



# De aard van natuurwetenschappen

Woudschoten Chemie conferentie 2022

MARIJN VAN NIJHUIS & REMCO VASTERINK

HOGESCHOOL UTRECHT

# Even voorstellen

- ▶ Marijn van Nijhuis: lerarenopleider Natuurkunde Hogeschool Utrecht en onderzoeker bij lectoraat Curriculumvraagstukken Funderend Onderwijs
- ▶ Remco Vasterink: lerarenopleider Scheikunde Hogeschool Utrecht

# Andere jaren..

Chemie en Ethiek door de tijden heen: goed of fout?

2018

De noodzaak om morele dilemma's in het scheikunde onderwijs te bespreken

REMCO VASTERINK

The need to address ethical considerations in chemistry education  
Remco Vasterink  
HvU Utrecht University of Applied Sciences, Institute Archimedes, Utrecht, The Netherlands  
remco.vasterink@hu.nl

**Introduction**  
During my own chemistry education, little attention was spent on the ethical and moral dilemmas one faces in chemical research and in the production of chemicals and pharmaceuticals. During my career as a chemical engineer, researcher, and lecturer, I face these ethical issues regularly. For example: is it morally acceptable for me to do an engineering project for a company producing homeopathic products? I would probably have been better prepared in answering these questions if scientific ethics had figured more prominently during my university education.

What role do chemists and those who teach chemistry play during their career, aside from performing research and sharing their knowledge on the subject? One could argue that they should also be aware of the ethical implications of chemistry.

In this paper, I will first explain the importance of ethics in science and science education, followed by some examples of how ethics is usually incorporated in chemistry education. Finally, I will address the remaining urgent needs and unanswered questions.

**The importance of ethics in science and science education**  
Professionals in chemical research and industry often face issues and choices that may

2019

Aandacht voor geschiedenis in de scheikundeles

REMCO VASTERINK



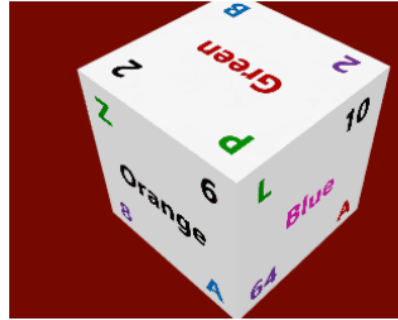
2021



Entree card

# Cursus Horizonverbreding (5EC, 140sbu)

- Big History (verbreding, vakintegratie)
- Wetenschapsfilosofie (Wetenschappelijke methode en hoe weten we wat we weten?)
- Historische ontwikkelingen natuurkunde en scheikunde (Hoe heeft dat geleid tot de kennis die we nu hebben?)
- Heden, toekomst en ethiek (Wat kunnen we verwachten en hoe gaan we hier mee om? Wat zijn de morele dilemma's van dit moment?)



Inquiry cubes

Wat is de "aard van  
natuurwetenschappen"?

---

# Wat heeft dit met wetenschap te maken?

- ▶ We nemen aan dat het andere vlakje bij het patroon past - de natuur is een puzzel die we nog niet hebben opgelost;
- ▶ 'Trial and error' is essentieel voor de wetenschap;
- ▶ Voor nieuwe informatie kan het nodig zijn dat de oude theorie wordt gewijzigd of dat er afstand van gedaan wordt;
- ▶ Onze huidige informatie is mogelijk onvolledig en daarom zijn onze theorieën onjuist;
- ▶ Soms hebben we geluk en vinden we het juiste antwoord;
- ▶ Samenwerking kan nuttig zijn;
- ▶ Zodra we bij het antwoord zijn aangekomen, is het volkomen logisch en elegant.



