Het effect van de voorbereidende fase op het kritische denken van studenten tijdens een practium

Post-doc VO project Marion van Brederode

STEDELIJK GYMNASIUM HAARLEM

Bas Zoon en Onno Peeperkorn

LEARN! VU

Martijn Meeter

Freudenthal instituut
Universiteit Utrecht

Chemistry Education Research and Practice

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY

PAPER

Check for updates

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, *[ab] Sebastiaan A. Zoon [a] and Martijn Meeter [b]

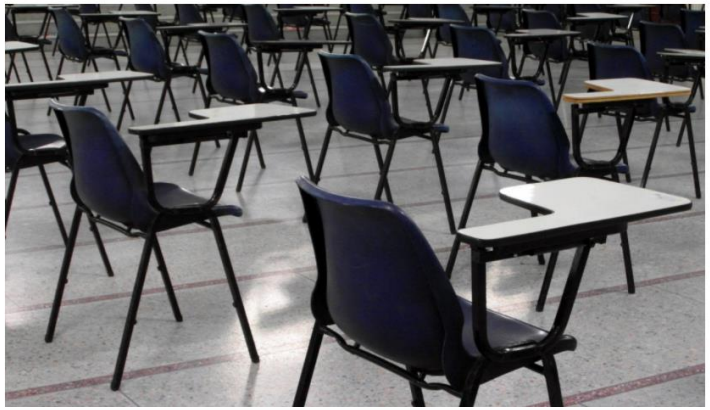
ScienceGuide

Hoe statistiek het schoolexamen verdacht maakte

en waarom schoolexamens dat niet verdienen

Onderzoek | door Marion van Brederode & Martijn Meeter

6 mei 2020 | Het gewraakte verschil tussen de gemiddelde cijfers voor het schoolexamen en centraal eindexamen berust op een statistische dwaling stellen Marion van Brederode en Martijn Meeter (Vrije Universiteit). "We mogen meer vertrouwen hebben in hoe op verschillende scholen schoolexamens worden georganiseerd en becijferd." Zeker nu het centraal eindexamen niet doorgaat is dat goed nieuws.



LEARN! VU

Home / Blogs and publications / 20-06 Blog Marion van Brederode Wat zet studenten aan tot kritisch denken

MARION VAN BREDERODE: WAT ZET STUDENTEN AAN TOT KRITISCH DENKEN BIJ EEN SCHEIKUNDEPRACTICUM?

Wat zet studenten aan tot kritisch denken bij een scheikundepracticum?
June 2020

Marion van Brederode

Scheikundepracticum en instructies
Een scheikundepracticum is een complexe leeromgeving. Op de leerlingen wordt vaak in korte tijd een overweldigende hoeveelheid informatie afgevuurd: scheikundige theorieën, doel of nut van het onderzoek, omgaan met instrumenten en chemicaliën, en dan nog alle waarnemingen die de uitvoering van het experiment zelf opleveren (Agustian and Seery, 2017).

Het vraagt dus enige stroomlijning om leerlingen dit allemaal te laten verwerken. Tegelijkertijd willen we ook dat ze bij praktische opdrachten kritisch denken en problemen zelf leren oplossen.

Practiculminstructies hebben grote invloed op hoe leerlingen een onderzoeksopdracht benaderen en ervaren. Stapsgewijze instructies, ook wel kookboek of traditionele instructies genoemd, pakken hierbij veelal teleurstellend uit (Kirschner, 1992). Een herkenbare situatie is dat de leerlingen zich pas realiseren wat ze aan het doen waren tijdens het practicum op het moment dat ze het verslag dat ze in "moesten" leveren aan het schrijven zijn.

In het verleden is er veel discussie geweest over de effecten van de mate van sturing in de begeleiding bij

www.uu.nl/onderzoek/onderzoek-op-scholen/lopende-onderzoeken/marion-van-brederode

Onderzoek op scholen

Nieuws | Lopende onderzoeken | Afgeronde onderzoeken | Analyse | Agenda | Organisatie | Contact

Nieuws
Lopende onderzoeken
- Gerardo Soto y Koelemeijer
- Marion van Brederode
- Olivier van Beekum
- Ria Kraakman-van der Zwet
- Stanley Delhaye
- Wouter Koning

Afgeronde onderzoeken
Analyse
Agenda
Organisatie
Contact

Marion van Brederode

Kritisch denken en probleemoplossend denken en handelen: neem de tijd voor verbetering

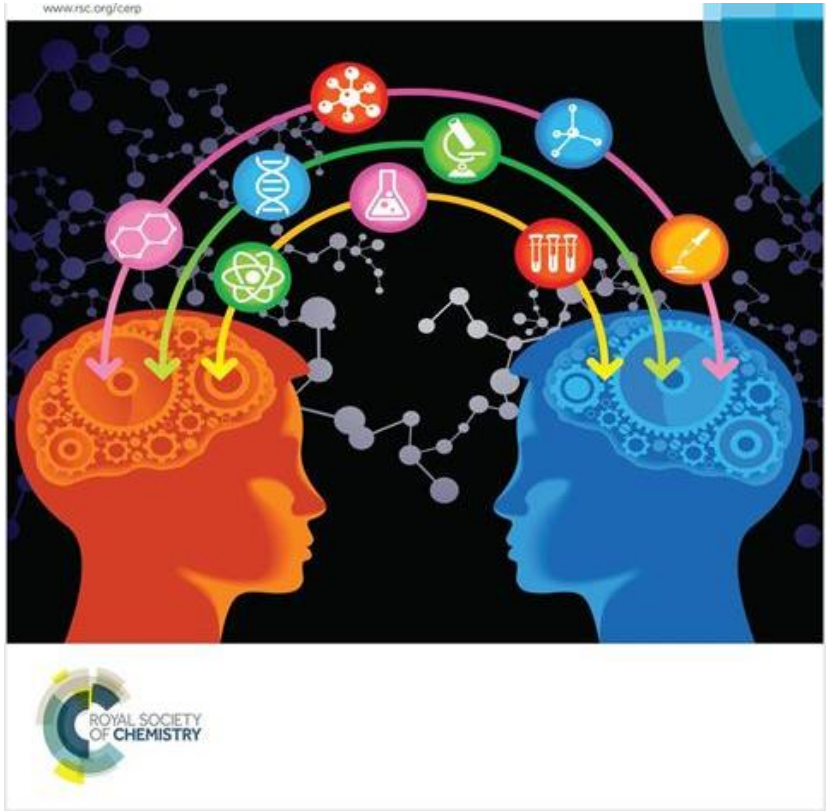
Marion van Brederode

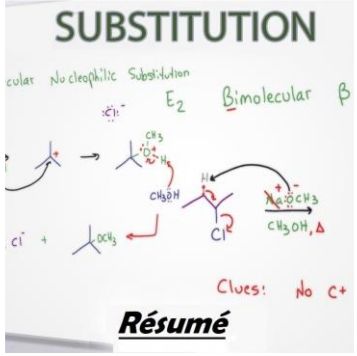
Begeleider: Martijn Meeter

Samenvatting onderzoeksplan

Het besef dat jongeren in het nieuwe millennium behoefte hebben aan andere vaardigheden dan die met traditioneel onderwijs worden aangeleerd, heeft geleid tot een internationaal gevoerde discussie over 21e -eeuwse vaardigheden [1]. Twee van

