

Wetenschappelijk leren denken in drie (of meer?) dimensies

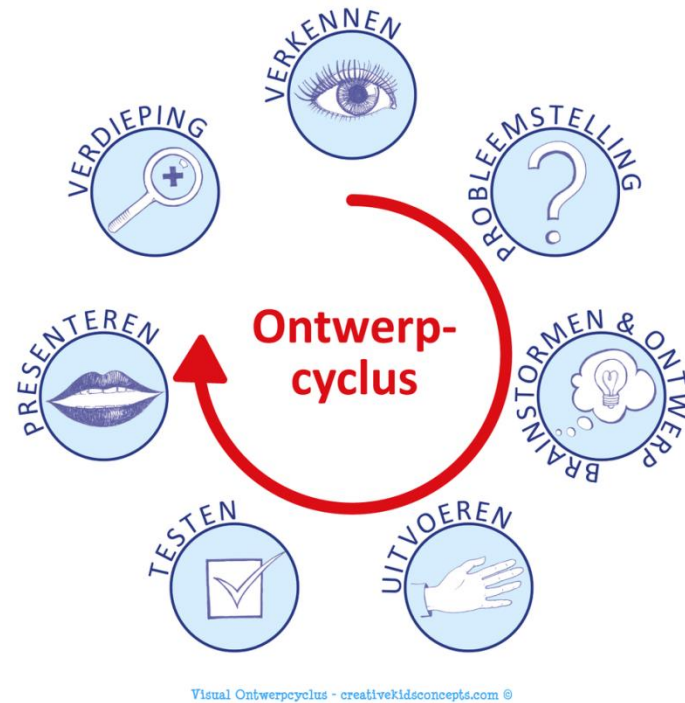
Harrie Eijkelhof
Freudenthal Instituut

WND conferentie 2017

Waarom belangrijk?

- Algemene vorming
 - Begrijpen van ontwikkelingen in de wetenschap
 - Oordeelsvorming over berichten
 - Belangstelling wekken
- Vervolgopleidingen
 - Oriëntatie op een vervolgstudie
 - Voorbereiding op een vervolgstudie

Centrale schema's



Huidige praktijk

- Sterke nadruk op vakinhoud
- Aandacht voor vaardigheden en procedures:
 - ‘De wetenschappelijke methode’
 - Literatuuronderzoek
 - Opzet van een experiment
 - Houden van interviews
 - Afnemen van een enquête
 - Maken van een ontwerp
 - Presenteren
- Restanten van ANW: reflectie op de aard en de implicaties van wetenschap

Drie internationale ontwikkelingen

1. PISA
2. Threshold concepts
3. Next generation science standards (US)

PISA Science Framework (2015)

<http://www.oecd.org/publications/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework-9789264281820-en.htm>