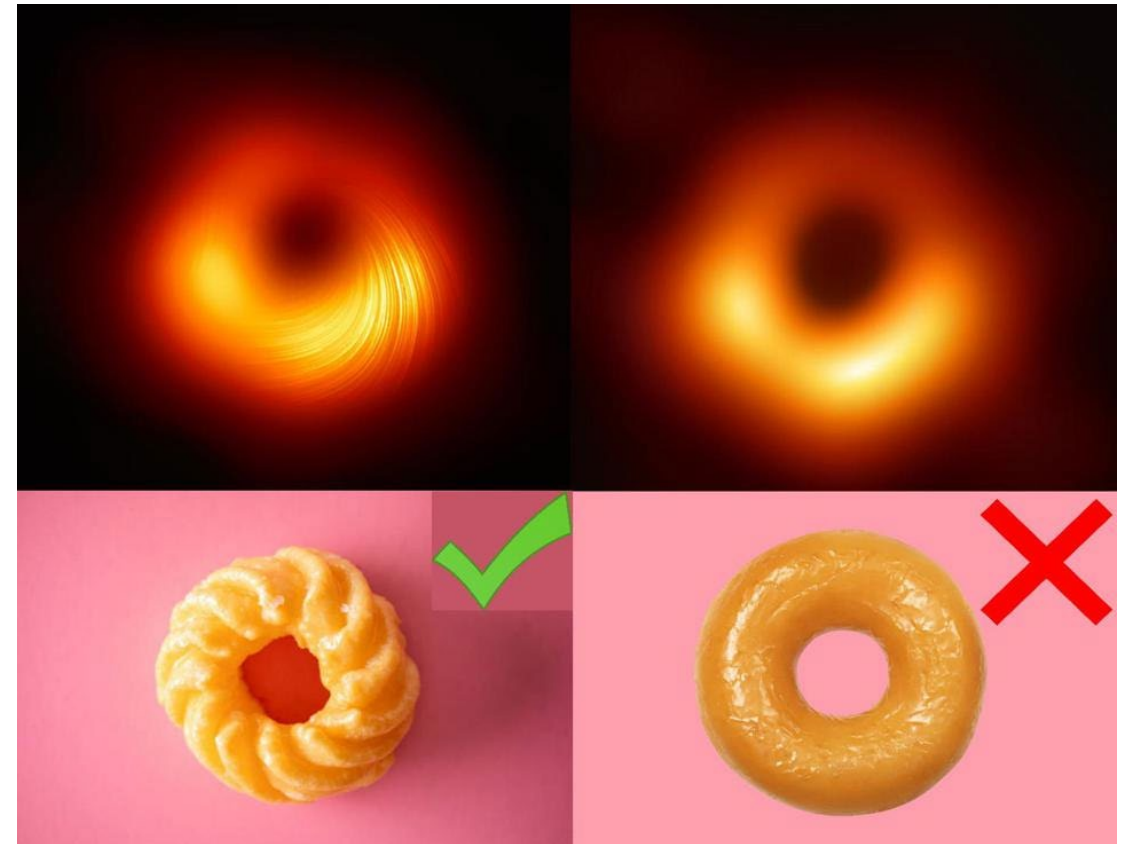
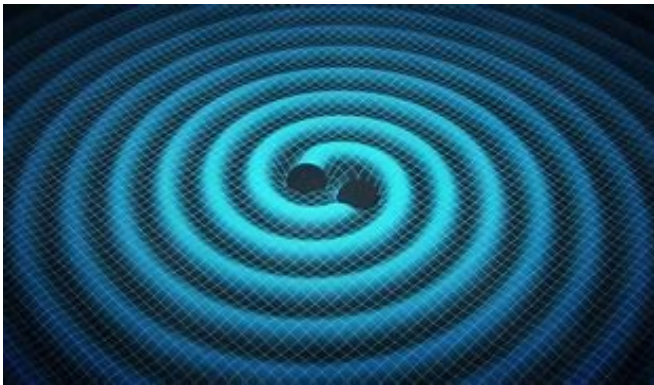
# Nature of Science

*The phrase “nature of science” typically refers to the epistemology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to the development of scientific knowledge (Lederman, 1992, 2007).*

- ▶ Wetenschappelijke kennis kan veranderen (voorlopig karakter)
- ▶ Natuurlijke fenomenen doorgronden (hypothesen, modellen, patronen, verklaringen)
- ▶ Er bestaat geen universeel stappenplan om aan wetenschap te doen
- ▶ Observatie vs interpretatie
- ▶ Creativiteit en verbeeldingskracht spelen een cruciale rol
- ▶ Wetenschap is niet puur objectief (toeval, subjectieve voorkeuren) *“Science is a human endeavor”*
- ▶ Historische en culturele context hebben invloed
- ▶ Samenwerking (leergemeenschappen, peerreview, collegiale toetsing)
- ▶ Voortdurend vragen stellen is noodzakelijk voor het ontwikkelen van kennis

# Dutch Black Hole Consortium

- ▶ NWA
- ▶ Onderzoekstage
- ▶ Moderne natuurkunde
- ▶ Leren over natuurwetenschap



- 
- ▶ Nu hebben we een beeld wat de Nature of Science is.
  - ▶ Historische duiding is nu op z'n plaats, waar komt het vandaan, dachten we altijd al zo?

