

ELAN

MSc Science Education and Communication



MODULE
BIOFYSICA

HET OPSPOREN VAN KANKER MET MRI



Onderzoek van Onderwijs - Natuurkunde | Odyl ter Beek

UNIVERSITEIT TWENTE.

UNIVERSITEIT TWENTE.

SCIENCE EDUCATION AND COMMUNICATION

HET OPSPOREN VAN KANKER MET MRI

Module Biofysica

Auteur:

O.E.M. TER BEEK
(s0149217)

OvO begeleiders:

Dr. POL, H.J.
Dr. VAN DER VEEN, J.T.

ONDERZOEK VAN ONDERWIJS

2 juni 2014

Inhoudsopgave

1	Onderzoek van Onderwijs	2
1.1	Doel van het onderzoek	2
1.2	Modules	2
1.3	Onderzoeksvragen	3
1.4	Overzicht	6
2	Theoretische achtergrond	7
2.1	Redenen voor de daling van het leerlingenaantal in de exacte studies	7
2.2	Nieuwe Natuurkunde	10
3	Module	14
3.1	Module Biofysica	14
3.2	De opbouw	16
4	Onderzoeksmethode	20
4.1	Leerprestaties	20
4.2	Leerhouding	23
4.3	Betrouwbaarheid en validiteit van CLASS enquête	26
4.4	De context MRI	27
5	Resultaten	28
5.1	Leerprestaties - Toets 1	28
5.2	Leerprestaties - Toets 2	31
5.3	Interne betrouwbaarheid van CLASS	34
5.4	Leerhouding - Controlegroep	35
5.5	Leerhouding - Testgroep	37
5.6	Jongens - meisjes	40
5.7	Lesevaluaties	41
6	Conclusie en discussie	56
6.1	Leerprestaties	56
6.2	Leerhouding	57
6.3	De context MRI	58
6.4	De module en de CLASS enquête	59
7	Suggesties voor vervolgonderzoek	61
	Dankwoord	62
8	Literatuurlijst	63
	Appendices	65
1	Toets 1	67
2	Toets 2	74
3	Enquête	83
4	PowerPoint sheets	92

Samenvatting

Dit verslag is het resultaat van mijn Onderzoek van Onderwijs. Dit vak hoort bij de afsluiting van de master Science Education and Communication, lerarenopleiding natuurkunde aan de UT te Enschede.

Schooljaar 2013-2014 is het Nieuwe Natuurkunde (NiNa) programma ingevoerd. Het doel van dit programma is om leerlingen in het voortgezet onderwijs een beeld te geven van natuurwetenschappelijke basisprincipes, de functie van natuurwetenschap in de maatschappij en de opleidingen en beroepen die horen bij de natuurwetenschap. Om bovenstaande doelen te behalen gebruikt NiNa de concept-context benadering als leermiddel.

Voor dit Onderzoek van Onderwijs is een module biofysica ('Het opsporen van kanker met MRI') ontwikkeld die aansluit bij de wensen van het NiNa programma. Leerlingen uit 5 havo leren met behulp van de context MRI over het concept magnetisme. Door de toevoeging van de context kanker en MRI speelt de module in op de behoefte van leerlingen om het 'nut van natuurkunde' te begrijpen. Daarnaast laat de ontwikkelde module biofysica de leerlingen kennis maken met de uitdaging van actueel natuurwetenschappelijk onderzoek.

De 5 havo klas bestaande uit 31 leerlingen is in twee groepen gesplitst. De controlegroep heeft het concept magnetisme behandeld met behulp van Systematische Natuurkunde en de testgroep heeft het concept magnetisme behandeld aan de hand van de module biofysica. Beide groepen hebben twee toetsen gemaakt en twee CLASS enquêtes ingevuld, aan het begin van het onderzoek en aan het einde.

Tijdens dit onderzoek zijn de volgende drie onderzoeksvragen onderzocht en beantwoord:

- 1) Welk effect heeft een context als 'Het opsporen van kanker met MRI' op de leerprestaties van leerlingen op het concept magnetisme?
- 2) Leidt het gebruik van een context als 'Het opsporen van kanker met MRI' tot een verandering in leerhouding ten opzichte van natuurkunde bij leerlingen?
- 3) Kan MRI als context gebruikt worden in een module voor middelbare scholieren en begrijpen middelbare scholieren deze context?

Dit onderzoek heeft aangetoond dat het gebruik van een context niet leidt tot een significante verbetering van de leerprestaties van leerlingen. Het gemiddelde cijfer van de controlegroep was 6,0 en het gemiddelde van de testgroep was een 6,2.

Daarnaast heeft dit onderzoek aangetoond dat het gebruik van een context niet leidt tot een significante verandering in de leerhouding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde, maar het geeft wel een tendens aan. Op het gebied van zelfverzekerdheid bij het oplossen van opgaves, is het percentage leerlingen met een favorable CLASS score (het eens zijn met een expert) gestegen van 36% naar 51%.

Als laatste heeft dit onderzoek aangetoond dat MRI als context gebruikt kan worden. Leerlingen in 5 havo vinden de context MRI in combinatie met het opsporen van kanker interessant, maar ook lastig. De docent moet meer tijd en energie steken in het behandelen van de werking van MRI, maar dan worden wel bovengenoemde doelen behaald die door NiNa worden nagestreefd.

1 Onderzoek van Onderwijs

1.1 Doel van het onderzoek

Steeds minder leerlingen kiezen voor een natuurwetenschappelijke opleiding in het hoger onderwijs, terwijl de ‘maatschappelijke vraag’ naar exact opgeleide mensen stijgt (Weert, van *et al.*, 2006). Een combinatie van concepten (belangrijke inzichten in de natuurkunde), contexten (herkenbare situaties voor leerlingen) en aandacht voor het vervolgonderwijs en de beroepspraktijk, kan het natuurkundeonderwijs voor leerlingen in het voortgezet onderwijs aantrekkelijker en makkelijker maken (Weert, van *et al.*, 2006).

Het belangrijkste doel is het verbeteren van de leerhouding van leerlingen ten opzichte van natuurwetenschappelijke vakken. Leerlingen moeten kennis maken met de natuurwetenschappelijke denkwijze als menselijke activiteit. Daarnaast moet de nieuwsgierigheid van middelbare scholieren gewekt worden.

De invoering van het NiNa (Nieuwe Natuurkunde) programma is erop gericht om het natuurkundeonderwijs voor leerlingen in het voortgezet onderwijs aantrekkelijker te maken, met aandacht voor het vervolgonderwijs en de beroepspraktijk. Het is de bedoeling dat dit vernieuwde onderwijsprogramma leerlingen voldoende aanknopingspunten aanbiedt bij hun beleavingswereld, maar leerlingen ook kennis laat maken met de uitdaging van actueel natuurwetenschappelijk onderzoek. NiNa is gebaseerd op concepten die in contexten worden geplaatst. De motivatie voor het leren is de leidraad voor het nieuwe onderwijsprogramma (Weert, van *et al.*, 2006).

1.2 Modules

Door de invoering van het NiNa programma in schooljaar 2013-2014 zijn er enkele nieuwe onderwerpen ingevoerd. Voor deze nieuwe onderwerpen is beeldmateriaal voorhanden, maar er is ook behoefte aan nieuwe insteken om deze onderwerpen te onderwijzen. Daarbij komt dat een aantal van deze nieuwe onderwerpen alleen als School Examen worden getoetst. Dit geeft de docent natuurlijk veel vrijheid om deze onderwerpen op een alternatieve manier in te vullen.

De nieuwe onderwerpen die het NiNa programma omvat zijn, onder andere: quantumwereld en relativiteit, materialen, geofysica en biofysica. Het onderwerp biofysica spreekt mij als natuurkunde docent in opleiding erg aan, omdat ik hiervoor Biomedical Engineering heb gestudeerd. Tijdens mijn afstuderen heb ik mij bezig gehouden met MRI contrastmaterialen (SPIO nanoparticles) voor het detecteren van kanker. Voor dit onderwerp zijn verschillende disciplines belangrijk, bijvoorbeeld natuurkunde (MRI) en biologie (kanker, cellen). Door deze disciplines denk ik dat het onderwerp ‘Het opsporen van kanker met MRI’ voor de module biofysica mooi aansluit bij de door NiNa nagestreefde doelen. In de module kan magnetisme als concept worden uitgelegd met behulp van MRI en het opsporen van kanker als context.

Naast de nieuwe module biofysica, heb ik nog een reden om MRI graag te behandelen op de middelbare school. Het domein B2 van het NiNa programma gaat namelijk over medische beeldvorming. In de beschikbare module wordt

uitgebreid stilgestaan bij röntgenfotografie, nucleaire diagnostiek en echografie. Een klein hoofdstuk wordt besteed aan overige technieken, zoals de CT-scan en de MRI-scan. In deze module wordt MRI een beetje behandeld als een ‘ondergeschoven kindje’. Het principe van MRI wordt sumier behandeld en de voordelen (zeer goede beeldvorming, geen schadelijke straling) en de nadelen (kosten van het MRI apparaat en het onderzoek) van MRI worden kort toegelicht (Lindler *et al.*, 2009). Dit doet de BME-er in mij een beetje pijn.

Ondanks de kosten van MRI, is MRI wel een belangrijke techniek in de medische wereld. Ik vind daarom dat er in het voortgezet onderwijs meer aandacht aan het principe van MRI besteed moet worden. Er wordt gezegd dat het principe van MRI lastig is om uit te leggen of te begrijpen. Door het plaatsen van MRI in een context (het opsporen van kanker), hoop ik aan te sluiten bij de belevingswereld van leerlingen om zo het natuurkundige concept van magnetisme en MRI over te brengen. MRI draagt in belangrijke mate bij aan de maatschappij. Doordat de prevalentie van kanker zo hoog is in Nederland zullen veel leerlingen helaas te maken kunnen krijgen met het opsporen en detecteren van kanker. Met de NiNa ideeën in mijn achterhoofd, hoop ik met een module over MRI leerlingen meer inzicht te geven in de keuze aan medische technieken en de ontwikkelingen op medisch, wetenschappelijk gebied.

1.3 Onderzoeksvragen

Tijdens mijn Onderzoek van Onderwijs zou ik graag nieuw lesmateriaal voor het onderwerp biofysica willen ontwikkelen en evalueren. Het lesmateriaal zal zowel natuurkundige onderwerpen zoals magnetisme en MRI behandelen, als biologische onderwerpen zoals het menselijk lichaam en kanker. Hiermee wordt één van de speerpunten van het NiNa programma gedekt, namelijk de samenhang binnen het onderwijs (natuurkunde, scheikunde, biologie en techniek vakken) verbeteren. In het lesmateriaal wordt ook aandacht besteed aan wetenschappelijk onderzoek. Er wordt een nieuwe detectiemethode voor het opsporen van kanker behandeld. Deze methode is gebaseerd op een magnetische vloeistof en MRI en deze methode wordt ontwikkeld en onderzocht op de UT in Enschede. Door aandacht te besteden aan wetenschappelijk onderzoek op hoge scholen en universiteiten kan de houding van middelbare scholieren beïnvloed worden en kan er worden gezorgd voor een betere aansluiting op een vervolgopleiding.

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal zal er aandacht worden besteed aan het leren en begrijpen van het natuurkundige onderwerp ‘magnetisme’. De leerlingen kunnen na het doornemen van het ontwikkelde lesmateriaal magnetische velden beschrijven, elektromagnetische verschijnselen verklaren en analyseren en de bijbehorende formules toepassen.

Onderzoeksvraag 1: *Welk effect heeft een context als ‘Het opsporen van kanker met MRI’ op de leerprestaties van leerlingen op het concept magnetisme?*

Voor het onderzoek zal een 5 havo klas met 31 leerlingen in tweeën worden gesplitst. Aan de hand van de methode ‘Systematische Natuurkunde’ zal het concept magnetisme met de controle groep behandeld worden. Deze leerlingen krijgen geen uitgebreide context rondom magnetisme.

De tweede groep zal het concept magnetisme met behulp van een context behandelen. Aan de hand van de ontwikkelde module wordt het concept magnetisme behandeld. Met behulp van deze opzet en de eerste onderzoeksvraag

zal er tijdens dit onderzoek gekeken worden naar het effect van het wel of niet hebben van een context op de leerprestaties van leerlingen.

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal zal er ook aandacht worden besteed aan de leerhouding van de leerlingen ten opzichte van natuurkunde.

Onderzoeksvraag 2: *Leidt het gebruik van een context als ‘Het opsporen van kanker met MRI’ tot een verandering in leerhouding ten opzichte van natuurkunde bij leerlingen?*

Om deze tweede onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zal er tijdens dit onderzoek gebruik worden gemaakt van de Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS). Deze enquête is voor dit onderzoek vertaald naar het Nederlands. Beide groepen zullen zowel bij aanvang de enquête invullen als achteraf. Onder leerhouding wordt in dit verslag het volgende verstaan (Adams *et al.*, 2006):

1. De denkwijze van leerlingen over de connectie van natuurkunde met de echte wereld. Leerlingen moeten tijdens dit onderzoek aangeven of ze het eens zijn met bijvoorbeeld de volgende stelling: ‘Het vak natuurkunde heeft weinig betrekking op wat ik ervaar in de echte wereld.’
2. De persoonlijke interesse van leerlingen. Het gaat hier om de interesse van leerlingen in natuurkunde en in het maken van natuurkunde opgaves. Er wordt leerlingen bijvoorbeeld gevraagd of ze het eens zijn met de stellingen: ‘Ik vind het leuk om natuurkunde opgaves op te lossen.’ of ‘In mijn dagelijkse leven denk ik aan natuurkunde.’
3. De inzet/ inspanning van leerlingen. Het gaat hierbij om de inspanning die leerlingen willen leveren voor het maken van natuurkunde opgaves. Zo wordt leerlingen gevraagd of ze het eens zijn met de volgende stelling: ‘Als bij het maken van een natuurkunde opgave mijn berekeningen tot een resultaat leiden dat heel anders is dan ik had verwacht, dan vertrouw ik op de berekening in plaats van dat ik de opgave nog een keer doorneem.’
4. Conceptuele verbanden. Hiermee wordt in dit onderzoek onderzocht hoe leerlingen natuurkunde (de verschillende concepten binnen natuurkunde) zien. Leerlingen wordt gevraagd of ze het eens zijn met bijvoorbeeld de stelling: ‘Natuurkundige kennis bestaat uit vele onsamenhangende onderwerpen.’
5. Toegepaste conceptuele kennis. Met behulp van deze categorie wordt in dit onderzoek onderzocht hoe leerlingen denken over het toepassen van opgedane, natuurkundige kennis. Zo wordt leerlingen gevraagd om aan te geven of ze het eens zijn met de volgende stelling: ‘Als ik een methode voor het oplossen van een bepaalde natuurkunde opgave wil gebruiken voor een andere opgave, dan moeten de opgaves bijna dezelfde situaties bevatten.’
6. Het oplossen van opgaves (algemeen). Hiermee wordt het oplossen van natuurkunde opgaves bedoeld. Leerlingen wordt bijvoorbeeld gevraagd om aan te geven of ze het eens zijn met de volgende stelling: ‘Als ik na één poging vastloop bij een natuurkunde opgave, dan probeer ik meestal een andere manier te vinden die wel werkt.’

7. Het oplossen van opgaves (zelfverzekerdheid). Tijdens dit onderzoek willen we er achter zien te komen hoe leerlingen over hun 'eigen kunnen' denken. Zo wordt leerlingen gevraagd om aan te geven of ze het eens zijn met bijvoorbeeld de volgende stelling: 'Als ik vastloop bij een natuurkunde opgave, dan is het onmogelijk dat ik het toch in mijn eentje oplos.'
8. Het oplossen van opgaves (verfijning). Deze laatste categorie om de leermhouding te onderzoeken gaat iets dieper in op de houding van leerlingen ten opzichte van het oplossen van opgaves. Zo wordt leerlingen gevraagd of ze het eens zijn met de stelling: 'Wanneer ik klaar ben met het bestuderen van een onderwerp bij natuurkunde en ik denk dat ik het begrijp, heb ik moeite met het oplossen van opgaves die over dat onderwerp gaan.'

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal zal er ook aandacht worden besteed aan de context MRI. Het is belangrijk om te weten of MRI gebruikt kan worden als context in een module voor middelbare scholieren. Gedurende dit onderzoek wordt er ook gekeken naar hoe leerlingen met de context MRI omgaan en wat de uiteindelijke mening van leerlingen over MRI is.

Onderzoeksvraag 3: *Kan MRI als context gebruikt worden in een module voor middelbare scholieren en begrijpen middelbare scholieren deze context?*



1.4 Overzicht

Dit verslag wordt verdeeld in drie belangrijke delen. In het eerste deel wordt dit OvO-onderzoek theoretisch onderbouwd. **Hoofdstuk 2** gaat over de invoering van NiNa. Er zal worden ingegaan op hoe concepten, contexten en aandacht voor wetenschappelijk onderzoek kunnen bijdragen aan een verandering van houding van leerlingen.

In het tweede deel van dit verslag wordt het onderzoek toegelicht. **Hoofdstuk 3** gaat over de ontwikkelde module ‘Het opsporen van kanker met MRI’. Deze module is zo opgezet dat leerlingen tijdens het doornemen van het boekje een onderzoeker zijn op een ziekenhuis. Ze krijgen twee patiënten toegewezen, een man met dikkedarmkanker en een vrouw met borstkanker. Leerlingen moeten er achter zien te komen wat deze vormen van kanker inhouden en hoe ze eventuele uitzaaiingen kunnen ontdekken. Leerlingen moeten na het behandelen van deze module op basis van ‘hun onderzoek’ een advies kunnen geven aan de patiënten: Gaan ze voor een bestaande techniek of adviseren ze een nieuwe detectiemethode die nog in de ontwikkelingsfase is?

Hoofdstuk 4 gaat over de onderzoeksmethodes. De module is gebruikt om het effect van een context rondom magnetisme op de leerprestaties van leerlingen te testen. Verder is tijdens het OvO de leerhouding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde onderzocht. De enquêtes, analyses en lesevaluaties worden in dit hoofdstuk toegelicht.

In **Hoofdstuk 5** worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Allereerst worden de effecten betreffende leerprestaties besproken. Daarna komen de resultaten van het ‘houdings-onderzoek’ aan bod. Als laatste worden de lesevaluaties gepresenteerd en besproken.

In het laatste deel van dit verslag worden conclusies getrokken uit het onderzoek, worden de resultaten bediscussieerd (**Hoofdstuk 6**) en worden suggesties voor een vervolgonderzoek gegeven (**Hoofdstuk 7**).

2 Theoretische achtergrond

‘Kennis van natuurkunde is onmisbaar bij het begrijpen van en het functioneren in de huidige samenleving’, aldus de Commissie Vernieuwing Natuurkunde-onderwijs havo en vwo (Weert, van *et al.*, 2006). Met behulp van natuurkundeonderwijs kan de nieuwsgierigheid naar de werking van deze wereld van middelbare scholieren worden gewekt. Het natuurkundeonderwijs kan leerlingen inspireren en kan ze helpen bij het kiezen van een vervolgstudie.

Helaas, neemt het aantal middelbare scholieren dat slaagt met een exact profiel de laatste jaren af (CBS, 2013). Daarnaast kiezen steeds minder leerlingen voor een vervolgstudie in de exacte richting (Weert, van *et al.*, 2006). Volgens het VhTo (Landelijk Expertisebureau meisjes/vrouwen en bèta/techniek) kampen de exacte studies in Nederland ook al decennialang met een ondervertegenwoordiging van meisjes (VhTo, 2007-2010). Deze constatering leidt tot twee vragen:

1. Waardoor worden deze afnames in leerlingenaantal in de exacte richting veroorzaakt?
2. Welke rol kan het vak natuurkunde in het middelbaar onderwijs spelen bij het verbeteren van het aantal bèta leerlingen in het vervolgonderwijs?

2.1 Redenen voor de daling van het leerlingenaantal in de exacte studies

In de brochure van het VhTo wordt een voor dit OvO-onderzoek passende vergelijking gemaakt; middelbare scholieren en exacte vakken stoten elkaar af, alsof beiden de noordpolen van een magneet zijn (VhTo, 2007-2010). Maar waarom gebeurt dit? Licht het aan het veranderen van de maatschappij? Is de manier waarop jongeren in de ontwikkelde landen leven en de manier waarop jongeren hun leven willen inrichten veranderd? Of ligt het aan het exacte onderwijs zelf?