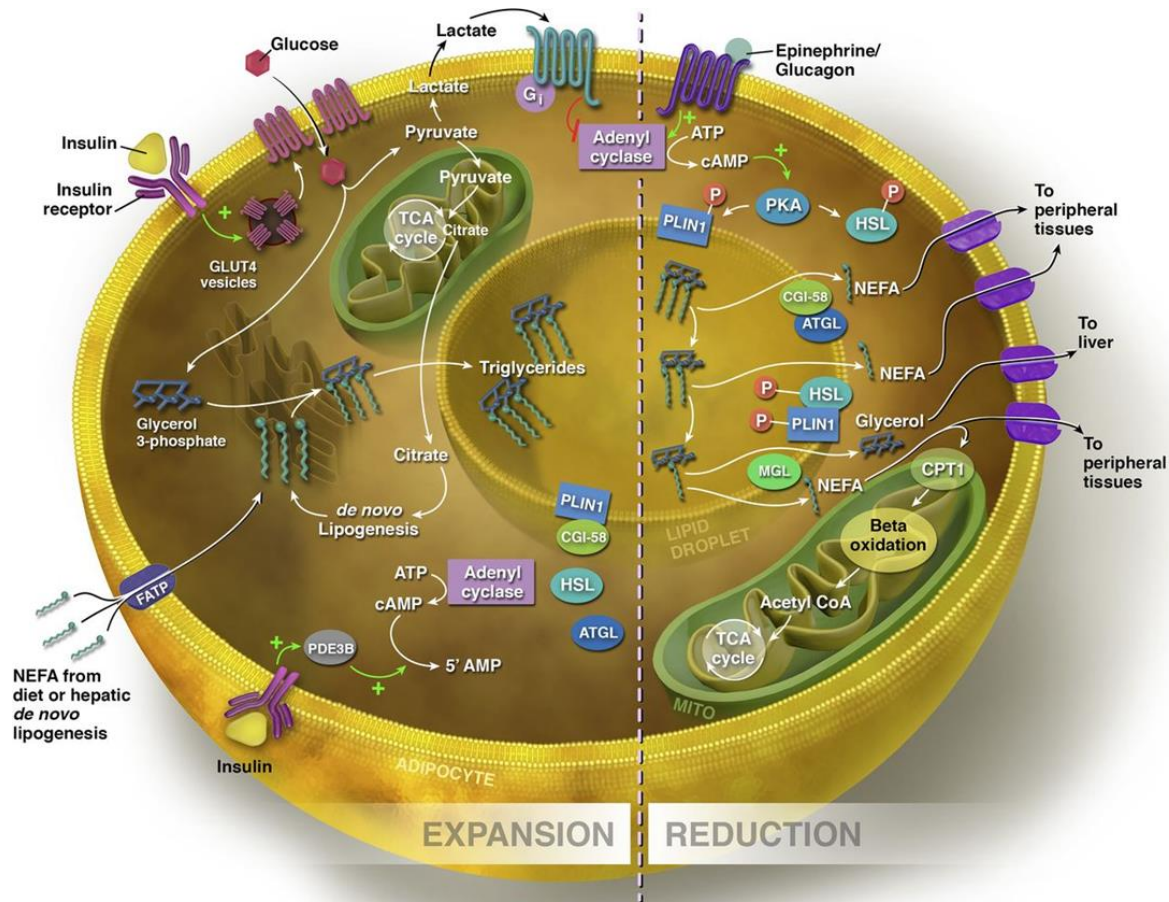
- Conceptuele kennis:
 - Wat is belangrijke vakkennis?
- Procedurele kennis:
 - Hoe werken wetenschappers?
- Epistemische kennis:
 - Waarom werken wetenschappers op hun manier?
- Contexten: persoonlijk – wereldwijd
- Attitudes