# Wetenschappelijke revolutie

Maar naast nieuwe ideeën hebben we ook openheid en verspreiding van deze ideeën nodig.

Het bedrijven van (natuur)wetenschappen is ook dat er vrij gedacht en gediscussieerd moet kunnen worden.



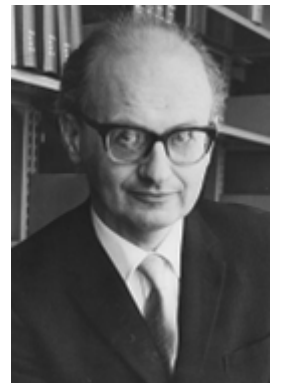
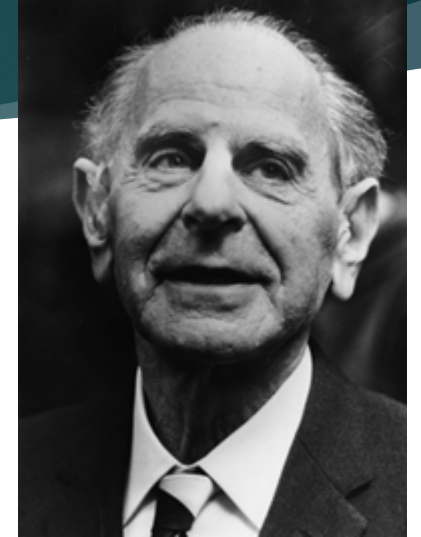
# Verlichting

- ▶ Filosofische stroming in de 18<sup>de</sup> eeuw (Voltaire, Rousseau, Spinoza, Montesquieu..)
- ▶ Vooruitgangsgeloof : geloof in de rede en vooruitgang op het gebied van wetenschap, onderwijs, sociale hervorming en politiek
- ▶ Waarheid vinden met de "rede". Rede vs. Traditie.
- ▶ De autoriteit van de kerkelijke en wereldlijke autoriteiten (vaak hetzelfde?) werden openlijk in twijfel getrokken.
- ▶ De verlichtingsdenkers vroegen zich eigenlijk af wat er met de nieuwe wetenschappelijke kennis (wetenschappelijke revolutie, 17<sup>de</sup> eeuw) gedaan kon worden.
- ▶ Revoluties, b.v. Franse Revolutie van 1789.
- ▶ Reacties: Romantiek, Restauratie, Conservatisme.



# Wetenschapsfilosofie

- ▶ Logische positivisten/Wiener Kreis: inductie, verificatie
- ▶ Popper: deductieve uitspraken, hypothesen, falsificatie. Anomalie: hypothese verwerpen
- ▶ Kuhn: Paradigm shift: "normale wetenschap" vs. "wetenschappelijke revoluties". Pas bij veel anomalieën hypothese verwerpen.
- ▶ Lakatos: bij schijnbare falsificatie niet morrelen aan kerntheorie. Alleen als er dan ook nieuwe voorspellingen mogelijk zijn op basis van de gewijzigde theorie: progressieve en degeneratieve onderzoeksprogramma's.
- ▶ Postmodernisten: alles altijd in twijfel trekken, alles is subjectief en relatief



## POSTMODERNISM

All truth is relative.\*

\*(Except this statement.)

# Filosofie/Wetenschapsoriëntatie op school

- ▶ Realiseer je dat leerlingen die Filosofie op school hebben dit voorgaande geleerd hebben.
- ▶ Bij wie op school wordt Filosofie gegeven? Of Wetenschapsoriëntatie?

# Postmodernisten

EMBO  
reports

*science & society*  
science & society

## The postmodern assault on science

If all truths are equal, who cares what science has to say?

