

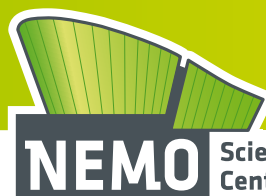
Energie

Lesmateriaal, onderbouw havo/vwo
Docentenhandleiding

Dit lesmateriaal is voor gebruik
in de klas én in NEMO



Science Center NEMO
Oosterdok 2
1011 VX Amsterdam
020 531 31 18
www.e-nemo.nl
boekingsbureau@e-nemo.nl



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 kerndoelen uit het curriculum van het voortgezet onderwijs.

Lesmateriaal *Energie*

Voor u ligt het lesmateriaal *Energie* van Science Center NEMO. Dit lesmateriaal is geschikt voor onderbouw havo/vwo. Na het uitvoeren van dit materiaal hebben de leerlingen op een leuke en actieve manier geleerd over energie en elektriciteit. Ze bekijken een film, beantwoorden vragen en maken zelf een elektromotor.

Doelgroep Onderbouw havo/vwo

Lesdoelen De leerlingen:

- maken kennis met de begrippen energie, elektriciteit en duurzaamheid;
- leren over de werking van een dynamo en elektromotor.

Kerndoelen De inhoud die dit lesmateriaal behandelt, sluit aan bij het leergebied Mens en Natuur, kerndoelen 28, 29, 30, 31, 32, en 33. Daarnaast zijn er raakvlakken met het leergebied Mens en Maatschappij, kerndoelen 36 en 42.

Inhoud Het materiaal bestaat uit vier modules:

- Een inleidende les over energie.
- Een bezoek aan NEMO tentoonstellingen over elektriciteit en duurzame energie met werkbladen.
- De workshop *Elektrische autorace* die u gratis voorafgaand aan uw bezoek aan NEMO kunt boeken.
- Een verdiepende les over de elektromotor.

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.

Leerlingmateriaal

- Document *Werkbladen in NEMO - Energie*
- Document *Werkbladen in de klas - Energie*

Docentenhandleiding

In deze docentenhandleiding zijn per module instructies opgenomen, die u helpen bij de voorbereiding en uitvoering. Ook wordt de opbouw van het lesmateriaal kort uitgelegd. Op de laatste pagina's vindt u aanvullende informatie met onder andere praktische informatie bij het bezoek aan NEMO.

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

Inhoud

Werken met het NEMO lesmateriaal - Het materiaal in één oogopslag 4

Werken met het NEMO lesmateriaal - Leerlijn *Onderzoekend Leren* 5

In NEMO

Energie exhibits in NEMO bezoeken 8

Een bezoek aan verschillende exhibits (tentoonstellingsonderdelen) in NEMO over elektrische energie en elektrisch vervoer. De leerlingen gebruiken hierbij de *Werkbladen in NEMO - Energie*. Deze werkbladen kunt u gratis downloaden van www.e-nemo.nl.

Workshop Elektrische autorace 14

De leerlingen maken onder begeleiding van een NEMO-medewerker een elektrische auto met eenvoudige materialen. De leerlingen ontdekken zo praktisch een toepassing van elektromotoren.

In de klas

Inleidende les *Energie op aarde* 16

Een inleidende les op school, waarbij de leerlingen een korte film kijken over energie op aarde en in de ruimte. Daarna beantwoorden de leerlingen vragen over energie en elektriciteit. De les wordt afgesloten met een stellingenspel.

Verdiepende les *Elektromotor maken* 19

Een verdiepende les op school. De leerlingen maken een elektromagneet en een elektromotor. De elektromotor en de dynamo spelen een onmisbare rol in het opwekken en het gebruik van elektriciteit.

Meer informatie - Achtergrondinformatie bij de inleidende les 22

Meer informatie - Praktische informatie voor uw bezoek aan NEMO 27

Meer informatie - Plattegrond NEMO 29

Werken met het NEMO lesmateriaal

Het materiaal in één oogopslag

In de docentenhandleiding wordt waar nodig verwezen naar de leerlingwerkbladen.

Docentenhandleiding

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

Lesbeschrijving

Uw leerlingen maken in deze les kennis met onderzoek doen en volgen net als wetenschappers verschillende stappen om hun ideeën te testen. In onderstaande opdracht worden deze stappen doorlopen aan de hand van een onderzoek met magneten. Op het werkblad worden de stappen met pictogrammen aangegeven.

Opdracht 1 Verkennen – Op verkenning

In opdracht 1 doen de leerlingen de eerste stap uit de onderzoekscyclus: verkennen. De leerlingen komen er in deze stap achter dat een magneet alleen metalen voorwerpen aantrekt en geen voorwerpen die gemaakt zijn van een ander materiaal. In de rest van het onderzoek gaan ze kijken naar magneten en metalen. In deze stap wordt de voorkennis van de leerlingen geactiveerd en komt u erachter wat de leerlingen al weten. Hier kunt u op inspelen.

Introduceer het onderwerp magneten door een brainstorm.

De centrale vragen:

- Welke magneten ken je? De leerlingen kennen vaak wel de koelkastmagneet, magneten voor op het bord en magneten in bordspelletjes voor onderweg.
- Waar worden ze voor gebruikt?
- Wat doet een magneet? De leerlingen weten meestal wel dat een magneet voorwerpen aan kan trekken.
- Trekt een magneet alle materialen aan? Dit kunt u op twee manieren aanpakken. Bij beide manieren vullen de leerlingen opdracht 1 op het werkblad *Magneten in*. De volgende materialen zijn nodig: kurk, kunststof dopje van een pen, potlood, stukje stof, haar elastiekje, spijker, paperclip.