Threshold concepts

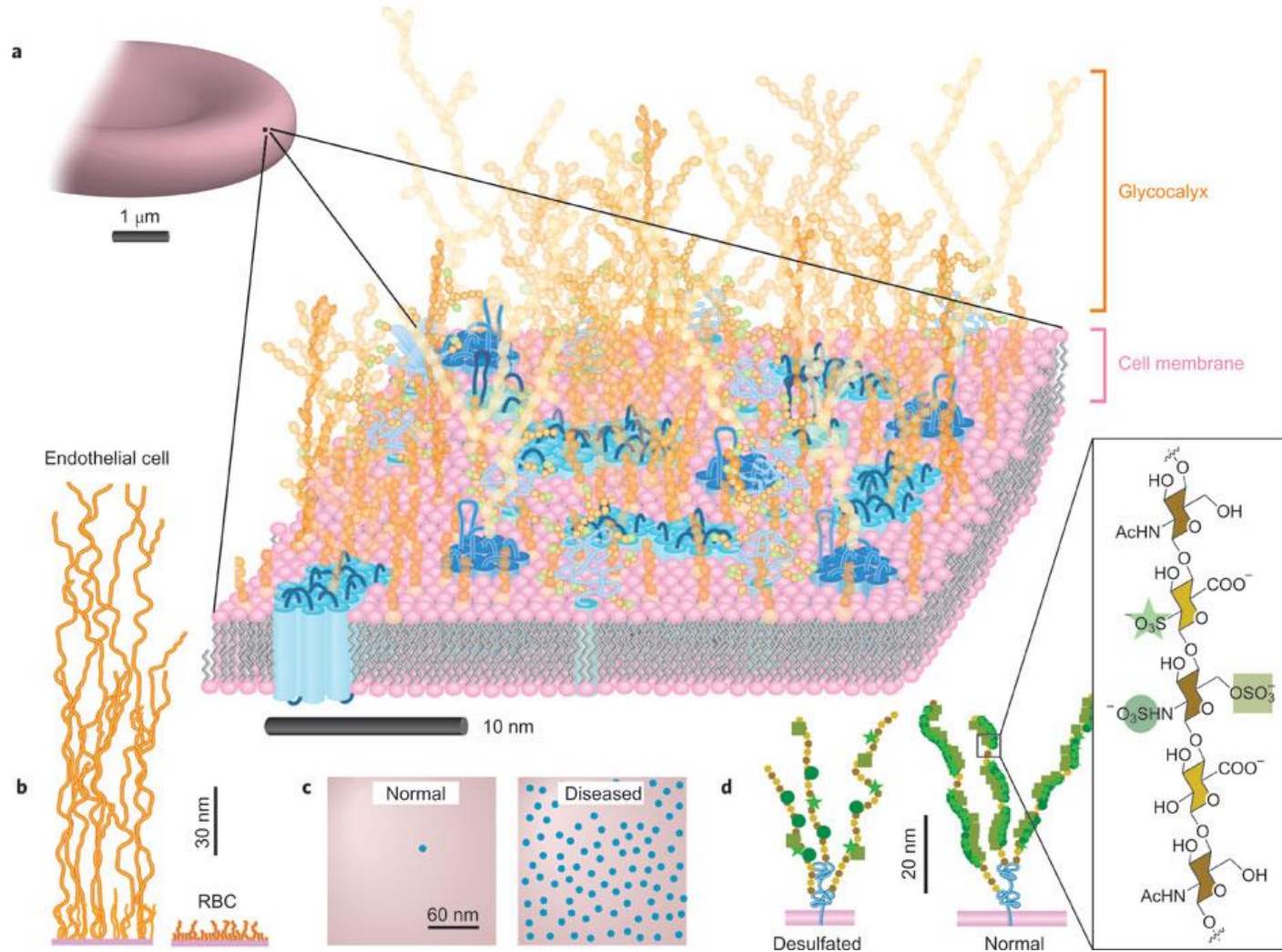
https://www.iop.org/activity/groups/subject/hed/calendar/info/file_55379.pdf

- **Transformatief:**
 - een andere kijk op verschijnselen
- **Integratief:**
 - nieuwe verbanden zien
- **Irreversibel:**
 - als je het eenmaal ziet vergeet je het niet
- **Lastig:**
 - vreemd, gaat in tegen je intuïtie, op het eerste gezicht absurd
- **Domeingebonden:**
 - zo kijken bijv. natuurkundigen naar de wereld

