



# Tijdreis Wetenschap

Leerkrachtenhandleiding

Lesmateriaal  
groep 7-8

Dit lesmateriaal is voor gebruik  
in de klas én in NEMO



# SCIENCE MUSEUM

# Informatie bij dit lesmateriaal

## NEMO en onderwijs

NEMO heeft een uitgebreid gratis educatief aanbod, waarmee u uw bezoek aan NEMO kunt verdiepen. Al het aanbod sluit aan op de kerndoelen uit het curriculum van het primair onderwijs.

## Lesmateriaal *Tijdreis Wetenschap*

Voor u ligt het lesmateriaal *Tijdreis Wetenschap* van NEMO Science Museum. Dit lesmateriaal is geschikt voor groep 7 en 8. Na het uitvoeren van dit materiaal weten uw leerlingen dat wetenschap van alle tijden is, waarom wetenschap belangrijk is en dat je door onderzoek te doen nieuwe dingen kunt ontdekken.

---

Doelgroep	Groep 7 en 8
Lesdoelen	<p>De leerlingen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ worden enthousiast gemaakt voor het onderwerp wetenschap;</li><li>▪ ontdekken dat je door onderzoek te doen nieuwe dingen kunt leren over de wereld om je heen;</li><li>▪ leren dat wetenschappers voortbouwen op elkaars kennis.</li></ul>
Kerdoelen	<p>Kerdoel 42, 51, 52, leergebied Natuur en Techniek</p> <p>Het lesmateriaal bestaat uit vier modules:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Een inleidende les in de klas over hoe we door voort te bouwen op ontdekkingen van anderen steeds meer te weten komen.</li><li>▪ Een bezoek aan de verdieping <i>Fenomena</i> in NEMO, met werkbladen.</li><li>▪ Een workshop <i>Tijdreis Wetenschap</i> in NEMO, die u voorafgaand aan uw bezoek gratis kunt boeken.</li><li>▪ Een verdiepende les in de klas waar leerlingen aan de hand van de onderzoekscyclus meer te weten komen over de wet van Bernoulli en ontdekken dat een ontdekking van vroeger nog steeds een rol speelt in ons dagelijks leven.</li></ul> <p>Deze vier modules sluiten inhoudelijk op elkaar aan en vormen samen een logische lessenreeks. U kunt er ook voor kiezen om alleen de werkbladen bij de tentoonstelling en/of de workshop in NEMO te doen.</p>
Leerlingmateriaal	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Document <i>Werkbladen in NEMO – Fenomena</i></li><li>▪ Document <i>Werkbladen in de klas – Tijdreis Wetenschap</i></li></ul>

---

## Leerkrachtenhandleiding

In deze leerkrachtenhandleiding zijn per module instructies opgenomen, die u helpen bij de voorbereiding en uitvoering. Ook wordt de opbouw van het lesmateriaal kort uitgelegd.

Wij wensen u en uw leerlingen veel plezier met het materiaal.

### TIP

Kijk op [www.nemosciencemuseum.nl/onderwijs](http://www.nemosciencemuseum.nl/onderwijs) voor de meest actuele informatie over o.a. bereikbaarheid en openingstijden.

# Inhoud

## Werken met het NEMO lesmateriaal

Het materiaal in één oogopslag 05  
Leerlijn *Onderzoekend Leren* 06

In NEMO

## Verdieping *Fenomena* bezoeken 08

Een bezoek aan de interactieve tentoonstellingen *Wonderlijke Wetenschap* en *Wetenschap in alle tijden*. Op deze verdieping ervaar je hoe wetenschap werkt! De leerlingen gebruiken hierbij de *Werkbladen in NEMO - Fenomena*. Deze werkbladen kunt u van de website downloaden.

## Workshop *Tijdreis Wetenschap* 18

Deze module betreft de workshop *Tijdreis Wetenschap* in NEMO. Aan de hand van verschillende onderwerpen ontdekken de leerlingen dat wetenschappers in alle tijden onderzoek doen en dat we door dat onderzoek steeds meer over de wereld te weten komen.

In de klas

## Inleidende les *Wetenschap in alle tijden* 20

Een inleidende les op school, waarbij leerlingen te weten komen hoe we steeds meer over de wereld te weten komen door voort te bouwen op ontdekkingen van anderen.

## Verdiepende les *Onderzoek een ontdekking van vroeger* 24

Een verdiepende les op school. Leerlingen komen aan de hand van de onderzoekscyclus meer te weten over een ontdekking van een wetenschapper uit de 18e eeuw en leren dat een ontdekking van vroeger nog steeds een rol kan spelen in ons dagelijks leven.

© NEMO Science Museum

Deze uitgave van NEMO Science Museum is ontwikkeld door het NEMO Science Learning Center; het expertisecentrum van NEMO op het gebied van leren over wetenschap en techniek.

Het is toegestaan om zonder winst oogmerk het materiaal of delen van het materiaal te kopiëren en te distribueren, zolang vermelding van de herkomst van het materiaal goed is aangegeven.

Fotografie DigiDaan

Illustraties Henk Stolker, Ckoe

NEMO Science Museum t +31 (0) 20 531 32 33  
Oosterdok 2 info@e-nemo.nl  
1011 VX Amsterdam  
Postbus 421 nemosciencemuseum.nl  
1000 AK Amsterdam nemokennislink.nl

# Werken met het NEMO lesmateriaal

## Het materiaal in één oogopslag

### Leerkrachtenhandleiding

In de leerkrachtenhandleiding vindt u waar nodig verwijzingen naar de leerlingwerkbladen.

**Werken met het NEMO lesmateriaal**  
**Leerlijn Onderzoekend Leren**

In dit lesmateriaal maken we gebruik van de didactiek Onderzoekend Leren. NEMO onderscheidt zeven stappen in onderzoekend leren. In het lesmateriaal geven we elke stap weer met een pictogram. Voor de leerlingen gebruiken we andere termen dan voor de leerkracht. In onderstaande tabel staan alle stappen, met pictogram en uitleg.

Pictogram	Stappen van onderzoek	Term voor de leerling
	<b>Verkennen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verkenende activiteit over het onderwerp, bijvoorbeeld een brainstorm</li> <li>Achtereert voorkennis of introduceert nieuwe kennis bij leerling</li> </ul>	Op verkenning
	<b>Onderzoeksvraag</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vraag waarin geformuleerd wordt wat de leerling gaat onderzoeken</li> <li>Belangrijk is dat de onderzoeksvraag niet te breed of te smal gesteld wordt</li> </ul>	Wat ga je onderzoeken? of Vraag
	<b>Hypothese</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Een mogelijk antwoord op de onderzoeksvraag</li> <li>Een hypothese is niet goed of fout. De hypothese geeft weer wat je denkt</li> </ul>	Wat denk jij?
	<b>Experiment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Praktisch onderzoek wordt een antwoord gezocht op de onderzoeksvraag. De hypothese wordt getest</li> <li>Het experiment is niet altijd praktisch, het kan ook een theoretisch experiment zijn</li> </ul>	Aan de slag of Het experiment!
	<b>Resultaten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>De resultaten uit het experiment worden vastgelegd</li> </ul>	Wat gebeurt er?
	<b>Conclusie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Er wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag</li> <li>De resultaten zijn leidend bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag</li> </ul>	Wat weet je nu?
	<b>Verdieping</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Het kan verdere uitlag gegeven worden</li> <li>Suggesties voor verder onderzoek</li> <li>Discussie kan hier plaats vinden</li> </ul>	Maar weten!

