

Eerstejaarspracticum in tijden van COVID-19

Pols, C.F.J.; Levert, Tim

Publication date

2020

Document Version

Final published version

Published in

Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde

Citation (APA)

Pols, C. F. J., & Levert, T. (2020). Eerstejaarspracticum in tijden van COVID-19. *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, 86(8).

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Eerstejaarspracticum in tijden van COVID-19

De maatregelen die genomen zijn tegen het verder verspreiden van het COVID-19 en het uitvoeren van academisch practicumonderwijs lijken haaks op elkaar te staan. Practicum via teleconferentie is vrijwel onmogelijk. Door de practicumopdrachten aan te passen zijn we er toch in geslaagd om onze eerstejaarsnatuurkundestudenten (TU Delft) het vak *Inleidend practicum* af te laten ronden. Hier een korte beschrijving van die aanpassingen, het resultaat en een evaluatie.

Probleemstelling

Onze eerstejaarsstudenten die een dubbele bachelor volgen, zouden net beginnen aan de laatste serie van drie practica toen de coronamaatregelen

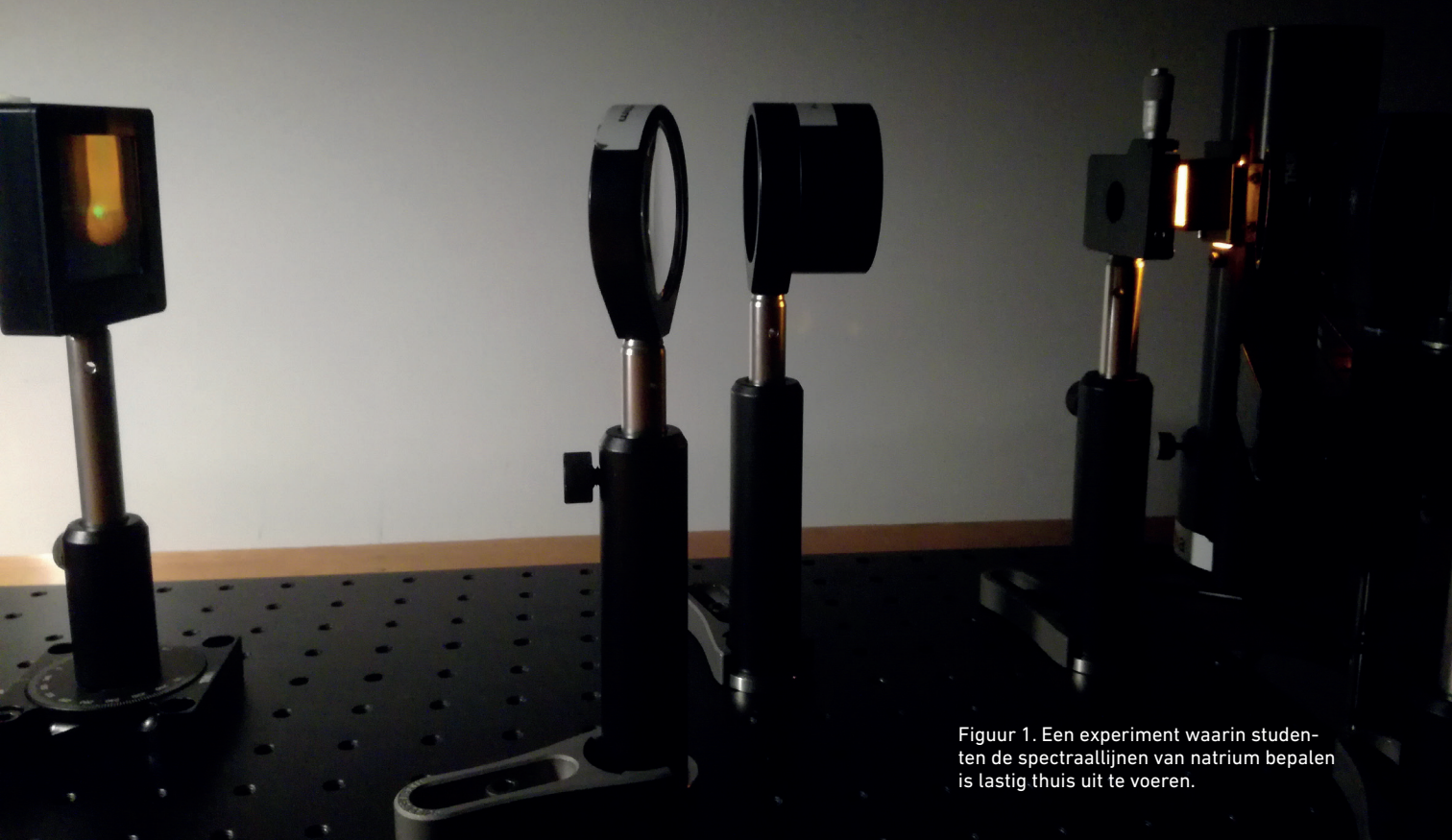
van kracht werden en het onderwijs op de campus stopte. Elk van deze drie practica zou grofweg een dagdeel duren en zich richten op de ontwikkeling van natuurkundige kennis en op het gebruik van specifieke instrumenten. Het alsnog uitvoeren van die practica thuis was natuurlijk geen optie omdat die instrumenten thuis niet voorhanden zijn. Om het practicum toch door te kunnen laten gaan werd gezocht naar alternatieven. Een potentieel alternatief was het aanbieden van de data van die practica. Echter, dan ligt de focus op de ontwikkeling van data-analysevaardigheden. Deze vaardigheden waren, ons inziens, al voldoende in eerdere practica ontwikkeld. Bovendien gaan studenten dan aan de slag met data waarbij ze nauwelijks een idee hebben van het verschijnsel dat met die data beschreven wordt. Hoe zorg je er dan toch voor dat de studenten het vak kunnen afsluiten en dat de leerdoelen zoals die vastgesteld zijn worden gehaald?