Structuur van het onderwijs

Volgens het onderzoek van Jonathan Osborne *et al.* ligt het voornamelijk aan het onderwijs zelf (Osborne en Dillon, 2008). De natuurwetenschappelijke vakken op een middelbare school hebben nooit voorzien in de onderwijsbehoefte van de meerderheid van de leerlingen. Overheden en wetenschappers zijn het met elkaar eens dat het voor alle middelbare scholieren belangrijk is om onderwijs te krijgen in natuurwetenschappelijke vakken. Het probleem ligt volgens Osborne *et al.* aan de structuur van de exacte vakken. Wetenschappers hebben de exacte curricula zo samengesteld, dat ze een goede basis vormen voor een uiteindelijke wetenschappelijke graad. Deze curricula focussen zich op de grondbeginnen en concepten van de vakken biologie, scheikunde en natuurkunde. Volgens Osborne *et al.* heeft de meerderheid van de leerlingen juist behoefte aan een overzicht van de belangrijke wetenschappelijke ideeën en aan een overzicht van de toepassingen van deze exacte vakken in het dagelijkse leven. Daarnaast blijkt uit de studie van Osborne *et al.* dat er een sterke correlatie is tussen de interesse van leerlingen in wetenschap en hun toetsprestaties (Osborne en Dillon, 2008).

De Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo spreekt ook van een tekortkoming op gebied van aansluiting bij de belevingswereld van leerlingen (Weert, van *et al.*, 2006). Er wordt gesteld dat de focus van een exact schoolvak als natuurkunde vaak ligt op de inhoud van het vak zelf. Leerlingen moeten een aantal natuurkundige feiten leren, zonder dat ze bijvoorbeeld de verbanden met feiten uit de biologie en/ of scheikunde wordt uitgelegd. Hierdoor ontstaat er een kloof tussen de ‘leerstof in de schoolboeken’ en de ‘nieuwe en belangrijke uitdagingen van de natuurwetenschappen’ in de 21e eeuw. Leerlingen krijgen via de exacte schoolvakken geen goed beeld van de beroepsmogelijkheden na een natuurwetenschappelijke studie (Weert, van *et al.*, 2006).

Natuurkunde voor meisjes en jongens

Ook in het VTB-Pro onderzoek komt de aansluiting van de schoolvakken bij het dagelijkse leven van leerlingen naar voren (VhTo, 2007-2010). Volgens het onderzoek kiezen minder meisjes voor natuurwetenschappelijke vakken, omdat ze natuurkunde bijvoorbeeld minder belangrijk vinden voor hun dagelijks leven en verdere loopbaan. Jongens hebben meer interesse in technologie zoals apparaten en natuurwetenschappelijke fenomenen zoals elektriciteit, los van het maatschappelijk nut. Daarentegen willen meisjes zich wel verdiepen in natuurlijke fenomenen in hun eigen leefomgeving en het nut en de invloed van wetenschap in de maatschappij. In de top vijf van natuurwetenschappelijke interesses van meisjes staat het ontstaan en behandelen van kanker bijvoorbeeld op de tweede plek. In tegenstelling tot jongens hebben meisjes helaas minder zicht op wat het inhoudt om te werken in de techniek of in de (natuur)wetenschap. Daarnaast missen meisjes volgens het VTB-Pro onderzoek de rolmodellen op dit gebied (VhTo, 2007-2010).

In een artikel uit het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde legt Kees Hooyman de verschillen tussen meisjes en jongens op een mooie manier uit (Hooyman, 2012). Hij zegt dat meisjes bijvoorbeeld beter zijn in samenwerken, presenteren en plannen. Jongens zijn volgens Hooyman beter in analytisch denken, exploratief werken en werken aan concrete opdrachten. De verschillen tussen jongens en meisjes worden waarschijnlijk veroorzaakt door de ontwikkeling van het puberbrein en genetische aanleg (Hooyman, 2012).

Maar het gaat voor het natuurkundeonderwijs natuurlijk niet om de sekse, maar om de manier waarop de hersenen van leerlingen werken. Je kan namelijk leerlingen in de klas onderscheiden op basis van de manier waarop ze informatie opslaan, verwerken en onthouden. Volgens Hooyman bestaan er drie categoriën: geheelstrategen, deelstrategen en een emotionele groep.

Geheelstrategen zijn goed in het zien van de grote lijn. Deze leerlingen beginnen een nieuw hoofdstuk het liefst met een globaal overzicht. Maar ze vergeten vaak de details. Het zijn vooral jongens die onder deze groep vallen.

Deelstrategen letten juist wel op de details. Deze leerlingen starten een nieuw hoofdstuk het liefst met het verzamelen van informatie. Deelstrategen zijn goed in het opslaan van grote hoeveelheden informatie, maar ze hebben moeite om de grote lijnen te overzien. Het zijn vooral meisjes die in deze categorie vallen.

Leerlingen die binnen de emotionele groep vallen zijn op emoties gericht. Deze leerlingen gaan pas aan het werk als ze een bepaalde band met het vak of de docent voelen. Deze leerlingen zijn sociaal vaardig en varen het meest bij

een goede sfeer tijdens de les. Volgens Hooyman zitten er evenveel meisjes als jongens in de emotionele groep (Hooyman, 2012).

Lesmateriaal

Het huidige lesmateriaal voor natuurkunde sluit volgens Hooyman vooral aan bij de geheelstrategen. In elke paragraaf komen bijvoorbeeld nieuwe formules aan bod. De nadruk ligt vooral op de theorie en leerlingen zien in een relatief korte tijd veel berekeningen langskomen. Er wordt weinig tijd besteed aan voorbeelden en details. De huidige methode past zo goed bij geheelstrategen, omdat de focus meteen ligt op de grote lijn van de nieuwe aan te leren stof (Hooyman, 2012).

Zowel de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo als Hooyman zijn het er over eens dat het aanbieden van herkenbare contexten rondom concepten een goede basis kunnen zijn voor het opslaan en verwerken van natuurkundige formules (Hooyman, 2012 ; Weert, van *et al.*, 2006). Hierbij hebben vooral de deelstrategen in de klas baad. Om tegemoet te komen aan de wensen van zowel deelstrategen als geheelstrategen, moet het lesmateriaal volgens Hooyman beginnen met een concrete situatie of startvraag. Hierbij is het verzamelen van gedetailleerde informatie van belang. Dit sluit aan bij de wensen van deelstrategen. Vooral voor de meisjes is het belangrijk dat er aandacht wordt besteed aan aansprekende voorbeelden.

Voor de geheelstrategen is het bij deze methode van belang, dat er een duidelijk doel bij de activiteiten is. De jongens zijn gebaat bij een overzichtelijke opbouw van de leerstof. Voor de leerlingen uit de emotionele groep is het belangrijk dat de docent zorgt voor een prettige werksfeer tijdens de les (Hooyman, 2012).



Uit bovenstaande onderzoeken kan worden geconcludeerd dat het natuurkunde onderwijs omgegooid en veranderd moet worden. Het ‘exacte onderwijs’ moet volgens Osborne *et al.* aangepast worden aan de moderne wereld (Osborne en Dillon, 2008). De Commissie Vernieuwing Scheikunde Havo en Vwo verwoordt dit op een mooie manier: *‘Jonge mensen nemen de wereld waar zoals die zich aan hen voordoet en vergelijken hun waarnemingen over het algemeen niet met die uit het verleden.’* (Driessen *et al.*, 2003). Het nieuwe exacte onderwijs moet daarnaast inspelen op de behoeftes van alle leerlingen; de leerlingen die van de natuurwetenschap hun vak willen maken en de leerlingen die dat niet willen.

Volgens de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo geeft het vak natuurkunde, zoals die tot schooljaar 2012-2013 werd gegeven, de middelbare scholieren geen uitdagend beeld van de natuurkunde. Het natuurkunde onderwijs moet zo aangepast worden, dat in de eindtermen van havo en vwo actuele contexten komen te staan (Weert, van *et al.*, 2006). Op deze manier moeten leerlingen weer geïnspireerd worden door het schoolvak natuurkunde.

2.2 Nieuwe Natuurkunde

Uit het visiedocument van de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo blijkt dat de overheid, wetenschappers en schoolbeleidsmakers al jaren bezig zijn met het nadenken over en het veranderen van het natuurkunde onderwijs in Nederland. Het antwoord op de vraag *‘Welke rol kan het vak natuurkunde in het middelbaar onderwijs spelen bij het verbeteren van het aantal bèta leerlingen in het vervolgonderwijs?’* is NiNa, Nieuwe Natuurkunde.

NiNa is dit schooljaar, 2013-2014, ingevoerd. Het nieuwe schoolvak natuurkunde heeft als doel leerlingen in de profielen Natuur en Techniek en Natuur en Gezondheid van de Tweede Fase van havo en vwo een beeld te geven van:

1. de basisprincipes en begrippen van het natuurwetenschappelijk denken en de natuurwetenschappelijke methode, inclusief technisch ontwerpen
2. de opleidingen en beroepen waartoe deze profielen toegang geven
3. de functie van natuurwetenschap en techniek in de hedendaagse maatschappij en de wisselwerking tussen onderzoek en toepassing (Weert, van *et al.*, 2006).

Het nieuwe exacte onderwijs moet ook in kunnen spelen op de behoeftes van alle leerlingen; de leerlingen die van de natuurwetenschap hun vak willen maken en de leerlingen die dat niet willen. NiNa probeert dit te doen door ervoor te zorgen dat beide doelgroepen inzicht krijgen in de fysieke werkelijkheid om hen heen. Hiervoor is het belangrijk dat leerlingen bepaalde vaardigheden ontwikkelen, zoals ontdekken, analyseren, interpreteren en het toepasbaar maken van natuurverschijnselen (Weert, van *et al.*, 2006). Deze vaardigheden kunnen leerlingen in het dagelijkse leven toepassen, ongeacht hun (school)loopbaan.

Concept-context benadering

Vanzelfsprekend moeten leerlingen tijdens het Nieuwe Natuurkunde programma geïnteresseerd en gemotiveerd blijven om te leren van de natuurwetenschap. Als je het hebt over de motivatie van leerlingen, dan heb je het ook over het ARCS model van Keller (Veen, van der en van der Wal, 2012). Om leerlingen te motiveren moet NiNa de aandacht weten te trekken en vast te houden (Attention), moet NiNa de relevantie van de leerstof aangeven (Relevance), moet NiNa het zelfvertrouwen van de leerlingen stimuleren (Confidence) en moet NiNa de leerlingen voldoening geven (Satisfaction) (Veen, van der en van der Wal, 2012 ; Weert, van *et al.*, 2006).

Om bovenstaande doelen te behalen gebruikt NiNa de concept-context benadering als leermiddel. Maar wat betekenen de begrippen concept en context voor een vak als natuurkunde?

Volgens Bruning en Michels kun je een vakgebied zien als een netwerk van met elkaar samenhangende vakbegrippen en kernvaardigheden, een conceptueel netwerk (Bruning en Michels, 2013). Onder concepten worden mentale beelden verstaan die verwijzen naar belangrijke ideeën uit de natuurwetenschap. Leerlingen leren het vak door het uitbreiden van het eigen conceptuele netwerk. Op deze manier zou kunnen worden bijgedragen aan inzichtelijk leren, aan het terugdringen van overladenheid en aan het benadrukken van verbanden binnen en tussen exacte vakken (Bruning en Michels, 2013 ; Weert, van *et al.*, 2006).

De context wordt door Bruning en Michels gedefinieerd als de omgeving waarin het leren plaatsvindt. Het is een situatie of probleemstelling die voor leerlingen betekenis heeft of krijgt door de uit te voeren leeractiviteiten (Bruning en Michels, 2013 ; Weert, van *et al.*, 2006).

De Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo omschrijft de concept-context benadering als volgt: *‘De concept-context benadering is een onderwijsmodel met als kern dat leerlingen duurzame concepten leren hanteren door contexten en activiteiten die hun een inhoudelijk motief geven voor het ontwikkelen van hun conceptuele kennis.’* (Weert, van *et al.*, 2006). Bruning en Michels doen hier nog een schepje bovenop. Zij zeggen dat een concept-context benadering meer is dan aandacht voor concepten en het gebruik van contexten (Bruning en Michels, 2013). Volgens hen gaat het om de wisselwerking tussen concepten en contexten. De contexten moet betekenis geven aan concepten. Maar concepten moeten ook wendbaar kunnen worden toegepast in verschillende contexten (Bruning en Michels, 2013).



Dit is niet de eerste keer dat de concept-context benadering wordt gebruikt in het Nederlandse onderwijs. In de periode van 1972 tot 1986 werd door het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) een aantal natuurkundemodules ontwikkeld op basis van realistische contexten (Bruning en Michels, 2013 ; Weert, van *et al.*, 2006).

Ook de Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde (WEN) heeft in de jaren tachtig gezorgd voor een verschuiving in de programma's voor mavo, havo en vwo. Zo moest natuurkundige kennis in een bekende context worden aangeleerd (Genderen, van, 1985). WEN gebruikte de volgende definitie voor het begrip context: *'(Ervarings)-context: een gestructureerd gedeelte van de werkelijkheid van de leerling (belevingswereld), waarin begrippen, verschijnselen en gebeurtenissen (door de leerling) op de een of andere wijze met elkaar in verband worden gebracht.'*

Daarnaast maakte WEN onderscheid tussen twee typen contexten. Er was sprake van een schoolse context als ervaringen werden opgedaan in de natuurkundeles tijdens een practicum, demonstratie of uitleg. Daarnaast was er een buitenschoolse context. Hieronder werden ervaringen verstaan die al eerder waren opgenomen buiten de lessituatie. Deze ervaringen werden dan in de les verhelderd en met elkaar in verband gebracht (Genderen, van, 1985).

De voor- en nadelen

Er zijn verschillende onderzoeken geweest die de effecten van de concept-context benaderingen van de afgelopen jaren hebben bekeken. Het visiedocument van de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo noemt twee voordelen die uit deze onderzoeken naar voren zijn gekomen.

Ten eerste zijn er aanwijzingen dat de concept-context benadering de middelbare scholieren meer enthousiasmeert en stimuleert dan traditionele leermethoden.

Ten tweede zijn er aanwijzingen gevonden dat het gebruik van concepten en contexten leidt tot een positievere houding ten opzichte van natuurwetenschappen in het algemeen (Weert, van *et al.*, 2006).

In een artikel van de NVOX twijfelt Lijnse aan de voordelen van de concept-contextbenadering (Lijnse, 2007). Er is volgens Lijnse geen bewijsmateriaal dat erop wijst dat begrippen in context gemakkelijker te leren zijn. De auteur noemt in het artikel in de NVOX een aantal nadelen van de concept-context benadering.

Ten eerste neemt volgens Lijnse de complexiteit van de situaties toe. Door de concept-context benadering moeten leerlingen kunnen omgaan met veel begrippen en relaties die tegelijkertijd een rol spelen.

Ten tweede komt er een grotere nadruk te liggen op taal. Volgens NiNa moet een context als brug dienen tussen intuïtieve kennis en natuurkundige kennis. Deze brug kan volgens Lijnse een hindernis voor leerlingen gaan vormen op het gebied van begrijpend lezen.

Ten derde twijfelt Lijnse aan de algemene toepasbaarheid van het leren van begrippen in één bepaalde context. Kunnen leerlingen uiteindelijk een bepaald begrippenkader toepassen in andere situaties? (Lijnse, 2007)

Deze twijfels worden ook in het visiedocument van de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo genoemd. De concept-context benadering leidt niet automatisch tot het verwerven van breed toepasbaar inzicht in natuurwetenschappelijke vraagstukken (Weert, van *et al.*, 2006). Er wordt gezegd dat er geen bewijs is dat contextrijk onderwijs in natuurkunde een positieve invloed heeft op de begripsvorming. Verder geeft de concept-context benadering

geen garantie op de kennistransfer-capaciteiten van leerlingen van de aanleer-context naar een andere context (Weert, van *et al.*, 2006).

Op dit moment kan er niet gezegd worden of de voordelen zwaarder wegen dan de nadelen, of andersom. NiNa is dit schooljaar ingevoerd. Daarom vind ik dat je als docent de voordelen van de concept-context benadering optimaal moet benutten. Volgens Bruning en Michels bepalen regelgeving, maar ook de docent zelf, welke concepten en contexten aan bod komen (Bruning en Michels, 2013). Het is dus de taak van de docent om de NiNa onderwijsmethode zo toe te passen, dat leerlingen op een begrijpelijke manier een samenhangend, cognitief netwerk van begrippen en vaardigheden kunnen opbouwen. De volgende stelling van de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo vind ik zelf dan ook toepasselijk: *‘Contexten zijn geen doel op zich, maar een middel om leerlingen begrip van de natuurkunde bij te brengen en ze het vak te laten ervaren als experimentele wetenschap.’* (Weert, van *et al.*, 2006)

3 Module

Dit hoofdstuk gaat over de totstandkoming van de module ‘Het opsporen van kanker met MRI’. In het artikel van Bruning en Michels wordt uitgelegd dat het aanbod van concepten en contexten door regelgeving bepaald kan worden, maar ook door de docent (Bruning en Michels, 2013).

De invoering van het NiNa programma heeft ervoor gezorgd dat er enkele nieuwe onderwerpen zijn ingevoerd, zoals ‘materialen’ en ‘biofysica’ (Weert, van *et al.*, 2006). Er zijn modules beschikbaar om deze ‘nieuwe stof’ te behandelen, maar je hebt als docent de vrijheid om deze onderwerpen naar eigen inzicht in te vullen. Dit komt mede doordat deze leerstof alleen als School Examen wordt getoetst.

3.1 Module Biofysica

Er is voor dit Onderzoek van Onderwijs gekozen om een module te maken voor het onderwerp biofysica. Dit onderwerp spreekt mij aan, omdat ik een biomedische technologie (BME) achtergrond heb. Toen ik te horen kreeg dat NiNa zou worden ingevoerd heb ik meteen de nieuwe modules op internet bekeken. Mijn aandacht werd getrokken door de module biofysica en het domein medische beeldvorming.

Argumenten voor de context MRI

Helaas, werd het onderwerp MRI summier behandeld in dit voorbeeldmateriaal. Dit vond ik erg jammer, omdat ik mij tijdens mijn BME afstuderen heb bezig gehouden met MRI, contrastmaterialen en het detecteren van kanker. Zo is het idee ontstaan om een module biofysica te maken met als leidraad MRI.

Het onderwerp MRI wordt vaak als ‘lastig’ getypeerd. Om MRI te begrijpen moet je iets weten van magnetisme, atoomkernen, het maken van ‘digitale afbeeldingen’, de medische toepassing van MRI en nog veel meer. Verschillende vakken, zoals natuurkunde en biologie, worden op deze manier geïntegreerd. Dit sluit aan bij de door NiNa nagestreefde doelen, om middelbare scholieren op deze manier de verbanden tussen verschillende vakken op school te laten inzien (Weert, van *et al.*, 2006).

Daarnaast had ik nog een reden om een module over MRI te maken. Vorig schooljaar (2012-2013) heb ik aan een 5 havo klas mogen lesgeven. In het derde kwartiel hebben we toen het onderwerp magnetisme uit het Systematische Natuurkunde boek behandeld. Leerlingen gaven mij toen te kennen dat ze eigenlijk geen flauw idee hadden wat ze nu eigenlijk aan het bestuderen en oefenen waren. Leerlingen konden zich geen voorstelling maken bij magnetisme. Ik kreeg vaak de vraag: ‘*Waarom moeten wij dit leren?*’

Het mooie van NiNa vind ik is dat met behulp van contexten, concepten duidelijk gemaakt kunnen worden. Uit een onderzoek van Bennett *et al.* is gebleken dat (scheikunde)leraren het motiverender vinden om een context-gebaseerd vak les te geven, dan een conventioneel vak (Bennett *et al.*, 2005). Daarnaast vinden deze leraren een vak gebaseerd op een context ook motiverender voor leerlingen. Zij denken dat leerlingen door een context meer geïnteresseerd zijn in schei-

kunde, dat ze eerder scheikunde zullen gaan studeren en dat leerlingen door de context beter in staat zijn om zelfstandig te studeren.

Argument tegen de context MRI

Echter, concludeert het onderzoek van Bennett *et al.* dat een context er wel voor zorgt dat het lesgeven zwaarder/ veeleisender wordt en dat het leren voor leerlingen lastiger wordt (Bennett *et al.*, 2005).

Bij de totstandkoming van de module biofysica zijn bovenstaande argumenten tegen elkaar afgewogen. Door het gebruik van MRI en het opsporen van kanker als context voor het concept magnetisme kan een antwoord gegeven worden op de vraag van leerlingen ‘*Waarom moeten wij iets over magnetisme leren?*’. Met behulp van de voor OvO ontwikkelde module kan leerlingen duidelijk gemaakt worden, dat MRI een belangrijke medische techniek is gebaseerd op magnetisme. MRI draagt in belangrijke mate bij aan de maatschappij. Doordat de prevalentie van kanker zo hoog is in Nederland zullen veel leerlingen helaas te maken kunnen krijgen met het opsporen en detecteren van kanker. Met de NiNa ideeën in het achterhoofd, wordt gehoopt dat een module over MRI leerlingen meer inzicht geeft in de keuze aan medische technieken en de ontwikkelingen op medisch, maar ook op wetenschappelijk gebied.

