



2015 - 2016



-project waterstofgas



Vakdidactisch Centrum - Centre for Subject Matter Teaching
www.vakdidactiek.be

Agoralaan gebouw B, bus 1, 3590 Diepenbeek – Belgium
T +32 (0)11 561570 – F +32 (0)11 561579

Coachingsessie 3

ONDERZOEK	3
INLEIDING	4
1.THEORETISCHE BENADERING	5
2.PRODUCTIE VAN WATERSTOFGAS	6
2.1 PRODUCTIEMOGELIJKHEDEN VAN WATERSTOFGAS	6
2.2 WATERSTOFGAS MAKEN IN DE KLAS	7
2.3 DE ECONOMISCHE PRODUCTIE VAN WATERSTOFGAS	11
2.4 EIGENSCHAPPEN VAN WATERSTOFGAS	11
2.5 VOOR- EN NADELEN VAN WATERSTOF	13
3. DE OPSLAG VAN WATERSTOFGAS	14
3.1. DE OPSLAG	14
3.2. BEREIDING EN OPSLAG VAN WATERSTOFGAS IN DE KLAS	15
4. TOEPASSINGEN VAN WATERSTOFGAS	21
4.1. DE BRANDSTOFCEL	21
4.2. DE BRANDSTOFCEL IN DE KLAS	22
4.3. DE VERBRANDINGSMOTOR	27
5.BIBLIOGRAFIE	29
6. BIJLAGEN	30

ONDERZOEK

Waterstofproject (eerste graad sec onderwijs)

Het onderzoek is gebaseerd op 1 algemene onderzoeksvraag waarbij we verschillende deelvragen aan bod laten komen.

Hoofdonderzoeksvraag:

- Hoe kunnen we op een praktische manier een link leggen tussen wetenschappen en techniek in de eerste graad secundair onderwijs?

Deelvragen:

- Welke gemeenschappelijke thema's komen aan bod bij wetenschap en techniek in de eerste graad?
- Hoe kunnen we het thema energie op een boeiende manier aanbrengen bij de leerlingen?
- Welke proeven kunnen we uitvoeren bij het thema energie?
- Welke veiligheidsaspecten komen hier aan bod?
- Hoe kunnen we van al de proeven een volledig lessenpakket maken waarbij al de leerstof aan bod komt.
- Kunnen we zelf didactische materialen goedkoop ontwikkelen en maken?
(Experimenteermateriaal zelf ontwikkelen → Voorbeelden stimuleren leerlingen om zelf creatieve technische oplossingen te zoeken).

INLEIDING

In ons hedendaags leven zijn wij heel afhankelijk van energie. Energie in de vorm van warmte, beweging, licht... Zowel de industrie, de landbouw als wij thuis kunnen niet zonder. Deze energie halen we op dit moment voornamelijk uit fossiele brandstoffen. Deze brandstoffen zijn geen hernieuwbare energiebronnen, ze zijn dus eindig en raken stilaan op. Er zijn al enkele hernieuwbare energiebronnen bekend en beschikbaar zoals windenergie, zonne-energie en waterenergie. Het overgrote deel van de energie wordt nog steeds opgewekt door fossiele brandstoffen.

Voorlopig zijn er nog voldoende brandstoffen, maar de voorraad raakt op. Naar schatting zouden in 2140 de meeste fossiele brandstoffen op zijn. Het is dus belangrijk dat er voldoende alternatieve energiebronnen zijn die de verdwijnende energiebronnen kunnen vervangen.

In dit project zal het gaan over de bekende duurzame energiebronnen, maar daarnaast zal er aandacht zijn voor waterstof als nieuwe energiebron.

Jongeren bewust maken dat we enerzijds energie moeten besparen en anderzijds kennis moeten bijbrengen over milieuvriendelijke energiebronnen lijkt ons noodzakelijk.

De brandstofcel is een nieuwe en duurzame energiebron die we samen met de bekende duurzame energiebronnen kunnen gebruiken om het verdwijnen van de fossiele brandstoffen op te vangen. Voor de bekende duurzame energiebronnen is er praktisch materiaal beschikbaar, maar er is nog te weinig bekend over hoe we de brandstofcel kunnen aanhalen in de lessen wetenschap en techniek. Het is nochtans een duurzame energiebron met veel mogelijkheden voor de toekomst die we de leerlingen niet kunnen onthouden.

1 THEORETISCHE BENADERING

Het grootste gedeelte van de elektriciteit op dit moment wordt gehaald uit de centrales. In deze centrales wordt er vooral gebruik gemaakt van de fossiele brandstoffen zoals aardolie, aardgas, steenkool en kernenergie. In België wordt de meeste energie opgewekt door de kerncentrales.

De fossiele brandstoffen herstellen zich niet en zijn dus eindig, ze zullen ooit op raken. Het zijn dus geen duurzame energiebronnen die we voor altijd kunnen gebruiken. Daarbij komt nog dat energieproductie met fossiele brandstoffen milieuvriendelijk is.

De kerncentrales daarentegen zijn zeer gevaarlijk, ze kunnen grote rampen veroorzaken zoals in Japan(2011). De kerncentrales werken met uranium en ook deze bron is eindig. Daarbij komt nog eens dat het allemaal zeer duur is en weinig mensen aan het werk kan houden. Al deze redenen te samen zorgen ervoor dat ze anno 2025 de kerncentrales in België willen sluiten. (de redactie, 2011)

We zullen dus moeten overgaan naar alternatieve energiebronnen die de verdwijnende energieproductie kan overnemen.

Een andere manier om het probleem van de verdwijnende energiebronnen op te vangen is door minder energie te verspillen. 30% van de energie wordt verspild! Het is dus ook belangrijk dat we zuinig met energie omgaan.

2. PRODUCTIE VAN WATERSTOFGAS

Waterstofgas is een energiebron die veel mogelijkheden biedt voor de toekomst. In het volgende hoofdstuk zal er informatie te vinden zijn over waterstofgas. Wat is diwaterstof, wat zijn de eigenschappen en toepassingen ervan. Daarbij zullen we nog kijken wat de voor- en nadelen zijn van waterstofgas.

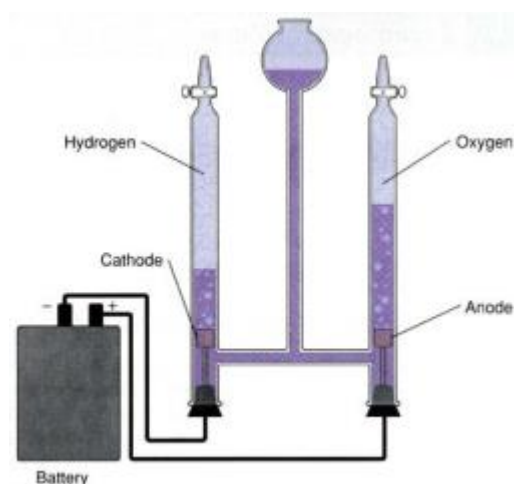
2.1 De productiemogelijkheden van waterstofgas

Diwaterstof wordt in de scheikundige wereld aangeduid als H_2 . Dit betekent dat het uit twee waterstofatomen bestaat. Waterstof is een gas dat niet in zijn natuurlijke vorm voorkomt op aarde. Het heelal bestaat daarentegen uit 90% waterstof.

- Waterstofgas wordt bekomen door elektrolyse van water. Dit betekent dat er door elektrische toevoeging een ontleding zal ontstaan. Water (H_2O) zal zich door de elektrolyse ontleden in waterstofgas H_2 aan de kathode (-) en het zuurstofgas O_2 aan de anode (+). Er wordt dubbel zoveel waterstofgas dan zuurstofgas gevormd. (schoolTV, yourenergy)

August Wilhelm von Hoffman ontwierp voor de productie van waterstofgas een toestel dat nu zijn naam draagt. Het toestel van Hoffman .