Oplossing

Voor het succesvol uitvoeren van een practicum kunnen ten minste vier typen kennis een rol spelen [1]:

- a. Kennis van de aard en het doel van het onderzoek.
- b. Kennis van de relevante concepten.
- c. Kennis en vaardigheid in het gebruik van de instrumenten.
- d. Kennis van de criteria om de kwaliteit van empirisch bewijs te evalueren.

Deze vier typen kennis zijn bij onderzoek verweven. Zo zijn kennistype b, c en d relevant bij het kiezen van een meetinstrument: de keuze hangt af van je relevante conceptuele kennis (hoe kun je de grootte meten), van je vaardigheid om met dat instrument om te gaan en van de precisie en nauwkeurigheid die je wilt bereiken. Echter, bij het ontwerpen van een practicum richt je je op de ontwikkeling van één van de vier typen kennis. Een practicum uitvoeren zonder dat het doel duidelijk is, met gebruik van complexe instrumenten waarvan de werking niet helder is, waarna het verschijnsel verklaard moet worden op basis van een paar metingen, zorgt voor een cognitieve overladenheid [2,3] met als gevolg dat geen enkel van de leerdoelen echt bereikt wordt. In het ontwerp zorg je er dan ook



Figuur 1. Een experiment waarin studenten de spectraallijnen van natrium bepalen is lastig thuis uit te voeren.

voor dat de andere relevante kennis aanwezig is of verworven wordt door even vooraf te oefenen.

Bij het ontwerpen van de thuispractica verschoof de focus van 'het leren over natuurkundige concepten' naar 'hoe zet je met eenvoudige materialen een zo goed mogelijk, betrouwbaar onderzoek op'. De focus ligt daarmee met name op gebruik en ontwikkeling van kennis type d. Dit aspect werd nog eens benadrukt in de beschrijving van de practicumopdracht: "Het is belangrijk dat je de wetenschappelijke aanpak en standaarden hoog houdt, ik verwacht dan ook dat je bij de bepaling van bijvoorbeeld een constante niet meer dan 5% van de literatuurwaarde af zit".