Een doel van NiNa is namelijk ook het voorbereiden van leerlingen op het hoger beroepsonderwijs of het wetenschappelijk onderwijs (Weert, van *et al.*, 2006). Daarom is er gekozen om ook een hoofdstuk uit de nieuwe module te wijden aan BME onderzoek. Op deze manier krijgen middelbare scholieren een idee van wat er met onderzoek bedoeld wordt en wat er mee gedaan wordt. Hopelijk worden ze zo gestimuleerd om zelf ook een natuurwetenschappelijke studie te gaan volgen.



3.2 De opbouw

Bij het opzetten van lesmateriaal waarin concepten en contexten zijn verwerkt, kan een ontwikkelaar op twee verschillende manieren te werk gaan (Bruning en Michels, 2013). Ten eerste kan de ontwikkelaar beginnen met de selectie van de vakinhoud die aan bod moet komen. Vaak beslaat die vakinhoud een conceptueel samenhangend geheel van vakbegrippen. Hierbij kiest een ontwikkelaar vervolgens de contexten.

Ten tweede kan de ontwikkelaar kiezen voor een grote, verbindende context waarin zoveel mogelijk vakbegrippen aan bod komen. Als de verbindende context centraal staat, lijkt het lesmateriaal allereerst over deze context te gaan (Bruning en Michels, 2013).

Volgens Bruning en Michels staan bij het opzetten van lesmateriaal twee vragen centraal:

1. Wat bepaalt de inhoudselectie van het lesmateriaal: de conceptuele vakstructuur of de context?
2. Wat bepaalt de inrichting van het lesmateriaal: de conceptuele vakstructuur of de context? (Bruning en Michels, 2013)

Deze vragen leveren vier antwoordmogelijkheden voor de wisselwerking tussen concepten en contexten. Hieronder worden deze mogelijkheden opgesomd:

1. Illustratieve context (conceptuele selectie en inrichting): verschillende contexten worden gebruikt als illustraties van al eerder gekozen concepten. De conceptuele vakstructuur staat centraal.
2. Verbindende context (conceptuele selectie, contextuele inrichting): een verbindende context brengt samenhang aan in een samenhangende groep al eerder gekozen concepten. De inrichting van het lesmateriaal volgt de verbindende context, maar niet alle gekozen concepten passen er naadloos bij.
3. Centrale context (contextuele selectie en inrichting): één context staat centraal en dient als vraagstelling en selectiecriteria voor concepten.
4. Context op afstand (contextuele selectie, conceptuele inrichting): een context staat op afstand, de inrichting van het materiaal wordt bepaald door de conceptuele structuur, maar de gekozen concepten hangen samen via de context en komen vaak uit verschillende delen van het vakgebied of uit verschillende vakgebieden. (Bruning en Michels, 2013)

Voor de module biofysica, '*Het opsporen van kanker met MRI*' is er gekozen voor een contextuele selectie en inrichting. Eén context staat centraal, namelijk MRI. Deze context heeft daarom ook als selectiecriteria gediend voor de gekozen concepten: magneten, magnetische velden, magnetische inductie en elektromagnetisme. Het concept Lorentzkracht hoort ook bij magnetisme, maar paste bijvoorbeeld niet bij de context MRI. Daarom wordt dit niet behandeld in de module.

Hoofdstuk 1

De module ‘*Het opsporen van kanker met MRI*’ is zo opgezet dat leerlingen tijdens het doornemen van het boekje een onderzoeker zijn op een ziekenhuis. Ze krijgen als onderzoeker twee patiënten toegewezen van een arts van de afdeling oncologie; Charles, een man van 30 jaar met dikkedarmkanker en Estelle, een vrouw van 48 jaar met borstkanker. De arts wil weten of de kanker bij deze patiënten is uitgezaaid, maar hij wil zijn patiënten niet blootstellen aan vervelende, of onnodige detectiemethodes. Daarom moeten de leerlingen als onderzoekers op zoek gaan naar een geschikte methode voor het opsporen van kanker.

Op deze manier wil je leerlingen een doel geven om de leerstof die gaat over magnetisme door te nemen. Het doel van leerlingen een dilemma voorschotelen, zoals een geschikte detectiemethode vinden voor kankerpatiënten, is het nieuwsgierig maken van leerlingen. De leerlingen moeten er achter zien te komen wat de vormen van kanker van Charles en Estelle inhouden en hoe ze eventuele uitzaaiingen kunnen ontdekken met methodes gebaseerd op natuurkunde en biologie. Leerlingen moeten na het behandelen van deze module op basis van hun onderzoek een advies kunnen geven aan de patiënten: Gaan ze voor een bestaande techniek of adviseren ze een nieuwe detectiemethode die nog in de ontwikkelingsfase is? Door leerlingen deze ‘taak’ te geven, wordt de verwevenheid van bèta en techniek met het maatschappelijke domein gezondheid voor leerlingen duidelijk gemaakt. Verder krijgen ze een klein kijkje in de mogelijkheden qua vervolgopleiding. Met een natuurwetenschappelijke studie kunnen ze bijvoorbeeld als onderzoeker of radioloog aan de slag op een ziekenhuis.



Hoofdstuk 2

Hoofdstuk 2 van de module biofysica gaat over kanker. Voordat de leerlingen op zoek kunnen gaan naar detectiemethodes, moeten ze eerst weten waar ze de uitzaaiingen bij Charles en Estelle kunnen vinden. Daarom moeten de leerlingen eerst uitzoeken wat de verschillende vormen van kanker inhouden.

De inhoud van dit hoofdstuk beslaat dus het vak biologie. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal opgaves. De leerlingen moeten na het lezen van de leertekst een aantal ‘begrijp-vragen’ en ‘leer-vragen’ beantwoorden.

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 3 gaat over hoe je uitzaaiingen van kanker kan opsporen. Leerlingen komen er achter dat de lymfeklierstatus bij kankerpatiënten erg belangrijk is voor de prognose. Het vak biologie staat hier nog steeds centraal.

Vervolgens komen de huidige detectiemethodes aan bod. Het doel van de module is dat leerlingen begrijpen wat je met magnetisme en MRI kan doen in de gezondheidszorg. Het opsporen van kanker met MRI en een magnetisch contrastmiddel is recent ingevoerd in Nederland en Engeland. Tot voor kort bevond dit onderzoek zich nog in de ontwikkelingsfase. Om leerlingen een goed onderbouwde keuze te laten maken voor een detectiemethode voor Charles en Estelle, moeten ze daarom ook iets afweten van de huidige technieken.

Deze technieken zijn gebaseerd op het toedienen van een blauwe indicatievloeistof of een radioactieve stof. De huidige detectiemethoden zijn dus gebaseerd op zowel biologische als natuurkundige technieken. De voordelen en nadelen worden in dit hoofdstuk voor de leerlingen op een rijtje gezet. Ook dit hoofdstuk wordt weer afgesloten met een aantal opgaves. Met behulp van deze vragen komen de leerlingen al tot het maken van een keuze voor de ‘behandelwijze’ voor hun patiënten Charles en Estelle.



Hoofdstuk 4

Hoofdstuk 4 gaat over het concept magnetisme. De leerlingen gaan als onderzoeker op zoek naar andere, nieuwe methodes voor het opsporen van kanker. Zo stuiten ze op een onderzoek dat te maken heeft met MRI en contrastmaterialen. De basis van deze detectiemethode is magnetisme. Daarom gaat de eerste paragraaf over magneten, magnetische velden en magnetische inductie.

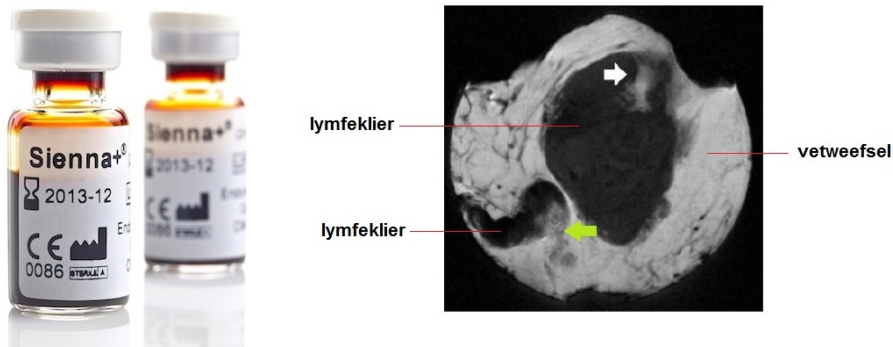
Vervolgens gaat paragraaf twee over elektromagnetisme, omdat MRI-scanners tijdelijke magneten zijn. Eerst wordt ingegaan op het opwekken van een magnetisch veld met behulp van een stroomdraad en elektrische stroom. Daarna wordt de stroomspoel uit een MRI-scanner behandeld.

In hoofdstuk 4 zitten twee paragrafen met opgaves. Na paragraaf 2 komen de eerste ‘begrijp-vragen’ en ‘beheers-vragen’, omdat de concepten uit paragraaf 1 en 2 zeer omvangrijk en nieuw zijn voor de meeste leerlingen. De paragrafen 4, 5 en 6 gaan over de MRI-scanner, het principe van MRI en relaxatietijden. De context MRI uit deze module kan worden gezien als een vorm van verdiepingsstof van magnetisme. Hoofdstuk 4 wordt afgesloten met ‘begrijp-vragen’, ‘beheers-vragen’ en een applet-opdracht over MRI.

Hoofdstuk 5

Dit hoofdstuk gaat over de nieuwe detectiemethode. In hoofdstuk 4 hebben leerlingen geleerd hoe je met een MRI-scanner en relaxatietijden afbeeldingen van lymfeklieren kan maken. Een onderzoek dat wordt uitgevoerd door de UT in samenwerking met King's College London maakt gebruik van het beïnvloeden van relaxatietijden bij het opsporen van kankercellen in lymfeklieren. Leerlingen komen er in dit hoofdstuk achter dat je met magnetische detectievloeistof gezond weefsel van aangetast weefsel kan onderscheiden. De werking van deze 'nieuwe detectiemethode' is gebaseerd op zowel een natuurkundig als een biologisch principe.

Hoofdstuk 5 bevat ook een paragraaf met een aantal echte MRI-scans van lymfeklieren afkomstig van het onderzoek van de UT. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal 'begrijp-vragen' en 'beheers-vragen'. Het doel van hoofdstuk 5 is leerlingen een duidelijker beeld te geven van de wisselwerking tussen onderzoek en toepassing in de hedendaagse maatschappij.



Hoofdstuk 6

De leerlingen hebben tijdens het behandelen van deze module de rol gekregen van onderzoeker. Als onderzoeker moet je keuzes maken, gebaseerd op de informatie en kennis die jij vergaard hebt. Daarom moeten de leerlingen in dit hoofdstuk een keuze maken: Gaan ze de patiënten Charles en Estelle helpen met een bestaande detectiemethode (blauwe vloeistof of radioactieve stoffen) of kiezen ze voor een nieuwe methode gebaseerd op magnetisme?

4 Onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksmethodes van dit Onderzoek van Onderwijs toegelicht.

4.1 Leerpresetaties

De eerste onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *Welk effect heeft een context als ‘Het opsporen van kanker met MRI’ op de leerpresetaties van leerlingen op het concept magnetisme?*

Tijdens dit onderzoek zijn twee methodes vergeleken, namelijk hoofdstuk 4 ‘Elektromagnetisme’ van Systematische Natuurkunde voor 5 havo en de voor OvO ontwikkelde module biofysica ‘Het opsporen van kanker met MRI’. De methode Systematische Natuurkunde behandelt eerst de concepten magnetisme en elektromagnetisme. Vervolgens worden deze onderwerpen afgesloten met een aantal voorbeelden van elektromagnetisme. Systematische Natuurkunde gebruikt een illustratieve context, omdat de conceptuele vakstructuur centraal staat. De opbouw van de module biofysica gebruikt niet de illustratieve context methode, maar is gebaseerd op de centrale context methode. De context MRI heeft een belangrijke rol gespeeld bij de selectie van de concepten.

Doordat de context in Systematische Natuurkunde en de module biofysica op een andere manier ingezet wordt, kun je de invloed van de context op het leren en begrijpen van het concept magnetisme onderzoeken.

Toets 1

De 5 havo klas is voor het onderzoek in tweeën gesplitst. De ene groep krijgt alleen les met behulp van het boek Systematische Natuurkunde en de andere groep krijgt alleen les met de module biofysica als leidraad. Het onderzoek werd in twee lesweken uitgevoerd. Elke week bevatte 4 lessen. Daarnaast zijn twee toetsen bij beide groepen afgenomen. Er is een toets afgenomen die als nulmeting dient en er is een toets afgenomen aan het einde van de lessenserie. Beide groepen kregen wél dezelfde toetsen, ondanks de verschillende leermethodes.

Het onderzoek is begonnen met een nulmeting. Met behulp van een toets werd de kennis van het concept magnetisme van leerlingen getest. De eerste toets is te vinden in de bijlage. Deze toets is als volgt opgebouwd:

- De toets bevat 5 kennisvragen, namelijk vraag 1, 2, 4, 12 en 13. In totaal kunnen de leerlingen 9 punten scoren met de kennisvragen.
- De toets bevat 7 conceptvragen, namelijk vraag 7, 8, 9, 10, 11, 15 en 16. In totaal kunnen de leerlingen met deze vragen 9 punten verdienen.
- De toets bevat 5 toepassing/rekenvragen, namelijk vraag 3, 5, 6, 14 en 17. In totaal kunnen de leerlingen 15 punten scoren met deze vragen.

De 17 toetsvragen van de nulmeting zijn verdeeld in 2 opgaves. Opgave 1 gaat over het magnetisch veld en bestaat uit 7 vragen. Opgave 2 bestaat uit 10 vragen die allemaal gaan over magneten, stroomdraden en spoelen.

Elke toets moet verschillende onderdelen bevatten. Er is gekozen voor kennisvragen, conceptvragen en toepassing/rekenvragen. Voor de nulmeting is het belangrijk om te testen wat leerlingen al van het concept magnetisme afweten. Hiervoor worden vooral de kennisvragen en conceptvragen gebruikt. Mijn hypothese is dat leerlingen de toepassingsvragen en rekenvragen minder goed zullen maken. Het is wel belangrijk om deze onderdelen te toetsen, om uiteindelijk een vergelijking met de tweede toetsresultaten te kunnen maken.

Het doel was een gelijke verdeling van de toetsonderdelen. Hierbij kan worden gekeken naar het aantal vragen per onderdeel, maar ook naar het aantal punten dat per onderdeel te verdienen is. De conceptvragen zijn veelal meerkeuzevragen. Bij deze vragen kan slechts 1 punt worden verdiend. Daarom bevat de toets meer conceptvragen dan kennisvragen en toepassing/rekenvragen. Bij rekenvragen of toepassingsvragen moet een leerling meerdere stappen uitvoeren om tot het antwoord te komen. Daarom kunnen bij deze vragen meerdere punten worden verdiend. De toepassingsvragen en de rekenvragen vallen onder één categorie, omdat de grens tussen rekenvaardigheid en een examenopgave waarin zowel leesvaardigheid en rekenvaardigheid belangrijk zijn, vaag is.

Proefwerk 5H Nat magnetisme februari 2014

- Toegestane hulpmiddelen zijn: schrijfgerei, (grafische) rekenmachine.
- Houd bij alle opgaven rekening met significantie.
- Schrijf de formules en berekeningen (overzichtelijk) op.

- Er zijn in 2 opgaven, met 17 vragen.

Het is belangrijk dat je bij alle vragen een antwoord geeft.

Opgave 1 Magneetveld

1. Wat is de eenheid van de magnetische veldsterkte?

- a) Newton
- b) Joule
- c) Ampère
- d) Tesla

2. Leg in je eigen woorden in **1 à 2 zinnen** uit wat een dipool is.

.....
.....
.....

De vragen uit de eerste toets zijn afkomstig van verschillende bronnen, zie onderstaande tabel.

Toets 1	
vraag	bron
1	Snelder, 2014
2	eigen
3	Mazur, 1996
4	Snelder, 2014
5	www.natuurkunde.nl (Wieberdink, Elektromagneet), 2014
6	www.natuurkunde.nl (Wieberdink, Elektromagneet), 2014
7	Mazur, 1996
8	Snelder, 2014
9	Snelder, 2014
10	Mazur, 1996
11	Mazur, 1996
12	eigen
13	eigen
14	gebaseerd op www.natuurkunde.nl (Wieberdink, MRI, warmteontwikkeling), 2014
15	Snelder, 2014
16	Snelder, 2014
17	CITO, Magnetten, Centraal Examen natuurkunde vwo 1,2, opgave 4: tijdvak 2, 2005

Toets 2

Aan het einde van de lessenserie is een tweede toets afgenomen. Met behulp van de toets werd de kennis van het concept magnetisme van leerlingen getest. Er is geprobeerd om een aantal opgaves uit de eerste toets, terug te laten komen in de tweede toets. Daarnaast komen de onderdelen uit de eerste toets, de kennisvragen, conceptvragen en toepassing/rekenvragen, terug in de tweede toets. De tweede toets is te vinden in de bijlage. Deze toets is als volgt opgebouwd:

- De toets bevat 5 kennisvragen, namelijk vraag 2, 3, 4, 5 en 15. In totaal kunnen de leerlingen 12 punten scoren met de kennisvragen.
- De toets bevat 6 conceptvragen, namelijk vraag 6, 8, 9, 10, 11 en 12. In totaal kunnen de leerlingen met deze vragen 9 punten verdienen.
- De toets bevat 7 toepassing/rekenvragen, namelijk vraag 1, 7, 13, 14, 16, 17 en 18. In totaal kunnen de leerlingen 19 punten scoren met deze vragen.

De 18 toetsvragen van de nulmeting zijn verdeeld in 3 opgaves. Opgave 1 gaat over het magnetisch veld en bestaat uit 5 vragen. Opgave 2 bestaat uit 10 vragen die allemaal gaan over stroomdraden, spoelen en permanente magneten. Opgave 3 gaat over MRI en bestaat uit 3 opgaves.

De vragen uit de tweede toets zijn afkomstig van verschillende bronnen, zie onderstaande tabel.

Toets 2	
vraag	bron
1	www.natuurkunde.nl (Twee zuidpolen), 2014
2	eigen, gebaseerd op Systematische Natuurkunde 5 havo hoofdstuk 4
3	eigen
4	Stichting Exaktueel, Krachtigste magneet, bron: Technisch Weekblad, 2008
5	Stichting Exaktueel, Krachtigste magneet, bron: Technisch Weekblad, 2008
6	Mazur, 1996
7	www.natuurkunde.nl (Dubbeldraad), 2014
8	Snelder, 2014
9	Snelder, 2014
10	Snelder, 2014
11	Snelder, 2014
12	Snelder, 2014
13	www.natuurkunde.nl (Wieberdink, Permanente magneet (2)), 2014
14	www.natuurkunde.nl (Wieberdink, Permanente magneet (2)), 2014
15	www.natuurkunde.nl (Magneetvraagjes), 2014 (vwo-module 'Elektrische en magnetische velden' van NiNa, 2014)
16	gebaseerd op www.natuurkunde.nl (Wieberdink, MRI, warmteontwikkeling), 2014
17	CITO, Spoel van koperdraad, Centraal Examen natuurkunde vwo, opgave 3: tijdvak 2, 2011
18	CITO, Spoel van koperdraad, Centraal Examen natuurkunde vwo, opgave 3: tijdvak 2, 2011

De twee toetsen zijn door mij nagekeken en beoordeeld. Het cijfer werd als volgt berekend:
$$cijfer = \frac{aantal\ behaalde\ punten}{totaal\ aantal\ punten} \cdot 9 + 1$$

4.2 Leerhouding

De tweede onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: Leidt het gebruik van een context als ‘Het opsporen van kanker met MRI’ tot een verandering in leerhouding ten opzichte van natuurkunde bij leerlingen?

Tijdens dit onderzoek zijn twee enquêtes afgenomen, één voordat de lessenserie begon en één aan het einde van de lessenreeks. Leerlingen hebben twee keer dezelfde enquête moeten invullen. Alleen de groep die de lessenserie heeft gevolgd met behulp van de module biofysica heeft bij de tweede enquête een aantal extra open vragen moeten beantwoorden.

CLASS

De enquêtes die zijn gebruikt voor het onderzoek zijn afkomstig van Adams *et al.* (2006). Adams *et al.* hebben een nieuw instrument ontwikkeld om de houding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde en het leren van natuurkunde te meten. Dit instrument is de enquête CLASS, de Colorado Learning Attitudes about Science Survey (Adams *et al.*, 2006). Alle CLASS instrumenten (voor natuurkunde, scheikunde en biologie) zijn ontworpen om de visie van beginners en experts op de inhoud en structuur van dat vak te vergelijken; de bron van kennis van die discipline, met inbegrip van de connectie van die discipline met

de echte wereld; en benaderingen van het oplossen van opgaves (Adams *et al.*, 2006 ; Semsar *et al.*, 2011).

