

Woudschoten Chemie Conferentie

8 november 2025

Marion van Brederode



Onderzoeksproject NRO Postdoc VO

Freudenthal Instituut Universiteit Utrecht, Supervisie: Gjalt Prins en Micha Ummels

Project 1 (2020-2023): *Kritisch denken bij scheikunde practica.*

Chemistry Education
Research and Practice



PAPER



Cite this: *Chem. Educ. Res. Pract.*,
2020, 21, 1173

Examining the effect of lab instructions on students' critical thinking during a chemical inquiry practical†

Marion E. van Brederode, ^{a,b} Sebastiaan A. Zoon ^a and Martijn Meeter ^b

Project 2: (2023-2026) *Hoe kan er meer aandacht komen voor creativiteit in het scheikunde-onderwijs*

Chemistry Education
Research and Practice



PERSPECTIVE

Teaching chemistry as a creative subject

Cite this: DOI: 10.1039/d5rp00068h

Marion E. van Brederode

Inhoud

- | | |
|-----------|---|
| 01 | Waarom aandacht voor creativiteit in het scheikunde-onderwijs ? |
| 02 | Relatie tussen creativiteit, kritisch denken en creatief denken |
| 03 | Sleutel tot kritisch denken |
| 04 | Sleutel tot creatief denken |
| 05 | Mogelijkheden voor creatieve scheikunde |
| 06 | Uitwisselen praktijkvoorbeelden |

Core Skills in 2025

World Economic Forum *The future of jobs report*

Future of Jobs Report 2025

Core skills in 2025



1.  Analytical thinking
2.  Resilience, flexibility and agility
3.  Leadership and social influence
4.  Creative thinking
5.  Motivation and self-awareness
6.  Technological literacy
7.  Empathy and active listening
8.  Curiosity and lifelong learning
9.  Talent management
10.  Service orientation and customer service

 Cognitive skills  Self-efficacy  Working with others  Management skills  Technology skills  Engagement skills

Note: The skills selected by surveyed organizations to be of greatest importance to workers at the time of the survey.

Source: World Economic Forum. (2025). *Future of Jobs Report 2025*.

Grootste uitdaging in het onderwijs 2025

International Society for the Scholarship of Teaching and Learning (ISSOTL)

SoTL's Five Grand Challenges

SoTL practitioners study postsecondary teaching and learning to better understand and improve...

1. How to develop critical and creative thinkers!

2. how to encourage students to be engaged in learning.
3. the complex processes of learning.
4. how identities affect both teaching and learning.
5. the practice, use, and growth of SoTL.



Uitdagingen

Scheikunde is een creatief vakgebied, maar leerlingen (h)erkennen dit niet als dusdanig.

Wat hebben leerlingen nodig om creatief te zijn ?

Hoe stimuleer je creativiteit ?

Opbrengsten van creativiteit



Zelfvertrouwen

Motivatie

Cognitieve
vaardigheden

Klasklimaat

Minder uitval, meer
doorstroom

Wat kenmerkt een creatief proces ?

Divergent: Nieuwe
ongewone,
onverwachte ideeën



Vaardigheden voor creatief denken:

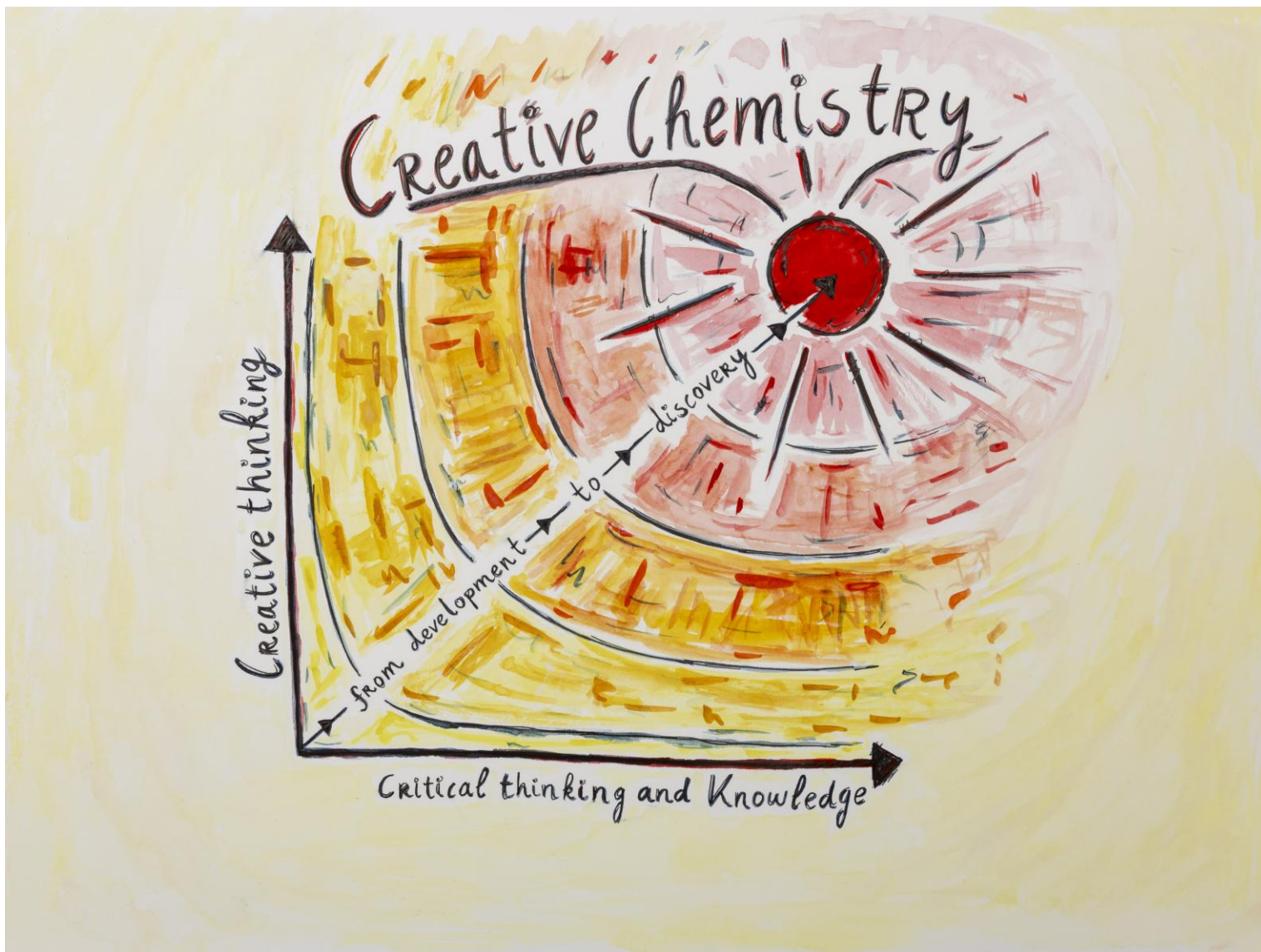
- Flexibiliteit en veelzijdig denken.
- Snel veel ideeën genereren.
- Ontdekken van unieke of ongewone concepten.