Bij het leren opzetten van een betrouwbaar onderzoek is het onder andere belangrijk dat de studenten meer controle krijgen over de aanpak van het onderzoek [4]. Daartoe gebruiken we een practicumvorm, *guided inquiry* [5], waarbij de studenten een onderzoeksvraag krijgen waarna ze zelf een experiment opzetten om een antwoord te geven op die onderzoeksvraag. Ze bedenken een methode en worden geacht extra aandacht te

geven aan de keuze voor instrumenten en procedures. Ze moeten de keuzes verantwoorden en evalueren wat er is gedaan: zijn de gemaakte keuzes optimaal of had het beter gekund? Zo ja, wat dan en waarom?

In het eerste van de twee te verrichten onderzoeken konden de leerlingen kiezen uit twee opdrachten, waarbij de relevante conceptuele natuurkunde kennis gedekt is in het vwo-curriculum. De opdracht is helder geformuleerd en we verwachtten ook dat de studenten in staat zouden zijn om overweg te kunnen met hun telefoon als meetinstrument. Kennistypen a, b en c zijn daarmee gedekt.

Opdracht 1:

Bepaal de geluidsnelheid in lucht. Gebruik daarvoor een stukje pvc-buis met een maximale lengte van 40 cm.

Opdracht 2:

Bepaal de valversnelling g maar niet met behulp van een fysische slinger. (Er is een heel leuke manier waarvoor je nodig hebt: een ballon, een hamer en de app Phyphox om geluid te registreren).

Na het uitvoeren van dit onderzoek

ontvingen de studenten schriftelijke terugkoppeling op hun methode, met als doel dat de feedback leidt tot een betere aanpak in het tweede onderzoek. In dit tweede onderzoek is de relevante conceptuele kennis niet aanwezig, maar valideren de studenten een zelfbedacht model op basis van de empirische data.

Opdracht 3:

Prik of boor een klein gat aan de zijkant van een melkpak, onderin. Vul het melkpak met water (houd je vinger op het gat). Als je nu je vinger van het gat afhaalt zal het water uit de zijkant spuiten. Kies een van de onderstaande onderzoeksvragen of bedenk er zelf een:

- Hoe hangt de horizontaal afgelegde afstand van het water af van de waterhoogte in het melkpak?
- Hoe hangt het uitstroomdebiet af van de waterhoogte in het melkpak?
- ...

Maak eerst een natuurkundig model (bijvoorbeeld op basis van energiebehoud) en voer vervolgens het onderzoek uit. Vergelijk je model met de metingen en zoek verklaringen voor eventuele verschillen.



Figuur 2. De opstelling zoals gebruikt door student Tim Levert, waarbij de lengte van de pijp werd aangepast door deze steeds verder in de bak met water te steken.

De kwaliteit van het onderzoek is bepaald op basis van de ingeleverde labjournaals en de verslagen, waarbij we gebruikmaakten van de *Assessment Rubric for Physics Inquiry* [4]. Deze rubric is specifiek ontwikkeld om de kwaliteit van het onderzoek en de daarin gemaakte keuzes te beoordelen.

De onderzoeken

Voor het bepalen van de geluidssnelheid in lucht met behulp van een korte pvc-buis werden veel verschillende methodes bedacht, zie figuur 2. De meeste studenten bedachten dat dit eenvoudig kan met behulp van de

resonantiefrequentie als functie van de lengte van de buis. De resonantiefrequentie kun je produceren door over de buis te blazen, of bepalen door een frequentie aan te bieden waarna je bepaalt, op basis van gehoor of met behulp van een tweede telefoon, wanneer het geluid aan de andere kant van de buis het hardst is. Ook kun je de resonantiefrequentie bepalen als functie van het golfgetal. Je hebt daarnaast nog de keuze uit een buis die aan twee kanten open is of een waarbij een zijde gesloten is. Al deze mogelijke varianten zijn teruggevonden in het werk van studenten.

Wanneer je over de buis blaast, moet een eindcorrectie op de lengte van de buis toegepast worden. Dit werd door veel studenten ook gedaan waaruit we concluderen dat ze een degelijke literatuurstudie hebben uitgevoerd en dat ze hun natuurkundekennis hebben uitgebreid.

