

---

# Showdefysica

## Natuurkunde laat je zien

Ineke Frederik (eindredactie)  
Ed van den Berg  
Leo te Brinke  
Peter Dekkers  
Wim Sonneveld  
Wouter Spaan  
Maarten van Woerkom

**NVON** NEDERLANDSE VERENIGING  
VOOR HET ONDERWIJS IN DE  
NATUURWETENSCHAPPEN

**REEKS 12**

Utrecht, Nederland 2015

### Projectondersteuning en bureauredactie

Henny Kramers-Pals

### Ontwerp en vormgeving omslag en binnenwerk

Tim Jacobs, Identim, [www.identim.nl](http://www.identim.nl)

### Druk

FIZZ marketing + communicatie, [www.fizz.nl](http://www.fizz.nl)

### Foto omslag

Frank Schweickert

### ISBN/EAN

978-90-8797-011-6

### Bestelwijze

U kunt het boek bestellen via [ledenservice@nvon.nl](mailto:ledenservice@nvon.nl) onder vermelding van artikelnummer 59.

### NVON-secretariaat

[secretariaat@nvon.nl](mailto:secretariaat@nvon.nl)

© 2015 NVON

Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen, gekopieerd, gedigitaliseerd, elektronisch worden doorgegeven of op welke wijze dan ook vermenigvuldigd zonder schriftelijke toestemming van de NVON.

Uiteraard is in de artikelen veel zorg besteed aan de beschrijving van praktisch werk en ook aan de veiligheid daarbij. De NVON, de redactie en de auteurs aanvaarden echter geen aansprakelijkheid voor schade die eventueel is ontstaan bij het uitvoeren van dit praktisch werk.

---

## Inhoud

Foreword	Paul Hewitt	5
Voorwoord		6
Dit boek		7
Over demonstreren	Ineke Frederik en Ed van den Berg	9
Demonstraties: doe het goed	Ineke Frederik	13
P(E)OE: Predict-Explain, Observe-Explain	Ed van den Berg	16
<b>A Natuurwetenschappelijke vaardigheden</b>		
01 Opwaartse en neerwaartse kracht	Ed van den Berg	20
02 De druk in een zeepbel	Maarten van Woerkom	22
03 Waardoor stijgt het water?	Peter Dekkers	24
04 Eieren kleuren	Peter Dekkers	26
05 Mysterieus fonteintje	Peter Dekkers	30
06 Leren modelleren met vallende bakjes	Ed van den Berg	32
07 Rollende voorwerpen	Peter Dekkers	34
08 DNA en pennenvoertje	Wouter Spaan	36
<b>B Begripsontwikkeling</b>		
09 Expanderende lucht koelt af	Ed van den Berg	40
10 Warm & koud, zout&zoet, en oceanstromingen	Ed van den Berg, Liliane Bouma en Maria Antonia Jiminez Ruiz	42
11 Cappuccino en de condensatiewarmte van water	Jorn Boomsma, Frits Hidden, Anton Schins en Ed van den Berg	44
12 Archimedes: een gat in het water	Ed van den Berg en Jon Ogborn	48
13 De cartesische duiker	Leo te Brinke	50
14 Vloeistof en gas	Leo te Brinke	52
15 Grootte van een molecuul	Wim Sonneveld	54
16 Geluidsvlam	Wim Sonneveld	56
17 Blussen zonder water	Wim Sonneveld	58
18 Warmtecapaciteit	Wim Sonneveld	60
19 Warmtegeleiding	Wim Sonneveld	62
20 Optillen van een vlam	Wouter Spaan	64
21 Lucht is niet niks	Peter Dekkers	66
22 Zwaar en licht ijs	Leo te Brinke	68
23 Hoogspanning	Leo te Brinke	70
24 Kanon van Gauss	Ineke Frederik en Maarten van Woerkom	74
25 Rollende magneten	Ineke Frederik	76
26 Mysteries met magneten	Ineke Frederik	78
27 De Kerstboom	Leo te Brinke	80
28 Groot en klein, serie en parallel	Maarten van Woerkom	82
29 Gloeilamp uitblazen	Wouter Spaan	84
30 Elektromotortje	Loran de Vries en Ineke Frederik	86
31 Knak-230	Wim Sonneveld	88
32 Constante nettokracht veroorzaakt versnelde beweging!	Ed van den Berg	90
33 Lanceren van een tennisbal	Ed van den Berg	92
34 Schuivende lat	Maarten van Woerkom	94

