



5 november 2021

[https://applets.kcvs.ca/CollisionalHeating/
CollisionalHeating.html](https://applets.kcvs.ca/CollisionalHeating/CollisionalHeating.html)



Masterclasses

2.1 (11:45 u – 12:30 u)

4.3 (13:00 u – 14:00 u)

Waterstof uit Wind en Woestijn
Arnoud Pollmann en Harrie Jorna
(NVOX / Vereniging
Zonnekrachtcentrales)

Vijf pensionado 's: v.l.n.r.

Arnoud Pollmann, PR; Sietse de Haan, projectleider;
Harrie Jorna, eindredacteur; Jan Molenaar en Paul
Feldbrugge, auteurs



schreven de nlt-vwo-module:

Waterstof

uit

Wind

en



oestijn

'Groene elektronen en groene moleculen'

vwo-module

Deel A: INLEIDING

- 1. Over de module**
- 2. Waarom waterstof?**
- 3. Waterstof: eigenschappen en productie**

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

- 4. Waterstof uit de Woestijn**
- 5. Waterstof uit Wind**
- 6. Vervoer en opslag van waterstof**

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

- 7. Waterstof in de industrie en in het vervoer**
- 8. Waterstof thuis?**
- 9. Waterstof voor onze toekomst**

Deel A: INLEIDING

1. **Over de module**
2. **Waarom waterstof?**
3. **Waterstof: eigenschappen en productie**

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

4. **Waterstof uit de Woestijn**
5. **Waterstof uit Wind**
6. **Vervoer en opslag van waterstof**

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

7. **Waterstof in de industrie en in het vervoer**
8. **Waterstof thuis?**
9. **Waterstof voor onze toekomst**

Over de module

staande paragraaf 1.1 vormt het antwoord op de vraag
bedoeling is van deze module.

af 1.2 is een soort voorwoord van deze module in de
an een promotiefilmpje met enkele vragen daarover.

komen er een aantal gebruiksaanwijzingen voor hoe
module kunt gebruiken en tenslotte een stukje

AM waarin in het kort iets staat over waar de module
aat.

**Om dit hoofdstuk te kunnen doen,
moet je...**

- weten wat elektrolyse is en het versterkte broeikaseffect is;
- een vooruitblik naar de module kunnen lezen en begrijpen;
- je een beeld van de module kunnen vormen.

Leerdoelen en andere doelstellingen

Hoofdstuk begint je docent met een Powerpoint om in 5 minuten een indruk te geven van het hoofdstuk
gaat doen.

Kenmerken module:

- Zeer personaliseerbaar
- Vraag-antwoorddidactiek
- Antwoorden achterin module
- **Begrippenlijsten**
- Kennis in context activeren
- Keuzemogelijkheden

In de module zijn twee soorten begrippenlijsten opgenomen:

- **Voorkennisbegrippenlijst**, met alle begrippen uit de groene voorkennisblokken
- **Leerstofbegrippenlijst**, met de omschrijving van de begrippen die in de moduletekst vóórkomen.

Ook de **antwoorden** zijn achterin de module zelf opgenomen:

Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. **Waarom waterstof?**
3. Waterstof: eigenschappen en productie

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. Vervoer en opslag van waterstof

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

Versterkt BROEIKASEFFECT



B Rapport IPCC

Verband met extreem weer, pas recent erkend

4. Experiment: Hoeveel gloeilampen is de zon?



formule (1)	situatie 1: Lamp-Hand	zon- gevoel	situatie 2: Zon-Aarde
$I = P_{\text{bron}} / (4\pi r^2)$	$I_1 = 100\text{W} / (4\pi (r_{\text{Hand-Lamp}})^2)$	$I_1 = I_2$	$I_2 = P_{\text{bron}} / (4\pi (1,496 \cdot 10^{11})^2)$

Er zitten ca 18 experimenten in de module, waarvan ca 4 facultatief, met nog 4 (gedachte-)experimenten:

In de **DHL** (volgens format nlt) zijn de delen van de module met de experimenten opgenomen voor de toa, zodat hij niet constant hoeft te zoeken:

1. Voorschrift

Neem een gloeilamp van 100 of 150 watt. Deze zendt ongeveer dezelfde straling uit als de zon, vooral ook de straling die je kunt voelen, want met je gevoel ga je dit keer meten. Iemand van de groep houdt een rolmeter of een duimstok paraat. Houd de binnenkant van je geopende hand loodrecht op de stralen die van de lamp komen zoals in figuur 8a: 'Ouderwetse gloeilamp'. Houd het midden van je geopende hand op de hoogte van de gloeidraad. Doe je ogen dicht. Iemand van je werkgroep doet de lamp aan. Je gaat nu het middendeel van je hand op een afstand van de lamp houden zó dat je zo precies mogelijk evenveel instraling ervaart alsof je lekker op het strand in de zon ligt te bakken. Concentreer je op het middendeel van je open hand om daar die stralingsintensiteit vast te stellen. Als dat gevoel er is, laat je dat weten en iemand van de werkgroep markeert met een uitwissbare viltstift op een mm nauwkeurig de projectie (zie als je niet weet wat een projectie is <https://www.hhofstede.nl/modules/projectief1.htm>) van het midden van de binnenkant van je hand op de tafel. Wat je als afstand tot de lamp gaat nemen, hangt ervan af of de lamp van doorzichtig glas is of wit gematteerd. In het laatste geval zet je een stip op tafel waar de projectie van de buitenkant van de lamp is die het dichtst bij de geopende hand zit. Mocht daartoe de voet van de lamp in de weg zitten, draai je de gedoofde en afgekoelde lamp los, houd je hem precies boven de schroefdraad, haal je de voet weg en zet je de bedoelde stip op tafel. Noteer de afstand tussen de stippen. Meet in mm nauwkeurig. Besluit je de binnenkant van de lamp te nemen, omdat het glas van de



De benodigdheden etc. zijn geel gemarkeerd

Voor de veiligheid wordt het toetsmateriaal (hfst. 11) los van de DHL geleverd met:

1. Een krantentoets
2. Een filmtoets
3. Een lijst ter beoordeling van de eindpresentatie.
4. Een serie vragenclusters over vak-artikelen.

Delen van de module in uw monovak

Wilt u onderdelen van de module in uw monovak geven, graag melden via

voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

(Adres staat ook op de flyer)

Bijscholingsmogelijkheden:

- *‘Een objectieve kijk op waterstof’,*
- *‘Scheikundeboekje voor fysici’*
- *‘Solar Thermal Power Plants’*

Andere materialen:

- Brochure (opvolger van de flyer)
- Summary (22 pagina's)