1 Laat het de leerlingen zelf uitproberen. De leerlingen werken in groepjes. Geef elk groepje een magneet en de voorwerpen.

2 Doe dit klassikaal.

- Conclusie: Een magneet trekt metalen voorwerpen aan, en geen voorwerpen van een ander materiaal.

→ In de klas > werkblad magneten > opdracht 1

Opdracht 2 Onderzoeksvraag – Wat ga je onderzoeken?

In deze stap bepaalt u samen met de leerlingen de onderzoeksvraag. Meestal begint een onderzoek met een vraag om de wereld om ons heen beter te begrijpen. Soms alleen om meer kennis te hebben of te begrijpen hoe iets werkt, soms om een probleem op te lossen. Onderzoeksvragen mogen niet te breed zijn en hebben bij voorkeur een gesloten vorm.


De onderzoeksvraag: *Trekt een magneet alle metalen voorwerpen aan?*

De leerlingen schrijven de vraag op het werkblad bij opdracht 2.

→ In de klas > werkblad magneten > opdracht 2

Hypothese – Wat denk jij?

In deze stap bepaalt u samen met de leerlingen wat jullie denken dat het antwoord op de onderzoeksvraag is. Het is niet goed of fout, het is wat je denkt.

Onderzoeken | Groep 5-6  Leerkrachtenhandleiding | versie 08-2013 15

Het leerlingmateriaal bestaat uit twee documenten, één met werkbladen voor in de klas en één met werkbladen voor in NEMO.

De letter geeft aan over welke exhibit (tentoonstellingsonderdeel) de vragen op het werkblad gaan. Deze letter vindt u terug op de plattegrond.

Leerlingmateriaal 'werkbladen in NEMO'

Werkblad

1 Fluisteren op afstand

Vraag

Kun je een zacht geluid over een lange afstand nog horen?



Werkblad

Magneten

Opdracht 1 Verkennen

Welke voorwerpen trekt een magneet aan?

Voorwerp	Aangetrokken door de magneet	
	Wel	Niet
kurk		
plastic dopje van een pen		
potlood		
stukje stof		
haar elastiekje		
spijker		
paperclip		

Trekt een magneet alle voorwerpen aan?

Opdracht 2 Wat ga je onderzoeken?



Wat denk jij?

Deze pictogrammen geven aan bij welke stap van onderzoeksproces de leerling is.

Leerlingmateriaal 'werkbladen in de klas'

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

Energie



Energie exhibits bezoeken 8

Workshop *Maak een elektrische auto* 14

Energie exhibits bezoeken

U gaat met de klas naar NEMO, daar onderzoeken de leerlingen verschillende exhibits (tentoonstellingsonderdelen) over elektrische energie en elektrisch vervoer. Hoe kun je elektriciteit opwekken? Hoe kun je elektrische energie gebruiken om een voertuig te bewegen?

Belangrijkste informatie op een rijtje

- Locatie** In NEMO
- Tijdsduur** ongeveer 30 minuten
- Lesdoelen** De leerlingen:
- maken kennis met verschillende methoden van elektriciteit opwekken;
 - maken kennis met de werking van een elektromotor;
 - zien en bedenken de voor- en nadelen van elektrisch vervoer.
- Vorbereiding** Kopieer voor alle leerlingen *Werkbladen in NEMO – Energie*. Laat de leerlingen potloden meenemen (liever geen pennen in NEMO). Regel voldoende begeleiders (1 per 10 leerlingen). Kopieer voor elke begeleider de informatie voor begeleiders uit deze handleiding.
- Materialen** Voor elke leerling:
- *Werkbladen in NEMO – Energie*. Dit is gratis te downloaden van www.e-NEMO.nl.
 - Potlood (liever geen pennen in NEMO).
- Voor elke begeleider:
- De informatie voor begeleiders.
 - De plattegrond van NEMO. Deze vindt u achterin deze handleiding bij *Meer informatie*.
- Organisatie van de les** Het thema van deze werkbladen is elektrische energie opwekken en gebruiken. De *Werkbladen in NEMO – Energie* bestaan uit twee delen. Deel 1 gaat over elektriciteit opwekken, deze exhibits zijn te vinden op de eerste en tweede verdieping. Deel 2 gaat over elektrisch vervoer, de exhibits zijn te vinden op de vierde verdieping. Om ervoor te zorgen dat niet alle leerlingen tegelijk bij één exhibit staan, deelt u de klas in twee groepen in. Groep één begint bij de tentoonstellingen op de eerste en tweede verdieping en groep twee begint op de vierde verdieping.

Tip

Kijk bij *Meer informatie* voor praktische tips over uw bezoek aan NEMO met de klas.

Informatie voor de begeleider

NEMO gaat om 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

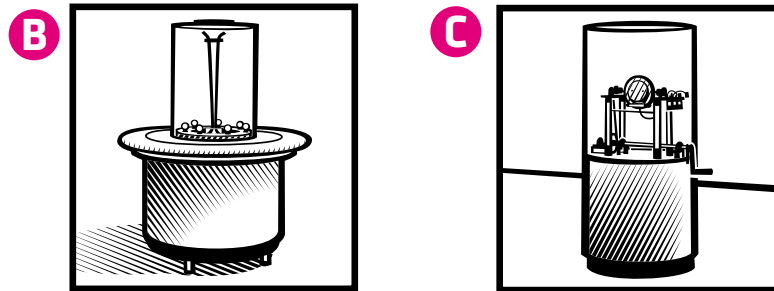
In de werkbladen maken we gebruik van de didactiek *Onderzoekend Leren*. Hierin komen steeds één of meer van de volgende stappen van onderzoek terug:

- **Wat is de onderzoeksvraag?** 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.