35	Newton's cradle, vijf slingers	Maarten van Woerkom	96
36	Kantelend luciferdoosje	Maarten van Woerkom	98
37	Twee veren, serie of parallel?	Maarten van Woerkom	100
38	Vallende veer	Maarten van Woerkom	102
39	Stapelen	Maarten van Woerkom	104
40	Schommelen tot je een ons weegt	Peter Dekkers	106
41	Eerste wet van Newton	Peter Dekkers	108
42	Raadselachtig rollen op de rails	Peter Dekkers	110
43	De sterke paperclip	Wouter Spaan	112
44	Met glazen slingeren	Loran de Vries	114
45	Een instabiel moment?	Leo te Brinke	116
46	Eieren, helmen en veiligheidsgordels	Ed van den Berg	118
47	Simulatie van radioactief verval	Maarten van Woerkom	120
48	Planck met leds	Ineke Frederik en Wim Sonneveld	122
49	Zonnebeelden en beeldvorming	Ed van den Berg	124
50	Staande geluidsgolven	Leo te Brinke	126
51	AH HA: totale reflectie	Maarten van Woerkom	130
52	Schaduw van een vlam	Wouter Spaan	132
53	Marketing met natuurkunde	Wouter Spaan	134

### C Bijzondere gelegenheden

54	Spectaculair spectrum	Ed van den Berg en Frank Schweikert	138
55	Misthoorn	Ineke Frederik	140
56	Magische beeldvorming	Maarten van Woerkom	142
57	Spelen met dichtheid	Ed van den Berg en Niels Ran	144
58	Implosie	Ineke Frederik	146
59	Vallende kaars	Peter Dekkers	148
60	Ballen in de lucht houden	Wim Sonneveld	150
61	Luchtdruk en waterdruk	Ineke Frederik	152
62	Het drinkende eendje	Leo te Brinke	154
63	Toveren met slingers	Maarten van Woerkom	158
64	Onzichtbare gelbolletjes	Wouter Spaan	160
65	Ontstaan van de regenboog	Wouter Spaan	162
66	Onmogelijke driebalk en hollow face	Maarten van Woerkom	166

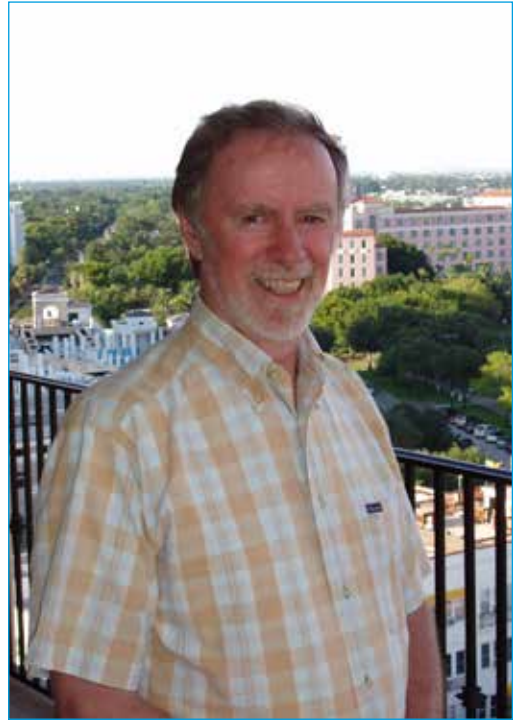
Broekzakdemo's (auteur: Ed van den Berg) zijn te vinden op de pagina's 47, 61, 63, 77, 129, 141, 147, 151, 157 en 159.

Begrippen in de demonstraties	170
Literatuur	172
Overzicht illustratoren en testers	174
Over de auteurs	176
Register	178
Over de NVON	182

---

## Foreword

Physics instruction is wonderfully amplified with classroom demonstrations, for the senses of both sight and hearing are employed. We remember best what we see, and with a good explanation, we learn the underlying physics. On the cover we see a spectrum, remindful of a rainbow, that appears when an aquarium filled with water is placed on an overhead projector. As any sloshing of the water comes to rest, the spectrum beautifully unfolds on the wall. And when followed by a clear explanation, beautiful physics. In learning about inertia, who hasn't been impressed by a tablecloth quickly whipped from beneath a fully-set dinner table, with plates and glasses nearly undisturbed. Physics alive! And why "nearly" undisturbed? A good explanation of the slight displacement of plates and glasses turns this demo into an unforgettable learning experience.