*Marcel Kuntz*

The scientific method has been the guiding principle for investigating natural phenomena, but postmodernist thought is starting to threaten the foundations of the scientific approach. The rational, scientific view of the world has been painstakingly built over millennia to guarantee

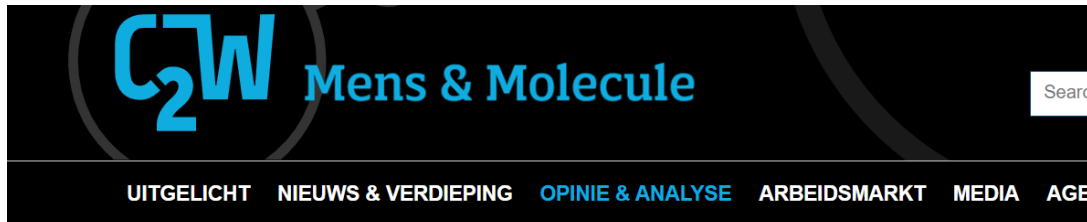
progress of acquiring scientific knowledge is not governed by any useful and universal methodological rules, and summarized this "epistemological anarchy" as "anything goes". The concept of paradigm shift proposed by Thomas Kuhn in his famous book, *The Structure of Scientific Revolutions*

are the result of social factors or conditions. Several deconstructionist thinkers, such as Bruno Latour and Ian Hacking, have rejected the idea that the concepts of science can be derived from a direct interaction with natural phenomena independently of the social environment in which

- ▶ "Anything goes"? Trump, Bolsonaro, Complotdenkers? "Alternative facts"? "wetenschap is ook maar een mening"
- ▶ Feilbaar zijn? Kennis in twijfel trekken?
- ▶ Wat weten we dan wel zeker (genoeg)?
- ▶ Wetenschapsfilosofie en kennisleer is onlosmakelijk verbonden met NoS



# Het is niet enkel academisch geneuzel...



OPINIE & ANALYSE

## Leve de paradigmashifts!



Erwin Boutsma | 1 februari 2022



In wetenschappelijk onderzoek is het laatste nieuws doorgaans het minst zeker van allemaal.

"Veelgehoorde, vaak verongelijkte reflex: de wetenschap zat ernaast! Maar nee, beste burger: we hebben nieuwe data op basis waarvan we onze heersende hypothese moesten bijstellen. Prachtig toch, hoe wetenschap werkt?"

"Weinig 'buitenstaanders' begrijpen dat een nieuw wetenschappelijk inzicht niet betekent dat het vorige beeld door prutswerk tot stand kwam."

# Voorbeelden

Vorig jaar schreef Daniël Linzel over een paradigmashift in de organische chemie: **een aanname over C-H-bindingslengtes, stammend uit 1931, bleek niet te kloppen**, ontdekte Matthias Bickelhaupt.

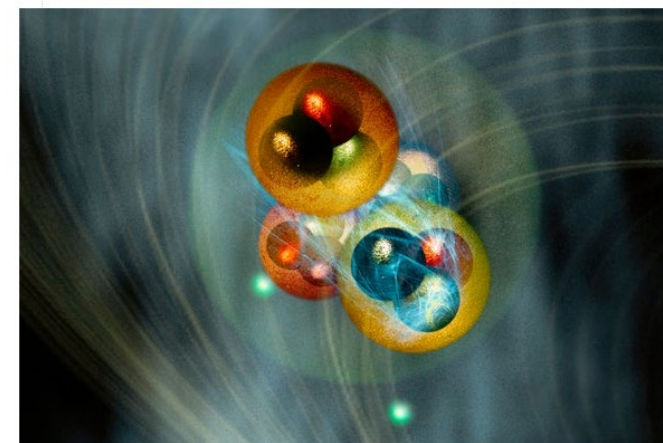
Afgelopen week las ik in Nature dat **mutaties in genen niet helemaal willekeurig zijn**, zoals genetici al minstens honderd jaar aannemen.....

En elders op onze website leest u dat de **organische moleculen in een marsmeteoriet toch niet van biologische oorsprong zijn**, zoals in 1996 geopperd. Een mislukking? Nee, dit is hoe wetenschap werkt...