De cel volgens biologen

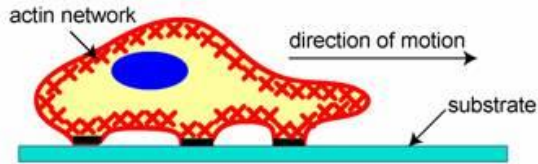


De cel volgens scheikundigen

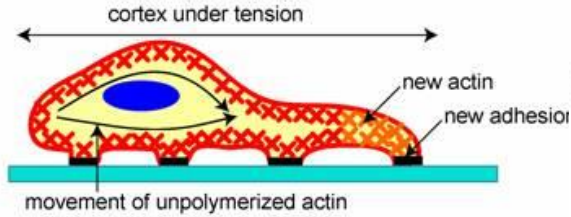


De cel volgens fysici

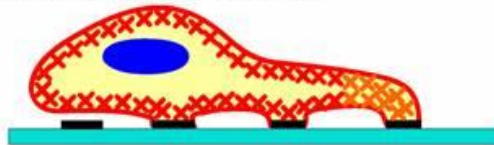
1) Protrusion of the Leading Edge



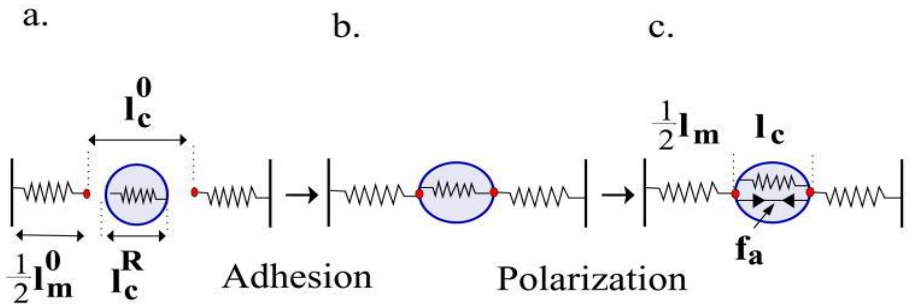
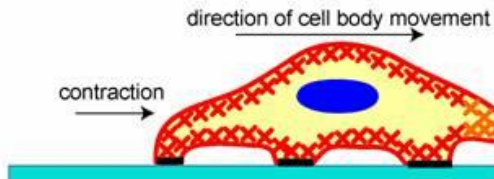
2) Adhesion at the Leading Edge