Showing demonstrations that complement lessons to be learned is fun for all. Preparing requires a bit of extra work, but the rewards are great. Occasional frustration when demos don't "work as they should" is overcome with experience. Over time we learn tips and tricks to make our demonstrations more effective and more exciting. Students are inspired both by the demonstrations and the visible enjoyment of their teachers. I wish you lots of enjoyment in using the demonstrations collected in this book.

Good Energy,

*PAUL G. HEWITT*

Paul G. Hewitt

---

## Voorwoord

Dit boek bevat ruim zeventig demonstraties geschikt voor het huidige natuurkundeonderwijs. Demonstraties die het vak natuurkunde extra aantrekkelijk maken. Demonstraties zowel voor onder- als voor bovenbouw. Voor een reguliere les gericht op verdieping van het natuurkundig begrip, maar ook voor speciale gelegenheden zoals een open dag of een feestelijke gelegenheid. Ze mogen iets spectaculairs hebben. Maar er **moet** aandacht worden besteed aan de didactiek: aan het leereffect van de demonstratie, aan het activeren van de leerlingen en aan het motiveren van de leerlingen!

De demonstraties kunnen soms worden uitgewerkt tot een leerlingenpracticum of tot een profielwerkstuk. Suggesties daarvoor vindt u op [www.nvon.nl/showdefysica](http://www.nvon.nl/showdefysica), uitwerkingen niet. In dit boek ligt het accent echt op demonstraties! Heel bekende, maar ook wat minder bekende en telkens gericht op optimaliseren van het leereffect.

## Magie

Een demonstratie moet magie hebben. Goochelaars gebruiken ook magie. Goochelaars zullen echter hun truc niet onthullen. Natuurkundedocenten daarentegen dagen hun leerlingen uit om de natuurkunde achter de demonstratie te vinden. Hun demonstratie hoort te passen in het leerproces van hun leerlingen.

Natuurkunde kent duizenden demonstraties: boeken vol, internet vol. Origineel zullen de in het boek opgenomen demonstraties dus niet helemaal zijn: ze zijn meestal geïnspireerd door wat elders in een of andere vorm gezien of gelezen is. Wel zijn de demonstraties uitgebreid getest in het onderwijs ofwel door de auteur en/of door een of meer testers onafhankelijk van de auteur. De keuze van de demonstraties en hun beschrijvingen in dit boek is voor rekening van het auteursteam.

## Dank

Dit boek maakt deel uit van de NVON-reeks, waarin voor bèta-docenten interessante boeken zijn opgenomen. Henny Kramers is de grote stimulator van deze reeks. Dankzij Henny, haar inzet, stimulerende aanwezigheid en indrukwekkende zorgvuldigheid is dit boek er ook gekomen. Zonder haar tomeloze inzet: geen boek. Dank ook aan alle testers die demonstraties in hun eigen praktijk uittestten, van commentaar voorzagen en zo mogelijk een foto leverden.

## Plezier

Als demonstrateur kun je veel plezier beleven aan je 'optreden' en aan de reacties van je toehoorders. De demonstrateur moet daarbij inventief bezig blijven en zo nu en dan een proef een nieuwe draai geven. Die nieuwe draai kan een 'theaterdraai' zijn, een inbedding in een verhaal, of wat dan ook. Die draai maakt dan de demonstratie tot iets onvergetelijks, waaraan zowel de leerlingen als de docent plezier beleven.

Plezier beleefden de auteurs ook tijdens de voorbereiding van dit boek. Dat plezier gunnen we onze lezers ook als ze straks een fascinerende, schitterende en leerzame demonstratie laat zien aan hun leerlingen.

Namens het redactieteam,

Ineke Frederik

## Dit boek

Dit boek bevat beschrijvingen van natuurkundige demonstraties. Het bestaat uit drie delen elk met een ander vakdidactisch accent.

### A: Natuurwetenschappelijke vaardigheden

Wat betekent 'Het is wetenschappelijk bewezen'? Waardoor is dat zo waardevol? Wat moet je doen om iets wetenschappelijk aan te tonen, en hoe zeker ben je dan van je zaak? De hier beschreven demonstraties draaien om de vaardigheden die in wetenschappelijk onderzoek onmisbaar zijn, zoals zorgvuldig observeren, een probleem kritisch analyseren, een model ontwikkelen om waarnemingen te verklaren, of verwachtingen toetsen met een experiment. De kennis die daarbij ontstaat is door mensen gemaakt. Die kennis is zo zeker als kennis ooit wordt en toch altijd weer vatbaar voor verbetering.