Dit is een milieuvriendelijke manier om waterstof te produceren.



- Fossiele brandstoffen in de vorm van gas en olie zijn koolwaterstoffen. Deze zijn ook geschikt om waterstof te produceren. We kunnen door een chemisch proces waterstofgas vormen uit koolwaterstoffen. Het nadeel van deze methode is dat er veel gassen vrijkomen in de vorm van koolstofmonoxide. Deze manier is niet zo milieuvriendelijk en zal daarom amper worden toegepast. (yourenergy)
- We kunnen ook waterstofgas bekomen door verschillende chemische reacties. Zoals bijv. *ontstopper (natriumhydroxide) samen met aluminium, onedel metaal (vb. magnesium) met een zuur...*

2.2 Waterstofgas maken in de klas

Werkwijze1: reactie tussen aluminium en loog

Benodigheden:

- 2 reageerbuisen
- lucifers
- aluminiumfolie
- loog: NaOH-oplossing 10% (10 g NaOH opgelost in 100 ml water)

Veiligheidsaspect:



	H-zinnen	P-zinnen
 Natriumhydroxide-oplossing 10%	H 314	P 280.1+3-301+330+331-305+351+338

Uitvoering:

- Maak een propje met 2 cm² aluminiumfolie en breng het propje in een proefbuis.
- Giet hierover ongeveer 2 ml (2 cm in het proefbuisje) van de loog.
- Volg de optredende reactie. Indien de oplossing serieus reageert met het aluminium, dit zie je als de oplossing grijs begint te worden, zet je op de proefbuis omgekeerd de andere proefbuis.
- Vang het ontstane gas op gedurende een halve minuut.
- Steek het gas aan met een brandende lucifer.

Waarneming:

Het aansteken van het gas geeft een harde knal. Na de reactie is condens ontstaan op de binnenwand van de reageerbuis.

Reflectie:

Bij de reactie tussen aluminium en de loogoplossing ontstaat waterstofgas. Bij het aansteken van dit waterstofgas treedt een reactie op met zuurstofgas uit de lucht. Hierbij ontstaat water. Je kan de erlenmeyer ook met een kurk afstoppen, voorzien van een slang die je leidt naar een bak gevuld met water en een redelijke hoeveelheid detergent. Het ontstane waterstofgas kun je laten borrelen in de detergentoplossing. De gevormde bellen zijn gevuld met het waterstofgas. Neem een aantal bellen op een eetlepel en steek ze aan met een lucifer. Er ontstaat eveneens een knal.



Werkwijze2: Knallen van waterstofgas in een ei


Benodigheden:

Materiaal: Erlenmeyer
 Stop doorboord met glazen staafje
 Uitgeblazen ei
 Tape
 Lucifers
 Stoffen: Mg-lint

Bereiding oplossingen

Voor een HCl-oplossing van 1 mol/l :
 De molecuulmassa van HCl is 36 g/mol. Voor 100 ml oplossing hebben we dus 3,6 g HCl nodig. 1 g HCl oplossing bevat 0,35 gram zuivere HCl. We hebben dus 12,25 ml HCl en 87,75 ml water nodig.

Veiligheidsaspect

<p>Magnesium (uitgezonderd niet-gestabiliseerd poeder) Mg</p>  <p>Gevaar H 228-261-252 P 210-402+404 WGK 0</p> <p>CAS 7439-95-4</p> <p>KHLim Diepenbeek</p>	<p>Zoutzuur HCl 1 M</p> <p>H EUH210</p> <p>CAS 7647-01-0</p> <p>WGK 1</p> <p>KHLim Diepenbeek</p>
--	---

Uitvoering

Breng 2 cm Mg-lint in de erlenmeyer.
 Zet op de erlenmeyer een stop doorboord met een glazen staafje. Zet hierop een uitgeblazen ei . Plak de andere opening met tape dicht.
 Giet 20 ml HCl-oplossing bij het Mg-lint.
 Doe de erlenmeyer direct dicht met de top waarop het ei bevestigd is.
 Haal het ei van het glazen staal. Zet het met de opening naar beneden op een proefbuizenrek.
 Hou een brandende lucifer bij de opening van het ei.

Waarneming**Waarnemingen voor de proef:**

Kleurloze HCl-oplossing

Vast Mg-lint

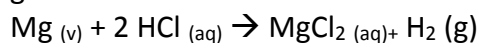
Uitgeblazen ei

Waarnemingen tijdens de proef:

Er vormt zich een gas in de erlenmeyer. Dit gas stijgt en vult het ei. Wanneer we een lucifer in de buurt brengen van het ei, ontploft het ei.

Reflecteren

Het ei heeft zich gevuld met het knalgas doordat dit lichter is dan lucht en het stijgt. Wanneer we dan een lucifer in de buurt houden van het ei, ontploft het ei. Door de reactie van HCl met magnesium ontstaat er H₂-gas, ook wel knalgas genoemd.

Tips and tricks

- Zorg dat het eitje goed droog is.

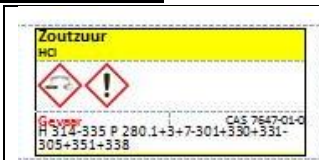
-Werk in een afgesloten ruimte zodat de schaal makkelijk bijeen te veegen is. Het uitblazen van het ei gebeurt door twee gaten te maken. Probeer het gat aan het meest ovale deel van de eischal niet te groot te maken. De onderkant kan vrij groot gemaakt worden (1 cm²). Plak het bovenste gat nadien dicht.

Werkwijze3: Potloodslijper vormt knalgas

Benodigheden

Materiaal: Magnesiumpotloodslijper
glazen petrischaal
metalen tang
HCl 1 mol/l

Veiligheidsaspecten



Uitvoering

Vul een petrischaaltje voor de helft met geconcentreerde HCl.
Neem met de metalen tang de potloodslijper vast en leg deze in de oplossing.
Verwijder de slijper na een tijd en poel de slijper af met gedestilleerd water.
Controleer de slijper.

Waarneming (+ foto's)

Als de slijper in de zoutzuuroplossing wordt gebracht. Ontstaan er gasbellen aan het oppervlak. De slijper reageert weg in het zuur. De ontstane waterstofbellen kunnen door de knalproef worden aangetoond.



Tips and tricks

Eventueel de slijper vooraf afschuren om het magnesiumoxide te verwijderen.
Probeer met een tang kleine stukjes van de slijper te nemen om de reactie uit te voeren.

2.3 De economische productie van waterstofgas

Er is dus meestal elektriciteit nodig om diwaterstof te verkrijgen.

De duurzaamheid van waterstofgas hangt dus grotendeels af van de duurzaamheid van de elektriciteit.

De elektriciteit die nodig is om waterstofgas te maken, kan ook uit groene energiebronnen worden gehaald. Deze groene energiebronnen kunnen wind- , water en zonne-energie zijn. Zo zijn de vervuilende fossiele brandstoffen overbodig en kan er op een geheel groene manier waterstof gemaakt worden. Op deze manier wordt waterstofgas een volledig milieuvriendelijke brandstof met zeer goede vooruitzichten naar de toekomst toe.