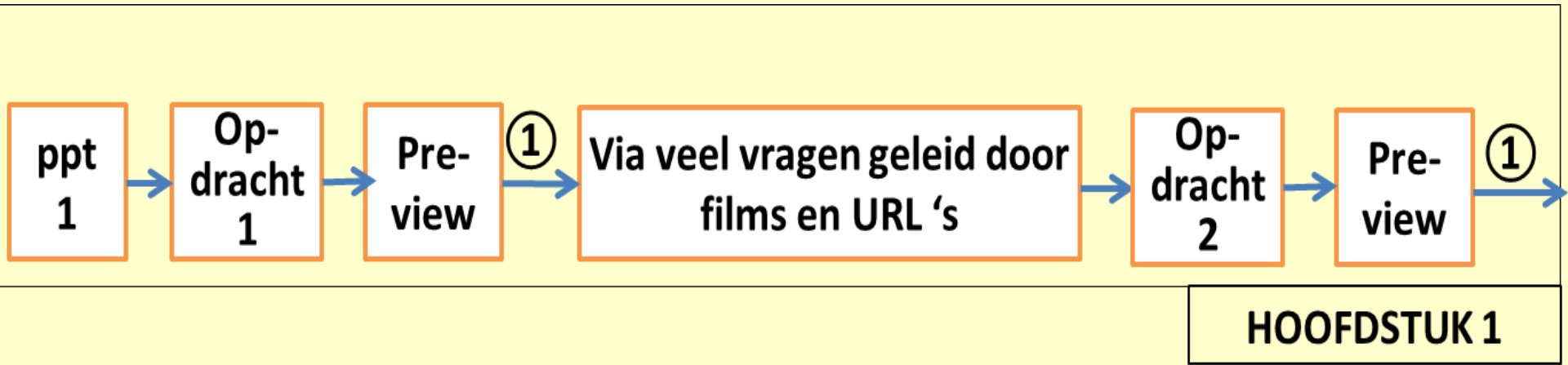
Aanvragen via:

voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Kenmerken module:

- Zeer personaliseerbaar
- **Vraag-antwoorddidactiek**
- Antwoorden achter in module
- Begrippenlijsten
- Kennis in context activeren
- Keuzemogelijkheden:

Standaardroute ①:

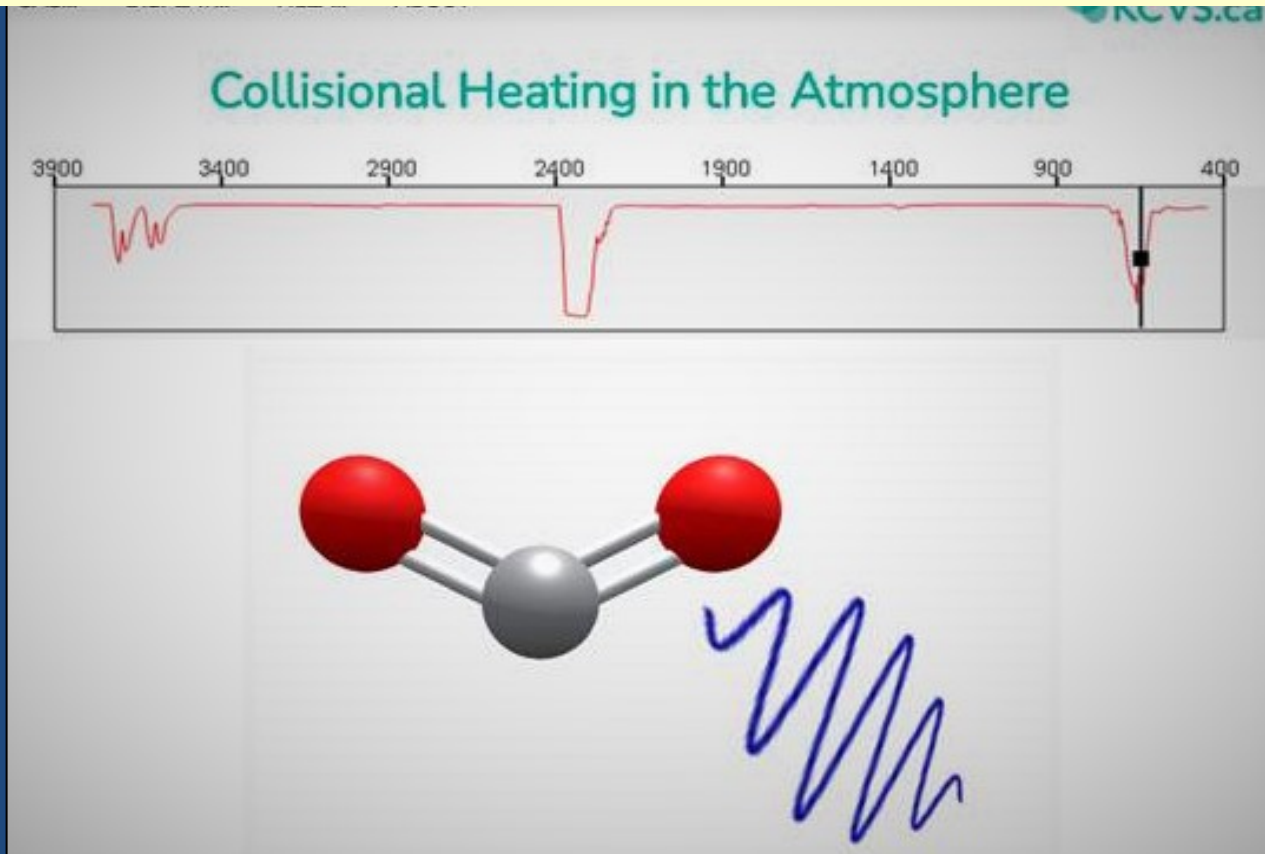


***Voorbeeld uitgebreid vraag-
antwoord-spel: (op docentniveau)***

KNMI eerste fragment: (van de drie)

Waterdamp neemt bijna tweederde van het natuurlijke broeikaseffect voor zijn rekening en is daarmee het belangrijkste broeikasgas.

Zoek met deze animatie uit hoe water(damp) een broeikasgas kan zijn. <https://applets.kcvs.ca/CollisionalHeating/CollisionalHeating.html>

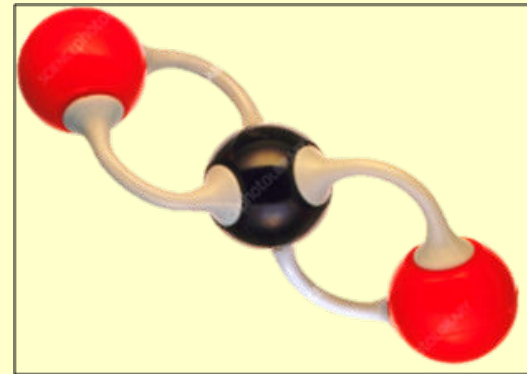


Water(damp) een broeikasgas

Als het watermolecuul tot *bending* (of *stretching*) is aangeslagen, geeft het zijn energie dóór aan zijn buurmoleculen die daardoor sneller worden: de temperatuur stijgt en de bending en stretching is weg.

Experiment:

Gebogen model loslaten in een bord met pingpong-balletjes.



Hoe kun je dan als waterdamp het belangrijkste broeikasgas is, denken dat je met waterstof het broeikaseffect kunt bestrijden?

Neemt door waterstof verbranden de $[\text{H}_2\text{O}(\text{g})]$ toe? Leg uit. Geef twee argumenten waarvan één met een evenwichtsbeschouwing.

Antwoord 1:

Het door verbranden van waterstof ontstane water is precies evenveel als het geëlektrolyseerde water voor de productie van die waterstof.

Antwoord 2:

$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, snelheid naar links neemt toe: de extra waterdamp condenseert, en wel volledig, want (evenwichtsvoorwaarde)
 $[\text{H}_2\text{O}(\text{g})] / [\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = K_T$ waarbij de K_T alleen van de temperatuur afhangt.

KNMI tweede fragment:

Stijgt de temperatuur dan komt er extra waterdamp (1). Door de extra broeikaswerking daarvan (2) gaat de temperatuur vervolgens nog méér omhoog.

(3)

Leg dit uit met $[H_2O(g)] = K_T$ en geef het gevaar hiervan aan. (4)

KNMI tweede fragment:

Stijgt de temperatuur dan komt er extra waterdamp (1). Door de extra broeikaswerking daarvan (2) gaat de temperatuur vervolgens nog méér omhoog (3).