Antwoorden op de werkbladen in NEMO

Werkblad **Elektriciteit exhibits**

Met de volgende exhibits kun je elektriciteit opwekken:



De andere twee exhibits gebruiken wel elektriciteit, maar wekken dit niet zelf op. De gebruikte energie is afkomstig van het lichtnet.

Hoe heb je bij deze exhibits elektriciteit opgewekt?

- Door ergens aan te draaien of door het gebruik van spierkracht.

Hoe noem je deze vorm van energie?

- Bewegingsenergie of spierkracht.

Wat zijn de resultaten?

Exhibit A *Onder hoogspanning*

Je ziet vonken.

Exhibit B *Hete bliksem*

Er gaan lampjes branden en je ziet vonken.

Exhibit C *Elektriciteit maken*

Er gaat een lampje branden.

Exhibit D *De springende ring*

De ring springt omhoog.

Meer weten!

De exhibit *Elektriciteit maken* (C), bestaat uit een spoel van gewikkeld (rood) koperdraad. In het midden zitten een aantal magneten die kunnen draaien in de spoel. Als ze draaien ontstaat er elektrische energie. De opgewekte elektrische energie laat drie lampjes branden.

Bij *Hete bliksem* is de elektriciteit zichtbaar als vonken, je kan in deze exhibit niet zien waar de elektriciteit wordt opgewekt. Maar ook hiervoor is een beweging nodig om het op te wekken.

Werkblad **Elektriciteit opwekken**

Aan de slag!

Bij *Spiegeltje, spiegeltje in de hand* zetten zonnepanelen licht om in elektriciteit. Het is een opstelling waarbij lichtbundels met een spiegel op vliegtuigjes met zonnepanelen worden gericht. De propellers van de vliegtuigjes gaan dan draaien. Wanneer de propellers van meerdere vliegtuigjes draaien is er genoeg stuwkracht om ze ook voort te bewegen.

Waterkracht werkt met hetzelfde principe als de exhibits op de eerste verdieping. Deze zet ook een beweging om in elektriciteit. Het is een grote waterval met waterraden. Als er water langs een waterrad stroomt, gaat deze draaien. Boven de waterval hangen een aantal displays waarop met kleuren de energieopbrengst is te zien. Hoe harder de raden draaien, hoe hoger de energieopbrengst.

Bedenk twee voorbeelden hoe je in het dagelijks leven gebruik kunt maken van deze twee vormen van energie opwekken:

- Antwoorden zijn afhankelijk van de leerlingen. Mogelijke antwoorden zijn:
 - Zonnepanelen op je huis.
 - Een lantarenpaal die op zonnepanelen werkt.
 - Bij een stuwdam, of een waterrad.
 - Een dynamo op een fiets.

Werkblad **Elektrisch vervoer: E-scooter**

Aan de slag!

De elektromotor zit in het wiel.

Bekijk dit onderdeel goed. Leg uit hoe jij denkt dat het werkt:

- Hier vullen de leerlingen in wat zij denken.

Een elektromotor bestaat uit magneten en wikkelingen van koperdraad. Als er elektriciteit door koperdraad loopt, wordt dit magnetisch. Hierdoor trekt het koperdraad de magneten aan; het wiel gaat draaien. Een dynamo bestaat ook uit magneten en koperdraad, maar wekt juist elektriciteit op. Hieronder zijn de energieomzetting in een dynamo en een elektromotor schematisch weergegeven.

Beweging → Dynamo → Elektriciteit

Elektriciteit → Elektromotor → Beweging

Probeer twee overeenkomsten tussen een dynamo en de elektromotor te benoemen:

- In beiden zit koperdraad en magneten.
- Ze hebben allebei te maken met energie en beweging.

Werkblad **Elektrisch vervoer: Elektrische auto's**

Aan de slag!

	Witkar	City El
Hoeveel personen kunnen erin?	twee	één
Wat is de maximale snelheid?	30 km/u	50 km/u
Wat is de maximale afstand op volle accu?	15 km (een half uur rijden met 30 km per uur)	50 km
Wat is de oplaadtijd?	7 minuten	(Niet vermeld)
Zijn er overige kenmerken?	Mislukt project. Kunnen twee personen in.	Wordt nog steeds gemaakt. Driewieler. Kan maar één persoon in.

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

- Antwoord is afhankelijk van de leerling.

Conclusie

Verklaar met behulp van deze teksten waarom elektrische auto's de laatste jaren steeds populairder worden.

- Antwoorden afhankelijk van de leerlingen. Verschillende redenen zijn:
 - In 1990 werd de Clean Air Act ondertekend, een wet om luchtvervuiling tegen te gaan. Eén van de maatregelen is om uiteindelijk alle auto's te verbieden die schadelijke stoffen uitstoten. Dit opent de markt voor elektrische auto's.
 - De documentaire *An inconvenient truth* komt in 2006 uit, deze film draagt bij aan een groter klimaatbewustzijn.
 - Brandstof wordt steeds duurder.

Meer weten!

Voor- en nadelen van de elektrische auto.

Voordelen

Elektriciteit kun je duurzaam opwekken, bijvoorbeeld met zonnepanelen, windenergie, etc.

Geen CO₂ uitstoot – mits de elektriciteit duurzaam is opgewekt.

Optrekken gaat snel (Sommige elektrische auto's kunnen in 4 seconden tot 100 km/uur optrekken.)

Een elektrische auto is stil. De auto zorgt dus niet voor geluidsoverlast.

Energie die vrijkomt bij remmen kan worden opgeslagen.

Je hoeft niet te schakelen.

Nadelen

Het duurt lang om een auto op te laden. De snelste laadtijd voor een accu met genoeg vermogen is 15 minuten, echter deze is nog niet in productie genomen.