### B: Begripsontwikkeling

Het grootste deel van dit boek bestaat uit demonstraties in categorie B. Deze demonstraties zijn gekozen vanwege hun geschiktheid een fysisch begrip of concept te verhelderen. Ze horen thuis in 'gewone lessen'. De beschrijvingen bevatten vaak stap-voor-stap suggesties voor de didactische uitvoering, inclusief mogelijkheden om leerlingen zelf zoveel mogelijk aan het denken te zetten. Ze stimuleren het fysisch denken en helpen leerlingen om een natuurkundig begrippennetwerk op te bouwen.

### C: Bijzondere gelegenheden

Demonstraties spelen ook een rol bij bijzondere gelegenheden: tijdens een open dag, bij een jubileum, bij een afscheid. Hier vind je voorbeelden van demonstraties die aanzetten tot denken, maar die ook een verrassende of speelse draai hebben, waardoor ze geschikt zijn om bij bijzondere gelegenheden te tonen. De onderwerpen behoren lang niet altijd tot het schoolse natuurkundeprogramma. De hier beschreven demonstraties doen een beroep op gezond verstand. De uitkomst is vaak contra-intuïtief. De charme van natuurkunde komt in dit deel optimaal tot haar recht!

Binnen elk van de drie delen is een natuurkundig inhoudelijke ordening aangebracht. Dit is aangegeven met symbolen.



Materie en Energie: vloeistoffen, gassen, warmtetransport en – geleiding; dit betreft vooral de basisnatuurkunde.



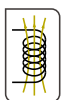
Golven en straling: afbeelden, geometrische optica, Fraunhoferlijnen.



Mechanica: statica, de wetten van Newton, traagheid en beweging.



Moderne fysica; constante van Planck.



Elektriciteit en magnetisme: spanning, stroom, weerstand, transport, bewegende magneten, wet van Lenz.

---

## Demonstraties met 'niks'

Om wat voor reden dan ook heb je geen gelegenheid gehad om een demonstratie klaar te zetten. Toch wil je natuurkundeverschijnselen en begrippen demonstreren en visualiseren. Hoe kun je dat doen met wat je normaal in een lokaal aantreft? Dat wil zeggen met tafels/stoelen, leerlingen, hun spullen, en wat je zelf normaal in je tas of broekzak hebt? Zonder specialistische apparatuur dus. Een tiental van dergelijke demonstraties is als bladvulling opgenomen, verspreid over het boek, steeds onder de naam **Broekzakdemonstratie**.

## Origineel?

Zijn de beschreven demonstraties origineel? Verwacht dat niet. Ze zijn geïnspireerd door eerdere versies van de experimenten en door de auteurs bewerkt, zodat ze bij de didactische categorieën van dit boek passen. Ze zijn ruim getest in het Nederlandse natuurkundeonderwijs. Niet alleen door de auteurs van dit boek - allen ervaren leraren en natuurkundendidactici - maar ook door een grote groep natuurkundeleraren en toa's die bereid waren mee te werken. Achterin het boek zijn de auteurs van de proefbeschrijvingen te vinden, de namen van degenen die foto's namen en figuren tekenden, en ook de namen van de testers.

## Meer of minder diepgang?

Precies aangeven voor welke leerlingendoelgroep de demonstratie bestemd is bleek lastig te zijn. Gaat het om waarnemen van verschijnselen en de beginnende vaktaalontwikkeling daarbij, dan zijn veel demonstraties al bruikbaar voor de basisschool. In de onderbouw van het voortgezet onderwijs zullen de demonstraties meestal kunnen worden ingezet bij kwalitatieve verklaringen op verschijnselniveau. Zodra begrippenketens nodig zijn voor een verklaring kom je in hogere klassen van het voortgezet onderwijs terecht. Moet je relaties leggen tussen verschillende deelgebieden van de natuurkunde of is kwantitatief redeneren noodzakelijk, dan is het niveau gauw bovenbouw vwo.

Bij dit boek hoort de website [www.nvon.nl/showdefysica](http://www.nvon.nl/showdefysica). Daar gaan we uitgebreider in op veel demonstraties vaak met soms aanzienlijke verdieping.

## Zoeken

U kunt op verschillende manieren zoeken in dit boek:

- naar didactische categorie A, B of C;
- naar fysisch inhoudelijk onderwerp via de gebruikte symbolen;
- naar concept; achterin dit boek is een schema opgenomen waarmee je demonstraties kunt opsporen die bij bepaalde concepten (begrippen) passen;
- via het register;
- naar demonstratietijd; bij elke demonstratie is aangegeven hoeveel tijd hij bij benadering in beslag neemt.