## A Noble Gas Surprise: Helium Can Form Weird Compounds

A new idea explains recently discovered chemistry that seems to break the rules of high school textbooks everywhere

• By [Clara Moskowitz](#) on March 20, 2018



Clara Moskowitz

Bron: Scientific American

# Nature of Science

*The phrase “nature of science” typically refers to the epistemology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to the development of scientific knowledge (Lederman, 1992, 2007).*

- ▶ Wetenschappelijke kennis kan veranderen (voorlopig karakter)
- ▶ Natuurlijke fenomenen doorgronden (hypothesen, **modellen**, patronen, verklaringen)
- ▶ Er bestaat geen universeel stappenplan om aan wetenschap te doen
- ▶ Observatie vs interpretatie
- ▶ Creativiteit en verbeeldingskracht spelen een cruciale rol
- ▶ Wetenschap is niet puur objectief (toeval, subjectieve voorkeuren) *“Science is a human endeavor”*
- ▶ Historische en culturele context hebben invloed
- ▶ Samenwerking (leergemeenschappen, peerreview, collegiale toetsing)
- ▶ Voortdurend vragen stellen is noodzakelijk voor het ontwikkelen van kennis

# Modellen en modelgebruik

- ▶ <https://tinyurl.com/scheikunde-modellen>



Domein		Subdomein	
A	Vaardigheden		
B	Stoffen en materialen in de chemie	B1	Deeltjesmodellen
		B2	Eigenschappen en modellen
		B3	Bindingen en eigenschappen
		B4	Bindingen, structuren en eigenschappen
C	Chemische processen en behoudswetten	C1	Chemische processen
		C2	Chemisch rekenen
		C3	Behoudswetten en kringlopen
		C4	Reactiekinetiek
		C5	Chemisch evenwicht
		C6	Energieberekeningen
		C7	Classificatie van reacties
		C8	Technologische aspecten
		C9	Kwaliteit van energie
		C10	Activeringsenergie
D	Ontwikkelen van chemische kennis	D1	Chemische vakmethodes
		D2	Veiligheid
		D3	Chemische synthese
		D4	Moleculair modellering
E	Innovatie en chemisch onderzoek	E1	Chemisch onderzoek
		E2	Selectiviteit en specificiteit

		E3	Duurzaamheid
		E4	Nieuwe materialen
		E5	Onderzoek en ontwerp
F	Industriële (chemische) processen	F1	Industriële processen
		F2	Groene chemie
		F3	Energieomzettingen
		F4	Risico en veiligheid
		F5	Duurzame productieprocessen
G	Maatschappij, chemie en technologie	G1	Chemie van het leven
		G2	Milieueffectrapportage
		G3	Energie en industrie
		G4	Milieueisen
		G5	Bedrijfsprocessen

## Subdomein A7. Modelvorming

### Eindterm

De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

### Specificatie

De kandidaat kan:<sup>2</sup>

- 1 een natuurwetenschappelijk verschijnsel specificeren met als doel het te beschrijven, te verklaren of te voorspellen;
- 2 een natuurwetenschappelijk verschijnsel vereenvoudigen en de essentiële kenmerken ervan identificeren;
- 3 van een model de overeenkomsten en verschillen met de werkelijkheid benoemen met als doel de geschiktheid en het geldigheidsgebied van het model te bepalen;
- 4 van een model beoordelen in hoeverre het aansluit bij het doel waarvoor het ingezet wordt;
- 5 voor een model een geschikte fysieke, schematische of wiskundige weergave selecteren en waar nodig kwantificeren;
- 6 *een adequaat model opstellen of bijstellen;*
- 7 met een model eigenschappen van een natuurwetenschappelijk verschijnsel beschrijven, verklaren en/of voorspellen;
- 8 voorstellen doen voor de verbetering en/of uitbreiding van een model;
- 9 *het tot stand komen, de opbouw of het gebruik van een model presenteren.*

<sup>2</sup> - De oude specificaties zijn volledig vervangen door nieuwe. Een deel van de oude specificaties is terecht gekomen in subdomein A14.

- NB: het gaat hier om modelleren in brede zin. Numeriek modelleren wordt in specificatie A14.1 beschreven

# Syllabus

# Voorbeeld uit lesboek 1

- Concreet: wat kun je hiermee in de les?