Duurzaam opwekken is afhankelijk van beschikbaarheid bron (de zon moet schijnen of het moet waaien).

De 'actieradius' (maximaal af te leggen afstand) van een elektrische auto is veel lager (200 km) dan van een benzineauto (600 km).

Doordat hij geen geluid maakt, hoor je hem niet aankomen.

Workshop *Elektrische autorace*

De leerlingen maken onder begeleiding van een NEMO-medewerker een elektrische auto. De elektrische auto is een alternatief voor traditionele auto's die op benzine, gas of diesel rijden. Het elektrische autootje dat de leerlingen maken wordt aangedreven door een batterij. De leerlingen kunnen kiezen om de energie van de batterij met behulp van tandwielen of een propeller om te zetten in beweging.

Belangrijkste informatie op een rijtje

Locatie	In NEMO
Tijdsduur	60 minuten
Lesdoelen	De leerlingen leren: <ul style="list-style-type: none">• op een praktische manier een werkende elektrische auto te maken;• maken kennis met technische principes, onder andere een elektrische stroomkring en verschillende manieren om beweging over te brengen.
Vorbereiding	Geen
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. Voor contactgegevens, zie het hoofdstuk *Praktische informatie voor uw bezoek aan NEMO*.

Energie



Inleidende les *Energie op aarde* 16

Verdiepende les *Elektromotor maken* 19

Inleidende les *Energie op aarde*

Waarvoor gebruik je energie? Wat is het verschil tussen elektriciteit en energie? En waar halen wij over 100 jaar onze energie vandaan? Over deze en andere vragen over energie op aarde gaat deze inleidende les. De leerlingen onderzoeken dit onderwerp aan de hand van een film, een werkblad en een stellingenspel.

Belangrijkste informatie op een rijtje

Locatie	In de klas
Tijdsduur	45 minuten
Lesdoelen	De leerlingen: <ul style="list-style-type: none">• maken kennis met de begrippen energie en elektriciteit;• maken kennis met de energievoorziening op aarde;• maken onderscheid tussen duurzame en niet-duurzame energie;• leren voor- en nadelen van duurzame energie tegen elkaar af wegen.
Vorbereiding	Neem het lesmateriaal door en bekijk de film. Kopieer voor elke leerling of per groepje: <i>Werkbladen in de klas - Energie op aarde</i> .
Materialen	Per leerling of groepje: <ul style="list-style-type: none">• Werkblad - <i>Energie op aarde</i>• Computer met internet• De film <i>Energie op aarde</i>. Deze kunt u vinden op www.e-nemo.nl.
Organisatie van de les	De leerlingen bekijken de film <i>Energie op aarde</i> . Daarna vullen ze het werkblad <i>Energie op aarde</i> in. De les wordt afgesloten met een stellingenspel.

Lesbeschrijving

Inleiding **Film *Energie op aarde* bekijken**

Bekijk de film *Energie op aarde* klassikaal. De film gaat in op het begrip energie en wat de problemen zijn met de huidige energievoorziening. Daarnaast wordt ruimtevaart aangehaald als 'good practice' voor wat er mogelijk is met duurzame energie.

Opdracht **Werkblad *Energie op aarde***

Op het werkblad *Energie op aarde* beantwoorden de leerlingen individueel, per tweetal of in een groepje verschillende vragen over energie, elektriciteit, fossiele brandstoffen en duurzame energiebronnen. Ze zoeken op internet naar voor- en nadelen van duurzame en niet duurzame energiebronnen. Deze informatie kunnen de leerlingen gebruiken bij het bespreken van de stellingen.

De antwoorden op de vragen verschillen per leerling, in de bijlage vindt u achtergrondinformatie over energie.

Stellingen **Duurzaam?**

De leerlingen hebben aan de hand van het werkblad nagedacht over energie en energiegebruik. Bij de laatste opdracht hebben ze een aantal voor- en nadelen van verschillende energiebronnen opgezocht. Deze informatie kunnen ze gebruiken als achtergrondinformatie bij de stellingen.

Op de volgende bladzijde vindt u vijf stellingen. Lees een stelling voor. De leerlingen kiezen of ze het eens, oneens of neutraal zijn. Dit doen ze door naar een bepaald deel van de klas te lopen. De linkerkant is eens, het midden neutraal en de rechterkant oneens. Als iedereen een keuze heeft gemaakt vraagt u verschillende leerlingen naar hun argumenten.

Als u een aantal voor- en tegen argumenten heeft gehoord laat u de leerlingen nogmaals kiezen of ze het eens, neutraal of oneens zijn met de stelling. Als er leerlingen van mening zijn veranderd kunt u vragen hoe dat komt.

De stellingen

Nederland moet het tekort aan energiebronnen oplossen door over te stappen op kernenergie.

Het heeft helemaal geen zin om zelf thuis energie te besparen.

Windmolens zijn lelijk, ze moeten niet langer gebouwd worden.

Energieslurpende apparaten moeten worden afgeschaft.
(Zoals terrasverwarmers, droger, onzuinige auto's etc.)

Mensen moeten een energiequotum krijgen, dan mag je per persoon maar een bepaalde hoeveelheid energie verbruiken.

U kunt de stellingen ook op andere manieren gebruiken. Bijvoorbeeld in een debat of klassikale discussie. Of u wijst de leerlingen van te voren een stelling of standpunt toe dat ze moeten verdedigen.

Verdiepende les *Elektromotor maken*

De leerlingen maken een elektromagneet en een elektromotor. In deze les worden de toepassingen van elektriciteit gekoppeld aan het natuurkundige concept elektromagnetisme.

