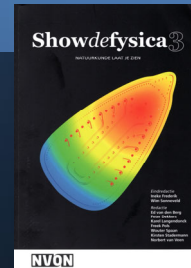
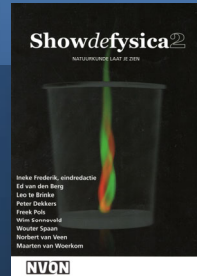
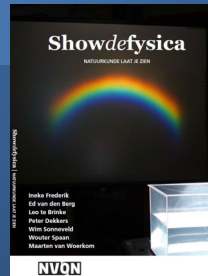


## Demonstreren en Visualiseren met (Bijna) Niks

WND 2025 **Zie de extra info onder de slides**



Ed van den Berg, voorheen VU/HvA/Twente

Freek Pols, TU Delft

Demonstraties en Visualisaties met Niks zijn als “strooigoed” gebruikt in ShowdeFysica 1, 2, en 3..

De eerste auteur werkte in het verleden o.a. bij lerarenopleidingen in Indonesië, Filipijnen, VU, UvA, en HvA en na pensioen nog 5 jaar bij Utwente. De tweede auteur is hoofd van het natuurkunde practicum van TU Delft na 10 jaar als docent natuurkunde in het middelbaar onderwijs.

Waarschuwing

- Goed gevoel na enthousiaste demo kan verraderlijk zijn.
- Altijd leerresultaten checken met een snelle formatieve vraag

Een demonstratie kan prachtig verlopen met enthousiaste reactie van leerlingen. Toch kan het zijn dat zijn dat een deel van de leerlingen de resultaten anders interpreteren vanuit hun eigen misconcepties. Daarom altijd begrip controleren met snelle formatieve vragen. Zie Ed's SLO boekje over formatieve toetsing en snelle feedback.

## Programma

1. OPDRACHT 1: Warming-up: diverse objecten
2. Uitwisselen van ideeën van opdracht 1
3. Faraday en de kaars
4. Beetje demonstratiedidactiek
5. Voorbeelden
6. OPDRACHT 2: Ideeën bedenken/uitwerken
7. Uitwisselen resultaten van opdracht 2
8. (als er nog tijd is) People demo's/rollenspelen
9. Toelichting op website

Dit was ons programma

## OPDRACHT 1: Brainstorm

Opdracht in random ingedeelde groepjes van drie:

- Bedenk zoveel mogelijk demo's of visualisaties met de gegeven voorwerpen eventueel aangevuld met dingen uit je broekzak of tas.
- Zet deze via een schets of sleutelwoord op de posters.

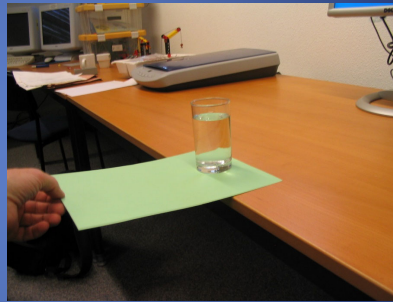
De opdracht werd uitgevoerd op Magic Chart posters aan de muur. Groepjes werden random samengesteld. Doen we altijd, dan zijn ze meer taakgericht dan bij zelf gekozen groepjes. Bovendien leert elke leerling effectief te werken met elke andere leerling, een belangrijk pedagogisch doel.

## Glas water

- Water niveau
- Water neemt vorm aan van vat
- Waterdruk
- Traagheid
- Water als lens
- Oppervlaktespanning
- Voortstuwing paperclip

Zo maar wat resultaten. Zie ook Ed's GIREP publicatie 30 demonstrations with a glass of water.

## Voorbeelden glas water



Links: giet wat water over een zakdoek, het gaat er dwars doorheen. Dek dan een  $\frac{3}{4}$  vol glas water af met de zakdoek, keer het glas om, er komt een klein beetje water uit, de rest blijft erin (foto). Rechts: traagheid, trek papier en glas langzaam naar links, dan bij de rand een plotselinge ruk, het glas blijft staan. Het verzet zich niet tegen een constante snelheid, maar wel tegen versnelling: traagheid.

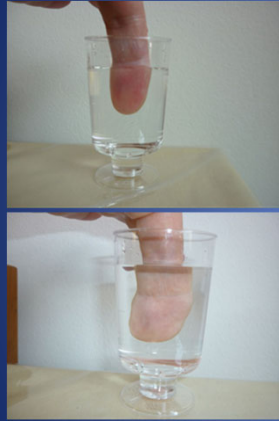
## Glas water als lens

---



Door lucht: kleine pijltjes naar rechts, gezien door de water lens: grote pijlen naar links.