15.5 Afhankelijk van de werkplek zijn diverse soorten bescherming aan te raden.

## Grenswaarde

Om de veiligheid bij het werken met stoffen te bevorderen, is voor veel stoffen een **grenswaarde** vastgesteld. De grenswaarde is de maximaal toegestane hoeveelheid van een stof in mg per m<sup>3</sup> lucht op de werkplek. Bij de vaststelling van deze waarde wordt als uitgangspunt gehanteerd dat – voor zover de huidige kennis reikt – de gezondheid van de werknemers én hun nageslacht niet wordt geschaad bij herhaalde blootstelling aan die concentratie gedurende een arbeidsleven. Sommige grenswaarden worden door de overheid vastgesteld, maar de meeste ontstaan in onderling overleg tussen werkgevers en werknemers (figuur 15.5 en 15.6).

Ondanks het hanteren van grenswaarden kunnen er toch gevaarlijke situaties ontstaan door:

- gebrek aan toxicologische informatie;
- verschil in gevoeligheid van een persoon voor de stof;
- langere werktijden;
- blootstelling aan een mengsel van stoffen: dit kan extra of juist minder schadelijk zijn;
- onjuist meten van de luchtconcentratie.

Bron: Chemie  
Overal 6VWO

# Voorbeeld uit lesboek 2

## 2.1 Periodiek systeem

- Experiment 2.1
- Experiment 2.2



2.1 Deze ring met protonen, neutronen en elektronen geeft het atoommodel van Rutherford weer.

### Atoommodel van Rutherford

De deeltjes die in CERN worden bestudeerd en ook de moleculen en atomen, de bouwstenen van stoffen, zijn veel te klein om te zien. Je bestudeert in CERN de deeltjes op **microniveau**. Alles wat je kunt waarnemen is het **macroniveau**. In de scheikunde wordt geprobeerd met behulp van het microniveau stoffeigenschappen op macroniveau te verklaren. Het weergegeven van het microniveau gebeurt vaak met modellen. Zo is de ring op 'macroniveau' in figuur 2.1 een voorstelling van een atoommodel op microniveau.

Het woord atoom is afgeleid van atomos, dat ondeelbaar betekent. Lange tijd is gedacht dat het atoom een massief ondeelbaar bolletje is. In 1911 voerde **Rutherford** experimenten uit waarbij hij een stroom heel kleine positief geladen deeltjes op een dun stukje goudfolie afschoot. Het grootste deel van deze deeltjes bleek dwars door het goudfolie te gaan zonder dat het folie veranderde, zie figuur 2.2a.

Uit de resultaten van deze experimenten concludeerde hij dat atomen geen massieve bolletjes kunnen zijn, maar dat ze bestaan uit nog kleinere deeltjes en een grote lege ruimte. Op grond van dit onderzoek formuleerde Rutherford een nieuw atoommodel dat de bouw van een atoom beschrijft als een positief geladen **atoomkern** met daaronder bewegende negatief geladen **elektronen**. Deze elektronen vormen samen een **elektronenwolk** rond de kern, zie figuur 2.2b.

Tussen de atoomkern en de elektronen in de elektronenwolk is lege ruimte, helemaal niets. Die lege ruimte is enorm groot in vergelijking met de ruimte die de atoomkern inneemt.

Uit later onderzoek bleek dat de atoomkern geen massief bolletje is, maar bestaat uit nog kleinere deeltjes, de **protonen** en de **neutronen**. Protonen zijn positief geladen en neutronen zijn neutraal. De atoomkern heeft door de protonen een positieve lading.

Bron: Chemie  
Overal 4VWO



# Voorbeeld uit lesboek 3

## Proef 3 Het rendement van een waxinelichtje bepalen 45 min

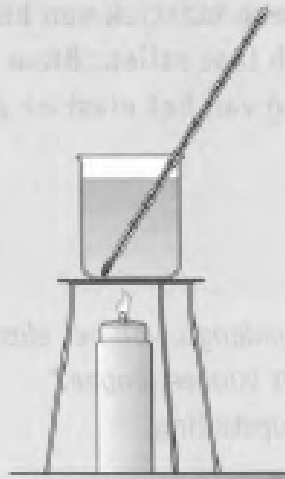
### Inleiding

Bij het verwarmen van een vloeistof met een verwarmingstoestel wordt niet alle warmte gebruikt om de temperatuur van de vloeistof te laten stijgen. Het percentage dat wel wordt gebruikt om de temperatuur van de vloeistof te laten stijgen, heet het rendement van het verwarmingstoestel.