De CLASS enquête is gebaseerd op de Maryland Expectations Survey (MPEX) en de Views about Science Survey (VASS). De CLASS onderscheidt zich van deze enquêtes en van bijvoorbeeld de Views of the Nature of Science Survey (VNOS) en de Student Assessment of Learning Gains (SALG), omdat het de visie van natuurkunde meet in plaats van de self-efficacy (Adams *et al.*, 2006 ; Semsar *et al.*, 2011). Daarnaast hebben Adams *et al.* de enquête zo opgebouwd, dat de stellingen duidelijk en bondig zijn voor leerlingen. Leerlingen moeten reageren op 42 stellingen met een Likert 5-puntsschaal: helemaal oneens, oneens, neutraal, mee eens en helemaal mee eens. Deze stellingen vallen onder 8 categorieën:

1. de denkwijze van leerlingen over de connectie van natuurkunde met de echte wereld, stellingen: 7, 27, 28, 30, 35, 37
2. de persoonlijke interesse van leerlingen, stellingen: 3, 14, 25
3. de inzet/ inspanning van leerlingen, stellingen: 11, 12, 16, 19, 32, 36
4. conceptuele verbanden, stellingen: 1, 5, 6, 13, 26
5. toegepaste conceptuele kennis, stellingen: 8, 10, 17, 21, 22, 42
6. het oplossen van opgaves (algemeen), stellingen: 4, 9, 24, 29, 33, 34
7. het oplossen van opgaves (zelfverzekerdheid), stellingen: 15, 20, 40
8. het oplossen van opgaves (verfijning), stellingen: 2, 18, 23, 38, 39, 41

Deze categorieën zijn gebaseerd op statistische analyses van leerlingresponsen. De categorieën en bijbehorende stellingen zijn dus niet bepaald door de ontwerpers en bedenkers van de CLASS enquête die bijvoorbeeld uitgaan van logische groeperingen (Adams *et al.*, 2006 ; Semsar *et al.*, 2011).

De CLASS is gevalideerd aan de hand van interviews, betrouwbaarheidsstudies en statistische analyses. Meer dan 5000 leerlingen hebben aan dit onderzoek van Adams *et al.* meegewerkt (2006).

Voor dit Onderzoek van Onderwijs heb ik de CLASS vertaald naar het Nederlands.

Er is voor het gebruik van CLASS gekozen, omdat dit een gevalideerde enquête is die zowel de houding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde meet, als de leerhouding van leerlingen. Met behulp van de enquête kan er achter worden gekomen of het gebruik van een centrale context in plaats van een illustratieve context invloed heeft op de kijk van leerlingen op natuurkunde en het leren van natuurkunde.

Daarnaast is gebleken dat ander onderzoek ook de CLASS gebruikt om leermethodes of houdingen van leerlingen te testen. Zo hebben Brewe *et al.* bijvoorbeeld de CLASS gebruikt om de invloed van een bepaald type instructie, de Modeling Instruction, te meten op de houding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde (Brewe *et al.*, 2013).

Semsar *et al.* hebben de CLASS bijvoorbeeld gebruikt voor het vak biologie. Zij wilden de houding van leerlingen ten opzichte van biologie meten. Het ging

hierbij om het verschil tussen de houding van een beginner en de houding van een expert (Semsar *et al.*, 2011).

De enquête die is gebruikt voor dit onderzoek staat in de bijlage. Dit is de tweede enquête van de module biofysica-groep, omdat hier ook de open vragen in staan.

Scoring

De enquêtes van dit Onderzoek van Onderwijs zijn geanalyseerd met behulp van Excel en SPSS. De scoring van de CLASS enquête is volgens dezelfde protocollen uitgevoerd als die van Adams *et al.* (2006) en Semsar *et al.* (2011). Volgens Adams *et al.* en Semsar *et al.* is het lastig om controle te houden over hoe serieus leerlingen de enquête invullen. Vanzelfsprekend moeten responsen van leerlingen die de vragen niet (goed) lezen buiten beschouwing worden gelaten. Bij de analyse van de CLASS enquêtes van dit onderzoek is net zoals bij de CLASS analyses van Adams *et al.* en Semsar *et al.* met drie punten rekening gehouden.

Ten eerste is er gelet op de tijd die leerlingen nodig hadden om de enquête in te vullen. Als leerlingen binnen 10 minuten de enquête zouden inleveren, zou de enquête niet geanalyseerd worden. Dit is niet tijdens dit onderzoek voorgekomen.

Ten tweede is er gelet op de antwoorden. Als één leerling meer dan 90% van zijn of haar antwoorden met dezelfde Likertschaal had beantwoord, dan werd de enquête buiten beschouwing gelaten. Dit is tijdens dit onderzoek niet voorgekomen.

Ten derde, bevatte de enquête een speciale vraag, namelijk vraag 31. *‘Deze vraag wordt gebruikt om te controleren of iedereen de vragen van deze enquête wel leest. Kruis alsjeblieft vakje 4 (mee eens) aan’*. Als op deze vraag een ander antwoord was gegeven, werd de enquête niet geanalyseerd voor het onderzoek. Dit is tijdens dit onderzoek 1 keer voorgekomen.

Om de leerlingresponsen te scoren, werd eerst elke respons teruggebracht van een Likert 5-puntsschaal naar een Likert 3-puntsschaal: neutraal, mee eens (helemaal mee eens of mee eens) en oneens (helemaal oneens of oneens). Het combineren van ‘helemaal mee eens’ met ‘mee eens’ is consequent met een ordinale karakterisatie van een Likert schaal die ervan uitgaat dat verschillen tussen responsen in de schaal niet altijd gelijk zijn. Zo wordt dit ook gedaan in het onderzoek van Adams *et al.* (2006) en Semsar *et al.* (2011). Zij hebben daar een drietal redenen voor:

Ten eerste is uit de interviews van de CLASS enquête validatie van zowel Adams *et al.* als Semsar *et al.* gebleken dat de redenen van leerlingen om oneens of helemaal oneens te kiezen niet consistent zijn. Stelling 35 luidt in het onderzoek van Semsar als volgt: *‘Het vak biologie heeft weinig betrekking op wat ik ervaar in de echte wereld.’* Leerlingen die oneens of helemaal oneens hadden ingevuld, hadden dit om dezelfde redenen gedaan: ‘oneens, biologie is de wereld.’ ; ‘helemaal oneens, omdat biologie onze echte wereld is.’ (Adams *et al.*, 2006 ; Semsar *et al.*, 2011).

Ten tweede is uit eerder onderzoek gebleken dat het belangrijk is om de Likertschaal aan te passen als je verschillende populaties met elkaar wilt vergelij-

ken. Dit komt omdat deze responsen beïnvloed kunnen worden door verschillen in conservatisme van populaties (Halloun, 2001).

Ten derde wordt het terugbrengen van een Likert 5-puntsschaal naar een Likert 3-puntsschaal vaker gedaan als het aantal te scoren responsen laag is (Adams *et al.*, 2006).

Vervolgens is elke leerlingrespons aangeduid als ‘favorable’ (het eens zijn met de expert, niet per sé het eens zijn met de stelling), ‘unfavorable’ (oneens zijn met de expert) of neutraal. Bijvoorbeeld, bij stelling 1 van de enquête is de respons van de expert oneens. Alleen de leerlingen die oneens/ helemaal oneens hebben ingevuld zijn gescoord als ‘favorable respons’. Bij stelling 30 van de enquête is de respons van de expert mee eens. Alleen de leerlingen die mee eens/ helemaal mee eens hebben ingevuld zijn dus gescoord als ‘favorable respons’.

4.3 Betrouwbaarheid en validiteit van CLASS enquête

Adams *et al.* hebben de CLASS enquête onderworpen aan vele validatie- en betrouwbaarheidsonderzoeken (Adams *et al.*, 2006). Zo hebben ze bijvoorbeeld een factoranalyse uitgevoerd om de acht categorieën te bepalen en om te controleren of de 42 stellingen in de juiste categorie zijn ingedeeld. Daarnaast hebben ze ook gekeken naar de correlatie coëfficiënten tussen de stellingen. De laagste correlatie coëfficiënt die werd bepaald voor de categorieën door Adams *et al.* was 0,2 (Adams *et al.*, 2006).

Omdat de CLASS enquête door Adams *et al.* uitvoerig statisch is getest, is de CLASS enquête tijdens dit onderzoek (naast de vertaling) niet aangepast of veranderd. Dat betekent dat dezelfde acht categorieën zijn gebruikt voor de 42 stellingen (Adams *et al.*, 2006). Een overzicht van deze indeling is te zien in figuur 1.

Categorie	Stellingen
1. Connectie van natuurkunde met de echte wereld	28, 30, 35, 37
2. Persoonlijke interesse	3, 11, 14, 25, 28, 30
3. Inzet	11, 23, 24, 32, 36, 39, 42
4. Conceptuele verbanden	1, 5, 6, 13, 21, 32
5. Toegepaste conceptuele kennis	1, 5, 6, 8, 21, 22, 40
6. Oplossen van opgaves (algemeen)	13, 15, 16, 25, 26, 34, 40, 42
7. Oplossen van opgaves (zelfverzekerdheid)	15, 16, 34, 40
8. Oplossen van opgaves (verfijning)	5, 21, 22, 25, 34, 40
9. Niet gescoord	4, 7, 9, 31, 33, 41

Figuur 1: Indeling van de stellingen per categorie volgens Adams *et al.* (2006).

Ter controle is tijdens dit onderzoek de interne betrouwbaarheid van alle stellingen samen, plus de interne betrouwbaarheid voor de categorieën berekend. De interne betrouwbaarheid geeft aan in hoeverre verschillende items in een meetinstrument die eenzelfde kenmerk beogen te meten, dat ook daadwerkelijk doen.

Daarnaast is er voor een aantal categorieën gekeken of sommige stellingen niet in de inversie moeten worden gezien. Dit betekent dat als een leerling het

bijvoorbeeld niet eens is met de stelling “ik vind er niks aan” dat juist wil zeggen dat de leerling het heel leuk vindt. Bij de volgende stellingen is er naar de inversie gekeken: 5, 13, 21, 22, 23, 32, 35 en 40. De interne betrouwbaarheidsresultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 5.

4.4 De context MRI

De derde onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *Kan MRI als context gebruikt worden in een module voor middelbare scholieren en begrijpen middelbare scholieren deze context?*

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal zal er ook aandacht worden besteed aan de context MRI. Het is belangrijk om te weten of MRI gebruikt kan worden als context in een module voor middelbare scholieren. Gedurende dit onderzoek zal er worden gekeken naar hoe leerlingen met de context MRI omgaan en wat de uiteindelijke mening van leerlingen over MRI is.

Daarom is tijdens dit onderzoek een logboek bijgehouden. In dit logboek worden de lesvoorbereidingen weergegeven, worden lesevaluaties verwerkt, worden opvallende gebeurtenissen opgeschreven en worden belangrijke onderwijsleergesprekken bijgehouden. Daarnaast zal iedere les gekeken worden naar de vorderingen die leerlingen maken bij het doornemen van de module en het oplossen van de opgaves. Verder bevat de tweede enquête van de testgroep een open vraag over MRI die zal worden geanalyseerd.

Om antwoord te kunnen geven op de vraag of leerlingen een natuurwetenschappelijke vervolgstudie kiezen, zal een lijst rond worden laten gegaan waarin leerlingen kunnen aangeven welke opleiding ze na 5 havo gaan volgen.



5 Resultaten

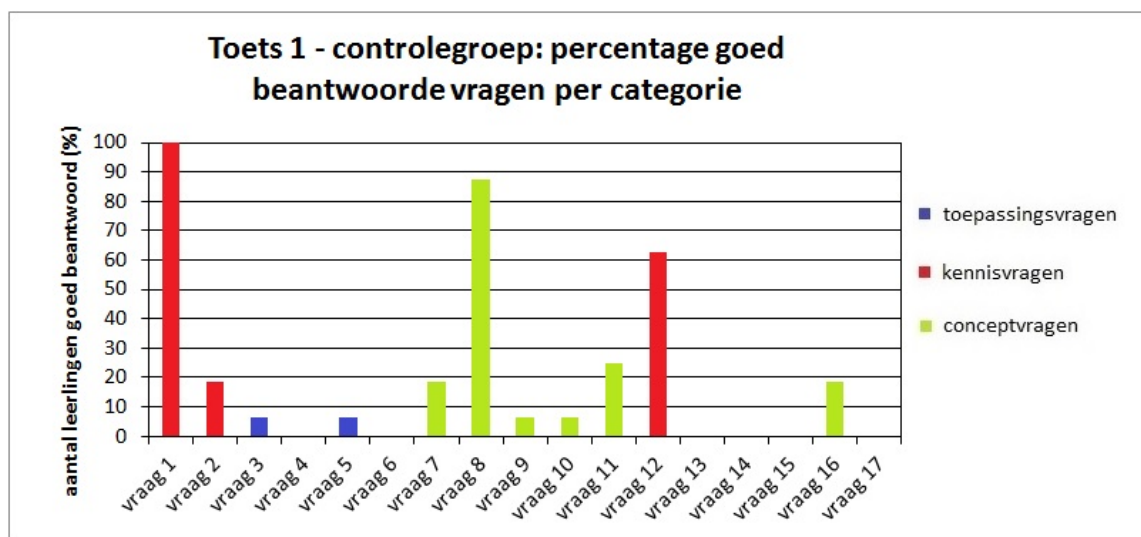
In dit hoofdstuk worden de resultaten van het Onderzoek van Onderwijs weergegeven en besproken. Allereerst worden de resultaten behorende bij de eerste onderzoeksvraag betreffende de leerprestaties behandeld. Vervolgens wordt de interne betrouwbaarheid van de CLASS enquête weergegeven en besproken. In de vierde paragraaf worden de resultaten van de enquêtes over leerhouding gepresenteerd en behandeld. Verder wordt het verschil in leerhouding van jongens en meisjes behandeld. Als laatste wordt het hoofdstuk resultaten afgesloten met het bespreken van de lesevaluaties en de open vragen van de tweede CLASS enquête voor de testgroep.

5.1 Leerprestaties - Toets 1

Controlegroep

In dit onderzoek zijn de leerprestaties van 5 havo leerlingen op het gebied van magnetisme onderzocht. Het gemiddelde cijfer voor de eerste toets van de controlegroep die zal gaan werken met Systematische Natuurkunde is een 3,3. Het hoogst behaalde cijfer was een 5,1 en werd behaald door een meisje. Het laagste cijfer was een 2,4 en werd ook door een meisje behaald.

Figuur 2 geeft een overzicht van de behaalde resultaten van de controlegroep per toetscategorie.



Figuur 2: Toets 1: resultaten van de controlegroep (Systematische Natuurkunde).

Figuur 2 laat zien dat de kennisvragen beter worden gemaakt dan bijvoorbeeld de toepassingsvragen. Leerlingen hebben voordat ze beginnen aan een nieuw hoofdstuk al een bepaalde basiskennis, een kapstok. 5 havo leerlingen weten al wat af van magnetisme. Zo wist iedereen van de controlegroep bijvoorbeeld

dat het antwoord op de eerste vraag ‘Wat is de eenheid van de magnetische veldsterkte?’ Tesla was.

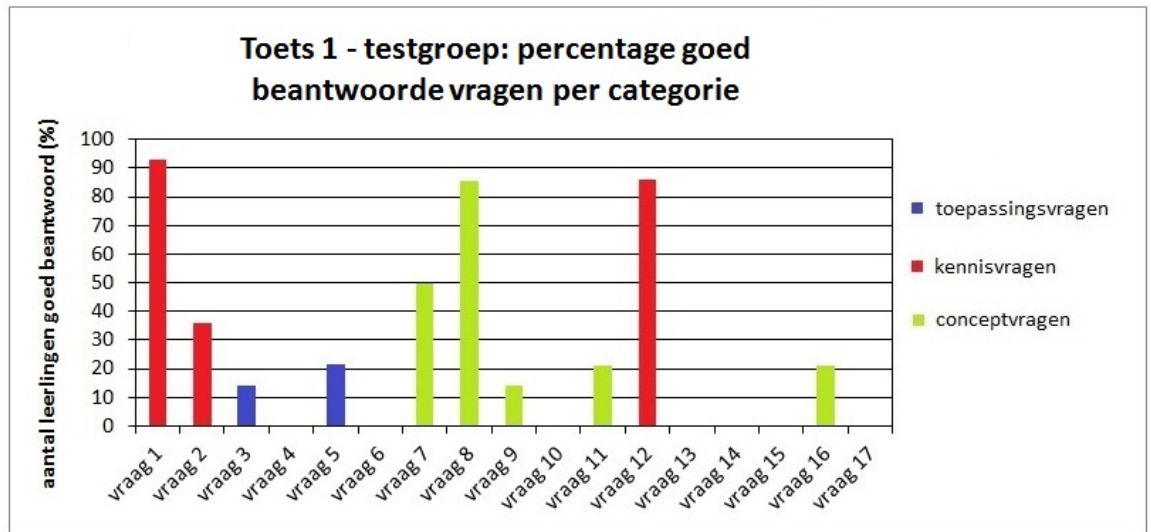
Vraag 5 en vraag 6 zijn voorbeelden van toepassingsvragen. Leerlingen hadden voor het beantwoorden van de vragen de rechterhandregel voor een spoel nodig en de formule voor het berekenen van de magnetische inductie. 6% van de leerlingen van de controlegroep had vraag 5 goed beantwoord en niemand had vraag 6 goed. De hypothese was dat leerlingen de toepassingsvragen minder goed zouden maken dan de kennisvragen. Voor het beantwoorden van toepassingsvragen is namelijk specifieke kennis, zoals een formule, nodig.

De conceptvragen zijn zeer wisselend gemaakt door de controlegroep. Van de vijf conceptvragen werd alleen vraag 8 goed gemaakt door de leerlingen. Leerlingen kunnen conceptvragen goed beantwoorden als ze inzicht hebben in een natuurkundig onderwerp zoals magnetisme. Volgens Mazur is vooral het ‘begrip van magnetisme’ belangrijk’ (Mazur, 1996). “*You can forget facts, but you cannot forget understanding.*” Kunnen leerlingen de basisregels van magnetisme ook toepassen in andere situaties? Voor het beantwoorden van conceptvragen met betrekking tot magnetisme, hebben leerlingen vaak kennis van de richting van magneetvelden nodig. Dit is nog niet eerder op school met de methode Systematische Natuurkunde behandeld. Er werd dan ook verwacht dat leerlingen deze vragen alleen goed zouden beantwoorden als ze zich vanuit henzelf hebben verdiept in magnetisme. Figuur 2 laat zien dat leerlingen op dat moment nog geen kennis hadden van de richting van magneetvelden. Vraag 8 gaat over het aantrekken of afstoten van twee magneten. Dit hebben leerlingen waarschijnlijk eerder gezien. Voor het beantwoorden van deze vraag hadden ze nog niet de kennis van magneetvelden nodig.

Testgroep

Het gemiddelde cijfer voor de eerste toets van de testgroep die zal gaan werken met de module biofysica is ook een 3,3. Het hoogst behaalde cijfer was een 5,1 en werd behaald door een jongen. Het laagste cijfer was een 1,5 en werd ook door een jongen behaald.

Figuur 3 geeft een overzicht van de behaalde resultaten van de testgroep per toetscategorie.



Figuur 3: Toets 1: resultaten van de testgroep (Module biofysica).

De resultaten die voor toets 1 zijn behaald door de testgroep zijn vergelijkbaar met de resultaten van de controlegroep.

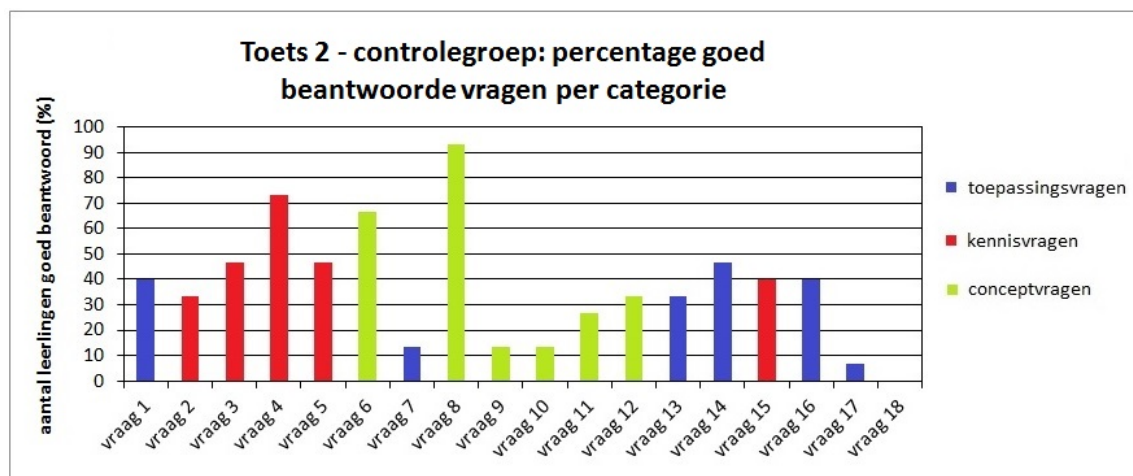
5.2 Leerprestaties - Toets 2

Controlegroep

Het gemiddelde cijfer voor de tweede toets van de controlegroep die heeft gewerkt met Systematische Natuurkunde is een 6,0. Het hoogst behaalde cijfer was een 7,1 en werd behaald door twee meisjes. Het laagste cijfer was een 4,6 en werd ook door een meisje behaald.