Locatie In de klas

Tijdsduur 2 lessen van 45 minuten of 1 les van 70-90 minuten

Lesdoelen De leerlingen:

- maken kennis met de relatie tussen elektriciteit en magnetisme;
- leren het principe van een elektromotor kennen;
- koppelen een belangrijke uitvinding aan een natuurkundig fenomeen.

Vorbereiding Verzamel de materialen en kopieer de werkbladen *Elektriciteit en magnetisme* en *Elektromotor maken* per tweetal.

Materialen *Werkblad in de klas - Elektriciteit en magnetisme* per tweetal:

- koperlakdraad, of dun koperdraad met isolatie (1-2 meter)
- ijzeren spijker met diameter c.a. 5 mm (Let op dat de spijker van ijzer is. U kunt dit controleren door een magneet in de buurt van de spijker te houden. Roestvrij staal is ongeschikt.)
- batterij 4,5 V
- 2 paperclips
- speld
- schaar
- PVC pijp van 5 cm lang
- optioneel: magneet en spanningsmeter

Werkblad in de klas - Elektromotor maken per tweetal:

- batterij 4,5 V
- koperlakdraad, of dun koperdraad met isolatie (1-2 meter)
- 2 stroomdraadjes (30 centimeter)
- 4 paperclips
- kartonnen of plastic bekertje
- plakband
- 4 platte magneetjes
- schaar
- permanent marker

Organisatie van de les De les begint met een klassengesprek over het bezoek aan NEMO. Daarna onderzoeken de leerlingen door middel van twee activiteiten het verschijnsel elektromagnetisme. Eerst maken ze een elektromagneet, daarna een elektromotor.

Lesbeschrijving

Inleiding **Bezoek aan NEMO bespreken**

Vraag de leerlingen wat ze nog weten van het bezoek aan NEMO. Stuur de leerlingen richting inhoudelijke zaken die ze in NEMO hebben geleerd. Schrijf een samenvatting op het bord. Deze samenvatting kan bestaan uit de volgende onderdelen:

- Elektriciteit kun je op meerdere manieren opwekken en op meerdere manieren gebruiken.
- Met een dynamo kun je elektriciteit opwekken uit beweging.
- Met een elektromotor kun je elektriciteit omzetten in beweging.
- Een elektrische auto heeft een elektromotor.
- In alles wat ze gezien en gedaan hebben in NEMO komt één principe steeds terug: het natuurkundig verband tussen elektriciteit en magnetisme. (In de elektromotor en de dynamo.)

Werkblad **Elektriciteit en magnetisme**

De leerlingen maken in tweetallen het werkblad *Elektriciteit en magnetisme*. Ze maken een spoel om een pvc pijp. Zodra er spanning op de spoel staat, ontstaat een magneetveld. De grote spijker dient als ijzeren kern, die het magneetveld versterkt.

Optioneel: De spoel kan ook dienen als dynamo. Als je een magneet door de spoel laat vallen, ontstaat elektrische stroom in de spoel. Dit kunt u demonstreren door een spanningsmeter aan te sluiten op de spoel. Zet de spanningsmeter op wisselspanning. De spanning is heel licht: in de orde van enkele millivolt.

Werkblad **Elektromotor maken**

De leerlingen maken per tweetal het werkblad *Elektromotor maken*. Het kan zijn dat de elektromotor niet direct bij iedereen werkt. Hieronder staan een aantal mogelijke oorzaken hiervoor.

- De draadspoel is niet goed in balans.
- Er zit toch nog een beetje lak op het koperdraad.
- Eén helft van de koperdraad is nog niet zwart genoeg gekleurd of de draad is juist helemaal zwart gekleurd.
- De draadspoel raakt de magneet, of staat er juist te ver vanaf.
- De stroomdraden zijn niet goed aangesloten op de batterij. (De stroomdraden zijn losgeschoten.)

Afsluiting **Werkbladen bespreken**

Sluit de les af door de werkbladen met de leerlingen te bespreken. Stel de volgende vragen:

- Wat heb je van de experimenten geleerd?
- Wat is elektromagnetisme?
- Waarvoor zou je zo'n elektromotor kunnen gebruiken?

Laat eventueel een filmpje van een dynamo en/of een elektromotor zien.

Meer informatie



Achtergrondinformatie - Inleidende les *Energie op aarde* 22

Praktische informatie voor uw bezoek aan NEMO 27

Plattegrond van NEMO 29

Achtergrondinformatie bij de Inleidende les

Energie

In de natuurkunde betekent energie: de mogelijkheid om arbeid te verrichten. Algemeener: de mogelijkheid om een verandering te bewerkstelligen. Energie kent vele verschijningsvormen. Licht, warmte en beweging zijn direct waarneembaar. Andere energievormen zijn: zwaarte-energie, elektrische energie, (bio)chemische energie en kernenergie. Deze zijn niet makkelijk met het blote oog waar te nemen.

Elektriciteit opwekken

De energie die je thuis gebruikt, bestaat bijna altijd uit warmte of elektriciteit. Warmte komt vaak van een geiser of een combiketel. De elektriciteit wordt meestal buitenshuis opgewekt in een energiecentrale. De meeste energiecentrales zetten een beweging om in elektrische energie met een hele grote dynamo, een generator. De draaibeweging komt van turbines, machines die draaien met behulp van stromende vloeistof of gas. In kolen- of gascentrales gebruikt men stoom- en gasturbines. Ook in stuwdammen en windmolens zitten turbines. Zonnepanelen, die licht direct omzetten in elektriciteit, zijn hierop een uitzondering.

Duurzaamheid

Duurzaamheid is een term die veel gebruikt wordt in combinatie met energie. Letterlijk betekent duurzaam 'lang durend', of 'lang meegaand'. In combinatie met energie gaat het over een energiebron die langdurig in de behoefte van de mens voorziet, zonder afval achter te laten.