Het tankstation in Halle werd door Colruyt Group ingehuldigd samen met partner WaterstofNet. Met elektriciteit die opgewekt wordt uit hernieuwbare energiebronnen (wind en zon) wordt groene waterstofgas geproduceerd die op zijn beurt wordt gebruikt als brandstof voor de heftrucks. Met deze stap zet Colruyt naar eigen zeggen een “nieuwe stap in de verdere verduurzaming van zijn activiteiten”. (Bron: Lloyd, 2012)



2.4. De eigenschappen van waterstofgas

Waterstofgas heeft enkele eigenschappen die bruikbaar zijn, maar ook gevaarlijk. Hieronder worden enkele eigenschappen van waterstofgas besproken.

- Waterstofgas is het lichtste gas op aarde

Vakdidactisch Centrum - Centre for Subject Matter Teaching

www.vakdidactiek.be

Agoralaan gebouw B, bus 1, 3590 Diepenbeek – Belgium

T +32 (0)11 561570 – F +32 (0)11 561579

Het is dus zeer moeilijk om waterstofgas op te slaan, want het ontsnapt langs de kleinste openingen. Als het ontsnapt, is het bijna onmiddellijk weg. 90% van ons heelal bestaat uit waterstofgas. Alleen op aarde komt zuivere waterstof zeer weinig voor, omdat het zo licht is, stijgt alle waterstofgas op naar het heelal. Waterstofgas komt op aarde wel veel voor in combinatie met andere elementen, zoals in water. Het wordt daarom ook veel toegepast bij zeppelins.

- Het is een kleurloos, reukloos en niet giftig gas

Het is goed dat waterstofgas geen giftig gas is. Zo kan het geen kwaad als het (ongewenst) vrijkomt voor de mens en de natuur. Dat het reukloos is, is minder goed want zo merken we het niet als er brandbaar waterstofgas in onze omgeving is.

- Licht ontvlambaar:

Waterstofgas zal zeer vlug ontbranden als het met vuur in aanraking komt. Als het in aanraking komt met vuur zal het onder bepaalde voorwaarden met een knal reageren met zuurstofgas. Hierbij wordt waterdamp gevormd. Het is zelfs vele malen explosiever dan benzine. De ramp van de zeppelin "Hindenburg" in 1937 is hier een catastrofaal voorbeeld van.

- Als het brandt is de vlam onzichtbaar

We moeten opletten bij het gebruik van waterstofgas want als het brandt zien we geen vlam. Als we geen vlam zien kunnen we ze ook zeer moeilijk blussen.

- Vergelijkbaar met elektriciteit

Omdat waterstof vaak gebonden zit aan andere elementen, is het noodzakelijk dat het hieruit onder de vorm van H_2 wordt geanalyseerd eer het kan gebruikt worden. In dit opzicht is het vergelijkbaar met elektriciteit want elektriciteit wordt ook altijd ergens gevormd zoals bijvoorbeeld zonne-, wind- of water-energie.

Bron: Wat is waterstofgas? Karel de Grote-Hogeschool

2.5 Voor- en nadelen van waterstofgas

Waterstof heeft zijn voordelen, maar er zijn ook enkele nadelen aan verbonden.

2.5.1 Voordelen van waterstofgas

- Het gebruik van waterstofgas is niet milieuvriendelijk. Het vormt niet zoals bij fossiele brandstoffen koolstofdioxide CO_2 . Er zal bij de verbranding van waterstofgas uitsluitend waterdamp ontstaan.
- Waterstofgas is een quasi onuitputtelijke bron. Er kan steeds nieuwe waterstofgas gemaakt worden met behulp van elektriciteit. De elektriciteit kan ook steeds op een groene manier opgewekt worden.
- Waterstofgas kan als energievorm worden opgeslagen. Door met de overige elektriciteit waterstofgas te vormen, kunnen we dus energie in de vorm van

waterstofgas opslaan.

- Door het gebruik van brandstofcellen en het verdwijnen van mechanische onderdelen zal er een zeer stille aandrijving mogelijk zijn.

2.5.2 Nadelen van waterstofgas

- Waterstofgas is een gas met een zeer lage dichtheid. Het zal dus bij de kleinste opening in de tank kunnen ontsnappen. Hierdoor zal er voor een kleine hoeveelheid waterstofgas een grote waterstofgastank nodig zijn. Dit is in een auto niet mogelijk. We kunnen wel de waterstof opslaan onder hoge druk (350 bar) in speciale tanks voor auto's en in tanks van 700 bar voor autobussen.
(1BAR = 100 kilopascal)
- Er zijn nog weinig of geen waterstoftankstations waar de mensen kunnen tanken als ze een waterstofauto hebben. Zolang er geen tankstations zijn, zullen er ook geen waterstofauto's worden verkocht.
- Zoals aangegeven bij de eigenschappen, is waterstofgas zeer explosief. Het kan dus gevaarlijk zijn.

3. DE OPSLAG VAN WATERSTOFGAS

3.1. De opslag

De opslag van de waterstofgas is dus nog het grootste probleem. Er zijn al enkele oplossingen om waterstofgas veilig op te slaan.

- Een eerste manier is om het waterstofgas op te slaan in cilindervormige tanks. Het waterstofgas wordt onder zeer grote druk opgeslagen.



- Een tweede manier is om waterstofgas in vloeibare vorm op te slaan. Hierdoor zal de druk in de tank een stuk lager zijn dan bij de gasvormige opslag. Er moet op gelet worden dat er geen waterstof ontsnapt.



- Een derde manier is om waterstofgas in een vaste substantie op te slaan. Door het waterstofgas te mengen met een andere stof krijgen ze waterstof in een vastere vorm. Dit kunnen ze dan opslaan onder minder hoge druk en er zal geen probleem zijn met het ontsnappen van waterstofgas. Dit lijkt dan ook de veiligste manier van opslag.



3.2. Waterstofgas maken en opslaan : in de klas

Werkwijze1: Zelf een elektrolysetoestel voor water bouwen

Benodigheden

Materiaal: 2 proefbuizen
 Een platiestekbakje
 2 grafietelektroden (potlood)
 Tape
 3 elastiekjes
 Voeding, kabels en klemmen
 Stof: Na_2SO_4 10% oplossing

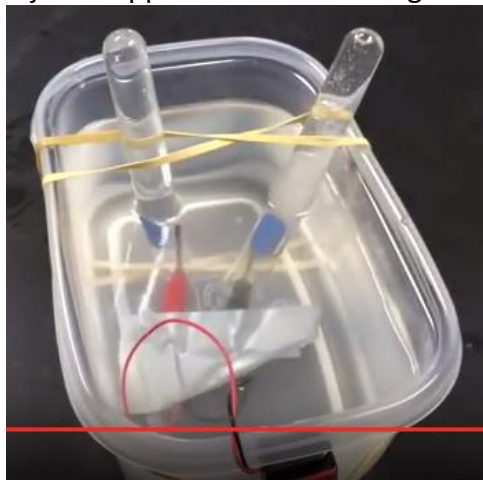
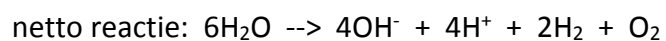
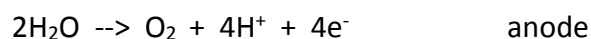
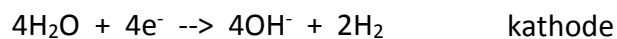


Uitvoering

Volg het stappenplan zoals op het bijgevoegd filmfragment. Neem één elastiek en breng deze rond het platiestekbakje. Span nu twee elastiekjes over de andere oppervlakken. Bevestig ze zodanig dat hiertussen de twee proefbuizen kunnen. Koppel aan twee grafietelektroden (eventueel potlood) via een klem de kabels. Maak eventueel de kabels met tape vast aan het oppervlak van het bakje. Zet de elektroden in de proefbuizen. Vul de bak voor 2/3 met een Na_2SO_4 -oplossing 10%. Zorg dat de proefbuizen volledig gevuld worden door ze onder te dompelen zonder boven het vloeistofoppervlak te komen. Plaats ze recht in het bakje. Zet de bron aan (9V) en neem de vorming van de gassen waar. Eventueel kunnen de gassen worden aangetoond.