Convergent
oplossing van een goed gedefinieerd
probleem



Vaardigheden voor kritisch denken:

- Analytisch vermogen
- Kennis van het vak/ vakspecifieke vaardigheden
- Doorzettingsvermogen



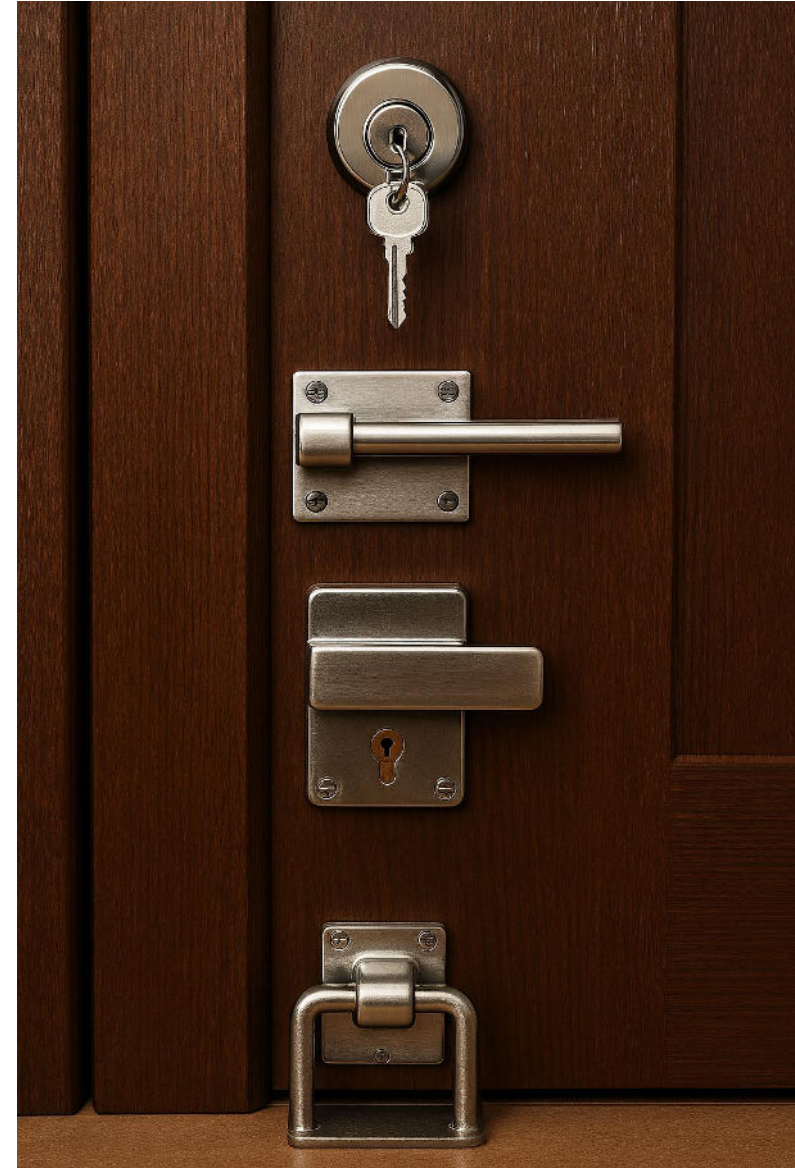
Creative Chemistry = Creative Thinking x Critical Thinking and Knowledge

Creativiteit zit achter een deur met drie sloten

- Kritisch denken
- Kennis en vaardigheden (discipline afhankelijk)
- Creatief denken

Het is maar zelden dat één iemand alle drie de sleutels tegelijkertijd bij zich heeft. De deur hoeft niet altijd open te gaan.

Laten we ze eerst de sleutels eens los van elkaar bekijken



De sleutel tot kritisch denken

WETENSCHAP VANDAAG



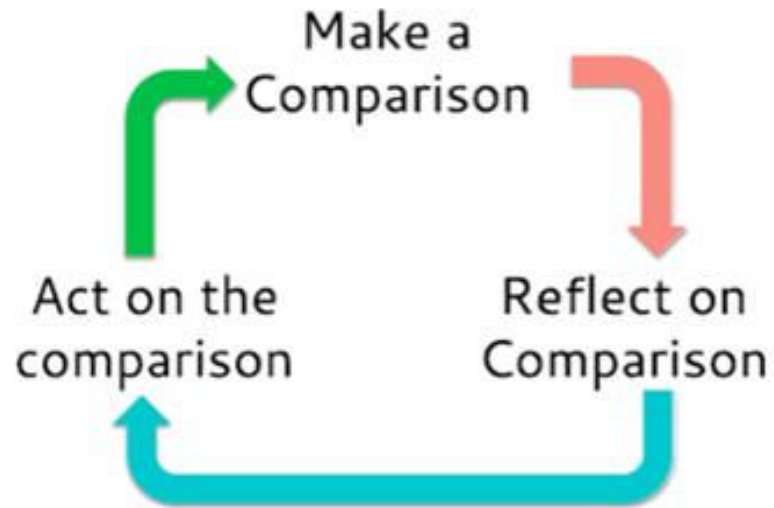
HOE JE STUDENTEN 12 KEER BETER KRITISCH LEERT NADENKEN

BNR Webredactie, Mark Beekhuis
woensdag 19 augustus 2015, 15:48

▶ **LUISTER** Wetenschap Vandaag | Hoe je studenten 12 keer beter kritisch...

Hoe verschilt deze aanpak van de traditionele methode om studenten kritisch te leren denken, was de vraag. "Ik weet niet of die er is", antwoordde Natasha Holmes van Stanford University.

Sleutels tot kritisch denken



- Verpak instructies in een **beslisboom** om vergelijkingen te maken. Laat instructies gelijdelijk verdwijnen!
- Maak vergelijkingen met een model / verwachtingen / data van andere groepjes
- **Geen kookboekinstructies**
- Geen vrije foutendiscussie, maar bevrage en analyseer (meet)gegevens en aannames

Model: Kritisch denken bij practica

- Welke meetgegevens nodig?
- Hoe kun je deze meetgegevens verkrijgen?
- Hoe kun je deze analyseren?
- Hoe houd rekening met onnauwkeurigheden

Experimenteerplan
aan de hand van
een expliciet
**onderzoeksdooel
waar een
vergelijking in zit**

Experiment
uitvoeren volgens
eigen
experimenteerplan

- **Geen schriftelijke instructies om te volgen zonder na te denken.**

Beslissing nemen
aan de hand
vergelijking

Resultaten
vergelijken met
andere leerlingen /
meetmethoden /
theorie.