Energie, onderzoek en kennis van  
Onderzoekend Leren versie 11-09-2016 03

### Het leerlingmateriaal bestaat uit twee documenten.

#### 1 Leerlingmateriaal 'werkbladen in NEMO'

**A** Het kopje geeft aan over welke exhibit (onderdeel van de tentoonstelling) de vragen op het werkblad gaan. Dit vindt u terug op de plattegrond van NEMO.

**B** Deze pictogrammen geven aan bij welke stap van de onderzoekscyclus de leerling is.

**In NEMO**  
**Elektrisch vervoer: Elektrische auto's** **A**

In de tentoonstelling 'Smart Technology op de vlucht' wordt er een aantal elektrische auto's. De Wiko en de City El zijn voorlopers van de huidige elektrische auto.

**B** **Aan de slag!**  
Gezoor de Wiko en de City El en vul de tabel in:

	Wiko	City El
Hoeveel personen kunnen erin?		
Wat is de maximale snelheid?		
Wat is de maximale afstand op volle accu?		
Wat is de rijwielspan?		
Zijn er overige kenmerken?		

Stel je mag één van deze twee auto's kopen. Welke van de twee zou jij kiezen en waarom?

Energie, onderzoek en kennis van  
Leerlijnen / In NEMO versie 11-09-2016 03

#### 2 Leerlingmateriaal 'werkbladen in de klas'

**In de klas**  
**Inleidende les**  
**Onderzoek aan magneten**

In deze les doen de leerlingen zelf een onderzoek en doorlopen ze de verschillende stappen van onderzoek. Het onderzoek gaat over magneten en magneetisme.

**Belangrijkste informatie op een rijtje**

Locatie	In de klas
Tijdstip	60 minuten
Leerdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>denken na over wat onderzoek is;</li> <li>ontdeken de verschillende stappen in het doen van onderzoek;</li> <li>maken kennis met het natuurkundige verschijnsel magneetisme.</li> </ul>
Kerndoelen	Kerndoel 12, leergebied Natuur en Techniek.
Voorbereiding	Neem het lesmateriaal mee. Verzamel de materialen. Kopieer voor alle leerlingen: Werkbladen in de klas - Onderzoeken.
Materialen	<b>Materialen voor het onderdeel Verleeren:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Als u dit kleefband doet één van elk, anders één per groepje:  <ul style="list-style-type: none"> <li>magneet</li> <li>spijker</li> <li>kurk</li> <li>spiegel</li> <li>hardeborst dopje van een pen</li> <li>magneet</li> <li>potlood</li> <li>stukje stof</li> <li>Clayblok, geen hardmagneet, maar zijn met stoffe gemengd</li> </ul> </li> </ul> <b>Materialen voor onderdeel Experiment, per groepje:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>magneet</li> <li>2 automaat</li> <li>lijp</li> <li>spijker</li> <li>potlood</li> <li>stukje</li> <li>1,7 of 3-eurocent munt</li> <li>frankrijkse</li> <li>10, 20 of 50-eurocent munt</li> <li>conventionele bijvoetband van tennistennis</li> <li>1 automaat</li> </ul>
Organisatie van de les	Deze les gaat vooraf aan het basisk van NEMO. U begint de les met het verkennen van magneten. Besluitend gaan de leerlingen onder begeleiding van de slag met hun onderzoek. U rondt de les af met verdieping, van uitleg over magneten.

Onderzoeken groep 5-6  
Leerkrachtenhandleiding versie 11-09-2016 18

# Werken met het NEMO lesmateriaal

## Leerlijn *Onderzoekend Leren*

In dit lesmateriaal maken we gebruik van de didactiek *Onderzoekend Leren*. NEMO onderscheidt zeven stappen in onderzoekend leren. In het lesmateriaal geven we elke stap weer met een pictogram. Voor de leerlingen gebruiken we andere termen dan voor de leerkracht. In onderstaande tabel staan alle stappen, met pictogram en uitleg.

Pictogram	Stappen van onderzoek	Term voor de leerling
	<b>Verkennen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verkennende activiteit over het onderwerp, bijvoorbeeld een brainstorm.</li> <li>▪ Activeert voorkennis of introduceert nieuwe kennis bij leerling.</li> </ul>	Op verkenning
	<b>Onderzoeksvraag</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vraag waarin geformuleerd wordt wat de leerling gaat onderzoeken.</li> <li>▪ Belangrijk is dat de onderzoeksvraag niet te breed of te smal gesteld wordt.</li> </ul>	Wat ga je onderzoeken? of Vraag
	<b>Hypothese</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Een mogelijk antwoord op de onderzoeksvraag.</li> <li>▪ Een hypothese is niet goed of fout. De hypothese geeft weer wat je denkt.</li> </ul>	Wat denk jij?
	<b>Experiment</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proefondervindelijk wordt een antwoord gezocht op de onderzoeksvraag. De hypothese wordt getest.</li> <li>▪ Het experiment is niet altijd praktisch, het kan ook een theoretisch experiment zijn.</li> </ul>	Aan de slag! of Het experiment!
	<b>Resultaten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De resultaten uit het experiment worden vastgelegd.</li> </ul>	Wat gebeurt er?
	<b>Conclusie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Er wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag.</li> <li>▪ De resultaten zijn leidend bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag.</li> </ul>	Wat weet je nu?
	<b>Verdieping</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hier kan verdere uitleg gegeven worden.</li> <li>▪ Suggesties voor verder onderzoek.</li> <li>▪ Discussie kan hier plaats vinden.</li> </ul>	Meer weten!

# Fenomena



Verdieping *Fenomena* bezoeken

08

Workshop *Tijdreis Wetenschap*

18

# Fenomena bezoeken

U gaat met de klas naar NEMO om *Fenomena* (de eerste verdieping) te bezoeken. De leerlingen ervaren op deze verdieping op verschillende manieren hoe wetenschap werkt.

In de tentoonstelling *Wonderlijke Wetenschap* worden doodgewone natuurverschijnselen als licht, geluid en statische elektriciteit onderzocht. De tentoonstelling *Wetenschap in alle tijden* gaat over belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen. Bij de exhibits van *Onderzoek als een wetenschapper* maken de leerlingen kennis met de verschillende stappen die je doorloopt als je onderzoek doet. Aan de hand van een *werkblad* doen de leerlingen bij verschillende exhibits (tentoonstellingsonderdelen) opdrachten en beantwoorden ze vragen.

## Belangrijkste informatie op een rijtje

---

Locatie	In NEMO
Tijdsduur	30 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zien dat in alle tijden ontdekkingen worden gedaan;</li> <li>■ leren dat we voortbouwen op kennis en ontdekkingen van vroeger en dat we die kennis nog steeds gebruiken;</li> <li>■ maken kennis met de stappen van onderzoek doen en voeren zelf een onderzoek uit.</li> </ul>
Vorbereiding	Kopieer voor alle leerlingen <i>Werkbladen in NEMO – Fenomena</i> . Laat de leerlingen potloden meenemen. Regel voldoende begeleiders: minimaal één begeleider per tien leerlingen. Kopieer voor elke begeleider de informatie voor begeleiders uit deze handleiding, te vinden onder het kopje <i>Informatie voor de begeleider</i> .
Materialen	Voor elke leerling: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>Werkbladen in NEMO – Fenomena</i>. Deze zijn gratis te downloaden van <a href="http://www.nemosciencemuseum.nl">www.nemosciencemuseum.nl</a>.</li> <li>■ potlood (liever geen pennen in NEMO).</li> </ul> Voor elke begeleider: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ informatie en antwoordbladen voor begeleiders.</li> </ul>
Organisatie van de les	Aan de hand van vragen en opdrachten worden uw leerlingen door de tentoonstellingen geleid. Verdeel de klas in twee groepen. De ene helft begint met werkblad A, de andere helft begint met werkblad B. De leerlingen kunnen de werkbladen per tweetal of in groepjes maken.