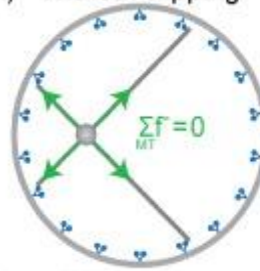
Deadhesion at the Trailing Edge



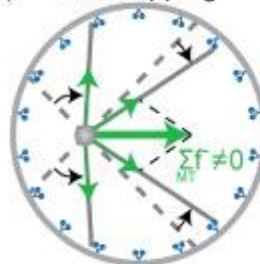
3) Movement of the Cell Body



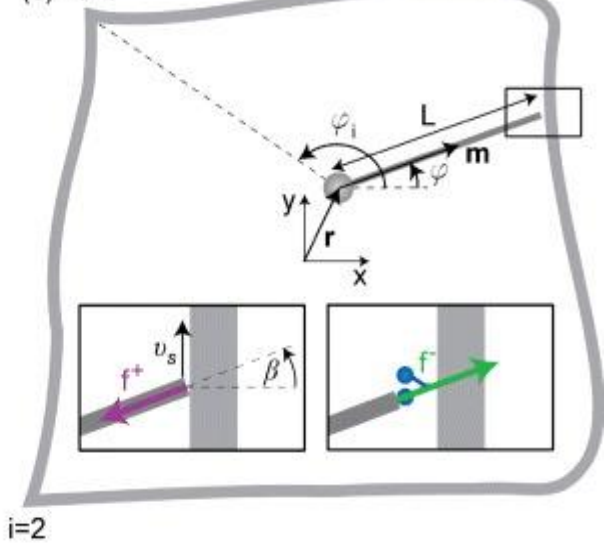
(a) Without slipping



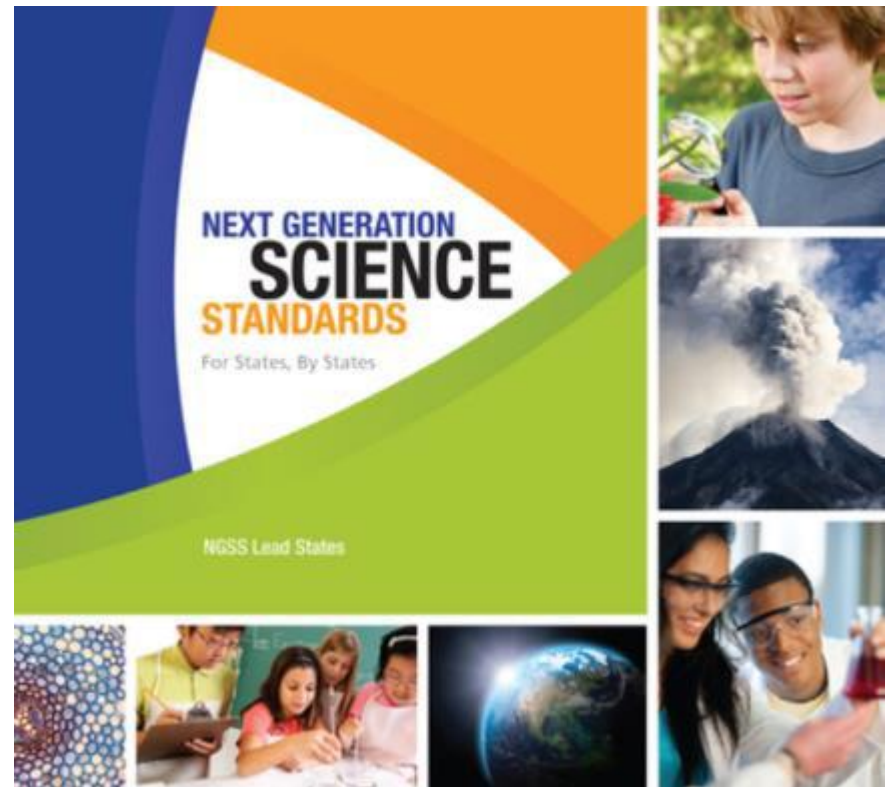
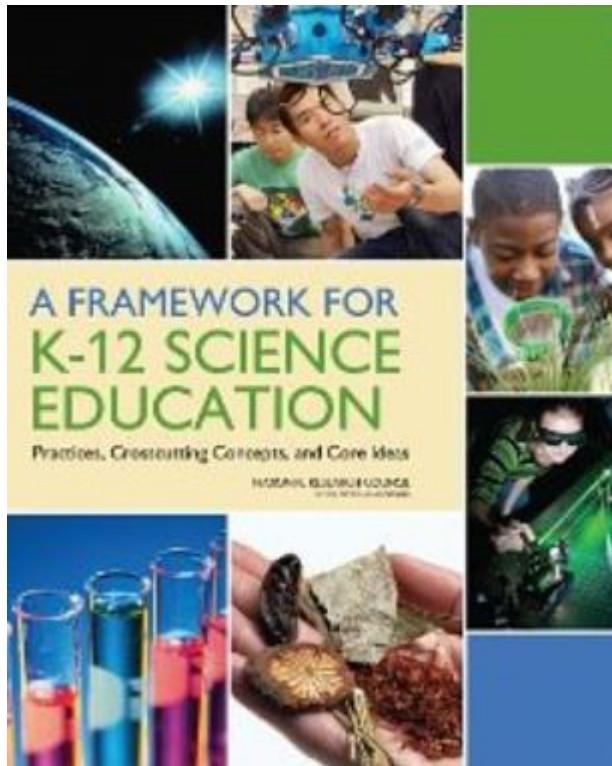
(b) With slipping