- **Geen verschil:
nauwkeuriger meten is
zeker weten!**
- **Wel een verschil: Hoe
kun je dit verschil
onderzoeken?**

- **Verskil of
overeenkomst ?**

- Statistiek
- T-waarde

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Resultaten kritisch denken practica Holmes studie

- niveau 1 **data-analyse zonder interpretatie**
- niveau 2 **betekenis geven aan de resultaten.**
- niveau 3 **combineren van ideeën of het voorstellen van een nieuw idee**
- niveau 4 is het **evalueren /verdedigen toetsen van een nieuw idee** met meetgegevens of gegevens uit de literatuur.

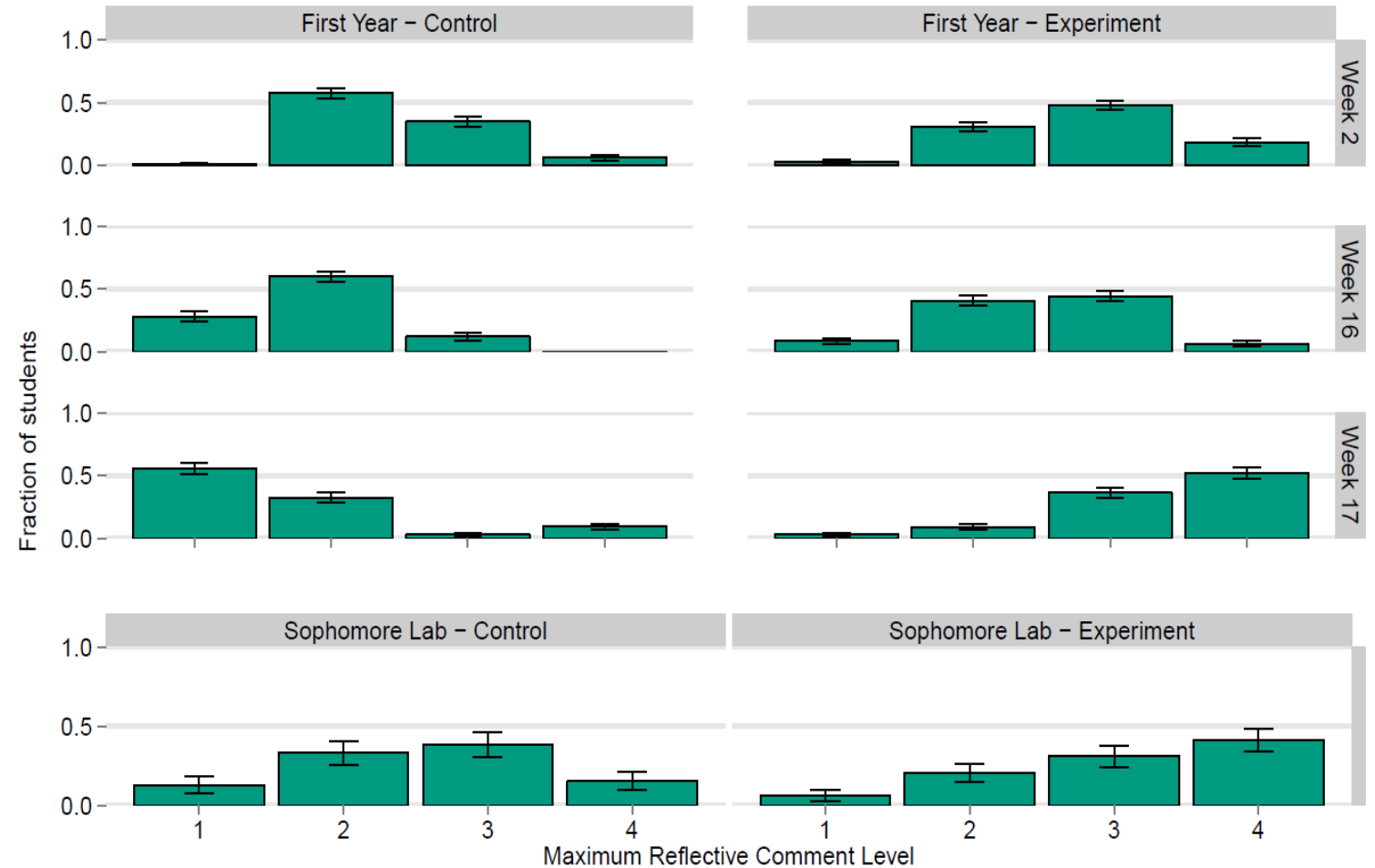


Fig. 4. Reflective comments. The distribution of the maximum reflection-comment level students reached in four different experiments (three in the first-year course and one in the sophomore course) shows statistically significant differences between groups (see [Supporting Information, Analysis](#) for statistical analyses). Uncertainty bars represent 67% confidence intervals on the proportions of students.

Eigen onderzoek Scheikunde practica vwo-6 / Twee voorbereidende condities

Gebaande weg

Gestuurde voorbereiding

Specifieke vragen die leerlingen sturen na te denken over de uitvoering van het experiment