---



## Informatie voor de begeleider

NEMO gaat over onderzoeken en experimenteren. Het gaat niet om goed of fout. De antwoorden op de volgende pagina's dienen daarom vooral ter ondersteuning. In NEMO 'spelen' leerlingen met exhibits (tentoonstellingsonderdelen) en daarbij doen ze kennis op. Niet iedereen leert daarbij hetzelfde. Als begeleider kunt u dit spel verdiepen. Dit kan bijvoorbeeld door de leerlingen vragen te stellen terwijl ze bezig zijn met een exhibit. Door te verwoorden wat je doet, verwerk je informatie makkelijker.

### De opbouw van de werkbladen in NEMO.

In de werkbladen maken we gebruik van de didactiek *Onderzoekend Leren*. Hierin komen steeds de volgende stappen van onderzoek terug:

- **Vraag**                      Ieder werkblad begint met een vraag. Dit is de onderzoeksvraag.
- **Wat denk jij?**            De leerling vult in wat hij of zij denkt dat het antwoord op de vraag is; dit is de hypothese.
- **Aan de slag!**              De leerling probeert de exhibit uit en beantwoordt de vraag.
- **Conclusie**                 Er wordt een open vraag gesteld. Het antwoord hierop is de conclusie.
- **Meer weten!**              Uitleg over de exhibit.

## TIP

Kijk voor uitgebreide uitleg op bladzijde 6.

## De eerste verdieping

De eerste verdieping bestaat uit twee tentoonstellingen: *Wonderlijke Wetenschap* en *Wetenschap in alle tijden*. Hieronder een korte beschrijving van *Wonderlijke Wetenschap*.

### *Wonderlijke Wetenschap*

Natuurkunde is overal: in de kleuren van een regenboog, bij het knetteren van een trui en bij het verschil van stemhoogte bij mannen en vrouwen. *Wonderlijke Wetenschap* gaat over al dit soort verschijnselen, die leerlingen elke dag tegenkomen.

Bij *Wonderlijke Wetenschap* kunnen de leerlingen deze verschijnselen zelf oproepen en direct zien hoe ze werken. Ze ontdekken zo hoe alledaagse en toch verrassende natuurverschijnselen als licht, geluid en statische elektriciteit in elkaar zitten.

Wetenschap in alle tijden bestaat uit de volgende onderdelen:

- *Tijdslijn*  
De *Tijdslijn* geeft een overzicht van belangrijke momenten in de geschiedenis van de wetenschap. Leerlingen krijgen zo een beeld van wanneer er voor het eerst over bepaalde onderwerpen werd nagedacht. Ze zien dat wetenschappers voortbouwen op elkaars ontdekkingen.
- *Vermakelijke Wetenschap in de 18e en 19e eeuw*  
Deze deeltentoonstelling bestaat uit zes wetenschappelijke experimenten die in de 18e en 19e eeuw veel werden uitgevoerd. Ze gaan over vacuüm, centrifugaalkracht, elektriciteit, de werking van de telescoop en de zoötroop, en projectie. Bij iedere opstelling is een kort filmpje te zien: een wisebit.
- *Onderzoek als een wetenschapper*  
Aan de hand van twee experimenten worden hier de stappen van de wetenschappelijke methode doorlopen. Bij het experiment *De valproef* wordt de vraag beantwoord of een zwaar voorwerp even snel valt als een licht voorwerp. Het tweede experiment draait om cilinders. Wat bepaalt de rolsnelheid: de massa, de grootte of de gewichtsverdeling?
- *Museum van de Verlichting*  
In deze kopie van de ovale zaal uit Teylers Museum in Haarlem zijn prenten, wetenschappelijke instrumenten, fossielen en mineralen te zien. Teylers is het oudste museum van Nederland en opende in 1784 haar deuren voor het publiek. Hier werden bijzondere wetenschappelijke voorwerpen verzameld, gebruikt en gedemonstreerd. De ovale zaal ziet er vandaag de dag nog hetzelfde uit als toen.
- *Kettingreactie*  
Dit is een interactieve voorstelling over actie-reactie en oorzaak en gevolg. Vraag op de dag van uw bezoek aan NEMO bij binnenkomst op welke tijden die dag de voorstelling gegeven wordt.

# Wetenschap in alle tijden

## Antwoorden op de werkbladen in NEMO

### Werkblad 1 Tijdlijn

→ Loop langs de tijdlijn en bekijk de ontdekkingen.

Welke ontdekking vind jij onmisbaar? Waarom heb je deze gekozen?

- Antwoord afhankelijk van de leerling.

Zoek de volgende onderdelen in de tijdlijn:

→ **Vroege beschaving:** *Hoe kan ik mijn ideeën vastleggen?*

→ **Middeleeuwen:** *Hoe kun je handig boeken drukken?*

Bedenk een voorbeeld van iets wat na deze ontdekkingen makkelijker werd:

- Verschillende antwoorden zijn mogelijk. Voorbeelden:

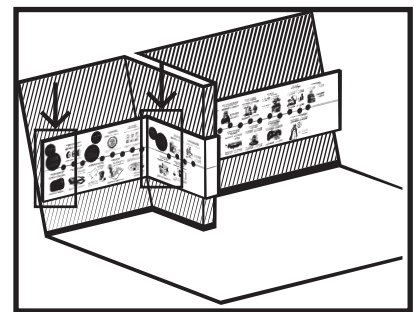
- kennis verspreiden
- dingen onthouden
- ideeën delen

Je ziet dat een idee steeds verder wordt verbeterd; het begon met schrijven in klei, vervolgens op papier en weer later bedachten mensen een manier om snel boeken te drukken.

Wat kun je zien als de volgende stap? Vul in:

Schrijven op kleitabletten → Boeken drukken met drukpers → Verschillende antwoorden mogelijk:

- Printer
- Kopieermachine
- 3D-printer
- Tablets/e-books
- Computer
- Computertaal



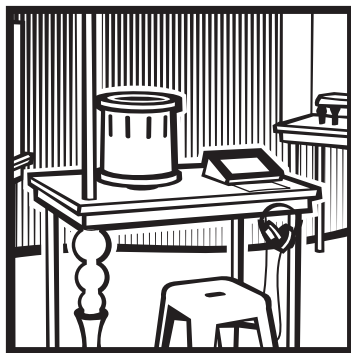
## Werkblad 2 Vermakelijke Wetenschap

In de *Tijdlijn* kun je zien dat we steeds meer over de wereld te weten komen. Dat komt onder andere door de ontwikkeling van wetenschap. De 18e en 19e eeuw waren hiervoor een belangrijke tijd; wetenschappers kwamen bij elkaar om kennis te delen, maar ook het 'gewone volk' werd enthousiast gemaakt voor wetenschap.

→ Bekijk de voorwerpen in de glazen kasten en doe de bijbehorende experimenten.

Met deze voorwerpen werden demonstraties gegeven. Hoe heeft dit denk je bijgedragen aan het populair maken van wetenschap?