Leg dit uit met $[H_2O(g)] = K_T$ en geef het gevaar hiervan aan. (4)

(1) K_T groter bij hogere temp.

(2) $[H_2O(g)]$ dus groter bij hogere T

(3) Daardoor extra broei en T stijgt weer!

(4) Etc. etc. steeds weer: **positieve terugkoppeling** → **escalatie!**

KNMI derde fragment:

Door bijvoorbeeld vulkaanstof, neemt de temperatuur af (5) en zal waterdamp condenseren. Hierdoor vermindert de concentratie van de waterdamp en dus het broeikaseffect daarvan: de atmosfeer koelt extra af.

(5) Wat kunnen wij in plaats hiervan doen met dezelfde serie effecten?

Toch H₂ inzetten!!

Door dalen / minder stijgen [CO₂(g)],

daalt / stijgt T minder,

daalt / stijgt [H₂O(g)] minder,

daalt T / stijgt T weer minder:

pos. terugkoppeling andersom

→ **de-escalatie!**

Dus overwinning vóór H₂-inzet!!!

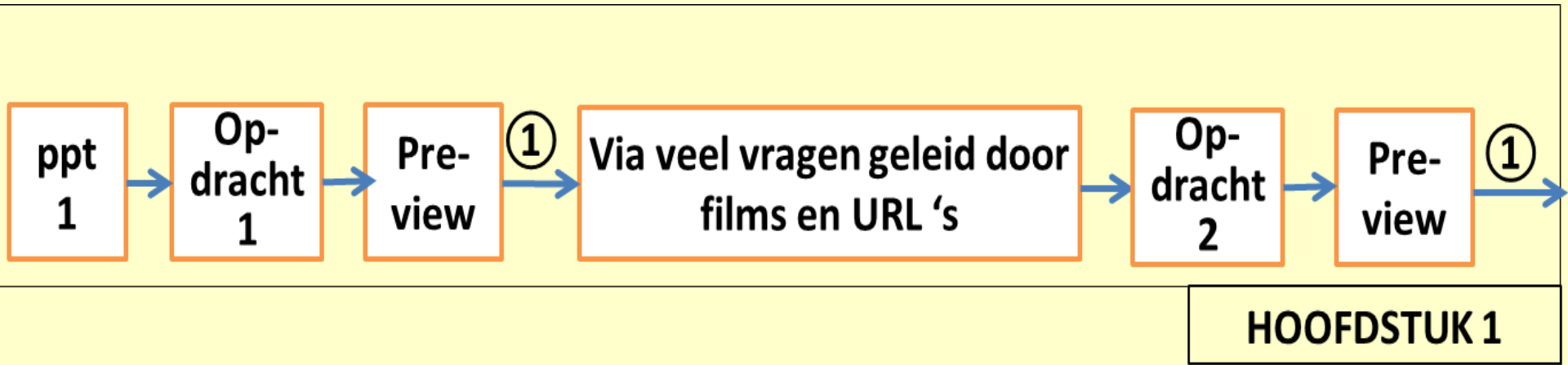
Hoe weet je wat waar is? is één van de twee **rode lijnen** in de module.

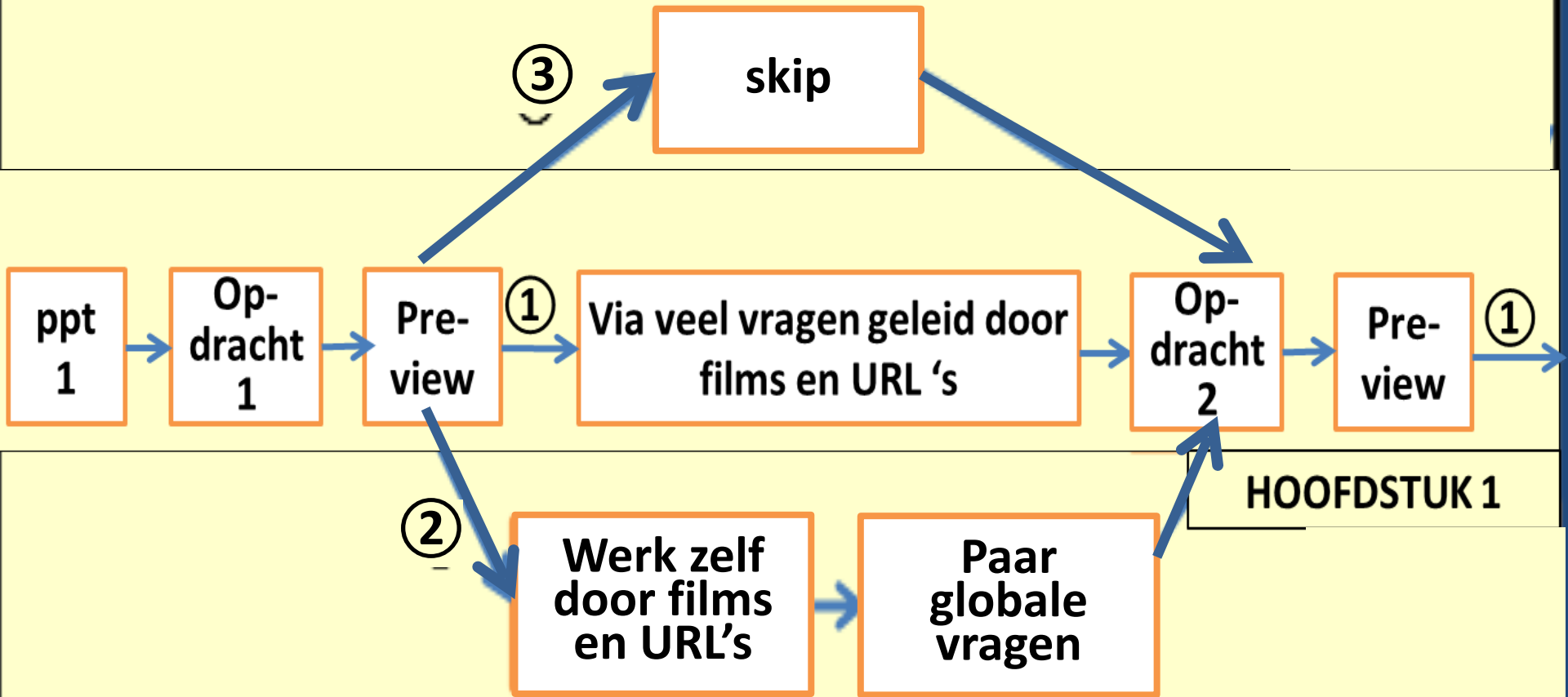
Werken naar de eindopdracht is de tweede **rode lijn**.