## Optica: “didactisch plan”



- Zwijgend, alleen maar laten zien, (geen inleiding)
- Rondlopen
- Verwondering (?)
- Korte, minimale verklaring
- **Of** stralengang uit laten werken door leerlingen
- Uitbreiden: glas met grotere en kleinere diameter

Bij deze demo is een uitleg: het glas met water is een lens vaak genoeg. Maar je kunt leerlingen natuurlijk de taak geven om de gang van de lichtstralen te reconstrueren en daarmee te laten zien hoe vergroting kan optreden.

## Convex, concave



Links water niveau onder de rand, holle waterspiegel, ping-pong bal gaat naar de rand.  
Rechts: water tot over de rand, op zich al een mooie illustratie van chesie van water. De ping-pong bal gaat naar het midden. Rara hoe kan dat?

Voortstuwing paperclip op water

## Boek

- Gewicht
- Krachtmoment, gewicht op uitgestrekte arm
- Vergelijk vallen met  $\frac{1}{2}$  A4
- Wrijving
- Wrijving vergroten met om-en-om

Een boek heeft gewicht, op een uitgestrekte arm voelt het zwaarder, krachtmoment. Een deelnemer had dit met een blinde leerling gedaan en gevraagd hoeveel boeken liggen er nu op de uitgestrekte arm? De blinde leerling dacht dat er boeken waren toegevoegd. Dat maakte grote indruk op de andere niet-blinde leerlingen. Je kunt valproeven doen, vergelijken met vellen A4, etc.

## Anker-bruggen boek op tafel

“didactisch plan”:

1. Leerlingen tekenen krachten op boek en labelen  $F_{\text{van ..... op boek}}$
2. Boeken op uitgestrekte hand, teken de krachten, Is er een kracht naar boven?
3. Boek aan veerunster of op indrukbare veer.
4. Boek op schuimrubber, welke kracht(en)?
5. Boek op tafel, waar komt normaalkracht vandaan? Van vervorming oppervlak, evt aantonen met laser.

Er zijn aardig wat leerlingen die in een krachten diagram van alle krachten op een boek op de tafel maar een kracht tekenen,  $F_z$ . Ook zij die twee krachten tekenen (ook normaalkracht) hebben vaak geen idee wat die normaalkracht veroorzaakt. Minstrell (The Physics Teacher, 1982) kwam tot een anker-bruggen model. Het anker is een situatie waar leerlingen zich direct realiseren dat er twee krachten zijn, bv de situatie met een stappeltje boeken op de uitgestrekte hand. Dan construeer je conceptuele bruggen naar de situatie van boek op tafel. Bv boek op een veer, die wordt samengedrukt en boek op schuimrubber, wordt ingedrukt alsof het allemaal kleine veertjes zijn. Dan de sprong naar de tafel situatie, Het boek veroorzaakt een minimale vervorming van het tafel oppervlak en dat duwt terug: normaalkracht.

## Ballon



- Luchtdruk experimenten
- Visualisatie uitdijing heelal in 2 dimensies
- Geluid, frequentie
- Raketvoortstuwing
- Statische elektriciteit

Zout en peper scheiden met elektrostatisch geladen ballon (na wrijven met textiel).

## Faraday Christmas Lectures

Serie kerstlezingen met demo's. In 1860 zes lezingen over de kaars met een zeer leesbaar boekje.

- *“there is no better, there is no more open door by which you can enter into the study of science than by considering the physical phenomena of a candle”.*
- *“there is not a law under which any part of the universe is governed which does not come into play, and is touched upon in the chemistry of a candle”.*

Faraday gaf elk jaar een serie kerstlezingen. In 1848, 1854 en 1860 gingen di over de kaars en gaf hij een serie van 6 lezingen vol met demonstraties. We hebben een artikel met 26 kaars demo's en er zijn er nog meer.