- Mensen vonden het leuk en leerzaam en zo kreeg wetenschap een goede naam.



Op de tafel zie je een zoötroop. Dit instrument werd in de 18e en 19e eeuw gebruikt om mensen te vermaken.

- Draai aan de zoötroop en kijk door de sleuven.

Wat zie je als je heel langzaam draait?

- Je ziet de losse plaatjes.

Wat zie je als je heel snel draait?

- Je ziet een bewegend filmpje.

Kun je een voorbeeld bedenken waarvoor wij dit nu gebruiken?

- Bij het maken van animaties en films.

### TIP

Je kunt zelf ook een zoötroop of een versimpelde versie maken! Kijk op:  
[www.nemosciencemuseum.nl/nl/ontdek/brein/breng-een-astronaut-naar-de-maan](http://www.nemosciencemuseum.nl/nl/ontdek/brein/breng-een-astronaut-naar-de-maan)

### Werkblad 3 Het museum van de Verlichting



Welkom in het *Museum van de Verlichting*. Vanaf de 18e en 19e eeuw werd wetenschap steeds belangrijker.

Dit museum was daarvoor een belangrijke plek. Waarom? Kruis het juiste antwoord aan.

- Wetenschap konden zo de instrumenten bekijken.
- Wetenschappers konden zo kennis met elkaar delen en nieuwe instrumenten uitproberen.
- Wetenschappers waren verplicht de instrumenten te bekijken.

Kies een voorwerp uit het middelste gedeelte van de kast.

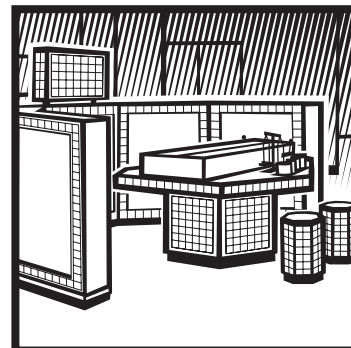
De antwoorden bij deze opdracht staan op de volgende pagina in de tabel. De leerlingen kiezen meestal voor de telescoop en het transportsysteem. (Deze antwoorden geven een richting; de antwoorden van de leerlingen kunnen dus afwijken van onderstaande antwoordvoorbeelden.)

Voorwerp	Waarvoor werd dit voorwerp gebruikt?	Voorbeeld van verbeterde versie nu
Demonstratietoestel voor de verbranding van waterstof en zuurstof tot water (1775 -1800)	Om te onderzoeken/laten zien uit welke stoffen water was opgebouwd: uit waterstof en zuurstof.	We gebruiken deze kennis bijvoorbeeld om auto's op waterstof te laten rijden.
Telescoop (1790)	Om dingen die ver weg staan, beter te bekijken.	Verbeterde telescopen waarmee we het heelal onderzoeken, bijvoorbeeld de Hubbletelescoop.
Model transportsysteem zware objecten (1775-1800)	Om te laten zien hoe zware dingen makkelijk vervoerd konden worden.	Allerlei vervoermiddelen, bijvoorbeeld: lopende band, vrachtwagen, hijskraan.
Glas voor optische projecties (1789)	Om mooie lichtprojecties te krijgen.	Om licht te versterken, bijvoorbeeld in een vuurtoren. Optische effecten bij fotografie.
Galvanometer (ca. 1880)	Meetinstrument waarmee de stroomsterkte van elektrische stroom afgelezen kan worden aan een meetnaald. Werd gebruikt om elektromagnetisme uit te leggen.	Tegenwoordig worden digitale meters gebruikt.
Aurorafles (1775-1800)	Produceert een lichtverschijnsel onder invloed van elektrische ontladingen.	TL-lampen, spaarlampen, beamers, flitslampen, etc.
Fluorescerend uraniumglas (ca. 1850)	Een uraniumverbinding werd toegevoegd als kleurstof in glas. Deze kleurstof licht op onder ultraviolet licht.	Dit glas wordt nog steeds op heel kleine schaal gemaakt. Producten van nu die lijken op dit glas zijn glow-in-the-dark materialen.

# Onderzoeken doe je zo!

## Werkblad 1 Onderzoek als een wetenschapper

Begeleid de leerlingen bij deze opdracht door samen met hen het werkblad in te vullen. Leerlingen zijn geneigd direct te proberen en de stappen over te slaan. Maar door de stappen op het werkblad te volgen, leren ze hoe een onderzoek precies is opgezet. Als de leerlingen een tijdje hebben gespeeld, kunt u ze vragen samen met u het werkblad te doorlopen.



De leerlingen doorlopen bij deze opdracht de stappen van de onderzoekscyclus. Omdat ze zelf een onderzoeksvraag kiezen, verschillen de antwoorden per leerling. Hieronder een uitleg bij de drie onderzoeksvragen:

- Rolt een zware cilinder sneller dan een lichte (groene) cilinder?  
De zware cilinder heeft meer energie in het zwaartekrachtveld dan de lichte, maar is moeilijker in beweging te krijgen. Ze zijn gelijk beneden.
- Rolt een holle cilinder sneller dan een massieve (groene) cilinder?  
Hoe dichter het materiaal van de cilinder bij de draaias zit, hoe minder energie er in de draaiende beweging gaat zitten, de resterende energie blijft over voor snelheid. Een massieve cilinder heeft meer massa bij de draaias dan een holle cilinder. De massieve cilinder is daardoor eerder beneden dan de holle cilinder.

## TIP

Bij de exhibit *Draaistoel* kunnen de leerlingen zelf op een draaiende stoel ervaren wat er gebeurt als je de massa naar de draaias verplaatst. Gebruik hiervoor de groene blokken.

## Werkblad 2 Zelf op onderzoek uit!

De leerlingen hebben in de vorige opdracht de onderzoeksstappen doorlopen, aan de hand van een voorbeeld. In deze opdracht gaan de leerlingen nu zelf een vraag bedenken en beantwoorden. Om ze op weg te helpen, geven we hieronder twee voorbeeldvragen.

Bij deze opdracht ervaren de leerlingen hoe het is om aan de hand van de onderzoeksstappen zelf het antwoord op een vraag te vinden. Het gaat er dus niet om of dat antwoord 'goed of fout' is.

Bij deze opdracht is het vooral belangrijk dat u de leerlingen stimuleert om via een experiment het antwoord te vinden op hun vraag. Hieronder vindt u hiervoor een aantal tips, en extra informatie over de geluidsexhibits.

**Bij Luisterbuizen:**      **Wat bepaalt de toonhoogte van geluid? (Of eigen vraag)**

Vraag de leerlingen:

- Wat hoor je als je aan de grote buis luistert?
- Wat hoor je als je aan de kleinste buis luistert?
- Wat is het verschil tussen die twee?

**Over Luisterbuizen:**

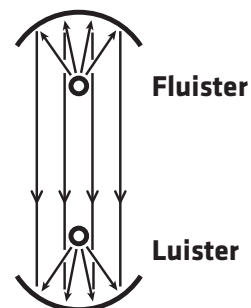
Omgevingsgeluid bestaat uit verschillende tonen. Die verschillende tonen worden hoorbaar in de *Luisterbuizen*. In elke buis hoor je andere tonen. Dat komt doordat de buizen verschillen in lengte. De lengte van de buis bepaalt welke tonen je hoort. Hoe langer de buis, hoe lager de tonen die je hoort. Bij de lange buizen hoor je dus alleen lage tonen; bij de korte buizen hoor je alleen hogere tonen.