Kenmerken module:

- **Zeer personaliseerbaar**
- Vraag-antwoorddidactiek
- Antwoorden in module
- Begrippenlijsten
- Kennis in context activeren
- **Keuzemogelijkheden:**

Standaardroute ①:





Route ④

Arbeidsverdelend
Expertgroep 1
Hfst. deel 1 ppt



Arbeidsverdelend
Expertgroep 2
Hfst. deel 2 ppt



Arbeidsverdelend
Expertgroep 3
Hfst. deel 3 ppt

Route ⑤
Hele Paragraaf
gedekt door
globale opdracht

Route ⑤ Om te komen tot een opdracht die paragraaf 7.2 dekt, kun je je samen met alle afbeeldingen van voertuigen van deze paragraaf die op waterstof (gaan) bewegen, laten inspireren door figuur 64a: ‘Waterstofbakfiets’ waarop ook een per definitie elektrische trolleybus te zien is en het NS-station met elektrische maar ook dieseltreinen die (deels) op waterstof kunnen gaan rijden. H2Platform, de bron van figuur 64a zegt van de bakfiets: “Hij heeft een elektrische trapondersteuning die energie krijgt van een brandstofcel op waterstof”. Ook meldt deze site dat dit instituut al eerder een step op waterstof ontwikkelde. Zie ook hydrocargo.nl. Als jij een E-bike hebt, zou je hem misschien in een **O&O**-ontwerpopdracht op waterstof kunnen gaan laten rijden. Een daartoe geschikte waterstofbinder is ook te zien op H2Platform: POWERPASTE. Deze bestaat uit magnesiumhydride (MgH_2) en andere bestanddelen om het in een pastavorm te krijgen. Na aanraking met water vallen de bestanddelen uiteen. Geef de reactievergelijking. Hydride is H^- . Dan komt de waterstof vrij om de brandstofcel in een scooter te voeden. Zie ook [URL62a](#). Als je contact opneemt met een bedrijf in jouw buurt, kun je (eventueel in ruil voor zo ‘n mooi door jou te ontwerpen bord op je E-bike) info en/of adviezen krijgen. Succes! Regel met je docent of dit alles voor een cijfer kan.

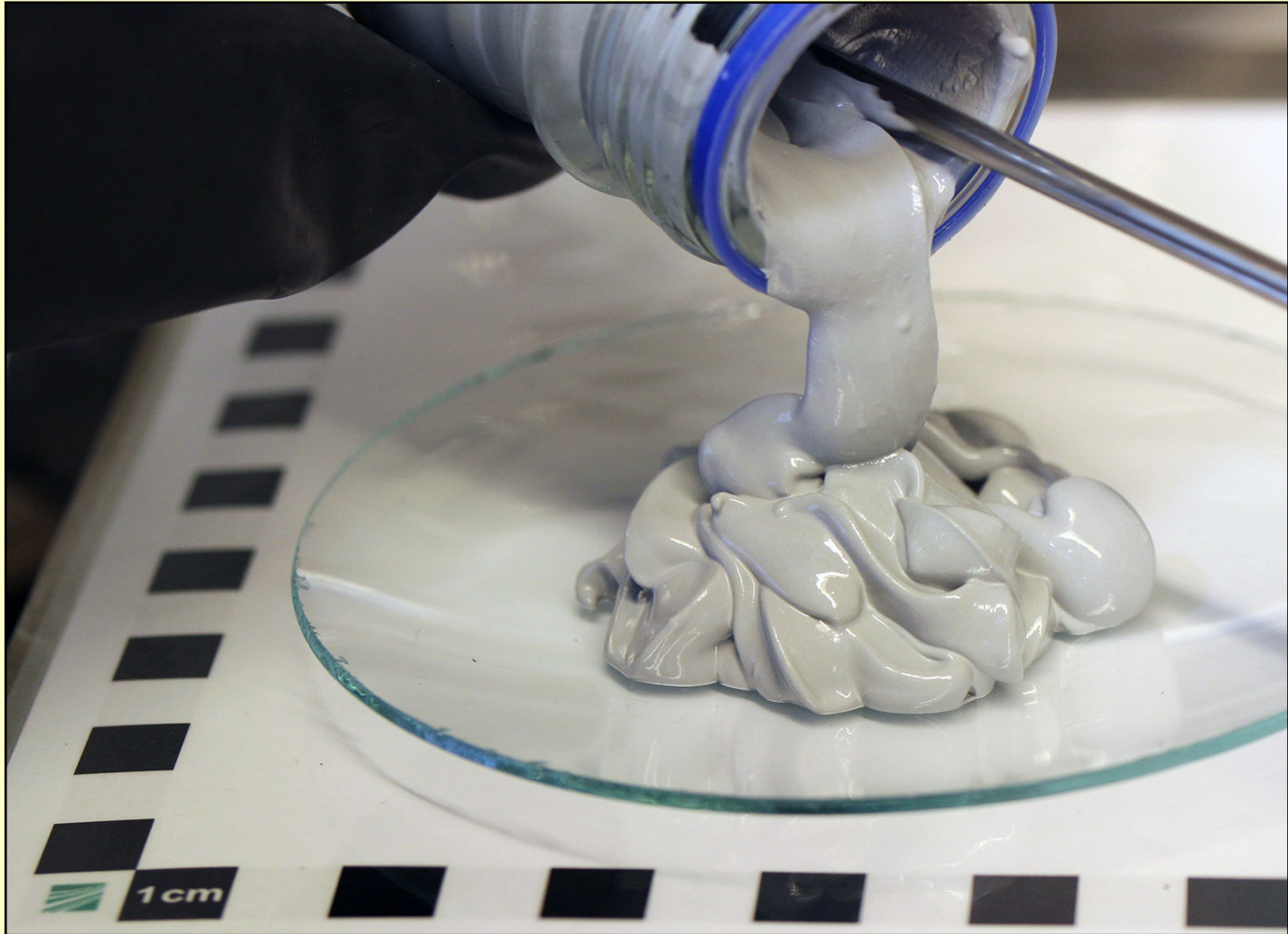


Figuur 64a: Waterstofbakfiets

► Voorbeeld van een route⑤-opdracht, geschikt voor **O & O**

Handig: waterstof als POWERPASTE:

Magnesiumhydride $\text{MgH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$



Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. Waarom waterstof?
3. **Waterstof: eigenschappen en productie**

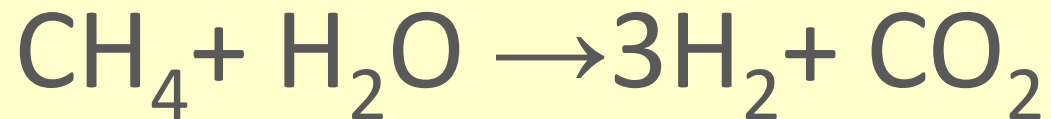
Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. Vervoer en opslag van waterstof

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

3.3 Grijze, blauwe en groene waterstof



- CO_2 niet opslaan \rightarrow grijs
- CO_2 opslaan \rightarrow blauw
- elektrolyse H_2O \rightarrow groen

(mits de stroom groen is)

Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. Waarom waterstof?
3. Waterstof: eigenschappen en productie

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

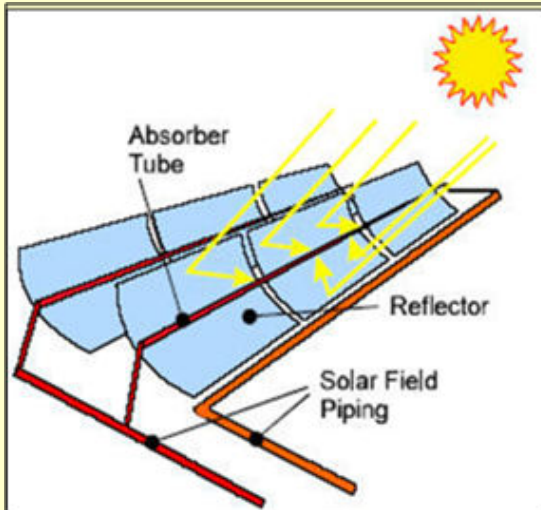
4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. Vervoer en opslag van waterstof