Kritisch denken

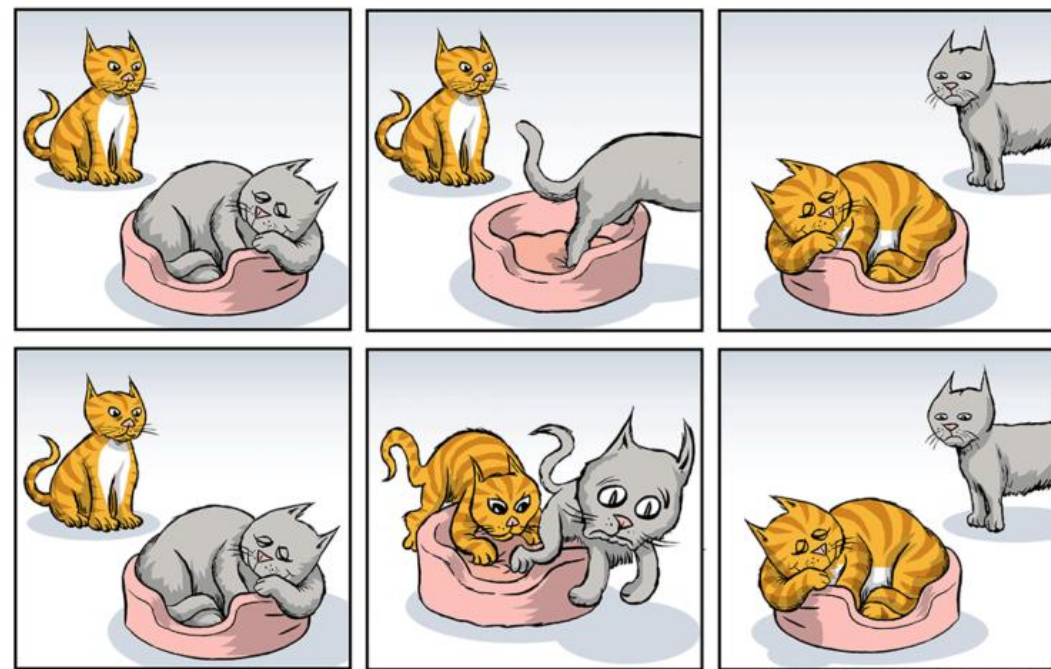
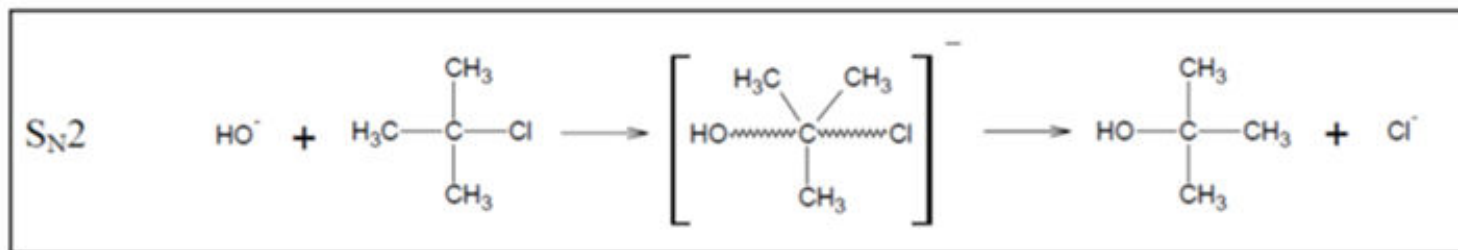
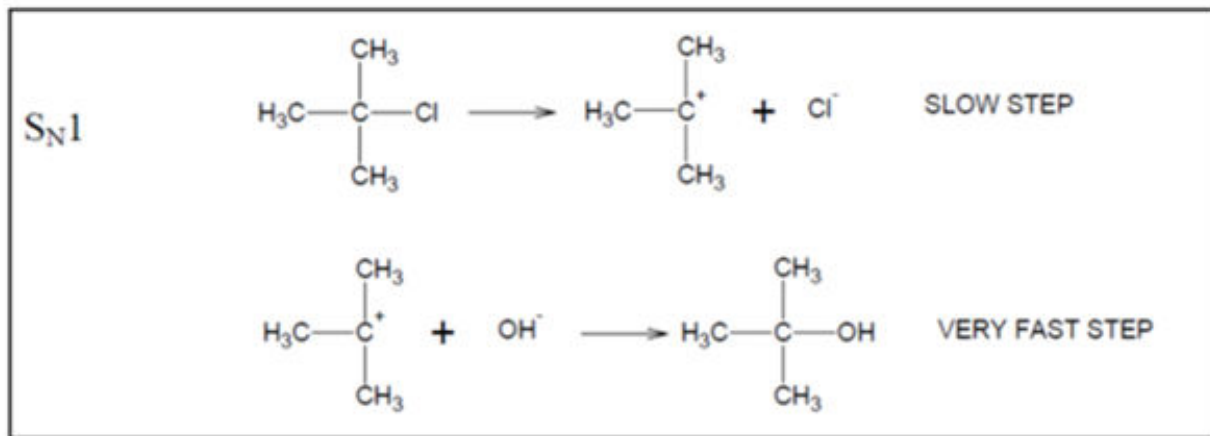
Open voorbereiding (sturen op vergelijkingen)

Experimenteerplan maken bij een onderzoeksdoel

Experimenteerplannen vergelijken en verbeteren

Eigen experimenteerplan uitvoeren.

Case studie: Klas 6 vwo project over S_N1 en S_N2 substitutiereacties



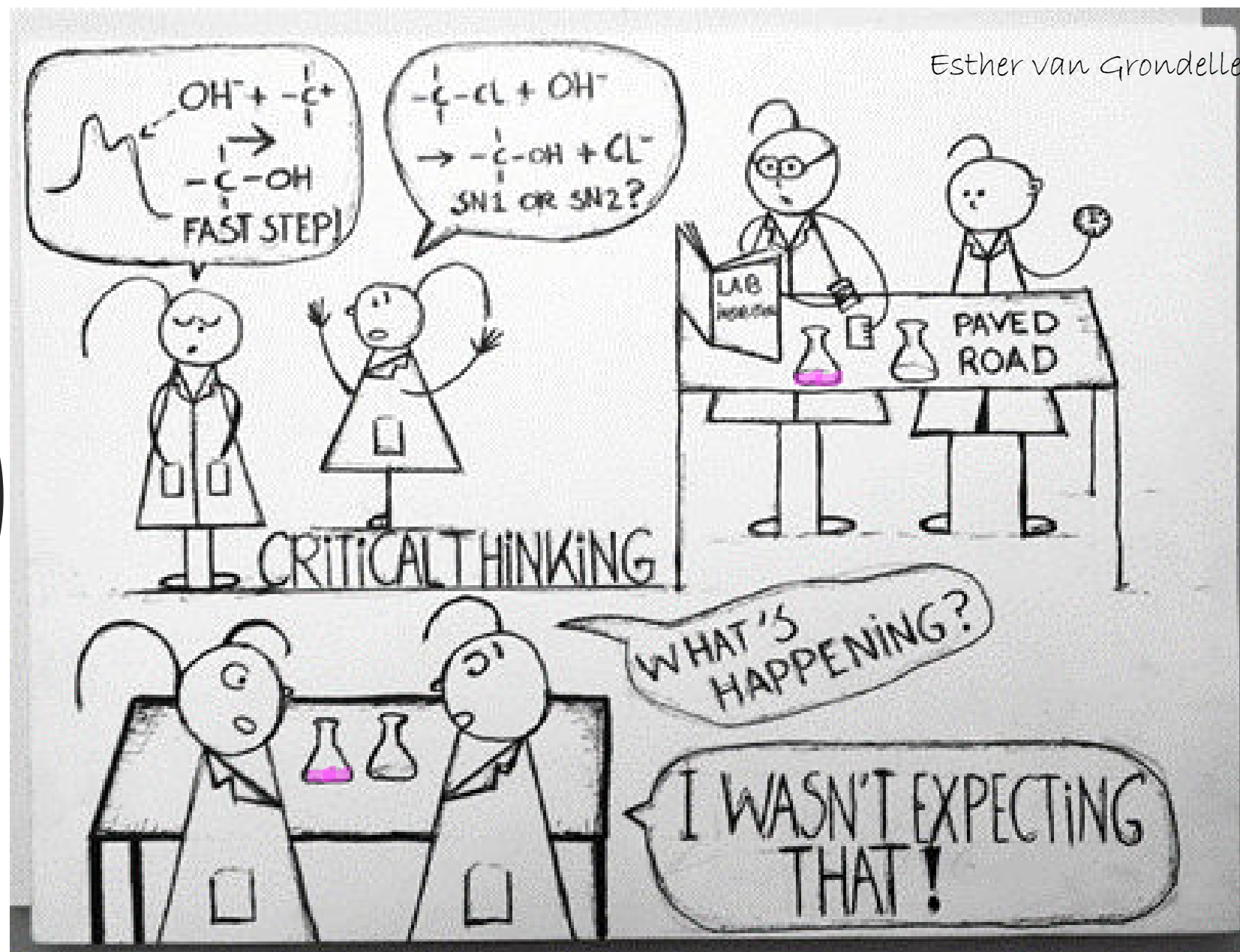
MasterOrganicChemistry.com



Hoe volg je een reactie?