De hoogte van een toon hangt af van de frequentie van de trilling. Hoe hoger de frequentie, hoe meer trillingen per tijdseenheid. Een hogere frequentie, dus snellere trillingen, geven een hoger geluid dan geluid met langzamere trillingen.

**Bij Luisterbuizen:**      **Kun je gefluister over 17 meter verstaan? (Of eigen vraag)**

Vraag de leerlingen:

- Kun je elkaar fluisterend verstaan als je een paar meter uit elkaar staat?
- Hoe kan het dat je elkaar door de schotels wel kunt verstaan?
- Kun je elkaar ook verstaan als je met je rug naar de schotels staat?





**Over Luisterschotels:**

Als je precies in het midden van de schotel praat, wordt het geluid over de schotel verspreid en weerkaatst naar de andere schotel. De andere schotel vangt het geluid op en buigt het weer naar het midden toe. Diegene die daar staat, kan jou nu heel goed horen.

Wat gebeurt er als er iemand tussen de schotels door loopt?

De mensen bij de schotel kunnen elkaar nog steeds verstaan. Alleen als er heel veel mensen tussen de schotels door lopen, kunnen ze elkaar niet meer horen. Degene die tussen de schotels door loopt, kan soms het gesprek volgen. Het hangt ervan af hoe hard er bij de schotels gesproken wordt. Je oorschelp werkt namelijk ook als een schotel, maar is niet zo groot als de luisterschotels die je in NEMO ziet.

**Bij Antigeluid:**                      **Eigen vraag**

**Over Antigeluid:**

Hier worden de leerlingen blootgesteld aan verschillende geluiden en wordt gedemonstreerd hoe de oorspronkelijke geluidsbron gedoofd kan worden met antigeluid.

Antigeluid wordt gemaakt door de oorspronkelijke geluidsbron te dupliceren en in precies de tegengestelde richting uit te zenden. Op sommige plekken waar de geluidsgolven op elkaar botsen is de netto geluidssterkte nul, en hoor je beide geluiden niet.

In active-noise-canceling koptelefoons wordt antigeluid gebruikt om de drager zo veel mogelijk te isoleren van omgevingsgeluiden.

# Workshop *Tijdreis Wetenschap*

We weten heel veel over de wereld om ons heen, maar dat is niet altijd zo geweest. Hoe zijn we aan al die antwoorden gekomen? Wie heeft ooit ontdekt dat elektriciteit bestaat? Hoe kan het dat we nog steeds nieuwe dingen leren? In deze workshop zien en ervaren de leerlingen hoe kennis zich in de loop der jaren kan ontwikkelen.

Aan de hand van de tijdvakken wordt met behulp van een spannende demonstratie uitgelegd hoe dingen werden ontdekt over bliksem en elektriciteit. Vervolgens maken de leerlingen een tijdreis langs experimenten over de regenboog, waarmee in verschillende tijden ontdekkingen zijn gedaan. Ze onderzoeken waar een regenboog ontstaat, waar de kleuren van de regenboog vandaan komen en wat wij tegenwoordig met deze kennis doen.

Als de leerlingen alle historische experimenten hebben uitgevoerd, presenteren ze de experimenten aan elkaar en vallen de puzzelstukjes op hun plaats.

## Belangrijkste informatie op een rijtje

---

Locatie	In NEMO (de zaal hoort u bij aankomst)
Tijdsduur	45 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ worden geënthousiasmeerd voor wetenschap;</li> <li>■ ontdekken dat je door onderzoek te doen nieuwe dingen kunt leren over de wereld om je heen;</li> <li>■ leren dat wetenschappers voortbouwen op kennis;</li> <li>■ weten wat er in de loop der jaren over de regenboog ontdekt is en hoe we deze kennis nu gebruiken.</li> </ul>
Vorbereiding	Zorg voor voldoende begeleiding. NEMO verwacht 1 begeleider per 10 leerlingen.
Materialen	U hoeft zelf niet voor materialen te zorgen. Alle benodigdheden liggen klaar in de workshopzaal.

---

## TIP

De workshop is gratis! U dient een workshop in NEMO vooraf te boeken. Neem hiervoor contact op met *Reserveringen* via 020 - 5313118 of [reserveringen@e-nemo.nl](mailto:reserveringen@e-nemo.nl)

# Tijdreis Wetenschap



Inleidende les *Wetenschap in alle tijden* 20

Verdiepende les *Onderzoek een ontdekking van vroeger* 24

# Inleidende les

## *Wetenschap in alle tijden*

Deze les is bedoeld als inleiding bij een bezoek aan Fenomena, de eerste verdieping van NEMO Science Museum. Eeuwen geleden stelden mensen al vragen over de wereld om hen heen, net als wij nu nog doen. Inmiddels hebben wetenschappers veel van die vragen beantwoord door gebruik te maken van elkaars ontdekkingen en door zelf experimenten uit te voeren. De leerlingen doen in deze inleidende les experimenten om zelf antwoorden te vinden op twee van zulke vragen:

1. Valt een zwaar voorwerp sneller dan een licht voorwerp?
2. Wat gebeurt er met een spekje als je de luchtdruk lager maakt?

### Belangrijkste informatie op een rijtje

---

Locatie	In de klas
Tijdsduur	50 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ontdekken dat mensen al sinds de oudheid vragen stellen over de wereld om hen heen;</li> <li>■ Leren dat we steeds meer te weten komen door verder te bouwen op de ontdekkingen van anderen.</li> </ul>
Vorbereiding	Neem het lesmateriaal door en verzamel de materialen. Kopieer voldoende werkbladen.
Materialen	Kopieer het werkblad <i>Valt een zwaar voorwerp sneller dan een licht voorwerp?</i> zo vaak als nodig. Verzamel de volgende voorwerpen per groepje of tweetal: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pingpongbal (standaardmaat Ø 40 mm)</li> <li>■ Grote knikker (Ø 40 mm)</li> <li>■ Plastic bak</li> </ul> Kopieer het werkblad <i>Wat gebeurt er met een spekje als je de luchtdruk lager maakt?</i> zo vaak als nodig. Verzamel de volgende voorwerpen per groepje of tweetal: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spekje</li> <li>■ Spuit van 10 ml</li> </ul>
Organisatie van de les	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Begin de les met een kort filmpje.</li> <li>2. De leerlingen voeren in groepjes twee opdrachten uit, aan de hand van een werkblad.</li> <li>3. Per onderzoeksvraag presenteert één groepje leerlingen zijn bevindingen.</li> </ol>

---

## Lesbeschrijving

### Inleiding 15 minuten Wetenschap in alle tijden

Vertel de leerlingen dat ze in NEMO twee tentoonstellingen gaan bezoeken: *Wetenschap in alle tijden* en *Wonderlijke Wetenschap*. Vraag de leerlingen waar ze aan moeten denken bij het woord *wetenschap*. Schrijf de antwoorden op het bord.

Gebruik onderstaande opdracht om duidelijk te maken dat mensen al sinds de oudheid de wereld willen verklaren. Vertel dat onverklaarbare verschijnselen zoals bliksem en de regenboog heel vroeger werden toegeschreven aan het werk van goden. In de tijd van de Grieken en Romeinen dachten filosofen na over hoe alles in de wereld werkte. In de middeleeuwen verklaarde men de wereld vanuit de Bijbel. En in de Verlichting gingen mensen experimenten uitvoeren om antwoorden te krijgen. De kennis die ze zo verkregen, deelden ze met elkaar. Wetenschappers gebruikten die kennis om weer verder onderzoek te doen. Zo werden steeds meer vragen over de wereld om ons heen beantwoord.