Waarneming

Bij het koppelen van de voeding ontstaan er bellen aan de grafietelektroden.

**Reflecteren**

Het Na_2SO_4 geleidt de elektrische stroom. Hierdoor krijgen we een ontleding van water. Toevoegen van enkele korrels natriumsulfaat verbetert de geleidbaarheid van de oplossing en versneld het proces. Dan duurt het nog maar 10 minuten om een "kopje" knalgas te produceren.

Tips and tricks

Maak gebruik van maximaal 10% NaCl of Na_2SO_4 oplossing

<https://www.youtube.com/watch?v=8CtOrF2ENJg>

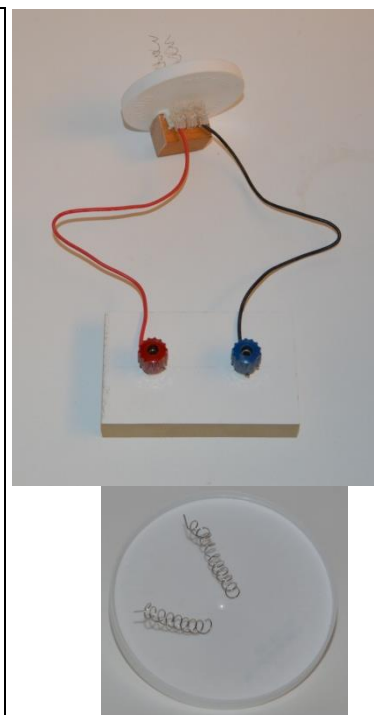
Werkwijze2: Zelf een elektrolysetoestel voor water bouwen: alternatief

Benodigdheden:

- glazen pot met kunststofdeksel;
- platinadraad +/- 20 cm (bestelling ev. Vincent leermiddelen) ;
- kroonsteentje 3 stuks;
- blokje hout: 18 x 18 x 30mm;
- soepel snoer rood en zwart: +/- 25 cm;
- stekkerbussen op plankje , bron 3V

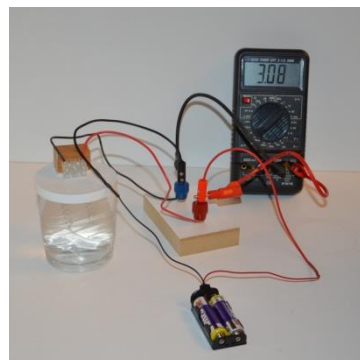
Uitvoering

- 1 Neem de kunststofdeksel en priem ongeveer twee gaatjes 15 mm uit elkaar en in het midden van het deksel.
- 2 Knip de platinadraad in twee gelijke stukken en wind op een asje om een spiraal te maken.
- 3 Breng de spiralen door de deksel en laat ongeveer 10 mm aan de bovenkant uitsteken.
- 4 Monteer het kroonsteentje op de spiralen.
- 5 Lijm het blokje hout als steun van het kroonsteentje.
- 6 Sluit een rode en een zwarte draad aan het kroonsteentje dat verbonden is met de platinadraad.
- 7 De andere kant van de soepele draad sluit je aan op de stekkerbussen.
- 8 Vul gedemineraliseerd water in het potje tot aan de rand.
- 9 Monteer het deksel en volg de proef hieronder.



Waarneming

Door een voeding aan te sluiten op de titaniumdraadjes (start met een lage spanning), zie je na enige tijd dat er gasbelletjes geproduceerd worden aan de draadjes.



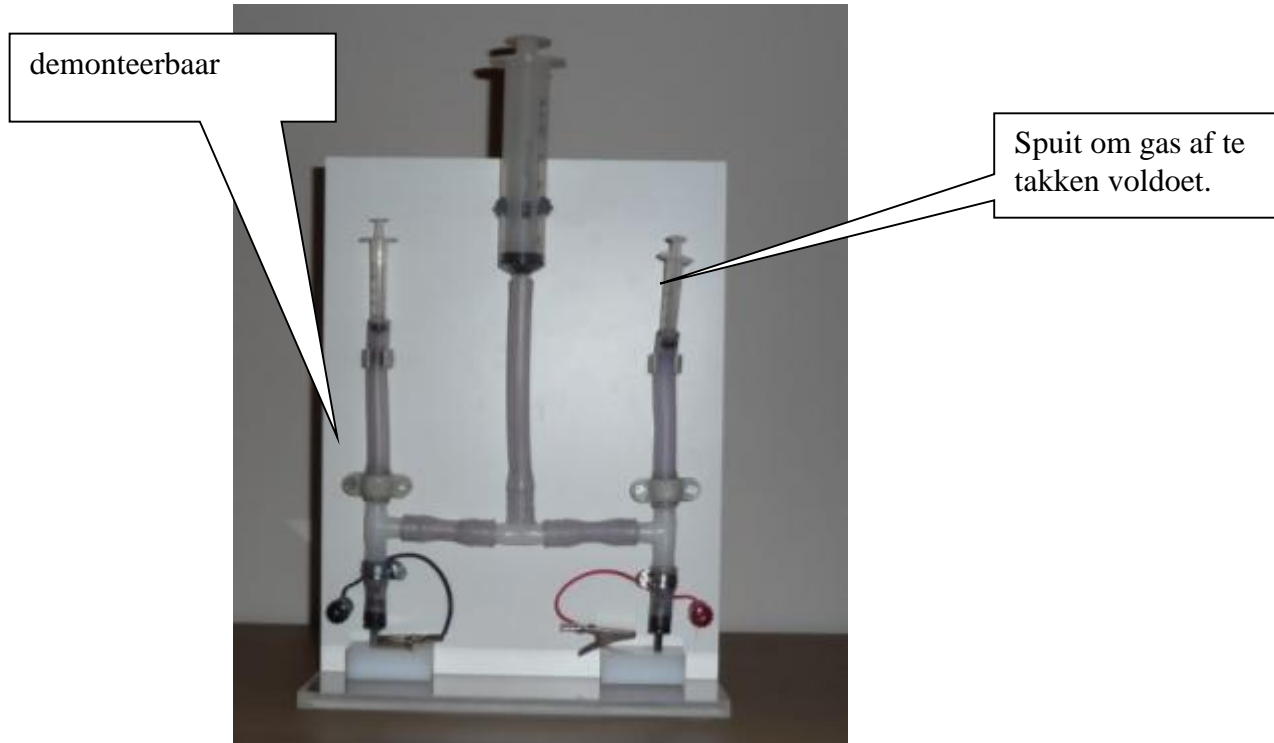
Werkwijze3: Bouwen van het toestel van Hoffman

Benodigdheden:

Toestel van Hoffman
Water
Spanningsbron van 12V
Zout

Uitvoering:

Vul het toestel met water langs de middelste buis.
Sluit aan de stekkerbussen een spanning van min. 12V aan. Het water zal door elektrolyse opsplitsen in waterstof en zuurstof.
Het toestel kan aangekocht worden bij gespecialiseerde firma's of je kan het zelf ontwerpen
De elektroden zijn vervaardigd uit koolstofstaafjes van een schrijnwerkerpotlood of batterij. Dit geeft een ruime waterstofproductie, maar onvoldoende zuurstof .
Om de reactie optimaal te laten verlopen zijn elektroden van platina beter.

