

Het eindexamen natuurkunde ter discussie

Citation for published version (APA):

Bijker, W. E. (1981). Het eindexamen natuurkunde ter discussie. *Faraday : tijdschrift voor M.O. en V.H.O. in natuur- en scheikunde : orgaan van de Vereeniging van Leeraren in Natuur- en Scheikunde*, 50, 266-271.

Document status and date:

Published: 01/01/1981

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

hun medeleerlingen. Die vragen kunnen op het proefwerk over het thema terugkomen. Deze tentoonstelling kan vaak ook door andere klassen of door ouders bezichtigd worden.

Zo wordt in deze twee thema's stap voor stap de basis gelegd waarop leerlingen zich thuis voelen in het natuurkundelokaal en het onderwijsklimaat zo-

danig is dat zij met veel plezier met natuurkunde bezig zijn.

Voor inlichtingen of reacties: PLON, Princetonplein1, De Uithof, Utrecht, tel. 030-53 27 18 of via het postadres: PLON, Lab. Vaste stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht.



Het eindexamen natuurkunde ter discussie

WIEBE BIJKER*

Tot voor kort bestond er eigenlijk niet zoiets als 'eindexamenproblematiek'. Elk jaar construeerden de verschillende adviescommissies, eventueel gevoed door creatieve leraren 'te velde', de examens; de leerlingen hadden daar wel hun problemen mee, maar zo hoorde dat ook; de leraren becommentarieerden vol vuur vooral de losse opgaven en in de wandelgangen van de normenvergadering werden nieuwe trends in de examenonderwerpen gesignaleerd.

In deze betrekkelijke rustige examenvijver zijn nu echter een paar stenen geworpen. In 1983 moeten in principe alle MAVO-leerlingen examen op twee nivo's kunnen doen. De ontwikkelingen met betrekking tot de integratie van LBO en MAVO zullen vermoedelijk consequenties hebben voor die eindexamens. In het kader van het PLON-project is sinds 1978 bij een aantal MAVO-scholen een ander eindexamen natuurkunde afgenomen. Gedurende een beperkte periode (tot ongeveer 1985) zal dit aparte examen naast het normale, landelijke natuurkundeexamen bestaan; daarna moet men het weer eens worden over één examenprogramma en één manier van examineren.

* Wiebe Bijker heeft zich gedurende anderhalf jaar binnen het PLON-project bezig gehouden met de eindexamenproblematiek. In twee artikelen belicht hij een aantal aspecten van examens en van het maken van opgaven. Voor een uitgebreidere uiteenzetting, vergezeld van een groot aantal voorbeeld opgaven, zij verwezen naar het binnenkort te verschijnen boekje: Wiebe Bijker, *Principes voor nieuwe examens*. (uitgegeven door NIB, Zeist).

In dit artikel zal ik de eindexamenvorm schetsen, zoals die voor het PLON-MAVO is ontwikkeld. Zowel de argumenten die bij de keuze van deze examenform een rol spelen, als de ervaringen die ermee zijn opgedaan in de discussies rond de bovengeschetste examenproblematiek komen aan de orde.

Overigens is het model zoals ik dat schets geen precieze beschrijving van het (laatste) PLON-MAVO-examen. Sinds 1978 hebben deze examens zich steeds verder ontwikkeld. Het is op basis van deze ontwikkeling, dat nu een soort ideaalmodel vorm heeft gekregen, dat als richtlijn voor de volgende examens zal gelden.

De rol van eindexamens

Eindexamens hebben een dubbele functie. Ze moeten selectief zijn en ze zijn doelbepalend voor het onderwijs. De selectieve functie houdt verband met de maatschappelijke rol die het examen vervult; op grond van zijn eindexamen wordt beslist of een leerling wordt toegelaten tot een bepaalde vervolgopleiding of in aanmerking komt voor een bepaald beroep. Doelbepalend is het examen omdat de realisering van onderwijsdoelen mede wordt bepaald door de inhoud en vorm van eindexamens: docenten en leerlingen richten hun onderwijs zo in, dat laatstgenoemden een goede kans hebben om te slagen.

Vanwege zijn doelbepalende functie moet het

examen zo goed mogelijk aansluiten bij het onderwijs. Voor de selectieve functie is dit minder noodzakelijk. Immers, ook eigenschappen als intelligent handelen, niet op school geleerd inzicht en algemene ontwikkeling mogen een rol spelen bij het selecteren voor een toekomstige loopbaan. Juist voor een vernieuwingsproject als het PLON is het doelbepalende karakter van het examen belangrijk: met het examen kunnen immers de beoogde doelen van het onderwijs worden benadrukt. In de praktijk hoeven overigens beide functies elkaar niet te bijten: het is mogelijk een examen of schoolonderzoek zo te construeren, dat zowel het selectieve als het doelbepalende karakter voldoende tot hun recht komen.