Waarnemingen
docenten



Kritisch denken in verslagen

Table 1. Assessment rubric critical thinking level

Level 0: Data presenteren en verder niet echt nadenken

Level 1: Vergelijking maken maar niet doorddenken over betekenis.

Level 2: Kwalitatief afschatten in hoeverre data overeenkomen met theorie.

Level 3: Kwantitatieve interpretatie en toetsing.

We kunnen bij experiment 1 met zekerheid zeggen dat het om een S_N2 -reactie gaat. We hebben steeds verschillende reactietijden gekregen bij nieuwe verhoudingen, wat dus betekent dat de concentraties van beide beginstoffen er invloed op hebben. Aangezien de nucleofiele OH^- groep dus niet "wacht" tot hij zich bindt aan het 2CL2MP molecuul, is er voor beide concentraties een rol in de reactiesnelheid. Dit klopt met alle informatie die in het boek staat en verschillende sites op het internet.

"Wat echter wel zo is, is dat de reactietijd groter wordt, naarmate er meer OH^- wordt toegevoegd. Volgens de theorie achter een S_N2 -reactie, zou bij een grotere concentratie van een van de beginstoffen van de reactie de reactiesnelheid omhoog moeten gaan en niet omlaag. Sowieso duidt de hele reactie eigenlijk meer op een S_N1 - dan op een S_N2 -reactie"

De reactie loopt dus niet sneller onder invloed van OH^- maar dit zorgt er alleen maar voor dat het langer duurt tot dat alle OH^- op is.

Het reactiemechanisme dat beter van toepassing is, is een S_N1 -reactie. Uit de resultaten bij experiment 1 is namelijk te concluderen dat bij een verhoging van de concentratie 2-chloor-2-methylpropan de reactiesnelheid stijgt. De concentratie van 2CL2MP heeft dus zeker invloed. Bij een verhoging van de OH^- concentratie daalt de reactiesnelheid echter. Dit komt doordat er meer OH^- moet worden omgezet om het omslagpunt te bereiken. Echter als er twee keer zoveel OH^- is, duurt de reactie iets meer dan twee keer zo lang. De concentratie OH^- heeft dus een negatieve invloed op de reactiesnelheid, want de omzetting gaat steeds langzamer.

Analyse van verslagen

Table 1. Assessment rubric critical thinking level

Level 0: Data presenteren zonder steekhoudende vergelijking meetgegevens met onderzoeksdoel.

Level 1: Vergelijking maken met onderzoeksdoel maar niet doordenken over de betekenis van de meetgegevens.

Level 2: Kwalitatief afschatten in hoeverre de data in overeenstemming zijn met de theorie.

Level 3: Kwantitatieve interpretatie.

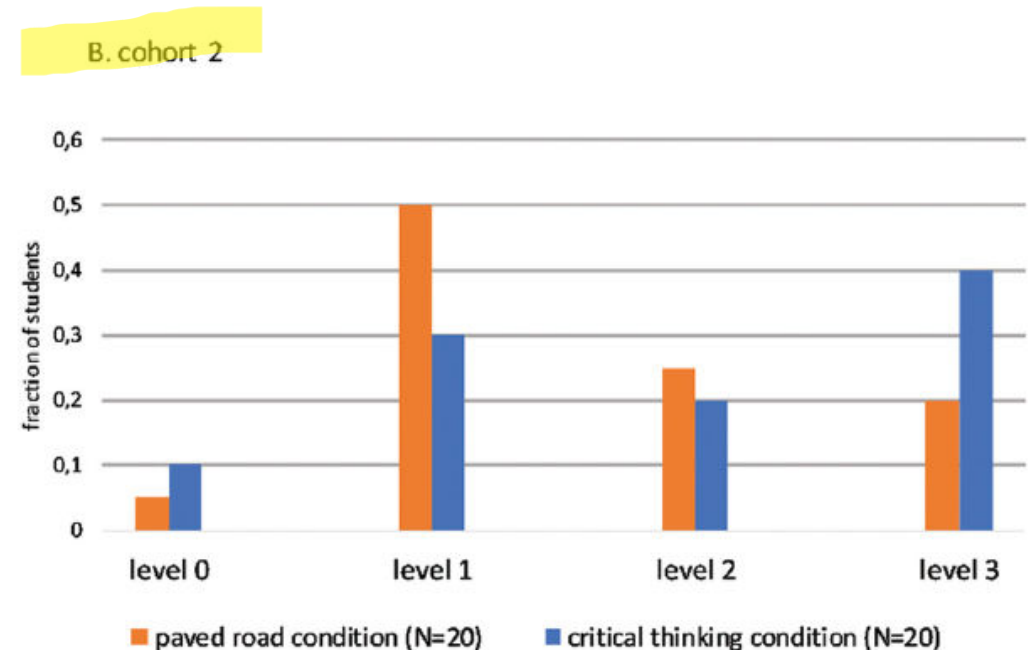
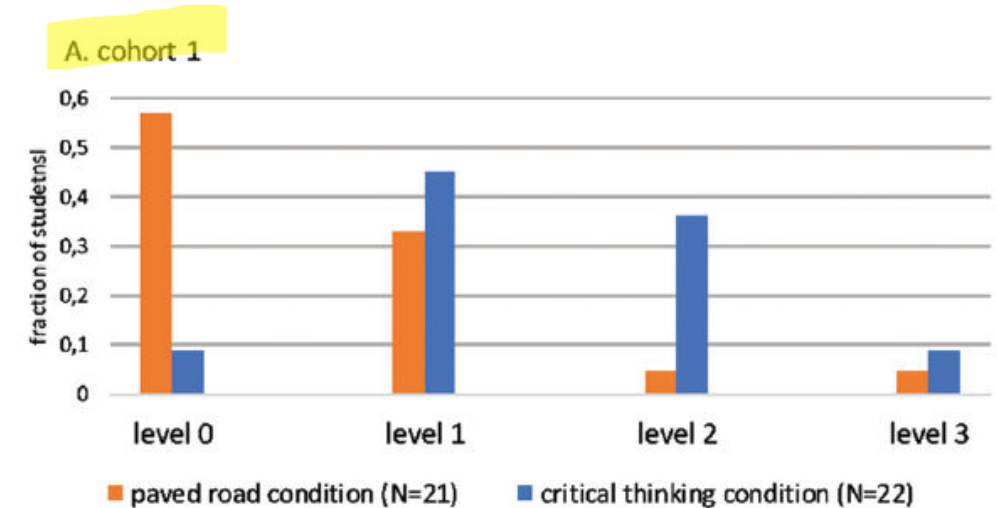


Fig. 2 Ranking of the critical thinking of students pairs, according to the assessment rubric presented in Table 1, split out for the cohorts and conditions as described in the text.