Fossiele brandstoffen

Fossiele brandstoffen zijn steenkool, aardolie en aardgas. Ze zitten in de grond en worden door de mens omhoog gehaald. Bij verbranding komt verbranding koolstofdioxide (CO₂) als afvalstof vrij, na verbranding zijn deze brandstoffen voorgoed verdwenen. Koolstofdioxide is een broeikasgas en heeft als eigenschap dat het infrarode straling omzet in warmte. Zonder broeikasgassen zou de straling van de zon meteen weer de ruimte in gaan en zou de temperatuur op aarde enkele tientallen graden onder nul zijn. Dankzij broeikasgassen is er een leefbare temperatuur. Maar door verbranding van fossiele brandstoffen neemt de CO₂ concentratie in de atmosfeer toe, waardoor de temperatuur op aarde te hoog kan worden. Fossiele brandstoffen zijn volgens bovenstaande definitie niet duurzaam.

Hoe lang nog fossiele brandstoffen?

Een voorzichtige schatting is dat we nog 100 tot 200 jaar gebruik kunnen maken van fossiele brandstof. Schattingen over de wereldwijde voorraad veranderen regelmatig. Er worden nog steeds nieuwe olie- of gasvelden gevonden, of bestaande velden blijken veel groter of kleiner te zijn dan gedacht. Maar het ophalen van fossiele brandstoffen wordt nu al moeilijker. Men zal steeds meer gebruik moeten maken van olie en gas dat moeilijker toegankelijk is, zoals schaliegas. Als gevolg hiervan stijgen de energieprijzen. Verder is de voorraad niet gelijk verdeeld over de wereld. Hierdoor worden sommige landen voor hun energievoorziening afhankelijk van landen die wel fossiele brandstofvoorraden hebben.

Kernenergie

Bij een kernreactie wordt massa van atoomkernen omgezet in extreem veel energie. Ter vergelijking: een colablikje verrijkt uranium kan net zoveel energie leveren als meer dan honderd treinwagons met steenkool. Kernreacties geven geen CO₂ uitstoot. Wel leveren ze radioactief afval op en de grondstoffen uranium, plutonium en thorium zullen ook ooit opraken. Kernenergie is dus niet duurzaam omdat het afval achterlaat. Er wordt wel onderzoek gedaan naar kernreacties waar gebruik gemaakt wordt van waterstof. Waterstof is bijna oneindig voorradig en hierbij komt het onschadelijke helium vrij. Deze kernreactie vindt ook plaats in de zon. Wetenschappers voorspellen dat het pas in de tweede helft van de 21e eeuw mogelijk is om deze methode te gebruiken voor commerciële energiewinning.

Duurzame energiebronnen

De zon is verreweg de meest gebruikte duurzame energiebron. Zonnestralen bevatten veel energie. Op aarde valt ongeveer 9000 keer zoveel zonlicht als alle aardbewoners samen aan energie nodig hebben¹. Maar ook andere natuurlijke energiebronnen als waterkracht en wind danken hun energie uiteindelijk aan de zon. De zon warmt de oceaan op. Het verdampte water kan als neerslag op land terecht komen waarna het terugstroomt naar zee. Ook de atmosfeer warmt op door de zon. Hierdoor ontstaan drukverschillen waar wind uit voortkomt.

Een andere duurzame bron is aardwarmte. Ongeveer 99 procent van de aarde is warmer dan 1000 graden². Deze warmte is nog over van het ontstaan van de aarde en uit radioactief verval in de aarde. De warmte kan men rechtstreeks gebruiken, of gebruiken om generatoren te laten draaien.

¹ Bron: www.kennislink.nl/publicaties/energie-door-zonnepanelen-in-de-ruimte

² Bron: www.kennislink.nl/publicaties/energie-door-zonnepanelen-in-de-ruimte

Biobrandstof

Biobrandstof is direct uit planten en dierlijke producten (indirect ook afkomstig van planten) te halen. Ze zijn chemisch gezien vergelijkbaar met fossiele brandstoffen. Verbranding levert dus wel CO₂ uitstoot op, maar omdat bij de productie CO₂ uit de lucht gehaald wordt, zou er netto geen CO₂ uitstoot moeten zijn. Men noemt deze brandstoffen CO₂ neutraal. Het kost zeer veel landbouwgrond om grote hoeveelheden biobrandstof te produceren. Deze landbouwgrond gaat ten koste van landbouw voor voeding en oerbossen. Er wordt wel onderzoek gedaan naar biobrandstof uit algen in aquaria, die je overal kunt neerzetten. Maar op dit moment is het rendement nog zeer laag.³

Nadelen van duurzame energie

Duurzame energiebronnen zijn helaas niet zomaar te gebruiken. Je moet ze meestal omzetten naar elektrische energie met bijvoorbeeld relatief dure windmolens of zonnepanelen. Op dit moment zijn fossiele brandstoffen goedkoper en makkelijker in gebruik.⁴

Verder moet men bij deze duurzame energiebronnen meer gebruik maken van het elektriciteitsnet als transporteur voor energie. Het elektriciteitsnet heeft hiervoor nu nog onvoldoende capaciteit, want energie voor verwarming en voor auto's (ongeveer 80 procent van het totaalgebruik) komt nu nog vooral van brandstof.

Het laatste nadeel is dat vraag en aanbod niet op elk moment overeenkomen. Een simpel voorbeeld: we willen een lamp laten branden in het donker, maar we kunnen alleen overdag zonne-energie opwekken. Dit is vooral een groot probleem in de transportsector. Voertuigen gebruiken in korte tijd veel energie en ze moeten snel kunnen opladen. Er moet ergens een energiebuffer zijn om een overschot in aanbod op te vangen die snel inzetbaar is bij een tekort.