Laat het filmpje over *Vermakelijke Wetenschap* zien: ga naar [www.schooltv.nl](http://www.schooltv.nl) en gebruik de zoekterm *Vermakelijke Wetenschap*. Laat de leerlingen vooraf één vraag uitkiezen die ze gaan proberen te beantwoorden. Bespreek de vragen na en laat daarna nog een keer het filmpje zien. Sluit af met de vraag wat het verschil is tussen hoe mensen heel vroeger de wereld verklaarden met hoe dat nu gebeurt.

- Al sinds de oudheid willen mensen de wereld verklaren. Wat vragen ze zich af? *Welke vorm heeft de aarde, hoe zit het heelal in elkaar en waarom valt een appel naar beneden?*
- Theorieën waren in de oudheid nog niet gebaseerd op grondig onderzoek; waar werden verschijnselen aan toegeschreven? *Aan mysterieuze krachten.*
- Waar komen mensen in de tijd van de Verlichting achter? *Met het ontwikkelen en delen van kennis kun je de wereld verbeteren.*
- Waardoor wordt de nieuwsgierigheid naar wetenschap geprikkeld? *Met nieuwe instrumenten zoals de telescoop en de luchtpomp worden nieuwe ontdekkingen gedaan; daardoor wordt de nieuwsgierigheid geprikkeld.*
- Hoe wordt de amusante wetenschap ook populair onder het 'gewone volk'? *Experimenten zijn ook te zien op kermissen.*

## TIP

Op de eerste verdieping van NEMO is de tentoonstelling *Vermakelijke Wetenschap* te vinden

**Opdrachten** 20 minuten

**Werkbladen** *Valt een zwaar voorwerp sneller dan een licht voorwerp?*  
*en Wat gebeurt er met een spekje als je de luchtdruk lager maakt?*

Vertel de leerlingen dat ze nu zelf twee vragen gaan beantwoorden door in groepjes een experiment uit te voeren aan de hand van een werkblad. Het zijn onderzoeken naar vragen die mensen lang geleden ook al stelden. Op het werkblad staat hoe ze toen de vraag beantwoordden. Verdeel de klas in tweeën. De groepjes van de ene helft starten met het eerste experiment en de groepjes van de andere helft met het tweede experiment. Geef na tien minuten een signaal dat de groepjes moeten wisselen naar het andere experiment. Laat de leerlingen eerst de voorkant van het werkblad invullen, voordat ze de materialen ophalen voor het experiment.

**Bespreken opdrachten** 10 minuten

**Werkbladen** *Valt een zwaar voorwerp sneller dan een licht voorwerp?*  
*en Wat gebeurt er met een spekje als je de luchtdruk lager maakt?*

Besprek de twee onderzoeksvragen. Nodig per vraag een groepje uit om zijn bevindingen voor de klas te presenteren. Vertel de leerlingen dat zij de antwoorden op de vragen op hun werkblad kunnen gebruiken voor de presentatie. Laat de onderstaande vragen bij de presentatie aan bod komen:

Laat onderstaande vragen bij iedere presentatie aan bod komen:

- Hoe beantwoordden mensen vroeger de vraag?
- Vertel eens iets over jullie experiment:
  - Wat zijn jullie te weten gekomen?
  - Wat is het antwoord op de onderzoeksvraag?
- Hoe kan het dat we de vraag nu anders beantwoorden dan vroeger?

**Onderzoeksvraag** *Valt een zwaar voorwerp sneller dan een licht voorwerp?*

**Conclusie:** Zware voorwerpen en lichte voorwerpen van dezelfde vorm vallen even snel.

De aarde trekt harder aan een zwaar voorwerp dan aan een licht voorwerp. Maar een zwaar voorwerp is ook moeilijker in beweging te brengen. Zware en lichte voorwerpen vallen daarom met dezelfde valversnelling. Maar dit geldt alleen als de voorwerpen dezelfde vorm hebben. Als de vorm van de voorwerpen verschilt, vallen ze wel met verschillende snelheden.

Laat ter illustratie een vel A4-papier en een propje van een A4-papier vanaf dezelfde hoogte op de grond vallen. Ze zijn even zwaar, maar hebben een andere vorm. Het vel A4-papier ervaart door zijn vorm meer luchtweerstand en valt later op de grond dan het propje.

**Onderzoeksvraag** *Wat gebeurt er met een spekje als je de luchtdruk lager maakt?*

**Conclusie:** Als de luchtdruk lager wordt, dan drukt de lucht minder op het spekje. Het spekje kan dan uitzetten.

Lucht oefent druk uit op alles om ons heen. Als de luchtdruk verandert, kunnen sommige materialen zich anders gaan gedragen. Dit geldt ook voor het spekje. Als er op een bepaalde plek een hoge luchtdruk is, heeft zich daar veel lucht verzameld. Maar op plekken waar zich weinig lucht heeft verzameld, is de luchtdruk juist laag. Lucht stroomt altijd van hogedrukgebied naar lagedrukgebied. Zo ontstaat wind!

Laat ter illustratie een filmpje zien over het ontstaan van wind. Ga naar [www.schooltv.nl](http://www.schooltv.nl) en gebruik de zoektermen Clipphanger wat is wind?

### **Afsluiting** 5 minuten Lesdoelen bespreken

Sluit de les af met vragen, om te toetsen of de volgende lesdoelen zijn gehaald:

- De leerlingen hebben ontdekt dat mensen al sinds de oudheid vragen stellen over de wereld om zich heen.
- De leerlingen hebben geleerd dat we steeds meer te weten komen door verder te bouwen op de ontdekkingen van anderen.

Voorbeeldvragen om te toetsen of de lesdoelen zijn gehaald:

- Wat voor soort vragen stelden mensen in de oudheid over de wereld om zich heen?  
*Mensen wilden vroeger de wereld om zich heen verklaren. Het weer en andere natuurverschijnselen speelden toen een grote rol.*
- Hoe vonden mensen toen antwoorden op deze vragen?  
*Ze verklaarden veel door erover na te denken, en deden nog weinig experimenten.*
- In welke periode gingen mensen experimenten doen om antwoorden te krijgen op vragen?  
*In de Verlichting, een periode in de 18e en 19e eeuw waarin mensen vragen onderzochten door experimenten te doen. Zo doen we dat nu nog steeds.*
- Hoe kan het dat we steeds meer te weten komen over de wereld om ons heen?  
*Wetenschappers bouwen voort op elkaars kennis. De uitkomst van het ene onderzoek kan een nieuwe onderzoeksvraag oproepen bij een andere wetenschapper. Door steeds verder te onderzoeken, komen we steeds meer te weten.*

Tijdens hun bezoek aan NEMO gaan de leerlingen zelf ook als echte wetenschappers onderzoek doen en komen ze nog veel meer te weten over ontdekkingen van vroeger en nu.

# Verdiepende les *Onderzoek een ontdekking van vroeger*

Bij hun bezoek aan NEMO hebben de leerlingen onderzoek gedaan naar geluid. Daarbij hebben ze de stappen gevolgd van de cyclus van wetenschappelijk onderzoek: onderzoeksvraag – hypothese – experiment – resultaten – conclusie. In deze les verkennen de leerlingen aan de hand van deze onderzoekscyclus een ontdekking van wetenschapper Bernoulli, die leefde in de 18e eeuw. Ze doen drie experimenten en leren dat ontdekkingen van vroeger nog steeds een rol spelen in ons dagelijks leven.