## Enkele Kaarsen Demo's Faraday

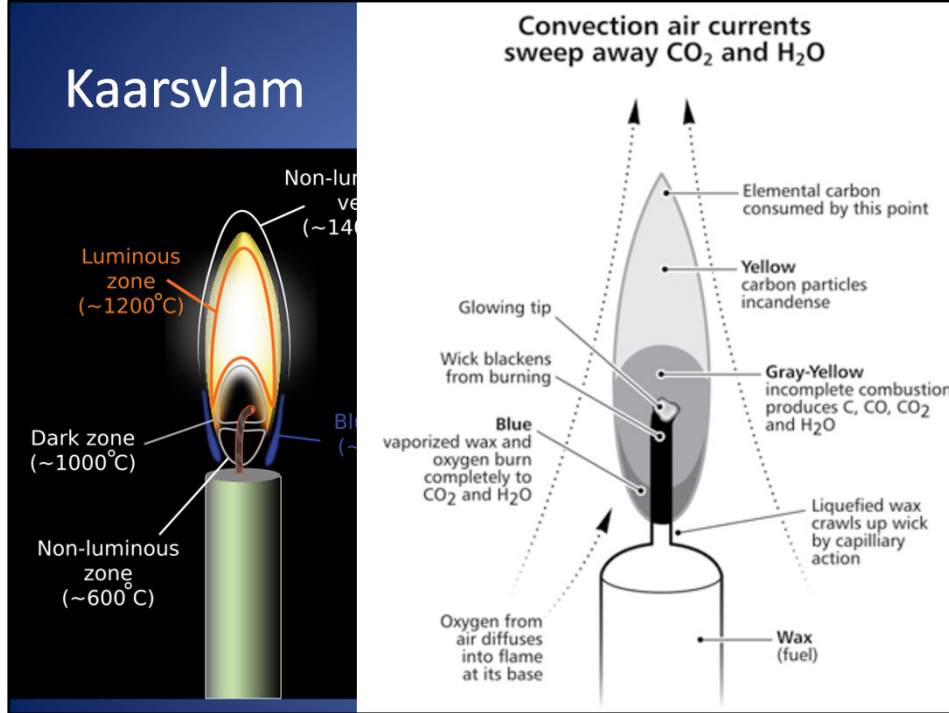
- Verkenning van de vlam
- Roet en positie in vlam
- Vlam naar beneden drukken
- Op afstand aansteken
- Kaars drijvend op water,
- Schaduw, convectie

Zie ook Hammack website (eind dia)

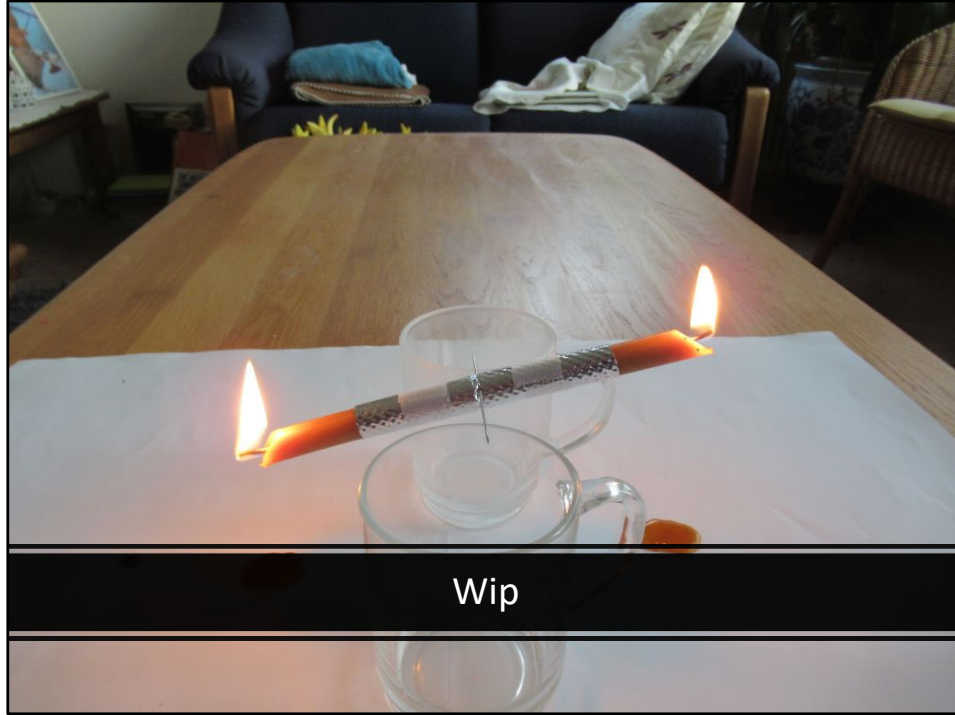
Ook artikel 26 proefjes met kaarsen (opvraagbaar).

Zie vooral de Hammack website, heel interessant, ook demo's op video zoals Faraday die misschien had gedaan.