### Doel

Je gaat het rendement bij het verwarmen met een waxinelichtje bepalen.

- Steek het waxinelichtje aan.
- Meet na zes minuten opnieuw de temperatuur van het water.
- Blaas het waxinelichtje voorzichtig uit.
- Bepaal opnieuw de massa van het waxinelichtje.



▲ figuur 20  
de opstelling voor proef 3

- 1 De brandstof waarvan het waxinelichtje gemaakt is, heeft een verbrandingswarmte van ongeveer 40 kJ/g. Bereken hoeveel warmte door het waxinelichtje geleverd is.
- 2 Zoek in het handboek de soortelijke warmte van water op. Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.
- 3 Bereken met je antwoorden op vraag 1 en 2 het rendement.
- 4 Vergelijk jouw rendement met het rendement van je medeleerlingen. Waarom heeft iedereen een andere waarde?
- 5 Op welke manieren zou je het rendement kunnen verbeteren?



Zelf zoeken in  
meegebracht lesboek

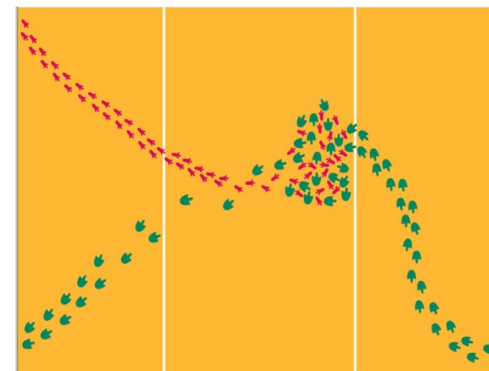
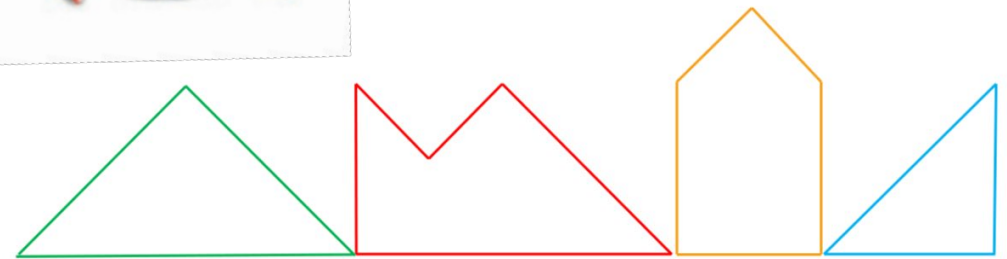
# Nature of Science