Het onderscheiden van de selectieve en de doelbepalende functies maakt het mogelijk, een aantal conclusies te trekken met betrekking tot de vorm en inhoud van het eindexamen. Met name twee aspecten zal ik hier bespreken:

1. het gebruik van korte-antwoord vragen en
2. een mogelijkheid om grip te krijgen op de inhoud van examenvragen en daarmee op de samenstelling van het examen.

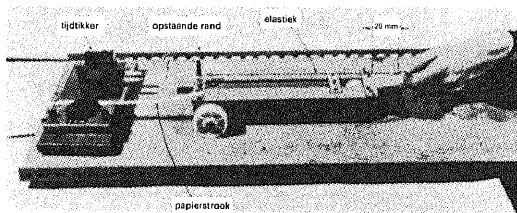
Korte-antwoord vragen en lange-antwoord vragen.

Examens moeten, zoals gezegd, aansluiten op het onderwijs. Ze moeten bijvoorbeeld dezelfde variatie bieden aan inhoud en problemen als het onderwijs. Dat is het makkelijkst te bereiken met een groot aantal vragen. Hieruit volgt, in verband met een beperkte examenduur, de noodzaak tot het gebruik van korte-antwoord vragen of meerkeuze-vragen. Zonder de discussie over de voor- en nadelen van meerkeuze-vragen nu breed uit te meten, wil ik kort de volgende stelling toelichten: *korte-antwoord vragen hebben veel van de voordelen van meerkeuze-vragen, zonder er de nadelen van te vertonen.*

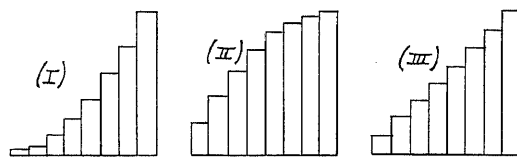
Een korte-antwoord vraag laat zich betrekkelijk snel en objectief nakijken, ook al kun je dat corrigeren niet aan een computer overlaten. De korte-antwoord vraag eist van de leerling meer dan alleen selectie uit geboden antwoordalternatieven; vaak zal de leerling zelf de begrippen die in het antwoord thuis horen moeten produceren. Als antwoord kan

Een korte antwoord vraag

Om de bewegingswetten te controleren, doet een groepje leerlingen een proefje met een karretje. Het karretje wordt met een steeds even grote kracht voortgetrokken. Het karretje trekt een papierstrook door de tijdtikker.



Om een conclusie uit de meting te trekken, knippen ze de tijdtikker-strook in stukken: stukken van telkens 10 tikken. Ze leggen de stroken naast elkaar. Wat verwacht jij dat het resultaat zal zijn:



Kruis aan:

I	<input type="checkbox"/>
II	<input type="checkbox"/>
III	<input type="checkbox"/>

Licht je keuze toe. Gebruik hierbij de bewegingswet $Ft = m(v_{eind} - v_{begin})$

nu ook gevraagd worden, zelf een schetsje te tekenen. Dit is een vaardigheid die in het PLON-onderwijs met zijn nadruk op zelf onderzoeken en rapporteren, veel aan bod komt. Hoewel ik me niet schaar bij diegenen die vinden dat je met meerkeuzevragen geen moeilijke denkactiviteiten kunt toetsen, acht ik

het wel duidelijk dat leerlingen zich anders – en in het licht van de PLON-doelen: slechter – op een meerkeuze-toets voorbereiden dan op een toets met open vragen. Tenslotte is het moeilijker om een goede meerkeuze-vraag te maken dan een goede korte-antwoord vraag.

Hoewel dit voor gespecialiseerde instituten als het CITO geen bezwaar hoeft te zijn, kan dit voor leraren, die bijvoorbeeld proefwerken of schoolonderzoeken moeten maken, wel een overweging zijn. Een korte-antwoord vraag zal door een 'modale' leerling in ongeveer 3-4 minuten beantwoord moeten kunnen worden.

Een lange antwoord vraag

Hoe kun je zelf het rendement bepalen van het aan de kook brengen van water op een elektrisch fornuis?