Waarom leerlingen niet kritisch denken ?

Kritisch denken betekent dat je Problematiseert.

Wat is Problematiseren ? Omgaan met wat je wel en niet weet en vervolgens vanuit je verwarring een duidelijke vraag formuleren.

Redenen voor leerlingen om hun verwarring NIET te problematiseren. (

Op basis van video's van groepsgesprekken van studenten die een probleem niet oppakken met de beslisboom instructie waarbij de meeste leerlingen wel aan de gang gaan.

- Onzekerheid- > De hele tijd vragen bij de assistent
- Stilte -> Geen gesprekken voeren / geen interactie
- Sociale groep, veel off-topic conversatie. Het zien van de beslisboom als een opdracht om door een hoepeltje te springen.

Voorwaarden voor creativiteit

Gelegenheid om
bij creativiteit
betrokken te
raken

Positieve
aanmoedeging bij
creatief gedrag

Erkenning van
creativiteit



Twaalf strategieën voor het bevorderen van creativiteit (Sternberg 2007)

Summary of Habit Key
Redefine Problems
Question and Analyse Assumptions
Do Not Assume that Creative Ideas Sell Themselves: Sell Them
Encourage Idea Generation
Recognize That Knowledge is a Double-Edged Sword and Act Accordingly
Encourage Children to Identify and Surmount Obstacles
Encourage Sensible Risk-Taking
Encourage Tolerance of Ambiguity
Help Children Build Self-Efficacy
Help Children Find What They Love to Do
Teach Children the Importance of Delaying Gratification
Provide an Environment That Fosters Creativity

Vragen om creatief denken te stimuleren

Vraag meerdere
ideeën te
genereren

Herdefinieer het
probleem /
Bevraag
aannames

Verkoop je
creatieve ideeën

Test je creatieve
ideeën uit

Creatieve leeromgeving

Flexibele
leeromgeving /
docenten

Brede
kennisontwikkeling

Open feedback /
werk aan
vertrouwen in
creativiteit

Moedig verstandige
risico's aan

Identificeer en
overwin obstakels /
Stel beloning en
erkenning uit.

Voorbeeld Kleurstoffenproject

Extinctie van
kleurstoffen en
mengen

Diffusie van
kleurstoffen

Chromatografie

Natuurlijke versus
kunstmatige
kleurstoffen

Redoxreactie met
vitamine-C

Zuurgraadafhankelijk
Kleurverandering

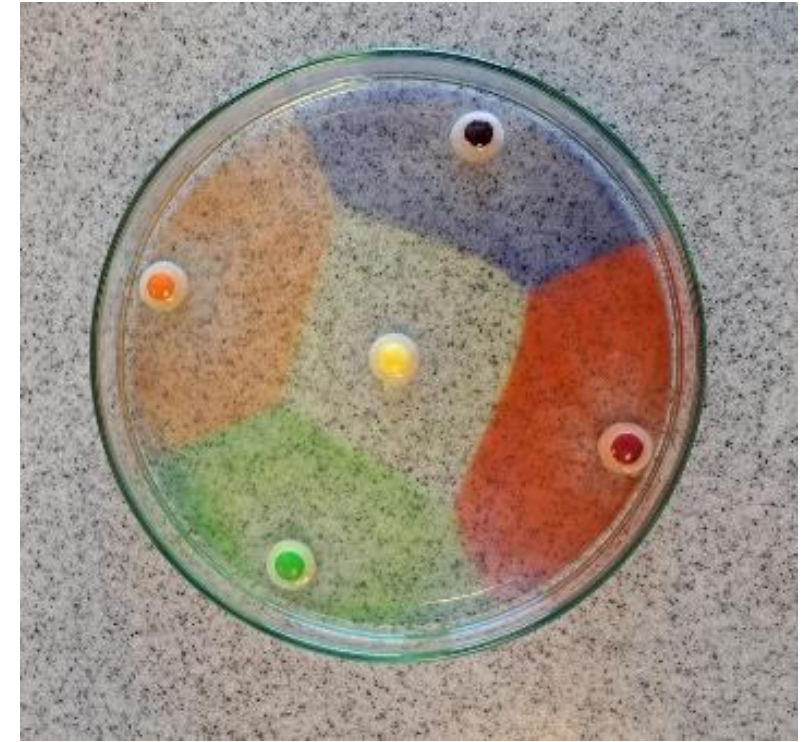
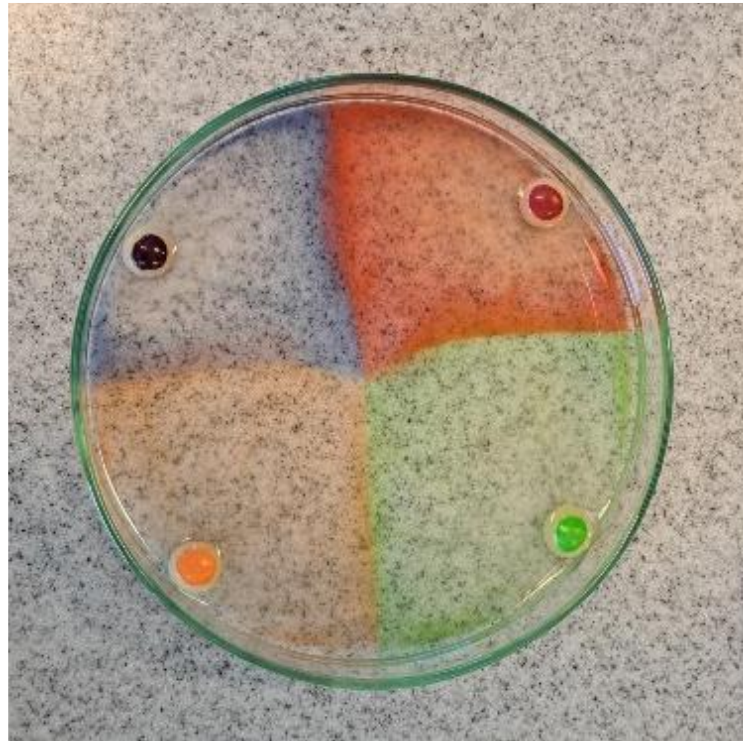
E-nummers /
Azokleurstoffen /
maatschappelijke
discussie

Fluorescentie en
extinctie spectra

Concentratie-bepaling
/ ijklijn wet van
Lambert-Beer

Structuurformules :
Karakteristieke
groepen Mesomerie en
inter-moleculaire
bindingen