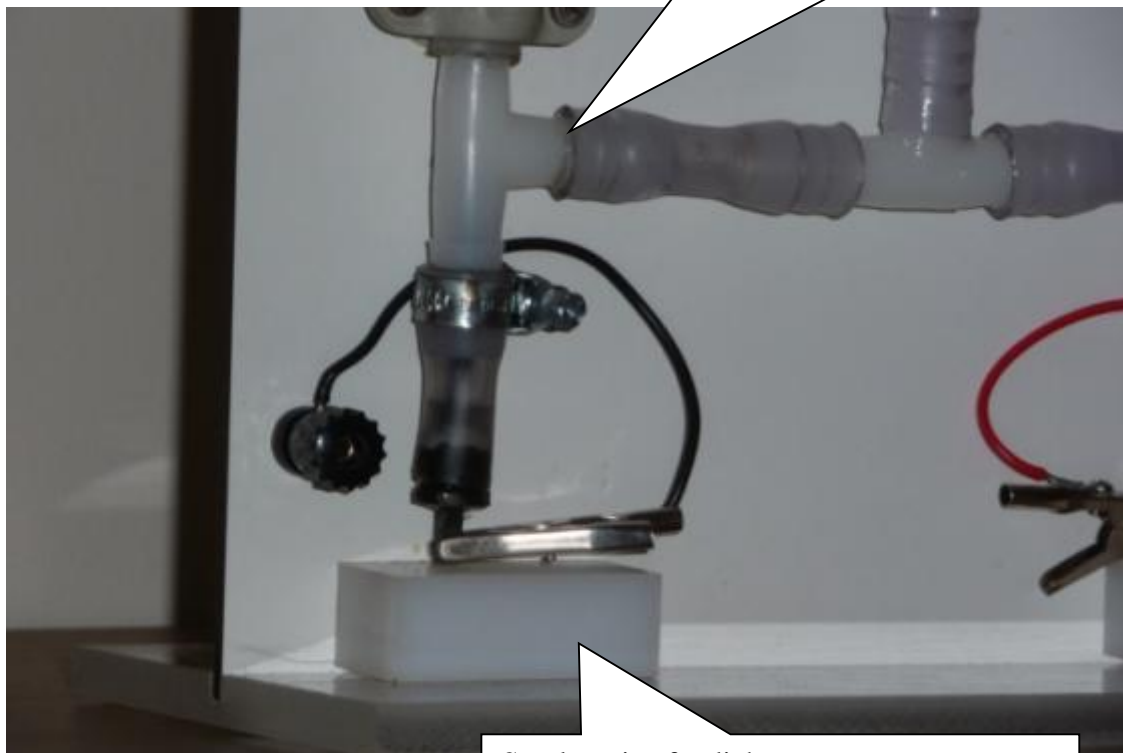


Vakdidactisch Centrum - Centre for Subject Matter Teaching

www.vakdidactiek.be

Agoralaan gebouw B, bus 1, 3590 Diepenbeek – Belgium
T +32 (0)11 561570 – F +32 (0)11 561579

Alle aansluitingen afgedicht met transparante montagesilicone



Stoelstopje afgedicht met transparante montagesilicone.

Opmerking: Om de reactie sneller te laten verlopen zal sterk verdund zwavelzuur toegevoegd worden.

Wil je op een veilige manier de proef doen, dan kan je aan het water zout toevoegen om de elektrische geleidbaarheid te verhogen. De proef zal echter langzamer verlopen.

Alternatieven:

1. Sluit het toestel van Hoffman aan en laat de spanning langzaam toenemen tot er een stroom van ongeveer 0,2 ampère loopt. Meet met een ampèremeter de stroomsterkte. Zet nu beide kraantjes open. Meet de stroomsterkte (A) bij 5,0V, 6,0V t.e.m. 12 V.
Geef de gemeten resultaten weer in een I,U en verklaar het verloop van de grafiek.
2. Bereken het elektrisch vermogen bij 5,0; 7,0; 10 en 12 V.
3. Bereken hoeveel $\text{dm}^3 \text{H}_2(\text{g})$ bij T: 298 K en atmosferische druk theoretisch in 24 uur bij de elektrische vermogens kan worden gemaakt.

Werkwijze4: Waterstofgas maken en opslaan met ontstopper en aluminiumfolie.*Benodigdheden:*

Ontstopper: natriumhydroxide
 Aluminium
 Jampot met aansluiting in deksel of erlenmeyer
 Ballon
 Handschoenen

Uitvoering:

1. Plaats op de trechterpunt een ballon.
2. Doe een kleine hoeveelheid van het ontstopper- en watermengsel in de jampot of erlenmeyer.
3. Doe enkele propjes aluminium folie in het mengsel.
4. Schroef de deksel op de pot.
5. Er ontstaat nu een chemische reactie tussen het mengsel en het aluminium. Uit deze reactie ontstaat er waterstof. Het waterstof zal in de ballon worden opgevangen.

LET OP! Gebruik altijd handschoenen bij deze proef!

6. Vul één ballon met waterstof en blaas één ballon op met lucht. Laat beide ballonnen los.

*Waarneming:*

Je kan nu zien dat de ballon zal opstijgen of zich heel licht zal voortbewegen in de ruimte.
 De ballon met lucht zal daarentegen naar de grond zakken.
 Hieruit kan je aantonen dat waterstof lichter is dan lucht.



Alternatieve opdrachten:

1. Raadpleeg volgende sites om nog varianten te bouwen van de voorgestelde elektrolyseopstellingen.

-<http://www.thuisexperimenteren.nl/science/electrolyse2/elektrolyse.htm>

-http://www.experimenten.nl/elektrolyse_water.html

-<http://nl.wikihow.com/Waterstof-en-zuurstof-maken-door-elektrolyse>

2. Controleer het effect van een aantal parameters op de snelheid in het vormen van waterstofgas.

-De gebruikte elektrolytoplossing

-De gebruikte elektroden

-De aangelegde spanning

4 TOEPASSINGEN VAN WATERSTOFGAS

Er zijn al tal van mogelijkheden om waterstof te gebruiken in de energieproductie. Ze vervangen op sommige plaatsen al de fossiele brandstoffen.

4.1 De brandstofcel

De brandstofcel is een module die chemische energie kan omzetten in elektrische energie. De reactie die plaatsvindt is het omgekeerde proces van elektrolyse. Waterstofgas en zuurstofgas synthetiseren tot water met een vrijzetting van energie.

Een brandstofcel bestaat uit twee elektrodes (anode en kathode) die worden gescheiden door een membraan (elektrolyt). Deze reactie op een natuurlijke manier laten verlopen zou lang duren. Daarom wordt er aan beide elektrodes een katalysator toegevoegd om het proces te versnellen.

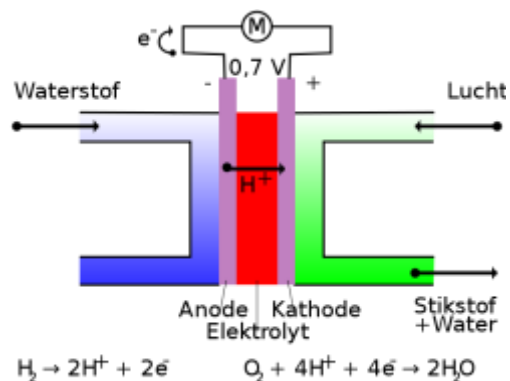
Diwaterstof wordt toegevoegd aan de anode waar het ontleedt in waterstofionen (protonen) en elektronen e^- . De protonen stromen door via het membraan naar de kathode terwijl de elektronen e^- zich via de stroomkring verplaatsen naar de kathode. Deze stroom van elektronen kan gebruikt worden om de motor van elektriciteit te voorzien.