Beschrijf welke metingen je daarvoor moet doen en hoe je met die metingen het rendement dan kan berekenen.

Met alleen korte-antwoord vragen zijn we er echter niet. De eis om het examen goed te laten aansluiten op het onderwijs dwingt ons ook lange-antwoord vragen op te nemen. In het PLON-onderwijs moeten leerlingen regelmatig zelf redeneringen opzetten als conclusie uit een experiment, zelf demonstraties geven, zelf teksten schrijven voor een werkstuk of tentoonstelling. Aansluiten bij het onderwijs betekent dus ook: tenminste enkele lange-antwoord vragen in het examen opnemen.

Lange-antwoord vragen in onze visie hebben een antwoordtijd van ongeveer 15-20 minuten nodig.

Voor leerlingen zal het verschil tussen beide soorten vragen, behalve uit de vraagstelling, ook blijken uit de aangegeven antwoordruimte. De antwoorden moeten bij het PLON-MAVO examen namelijk op het opgavenblad ingevuld worden. Het risico bestaat hiermee, dat examen- en schoolonderzoekmakers denken een korte-antwoord vraag gemaakt te heb-

ben, als ze maar een korte antwoordruimte hebben aangegeven. Te vaak blijkt een korte-antwoord vraag dan eigenlijk een lange-antwoord vraag, maar met (te) weinig antwoordruimte. In een dergelijk geval is het antwoord in principe wel in twee regels te geven, maar stelt dit erg hoge eisen aan het vermogen om bondig en exact te formuleren; terwijl een antwoord in omslachtiger bewoordingen misschien wel minder fraai maar niet minder juist zou zijn geweest. Als kenmerk van korte-antwoord vragen wil ik juist voorstellen, dat er weinig eisen aan de formulering van het antwoord worden gesteld. Veelal zal het voldoende zijn om een getal op te schrijven of enkele sleutelbegrippen te noemen.

Overigens is het ook niet zo, dat een korte-antwoord vraag per se een snelle-antwoord vraag is. Een korte-antwoord vraag kan moeilijk zijn en veel denkstappen vragen; essentieel is echter dat die denkstappen niet vermeld hoeven te worden.

Op grond van toetstechnische overwegingen verdient een minimum aantal van 30 korte-antwoord vragen de voorkeur. Met een examenduur van 2 uur is het onmogelijk, dan ook nog lange-antwoord vragen op te nemen. Daarnaast lijkt het prettiger voor leerlingen, als er een duidelijke scheiding bestaat tussen de twee heel verschillende soorten opgaven. Tenslotte kunnen ook de lange-antwoord vragen beter tot hun recht komen, als de tijd ervoor niet hoeft te worden afgeknabbeld van de korte-antwoord vragen.

Deze overwegingen brengen het PLON ertoe, te pleiten voor een eindexamen dat uit twee zittingen bestaat: één met korte-antwoord vragen en één met lange-antwoord vragen. Zo lang een dergelijke vorm

Tabel I
PLON-MAVO eindexamen

gewenste combinatie van twee zittingen	huidige situatie met één zitting
1e duur: 2 uur 30 korte-antwoord vragen	duur: 2 uur 20 korte-antwoord vragen
2e duur: 1 uur 4 lange-antwoord vragen	+
	2 lange-antwoord vragen

nog niet mogelijk is, is een richtlijn voor de samenstelling van het PLON-MAVO eindexamen: ongeveer 20 korte-antwoord vragen en 2 lange-antwoord vragen (tabel I).

Greep op de inhoud van examenvragen en de samenstelling van examens

Om over de samenstelling van examens en schoolonderzoeken een redelijke discussie te kunnen houden, is het nodig de inhoud van de opgaven op een min of meer objectieve manier te karakteriseren.

Als je hier een 'instrument' voor hebt, kan daarna een norm worden afgesproken voor de samenstelling van het examen en kan vervolgens elk examen aan die norm getoetst worden.

Het begrippenapparaat ('instrument') dat door het PLON is ontwikkeld lijkt ons bruikbaar voor alle vormen van natuurkunde-onderwijs (en kan eenvoudig worden aangepast voor andere vakken). De norm die vervolgens voor de examensamenstelling moet worden afgesproken verschilt natuurlijk wel tussen bijvoorbeeld MAVO en VWO. Er worden drie indelingen gebruikt. De eerste indeling dient om greep te krijgen op de natuurkundecontext van de vraag; de tweede gaat over het soort denken dat van de leerling wordt geëist. Naast deze twee nieuwe indelingen bestaat natuurlijk nog de altijd al gehanteerde indeling naar examenprogramma: van elke vraag kun je aangeven, welk(e) punt(en) van het examenprogramma er in aan de orde komen; als norm geldt dan in principe, dat het examen als geheel dit examenprogramma zo volledig mogelijk moet 'afdekken'. Overigens zijn deze drie indelingen niet onafhankelijk van elkaar.