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

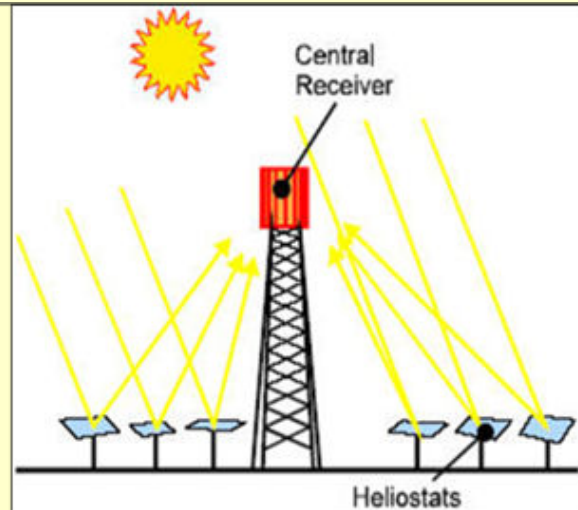
7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

4.1 Drie manieren om zonne-energie te oogsten

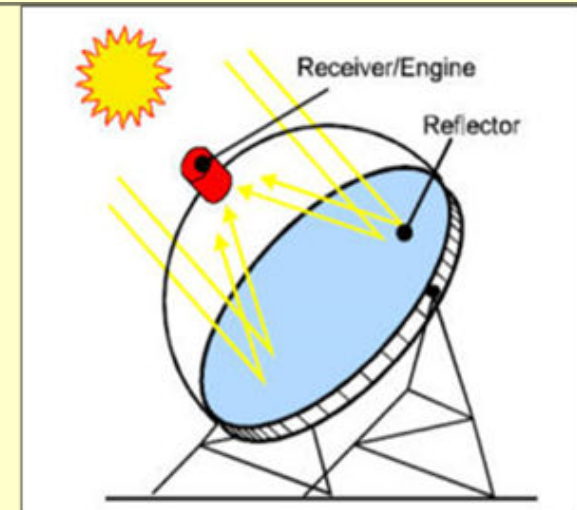
1. Spiegels: trog, toren, solar disc:



Trough
400 °C



Solar Tower
>1000 °C



Solar disc
2000 °C

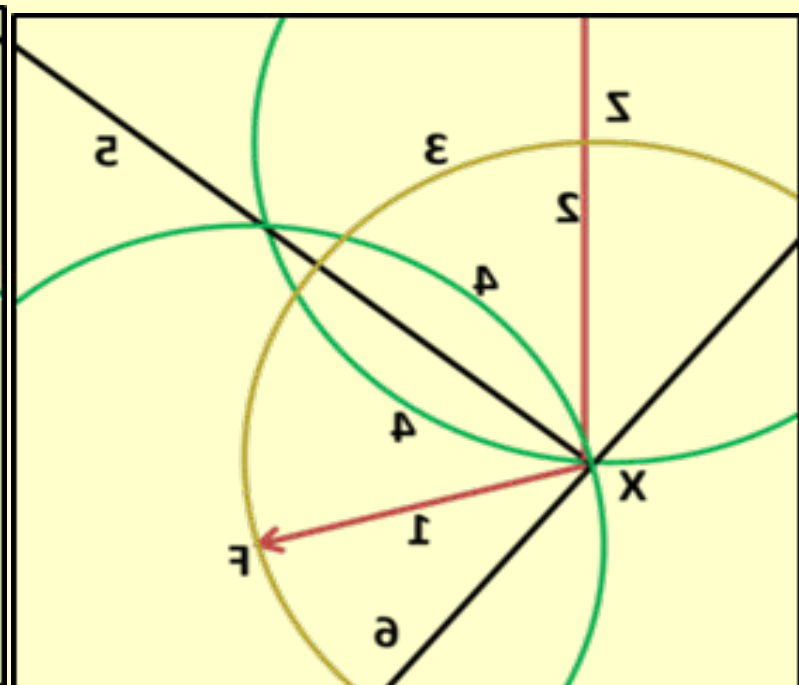
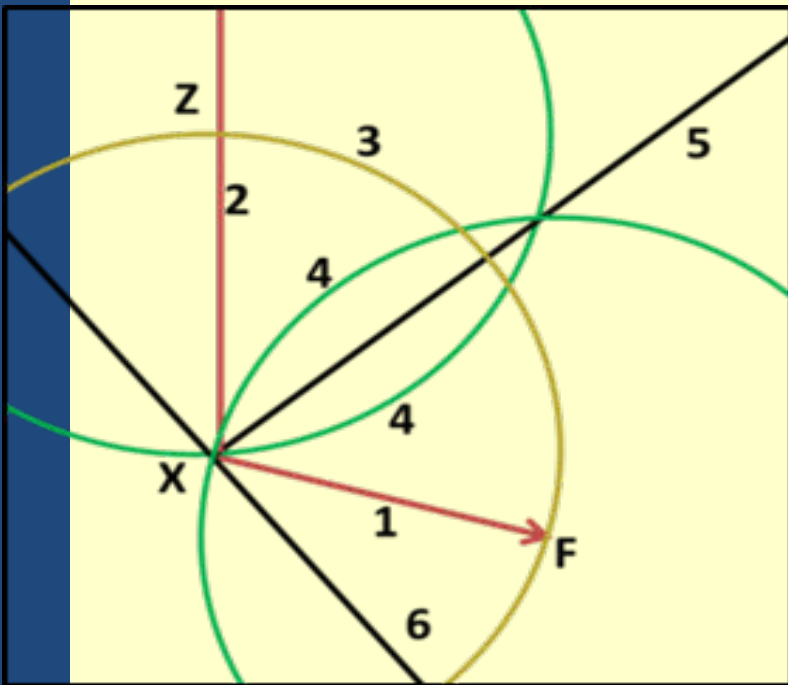
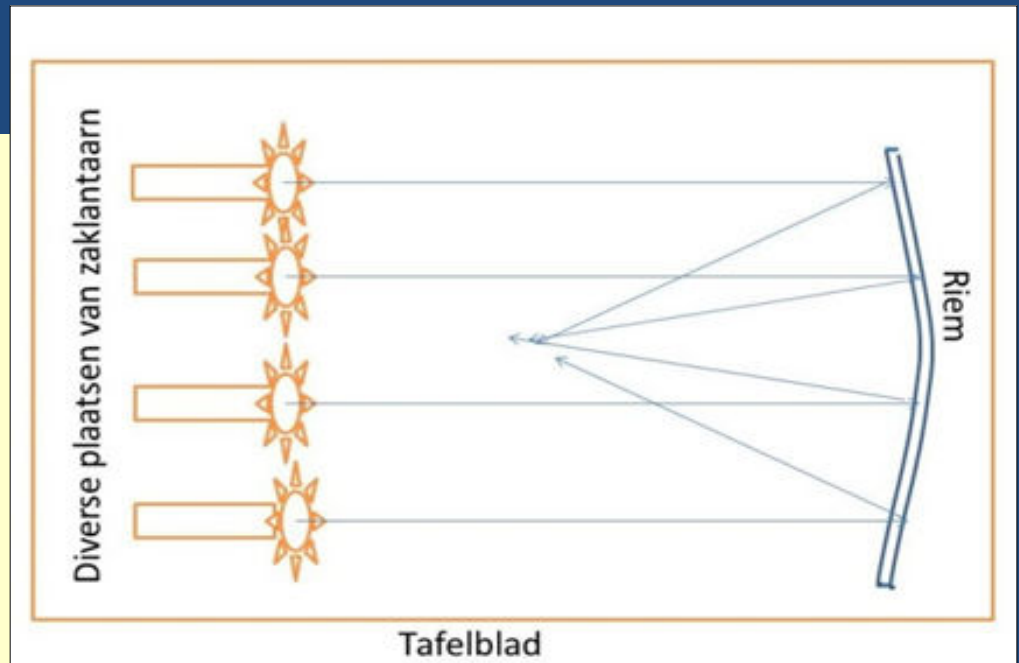
2. Zonnepanelen
3. Windturbines