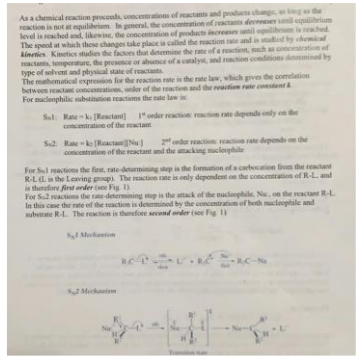
Een scheikunde practicum is een complexe onderwijsomgeving





Scheikundige theorie

Praktische instructies (schriftelijk en mondeling)



Waarnemingen vanuit het experiment

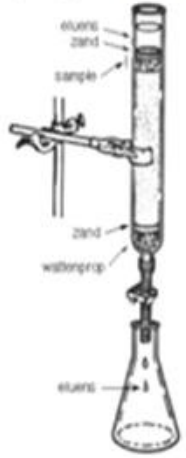
Stap voor stap instructies….

- Leerlingen denken vaak pas tijdens het schrijven van het verslag na over de betekenis van het practicum.
- Geringe leeropbrengst (bewezen ineffectief)

Scheiden van het plantenextract met kolomchromatografie

Het pakken van de kolom (zie figuur 3)

1. Zorg dat de kraan van de kolom goed/makkelijk draait, vet eventueel in met een weinig kranenvet.
2. Breng een klein propje watten onder in de kolom en giet ca. 10 ml hexaan in de kolom; m.b.v. een glasstaafje of een micro-spatel kan de in de watten opgesloten lucht verwijderd worden, doe dit voorzichtig, voorkom aandrukken/verdichten van de watten.
3. Breng hierna een dun laagje "zeezand" aan. (ca. 2 mm).
4. Zet een leeg, schoon en droog bekerglas onder de kolom.
5. Weeg ca. 5 g silica af in een klein bekerglas. Voeg ca. 5 ml hexaan toe en zwenk tot een homogene slurry (een "papje") verkregen is, giet de silica-hexaan-slurry voorzichtig in de kolom terwijl de kraan geopend is. Zorg ervoor, dat er niet zoveel hexaan wegloopt, dat de kolom droog komt te staan; sluit de kraan tijdig. Breng de opgevangen hexaan weer terug in het bekerglas met de achtergebleven silica en breng ook dit in de kolom. (kraan weer open). Herhaal dit tot alle silica in de kolom gebracht is. Laat de kolom enige tijd rustig staan en laat het silica uitzakken. Breng daarna voorzichtig een dun laagje "zeezand" op de top van de kolom. Zo is er minder kans om het kolomoppervlak te verstoren bij het opbrengen van het te scheiden plantenextract.



figuur 3. De correcte pakking van een kolom.

Kolomchromatografie

In dit onderdeel worden de kleurstoffen geëlueerd door stap-gradient elutie (door het eluens steeds polairder te maken). Bespreek eerst met de groep de resultaten van de *scheiding van het plantenextract met dunne-laagchromatografie*.

1. Laat het vloeistofniveau zakken tot juist aan het oppervlak van de kolomvulling. Het adsorbens mag nooit droog komen te staan.
2. Breng voorzichtig (*het oppervlak van de kolom mag niet verstoord worden*) met een plastic pasteurpipet ongeveer 0.5 ml van het geconcentreerde plantenextract op de kolom.
3. Zet het restant van het extract weer in het donker weg.
4. Laat het vloeistofniveau weer zakken tot juist aan het kolomoppervlak. Breng enkele keren een paar druppels hexaan op de kolom en laat het vloeistofniveau weer zakken tot juist aan het kolomoppervlak. Doe dit totdat de hexaan boven het kolomoppervlak kleurloos is. Breng nu

Instructiemodellen… wat zet je in….?

Voorbereidende focusvragen

Wetenschappelijke methode

Samenwerkend leren

Andere instructievormen Video’s / applet

Vragen die aanzetten tot nadenken

Student georiënteerd (regie)

Leerdoelen… bij practica

- Chemische kennis verhogen
- Kennis in contexten inbedden
- Laboratorium technieken
- (Wetenschappelijke) verslaglegging
- Kritisch denken en problemen oplossen
- Strategie van gecontroleerde variabelen

Kritisch denken

verlangen om goed geïnformeerd te zijn

onjuistheden signaleren

informatie doorzien en op waarde schatten

de neiging om redenen en oorzaken te zoeken

standpunt bepalen en beslissingen nemen

visie of mening tegen het licht houden

http://curriculumvandetoekomst.slo.nl/21e-eeuwse-vaardigheden

Kritisch denken veronderstelt analytisch denken en een open en onderzoekende houding.

Kritisch denken als leerdoel bij practica

Meta-analyses van de literatuur over ‘inquiry learning”: Meer sturing bij onderzoeksopdrachten zorgt voor meer hogere kwaliteit van de onderzoeksproducten.

Kritisch denken als leerdoel bij practica:

dan is het ook van essentieel belang dat leerlingen analytische vaardigheden gebruiken om dingen in experimentele meetgegevens te herkennen die belangrijk zijn voor hun conclusies, maar die aanvankelijk niet zijn meegenomen bij de opzet van het onderzoek.

HOLMES: We define critical thinking as the process through which one decides what to believe.

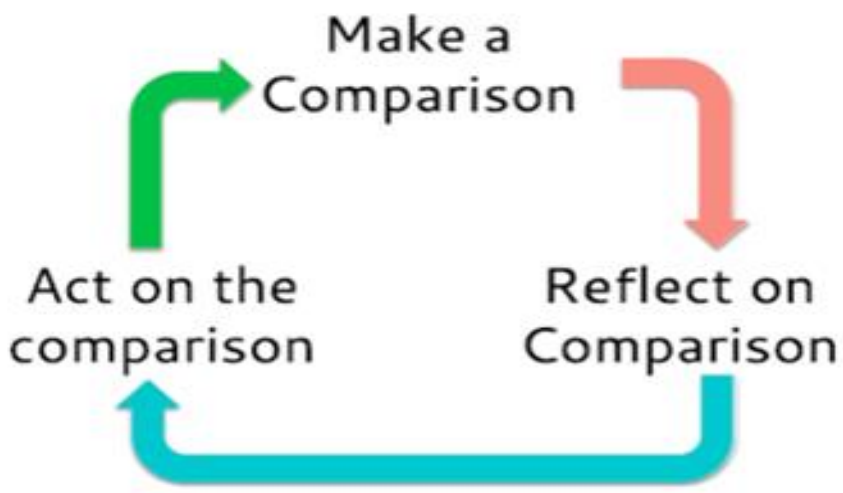
In this context we focus on “believing” data, evidence, and models.

Onderzoeksvraag: Wat doen verschillende voorbereidende fasen met het kritisch denken van studenten?

- Wil je weten wat je meet ?
- Wat doe je met onverwachte observaties?
- Hoe zie je je eigen kritisch denken en het niveau van je onderzoek?