## Belangrijkste informatie op een rijtje

Locatie	In de klas
Tijdsduur	45 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verkennen <i>de wet van Bernoulli</i>;</li> <li>■ Maken kennis met de onderzoekscyclus;</li> <li>■ Leren dat ontdekkingen van vroeger belangrijk zijn in ons dagelijks leven.</li> </ul>
Vorbereiding	Neem het lesmateriaal door en verzamel de materialen. Kopieer voldoende werkbladen.
Materialen	Demonstratieproef <i>Bernoulli-blower</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Een föhn en een pingpongbal</li> </ul> <p>Per groepje:</p> <p><i>Experiment Hoe bewegen hangende ballonnen als je ertussendoor blaast?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Twee ballonnen</li> <li>■ Twee nylon draden van 30 cm</li> <li>■ Plakband</li> <li>■ Rietje</li> </ul> <p><i>Experiment Hoe til je een pingpongbal op zonder hem aan te raken?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Trechter</li> <li>■ Pingpongbal</li> </ul> <p><i>Experiment: Hoe beweegt een over een kom gespannen boterhamzakje als je eroverheen blaast?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Boterhamzakje</li> <li>■ Soepkom</li> </ul>
Organisatie van de les	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Blick terug op het bezoek aan NEMO. Gebruik de stappen van de onderzoekscyclus om een van de opdrachten van het werkblad na te bespreken.</li> <li>2. Doe een demonstratieproef met een föhn en een pingpongbal een formuleer samen met de leerlingen een onderzoeksvraag die te maken heeft met de wet van Bernoulli.</li> <li>3. De leerlingen voeren in tweetallen drie experimenten uit om meer te weten te komen over de wet van Bernoulli. Ze volgen hierbij de stappen van de onderzoekscyclus.</li> <li>4. Bespreek de resultaten van de experimenten en geef een samenvatting van de les.</li> <li>5. Laat ter verdieping het filmpje over de wetenschapper Bernoulli zien.</li> </ol>



### Terugblik NEMO 5 minuten Wetenschap in alle tijden

Start de les met een terugblik op het bezoek aan NEMO. Leg hierbij de nadruk op de twee delen van de werkbladen die ze hebben gemaakt. Deel A *Wetenschap in alle tijden* ging over hoe wetenschap vroeger ging en wat er in de loop der jaren is ontdekt, in deel B *Onderzoeken doe je zo* gingen de leerlingen zelf op onderzoek uit, waarbij ze de stappen van de onderzoekscyclus volgden.

#### Stel de volgende vragen over onderdeel A:

- Als we het schrift als voorbeeld nemen, wie kan aan de hand daarvan uitleggen hoe wetenschap werkt?

*In de wetenschap wordt de kennis van een ontdekking gebruikt door anderen om verder onderzoek mee te doen. Zo komen wetenschappers weer tot nieuwe ontdekkingen. Hierbij biedt het schrift hun de mogelijkheid om hun ideeën vast te leggen en kennis en informatie te delen. In de tijd van de vroege beschaving (ongeveer 3200 voor Christus) gebeurde dit door in spijkschrift te schrijven op stukken klei.*

- Wat zijn volgens jullie stappen die daarna zijn gemaakt?  
*Voorbeeld van antwoorden die de leerlingen kunnen geven: boekdrukkunst, drukken met machines en computers, uitvinding van de computer en e-books.*

- Mensen zijn altijd bezig geweest met de wereld om zich heen verklaren. In de tijd van de Verlichting (18e en 19e eeuw) veranderde er iets in de manier waarop ze dat deden. Wat was dat?

*In de Verlichting gingen mensen experimenten uitvoeren om antwoorden te krijgen. De kennis die ze zo verkregen, deelden ze met elkaar. Wetenschappers gebruikten die kennis om weer verder onderzoek te doen. Zo werden steeds meer vragen over de wereld om ons heen beantwoord.*

### Terugblik NEMO 5 minuten Wonderlijke Wetenschap



#### Bespreek aan de hand van onderdeel B:

##### Verkennen

Bespreek aan de hand van de laatste opdracht van het werkblad de stappen van de onderzoekscyclus. Vertel dat er bepaalde stappen zijn die je volgt als je onderzoek doet. Weten de leerlingen nog welke stappen dat zijn? Ga uit van een van de onderzoeksvragen van het *Werkblad Zelf op onderzoek uit!* waarbij de leerlingen een onderzoeksvraag over geluid hebben beantwoord. Leg steeds eerst de stap uit en vraag de leerlingen wat zij hierover in NEMO hebben ontdekt.



### Wat ga je onderzoeken (Onderzoeksvraag)

Een onderzoek begint altijd met een vraag. In een onderzoeksvraag wordt geformuleerd wat je gaat onderzoeken.

De leerlingen konden kiezen uit verschillende onderzoeksvragen. Eén van de onderzoeksvragen konden ze beantwoorden bij de exhibit *Luisterbuizen*. De onderzoeksvraag bij deze exhibit gebruiken we als voorbeeld. De exhibit *Luisterbuizen* bestaat uit buizen met een verschillende lengte die omgevingsgeluid opvangen en waaraan je kunt luisteren. Die vraag was:

*Wat bepaalt de toonhoogte van geluid?*



### Wat denk jij? (Hypothese)

Voordat je een experiment gaat uitvoeren, bedenk je eerst zelf wat het antwoord op de onderzoeksvraag zou kunnen zijn. Met behulp van een experiment ga je je hypothese toetsen.

*Wat dachten de leerlingen? Wat bepaalt de toonhoogte van geluid?*



### Aan de slag! (Experiment)

Je bedenkt een experiment waarmee je de onderzoeksvraag kunt beantwoorden.

*Wat voor experiment hadden de leerlingen bedacht om een antwoord te krijgen op deze onderzoeksvraag?*



### Wat gebeurt er? (Resultaten)

Wat gebeurt er tijdens een experiment? Wat zie, hoor, ruik, voel of proef je? De resultaten van het experiment schrijf je op of teken je na, zodat je ze later terug kunt lezen.

*Wat gebeurde er bij het onderzoek van de leerlingen?*



### Wat weet je nu? (Conclusie)

Aan de hand van je resultaten geef je antwoord op de onderzoeksvraag. Klopt het antwoord met je hypothese?

*De onderzoeksvraag bij de exhibit Luisterbuizen was: wat bepaalt de toonhoogte van geluid? Hoe hebben de leerlingen deze beantwoord? Klopte het antwoord met wat ze van tevoren hadden bedacht?*

De lengte van de buizen bepaalt de hoogte van het geluid. Het geluid wordt lager naarmate de buis langer is. Geluid is een trilling. Snelle trillingen geven een hoog geluid, langzame trillingen een laag geluid. Hoe langer de buis is, des te langzamer zijn de trillingen.

Vertel dat de leerlingen deze stappen vandaag gaan gebruiken als ze zelf aan de slag gaan als onderzoekers.

## Inleiding 5 minuten

De leerlingen hebben in NEMO ervaren dat wetenschappers voortbouwen op elkaars ontdekkingen en dat ontdekkingen van vroeger zo nog steeds een grote rol spelen in ons dagelijks leven. Ze gaan in deze les een ontdekking onderzoeken van Daniel Bernoulli, een wetenschapper die leefde in de 18e eeuw. Zijn ontdekking is vastgelegd in de wet van Bernoulli. Vraag aan de leerlingen of ze wel eens van Bernoulli hebben gehoord.