4.2 Ideale stralenvangers.

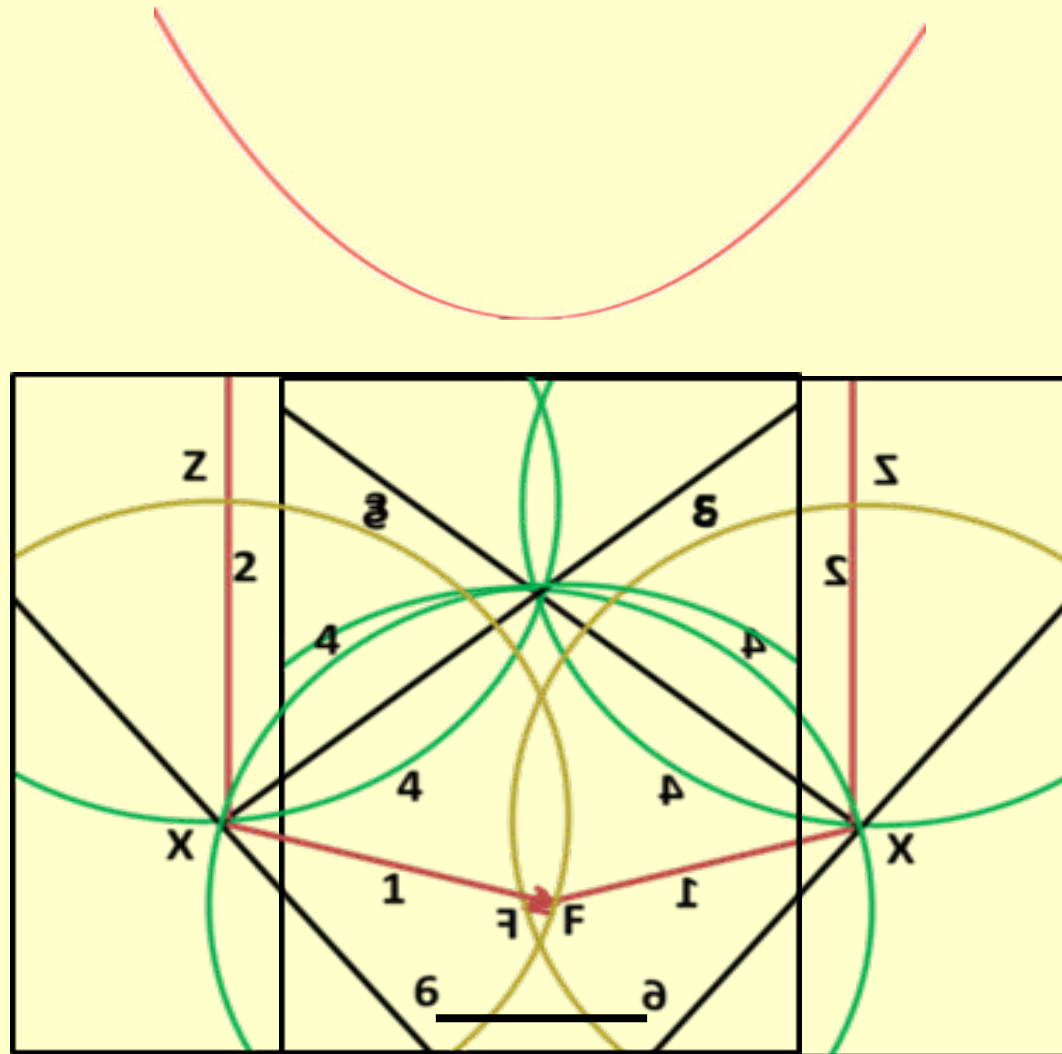
Zelf ontwerpen:

Experimenteel:

Wiskundig:



Rechterdeel
is spiegel-
beeld van
links



Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. Waarom waterstof?
3. Waterstof: eigenschappen en productie

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. Vervoer en opslag van waterstof

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

5.1 Windmolens, de huidige ontwikkelingen



Haliade-X, grootste v.d. wereld

5.4 Bekijk het binnenste van een turbine



Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. Waarom waterstof?
3. Waterstof: eigenschappen en productie

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. **Vervoer en opslag van waterstof**

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

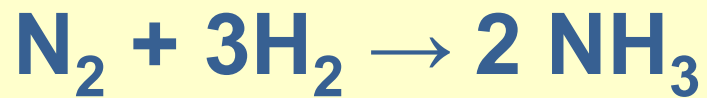
2. Opdracht: Vervoer van waterstof als waterstof

Energievervoer door energiedrager waterstof is zuiniger¹ dan per kabel

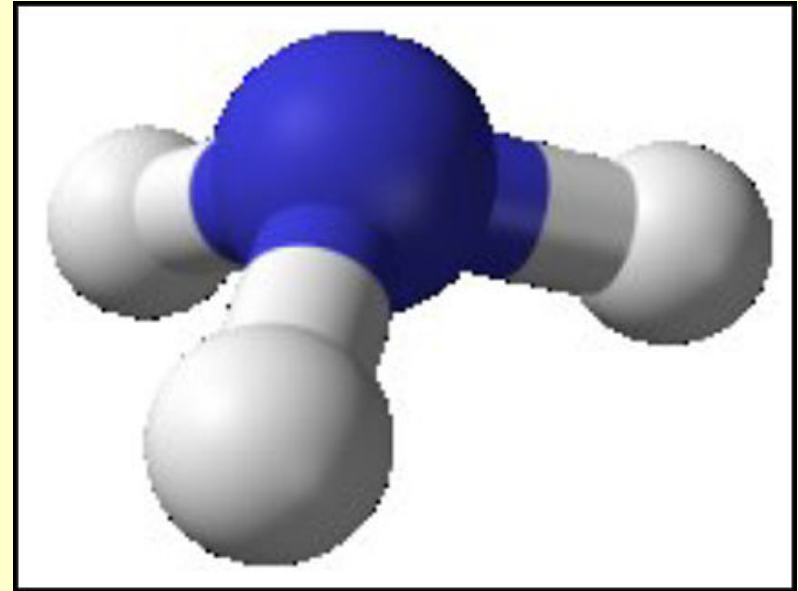


Opdracht 3: Via ammoniak een handige omweg?

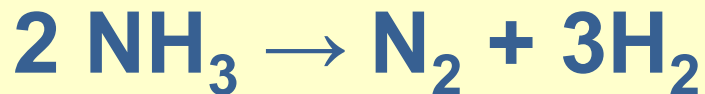
1. De omweg:



polair, makkelijker vloeibaar te krijgen.