Chemische opslag van energie

De meeste schone energiebronnen leveren elektriciteit. Windmolens, stuwmeren en zonnepanelen zijn de bekendste voorbeelden. Elektriciteit zelf kun je vrijwel niet opslaan. Wel kun je het omzetten in chemische energie. Voorbeelden van chemische energieopslag uit elektriciteit zijn accu's en waterstof. Accu's zijn relatief duur, zitten vol met giftige stoffen, hebben een beperkte levensduur en hebben in vergelijking met fossiele brandstoffen een veel lagere energiedichtheid (joule per kilogram stof). Waterstofgas kan gemakkelijk gemaakt worden uit water en het kan vervoerd worden via leidingen. Maar waterstofgas heeft bij atmosferische druk een veel lagere

³ Bron: www.kennislink.nl/publicaties/van-algen-tot-_algae_

⁴ Bron: www.kennislink.nl/publicaties/kernenergie-de-feiten-volgens-ecm

energiedichtheid dan aardgas en de leidingen die nu onder de grond zitten zijn te poreus voor waterstofgas. Verder is het mogelijk om in de grond warm of koud water in reservoirs op te slaan. Het warme water wordt in de zomer opgeslagen. In de winter wordt dit warme water omhoog gepompt en gebruikt om de huizen te verwarmen.⁵

Smart Grid

Een goede manier om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen is gebruik maken van een slim energienetwerk, een Smart Grid. Elk apparaat en elke leverancier worden dan uitgerust met een computer die het gebruik of de levering regelt en afstemt met de andere apparaten in het netwerk. De apparaten 'vragen' alleen energie wanneer het aanbod groot genoeg is. Een elektrische auto die de hele dag op het smart grid staat te laden, zal dan vooral opladen als het hard waait of de zon schijnt. En aanbieders kunnen hun productie omlaag brengen, of hun overproductie in een buffer opslaan als de vraag laag is. Er wordt op kleine schaal in woonwijken mee geëxperimenteerd. Een smart grid vereist wel een grondige aanpassing van het energienetwerk plus aangepaste regelgeving op het gebied van energiehandel.⁶

Feiten en weetjes over energie⁷

Energiegebruik huishoudens:

- Een kWh is de energie die een apparaat van 1000 watt (1 kW) gebruikt in een uur. Een gloeilamp van 50 W gebruikt dus 1 kWh als hij 20 uur aanstaat. Grootverbruikers zijn de waterkoker (2000 W), de magnetron (1000 W), en de auto (20 – 60 kW).
- Een gemiddeld huishouden in Nederland gebruikt jaarlijks zo'n 3500 kWh aan elektriciteit en 1600 m³ gas (Milieu Centraal, 2013). De 1600 m³ aan gas komt overeen met ongeveer 14.000 kWh energie.
- Een gewone personenauto rijdt gemiddeld 14 kilometer op 1 liter brandstof (Milieu Centraal, 2013). 1 liter brandstof bevat ongeveer 8 tot 10 kWh aan energie (afhankelijk van het soort brandstof). Een auto die jaarlijks 20.000 km rijdt, gebruikt per jaar dus ongeveer 13.000 kWh aan energie.

Energiebronnen:

- Een zonnecelsysteem van 10 m² levert jaarlijks zo'n 1200 kWh aan energie (Milieucentraal, 2013). Om alleen aan de elektriciteitsbehoefte te voldoen, heeft een gemiddeld huishouden dus 30 m² aan zonnepanelen nodig. Ze moeten dan wel onder de juiste hoek naar het zuiden toe geplaatst worden. Dit kan niet op elk dak.

5 Bron: www.kennislink.nl/publicaties/mmb-energieopslag-in-bodem-veilig

6 Bron: www.kennislink.nl/publicaties/hoe-maak-je-een-grid-smart

7 Bronnen: www.kennislink.nl, www.milieucentraal.nl, www.ecn.nl

- De grootste windmolens kunnen tot wel 8 miljoen kWh per jaar aan energie leveren (Milieu Centraal 2013). Hiermee kunnen zo'n 2300 huishoudens van elektriciteit worden voorzien.
- Een hectare landbouwgrond levert jaarlijks enkele duizenden liters alcohol of olie op. De hoeveelheid hangt sterk af van het gebruikte gewas en het soort brandstof. Om alle auto's in Nederland te voorzien van biobrandstof van eigen bodem, zullen alle boeren in Nederland hiervoor hun landbouwgrond ter beschikking moeten stellen.
- Kolencentrales stoten 815 tot 1153 gram CO₂ uit per kWh. Europese kerncentrales zitten op 8 tot 32 gram CO₂ per kWh. Bij windenergie ligt dat emissiecijfer tussen de 6 en 23 en bij zonnepanelen van de huidige generatie tussen 30 en 100 (Kennislink, 2007). De reden dat de andere energieën toch voor uitstoot zorgen is de productie en distributie van materialen.
- Stroom uit kolencentrales kost 2 tot 5,6 cent per kWh. Kernenergie kost ongeveer 3,1 tot 8 cent per kWh en windenergie op land 4,1 tot 8,4 cent (Kennislink, 2007). Wel is de ontwikkeling van deze prijzen natuurlijk sterk afhankelijk van zaken als brandstofkosten en de ontwikkeling van nieuwe technologie.