Aan de kathode komen de protonen en elektronen e^- samen waar ze synthetiseren met zuurstofgas tot water.

Samengevat vinden volgende reacties plaats in de brandstofcel:

- aan de anode: $2\text{H}_2 \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
- aan de kathode: $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$
- totaal: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{energie}$

Bron: Waterstof in mijn wagen



De Hy-wire van GM was de eerste auto met de brandstofcel, Mercedes-Benz, Mazda en BMW, hebben ook geëxperimenteerd met de brandstofcel.
Bron: brandstofcel.com

Tegenwoordig zijn er al in verschillende landen auto's, bussen, boten en vliegtuigen die met de brandstofcel(len) werken.

4.2. Gebruik van de brandstofcel in de klas

Werkwijze1: De brandstofcelauto

Benodigheden:

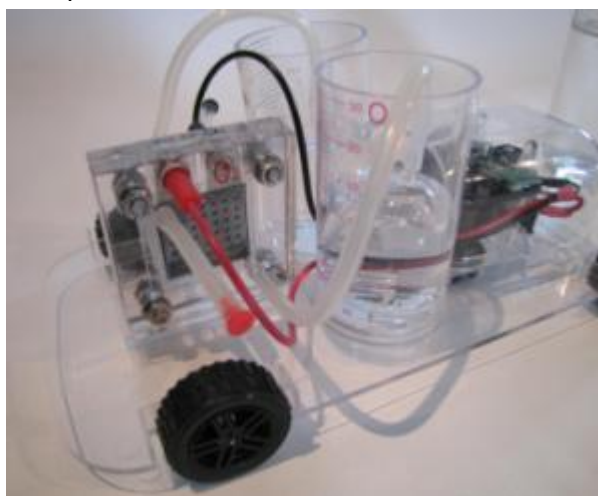
Waterstofauto (conrad.be)
Water in een zuivere vorm
Een energiebron van 3V (batterijen, zonnepaneel...)
Sputje

Uitvoering:

1. Vul de vaatjes met water en zorg dat de koepels gevuld zijn met water.



2. Sluit de slangetjes van de vaatjes aan op de waterstofbron.
Let op: O₂ aan de rode kant en H₂ aan de zwarte kant.



Trek d.m.v. de spuit water in de slangetjes aan de zuurstofkant.

Er mag geen water aan de waterstofkant van de brandstofcel komen!



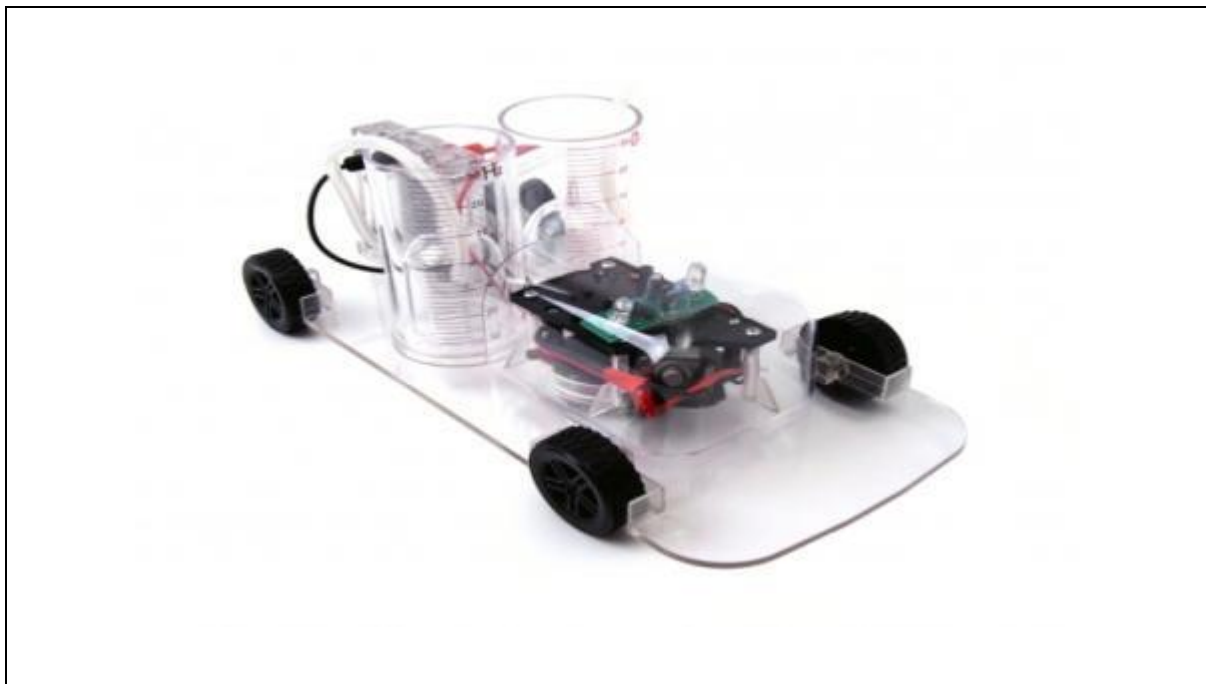
3. Steek het rode dopje terug op het slangetje en sluit een energiebron aan op de brandstofcel. Wacht tot er zich waterstof en zuurstof vormt in de vaatjes.



4. Sluit de energiebron af en sluit de kabeltjes van de motor en de leds aan op de brandstofcel. De waterstofauto zal nu rijden en de leds zullen knipperen.



5. Je kan nu wachten tot al het waterstof is opgebruikt en het proces opnieuw starten.
Dit proces kan zich oneindig vaak herhalen.



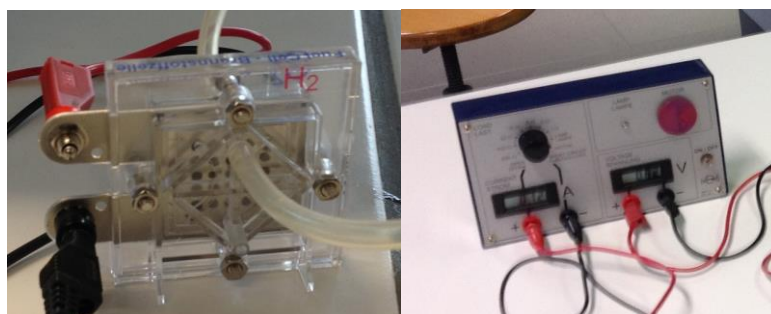
Werkwijze2: Meetmogelijkheden met elektrolysecel en brandstofcel

Benodigdheden

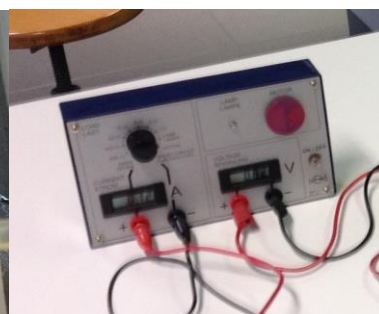
- spanningsbron
- elektrolysecel
- 2 multimeter
- brandstofcel
- verbruiker
- 8 snoeren