Na aankomst:



Waterstof in de aardgasleidingen: voor elektrische centrales, thuis, industrie

Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. Waarom waterstof?
3. Waterstof: eigenschappen en productie

Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

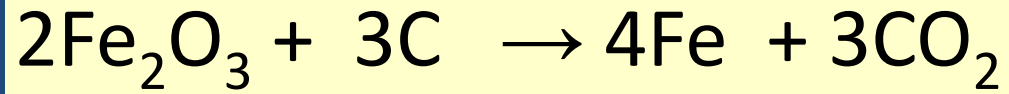
4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. Vervoer en opslag van waterstof

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

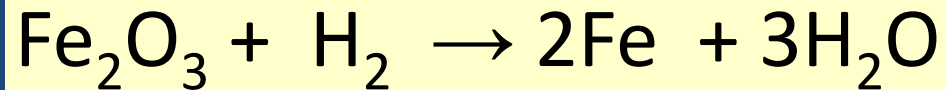
7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

7.1 Zware industrie

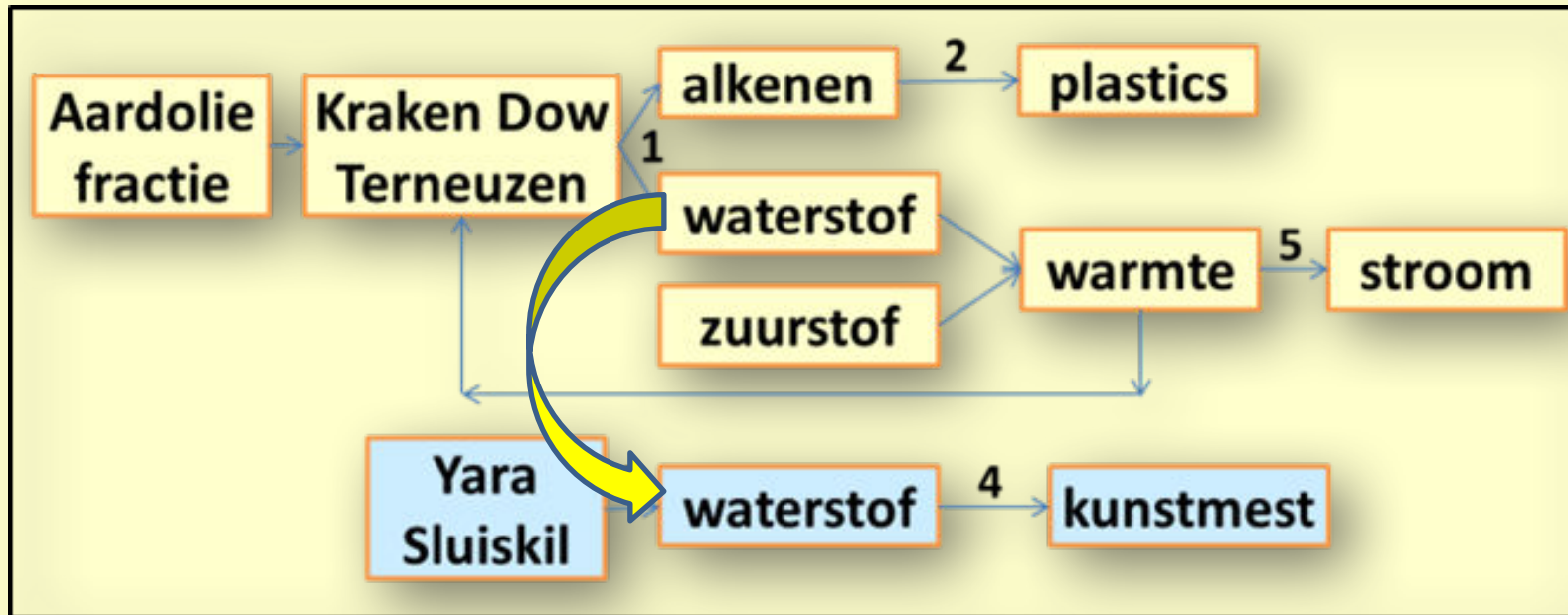




2. Opdracht: En nu met waterstof



6. Opdracht: Waterstofnetwerk in Zeeland





“De waterstof die Dow Chemical te veel heeft, gaat door een oude gasleiding van 12 km naar onze kunstmestfabriek”