# Kaarsvlam



Zie de plaatjes



De kaarsenwip. Doe de onderkanten van de kaarsen tegen elkaar aan, omwikkel die strak met aluminiumfolie. Een naald erdoorsteken net iets boven het zwaartepunt. Eventueel een kaars ietsje verschuiven in de koker van aluminiumfolie om de balans aan te passen. Dan aansteken en wippen maar.

## Uit 27 geboden voor natuurkunde docenten (Scheider, 1980)

1. Gij zult geen woorden onderwijzen, behalve als deze helpen mentale beelden te vormen waarin kennis en begrip wonen.

**Kennis wordt opgeslagen in beelden, niet in woorden.**

Scheider schreef dit naar analogie met de 10 geboden uit de bijbel. Hij schreef in bijbelse taal (Gij etc.). Dat het in natuurwetenschap om mentale beelden gaat, vond Einstein ook. Die zei van zichzelf dat hij dacht in beelden en dat de woorden pas kwamen als hij zijn ideeën naar anderen moest communiceren. Scheider's artikel verscheen in *The Physics Teacher*. Mijn vertaling is te vinden in een NVOX artikel: Berg, E. van den (2000). 27 Geboden voor docenten Natuurwetenschappen volgens Walt Scheider. *NVOX*, 25(9), 488-490.

## Geboden (Scheider)

7. Gij zult demonstraties en practica gebruiken om te helpen in de formatie van beelden en kristallisatie van kennis, en om de praktijk van waarnemen te stimuleren, maar NIET om te pretenderen dat ontdekking gebeurt in 50 minuten.

Het gaat dus om de vorming van “pictures in the mind”

## Geheugen elementen (White, 1989)

- Propositions (stellingen, uitspraken)  
Voorbeeld: hoe boller de lens, hoe kleiner  $f$
- Images (impressies van zintuigen, geur, geluid, beeld)  
Voorbeeld: het glas met de vinger
- Episodes (verhalen, video clips in the mind)  
Voorbeeld: straks

*Richard White (1988) Learning Science. London: Blackwell.* White was natuurkunde docent in Australië en promoveerde op “geheugen” bij de bekende leerpsycholoog Robert Gagne in de VS. Zij onderscheiden 7 verschillende geheugen elementen waarbij de bovenste drie belangrijk zijn in onderwijs exacte vakken. Propositions zijn stellingen, zeg maar zinnen uit leerboeken. Images staat voor impressies van de zintuigen, niet alleen visueel, maar geuren, voelen, en geluid. Episodes staat voor ervaringen, *videoclips in the mind*. In een practicum of demonstratie proberen we ervaringen te creëren die helpen bij begrip.



Zie NVOX artikel: Berg, E. van den (2012). Natuurwetenschap en techniek: heen-en-weer denken tussen begrippen en verschijnselen, redeneren met begrippen en met bewijsmateriaal. *NVOX*, 37(4), 176-177.

## Rol van demonstraties

1. Visualiseren
2. Illustreren ...zintuigimpressies in the mind
3. Episodes creëren ... video clips in the mind
4. Motiveren
5. Onderzoeken
6. Redeneren met bewijsmateriaal
7. Oefenen in **heen-en-weer denken** tussen begrippen en verschijnselen, tussen beelden en ervaringen en begrippen en representaties

Dit zijn de belangrijkste rollen van demonstraties maar er is meer te bedenken. Bewijzen staat er niet bij. Je kunt de "waarheid" van natuurkundige wetten niet bewijzen met 1 demonstratie. Je kunt iets wel enigszins geloofwaardig maken, maar de belangrijkste rol van demonstraties is begrippen te visualiseren en illustreren om ze begrijpelijk te maken en begrippen te koppelen aan verschijnselen.

Demonstraties  
met (bijna)  
Niks

Demonstreren met wat in een  
kaal lokaal beschikbaar is:

- Stoelen, tafels, bord, ramen,  
gordijnen, etc.
- Leerlingen
- Inhoud van broekzakken
- Inhoud van tassen

Dus eigenlijk ... heel veel!

Er is veel meer in een kaal lokaal dan je denkt.

## Demo van Paul Hewitt door Daday



Adem uit door wijd open  
mond



Blaas door kleine  
opening

De mijn vrouw Daday (ook natuurkunde docent) exhales through a wide open mouth (warm) and through a small opening (cold). Een gas dat expandeert door een klein gaatje, dat kost energie, het gas wordt kouder.