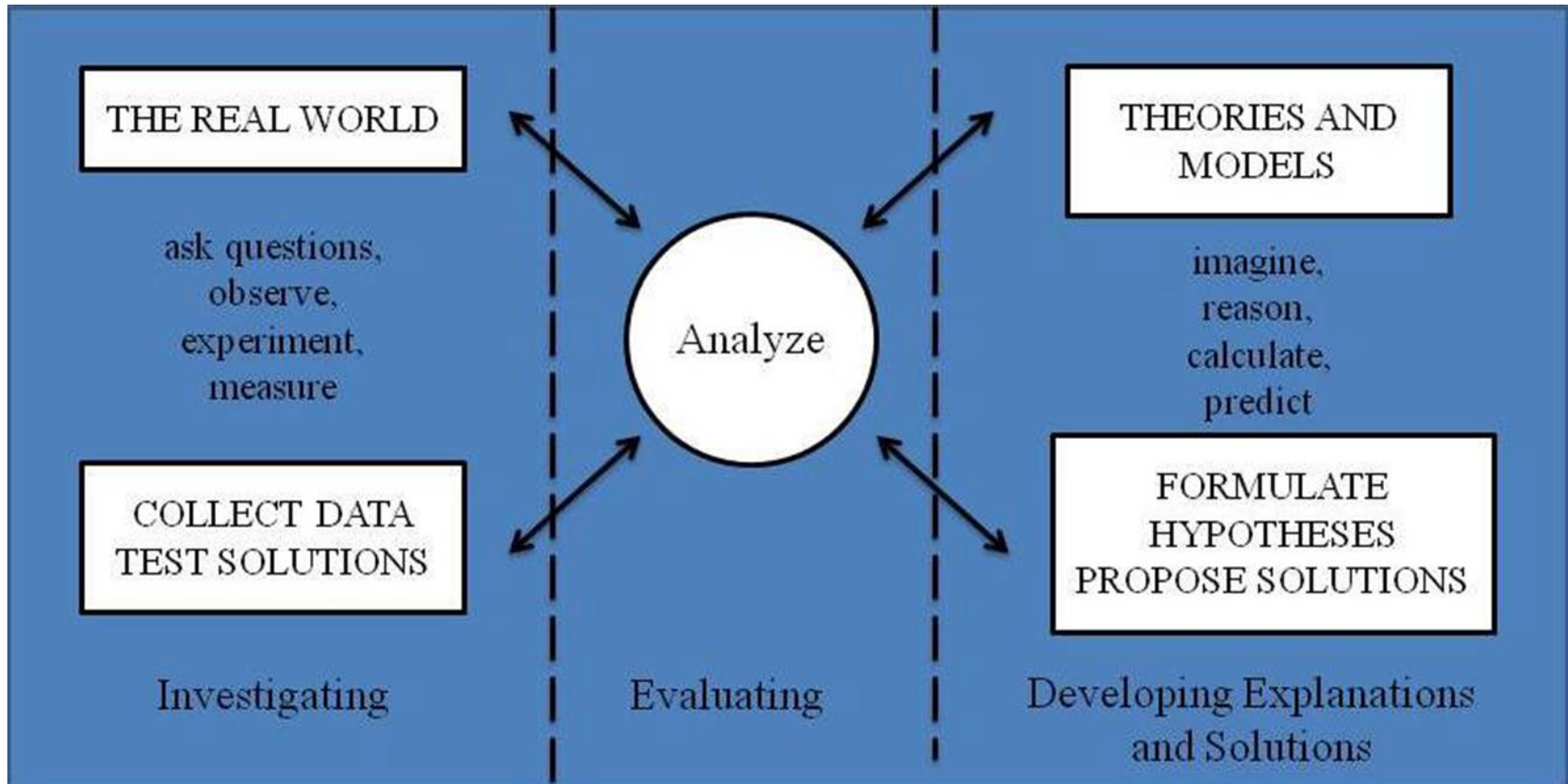
(c) $i=1$



Next Generation Science Standards



The three spheres of activity for scientists and engineers in A Framework for K-12 Science Education



Next Generation Science Standards

<http://www.nextgenscience.org/>

- Gebaseerd op het Framework K-12 Science Education (NRC 2012)
- Leeftijdsgroep 5 – 18 jaar
- Vervangen de standards van 1995
- Geaccepteerd in 18 staten en het Columbia District (35% van leerlingen):
 - Arkansas, California, Connecticut, Delaware, Hawaii, Illinois, Iowa, Kansas, Kentucky, Maryland, Michigan, Nevada, New Hampshire, New Jersey, Oregon, Rhode Island, Vermont, Washington