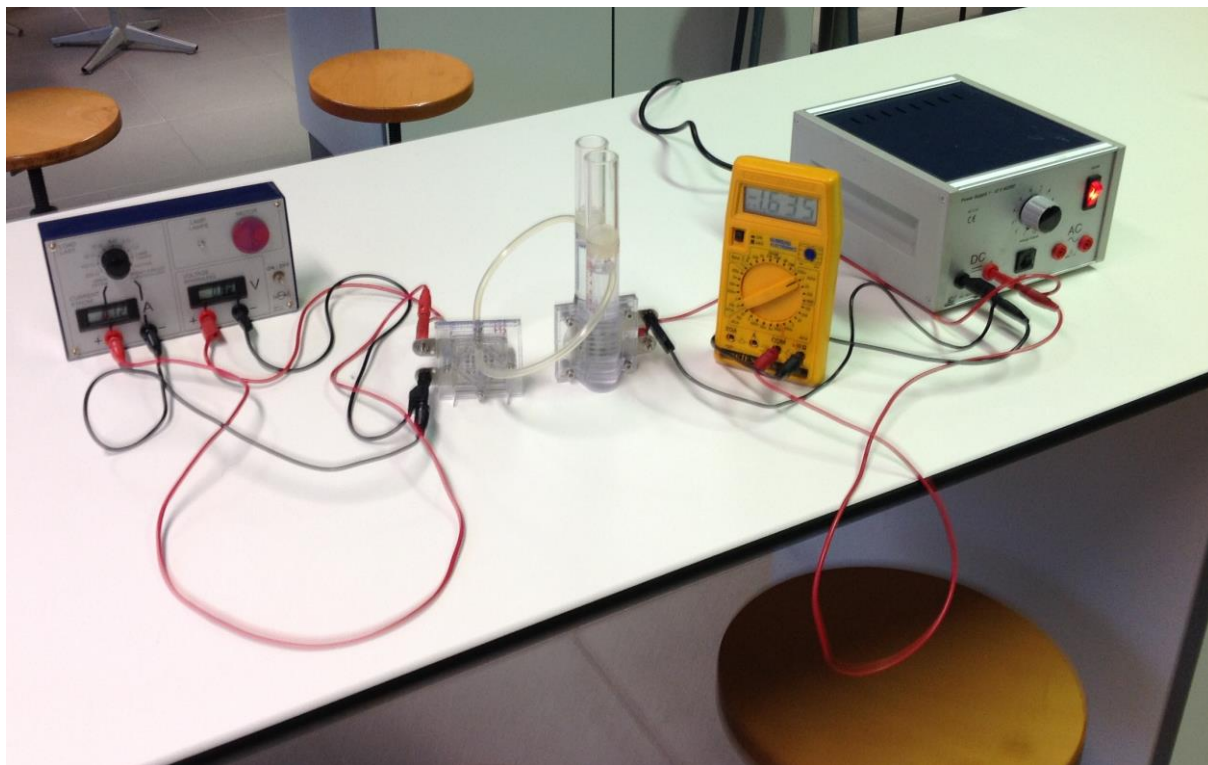
Elektrolysecel



Brandstofcel



Meter/verbruiker



Opstelling

Uitvoering

Bouw de opstelling.

Vul het elektrolysetoestel met gedestilleerd water.

Start met een spanning van 1 V. Meet deze spanning met de multimeter.

Laat de ontleding starten en meet de gevormde spanning aan de brandstofcel.

Koppel de brandstofcel eveneens aan de ampèremeter en meet de stroomsterkte bij 1 Ohm weerstand.

Waarnemingen

Een aantal metingen en conclusies kunnen getrokken worden uit de opstelling:

1. Het bekomen rendement van de opstelling, dit door de ingevoerde spanning te vergelijken met de ontwikkelde spanning van de brandstofcel.
2. Het ontwikkeld vermogen van de brandstofcel, dit met behulp van gevormde spanning en stroomsterkte.
3. De weerstand van lampje en motortje van de multimeter.

Berekeningen

1. Bepaling van rendement:

-lees van de multimeter de aangelegde spanning af: $U_{in} = \dots\dots\dots V$

Vakdidactisch Centrum - Centre for Subject Matter Teaching

www.vakdidactiek.be

Agoralaan gebouw B, bus 1, 3590 Diepenbeek – Belgium

T +32 (0)11 561570 – F +32 (0)11 561579

- lees op de meter/verbruiker de gemeten spanning af: $U_{uit} = \dots\dots\dots V$
- bepaal rendement door: $\frac{U_{uit} * 100}{U_{in}} = \dots\dots\dots \%$

2. Ontwikkeld vermogen van de brandstofcel:

- lees op de meter/verbruiker de gemeten spanning af: $U_{uit} = \dots\dots\dots V$
- lees op de meter/verbruiker de gemeten stroomsterkte af: $I_{uit} = \dots\dots\dots A$
- Vermogen: $P = U * I = \dots\dots\dots \text{ watt}$

3. Zet de weerstand op $R_{theoretische1} = 1 \text{ Ohm}$.

- Noteer de stroomsterkte : $I_{uit1} = \dots\dots\dots A$
- Noteer de spanning: $U_{uit1} = \dots\dots\dots V$
- Bereken aan de hand van de wet van Ohm ($R = U/I$) de werkelijke weerstand is:
 $R_{werkelijke1} = \dots\dots\dots \text{ Ohm}$
- Bereken het verschil in theoretische en werkelijke weerstand: weerstand toestel
R van het toestel = $R_{werkelijke1} - R_{theoretische1} = \dots\dots\dots \text{ Ohm}$

Zet de weerstand nu op de verbruiker: motor

- Noteer de stroomsterkte: $I_{uit2} = \dots\dots\dots A$
- Noteer de spanning: $U_{uit2} = \dots\dots\dots V$
- Bereken aan de hand van de wet van Ohm ($R = U/I$) de werkelijke weerstand:
 $R_{werkelijke2} = \dots\dots\dots \text{ Ohm}$
- Bereken nu de weerstand van de motor:

$$R_{theoretische2} = R_{werkelijke2} - R_{toestel} = \dots\dots\dots \text{ Ohm}$$

- Herhaal voor de berekening van de weerstand van het lampje

Andere opdrachten:

- Herhaal de laatste berekening voor de bepaling van de weerstand van het lampje
- Verband zoeken tussen V_{uit} in functie van de tijd
- Verloop van het vermogen in functie van de tijd
- Het effect van andere V_{in} op het rendement:

4.3. Verbrandingsmotor

Bij de brandstofcelauto wordt waterstofgas omgezet om elektrische energie te verkrijgen. Er wordt dus gebruik gemaakt van elektromotoren om de auto te laten rijden.

Er kan ook een verbrandingsmotor worden gebruikt zoals we ze allemaal kennen. Deze verbrandingsmotor werkt dan niet met fossiele "brandstoffen zoals diesel of benzine , maar met diwaterstof (H_2).

Door de bekende verbrandingsmotor aan te passen, kunnen we de motor laten draaien met behulp van waterstofgas.

Op deze manier worden er al enkele auto's, boten, vliegtuigen en bussen aangedreven. Het systeem van de verbrandingsmotor met waterstofgas heeft als voordeel dat het goedkoper te realiseren is dan de brandstofcel. Ook de betrouwbaarheid is groter. Het

stelsel met de interne verbrandingsmotor is dus beter haalbare oplossing naar de toekomst toe.