## Vallen, didactisch plan

1. Leerlingen voorspellen met reden welke eerste aankomt, grote steen of kleine steen, of gelijk
2. Stenen laten vallen, herhaal tot consensus
3. Predict-Explain-Observe-Explain
4. Steen en A4
5. Steen en A4 prop
6. Boek met  $\frac{1}{2}$  A4 erop
7. Boek met "dakje" A4



Plan: serie demo's, volgorde, vragen of opdrachtjes

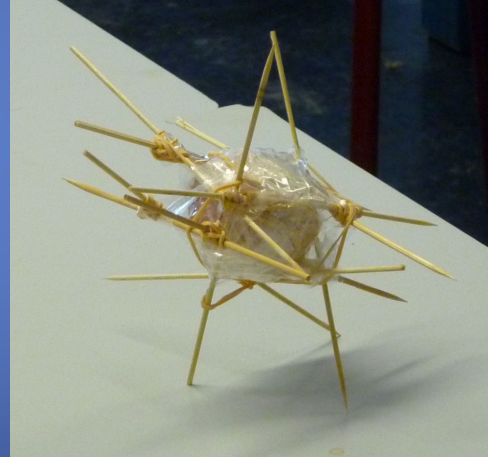
## De kracht van begrippen: vallend ei

Trial and error of  
basisbegrippen?

- Spreiden van kracht
- Toename remafstand "s"
  - $\Delta (\frac{1}{2} mv^2) = F \cdot s$

Of toename remtijd " $\Delta t$ ":

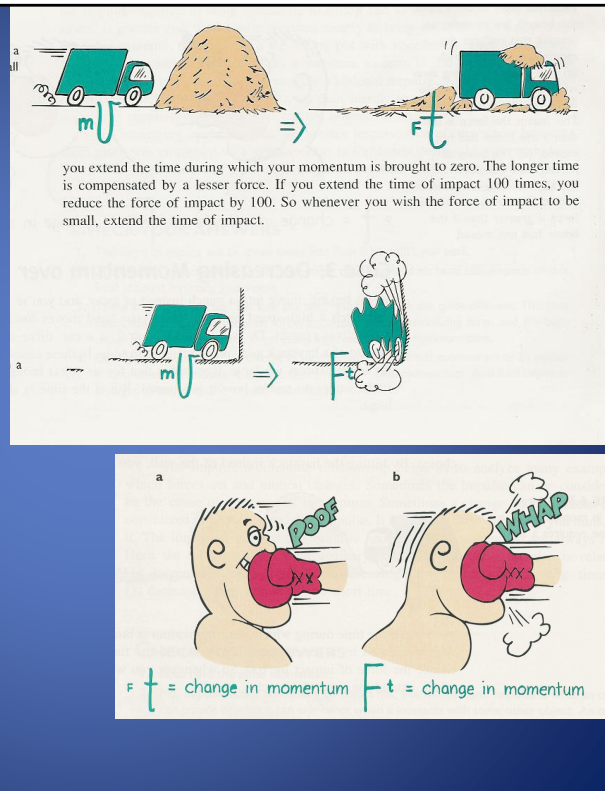
- $\Delta (mv) = F \cdot \Delta t$



Er zijn populaire wedstrijden met vallende eieren. Kinderen of leerlingen of volwassenen moeten een ei zo verpakken dat het niet zal breken als je het laat vallen. Soms gaat men zelfs een paar verdiepingen hoger om de uiteindelijke valproef te doen. Bij de verpakking zie je vooral trial-and-error constructies. Toepassing van de twee basisbegrippen: spreiding van krachten en verlenging van de remweg of remtijd resulteert in een veel beter ontwerp voor de wedstrijd met vallende eieren. Ook basisschool kinderen kunnen iets met die twee principes. Mijn manier is ze eerst trial and error te laten werken en dan op een gegeven moment de principes te introduceren.

# Generaliseren

- veiligheidsgordel
- Kreukelzone
- Helm
- Basketbal
- Voetbal
- Boksen



Allemaal voorbeelden van zaken die de principes van spreiden van kracht en verlengen van remweg gebruiken. De veiligheidsgordel is breed (spreiding) en beweegt nog mee terwijl de bumper al tegen de muur staat (verlenging remweg). Bij het vangen van de basketbal beweegt de arm achteruit (verlenging remweg). Bij het stoppen van een voetbal, is het been in de lucht en beweegt nog wat mee met de bal (verlenging remweg). Bij boksen worden de krachten gespreid door de handschoenen en als je een dreun dreigt te krijgen, beweeg je met het gezicht naar achteren (verlenging van remweg). Maar dat gezicht moet dan weer naar voren, en op dat moment sloeg Mohammed Ali toe voor optimaal effect.

