoverstijgende lessenserie duidelijk maakt.

*Opmerkingen*

Het zoeken naar verschillen en overeenkomsten kan bijdragen tot een beter begrip van zowel het moderne atoommodel als het klassieke atomisme. Het kan bijvoorbeeld leerzaam zijn om de vraag te stellen in hoeverre de 'krachten' Liefde en Haat van Empedokles te vergelijken zijn met de elektrische krachten die op moleculaire schaal aantrekking en afstoting veroorzaken. Die vraag kan bovendien voor de scheikundige een uitgangspunt zijn om dieper in te gaan op de aard van chemische bindingen; voor een classicus kan de vraag een begin zijn van de verdere bespreking van de begrippen Liefde en Haat in de rest van de fragmenten. Bijvoorbeeld: is Liefde een goddelijk of natuurlijk principe?

## Opdracht ontwikkeling atoommodel, uitwerking voor de docent

### 1. *Anaximenes (546-526)*

De hele wereld is omgeven door lucht en als lucht wordt samengeperst, ontstaat water. Lucht is het fundamentele element van de materie.

### 2. *Aristoteles (384-322)*

Alle materie op aarde bestaat uit de vier elementen, vuur, water, lucht en aarde. De aarde is omgeven door het vijfde element ether, de substantie waaruit de hemel en hemellichamen zijn gemaakt.

### 3. *Boyle (1627-1691; 1661)*

De drie fases van materie kan verklaard worden met de beweeglijkheid van de deeltjes. Stoffen kunnen ingedeeld worden in samengestelde en enkelvoudige stoffen. Enkelvoudige stoffen kunnen niet worden afgebroken tot eenvoudigere structuren

### 4. *Chadwick (1891-1974; 1932)*

Atoomkernen bevatten naast protonen ook ongeladen deeltjes, neutronen, met dezelfde massa als protonen.

### 5. *Dalton (1766-1844; 1803)*

Enkelvoudige stoffen bestaan uit onveranderlijke atomen. Atomen kunnen niet gemaakt of vernietigd worden. Iedere atoomsoort heeft een kenmerkende massa.

### 6. *Democritus (460-380)*

In een ijle ruimte zijn minuscule ondeelbare deeltjes voortdurend in beweging. Deze deeltjes, atomen, verschillen qua vorm, omvang, gewicht en temperatuur.

### 7. *Empedocles (492-432)*

Alle materie bestaat uit aarde, water, lucht en vuur, waarbij ieder element zo nu en dan de overhand heeft in de cyclus die materie doorloopt. Door liefde komen de elementen bij elkaar en door haat kunnen ze uit elkaar gedreven worden.

### 8. *Heraclitus (540-480)*

De universele basis van de materie kan geen tastbare stof zijn. Essentieel aan de wereld is de voortdurende verandering. Het grondpatroon van de kosmos is dus gemaakt uit vuur, een verschijnsel dat zichzelf voortdurend verandert en toch vuur blijft.

### 9. *Lavoisier (1743-1794; 1774)*

Bij chemische reacties gaat geen massa verloren. Elementen zijn stoffen die niet ontleed kunnen worden. Elementen kunnen scheikundige verbindingen vormen.



10. **Leucippus (470-410)**

Alle materie bestaat uit minuscule, ondeelbare deeltjes, de atomen.

11. **Lucretius (99-55)**

Het universum bestaat uit materiedeeltjes en uit leegte. Materiedeeltjes zijn massief; het sterk of hard zijn van materialen kan verklaard worden door materiedeeltjes die dicht op elkaar zitten. In zachte materialen is leegte vermengd met de materiedeeltjes.