Kritisch denken bij onderzoekspractica (Holmes)
Nadruk op vergelijkingen maken en beslissingen nemen

Expliciete instructies gericht op het nemen van ***eigen beslissingen*** aan de hand van ***eigen analyses*** en ***eigen inzichten.***
Vergelijkingen maken
Laat de instructies gedurende de cursus ***geleidelijk verdwijnen.***



Kies voor experimenten waarbij een door de studenten bedachte aanpassing kan leiden tot *betere* of *verrassende* uitkomsten.

Kritisch denken 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 onderzoeksdoel

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

Experiment uitvoeren volgens eigen experimenteerplan

Resultaten vergelijken met andere leerlingen / meetmethoden / theorie.

- Verschil of overeenkomst tussen uitkomsten?
- Statistiek
- T-waarde

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

Beslissing nemen aan de hand vergelijking

- Geen verschil: kun je nog nauwkeuriger meten om het zeker te weten?
- Wel een verschil: Hoe kun je dit verschil onderzoeken?

Resultaten kritisch denken practica Holmes studie

- niveau 1 is het uitvoeren van een data-analyse zonder interpretatie
- niveau 2 is het becommentariëren van de analyse en het duiden van de waarde van de resultaten.
- niveau 3 is het becommentariëren en combineren van ideeën of het voorstellen van een nieuw idee
- niveau 4 is het evalueren/ toetsen van een nieuw idee of dit nieuwe idee verdedigen met meetgegevens of gegevens uit de literatuur.

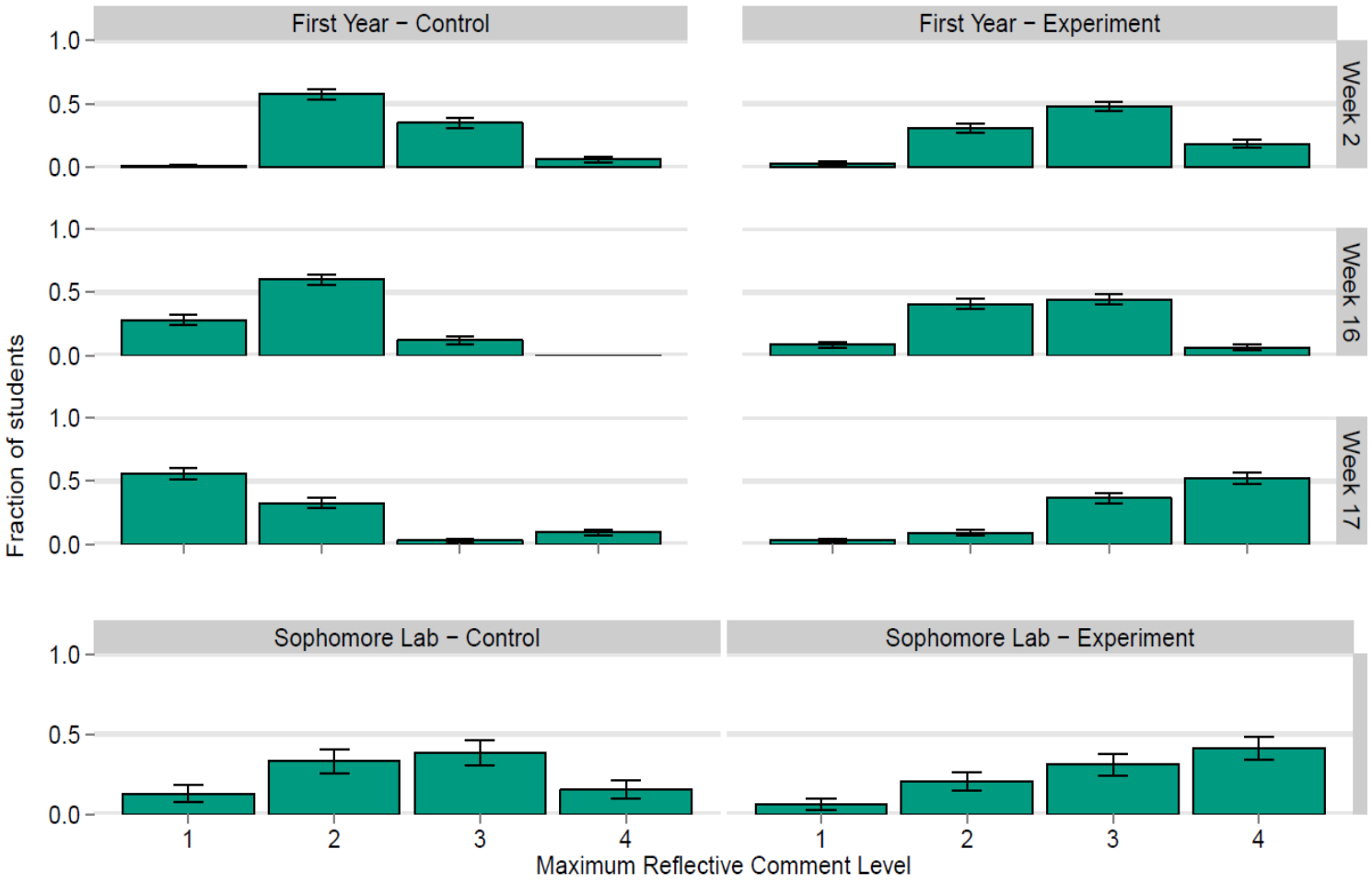


Fig. 4. Reflective comments. The distribution of the maximum reflection-comment level students reached in four different experiments (three in the first-year course and one in the sophomore course) shows statistically significant differences between groups (see *Supporting Information, Analysis* for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