Het gemiddelde cijfer is aanzienlijk omhoog gegaan, van een onvoldoende (3,3) naar een voldoende (6,0). Ook de hoogste en laagste scores zijn omhoog gegaan. Deze resultaten komen overeen met de verwachtingen. Leerlingen hebben hun kennis over magnetisme met behulp van het boek Systematische Natuurkunde uitgebreid. Met behulp van nieuwe regels en formules kunnen leerlingen waarschijnlijk de conceptvragen en toepassingsvragen beter maken.

Figuur 4 geeft een overzicht van de behaalde resultaten van de controlegroep per toetscategorie.



Figuur 4: Toets 2: resultaten van de controlegroep (Systematische Natuurkunde).

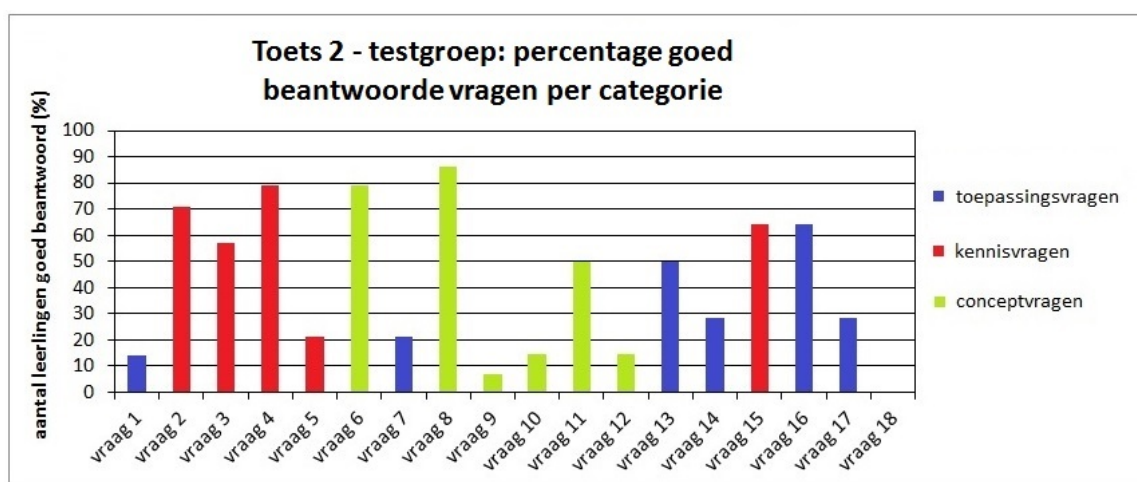
Figuur 4 laat zien dat de toepassingsvragen aanzienlijk beter zijn gemaakt in vergelijking met Figuur 2. De conceptvragen uit toets 2 zijn door de controlegroep over het algemeen niet veel beter gemaakt dan de conceptvragen uit toets 1. Verder zijn de resultaten voor de kennisvragen voor beide toetsen vergelijkbaar.

Testgroep

Het gemiddelde cijfer voor de tweede toets van de testgroep die heeft gewerkt met de module biofysica is een 6,2. Het hoogst behaalde cijfer was een 7,5 en werd behaald door twee meisjes en 1 jongen. Het laagste cijfer was een 3,5 en werd door een meisje behaald.

Het gemiddelde cijfer van de testgroep is ten opzichte van de eerste toets aanzienlijk omhoog gegaan, van een onvoldoende (3,3) naar een voldoende (6,2). Ook de hoogste en laagste scores zijn omhoog gegaan.

Figuur 5 geeft een overzicht van de behaalde resultaten van de testgroep per toetscategorie.



Figuur 5: Toets 2: resultaten van de testgroep (Module biofysica).

Er zijn tussen de eerste en tweede toetsresultaten van de testgroep geen significante verschillen gevonden binnen het percentage goed beantwoorde vragen per categorie. De resultaten van de kennisvragen en conceptvragen zijn vergelijkbaar. Toch zijn de toepassingsvragen door meer leerlingen beter gemaakt.

Controlegroep - testgroep

In figuur 6 wordt een overzicht van alle toetsresultaten gegeven.

Controlegroep	Cijfer toets 1	Cijfer toets 2	Standaarddeviatie
Casper	4,3	5,5	0,8
Demi	5,1	6,6	1,1
Joris Z.	4,0	5,7	1,2
Feyza	4,0	7,1	2,2
Ferihan	2,4	7,1	3,3
Stefan	2,6	6,4	2,7
Walter	2,6	6,0	2,4
Joris G.	2,6	5,1	1,8
Bram	3,5	4,8	0,9
Sinem	2,9	6,0	2,2
Kaz	2,9	6,2	2,3
Manon	2,9	6,0	2,2
Jolein	2,9	6,4	2,5
Elise	2,9	4,6	1,2
Myrthe	2,9	6,2	2,3
Mandy	3,7	6,2	1,8
gemiddelde	3,3	6,0	2,0
Testgroep	Cijfer toets 1	Cijfer toets 2	Standaarddeviatie
Alain	1,5	6,4	3,5
Hanne	2,1	3,5	1,0
Niek	1,8	6,2	3,1
Jeroen	2,9	4,6	1,2
Robert	3,2	6,4	2,3
Bjorn	2,4	6,6	3,0
Marcelina	4,0	6,2	1,6
Jet	3,2	7,5	3,0
Wesley	5,1	6,0	0,6
Lieke	4,0	7,5	2,5
Sem	4,3	7,5	2,3
Lisanne	4,5	6,2	1,2
Laurens	4,8	7,0	1,6
Floris	2,6	5,7	2,2
Myriem	3,0	5,7	1,9
gemiddelde	3,3	6,2	2,0

Figuur 6: Overzicht toetsresultaten van de controlegroep en testgroep.

De controlegroep heeft de tweede toets significant beter gemaakt dan de eerste toets ($p=8,6 \cdot 10^{-9}$; $\alpha = 1\%$). Ook de tweede toetsresultaten van de testgroep zijn significant beter dan de resultaten van de eerste toets ($p=1,2 \cdot 10^{-7}$; $\alpha = 1\%$).

Hierboven werden de eerste en tweede toetsresultaten van zowel de controlegroep als de testgroep met elkaar vergeleken. Voor het onderzoek is het ook interessant om de resultaten van toets 2 van de controlegroep met de resultaten van toets 2 van de testgroep te vergelijken.

De testgroep scoort op 10 van de 18 vragen beter. De volgende vragen uit toets 2 werden door de testgroep beter gemaakt: vraag 2, 3, 4, 6, 7, 11, 13, 15, 16 en 17. Dit zijn 4 kennisvragen, 2 conceptvragen en 4 toepassingsvragen. Deze resultaten laten zien dat de context MRI van de module biofysica geen invloed heeft op één bepaald soort vragen. De t-toets van de tweede toetsresultaten van zowel de controlegroep als de testgroep laat dan ook geen significant verschil zien ($p=0,27$; $\alpha = 1\%$).

5.3 Interne betrouwbaarheid van CLASS

De interne betrouwbaarheidsanalyses van de CLASS leveren mooie interne correlaties en betrouwbaarheden. In figuur 7 worden de interne betrouwbaarheden van de categorieën weergegeven. De waarde van Cronbachs alfa is een maat voor de interne betrouwbaarheid. De interne betrouwbaarheid is oké als de alfa 0,70 of hoger is.

Categorie	Stellingen	Cronbachs alfa
1.	28, 30, <u>35</u> , 37	0,79
2.	3, 11, 14, 25, 28, 30	0,85
3.	11, <u>23</u> , 24, <u>32</u> , 36, 39, 42	0,65
4.	1, <u>5</u> , 6, <u>13</u> , <u>21</u> , <u>32</u>	0,16
5.	1, <u>5</u> , 6, 8, <u>21</u> , <u>22</u> , <u>40</u>	0,18
6.	<u>13</u> , 15, 16, 25, 26, 34, <u>40</u> , 42	0,80
7.	15, 16, 34, <u>40</u>	0,77
8.	<u>5</u> , <u>21</u> , <u>22</u> , 25, 34, <u>40</u>	0,71

Figuur 7: Interne betrouwbaarheid van verschillende CLASS categorieën. Bij de onderstreepte stellingen is er gekeken naar de inversie.

De categorieën: 1. de denkwijze van leerlingen over de connectie van natuurkunde met de echte wereld 2. de persoonlijke interesse van leerlingen 3. de inzet/ inspanning van leerlingen 4. conceptuele verbanden 5. toegepaste conceptuele kennis 6. het oplossen van opgaves (algemeen) 7. het oplossen van opgaves (zelfverzekerdheid) 8. het oplossen van opgaves (verfijning)

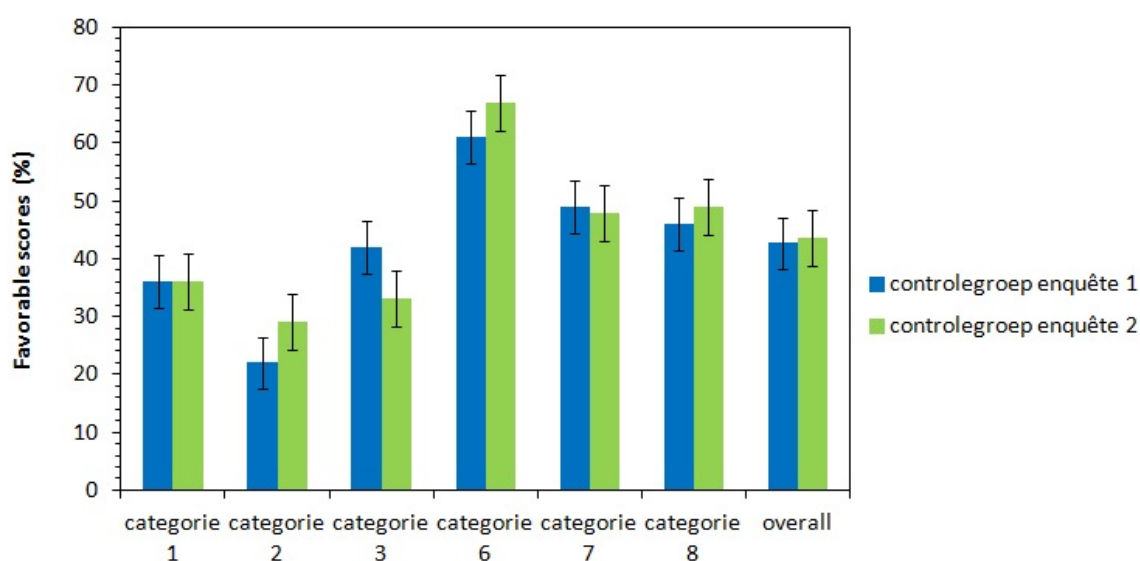
Uit de analyse is gebleken dat de totale interne betrouwbaarheid uitkomt op een Cronbachs alfa van 0,72. Dit impliceert dat de stellingen in de CLASS hetzelfde meten.

Tijdens de betrouwbaarheidsanalyse is voor de onderstreepte stellingen in figuur 7 gecontroleerd of je ze in inversie moest zien. Stellingen 5, 13, 21, 22, 32, 40 uit de categorieën 4 en 5, conceptuele verbanden en toegepaste conceptuele kennis, leveren geen consistente Cronbachs alfa op. Daarom is besloten om deze categorieën niet mee te nemen in verdere analyses van de leerhouding van leerlingen.

5.4 Leerhouding - Controlegroep

In dit onderzoek is ook de leerhouding van 5 havo leerlingen ten opzichte van natuurkunde onderzocht. De resultaten van de afgenomen CLASS enquêtes worden hieronder weergegeven en behandeld.

In figuur 8 wordt voor de controlegroep het percentage favorable scores weergegeven per categorie, voor aanvang van dit onderzoek en na het behandelen van het hoofdstuk magnetisme. Het percentage favorable scores geeft het percentage leerlingen aan dat het eens is met de mening van een expert, zie het hoofdstuk ‘Onderzoeksmethode’ voor meer details.



Figuur 8: CLASS enquête resultaten: voor de controlegroep is het percentage favorable scores weergegeven per categorie, voor (blauw) én na (groen) het behandelen van het concept magnetisme met behulp van Systematische Natuurkunde. De error bars geven de standard error weer.

De categorieën: 1. de denkwijze van leerlingen over de connectie van natuurkunde met de echte wereld 2. de persoonlijke interesse van leerlingen 3. de inzet/ inspanning van leerlingen 6. het oplossen van opgaves (algemeen) 7. het oplossen van opgaves (zelfverzekerdheid) 8. het oplossen van opgaves (verfijning)

Figuur 8 laat zien dat 50% of meer van de leerlingen van de controlegroep vóór het behandelen van het concept magnetisme het alleen eens is met de expert bij categorie 6. Categorie 6 gaat over het oplossen van opgaves (algemeen). Een CLASS enquêtestelling die bijvoorbeeld bij deze categorie hoort is stelling 4: ‘Het is voor mij nuttig om heel veel opgaves te maken als ik leer voor natuurkunde.’ Het is positief dat 50% of meer leerlingen het met de expert eens zijn bij deze categorie.

Echter, dit betekent wel dat er veel winst te behalen valt bij bijvoorbeeld de categorieën 1, 2 en 3: de denkwijze van leerlingen over de connectie van

natuurkunde met de echte wereld, de persoonlijke interesse van leerlingen en de inzet/ inspanning van leerlingen respectievelijk. Na het behandelen van het concept magnetisme met behulp van Systematische Natuurkunde is alleen het percentage in categorie 2 gestegen, categorie 3 is zelfs gedaald. Hieruit zou kunnen blijken dat leerlingen uit de controlegroep persoonlijk geïnteresseerd waren in het concept magnetisme. Toch wilden ze zich niet meer inzetten voor natuurkunde.

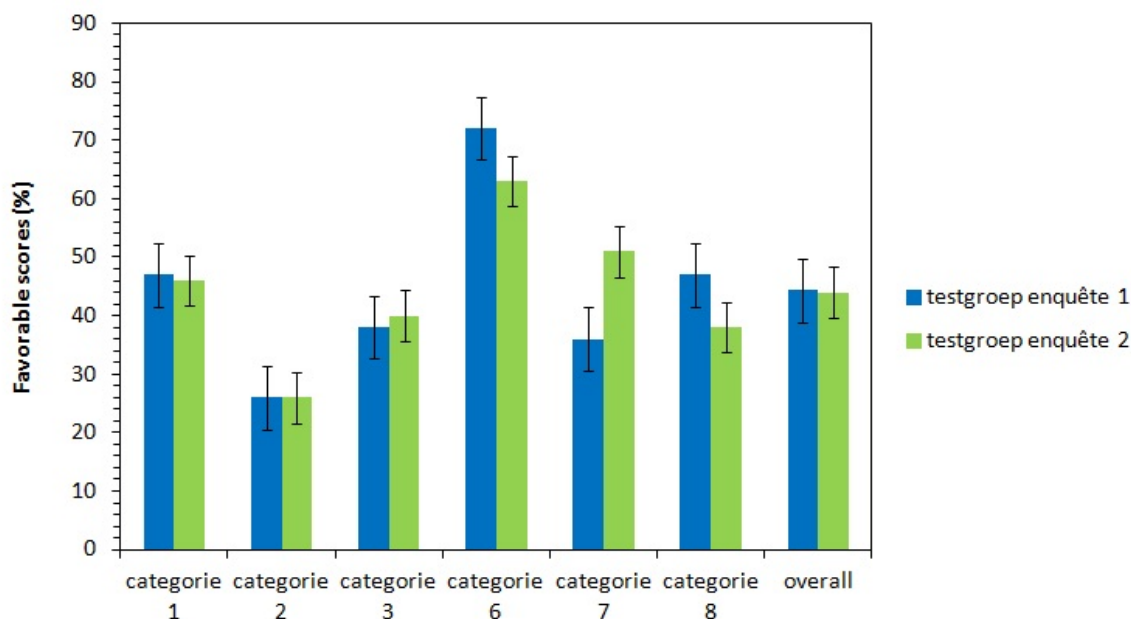
Figuur 8 geeft ook weer dat de leerhouding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde na het behandelen van het concept magnetisme in positieve zin is toegenomen bij de categorieën 6 en 8. Dat zou kunnen betekenen dat leerlingen het meer met de expert eens zijn bij het oplossen van natuurkundige opgaves.

De figuur laat ook zien dat het percentage leerlingen daalt na het behandelen van de lesstof met Systematische Natuurkunde in categorie 7. Het is jammer dat de afname in categorie 7 zou betekenen dat het behandelen van magnetisme met Systematische Natuurkunde ertoe kan leiden dat de zelfverzekerdheid van 5 havo leerlingen bij het oplossen van natuurkundeopgaves achteruit gaat.

Figuur 8 geeft ook de staafgrafieken van de overall score weer. De figuur impliceert dat tijdens dit onderzoek de leerhouding, de mate waarin leerlingen het eens zijn met de expert, van 5 havo-leerlingen uit de controlegroep over het algemeen is gedaald. De oorzaak hiervoor zou kunnen liggen bij de methode Systematische Natuurkunde en de lessen die zijn gegeven tijdens dit onderzoek. Daarentegen kunnen de leerlingen ook meer zelfkennis hebben ontwikkeld en beantwoorden ze stellingen van de CLASS enquête op een andere manier.

5.5 Leerhouding - Testgroep

In figuur 9 wordt voor de testgroep het percentage favorable scores weergegeven per categorie, voor aanvang van dit onderzoek en na het behandelen van het hoofdstuk magnetisme. Het percentage favorable scores geeft het percentage leerlingen aan dat het eens is met de mening van een expert, zie het hoofdstuk ‘Onderzoeksmethode’ voor meer details.



Figuur 9: CLASS enquête resultaten: voor de testgroep is het percentage favorable scores weergegeven per categorie, voor (blauw) én na (groen) het behandelen van het concept magnetisme met behulp van de module biofysica. De error bars geven de standard error weer.

De categorieën: 1. de denkwijze van leerlingen over de connectie van natuurkunde met de echte wereld 2. de persoonlijke interesse van leerlingen 3. de inzet/ inspanning van leerlingen 6. het oplossen van opgaves (algemeen) 7. het oplossen van opgaves (zelfverzekerdheid) 8. het oplossen van opgaves (verfijning)

Figuur 9 laat zien dat 50% of meer van de leerlingen van de testgroep vóór het behandelen van het concept magnetisme het alleen eens is met de expert bij categorie 6. Dit komt overeen met de CLASS resultaten van de controlegroep. Het is positief dat 50% of meer leerlingen uit de testgroep het eens zijn met de expert bij deze categorie, het oplossen van natuurkunde opgaves.

De categorieën 2, 3 en 7 zouden met behulp van een andere concept-context benadering tijdens dit onderzoek verbeterd kunnen worden. Als leerlingen affiniteit hebben met het onderwerp magnetisme zou het aantal favorable CLASS scores in categorie 2 omhoog kunnen gaan. De module biofysica zou voor een bepaalde verandering in motivatie kunnen zorgen die leidt tot een verbetering in inzet van 5 havo leerlingen (categorie 3). Figuur 9 toont aan dat het aantal favorable scores in categorie 3, maar vooral in categorie 7 omhoog zijn gegaan.

Dit zou betekenen dat het percentage leerlingen dat het met de expert eens is, is toegenomen. Leerlingen blijken zich na de module biofysica iets meer te willen inzetten voor natuurkunde. Maar belangrijker is dat de zelfverzekerdheid bij het oplossen van opgaves waarschijnlijk is toegenomen na het doornemen van het concept magnetisme met MRI als context.

Figuur 9 laat helaas zien dat het percentage 5 havo leerlingen dat het met een expert eens is, afneemt in de categorieën 1, 6 en 8. Leerlingen uit de testgroep vinden het blijkbaar lastig om verbanden te leggen tussen de natuurkunde die ze op school behandelen en natuurkunde in de praktijk. Verder vinden leerlingen het oplossen van opgaves na het doornemen van de module biofysica waarschijnlijk moeilijker.

Figuur 9 geeft ook de staafgrafieken van de overall score weer. De figuur impliceert dat tijdens dit onderzoek de leerhouding, de mate waarin leerlingen het eens zijn met de expert, van 5 havo-leerlingen uit de testgroep over het algemeen is gedaald. De oorzaak hiervoor zou kunnen liggen bij de module biofysica en de lessen die zijn gegeven tijdens dit onderzoek. Daarentegen kunnen de leerlingen ook meer zelfkennis hebben ontwikkeld en beantwoorden ze stellingen van de CLASS enquête op een andere manier.