Voorbeelden: Kleurstoffen project⁺



Concentratiewaarden invoeren

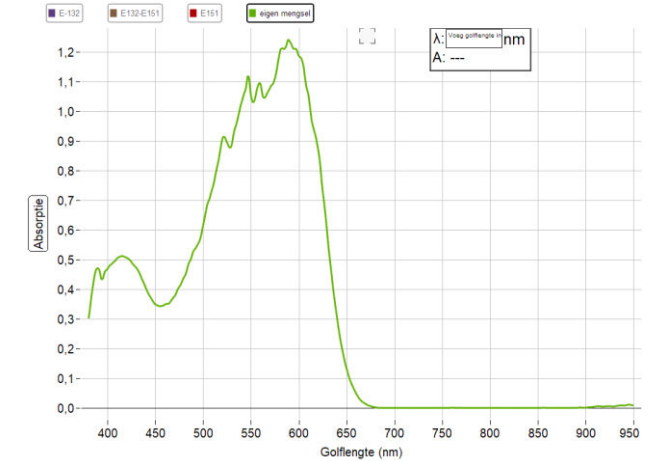
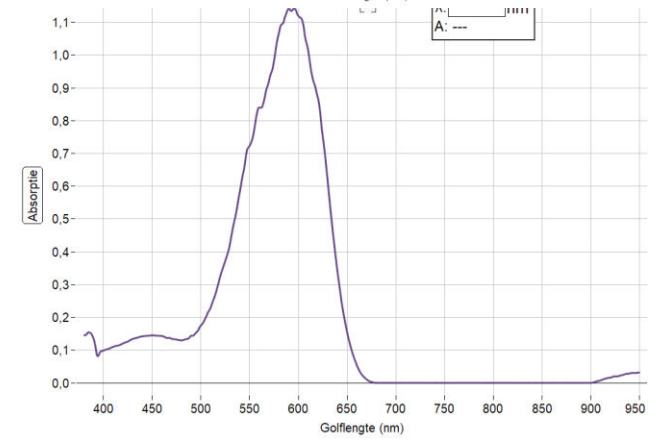
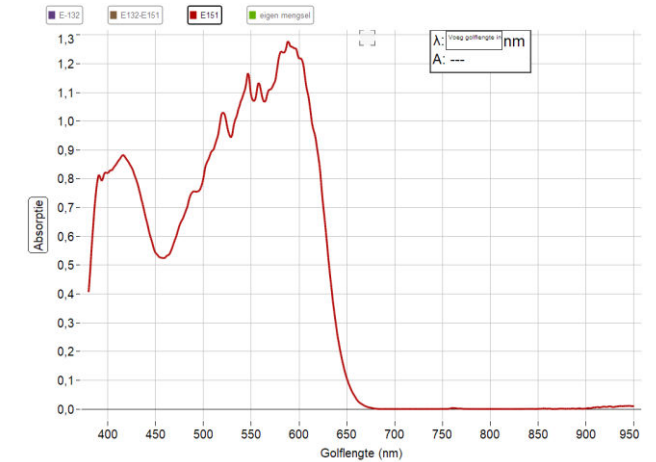
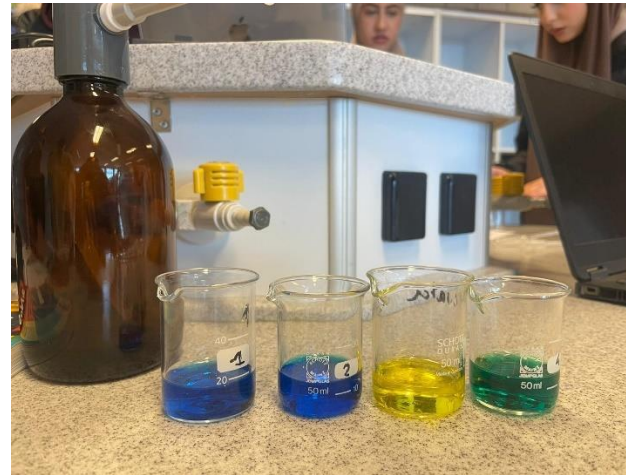
Onbekende concentratie vaststellen

Absorbance

Concentratie (mol/L)

Linear
 $mC+b$
 $m = 40200 \pm 920$
 $b = -0,00174 \pm 0,0039$
 $r = 0,999$

5.15 mm

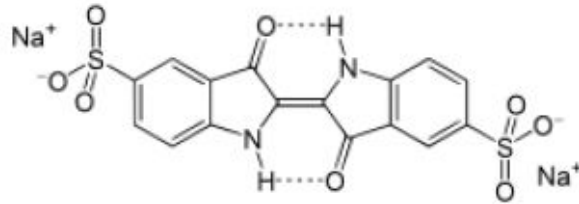


E-nummers opzoeken, meerdere mesomere structuren tekenen en zo veel mogelijk inter-moleculaire bindingen tekenen

E132

Naam: Indigokarmijn

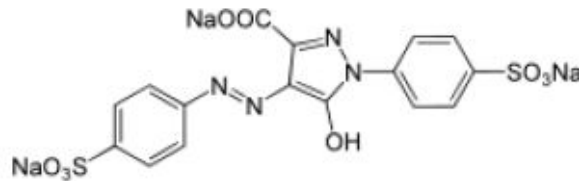
Structuurformule: $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$



E102

Naam: Tartrazine

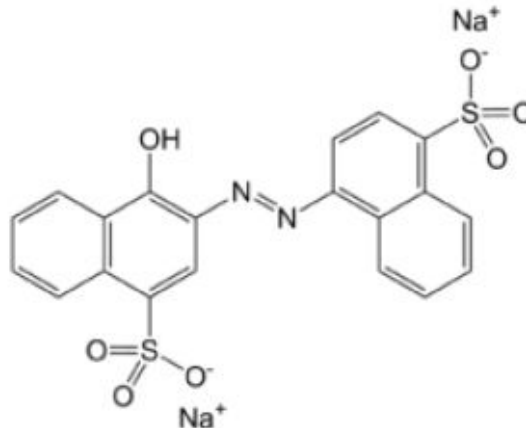
Structuurformule: $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$