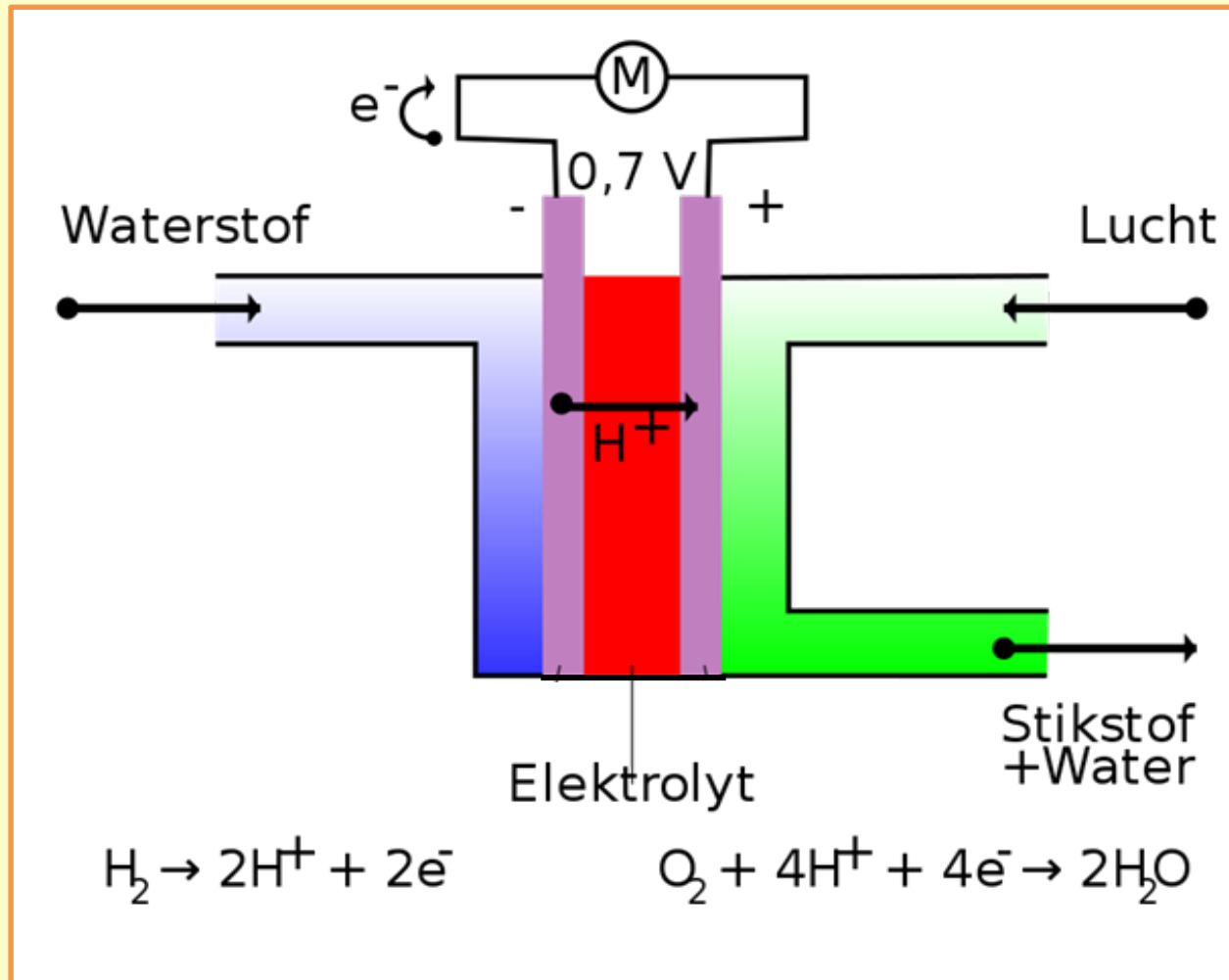
D

DD

7.2 Waterstof in het vervoer



Fuel cell = brandstofcel



Fuel cell ≈ omgekeerde van elektrolyse

Deel A: INLEIDING

1. Over de module
2. Waarom waterstof?
3. Waterstof: eigenschappen en productie

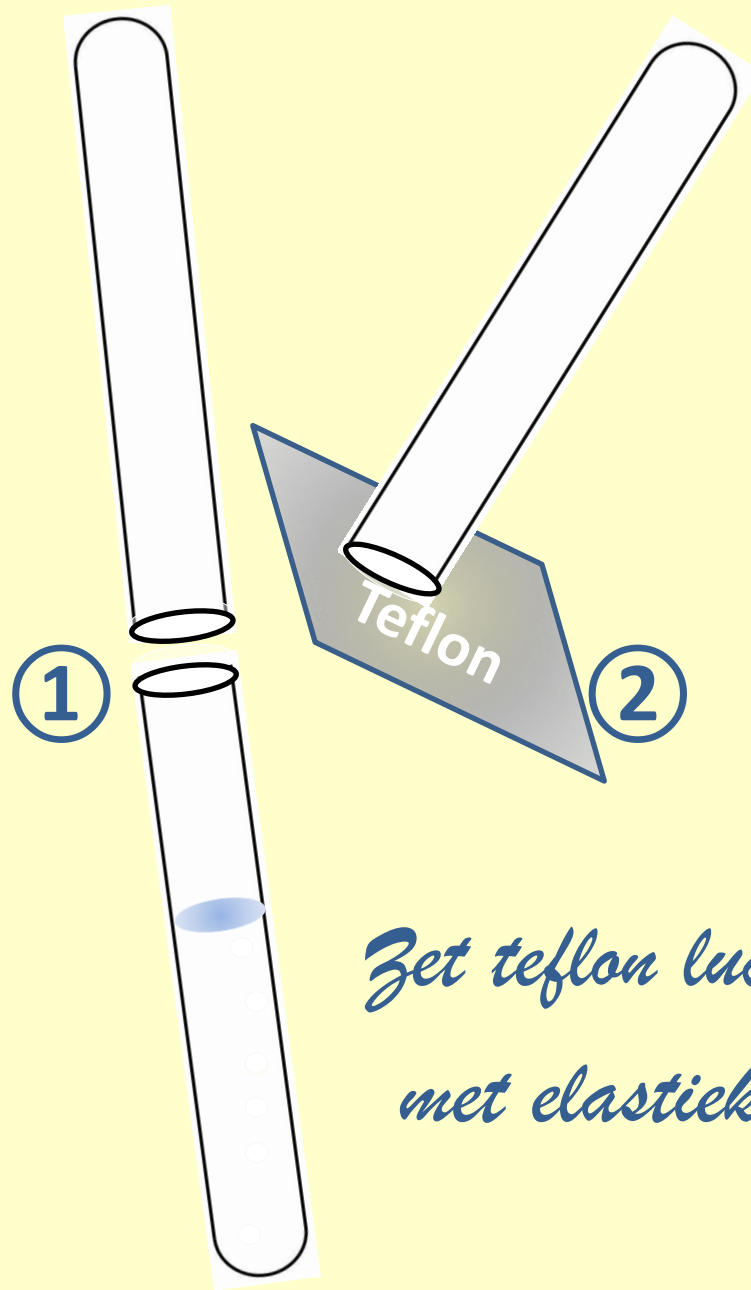
Deel B: HOE KOM JE ER AAN?

4. Waterstof uit de Woestijn
5. Waterstof uit Wind
6. Vervoer en opslag van waterstof

Deel C: WAT KUN JE ERMEE?

7. Waterstof in de industrie en in het vervoer
8. Waterstof thuis?
9. Waterstof voor onze toekomst

**1: Experiment:
gaat
waterstof
door teflon
heen?**



*Zet teflon luchtdicht vast
met elastiek op de buis.*

**1. Experiment:
gaat
waterstof
door teflon
heen?**



**Afgeplakte buis in de exsiccator. Zuig vacuüm.
De teflon gaat bol staan. Laat weer lucht toe in
de exsiccator. Als de teflon hol gaat staan, was
de teflon doorlaatbaar voor waterstof.**

Tweede rode lijn:

De eindopdrachten zeven opties:

1. Presentatie Gemeenteraad, Provinciale Staten, Tweede Kamer, Euro Parlement (Green New Deal)
2. Klimaatideaal continent
3. Bedrijf oprichten
4. Site maken
5. Les basisschool
6. O&O
7. Vrije keus



Interesse?

Meldt u zich aan

bij Sietse de Haan:

<https://www.zonnekrachtcentrales.nl/>

of voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Adressen staan ook op de flyer.

Interesse?

Meldt u zich aan

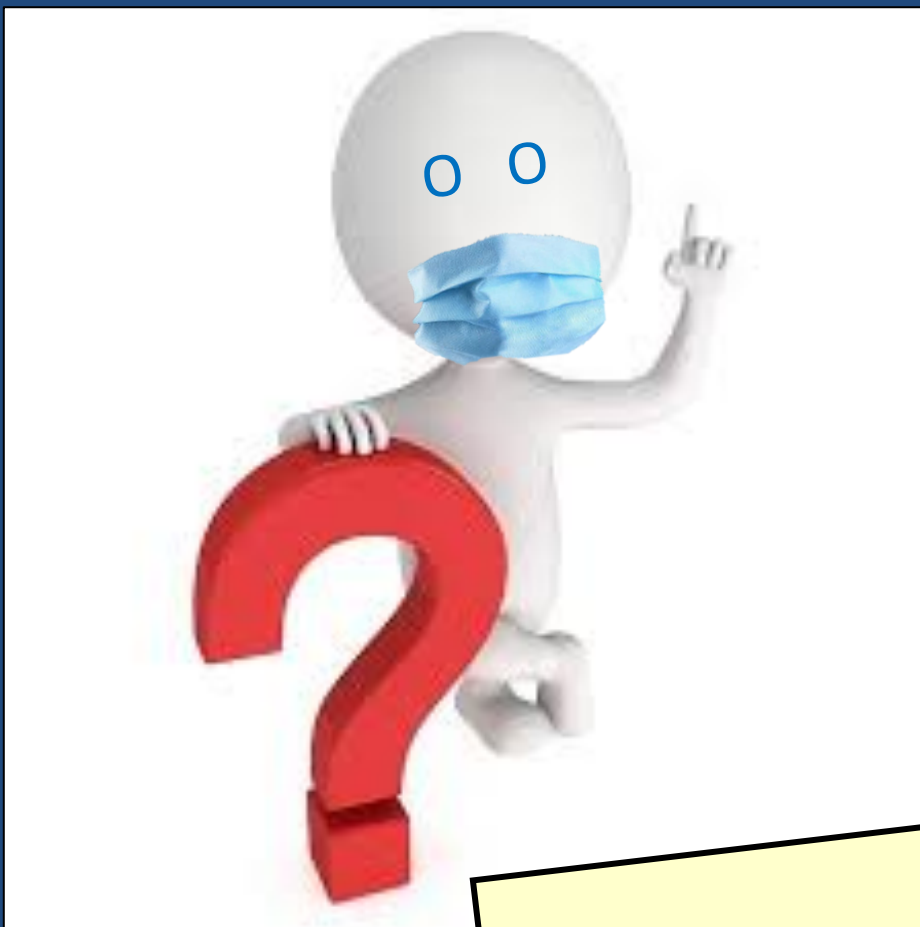
bij Sietse de Haan:

<https://www.zonnekrachtcentrales.nl/>

of voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Adressen staan ook op de flyer.

*Dank u wel
voor uw aandacht!*



Vragen ?