Controlegroep - testgroep

Hierboven werden de eerste en tweede CLASS enquête resultaten van zowel de controlegroep als de testgroep met elkaar vergeleken. Voor het onderzoek is het ook interessant om de resultaten van de controlegroep met de resultaten van de testgroep te vergelijken.

Overeenkomsten

Allereerst wordt er gekeken naar de overeenkomsten van de CLASS enquête scores van beide groepen. Een overeenkomst tussen de controlegroep en de testgroep zijn de percentages favorable scores in de categorieën 1, 2 en 3 bij de eerste enquête. Van de controlegroep zijn respectievelijk 36%, 22% en 42% van de leerlingen het met de expert eens in de categorieën 1, 2 en 3. Van de testgroep zijn respectievelijk 47%, 26% en 38% van de leerlingen het met de expert eens in de categorieën 1, 2 en 3. Deze resultaten impliceren dat de leerhouding van leerlingen ten opzichte van de connectie van natuurkunde met de echte wereld, de persoonlijke interesse en de inzet, zowel voor de controlegroep als de testgroep hetzelfde is.

Als figuur 8 met figuur 9 vergeleken wordt, dan valt ook op dat over het algemeen de leerhouding ten opzichte van natuurkunde afneemt van 5 havo leerlingen uit zowel de controlegroep als de testgroep. De oorzaak voor de verandering in leerhouding zou kunnen liggen aan de gebruikte lesmethodes of de oorzaak zou bij de leerlingen zelf kunnen liggen. Leerlingen kunnen bij de tweede enquête andere antwoorden hebben ingevuld, doordat ze meer zelfkennis hebben ontwikkeld of doordat ze de vragen anders hebben geïnterpreteerd.

Verschillen

Er zijn ook een aantal verschillen tussen de controlegroep en de testgroep waarneembaar. De grootste stijging in favorable scores na het doornemen van de lesstof met behulp van Systematische Natuurkunde is terug te zien in categorie 2, de persoonlijke interesse van leerlingen (van 22% naar 29% favorable scores).

De grootste daling binnen de controlegroep valt binnen categorie 3, de inzet van leerlingen (van 42% naar 33%).

Bij de testgroep is na het doornemen van de module biofysica een grote stijging te zien in categorie 7. Het aantal leerlingen dat het met een expert eens was op het gebied van zelfverzekerdheid bij het oplossen van opgaves, is van 36% omhoog gegaan naar 51%. Op het gebied van het oplossen van opgaves laten leerlingen uit de testgroep een evengrote daling in favorable scores zien. Het aantal leerlingen dat het met de expert eens is in de categorieën 6 en 8 neemt respectievelijk af van 72% naar 63% en van 47% naar 38%. Echter, scoorden leerlingen uit de testgroep net zoals leerlingen uit de controlegroep voor aanvang van dit onderzoek het hoogst in categorie 6, het oplossen van opgaves.

5.6 Jongens - meisjes

In hoofdstuk 2 van dit verslag worden de verschillen tussen natuurkunde voor jongens en natuurkunde voor meisjes toegelicht. Jongens hebben interesse in natuurwetenschappelijke fenomenen, los van het maatschappelijk nut. Meisjes willen zich ook wel inzetten en verdiepen in deze natuurwetenschappelijke fenomenen, als ze de fenomenen maar herkennen uit het dagelijkse leven of als ze het nut ervan inzien.

Met dit onderzoek wordt ook onderzocht wat het effect is van het behandelen van een concept als magnetisme met een illustratieve context of een centrale context op de leerhouding van 5 havo jongens en meisjes. De focus lag tijdens dit onderzoek op de inzet van leerlingen en op de manier waarop leerlingen zelf tegen het maken van natuurkunde opgaves aankijken. Daarom is ervoor gekozen om de resultaten van categorieën 3 en 6, de inzet/ inspanning van leerlingen en het oplossen van opgaves te vergelijken van de jongens en meisjes.

In figuur 10 zijn de CLASS resultaten voor de categorieën 3 en 6 weergegeven. In deze tabel staan de favorable scores in procenten van de jongens en meisjes uit de controlegroep en de testgroep.

Favorable scores - controlegroep

	categorie 3		categorie 6	
	enquête 1	enquête 2	enquête 1	enquête 2
meisjes	48%	37%	54%	63%
jongens	42%	27%	67%	73%

Favorable scores - testgroep

	categorie 3		categorie 6	
	enquête 1	enquête 2	enquête 1	enquête 2
meisjes	42%	44%	72%	58%
jongens	31%	36%	63%	67%

Figuur 10: CLASS enquête resultaten: voor de controlegroep en de testgroep zijn de percentages favorable scores weergegeven per categorie, voor zowel de meisjes als de jongens. De categorieën: 3. de inzet/ inspanning van leerlingen en 6. het oplossen van opgaves.

Deze resultaten vertonen geen significante verschillen. Er is een trend te zien dat jongens uit de controlegroep zowel voor als na het behandelen van het concept magnetisme met Systematische Natuurkunde, hoger scoren in categorie 6. Op het gebied van het oplossen van natuurkunde opgaves zijn jongens sneller geneigd het eens te zijn met een expert. Meisjes scoren in de controlegroep iets hoger bij de inzet voor natuurkunde. Helaas is er een tendens te zien dat zowel het percentage jongens als het percentage meisjes uit de controlegroep dat het eens is met een expert op het gebied van inzet afneemt.

De testgroep heeft gewerkt met een methode met een centrale context. Na het behandelen van de Module biofysica is een trend te zien dat meisjes in tegenstelling tot jongens zich meer willen inspannen voor natuurkunde. De jongens lijken het bij de tweede CLASS enquête meer eens te zijn met een expert op het gebied van het oplossen van opgaves.

5.7 Lesevaluaties

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal is er ook aandacht besteed aan de context MRI. Om antwoord te kunnen geven op de derde onderzoeksvraag ‘*Kan MRI als context gebruikt worden in een module voor middelbare scholieren en begrijpen middelbare scholieren deze context?*’ is er tijdens de lessen gekeken naar hoe leerlingen met de context MRI omgaan. Hieronder wordt een samenvatting gegeven van de lessen en de lesevaluaties.

Les 1

Donderdag 6 februari 2014 heb ik aan alle leerlingen van 5 havo verteld wat ze de komende twee weken te wachten stond. Ik heb de leerlingen verteld dat ik mijn OvO onderzoek naar onder andere de leerhouding en leerprestaties van middelbare scholieren in deze klas zou uitvoeren. Verder heb ik ze verteld dat ik hiervoor het hoofdstuk magnetisme uit Systematische Natuurkunde zou gebruiken, maar ook een module biofysica die voor dit onderzoek ontwikkeld is. Deze les heb ik gebruikt om twee groepen te maken, één controlegroep en één testgroep. Op deze manier kon ik dinsdag 11 februari 2014 meteen beginnen met het afnemen van de eerste CLASS enquête en de eerste toets.

In figuur 11 staat het lesvoorbereidingsformulier van les 1.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
25 minuten	Onderzoeken wat de leerhouding is van de controlegroep/testgroep	CLASS enquête 1	CLASS enquête 1 invullen	CLASS enquête 1
25 minuten	Onderzoeken wat leerlingen weten van magnetisme en MRI	Toets 1	Toets 1 maken	Toets 1

Figuur 11: Lesvoorbereidingsformulier les 1, dinsdag 11 februari 2014.

Deze eerste les ben ik zowel bij de controlegroep als de testgroep begonnen met het afnemen van de eerste CLASS enquête. Leerlingen gingen enthousiast aan de slag met het invullen van deze enquête. Hiervoor kregen ze van mij een half lesuur. Na ongeveer 10 minuten begonnen sommige leerlingen te klagen dat het wel lastige vragen waren en dat de enquête zoveel vragen bevatte. Ik heb toen uitgelegd dat ze tijd genoeg hebben om alle stellingen te beantwoorden en dat ze de stellingen rustig moeten lezen. Na het innemen van alle enquêtes gaven leerlingen te kennen dat ze stelling 31 uit de CLASS enquête ontzettend goed bedacht vonden.

Vervolgens heb ik de overige 25 minuten van de les gebruikt om de eerste toets af te nemen. Vier leerlingen uit de controlegroep en 3 leerlingen uit de testgroep hebben de toets in de pauze na dit lesuur afgerond. Leerlingen uit beide groepen protesteerden tijdens het maken van de toets. Ze vonden het

heel moeilijk en naar eigen zeggen ‘*wisten ze niks van magnetisme af*’. Ik denk dat ze vooral protesteerden omdat ze bij mij in de les nog nooit een toets hebben gemaakt zonder de lesstof van tevoren samen te hebben doorgenomen. Ik heb tegen beide groepen gezegd dat deze eerste toets belangrijk was voor het onderzoek en dat ze niet meer dan hun best konden doen.

Les 2

Woensdag 12 februari 2014 ben ik met de controlegroep begonnen met de voorkennis van leerlingen. In figuur 12 staat het lesvoorbereidingsformulier.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
15 minuten	Voorkennis van leerlingen testen	Magnetisme	Meedenken, meeschrijven (onderwijs-leergesprek)	Digitaal bord
15 minuten	Leerlingen een beeld van de lesstof geven van de komende 2 weken	Magnetisme	Vragen stellen, het boek bekijken	Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4
10 minuten	Leerlingen de eigenschappen van magneten laten zien	Magnetisme	Kijken, vragen stellen, zelf proberen	Demonstratieproef met verschillende vormen magneten, paperclips en kompasnaaldjes
10 minuten	De begrippen magneetpolen en magnetische influentie begrijpen	Magneetpolen en magnetische influentie	Zelf paragraaf 1 doorlezen	Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4, paragraaf 1

Figuur 12: Lesvoorbereidingsformulier les 2, dinsdag 11 februari 2014, controlegroep.

Deze les heb ik mij niet aan deze voorbereiding kunnen vasthouden. Zo vonden leerlingen het leuk en interessant om elkaar te laten weten wat ze van magnetisme wisten. Door dit onderwijs-leergesprek liep ik uit qua tijd voor de voorkennis.

Opvallend was dat leerlingen door de terminologie de werking van een kompas lastig vonden om te begrijpen. Leerlingen raakten in de war toen ik vertelde dat het kompas naar het geografische noorden wijst, maar dat dit de magnetische zuidpool is. Om het verhaal te verduidelijken heb ik de aarde met het magneetveld op het digitale bord getekend.

Verder vonden leerlingen het demonstratieproefje met een staafmagneet en de paperclips, magnetische influentie, interessant. Eén leerling stelde voor om een filmpje te bekijken die magnetisme op een bijzonder snelle en grappige manier behandelt. Hierdoor zijn we niet meer toegekomen aan het doornemen van de eerste paragraaf. Het filmpje *Magnets: How Do They Work?* hebben we

op YouTube bekeken en was van Minute Physics. Dit was een leuke afsluiting van de les.

Figuur 13 laat het lesvoorbereidingsformulier van de testgroep zien. Het doel van deze les was leerlingen kennis te laten maken met de module biofysica en te starten met de hoofdstukken 1, 2 en 3. De PowerPoint sheets behorende bij de testgroep lessen staan in de bijlage.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Leerlingen kennis laten maken met module	Magnetisme	Module bekijken en doorlezen	Module biofysica
10 minuten	Leerlingen nieuwsgierig en enthousiast maken	Onderzoek	Hoofdstuk 1 van de module lezen en samen met klas bespreken	Module biofysica, hoofdstuk 1, sheets
15 minuten	Leerlingen kunnen in eigen woorden omschrijven wat kanker is	Kanker	Kijken en luisteren, vragen stellen, zelf hoofdstuk 2 doorlezen	Module biofysica, hoofdstuk 2, sheets
15 minuten	Leerlingen kunnen de voordelen en nadelen van opsporingstechnieken benoemen	Detectiemethodes voor kanker	Kijken en luisteren, vragen stellen, zelf hoofdstuk 3 doorlezen	Module biofysica, hoofdstuk 3, sheets
5 minuten	Afsluiting	Hoofdstuk 1, 2 en 3 van module	Huiswerk noteren: paragraaf 2.5 en 3.3	Module biofysica, sheets

Figuur 13: Lesvoorbereidingsformulier les 2, dinsdag 11 februari 2014, testgroep.

Ik heb leerlingen deze les eerst de kans gegeven om zelf de module te bestuderen. Leerlingen vormden zelf groepjes en gingen samen de module doorbladeren en bespreken. Het opvallende was dat elke leerling op een andere manier naar de module keek. Zo bladerde één jongen bijvoorbeeld meteen door naar het MRI gedeelte, las een meisje het gedeelte over kanker aandachtig door en weer een andere jongen probeerde taal- en spel fouten op te sporen.

Het is gelukt om met hoofdstuk 1 leerlingen nieuwsgierig te maken. Ze vonden het een interessant idee om een onderzoeker te zijn. Leerlingen stelden vragen zoals: ‘Bestaat een onderzoeker op het ziekenhuis echt?’ en ‘Welke opleiding moet je volgen om een onderzoeker op het ziekenhuis te worden?’. Leerlingen gaven aan dat ze het idee van ‘twee eigen patiënten’ leuk vonden. Ze

moesten wel lachen om de namen en afbeeldingen van Charles en Estelle.

Toen ik leerlingen vroeg wat ze wisten van kanker, gaven sommige leerlingen aan dat ze daar net met biologie mee bezig waren. Leerlingen wisten veel van kanker in het algemeen. Ze luisterden aandachtig toen ik dieper inging op borstkanker en dikkedarmkanker. Ik merkte dat deze context aansprak, omdat leerlingen de cijfers en weetjes op zichzelf gingen betrekken. Zo vonden meisjes het bijvoorbeeld een eng idee dat 1 op de 8 vrouwen in Nederland kans heeft om borstkanker te krijgen.

Een drietal leerlingen uit de testgroep wist dat je kankeruitzaaiingen met behulp van lymfeklieren kon opsporen. Toch kenden ze de huidige technieken niet. Het was opvallend dat uit het onderwijs-leergesprek naar voren kwam dat meisjes voor de radioactieve opsporingsmethode zouden kiezen en jongens voor de detectiemethode met blauwe vloeistof. Meisjes vonden het nadeel van de detectiemethode met blauwe vloeistof, kans op verkleuring van de huid, zwaarder wegen dan jongens.

Toen ik tijdens de afsluiting aan de leerlingen vroeg wat ze tot nu toe van de module vonden, gaven ze aan dat ze nog niet eerder zoveel biologie tijdens een natuurkunde uur hadden gehad. Toch vonden ze het zeker de moeite waard.

Les 3

Donderdag 13 februari 2014 ben ik met de controlegroep begonnen met de begrippen magneetpolen en magnetische influentie uit hoofdstuk 4, paragraaf 1 van Systematische Natuurkunde. In figuur 14 staat het lesvoorbereidingsformulier.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
15 minuten	Opfrissen voorkennis, wat hebben we de vorige keer besproken?	Magneetpolen en magnetische influentie	Meedenken, vragen stellen en antwoorden geven	Digitaal bord
30 minuten	Leerlingen zelf een samenvatting van de stof laten maken en leerlingen zelf laten oefenen met de opgaves	Magneetpolen en magnetische influentie	Paragraaf 1 doorlezen, de bijbehorende opgaves maken, nakijken en vragen stellen	Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4, paragraaf 1
5 minuten	Afsluiting	Hoofdstuk 4, paragraaf 1	Huiswerk noteren: paragraaf 4.1 maken en doorlezen 4.2	Digitaal bord en Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4

Figuur 14: Lesvoorbereidingsformulier les 3, donderdag 13 februari 2014, controlegroep.

Tijdens deze les is er niet iets bijzonders voorgevallen. Leerlingen vonden het wel lastig om na het bestuderen van de leertekst de vragen zelfstandig te beantwoorden. Het ging dan vooral om de opgaves die te maken hadden met magneetvelden. Dit hadden we nog niet klassikaal behandeld. Daarom heb ik alvast een extra instructie van ongeveer 10 minuten over magneetvelden gegeven.

Figuur 15 laat het lesvoorbereidingsformulier van de testgroep zien. Het doel van deze les was leerlingen kennis te laten maken met het begrip magnetisme en de relatie tussen het opsporen van kanker en magnetisme voor leerlingen te verduidelijken.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Opfrissen leerstof vorige les	Kanker, detectiemethodes	Meedoen aan onderwijs-leergesprek	sheets
20 minuten	Leerlingen kunnen in eigen woorden omschrijven wat magnetisme is	Magnetisme	Kijken en luisteren, vragen stellen, zelf hoofdstuk 4 doorlezen	Module biofysica, hoofdstuk 4, paragraaf 1, sheets
10 minuten	Leerlingen de eigenschappen van magneten laten zien	Magnetisme	Kijken, vragen stellen, zelf proberen	Demonstratieproef met verschillende vormen magneten, paperclips en kompasnaaldjes
10 minuten	Leerlingen kunnen zelfstandig opgaves maken	Magneetpolen en magnetische influentie	Zelf hoofdstuk doorlezen, opgaves maken en vragen stellen	Module biofysica, hoofdstuk 4, paragraaf 1 en 3
5 minuten	Afsluiting	Magnetisme	Huiswerk noteren: paragraaf 3	Module biofysica, sheets

Figuur 15: Lesvoorbereidingsformulier les 3, donderdag 13 februari 2014, testgroep.

De leerlingen uit de testgroep vonden het net zoals de leerlingen uit de controlegroep lastig om na het bestuderen van de leertekst de vragen zelfstandig te beantwoorden. Het ging dan vooral om de opgaves die te maken hadden met magneetvelden. Dit hadden we nog niet klassikaal behandeld. Daarom heb ik ook hier alvast een extra instructie van ongeveer 10 minuten over magneetvelden gegeven.

Opvallend was dat leerlingen na de les aangaven dat ze nu beter begrepen waarom de module magnetisme aan kanker had gekoppeld. Ze vonden het inte-

ressant dat er nog een methode was om kankeruitzaaiingen op te sporen.

Les 4

Vrijdag 14 februari 2014 ben ik met de controlegroep begonnen met een instructie over magneetveldlijnen, hoofdstuk 4, paragraaf 1 van Systematische Natuurkunde. In figuur 16 staat het lesvoorbereidingsformulier.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Inleiding, doel van les: Leerlingen kunnen magneetveldopgaves zelfstandig oplossen	Magneetveldlijnen en magnetische inductie	Meedenken, vragen stellen en antwoorden geven	Digitaal bord
20 minuten	De sterkte van een magneet uitleggen m.b.v. veldlijnen en magnetische inductie	Magneetveldlijnen en magnetische inductie	Meedenken, vragen stellen, antwoorden geven en aantekeningen maken	Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4, paragraaf 1
15 minuten	Zelfstandig op kunnen lossen van opgaves	Hoofdstuk 4, paragraaf 1, opgaves 4, 5 en 6	Opgaves maken en vragen stellen	Digitaal bord en Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4
10 minuten	Afsluiting	Hoofdstuk 4, paragraaf 1, opgaves 4, 5 en 6 + conceptvragen	Vragen stellen en oefenopgaves overnemen	Digitaal bord en Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4

Figuur 16: Lesvoorbereidingsformulier les 4, vrijdag 14 februari 2014, controlegroep.

Leerlingen vonden het in eerste instantie gek dat een magneetveld uit veldlijnen bestaat. Daarom heb ik de leerlingen nog een keer een staafmagneet op een plexiglas doosje met kompasnaaldjes laten plaatsen. Zo konden leerlingen zich een beter beeld vormen van de veldlijnen. De instructie over de eigenschappen van veldlijnen verliep oké. Leerlingen vonden alleen de richting van het magnetisch veld in een bepaald punt lastig om te bepalen. Dat komt volgens mij doordat leerlingen niet goed weten of ze de raaklijn goed tekenen. Ik heb gezegd dat de raaklijn rond dat punt zo goed mogelijk de veldlijn moet volgen en dat je niet meer kunt doen.

Veel leerlingen hadden de opgaves van paragraaf 1 nog niet af. Daarom heb ik ze tijd gegeven om de opgaves over veldlijnen en magnetische inductie af te

maken. Dit leverde nu geen problemen op en leerlingen waren eerder klaar dan verwacht.

Om de leerlingen voor te bereiden op de tweede toets, heb ik nogmaals de conceptvragen uit de eerste toets op het bord gezet. Eén zo'n opgave heb ik samen met de klas uitgewerkt op het bord. De overige opgaves heb ik als huiswerk meegegeven.