Threedimensional approach NGSS

- Focus on integration of:
 - disciplinary core ideas:
content
 - scientific and engineering practices:
how scientists and engineers work as well as
skills needed
 - crosscutting concepts:
how scientists and engineers think

Disciplinary core ideas

- Physical Sciences
- Life Sciences
- Earth and Space Sciences
- Engineering, Technology and Applications of Science

Science and engineering practices

- Asking questions (for science) and defining problems (for engineering)
- Developing and using models
- Planning and carrying out investigations
- Analyzing and interpreting data
- Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering)
- Engaging in argument from evidence
- Obtaining, evaluating and communicating information

Crosscutting concepts

- Patterns
- Cause and effect: mechanism and explanation
- Scale, proportion and quantity
- Systems and system models
- Energy and matter: flows, cycles and conservation
- Structure and function
- Stability and change

Example: *cause and effect*

- Various relations between cause and effect:



- Time order versus causal
- Correlational versus causal
- Role of mechanisms

<http://www.bozemanscience.com/ngs-cause-effect-mechanism-and-explanation>

Oorzaak en gevolg?

Op 29 november bestond Jet-Net, het Jongeren en Technologie Netwerk Nederland, vijftien jaar.

Scholen die aan het netwerk deelnemen presteerden beter ten opzichte van niet-aangesloten scholen als het gaat om het aantal havo en vwo leerlingen dat kiest voor een N-profiel.

Een duurzame samenwerking tussen scholen en bedrijven loont dus wel degelijk.

Kracht en beweging

- Leken: voor beweging is een kracht nodig
- Kepler: een voorwerp is in rust tenzij er een kracht op werkt
- Newton: een lichaam heeft een constante beweging, tenzij er een kracht op werkt

$$(a = F/m)$$

Bron: Kees Klaassen et al. (2008). Introducing mechanics by tapping core causal knowledge. *Physics Education*, 43, 4, 433-439.

Voorbeelden van Standards

Waves and electromagnetic radiation

grades 9-12

- Use mathematical representations to support a claim regarding relationships among the frequency, wavelength, and speed of waves traveling in various media.
- Evaluate the claims, evidence, and reasoning behind the idea that electromagnetic radiation can be described either by a wave model or a particle model, and that for some situations one model is more useful than the other.
- Evaluate the validity and reliability of claims in published materials of the effects that different frequencies of electromagnetic radiation have when absorbed by matter.

Nederlandse kennisbasis N&T onderbouw VO

- <http://natuurentechiek.slo.nl/kennisbasis-onderbouw>

Drie dimensies:

- Vakinhouden (nat/scheik/bio/techn/fys. geo)
- Werkwijzen
- Denkwijzen

Voorbeelden van leerdoelen

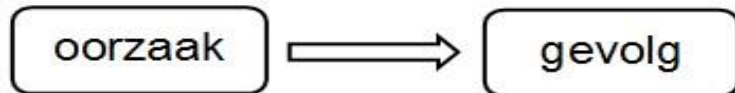
oorzaak en gevolg

- Onderscheid maken tussen oorzaak, verklaring en gevolg, en dat illustreren aan de hand van voorbeelden
- Een verschijnsel of patroon herkennen en beschrijven in termen van oorzaak en gevolg
- Een ketenredenering opzetten over oorzaak en gevolg
- Een macro- of microscopische verklaring geven voor een verschijnsel
- Meerdere oorzaken bedenken voor een verschijnsel
- Een gevolg voorspellen op basis van de verandering van een factor
- Onderscheid maken tussen een zeker, waarschijnlijk of onwaarschijnlijk gevolg
- Het begrip kans gebruiken om te voorspellen of een gevolg zal optreden
- Een gegeven verklaring kritisch beoordelen
- Illustreren dat twee verschijnselen die gezamenlijk optreden niet altijd een oorzakelijk verband hebben