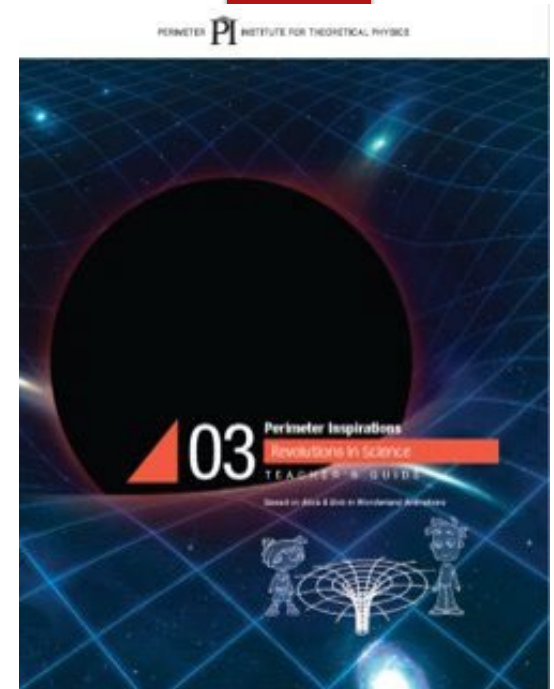
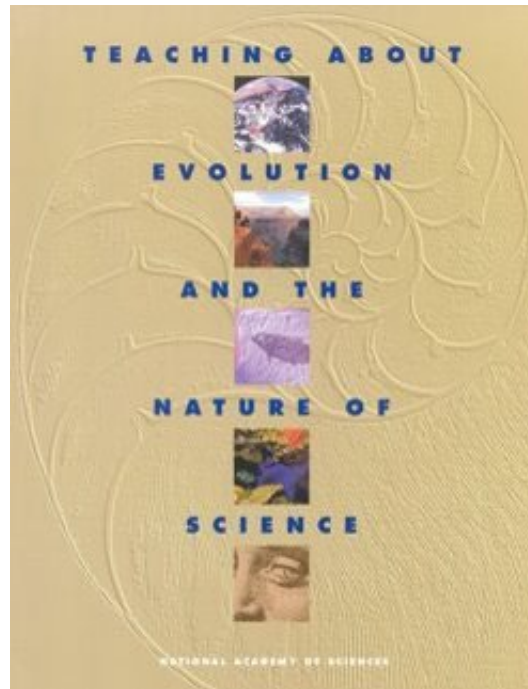
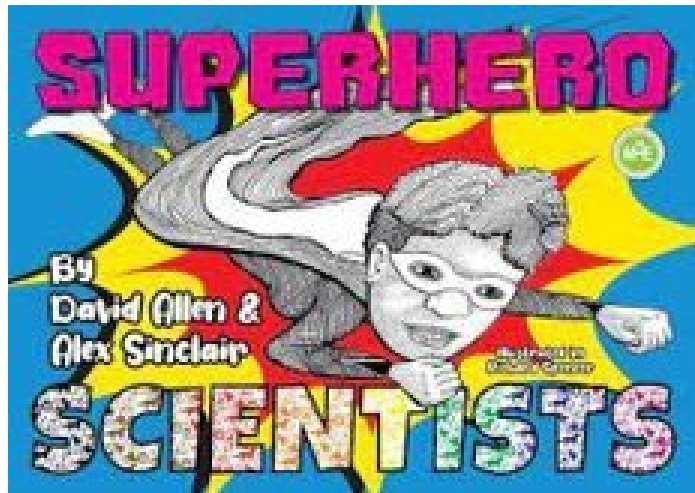
*The phrase “nature of science” typically refers to the epistemology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to the development of scientific knowledge (Lederman, 1992, 2007).*

- ▶ Wetenschappelijke kennis kan veranderen (voorlopig karakter)
- ▶ Natuurlijke fenomenen doorgronden (hypothesen, modellen, patronen, verklaringen)
- ▶ Er bestaat geen universeel stappenplan om aan wetenschap te doen
- ▶ Observatie vs interpretatie
- ▶ Creativiteit en verbeeldingskracht spelen een cruciale rol
- ▶ Wetenschap is niet puur objectief (toeval, subjectieve voorkeuren) *“Science is a human endeavor”*
- ▶ Historische en culturele context hebben invloed
- ▶ Samenwerking (leergemeenschappen, peerreview, collegiale toetsing)
- ▶ Voortdurend vragen stellen is noodzakelijk voor het ontwikkelen van kennis

# Bestaande werkvormen

- ▶ Inquiry cubes
- ▶ Mystery footsteps
- ▶ Puzzelstukjes
- ▶ Missing piece (periodiek systeem)
- ▶ Black box





<https://resources.perimeterinstitute.ca/>

Inspiratie

# Literatuursuggesties

- ▶ Handboek natuurkundedidactiek (2017)
- ▶ Souque (1987) Science education and textbook science
- ▶ Gaskell (1992) Authentic science and school science
- ▶ Bauer (1992) Scientific literacy and the myth of the scientific method
- ▶ Seok (2011) What teachers of science need to know about models – An overview
- ▶ Treagust (2010) Students' understanding of the role of scientific models in learning science
- ▶ Park (2019) When modern physics meets Nature of Science – The representation of Nature of Science in general relativity in new Korean physics textbooks

# Bedankt!

Weet je een leuk onderwerp voor volgend jaar dat met de beschouwende kant van het scheikundeonderwijs te maken heeft, laat het weten!

▶ [marijn.vannijhuis@hu.nl](mailto:marijn.vannijhuis@hu.nl)

▶ [remco.vasterink@hu.nl](mailto:remco.vasterink@hu.nl)



Exit card