In figuur 17 staat het lesvoorbereidingsformulier van les 4 voor de testgroep. Het doel van deze les was leerlingen zelfstandig opgaves met behulp van de rechterhandregels en de formule voor magnetische inductie op te laten lossen.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Opfrissen leerstof vorige les	Veldlijnen en magnetische inductie	Meedoen aan onderwijs-leergesprek	sheets en digitaal bord
20 minuten	Leerlingen kunnen in eigen woorden omschrijven wat een elektromagneet is	Tijdelijke magneten: rechterhandregels voor een draad en een spoel, formule voor magnetische inductie	Kijken en luisteren, vragen stellen, aantekeningen maken	Module biofysica, hoofdstuk 4, paragraaf 2, sheets
20 minuten	Leerlingen kunnen de rechterhandregels voor een draad en een spoel toepassen en leerlingen kunnen de magnetische inductie uitrekenen	Tijdelijke magneten: rechterhandregels voor een draad en een spoel, formule voor magnetische inductie	Opgaves maken en vragen stellen	Module biofysica, hoofdstuk 4, paragraaf 2, sheets
5 minuten	Afsluiting	MRI	Huiswerk noteren: doorlezen paragraaf 4.4 en 4.5	Module biofysica

Figuur 17: Lesvoorbereidingsformulier les 4, vrijdag 14 februari 2014, testgroep.

Deze les ben ik begonnen met het opfrissen van de begrippen veldlijnen en magnetische inductie. Leerlingen konden de eigenschappen van veldlijnen zo opsommen. Daarna had ik een bruggetje nodig naar de nieuwe lesstof. Deze kon ik mij van de lesvoorbereiding niet meer herinneren, dus heb ik leerlingen laten doorbladeren in de module naar paragraaf 4.4. Daar staan een aantal ongelukken met MRI-scanners. Ik heb leerlingen gevraagd of deze ongelukken

altijd kunnen gebeuren. Doordat één leerling zei *‘Nee, want die staat niet altijd aan.’*, kon ik de link maken met tijdelijke magneten.

Leerlingen luisterden aandachtig toen ik vertelde dat je met stroom en een stroomdraad een magneetveld kunt opwekken. Ze wisten zelf dat in een MRI-scanner een spoel zat. Om de rechterhandregels voor een stroomdraad en een spoel moesten sommige leerlingen lachen.

Leerlingen vonden conceptvraag 3 uit de module lastig. Deze opgave hebben we samen op het bord uitgewerkt. Ik heb ze toen als ezelsbruggetje meegegeven dat als je een dartpijl gooit, de achterkant met veren lijkt op een kruis (het kruisje dat aangeeft dat de stroom van je af loopt). Tijdens het rondlopen heb ik verschillende leerlingen voort moeten helpen met de opgaves. Leerlingen konden de opgaves nog niet zelfstandig oplossen.

Les 5

Dinsdag 18 februari 2014 ben ik met de controlegroep begonnen aan paragraaf 4.2 van Systematische Natuurkunde. Het doel van deze les was, net zoals bij de testgroep, leerlingen zelfstandig opgaves met behulp van de rechterhandregels en de formule voor magnetische inductie op te laten lossen. In figuur 18 staat het lesvoorbereidingsformulier.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
15 minuten	Bespreken van conceptvragen, huiswerk vorige keer	Conceptvragen magneetvelden	Meedenken, vragen stellen en antwoorden geven	Digitaal bord
20 minuten	Leerlingen kunnen in eigen woorden omschrijven wat een elektromagneet is	Elektromagnetisme	Kijken, luisteren, vragen stellen en aantekeningen maken	Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4, paragraaf 2 en sheets 13 t/m 19, 21, 22
10 minuten	Leerlingen kunnen de rechterhandregels voor een draad en een spoel toepassen	Elektromagnetisme	Opgaves maken en vragen stellen	Digitaal bord en Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4
5 minuten	Afsluiting	Elektromagnetisme	Huiswerk noteren: opgaves van paragraaf 2	Systematische Natuurkunde 5 havo, hoofdstuk 4, paragraaf 2

Figuur 18: Lesvoorbereidingsformulier les 5, dinsdag 18 februari 2014, controlegroep.

Deze les ben ik begonnen met het bespreken van een aantal conceptvragen, de huiswerkopgaves. Bij veel leerlingen valt het kwartje, maar voor een aantal leerlingen blijft dit soort opgaves lastig. Ze kunnen de conceptvragen alleen met

hulp van klasgenoten of van mij oplossen. Ik heb deze leerlingen gevraagd om deze opgaves zelf thuis nog een keer te proberen.

Daarna heb ik van een aantal sheets van de testgroep gebruik gemaakt, namelijk sheet 13 t/m 19, 21 en 22. Deze sheets bevatten dezelfde informatie als paragraaf 4.2 van Systematische Natuurkunde. Dit leverde geen problemen op.

Na de instructie heb ik de controlegroep laten werken aan opgaves 7 t/m 10 van paragraaf 2. Ik heb rondgelopen toen de leerlingen aan het werk waren. Het was opvallend dat veel leerlingen moeite hadden met de stroomrichting door de getekende spoelen. Ze konden niet goed zien of de stroom nu van hen afdraaide of naar hen toe kwam.

In figuur 19 staat het lesvoorbereidingsformulier van les 5 voor de testgroep.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Inleiding, doel van de les bespreken: Leerlingen kunnen in eigen woorden uitleggen hoe een MRI-scan wordt gemaakt	MRI	Meedoen aan onderwijs-leergesprek	Digitaal bord en module biofysica
25 minuten	Belangrijke begrippen MRI bespreken: waterstofkernen, Larmor frequentie, relaxatietijden	MRI	Kijken en luisteren, vragen stellen, aantekeningen maken	Module biofysica, hoofdstuk 4, paragraaf 4, 5, 6 en 7
15 minuten	Leerlingen kunnen zelfstandig de MRI opgaves oplossen	MRI	Opgaves maken en vragen stellen	Module biofysica, hoofdstuk 4, paragraaf 7
5 minuten	Afsluiting	MRI	Huiswerk noteren: paragraaf 4.7	Module biofysica

Figuur 19: Lesvoorbereidingsformulier les 5, dinsdag 18 februari 2014, testgroep.

Het huiswerk van de vorige keer was het doorlezen van paragraaf 4.4 en 4.5. De leerlingen die dit gedaan hadden, gaven aan dat ze het wel veel en moeilijk vonden. Twee leerlingen zeiden dat ze bouw van een MRI-scanner al kenden, omdat ze een keer een rondleiding hadden gehad op een ziekenhuis. Eén jongen gaf aan dat hij graag radioloog wil worden. Hij zei dat hij wel een beetje wist hoe MRI werkte, maar niet precies. Door de module wist hij het nu wel en dat vond hij leuk.

Het lesvoorbereidingsformulier heb ik niet gevolgd. Ik heb deze hele les eigenlijk een onderwijs-leergesprek gevoerd met de leerlingen van de testgroep. Drie leerlingen hadden zelf een keertje een MRI-scan laten maken en iedereen kende wel iemand in de familie of vriendenkring die in een MRI-scanner had gelegen. Dit maakte de leerstof uit de module voor de leerlingen veel persoonlijker en interessanter.

Ik heb niet zo lang stilgestaan bij de bouw van de scanner. Leerlingen legden tijdens het onderwijs-leergesprek zelf de focus op het maken van een afbeelding en hoe je dan kanker op een scan kan zien. Het spin up, spin down verhaal vonden ze lastig. Daarom heb ik nogmaals het plexiglas doosje met de kompasnaaldjes erbij gepakt. Zo konden leerlingen zien dat de kompasnaaldjes (de waterstofkernen) allemaal een andere kant op staan. Zodra je een staafmagneet (de MRI-scanner) in de buurt houdt, gaan de naaldjes dezelfde kant op staan.

Leerlingen gaven aan dat ze de leerstof over de Larmor frequentie en de relaxatietijden lastig vonden. Doordat we het samen hebben besproken konden ze het wel beter volgen. Ik heb geprobeerd om leerlingen het vooral elkaar te laten uitleggen. Kortom, we hadden geen tijd voor het maken van opgaves, maar het was een ontzettend leuke en leerzame les voor iedereen.

Les 6

Woensdag 19 februari 2014 heb ik met de controlegroep paragraaf 6.4 van Systematische Natuurkunde voor 5 vwo doorgenomen. Het doel van deze les was dat leerlingen uit de controlegroep, net zoals de leerlingen uit de testgroep, de magnetische inductie met een formule kunnen uitrekenen. Deze paragraaf uit het vwo boek is nodig, omdat ik anders niet dezelfde tweede toets kan afnemen bij de controlegroep en testgroep. In figuur 20 staat het lesvoorbereidingsformulier.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Inleiding: uitleggen waarom ze een paragraaf uit het vwo boek krijgen	Magnetische inductie, vwo boek	Meedenken en vragen stellen	Systematische Natuurkunde 5 vwo, hoofdstuk 6.4
15 minuten	Leerlingen kunnen uitleggen hoe de formule voor de magnetische inductie tot stand komt	Magnetische inductie, vwo boek	Kijken, luisteren, vragen stellen en aantekeningen maken	Systematische Natuurkunde 5 vwo, hoofdstuk 6.4
25 minuten	Leerlingen kunnen zelfstandig de magnetische inductie berekenen	Magnetische inductie, vwo boek	Opgaves maken en vragen stellen	Digitaal bord en Systematische Natuurkunde 5 vwo, hoofdstuk 6.4
5 minuten	Afsluiting	Magnetische inductie, vwo boek	Huiswerk noteren: wat vind je lastig?	Systematische Natuurkunde 5 vwo, hoofdstuk 6.4

Figuur 20: Lesvoorbereidingsformulier les 6, woensdag 19 februari 2014, controle-groep.

Leerlingen vonden het gek dat deze paragraaf uit het vwo boek hetzelfde is als de paragraaf uit het havo boek, op de formule voor magnetische inductie na. Ze wilden bewijzen dat ze deze formule ook wel aankonden. De instructie verliep zonder problemen.

Tijdens het maken van de opgaves hadden enkele leerlingen hulp nodig bij het bepalen van de stroomrichting door de spoel. Het berekenen van de magnetische inductie met behulp van de formule ging ze goed af. Om de leerlingen nog wat meer uit te dagen, heb ik een aantal oefenopgaves op het bord gezet. Ze moesten bijvoorbeeld de formule voor de magnetische inductie ombouwen, omdat de lengte van de spoel gevraagd werd. Vijf leerlingen kwamen op een ander antwoord uit. Ik heb twee leerlingen gevraagd (één met het goede antwoord en één met het verkeerde antwoord) om hun uitwerking op het bord te zetten. Zo konden we met de hele klas kijken waar het fout was gegaan in de berekening. Leerlingen gaven aan dit ze dit fijn vonden, omdat ze zo rekenstappen te zien kregen die ze zelf niet hadden gebruikt, maar wel handig vonden voor een volgende keer.

In figuur 21 staat het lesvoorbereidingsformulier behorende bij les 6 voor de testgroep. Deze les had twee doelen. Ten eerste, wilde ik leerlingen een idee geven van wat wetenschappelijk onderzoek inhoudt en wat je ermee kan doen. Ten tweede, was ik benieuwd naar de detectiemethode die leerlingen zouden kiezen voor hun patiënten Charles en Estelle. Kunnen leerlingen de voordelen en nadelen van alle technieken afwegen?

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
5 minuten	Inleiding, doel van de les bespreken: wetenschappelijk onderzoek en keuze voor detectiemethode	detectie-methodes en wetenschappelijk onderzoek	Meedoen aan onderwijs-leergesprek	Digitaal bord en module biofysica
30 minuten	BME onderzoek bespreken	detectie-methodes en wetenschappelijk onderzoek	Kijken en luisteren, vragen stellen, aantekeningen maken	Module biofysica, hoofdstuk 5 en 6
10 minuten	Opgaves paragraaf 5 maken	detectie-methodes en wetenschappelijk onderzoek	Opgaves maken en vragen stellen	Module biofysica, hoofdstuk 5, paragraaf 5
5 minuten	Afsluiting	detectie-methodes en wetenschappelijk onderzoek	Huiswerk noteren: wat vind je lastig?	Module biofysica

Figuur 21: Lesvoorbereidingsformulier les 6, woensdag 19 februari 2014, testgroep.

Zelf vond ik het erg leuk om paragraaf 5 te bespreken in een onderwijs-leergesprek. Dat komt omdat ik mijn afstudeeronderzoek van BME kon bespreken met de leerlingen. Leerlingen gaven aan dat ze het leuk vonden dat ik over mijn eigen onderzoek heb verteld. Ik kon leerlingen zelfgemaakte MRI-scans laten zien en ze erover vertellen. Ik denk dat ik tijdens deze les mijn enthousiasme heb overgedragen op leerlingen. Ik kreeg onder andere de volgende vragen van leerlingen: ‘Hoe lang duurt zo’n onderzoek?’, ‘Wat moet je voor zo’n onderzoek kunnen, qua vakken?’ en ‘Welke opleiding zou je moeten volgen als je dit werk wilt doen?’.

Paragraaf 6 van de module leverde een leuke discussie op. Leerlingen probeerden elkaar te overtuigen van hun standpunten, met behulp van de voordelen en nadelen van alle detectiemethodes. Ik heb uitgelegd dat er geen verkeerde keuze is. Het gaat er vooral om dat je alle voordelen en nadelen tegen elkaar afweegt en een weloverwogen keuze maakt.

Tijdens de tweede CLASS enquête heb ik met behulp van een open vraag nogmaals naar de keuze van de testgroepleerlingen gevraagd. Op de vraag ‘Zou jij een patiënt als Charles of Estelle onderzoeken met een huidige methode of zou jij jouw patiënt wel willen onderzoeken met een nieuwe methode die net goedgekeurd is door de overheid?’ werd onder andere het volgende geantwoord:

“Met de MRI, want er zitten veel minder nadelen en risico’s aan.” (meisje)
 “Lastig, je wilt je patiënten niet blootstellen aan straling.... Toch zou ik voor

de blauwe vloeistof kiezen.” (meisje)

“Eerder oude methode, tot nu toe betrouwbaarder.” (meisje)

“MRI, met vooronderzoek.” (meisje)

Slechts 15% van de testgroep zou gaan voor een gangbare detectiemethode zoals blauwe detectievloeistof of gammastraling. De overige leerlingen kiezen er allemaal voor om hun patiënten te laten onderzoeken met MRI en een nieuwe, magnetische detectievloeistof. Ik vond het leuk om te lezen dat leerlingen de voor- en nadelen van elke methode gingen afwegen. Daarnaast vond ik het interessant dat één leerling met het idee van een vooronderzoek kwam. Zij benadert dus de kwestie op een (natuur)wetenschappelijke manier.

Les 7

Donderdag 20 februari 2014 heb ik voor zowel de controlegroep als de testgroep gebruikt als ‘vragenuurtje’, omdat dit de laatste les was voor de tweede toets. Ik had aan beide groepen gevraagd of leerlingen thuis nog een keer de leerstof wilden doornemen en alle vragen die ze nog hadden voor zichzelf op te schrijven.

De controlegroep had vooral vragen over de conceptvragen van de eerste toets. Nadat ik een aantal leerlingen de conceptvragen individueel had uitgelegd heb ik besloten om dit soort vragen nog een keer klassikaal te behandelen. Dit heeft een lesuur gekost. Het leuke was dat op een gegeven moment leerlingen het elkaar gingen uitleggen.

De testgroep had nog een aantal vragen over de conceptvragen en over het berekenen van de magnetische inductie. Daarom heb ik net zoals bij de controlegroep de conceptvragen klassikaal behandeld. Verder heb ik een aantal oefenopgaves over de inductie op het bord gezet en deze samen met de groep uitgewerkt.

Les 8

In figuur 22 staat het lesvoorbereidingsformulier van les 8 voor zowel de controlegroep als de testgroep.

Tijd	Doel	Leerstof	Wat doet de leerling?	Leermaterialen
25 minuten	Onderzoeken wat de leerhouding is van de controlegroep/testgroep	CLASS enquête 2	CLASS enquête 2 invullen	CLASS enquête 2
25 minuten	Onderzoeken wat leerlingen weten van magnetisme en MRI	Toets 2	Toets 2 maken	Toets 2

Figuur 22: Lesvoorbereidingsformulier les 8, vrijdag 21 februari 2014.

Dit was de laatste les van het onderzoek. Dit uur zaten de controlegroep en testgroep bij elkaar. Ik heb leerlingen zowel de tweede toets als de tweede CLASS

enquête gegeven. Ze mochten van mij kiezen waarmee ze wilden beginnen. Tien leerlingen hebben in de lunchpauze volgend op het lesuur de enquête afgemaakt.

Samenvatting

Tijdens de lessen is er gekeken naar hoe leerlingen met de context MRI omgaan, om antwoord te kunnen geven op de derde onderzoeksvraag *Kan MRI als context gebruikt worden in een module voor middelbare scholieren en begrijpen middelbare scholieren deze context?*

Uit de hierboven beschreven lesevaluaties kan geconcludeerd worden dat de context MRI gebruikt kan worden in een module voor middelbare scholieren. Leerlingen in 5 havo vinden de context MRI in combinatie met het opsporen van kanker interessant, maar ook lastig om te begrijpen. De context MRI spreekt leerlingen aan, omdat ze er in het dagelijks leven ook mee te maken (kunnen) hebben. Leerlingen hebben zelf spannende verhalen over MRI te vertellen en dat maakt de onderwijs-leergesprekken ontzettend leuk voor zowel de klas als de docent. Door het plaatsen van MRI in een context (het opsporen van kanker), is het gelukt om aan te sluiten bij de belevingswereld van leerlingen.

Toch moet rekening gehouden worden met de planning om MRI te behandelen. Leerlingen gaven aan dat ze het lastig vonden om zelfstandig de paragrafen over MRI door te nemen. Dit kwam door moeilijke begrippen zoals Larmor frequentie en relaxatietijd en de hoeveelheid tekst. De oplossing ligt waarschijnlijk niet in het aanpassen van de hoeveelheid tekst in de module. De docent moet extra tijd inplannen om samen met de leerlingen de werking van MRI te bespreken. Leerlingen vinden het interessant genoeg om samen de ‘moeilijke leerstof’ door te werken. Dit bleek bijvoorbeeld uit de opmerking van leerlingen dat ze wel iets wisten van MRI, maar dat ze het juist leuk vonden om nu ook de details te kennen.

Vanzelfsprekend was tijdens dit onderzoek de mening van leerlingen over de module biofysica belangrijk. Daarom werd hierover in de tweede CLASS enquête een open vraag gesteld: *Wat vind jij van het boekje ‘Het opsporen van kanker met MRI’?* Hierop werd onder andere het volgende geantwoord:

“Ik vind het een goede, overzichtelijke methode. Ik kon alles goed terugvinden en vond het heel duidelijk.” (jongen)

“Ik vind het een handige en fijne manier voor uitleg.” (meisje)

“Ik vind het interessant... Alles is duidelijk en overzichtelijk.” (meisje)

“Duidelijk, niet te ingewikkeld en goed gebracht d.m.v. een toepassing in het echte leven.” (jongen)

“Beter leermiddel dan ons eigen boek.” (jongen)

Bij het analyseren van de open vragen zijn er geen negatieve reacties over de module biofysica ‘Het opsporen van kanker met MRI’ tegengekomen. Het is vooral belangrijk dat leerlingen de module duidelijk en interessant vinden. Uit bovenstaande reacties blijkt dat dit gelukt is.

De module biofysica is zo gemaakt dat het aansluit bij de doelen van NiNa. Eén van deze doelen heeft betrekking op het verbeteren van de houding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde en natuurwetenschappelijke vakken. Op de open vraag van de tweede CLASS enquête *Heeft het boekje ‘Het opsporen van kanker met MRI’ jouw kijk op natuurkunde en natuurwetenschappelijke*

vakken op enige wijze veranderd? werd onder andere het volgende geantwoord:

“Ja, ik vond het interessant om te leren hoe het in het echt werkt.” (jongen)

“Ja, natuurkunde kan relateren aan andere onderwerpen.” (meisje)

“Nee, eigenlijk niet.” (jongen)

“Nee, al heb ik er wel meer kennis door vergaard.” (jongen)

“Nee, omdat ik al dingen wist over de MRI... maar door het boekje begrijp ik het wel veel beter.” (jongen)

“Ja, ik ben veel ‘biologischer’ gaan kijken. Ik had de link tussen natuurkunde en biologie niet gelegd.” (meisje)

“Ja, het heeft me aan het denken gezet over wat je allemaal kan doen met magnetisme.” (meisje)

Deze vraag werd wisselend beantwoord. Vooral veel jongens gaven de indruk dat de module biofysica hun kijk op natuurkunde niet echt had veranderd. Uit deze open vraag is wel gebleken dat vooral meisjes het verband tussen de verschillende natuurwetenschappelijk vakken zijn gaan inzien.