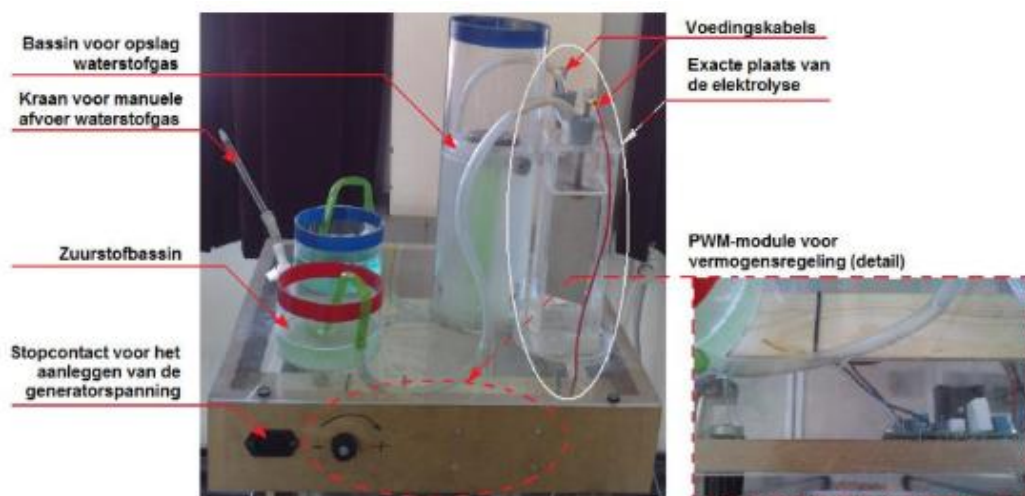
Energie opslag

Enkel waterenergie kunnen we opslaan door gebruik te maken van een waterbekken waar we water in opslaan. Als er dan dringend elektriciteit nodig is, kunnen we het water naar beneden laten stromen. Op dalmomenten kan er weer energie gebruikt worden om het water terug naar de waterbekken te sturen.

Met behulp van waterstofgas kunnen we ook energie opslaan! Door water te splitsen door elektrolyse, krijgen we waterstofgas. Waterstofgas kunnen we later gebruiken om terug elektriciteit op te wekken. Het is een vorm van energieopslag.

ALTERNATIEVEN:

<http://www.vti-aalst.be/media/files/projectvisualiseringenergie.pdf>



Figuur: de onderdelen van de opstelling



Figuur: waterstofgas wordt in brand gestoken

<https://www.youtube.com/watch?v=5Axj6vOfCuU>

Vakdidactisch Centrum - Centre for Subject Matter Teaching

www.vakdidactiek.be

Agoralaan gebouw B, bus 1, 3590 Diepenbeek – Belgium
T +32 (0)11 561570 – F +32 (0)11 561579

5 BIBLIOGRAFIE

- (2009). *Engineering-online*. http://www.engineering-online.nl/?com=content&action=solar_energy
 (10-03-2011). Kerncentrales sluiten of een nieuwe bouwen?. *De Redactie*.
<http://www.deredactie.be/cm/vrtnieuws/politiek/1.979020>
 (13-12-2009). *Vwforum*. <http://www.vwforum.nl/how-to-info-f39/werking-van-de-benzine-dieselmotor-t94926.html>
 (2007). *Climate Quest*. <http://www.climatequest.org/page/reference.php?id=34>
 2011). *Alternatieve energie in België*. <http://www.energiekiezen.be/alternatieve-energiebronnen/de-zon-als-energiebron.html>
 (2011). *Auto techniek*. <http://www.auto-techniek.com/motor/tweetakt-ottomotor>
 (2012). *Esdal College*. <http://www.esdalcollege.nl/eos/vakken/ak/navigation/lucht/winds.htm>
 (2012). *Europe's energy portal*. <http://www.energy.eu/>
 (2012). *Zonnepanelen energie*. <http://www.zonnepanelen-energie.be/>
 Andries, J., Nele Colpaert, N., Fortan, J., & Stevens, S.,(2007) *Waterstof in mijn wagen*.
http://telescript.denayer.wenk.be/2007-08/m2b/public_html/brandstofcel.shtml
 Bauwens D. , De Winter J. , Baudewijn T. , & Van Ceunebroeck P.(2007). *Schakel2: technologie thuis*. Wommelgem: Van in.
 Bertels, K., *Wat is waterstof*: Karel de Grote-Hogeschool
 Bertels, K., *Wat is waterstof: veiligheid en waterstof*: Karel de Grote-Hogeschool
 Best,E., Klaassen, B., & van Pelt, R., *yourenergy*.
<http://www.yourenergy.nl/read/watiswaterstof?submenu=9914>
 Brink,J (2011). *Easydrivers* . <http://www.easydrivers.nl/co-fos/>
 Coudenys, H. (26 april 2006). Herdenking Tsjernobyl: Kerncentrales moeten dicht.
Indymedia,<http://www.indymedia.be/index.html%3Fq=node%252F2210.html>
 De boeck(2006). *Coöperatief Leren in Multiculturele groepen: Informatiebundel 2006*.
http://hoger.deboeck.com/resource/extra_/9789045516578/CLIM_leaflet_2006__2_.pdf
 Geuns. (2011). Energiecenter Geuns. <http://www.zonnepanelencenter.be/laatste-nieuws/101.html>
 Lonkce. *Energie*. <http://elektro.weebly.com/waterkracht.html>
 Marc(2008). *Marc's windmolensite*. <http://www.windmolensite.be/>
 Nelis, C., (1-10-2010). Grootste zonnepanelenpark van Benelux in Overpelt. *Het belang van Limburg*. <http://www.hbvl.be/limburg/overpelt/grootste-zonnepanelenpark-van-benelux-in-overpelt.aspx>
 Technische Universiteit Delft (2011). *Lenntech*.
<http://www.lenntech.nl/broeikaseffect/fossiele-brandstoffen.htm>

TU delft, Grotius college, ISW HAVO/VWO, Harm Scholten, Montaigne lyseum.(2008). De waterstofauto binnenstebuiten. http://betavak-nlt.nl/les/modules_v/gecertificeerd/00026/
 Vander Els, M., De Kunst, S., Leyn, K., & Georgy, Q. (2012). *Wetenschappelijk project:Waterstof, de brandstof van de toekomst?*. [http://telescript.denayer.wenk.be / 2010-11/c5a/public_html/productie.shtml](http://telescript.denayer.wenk.be/2010-11/c5a/public_html/productie.shtml)
 Vangheel, W.,(2011). *William's windmolenweb*. <http://users.skynet.be/Windmolens/index.htm>
 Zeuwts, K., (10-2-2012). Colruyt gebruikt groene waterstof voor heftrucks. Lloyd. 1-06-2012, <http://www.lloyd.be/DesktopModules/DCArticleMobile/Detail.aspx?ArticleID=23650>
Zonnepanelenspecialist. <http://www.zonnepanelenspecialist.nl/wat-is-zonne-energie>

6 BIJLAGEN

6.1 INTERESSANTE VIDEO'S.

- Waterstof maken door elektrolyse.
http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20101029_waterstof01
 Hindenburg ramp met de zeppelin
<http://www.youtube.com/watch?v=CgWHbpMVQ1U>
 Hindenburg ramp met de zeppelin. <http://www.youtube.com/watch?v=ZWSRIlg8KXQ>
 Waterstof maken en opvangen.
<http://www.youtube.com/watch?v=ewycYPpLTac&feature=related>
 Elektrolyse van water.
<http://www.youtube.com/watch?v=aLvRqg7fe3Y>
 De werking van een brandstofcel
<http://www.youtube.com/watch?v=N2DHIFCF-Q0>

6.2 HULPMIDDELEN

Om het project vlot te laten verlopen zijn volgende bijlagen noodzakelijk:

- Leerlingenbundel (apart document)
- Leerkrachtenbundel ingevuld (apart document)
- Powerpoint presentaties (aparte bijlagen)
 Powerpoint 1 is de inleiding van het project.
 Powerpoint 2 is het waterstof gedeelte.