- Vertel aan de leerlingen dat ze starten met de stap **Verkennen**.



Neem een föhn en een pingpongbal; stel daarbij de volgende vragen en laat steeds na de vraag zien wat er gebeurt.

- Wat denken jullie dat er gebeurt als ik tegen het pingpongballetje blaas?  
*Het balletje vliegt een stukje in de blaasrichting en valt dan naar beneden.*
- Hoe komt dat?  
*Lucht heeft kracht. De lucht die je tegen het balletje aan blaast, heeft als hij dicht bij het balletje is eventjes meer kracht dan de zwaartekracht, daardoor vliegt het balletje eerst een stukje vooruit. Als de luchtstroom stopt, trekt de zwaartekracht het balletje naar beneden.*
- Wat denken jullie dat er gebeurt als ik dit pingpongballetje boven een föhn houd die aanstaat en het balletje voorzichtig in de luchtstroom laat vallen?  
*Het balletje blijft hangen in de luchtstroom.*
- Hoe komt dat?  
*Het heeft te maken met het verschil in luchtdruk tussen de stromende lucht van de föhn en de lucht erbuiten.*
- Wat gebeurt er als ik nu de föhn schuin houd?  
*Het balletje valt niet naar beneden, maar blijft in de luchtstroom hangen.*

Vertel dat dit de onderzoeksvraag wordt en schrijf hem op het bord.



### Wat gaan we onderzoeken?

Hoe kan het dat het balletje in de luchtstroom niet naar beneden valt als je de föhn schuin houdt?



### Wat denken de leerlingen?

Schrijf de hypothesen van de leerlingen op het bord.

### Aan de slag!

Vertel dat het tijd is voor een aantal experimenten.

## Opdrachten 15 minuten Werkblad



### Aan de slag

De leerlingen doen in tweetallen drie experimenten. Per groepje liggen er materialen voor drie experimenten klaar. Een groepje verdeelt zich in tweeën, de materialen worden om de beurt gebruikt. Bij ieder experiment hoort een werkblad. De leerlingen zijn ongeveer vijf minuten bezig met een experiment. Waarschuw de leerlingen als er vijf minuten voorbij zijn.

Spreek met de leerlingen af dat ze:

- *bij elk experiment het bijbehorende werkblad gebruiken om:*
  - de instructies te lezen;
  - hun antwoorden bij de onderzoekstappen op te schrijven of te tekenen.
- *na afloop presenteren wat ze gevonden hebben.*

Attentiepunten bij de experimenten:

- Experiment *Tussen ballonnen door blazen*:  
Gebruik een nieuw rietje voor iedere leerling (voor de hygiëne).
- Experiment *Een pingpongbal optillen zonder hem aan te raken*
  - Gebruik een nieuwe trechter of maak de trechter tussendoor schoon (voor de hygiëne).
  - Test de trechter van tevoren. Lukt het niet de bal op te tillen door te blazen, dan moet de steel iets verlengd worden, bijvoorbeeld met een rietje of een koker van papier.
  - Gebruik een rechte trechter, geen ronde.
- Experiment *Blazen over een boterhamzakje dat over een kom gespannen is*.
  - Het boterhamzakje moet goed plat liggen op de soepkom.
  - De leerlingen moeten het zakje niet vasthouden, maar los laten zitten.

## Bespreken 10 minuten

### Opdrachten werkblad



#### Resultaten

Vraag aan de leerlingen wat ze te weten zijn gekomen bij de verschillende experimenten. Laat per experiment een andere leerling zijn bevindingen demonstreren of vertellen aan de klas. Laat de leerling daarbij steeds de conclusie duidelijk benoemen.



#### Experiment *Hoe bewegen hangende ballonnen als je ertussendoor blaast?*

**Beschrijving:** De leerlingen blazen tussen twee hangende ballonnen door. Ze zien dat de ballonnen daardoor naar elkaar toe bewegen.

**Uitleg:** Door tussen de ballonnen door te blazen, creëren de leerlingen een luchtstroom tussen de ballonnen. Aan de buitenkanten naast de ballonnen staat de lucht stil. Stilstaande lucht heeft een hogere luchtdruk dan bewegende lucht. Vanaf de buitenkanten oefent de lucht dus druk uit op de ballonnen. Daarom worden ze naar elkaar toe geduwd.



#### Experiment *Hoe til je een pingpongbal op zonder hem aan te raken?*

**Beschrijving:** Leerlingen onderzoeken hoe ze het Bernoulli-effect kunnen gebruiken om een pingpongbal op te tillen met behulp van een trechter.

**Uitleg:** Veel leerlingen zullen proberen te zuigen aan de trechter met de pingpongbal eronder, om zo de bal vast te zuigen. Maar dit gaat niet of moeilijk. Als ze rekening houden met het Bernoulli-effect kunnen ze de pingpongbal optillen door de trechter helemaal over de pingpongbal te zetten en te blazen. Zo creëren ze een luchtstroom boven de pingpongbal en naast de pingpongbal, maar onder de pingpongbal staat de lucht nog stil. Bewegende lucht heeft een lagere druk dan stilstaande lucht. Ze kunnen de bal dan optillen doordat hij blijft liggen op het hogedrukgebied vlak onder de bal.



### Experiment *Hoe beweegt een over een kom gespannen boterhamzakje als je eroverheen blaast?*

**Beschrijving:** Leerlingen blazen over een boterhamzakje dat over een soepkom zit. Door het Bernoulli-effect komt het boterhamzakje omhoog.

**Uitleg:** Volgens de wet van Bernoulli is de luchtdruk laag waar de snelheid hoog is. De lucht boven het zakje stroomt snel en de lucht onder het zakje staat stil. Daarom heeft de bewegende lucht boven het zakje een lagere druk dan de stilstaande lucht in de soepkom. De stilstaande lucht oefent meer druk uit op het zakje en komt omhoog.

### **Afsluiting** 5 minuten **Wat weet je nu?**

Pak nog een keer de föhn en de pingpongbal erbij nadat de experimenten besproken zijn. Vraag aan de leerlingen of ze nu kunnen verklaren waardoor de pingpongbal in de luchtstroom blijft hangen.

### **Uitleg**

Tijdens het uitvoeren van de experimenten hebben de leerlingen ontdekt dat stilstaande lucht een hogere luchtdruk heeft dan stromende lucht. In de luchtstroom van de föhn stroomt de lucht, daaromheen staat de lucht stil. De stilstaande lucht drukt dus aan alle kanten tegen de pingpongbal. Daarom blijft de pingpongbal in de luchtstraal zweven.

De wetenschapper Daniel Bernoulli ontdekte in de 18e eeuw dat de druk van een gas (zoals lucht) afneemt naarmate de snelheid van het gas toeneemt. Andere wetenschappers hebben deze ontdekking gebruikt om verder onderzoek te doen. Deze kennis wordt bijvoorbeeld gebruikt bij het ontwerpen van vliegtuigvleugels. In de wetenschap bouwen wetenschappers voort op elkaars ontdekkingen. Zo komen we steeds meer te weten!



### **Verdieping**

Sluit de les af door ter verdieping een filmpje van Schooltv te laten zien. Ga naar [www.schooltv.nl](http://www.schooltv.nl) en gebruik de zoektermen: wet van Bernoulli.

## TIP

Laat de föhn en de pingpongbal de rest van de week liggen en geef leerlingen de kans om op een geschikt moment verder onderzoek te doen.