Paved road instructions

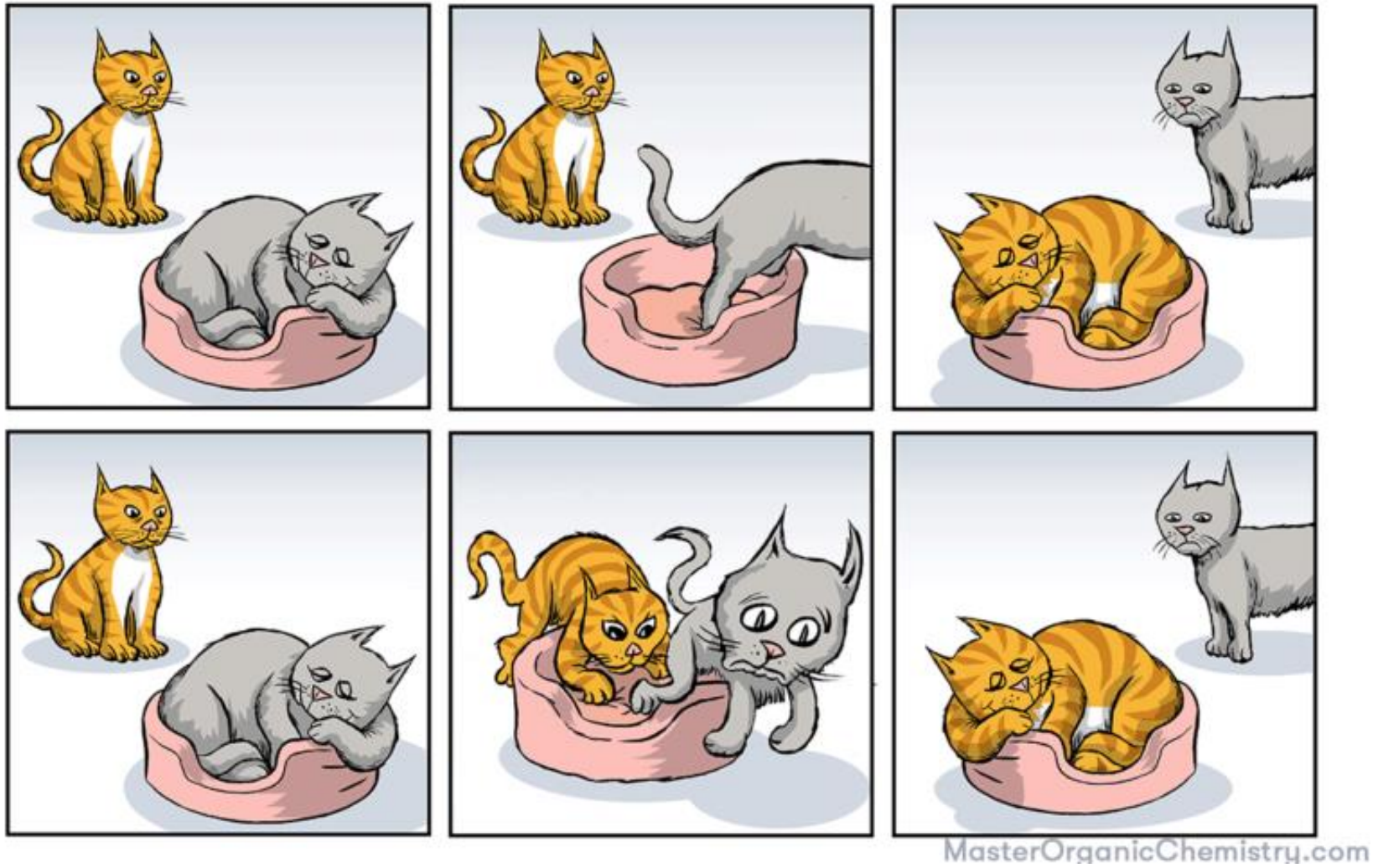
- Voorbereidende vragen: gestuurde voorbereiding richting doel en uitvoering van het experiment. Vragen die studenten aanzetten tot nadenken!

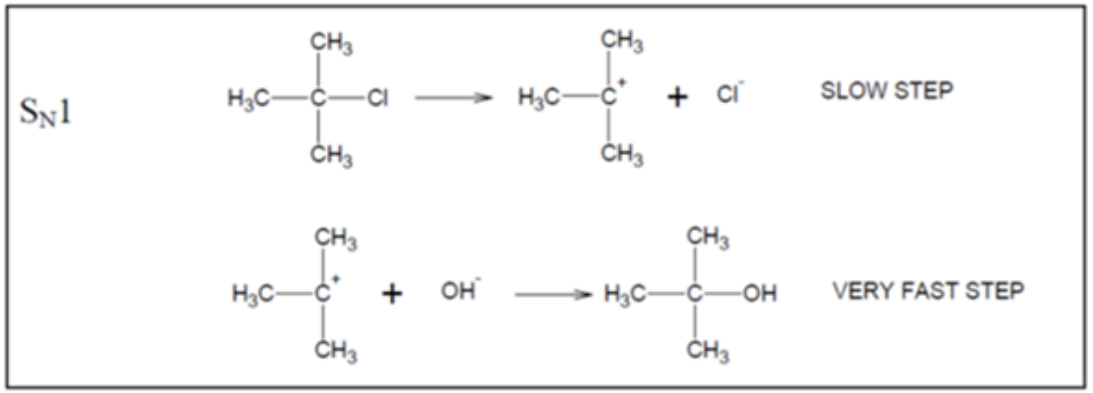
Critical thinking instructions

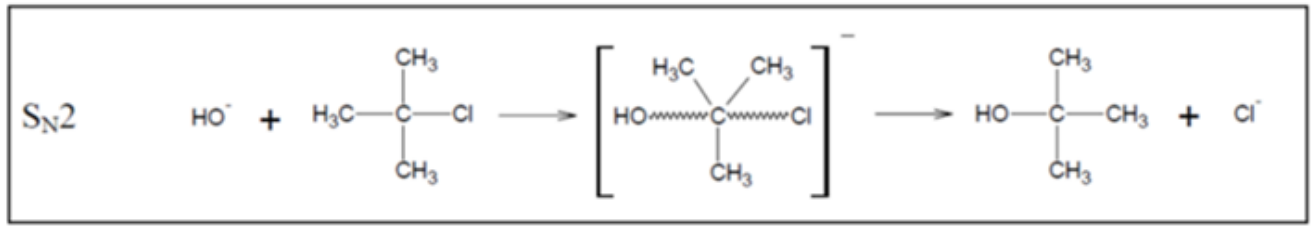
- Experimenteerplan opstellen:
- Welke meetgegevens heb je nodig om de onderzoeksvraag te beantwoorden?
- Hoe kun je de meetgegevens verzamelen?
- Hoe kun je de data analyseren.
  - Experimenteerplannen uitwisselen en verbeteren.
  - Eigen experimenteerplan uitvoeren.

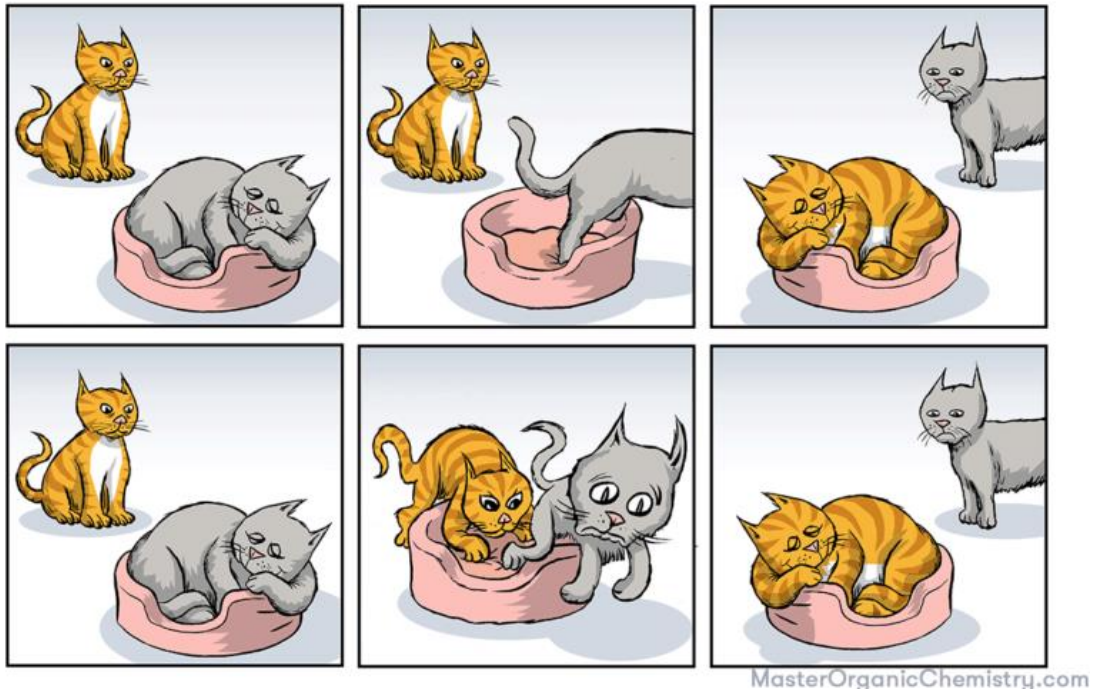
Alle andere dingen zijn gelijk!