12. **Rutherford (1871-1937; 1911)**

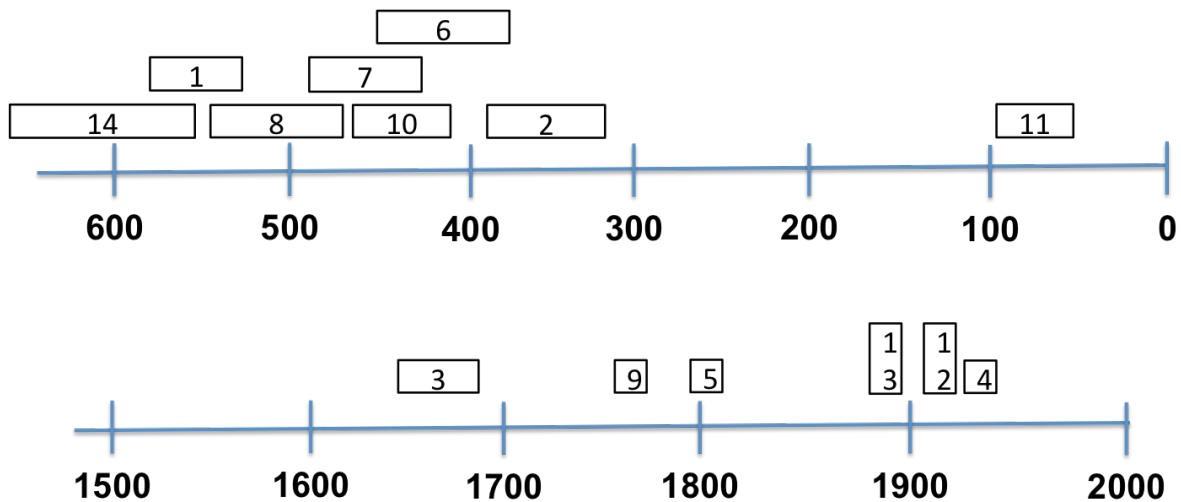
Een atoom is voornamelijk lege ruimte met daarin een massieve kern met protonen. Om de kern cirkelen elektronen.

13. **Thompson (1856-1940; 1897)**

Atomen bevatten negatief geladen onderdelen (elektronen). Omdat atomen neutraal zijn, bevatten zij ook positieve delen. De elektronen zitten in een positieve substantie, als krenten in een oliebol.

14. **Thales van Milete (624-545)**

Alles komt voort uit water, want rivieren verzanden, modder slaat neer uit plassen en bronnen ontspringen uit de aarde.



## Extra les: de fragmenten van Lucretius (Latijn)

### *Doen voor de les:*

- Bereid een inleiding voor over het leven en werk van Lucretius. Het doel van de inleiding is vooral om de nieuwsgierigheid van de leerlingen te wekken.
- Gebruik als bron voor de inleiding bijvoorbeeld Piet Schrijvers' *De natuur van de dingen*, de Stanford Encyclopedia of Philosophy (<https://plato.stanford.edu>) of de secundaire bronnen die vermeld staan op de Wikipedia-pagina van Lucretius.
- Print het stencil *Nalatenschap van de Romeinse filosofie* voor leerlingen van de klas. Laat het laatste blad met werkvertalingen weg.

### *Indeling van de les*

- Inleiding over het leven en het werk van Lucretius door de docent. Lees aan het eind met de klas de inleiding op de fragmenten die op het stencil staat (10 min.).
- Vertalen in groepen: fragment 1. De leerlingen vertalen in kleine groepen het eerste fragment van het stencil. Ze noteren de vertaling en maken de bijbehorende begripsvragen (15 min.). De docent stuurt waar nodig.
- Vertalen in groepen: fragment 2. De leerlingen vertalen in kleine groepen het tweede fragment van het stencil (10 min.).
- Klassikale bespreking van de vertalingen. Laat evt. de werkvertalingen zien op een smartboard. Vraag de leerlingen om hun antwoorden op de begripsvragen en vergelijk de antwoorden in een klassengesprek (15 min.).
- Huiswerk. Laat de leerlingen als huiswerk voor de volgende les de vertalingen van de Latijnse fragmenten leren. Dit als voorbereiding op de tweede les van de serie bij het vak scheikunde.