– Indeling naar natuurkundecontext

In het natuurkundeonderwijs komen – afhankelijk van het soort onderwijs in meer of mindere mate – verschillende aspecten van de natuurkunde aan de orde. Er wordt aandacht besteed aan technische toepassingen van de natuurkunde, aan maatschappelijke gevolgen van natuurkunde en techniek en aan het verklaren van natuurverschijnselen m.b.v. de fysica. Daarnaast zijn natuurlijk de inhoud van

fysische wetten en regels en het opzetten, uitvoeren en verwerken van experimenten belangrijk. Dit leidt tot een indeling naar natuurkundecontext, als weergegeven in tabel II.

Tabel II Indeling naar natuurkundecontext

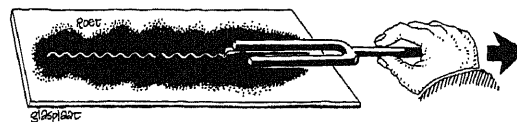
aspect	omschrijving
1. wetenschapsinhoudelijk	centraal staat het kennen en kunnen toepassen van fysische begrippen en wetten
2. experimenteel	centraal staan praktikum vaardigheden
3. technisch	centraal staan de werking van apparaten en de manier waarop je ze gebruikt
4. natuur	centraal staan het beschrijven en verklaren van de natuurkunde van het vrije veld
5. samenleving	centraal staat de relatie tussen fysica, techniek en samenleving

– Indeling naar denkactiviteit

In deze indeling onderscheiden we herinneringsvragen, begripvragen, creatief- en kritisch-inzicht vragen.

Een experimentherinneringsvraag:

Met de hier getekende proef kun je laten zien dat een stemvork, die een toon laat horen, trilt.



Nu gaat iemand dezelfde proef doen met een stemvork die een hogere toon geeft. (Je kunt er van uitgaan, dat het geluid van beide stemvorken wel even sterk is). Hij trekt de stemvork met dezelfde snelheid over de glasplaat als de eerste keer.

Beschrijf kort wat het verschil is tussen de lijn van de eerste en van de tweede stemvork.

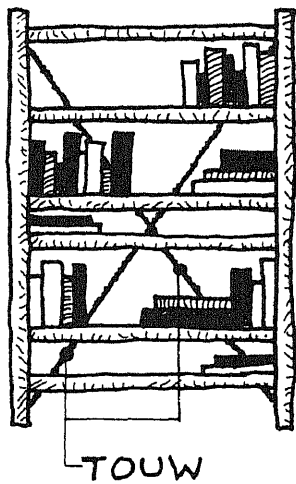
Wat concludeer je daaruit over de trilling van de tweede stemvork?

Bij herinneringsvragen, die we nog kunnen onderscheiden in theorie-herinneringsvragen en experimentherinneringsvragen, gaat het om pure herinnering van regels, proeven, conclusies e.d. De vraag moet min of meer letterlijk aan de orde zijn geweest; het toepassen van kennis in een nieuwe situatie behoort niet tot deze categorie.

Bij begripsvragen moet kennis bijvoorbeeld worden toegepast in nieuwe situaties. Zoals in de volgende vraag, waar de kandidaat zijn kennis over duw- en trekspanningen (geleerd in het PLON-thema BRUGGEN) moet toepassen op een boekenkast.

Een begripsvraag:

Sanne heeft een boekenkast getimmerd, die uit twee zijkanten en een paar planken bestaat. Ze wil de kast nu nog verstevigen door aan de achterkant kruiselings twee touwen te spannen. Denk jij dat door die touwen de kast steviger wordt?



Licht je antwoord toe. Vertel daarbij of er duwspanningen of trekspanningen in de twee touwen optreden, als iemand van opzij tegen de kast zou leunen.

Terwijl herinneringsvragen en begripsvragen convergent zijn (er is slechts één goed antwoord mogelijk), zijn creatief inzicht vragen divergent. Meestal, zoals bij de volgende vraag, is ook discussie over de (juiste) antwoorden mogelijk.