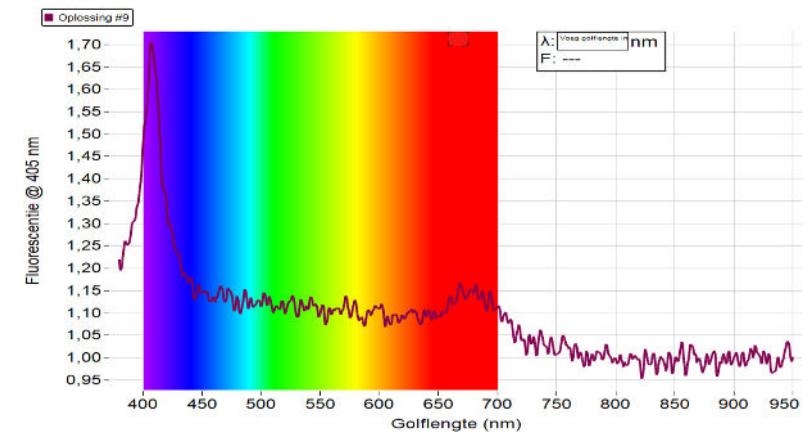
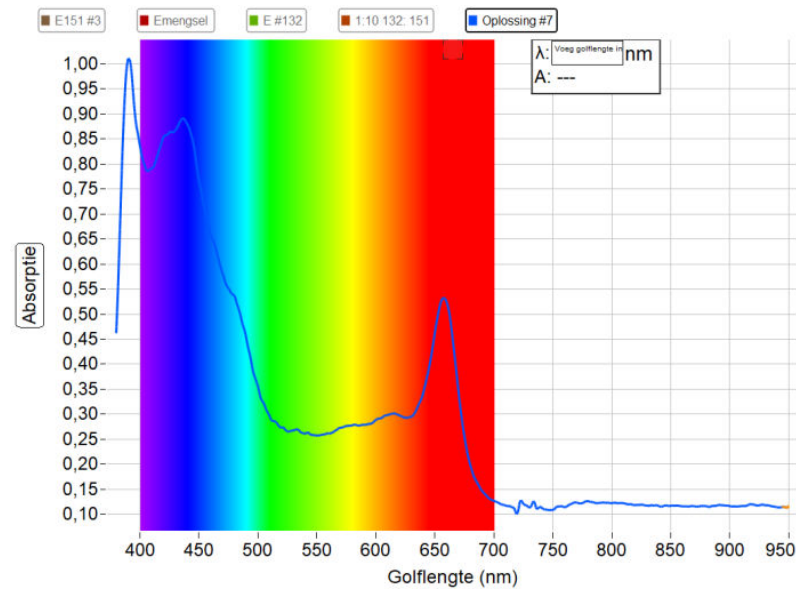
E122

Naam: Azurobine

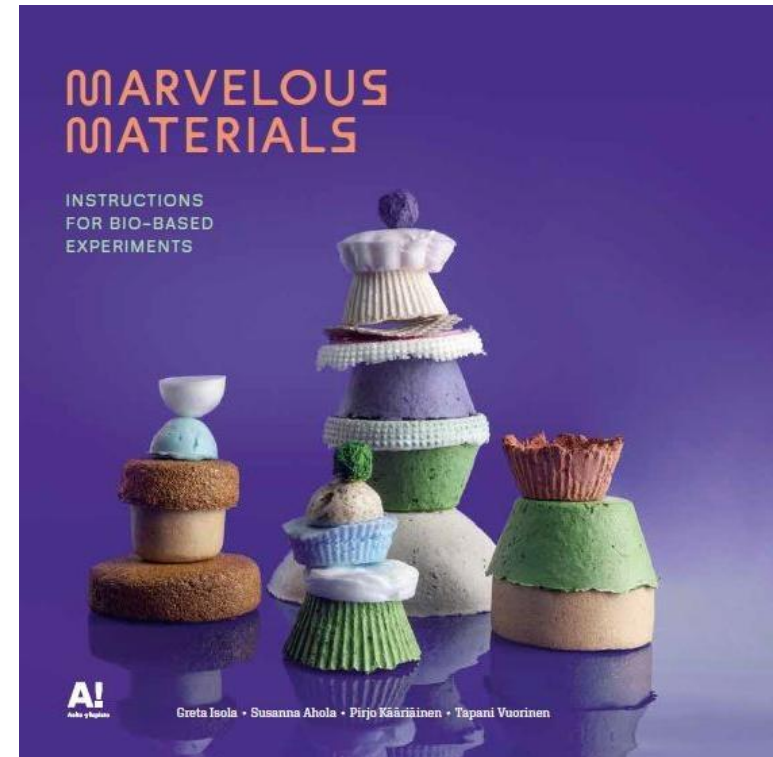
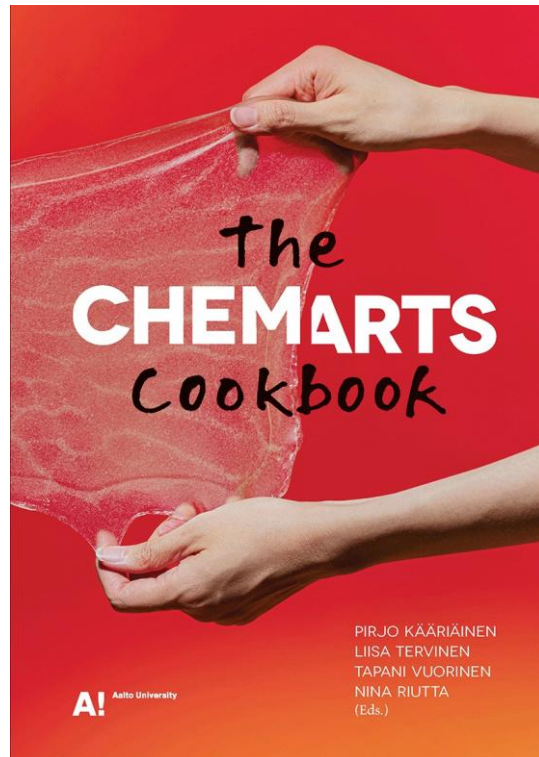
Structuurformule: $C_{20}H_{12}N_2Na_2O_7S_2$



Voorbeelden: Natuurlijke kleurstoffen / chromatografie en extinctie / fluorescentie spinazie-extract



Exploring natural materials



Creative excercises

- Bij Creatieve Oefeningen krijgen studenten een korte prompt waarbij zoveel mogelijk afzonderlijke, correcte en relevante uitspraken (besproken in de klas) of berekeningen moeten worden gegeven die betrekking hebben op de oorspronkelijke prompt.
- Studenten worden niet gestraft voor onjuiste uitspraken. Als er antwoorden komen die nog niet in de rubriek zijn aangegeven, worden deze van geval tot geval beoordeeld en als er een punt wordt gegeven, wordt het antwoord toegevoegd aan de rubriek.

Bijvoorbeeld voor $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HBr}(\text{g})$ kwam er een scoringsrubric met 17 correcte statements waar punten voor gegeven konden worden.



- 
- Welke creatieve elementen herken jij in je eigen onderwijs ?
 - (Zie volgende dia)

Gelegenheid om
bij creativiteit
betrokken te
raken

Positieve
aanmoediging bij
creatief gedrag

Erkenning van
creativiteit

Flexibele
leeromgeving /
docenten

Brede
kennisontwikkeling

Open feedback /
werk aan
vertrouwen in
creativiteit

Moedig verstandige
risico's aan

Identificeer en
overwin obstakels /
Stel beloning en
erkenning uit.

Vraag meerdere
ideeën te
genereren

Herdefinieer het
probleem /
Bevraag
aannames

Verkoop je
creatieve ideeën

Test je creatieve
ideeën uit