Klas 6 studie. S_N1 en S_N2 reactie mechanismen voor nucleofiele substistutie.

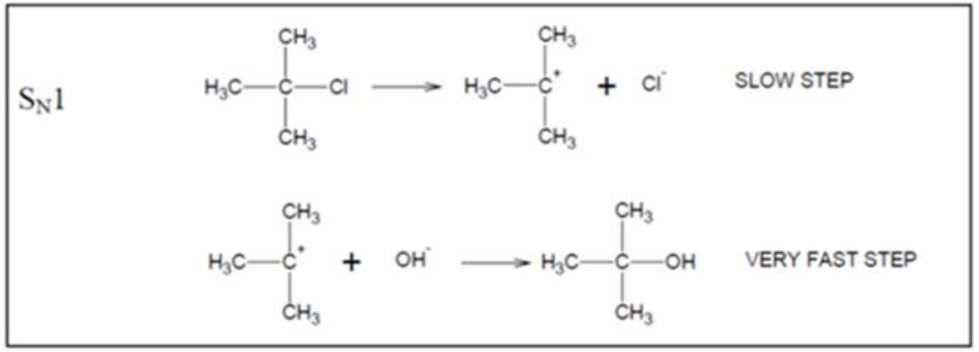


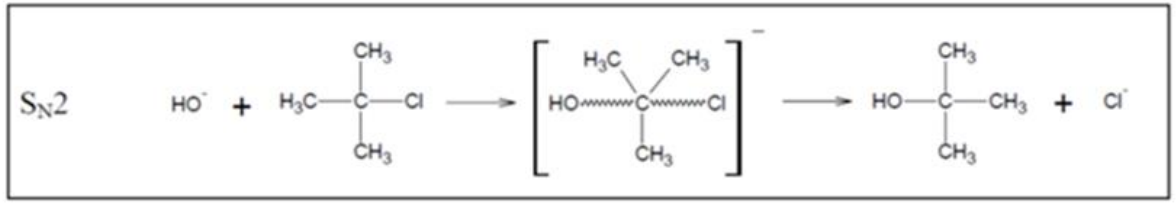

SN1
SLOW STEP
VERY FAST STEP


SN2

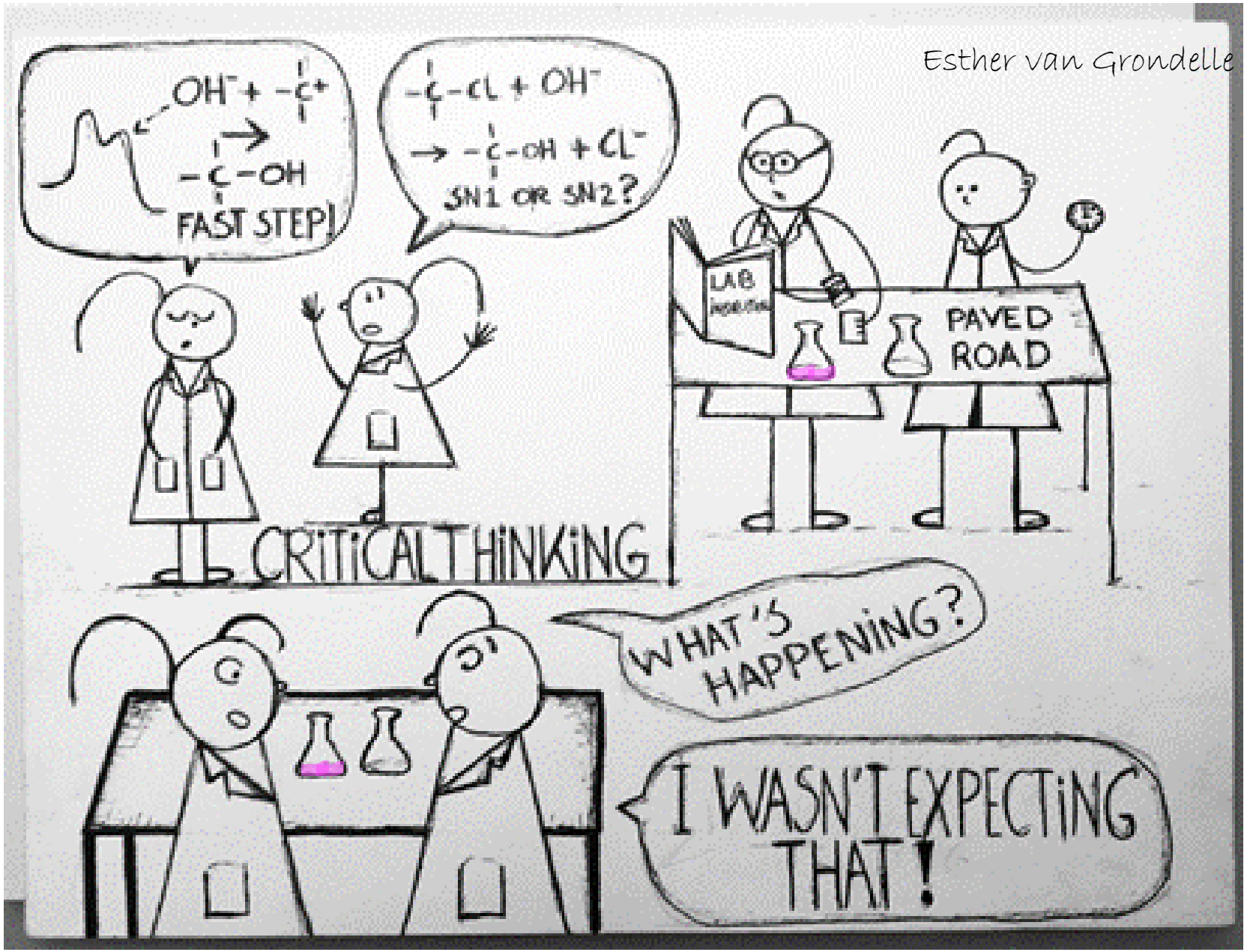

MasterOrganicChemistry.com

Hoe volg je een reactie?