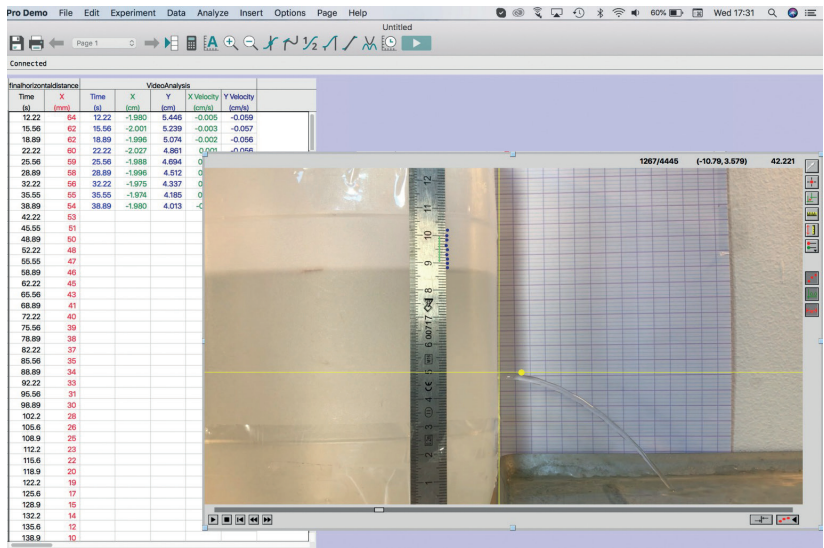
In het tweede onderzoek waarbij de studenten de uitstroomsnelheid van water uit een melkpak onderzoeken (zie figuur 3) waren alle studenten in staat om data te verzamelen. Echter, de kwaliteit en kwantiteit van de data lieten nog vaak te wensen over. Zo plakten een groepje een papieren meetlint aan de binnenkant en evalueerde dat dit niet handig was aangezien het meetlint opbult. Een ander groepje koos op een meetbereik van twaalf centimeter dertien verschillende waarden, maar kozen er niet voor om metingen te herhalen. Geen enkel groepje bedacht dat ze de massa konden meten en die linken aan de hoogte van het water in het melkpak.

In de discussies geven de studenten veelal aan dat ontstane fouten het gevolg zijn van een gebrekkige meetopstelling. In plaats van het eigen model ($v = \sqrt{2gh}$) als te gesimplificeerd te bestempelen, trekken ze hun meetmethode in twijfel. Echter, de genoemde oorzaken zijn niet groot genoeg om het verschil tussen model en data te verklaren. De studenten weten vaak wel waar er mogelijkheden liggen om het onderzoek te verbeteren. Dit leidde bij een van de studentassistenten tot de uitspraak: “De studenten komen met zulke goede ideeën voor verbetering die vaak zo eenvoudig te implementeren zijn dat je je afvraagt waarom ze dat niet meteen hebben gedaan”. Er is kennelijk nog geen drive om het onderzoek nogmaals uit te voeren en te testen of de voorgestelde ideeën daadwerkelijk het onderzoek verbeteren. Dit kunnen en hoeven we wellicht ook niet te verwachten van hen, maar laat wel het zwakste punt zien in de oplossing die bedacht is: een enkele cyclus is onvoldoende om te komen tot gedegen onderzoek, gegeven de beperkte middelen. Pas als ze hun voorgestelde verbeteringen toepassen en evalueren in een tweede cyclus van experimenten

kunnen we verwachten dat ze leren van de gemaakte fouten. Het zou wel kunnen zijn dat de studenten al meerdere testopstellingen hebben uitgetest maar dit niet vermelden. Als dit het geval zou zijn, is er ook sprake van cyclisch werken. In de labjournaals is hier echter geen bewijs van terug te vinden en doordat we de studenten tussendoor niet zagen, blijft onduidelijk hoe de meerderheid van de studenten kwam tot hun precieze keuze.