## Eisen voor een demo

- Zichtbaarheid (of hoorbaarheid of andere zintuigen).
- Een duidelijk leerdoel.
- Rekening houden met typische leerling denkbeelden (misconcepties) en die productief gebruiken in het onderwijsleergesprek.
- Betrokkenheid, dus activerende didactiek zoals individueel voorspellen wat er gebeurt, of in tweetallen een verklaring zoeken, of een demo kiezen die ze zelf op de eigen tafel na kunnen doen.
- Details en hoofdzaken scheiden, of details simpel weglaten en pas na de hoofdboodschap bespreken voor de liefhebbers.
- Heen-en-weer denken tussen verschijnsel en begrippen

En bedenk dus welke images en episodes je wilt planten in de geheugens van leerlingen!

## OPDRACHT 2: demo uitwerken

- Kies zelf een broekzak demo en werk die uit
- Op de Magic Chart:
  - Schets opstelling (links op Chart)
  - Didactische notities (rechts) met:
    - Leerdoel en images/episodes
    - Didactisch stappenplan, volgorde, vragen
    - Noteer tips
    - Noteer sleutelbegrippen op Magic Chart

Deelnemers werkten hun deko's uit op de Magic Chart posters.

Uitwisselen van ideeën

## Als er tijd is

### Wat is er nog meer in het lokaal? Leerlingen!

- Natuurkunde van het lichaam, zelf voelen
  - bijvoorbeeld zwaartepunt demonstraties.
- Visualisaties met leerlingen: Rollenspelen, dat is heen-en-weer denken tussen representaties,
  - kinematica grafieken lopen,
  - Uitdijing van heelal,
  - bewegingen in zonnestelsel
  - Deeltjesmodel vast-vloeibaar-gas
  - Rollenspel stroom, spanning, weerstand, vermogen

Voor zwaartepuntdemo's zie: Berg, E. van den (2007). Zwaartepuntdemonstraties: een prettige combinatie van lach en begrip. Natuurkunde zichtbaar en voelbaar maken. NVOX, 32(2), 56-58. Ed heeft o.a. rollenspelen voor elektrische schakelingen, voor bewegingen in ons zonnestelsel, en voor kinematica.

## Visualisatie: Uitdijing van heelal

- Vier leerlingen op rij met 50 cm ertussen
- Verdubbel afstand tussen leerling 1 & 2.
- Wat gebeurt er tussen 2 & 3?
- Wat tussen 3& 4?
- Wat wordt nu afstand tussen 1 &4?
- Wat was de snelheid van 2?
- Wat was de snelheid van 3, en 4?
- Hubble:  $v = H \cdot d$

(Govert Schilling, Deining in de ruimtetijd, p167)

Denk ook aan de demo van 2-dimensionale uitdijing op het oppervlak van een ballon.

## Andere ideeën people demo's

- Zwaartepunt demo's
- Vast – vloeibaar – gas, en smelten, verdampen, condenseren, bevriezen
- Rollenspel: Aarde – zon, aarde – maan, planetenbanen, etc.
- Rollenspel: elektrische schakeling
- Breking van licht

Instructies: mail naar [edberg51@gmail.com](mailto:edberg51@gmail.com)

## Samenvatting

- Honderden mogelijkheden voor demonstraties en visualisaties met (bijna) niks.
- De demo's vereisen weinig voorbereiding
- Veel demo's kunnen in 2 of 3 minuten lestijd
- Demo's plaatsen "images" en "episodes" in het brein van leerlingen.
- Volop gelegenheid voor heen-en-weer denken
- Demo's helpen natuurkunde verbinden met het alledaagse.

## Website Broekzakdemo's


- <https://natuurkunde.github.io/Broekzakdemos/>
- Meer dan 200 demo's. Teksten, plaatjes, video's worden nog verbeterd. Correcties zijn welkom.

Hammack en Faraday (2016):

- <https://engineerguy.com/faraday/pdf/faraday-chemical-history-complete.pdf>
- <https://engineerguy.com/faraday/#video-series>

Contact: [edberg51@gmail.com](mailto:edberg51@gmail.com) en

- [C.f.j.pols@tudelft.nl](mailto:C.f.j.pols@tudelft.nl)



## Waarschu- wing

- Succesvolle demo's geven verraderlijk goed gevoel voor docent.
  - Gebruik snelle formatieve toetsing om te zien in hoeverre het doel is bereikt.
- 