Waarnemingen docenten



Kritisch denken in verslagen

Table 1. Assessment rubric critical thinking level

Level 0: Data presenteren zonder steekhoudende link met het onderzochtte reactiemechanismen.
Level 1: Vergelijking maken tussen meetgegevens en reactiemenchanisme maar niet doordenken over de betekenis van meetgegevens.
Level 2: Kwalitatief afschatten in hoeverre de data in overeenstemming zijn met de theorie.
Level 3: Kwantitatieve interpretatie.

We kunnen bij experiment 1 met zekerheid zeggen dat het om een Sn2-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 Sn2-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 Sn1- dan op een Sn2-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 SN1-reactie. Uit de resultaten bij experiment 1 is namelijk te concluderen dat bij een verhoging van de concentratie 2-chloor-2-methylpropaan 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 O: 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.

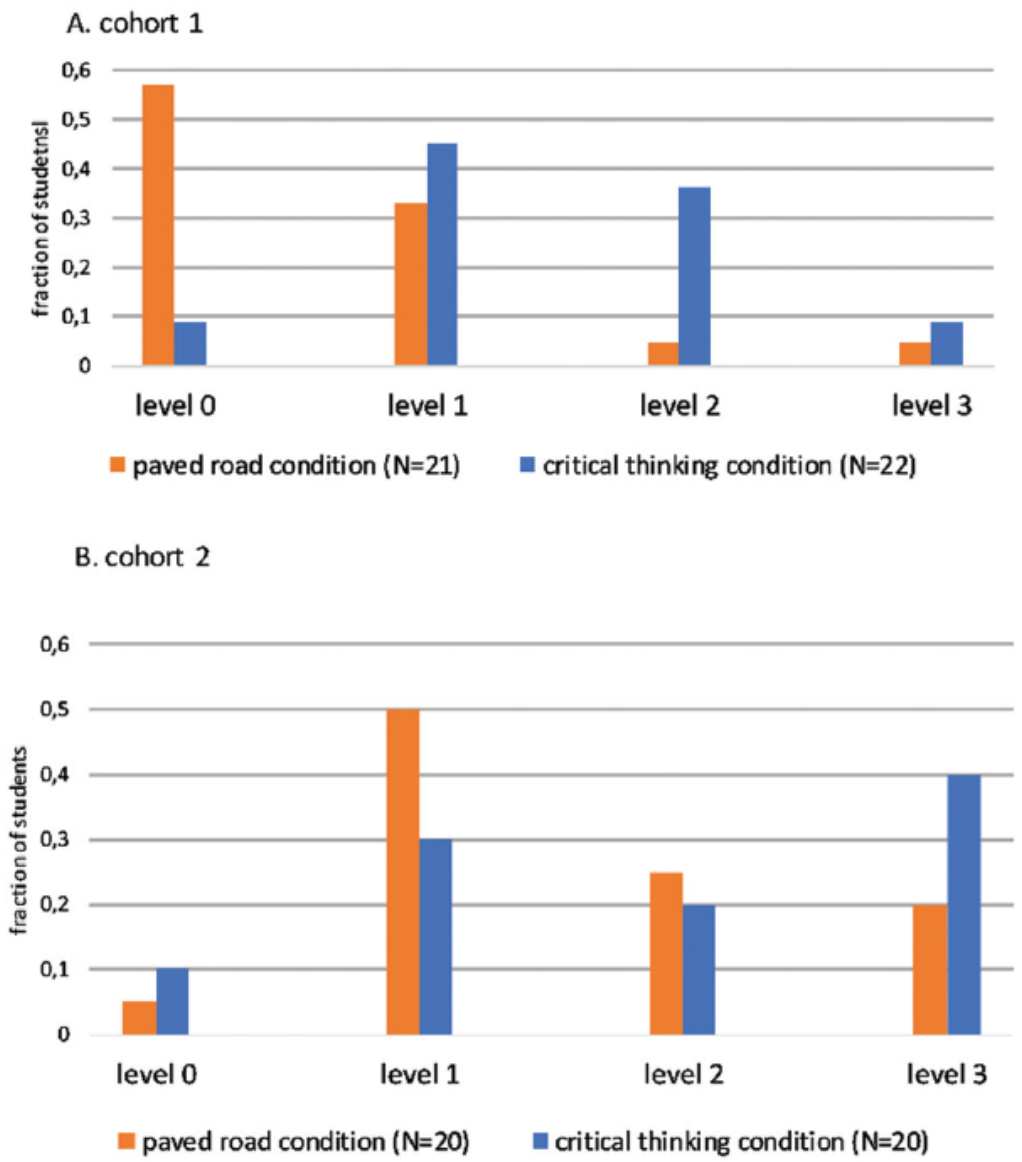


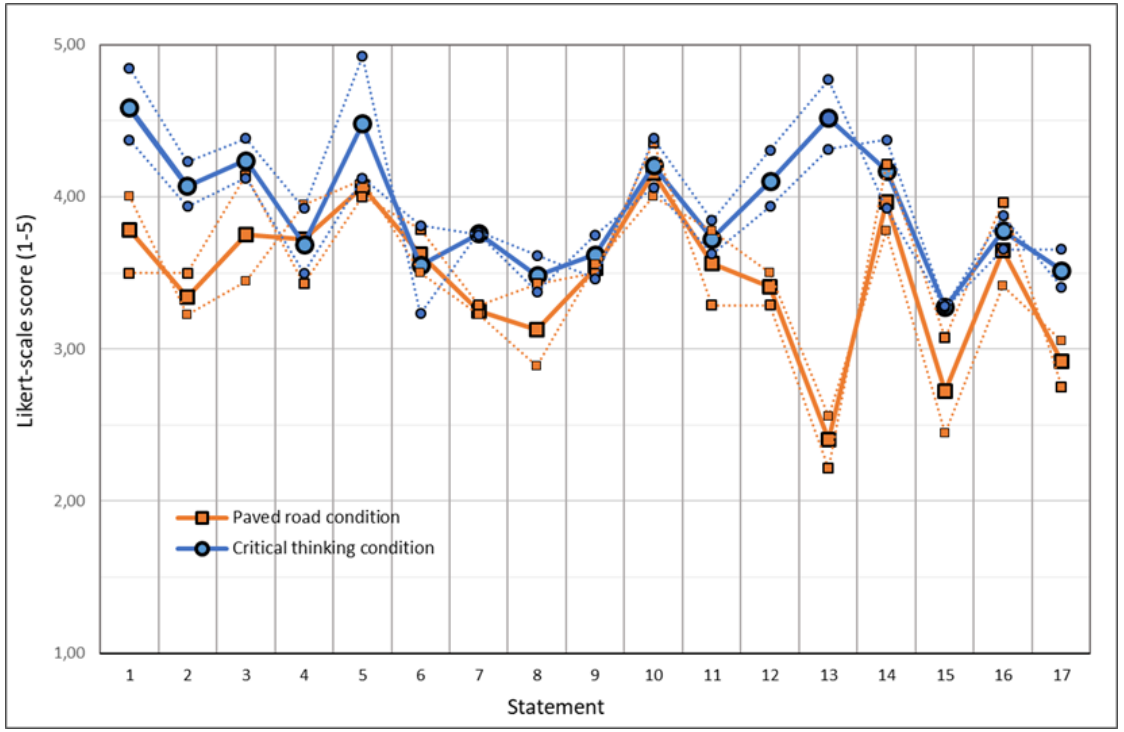
Fig. 2 Ranking of the critical thinking of students pairs, according to the assessment rubric presented in Table 1, split out for the cohorts and conditions as described in the text.