Vervoer:

- Een personenauto op fossiele brandstof legt gemiddeld zo'n 600 kilometer af op een volle tank. Een elektrische auto slechts 170 kilometer op een volle accu. Maar meer dan 90 procent van alle autoritten zijn onder de 50 kilometer en zouden dus met een elektrische auto gereden kunnen worden (Milieu Centraal, 2013)
- Een elektrische personenauto heeft minimaal een half uur nodig om volledig op te laden (Kennislink, 2011).
- Een elektrische auto is het meest duurzaam als alle energie wordt opgewekt door duurzame bronnen. Maar zelfs als een elektrische auto wordt opgeladen met energie uit een kolencentrale, is de uitstoot van CO₂ nog altijd 40 procent lager dan een vergelijkbare auto (Milieu Centraal, 2013) op fossiele brandstof. Een elektromotor is namelijk zuiniger met energie dan een verbrandingsmotor.
- Een hybride auto rijdt op brandstof en op elektriciteit. De elektrische energie wordt opgewekt door de energie die bij het remmen vrijkomt. Dit hergebruik van energie zorgt ervoor dat een hybride auto bijna twee maal zo zuinig is als een gewone personenauto. Sommige hybride auto's kunnen ook via netstroom worden opgeladen.

Praktische informatie voor uw bezoek aan NEMO

Speciaal schooltarief

Leerlingen voortgezet onderwijs € 6,50

Begeleiders gratis

Betalen met Cultuurkaart is mogelijk.

Reserveren kan via het boekingsformulier. U kunt ons natuurlijk ook bellen.

Gratis begeleiders mee

NEMO vindt het heel belangrijk dat er voldoende begeleiders meegaan met de leerlingen. Begeleiders mogen daarom gratis naar binnen. We hanteren de stelregel: minimaal één begeleider op tien leerlingen, maar liever één begeleider op zes leerlingen.

- Scholen worden verzocht vooraf te boeken, alleen dan betaalt u ons schooltarief.
- Een schoolbezoek duurt ongeveer 2-3 uur.
- Begeleide workshops zijn gratis, mits deze vooraf gereserveerd zijn.
- Tickets voor schoolbezoek kunt u op de dag zelf afrekenen bij de kassa met pin of contant.
- Rugzakken, tassen en jassen worden opgehangen in de garderobe. Hier zijn ook kluisjes aanwezig voor waardevolle bezittingen.
- Voor scholen zijn enkele garderobekisten beschikbaar. Deze zijn geschikt voor 30-60 jassen / tassen.
- Gebruik is gratis, u betaalt alleen een borg van € 10,00. Vraag ernaar bij de kassa.
- Iedere dag vindt twee keer een voorstelling *Kettingreactie* (duur: 15 minuten) plaats, onder voorbehoud om 12.15 uur en 15.00 uur.

Openingstijden

NEMO is van dinsdag t/m zondag geopend van 10.00-17.00 uur. Voor afwijkende openingstijden zie onze website; www.e-nemo.nl.

Eten en drinken

Eten en drinken kan op verdieping 2 en verdieping 5. Eigen meegebrachte consumpties kunnen genuttigd worden in de daarvoor geschikte ruimtes of op ons dak. Het is ook mogelijk om vooraf kant-en-klare lunchpakketjes te bestellen bij het boekingsbureau.

Bereikbaarheid



Openbaar vervoer

NEMO is het eenvoudigst te bereiken per openbaar vervoer en ligt op nog geen kwartier lopen van Amsterdam CS. Of neem vanaf het station bus 22 en 48 en stap uit bij Halte Kadijksplein. Vanaf hier is het nog een paar minuten lopen.

Parkeren

NEMO heeft geen eigen parkeerplaatsen. Er zijn verschillende parkeergarages in de buurt. Zie www.e-NEMO.nl.

Touringcar

Touringcars kunnen parkeren op de speciale parkeerplaats voor bussen: P2 aan de Prins Hendrikkade richting Centraal Station. Wilt u de touringcar eerst de leerlingen laten afzetten, dat kan op de westkade naast NEMO, maar niet bij reguliere bushaltes of ergens anders langs de Prins Hendrikkade.

**Boekingsbureau
Science Center NEMO**
Oosterdok 2
1011 VX Amsterdam
020-5313118
[boekingsbureau@
e-nemo.nl](mailto:boekingsbureau@e-nemo.nl)

Plattegrond van NEMO

Op deze plattegrond kun je zien waar je moet zijn om een werkblad in te vullen. De letters op de plattegrond staan ook op de werkbladen.



Verdieping 1

Werkblad - *Elektriciteit exhibits*

- A** Onder hoogspanning
- B** Hete bliksem
- C** Elektriciteit maken
- D** De springende ring



Verdieping 2

Werkblad - *Elektriciteit opwekken*

- E** Spiegeltje, spiegeltje in de hand
- F** Waterkracht



Verdieping 4

Werkblad - *Elektrisch vervoer: E-scooter*

Werkblad - *Elektrisch vervoer: Elektrische auto's*

- G** E-Scooter
- H** Witkar
- I** City El
- J** Smart Transport

Colofon

© Science Center NEMO

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.

Energie is mede mogelijk gemaakt door de Nederlandse ruimtevaartorganisatie NSO als onderdeel van hun educatieve missie en programma voor het primair en voortgezet onderwijs. In opdracht van de Nederlandse overheid ontwikkelt het NSO het Nederlandse ruimtevaartprogramma en voert dat uit.



Auteurs en redactie Science Learning Center, Science Center NEMO

Design management Starkx, Groningen

Ontwerp en Grafische vormgeving Bloemvis, Groningen

Vormgeving en realisatie Sander Visser, Ligaturen grafisch ontwerp

Fotografie Daan van Eijndhoven www.digidaan.nl

Illustraties Henk Stolker

Science Center NEMO
Oosterdok 2
1011 VX Amsterdam
020 531 31 18
www.e-nemo.nl
boekingsbureau@e-nemo.nl