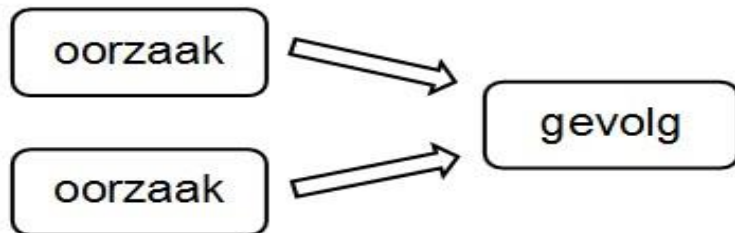
Voorbeelden van vragen over oorzaak en gevolg

- Wat heeft verschijnsel Y veroorzaakt?
- Is er sprake van een of meerdere oorzaken?
- Via welk mechanisme leidt oorzaak X tot gevolg Y? Hoe werkt dit?
- Is Y het gevolg van X of is er sprake van een correlatie?
- Is er wellicht een oorzaak Z voor zowel X als Y?
- Welke gevolgen kan X hebben? / wat zal er gebeuren als.....
- Zijn de gevolgen goed te voorspellen?
- Leidt een bepaalde oorzaak altijd tot hetzelfde gevolg?
- Heeft een bepaald gevolg altijd dezelfde oorzaak?
- Is er sprake van een direct gevolg of een verhoogde kans op een gevolg?
- Waardoor verloopt een bepaald proces wel of niet?
- Waardoor functioneert een ontwerp niet in de praktijk?
- Wat zou er gebeuren als het ontwerp op bepaalde punten wordt aangepast?

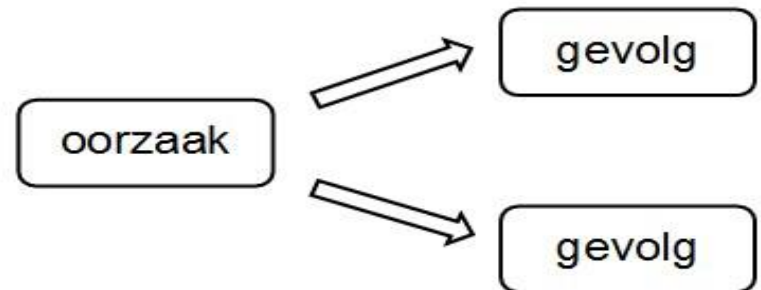
Schema's oorzaak en gevolg



een oorzaak leidt tot een gevolg



meerdere oorzaken leiden tot een verschijnsel



een oorzaak leidt tot meerdere gevolgen



Keten van oorzaken en gevolgen

Voorbeeldlesmateriaal natuurkunde

- Elektrische schakeling (vmbo)
- Sneeuwpop (vmbo)
- Stuiterbal (vmbo)
- Surfplank (havo/vwo)
- Autarkisch huis (havo/vwo)
- Schaalmodel zonnestelsel (havo/vwo)
- Elektrische huisinstallatie (havo/vwo)

Ter overweging

- Kennisbasis is geen voorschrift maar handreiking
- Aan de denkwijzen in de kennisbasis zijn toegevoegd:
 - duurzaamheid en risico's en veiligheid*
- Wat ontbreekt:
 - Doortrekken naar basisonderwijs en bovenbouw
 - Aanscherpen van vakinhouden
 - Reflectie op de aard van wetenschap: ANW-aspecten

Bronnen

- PISA Science Framework 2015:

<http://www.oecd.org/publications/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework-9789264281820-en.htm>

- Threshold concepts:

https://www.iop.org/activity/groups/subject/hed/calendar/info/file_55379.pdf

- A Framework for K-12 Science Education:
Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (2012)

http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165

- Next Generation Science Standards (2013): <http://www.nextgenscience.org/>
<https://www.nextgenscience.org/news/december-2017-ngss-now-newsletter>

- Tijdschriften: The Science Teacher en Science Scope

- NSTA international membership 39\$/jaar

<http://www.nsta.org/membership/international.aspx>

- Kennisbasis NW & T onderbouw VO (2014)

<http://natuurentechiek.slo.nl/kennisbasis-onderbouw>