Table 2 Statements and statistical evaluation of differences between the students' responses in the critical thinking- and paved road condition depicted in Fig. 3. Probability (p) value and Cohen's effect size (d) of the difference between the Likert-scale scores in the critical thinking and paved road condition. The statements for which average scores both showed a significant difference ($p < 0.05$) and at least a small effect size ($d > 0.2$) are italicized

Statement	p	d	Statement	p	d
1. In this project, prior to the execution of the experiment, I thought about how I could conduct the experiment.	4×10^{-4}	*0.94*	10. In this project, I searched for reasons and causes if the results were different than expected.	0.83	0.05
2. In this project, I thought about how I could analyze the measurement data before the experiment was carried out.	3×10^{-3}	*0.79*	11. In this project, I have reviewed and adjusted my vision on the outcomes of the experiment.	0.54	0.15
3. During this experiment, I was aware of the research question we were investigating during the experiment.	0.08	0.44	*12. With this assignment, I tried to understand the results and to value the meaning of the results.*	*0.04*	*0.76*
4. In this project, we investigated to what extent our measurement data were corresponding to a theoretical model.	0.93	−0.02	*13. In this project, we determined ourselves how to conduct the experiment.*	$<10^{-5}$	*1.92*
5. In this project, I have consulted well with my partner about the significance of our measurement data.	0.14	0.38	14. In this project, I learned a lot about subject content	0.40	0.21
6. During the execution of the experiment, I was curious about the results.	0.77	−0.07	*15. I enjoyed making the pre-lab questions/ the experimental plan.*	*0.02*	*0.59*
7. During the execution of the experiment, I gained new insights into the measurement method we were using.	0.05	0.50	16. I think to make the pre-lab questions/ the experimental plan was useful.	0.56	0.15
8. Finishing this project gave me a sense of personal achievement.	0.22	0.31	*17. During this project, I learned a lot by discussing with my project partner.*	*0.03*	*0.53*
9. This project was challenging.	0.69	0.10			

Table 2 Statements and statistical evaluation of differences between the students' responses in the critical thinking- and paved road condition depicted in Fig. 3. Probability (p) value and Cohen's effect size (d) of the difference between the Likert-scale scores in the critical thinking and paved road condition. The statements for which average scores both showed a significant difference ($p < 0.05$) and at least a small effect size ($d > 0.2$) are italicized

Statement	p	d	Statement	p	d
1. In this project, prior to the execution of the experiment, I thought about how I could conduct the experiment.	4×10^{-4}	*0.94*	10. In this project, I searched for reasons and causes if the results were different than expected.	0.83	0.05
2. In this project, I thought about how I could analyze the measurement data before the experiment was carried out.	3×10^{-3}	*0.79*	11. In this project, I have reviewed and adjusted my vision on the outcomes of the experiment.	0.54	0.15
3. During this experiment, I was aware of the research question we were investigating during the experiment.	0.08	0.44	*12. With this assignment, I tried to understand the results and to value the meaning of the results.*	*0.04*	*0.76*
4. In this project, we investigated to what extent our measurement data were corresponding to a theoretical model.	0.93	−0.02	*13. In this project, we determined ourselves how to conduct the experiment.*	$<10^{-5}$	*1.92*
5. In this project, I have consulted well with my partner about the significance of our measurement data.	0.14	0.38	14. In this project, I learned a lot about subject content	0.40	0.21
6. During the execution of the experiment, I was curious about the results.	0.77	−0.07	*15. I enjoyed making the pre-lab questions/ the experimental plan.*	*0.02*	*0.59*
7. During the execution of the experiment, I gained new insights into the measurement method we were using.	0.05	0.50	16. I think to make the pre-lab questions/ the experimental plan was useful.	0.56	0.15
8. Finishing this project gave me a sense of personal achievement.	0.22	0.31	*17. During this project, I learned a lot by discussing with my project partner.*	*0.03*	*0.53*
9. This project was challenging.	0.69	0.10			



CONCLUSIES

Wil je weten wat je meet?	Wat doe je met onverwachte observaties?	Zelfbeeld
✓ Meer duiding van wat de data betekenen in de verslagen.	✓ Onverwachte resultaten worden vaker opgemerkt en succesvol geïnterpreteerd.	• *In deze opdracht probeerde ik de resultaten te begrijpen en op waarde te schatten..*

Vergelijking van de twee jaren: paved road instructions kunnen studenten ook aanzetten om over hun onderzoek na te denken, maar het gaat beter (en makkelijker) met critical thinking instructions.

Voortschrijdend inzicht tijdens onderzoek:
Korte interventie. Docenten zijn geen tovenaars. Onwaarschijnlijk dat direct een verschil gemaakt wordt. Resultaten hebben te maken met de mate *waarin de opdracht kritisch denken oproept*.

Leren begint met doen. *Het is te verwachten dat als bepaalde instructies studenten stimuleren om kritisch te denken tijdens een opdracht, de kritische denkvaardigheden van studenten worden getraind.*

De MOLMEESTERPROEF

Het percentage calciumcarbonaat in schelpen

KLAS:

NAAM:

Klas 3 maart /april 2018

Project periode 3 scheikunde klas 5.
April / mei 2018

Vitamine-C gehalte in producten

Klas 5 april /mei 2018

Experimentele opdracht P61 klas 6 2017-2018.

Onderzoek naar verschillende reactiemechanismen in de organische chemie

Telt mee voor 4% van het PTA.

Cartoon: http://www.masterorganicchemistry.com/2012/08/08/comparing-the-sn1-and-sn2-reactions/ by Graeme Mackay

Klas 6 september / oktober 2018

Onderzoek aan de kinetiek van een klokreactie

Scheikunde Klas 4

NAAM:

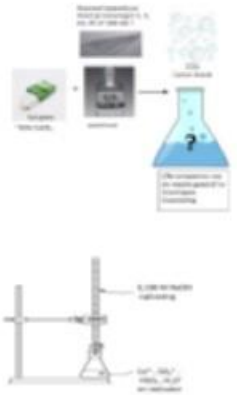
Samengewerkt met:

Klas 4 juni 2018

GIST IN ACTIE

EEN PRAKTISCHE OPDRACHT OVER BIOETHANOLPRODUCTIE

Klas 4 oktober / november 2017

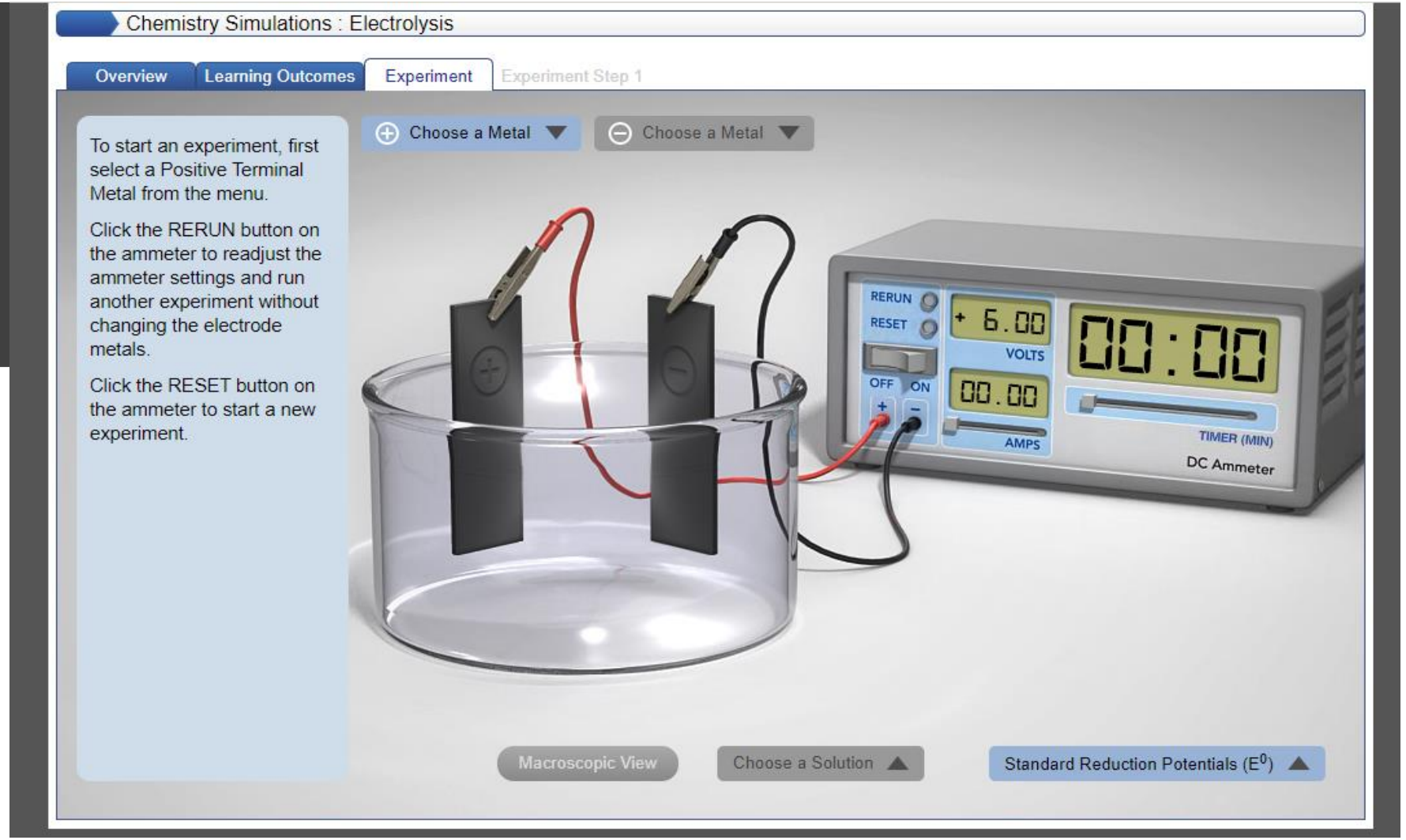


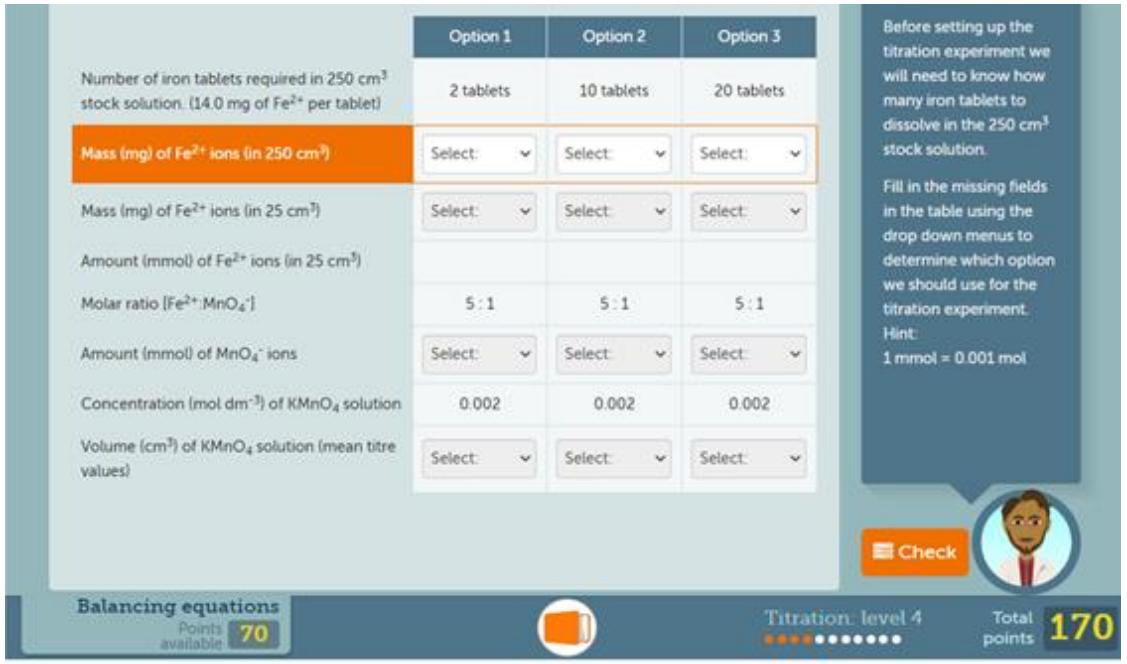
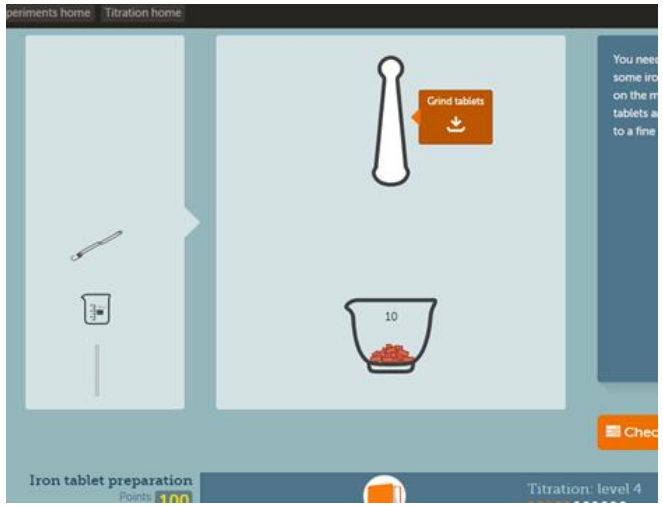
We noemen dit ook wel een

eitartitguret

Klas 5 november 2017

Applet practica tijdens lockdown die mogelijkheden bieden voor blended of online practica.



http://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/electrolysis_fc1_gm_11-26-12/main.html

Prachtige titratie applet. Iets minder geschikt voor kritisch denken voorbereidende fase.