Student Tim Levert aan het woord

Persoonlijk vond ik het thuispracticum erg leuk juist omdat je erg veel vrijheid had in wat en hoe je iets wilde gaan onderzoeken. Ik vind dat je op die manier veel meer leert over onderzoeken omdat je zelf moet gaan nadenken over alle factoren die invloed hebben op je onderzoek, in tegenstelling tot de standaardpractica van voor de quarantaine waarbij het merendeel al was voorgekauwd. Daarnaast vond ik het opstellen van een model erg leuk (net zoals bij het practicum over de toren van Pisa [5]) omdat je hierdoor veel dieper in de stof duikt dan bij de opdrachten van de normale practica. Door het model op te stellen begrijp je niet alleen de natuurkunde erachter maar kom je ook gelijk meer te weten over de factoren die meespelen in je meetresultaten. Zo hebben wij door het thuispracticum bijvoorbeeld heel veel geleerd over de doorstroombcoëfficiënt, de snelheid en de contractie. Daarentegen is natuurlijk het gebrek aan materiaal vrij lastig maar dit zorgt er ook wel weer voor dat je extra hard gaat nadenken voor je meetopstelling zodat je met je onnauwkeurige meetinstrumenten toch een vrij nauwkeurig resultaat krijgt. Kortom, naar mijn mening zijn de thuispractica een erg leuke en leerzame manier om practica te doen. Er moeten natuurlijk bepaalde leerdoelen (zoals instrumentatie) behaald worden, dus dit wordt denk ik geen vervanger voor de practica op de campus, maar ik geloof wel dat meer vrijheid in de practica studenten meer kan motiveren voor leren over onderzoek.



Figuur 3. Een opstelling zoals die gebruikt is bij de tweede opdracht, waarbij de studenten zelf de software (Logger Pro) hebben gevonden om de data te analyseren.

Evaluatie

In zeer korte tijd is het gelukt om nieuwe practica te bedenken zodat het practicum alsnog afgerond kon worden. Een belangrijke wijziging was de verschuiving van de focus naar 'hoe zet je met eenvoudige materialen een zo goed mogelijk, betrouwbaar onderzoek op'. Ontwikkeling van de daartoe benodigde onderzoekskennis betekent dat studenten in grote mate controle krijgen over het onderzoek, dat ze een methode bedenken, data verzamelen, deze analyseren, conclusies trekken die gebaseerd zijn op deze data, waarschijnlijk op een of meerdere van deze aspecten in gebreke blijven, hierop reflecteren en het vervolgens het practicum nogmaals uitvoeren met een verbeterde opzet. Behalve dat die laatste stap ontbrak, kunnen we zeggen dat de thuispractica succesvol waren. De in het onderzoek gemaakte keuzes waren, dankzij het gebrek aan feedback en inmenging van de docent, echt de keuzes van de student zelf en reflecteren daarmee de onderzoekskennis die ze hebben en toepassen. In de ontwikkeling die het eerstejaars natuurkundig practicum op de TU Delft nu doormaakt, met een focus op het zelfstandig opzetten van een gedegen natuurwetenschappelijk onderzoek, was dit een onverwachte oefening. Alhoewel de reden van aanpassing

absoluut onwenselijk was, is een eerste ervaring opgedaan met meer open onderzoek en zijn er inzichten ontwikkeld die ons helpen in het door ontwikkelen van het practicumonderwijs.

Een aangepaste versie van dit artikel is eerder verschenen als *A physics lab course in times of COVID-19* verschenen in *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education* [6].

Freek Pols was tien jaar lang natuurkundedocent op het ISW 's-Gravzande en is nu coördinator van het eerstejaarsnatuurkundep practicum op de TU Delft.

Tim Levert is eerstejaarsnatuurkunde- en wiskundestudent op de TU Delft.

REFERENTIES

1. R. Millar et al., *Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance*, *Research Papers in Education*, 9(2) 207-248 (1994).
2. D. Hodson, *A critical look at practical work in school science*, *School Science Review*, 70(256): 33-40 (1990).
3. E. van den Berg, *The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas*, *Scientia in educatione*, 4(2), 74-92 (2013).
4. C.F.J. Pols, P.J.J.M. Dekkers en M.J. de Vries, *Assessment Rubric for Physics Inquiry*, <http://doi.org/10.5281/zenodo.3778087>, (2020).
5. A. Mooldijk, *Omvallende melkpakken*, *NTvN*, 85-12 (2019).
6. <https://ejse.southwestern.edu/article/view/20276>.