Een creatief inzicht vraag

In sommige grote gebouwen zit een automatische zonweringsinstallatie. Als de zon schijnt, zakken bij alle ramen aan de buitenkant de zonneschermen naar beneden.

Hanneke vindt dit energieverpilling. Noem twee redenen die zij hiervoor kan hebben.

1. _____
2. _____

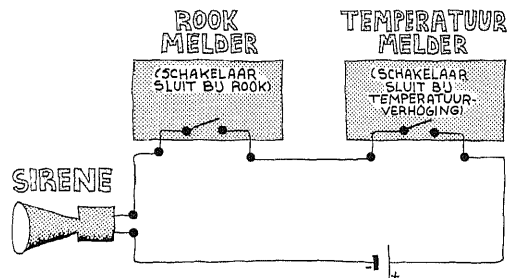
Welke redenen kan de architect van dat gebouw gehad hebben om zo'n zonweringsinstallatie aan te leggen?

Bij een kritisch-inzicht vraag ligt het accent op het analyseren van informatie. Deze informatie kan dan bestaan uit een grafiek, een tabel, een redenering of bijvoorbeeld een elektrisch schema.

Een kritisch inzicht vraag

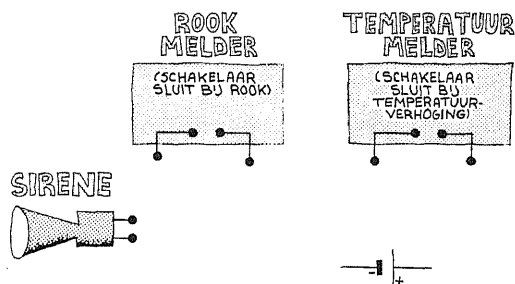
Iemand moet een brandalarm maken, dat zowel bij temperatuurverhoging als bij rookontwikkeling waarschuwt.

In een winkel koopt hij een rookmelder en een temperatuurmelder, waarmee hij de volgende schakeling bouwt:



Deze schakeling werkt niet zoals de bedoeling is: de sirene gaat pas loeien als er én rook én temperatuurverhoging is.

Teken hieronder andere verbindingen zodat de sirene gaat loeien als er óf rook, óf een te hoge temperatuur is (bij één van die situaties moet de sirene al gaan werken).



Norm voor de samenstelling van het PLON-MAVO eindexamen

Met de begrippen die hierboven zijn ingevoerd, kan nu een norm worden afgesproken voor de samenstelling van het examen. Deze samenstelling zal, denkend aan de doelbepalende functie van het examen, zo goed mogelijk móeten aansluiten bij het onderwijs. Voor het PLON-MAVO examen betekent dat een norm-samenstelling als weergegeven in tabel III.

Met de in dit artikel gegeven begrippen, indelingen en samenstellingsnorm heb je nog geen eindexamen. Het 'echte werk' kan nu pas beginnen. In een volgend artikel zal ik een aantal constructieregels voor het maken van examens, schoolonderzoeken en opgaven schetsen. In deze constructieregels vinden een aantal nogal abstracte ideeën uit dit artikel een meer concrete toepassing.

Tabel III Norm voor samenstelling PLON-MAVO-examen

A vraag vorm	aantal bij gewenste combinatie van twee zittingen	vragen bij huidige examen- zitting	categorie denk- activiteit	maximaal te behalen aantal punten
kort-antwoord	8	5	theorie-herinnering	20
kort-antwoord	12	8	experiment-herinnering	25
kort-antwoord	7	5	begrip	15
kort-antwoord	2	1	creatief-inzicht	5
kort-antwoord	1	1	kritisch-inzicht	5
lang-antwoord	2	1	begrip	10
lang-antwoord	2	1	creatief/kritisch-inzicht	10
B samenstelling m.b.t. natuurkundecontext:				
	wetenschapsinhoudelijk:			20
	experimenteel:			20
	technisch:			25
	natuur:			10
	leven:			15



Terwijl zij halverwege de avond aan een gecompliceerde elektrochemische proef stonden te werken, vroeg zij zo achteloos mogelijk: 'Waarom doe je dit eigenlijk, Kees? Ik bedoel deze studie en

zo. Zou je er je vak van willen maken?'. 'Ach, wel nee', zei Kees. () 'Nee, zeven jaar voor chemicus leren en dan zo'n kapsonesbaantje da's niks voor mij. Ik ben nou eenmaal een jongen uit de buurt'.

Uit: Andreas Burnier, *Een tevreden lach*

Ingezonden door: JAN HONDEBRINK