6 Conclusie en discussie

Dit schooljaar is het NiNa programma ingevoerd. Dit programma staat voor het aantrekkelijker maken van het natuurkundeonderwijs voor leerlingen in het voortgezet onderwijs. Voor dit Onderzoek van Onderwijs is een module biofysica ('Het opsporen van kanker met MRI') ontwikkeld die aansluit bij de wensen van het NiNa programma. Leerlingen uit 5 havo leren met behulp van de context MRI over het concept magnetisme. Door de toevoeging van de context kanker en MRI speelt de module in op de behoefte van leerlingen om het 'nut van natuurkunde' te begrijpen. Daarnaast laat de ontwikkelde module biofysica de leerlingen kennis maken met de uitdaging van actueel natuurwetenschappelijk onderzoek.

6.1 Leerprestaties

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal is er aandacht besteed aan het leren en begrijpen van het natuurkundige onderwerp 'magnetisme'. De onderzoeksvraag die hierbij hoorde luidde als volgt: *Welk effect heeft een context als 'Het opsporen van kanker met MRI' op de leerprestaties van leerlingen op het concept magnetisme?*

Een opvallende conclusie die kan worden getrokken uit dit onderzoek is dat 5 havo leerlingen na twee onderzoeksweken gelijk scoren op dezelfde toets over magnetisme, ongeacht de lesmethode. Dit onderzoek heeft dus aangetoond dat het gebruik van een context niet leidt tot een significante verbetering van de leerprestaties van leerlingen. De controlegroep die heeft gewerkt met Systematische Natuurkunde heeft een gemiddelde van een 6,0 gescoord en de testgroep die heeft gewerkt met de module biofysica heeft gemiddeld een 6,2 gehaald. Voordat je aan het onderzoek begint, hoop je op een significant verschil tussen de toetsresultaten. Je hoopt dat leerlingen die werken met de module biofysica beter zullen scoren om de volgende redenen: (1) de module weet bijvoorbeeld de aandacht te trekken en vast te houden door het gebruik van kanker en MRI als context, (2) de module geeft de relevantie van magnetisme aan (onder andere het opsporen van kanker) en (3) de module geeft de leerlingen zelfvertrouwen en voldoening, doordat leerlingen zelf een opsporingsmethode voor hun patiënten moeten kiezen. Het gebruik van MRI als centrale context zou ook in het nadeel kunnen werken, omdat het principe van MRI bekend staat als 'lastig'. Gezien de tijd die we hadden voor het doornemen van de lesstof, ben ik tevreden met dit resultaat. Leerlingen uit de testgroep hebben niet beter, máár ook niet slechter gescoord. Dit resultaat komt overeen met een studie van Judith Bennett en Fred Lubben (Bennett en Lubben, 2006). Uit hun onderzoek blijkt dat leerlingen positief reageren op een scheikundemethode gebaseerd op een context. Zij concluderen dat leerlingen die scheikunde krijgen met een context hetzelfde kennisniveau van scheikunde behalen (levels of understanding of chemical ideas) als leerlingen die scheikunde krijgen op een conventionele manier. In het artikel van Bennett en Lubben wordt een onderzoek van Barker en Millar (Barker en Millar, 1996) aangehaald. Uit statistisch onderzoek van Barker en Millar is ook gebleken dat er geen significant verschil in 'levels of chemical understanding' is tussen een groep leerlingen die via een contextmethode les hebben gekregen en

een groep leerlingen die les hebben gekregen met behulp van een conventionele scheikunde methode.

Uit dit onderzoek is verder gebleken dat 5 havo leerlingen na het behandelen van het concept magnetisme de toepassingsvragen beter maken ten opzichte van de kennisvragen of conceptvragen. Het maakt niet uit of de lesstof is doorgenomen en geoefend met behulp van Systematische Natuurkunde of de module biofysica. Het is niet verwonderlijk dat leerlingen de toepassingsvragen bij de tweede toets beter maken dan bij de eerste toets. Naar alle waarschijnlijkheid hebben 5 havo leerlingen niet eerder te maken gehad met bijvoorbeeld de rechterhandregels voor de stroomrichting of de magneetveldrichting of met de formule voor magnetische inductie. Doordat ze met deze regels en formules tijdens de twee onderzoeksweken hebben geoefend, verbeteren de toetsresultaten. Helaas, hebben leerlingen uit beide groepen de conceptvragen van de tweede toets niet beter gemaakt. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn, dat leerlingen dit soort vragen nooit eerder bij andere natuurkundige onderwerpen hebben gezien. Daarnaast heb ik voor aanvang van dit onderzoek de leerlingen nog nooit eerder instructie gegeven op deze ‘conceptmanier’.

6.2 Leerhouding

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal werd er ook aandacht besteed aan de leerhouding van de leerlingen ten opzichte van natuurkunde. De onderzoeksvraag die hierbij hoorde luidde als volgt: *Leidt het gebruik van een context als ‘Het opsporen van kanker met MRI’ tot een verandering in leerhouding ten opzichte van natuurkunde bij leerlingen?*

Dit onderzoek heeft aangetoond dat het gebruik van een context leidt tot een verandering in de leerhouding van leerlingen ten opzichte van natuurkunde. De belangrijkste conclusie die kan worden getrokken uit dit onderzoek is dat de overall leerhouding ten opzichte van natuurkunde afneemt van 5 havo leerlingen uit zowel de controlegroep als de testgroep. Deze daling wordt in andere onderzoeken ook gezien. Een vergelijking tussen verschillende onderzoeken wordt in figuur 23 weergegeven.

Onderzoek	Voor	Na
Adams <i>et al.</i>	65%	59%
Brewe <i>et al.</i>	69%	78%
Semsar <i>et al.</i>	57%	54%
OvO - controlegroep	47%	44%
OvO - testgroep	48%	46%

Figuur 23: Overall favorable scores in procenten, voor en na aanvang van het onderzoek. Alleen de percentages en niet de afwijkingen worden weergegeven, omdat de verschillende onderzoeken standard errors of standarddeviations gebruikten.

De daling in overall favorable CLASS scores van dit onderzoek worden door Adams *et al.* (2006) en Semsar *et al.* (2011) ook gezien. Het artikel van Adams *et al.* laat zien dat het percentage leerlingen dat het eens is met een expert in elke categorie afneemt. Uit dit OVO onderzoek is gebleken dat het percentage

favorable scores voor de controlegroep alleen daalt binnen de categorieën 3 en 7 en voor de testgroep alleen binnen de categorieën 1, 6 en 8. De oorzaak hiervoor zou kunnen liggen bij het onderwerp magnetisme en de lessen die zijn gegeven tijdens dit onderzoek. Daarentegen kunnen de leerlingen ook meer zelfkennis hebben ontwikkeld en beantwoorden ze stellingen van de CLASS enquête op een andere manier.

Gelukkig, is bij de testgroep is na het doornemen van de module biofysica een grote stijging te zien in categorie 7. Het aantal leerlingen dat het met een expert eens was op het gebied van zelfverzekerdheid bij het oplossen van opgaves, is van 36% omhoog gegaan naar 51%. Dit zou kunnen betekenen dat een context uit het dagelijkse leven ervoor zou kunnen zorgen, dat leerlingen de stof beter begrijpen en hierdoor zelfverzekerder de opgaves maken. De onderzoeken van Adams *et al.*, Semsar *et al.* en Brewe *et al.* laten ook stijgingen in het percentage favorable scores zien in bijvoorbeeld de categorieën persoonlijke interesse en de connectie van het vak met de echte wereld (Adams *et al.*, 2006 ; Brewe *et al.*, 2013 ; Semsar *et al.*, 2011). Volgens Semsar *et al.* zijn voor het verbeteren van de houding van leerlingen, pedagogische technieken nodig die zich specifiek richten op de epistemologie (Semsar *et al.*, 2011).

De open vragen van de laatste CLASS enquête gaven inzicht in de mening van 5 havo leerlingen over de module biofysica. Het is belangrijk dat bij het analyseren van de open vragen geen negatieve reacties over de module biofysica. Het opsporen van kanker met MRI aan het licht zijn gekomen; *‘Duidelijk, niet te ingewikkeld en goed gebracht d.m.v. een toepassing in het echte leven.’* Verder was het opvallend dat vooral meisjes het verband tussen de verschillende natuurwetenschappelijke vakken zijn gaan inzien; *‘Ja, ik ben veel ‘biologischer’ gaan kijken. Ik had de link tussen natuurkunde en biologie niet gelegd.’* Deze resultaten sluiten mooi aan bij de eisen van NiNa. De module biofysica sluit door de details en het nut van magnetisme voor de maatschappij aan bij de deelstrategen (vooral meisjes).

6.3 De context MRI

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal werd er ook aandacht besteed aan de context MRI. De onderzoeksvraag die hierbij hoorde luidde als volgt: *Kan MRI als context gebruikt worden in een module voor middelbare scholieren en begrijpen middelbare scholieren deze context?*

Dit onderzoek heeft aangetoond dat een context als MRI gebruikt kan worden in een module voor middelbare scholieren. Leerlingen in 5 havo vinden de context MRI in combinatie met het opsporen van kanker interessant, maar ook lastig om te begrijpen. Dit probleem kun je als docent verhelpen door gezamenlijk de werking van MRI te bespreken. Bij begrippen zoals spin up, spin down, Larmor frequentie en relaxatietijden moet je leerlingen als het ware aan de hand meenemen. Dit kost extra tijd, maar je krijgt er als docent ook wat voor terug. Leerlingen vinden het interessant en doen vol enthousiasme mee aan de onderwijs-leergesprekken. Door het gebruik van de context MRI en het opsporen van kanker kan worden aangesloten bij de beleavingswereld van leerlingen. Het is met behulp van de module gelukt om het natuurkundige concept van

magnetisme en MRI over te brengen. Leerlingen uit de testgroep hebben qua leerprestaties niet minder gescoord dan leerlingen uit de controlegroep.

Door het gebruik van de context MRI kon ook worden aangesloten bij het doel van NiNa om leerlingen voor te bereiden op het hoger beroepsonderwijs of het wetenschappelijk onderwijs. Het is gelukt om leerlingen een idee van wetenschappelijk onderzoek te geven met behulp van hoofdstuk 5 uit de module biofysica (Nieuwe detectiemethode). Uit de lesevaluaties is gebleken dat leerlingen veel vragen hadden betreffende natuurwetenschappelijk onderzoek en een vervolgstudie. Zo kwamen vragen langs zoals ‘*Wat moet je voor zo’n onderzoek kunnen, qua vakken?*’ en ‘*Welke opleiding zou je moeten volgen als je dit werk wilt doen?*’.

Dit onderzoek is in het laatste leskwartiel van de 5 havo leerlingen uitgevoerd. Het zou kunnen dat de module ze enigszins heeft gestimuleerd om zelf ook een natuurwetenschappelijke studie te gaan volgen. Om hier achter te komen is een namenlijst rondgegaan, waarop leerlingen hun vervolgstudie konden aangeven. Hieruit is gebleken dat 39% van de 5 havo leerlingen voor een technische of biologische vervolgopleiding heeft gekozen, 10% van de leerlingen wil volgend schooljaar naar 5 vwo en 51% van de leerlingen heeft gekozen voor een economische of culturele vervolgstudie. Veel leerlingen van de 39% die voor een technische of biologische vervolgopleiding hebben gekozen willen bouwkunde gaan studeren. Maar er zijn bijvoorbeeld ook een jongen en een meisje die medisch beeldvormende en radiotherapeutische technieken willen gaan studeren. Daarnaast zijn de vervolgstudies bio-informatica en biologie en medisch laboratoriumonderzoek populair onder de jongens en meisjes van 5 havo.

6.4 De module en de CLASS enquête

Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van een zelfgeschreven module en de CLASS enquête. Er zijn een aantal zaken die de betrouwbaarheid van de verkregen resultaten kunnen beïnvloeden.

Ten eerste heb ik dit Onderzoek van Onderwijs bij mijn eigen leerlingen uit 5 havo uitgevoerd. De helft van deze 5 havo klas heeft tijdens dit onderzoek gewerkt met een module die ik zelf heb geschreven voor het onderzoek. Daar komt ook nog bij dat ik voor dit onderzoek zelf de instructies en onderwijsleergesprekken heb verzorgd. Het zou zo kunnen zijn dat ik de leerlingen positief dan wel negatief heb beïnvloed. Werken leerlingen harder en beter, omdat ze weten dat ik de module heb geschreven? Zorgt mijn enthousiasme over het opsporen van kanker met MRI ervoor dat leerlingen het zelf ook leuk gaan vinden?

Onderzoekers geven verschillende reacties op eerder genoemde vragen. Zo stelt Gavriel Salomon dat media de leerprestaties kan beïnvloeden. Hij zegt dat televisie en films bijvoorbeeld een positief effect op het leren van leerlingen kunnen hebben, omdat je met deze media-attributen de details van onderwerpen veel beter kan toelichten en laten zien. Hier is Richard Clark het niet mee eens. In zijn artikel ‘Media will never influence learning’, stelt hij dat er in de afgelopen 70 onderzoeksjaren geen bewijs is gevonden dat media op zich (in welke vorm of onder welke conditie dan ook) de leerprestaties van leerlingen positief beïnvloedt (Clark, 1994). ‘*The media are mere vehicles that deliver instruction but do not influence student achievement any more than the truck*

that delivers our groceries causes changes in nutrition.' Clark stelt dat als de module biofysica door de context en de docent zou zorgen voor een verbetering van de leerprestaties, je moet afvragen of een andere methode tot dezelfde resultaten kan leiden. Ik ben het met Clark eens. De testgroep zou waarschijnlijk tijdens dit onderzoek niet anders gescoord hebben als iemand anders de module zou hebben geschreven. Daarnaast heb ik als docent geprobeerd om zowel de controlegroep als de testgroep even enthousiast les te geven.

Ten tweede kan de betrouwbaarheid van de enquête zelf in twijfel worden gebracht. Gelukkig, leveren de interne betrouwbaarheidsanalyses van de CLASS mooie interne correlaties en betrouwbaarheden op (Cronbachs alfa van 0,72). Deze resultaten komen overeen met de 'validity en reliability studies' van andere onderzoeken die de CLASS hebben gebruikt (Adams *et al.*, 2006 ; Semsar *et al.*, 2011).

De CLASS enquêtes zijn uniek in de manier waarop verschillen tussen de mening van beginners en experts gedetecteerd kunnen worden. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat leerlingen de CLASS-respons van een expert prima kunnen identificeren, maar dat ze desondanks de stellingen van de CLASS enquête naar eigen inzicht beantwoorden. Het maakt leerlingen bij het invullen van de enquête dus niet uit of hun antwoord overeenkomt met het antwoord dat een expert zal geven (Adams *et al.*, 2006 ; Gray *et al.*, 2008 ; Semsar *et al.*, 2011). Deze resultaten ondersteunen het idee dat de CLASS enquête 'student thinking' onderzoekt en weergeeft.

Ten derde zijn de omstandigheden van de verschillende onderzoeken anders. Zo wordt de CLASS in dit onderzoek, net zoals in het onderzoek van Adams *et al.* en Brewe *et al.* gebruikt voor het vak natuurkunde (Adams *et al.*, 2006 ; Brewe *et al.*, 2013). Maar in het onderzoek van Semsar *et al.* wordt de CLASS gebruikt voor het vak biologie (Semsar *et al.*, 2011). Het soort vak zorgt ervoor dat de formulering van de stellingen en de indeling van de stellingen per categorie anders is.

Daarnaast kunnen de duur van het onderzoek en het aantal leerlingen dat meedoet aan het onderzoek de CLASS resultaten beïnvloeden. Dit onderzoek werd uitgevoerd in twee weken en het aantal leerlingen dat meedeed was 31. De onderzoeken van Adams *et al.*, Semsar *et al.* en Brewe *et al.* beslaan semesters of zelfs meerdere jaren (Adams *et al.*, 2006 ; Brewe *et al.*, 2013 ; Semsar *et al.*, 2011). In tegenstelling tot de 31 leerlingen die bij dit onderzoek de CLASS enquêtes hebben ingevuld, hebben honderden of duizenden leerlingen dat gedaan in de andere onderzoeken.

Als laatste kan worden aangehaald, dat tijdens dit onderzoek van onderwijs de CLASS enquête is vertaald naar het Nederlands. Hierdoor zou de insteek van een stelling uit de CLASS kunnen veranderen. Dit zou de resultaten ook kunnen beïnvloeden.

Dankwoord

Ik zou graag de volgende mensen die hebben bijgedragen aan dit verslag willen bedanken, in willekeurige volgorde:

Mijn 5 havo groep van Het Erasmus te Almelo, voor het tonen van veel enthousiasme en inzet tijdens de lessen, het maken van de toetsen en het invullen van de enquêtes.

Meneer Pol, voor het begeleiden van dit onderzoek; de hulp, correcties en nuttige discussies.

De sectie natuurkunde van Het Erasmus, voor alle hulp en tips.

Mevrouw Snelder, voor het gebruik mogen maken van de vragenlijst magnetisme.

Meneer van der Veen, voor het deelnemen en beoordelen van dit Onderzoek van Onderwijs.

8 Literatuurlijst

Adams, W.K., et al., (2006), *New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey*, Physical Review Special Topics, Physics Education Research **2**, p. 1-14.

Barker, V., and R. Millar, (1996), *Differences between Salters and traditional A-level chemistry students understanding of basic chemical ideas*, Science Education Research Paper, **96**(5).

Bennett, J. and F. Lubben, (2006), *Context-based chemistry: The Salters approach*, International Journal of Science Education, **28**(9), p. 999-1015.

Bennett, J., et al., (2005), *Context-based and conventional approaches to teaching chemistry: Comparing teachers views*, International Journal of Science Education, **27**(13), p. 1521-1547.

Brewe, E., et al., (2013), *Extending positive CLASS results across multiple instructors and multiple classes of Modeling Instruction*, Physical review special topics, Physics Education Research **9**, p. 1-10.

Bruning, L. en B. Michels, (2013), *Concept-contextvenster: Zicht op de werksamenwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs*, SLO, p. 1-59.

Centraal Bureau voor de Statistiek, (3 mei 2013), *Voortgezet onderwijs; geslaagden naar onderwijssoort*.

CITO, (2011), *Spoel van koperdraad*, Centraal Examen natuurkunde vwo, opgave 3: tijdvak 2.

CITO, (2005), *Magneten*, Centraal Examen natuurkunde vwo 1,2, opgave 4: tijdvak 2.

Clark, R.E., (1994), *Media will never influence learning*, ETR&D, **42**(2), p. 21-29.

Driessen H.P.W., et al., (2003), *Chemie tussen context en concept: Ontwerpen voor vernieuwing*, Commissie Vernieuwing Scheikunde Havo en Vwo, p. 1-49.

Genderen, D. van, (1985), *Context als β -didactisch begrip*, Tijdschrift Didactiek β -wetenschappen **3**(3), p. 183-194.

Gray, K.E., et al., (2008), *Students know what physicists believe but they don't agree: a study using the CLASS survey*, Physical review special topics, Physics Education Research **4**, p. 1-10.

Halloun, I., (2001), *Student views about science: A comparative survey*, Phoenix Series, Educational Research Center, Lebanese University, p. 1-68.

Hooyman, K., (2012), *Mesjes, jongens en natuurkunde*, Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde, Nederlandse Natuurkundige Vereniging, nummer 12.

Lijnse, P., (2007), *Is natuurkunde in context leerbaarder?*, NVOX, p. 323-325.

- Lindler, B., et al., (2009), *Medische Beeldvorming*, Nieuwe Natuurkunde, p. 1-87.
- Mazur, E., (1996), *Peer Instruction: A User's Manual*, Addison-Wesley.
- Osborne, J. and J. Dillon, (2008), *Science Education in Europe: Critical Reflections*, Nuffield Foundation, King's College London, p. 1-30.
- Semsar, K., et al., (2011), *The Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS) for Use in Biology*, CBE, Life Science Education **10**, p. 268-278.
- Snelder, M., (2014), *Vragenlijst Magnetisme*, Universiteit Twente, Faculteit Gedragswetenschappen.
- Stichting Exaktueel, (2008), *Krachtigste magneet*, bron: Technisch Weekblad.
- Veen, T. van der, en J. van der Wal, (2012), *Van leertheorie naar onderwijspraktijk*, Noordhoff Uitgevers, 5e druk.
- VhTo, Landelijk Expertisebureau meisjes/vrouwen en bèta/techniek, (2007-2010), *Meiden en wetenschap en techniek: van tegenpolen tot aantrekkingskracht*, VTB-Pro: Professionalisering in wetenschap en techniek, Platform Bèta Techniek, p. 1-28.
- Weert, Ch. G. van, et al., (2006), *Natuurkunde leeft: visie op het vak natuurkunde in havo en vwo*, Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, p. 1-82.
- <http://www.natuurkunde.nl/zoeken/doSearch.do>, (2014).

Appendices

1 Toets 1

Proefwerk 5H Nat magnetisme februari 2014

- Toegestane hulpmiddelen zijn: schrijfgerei, (grafische) rekenmachine.
- Houd bij alle opgaven rekening met significantie.
- Schrijf de formules en berekeningen (overzichtelijk) op.

- Er zijn in 2 opgaven, met 17 vragen.

Het is belangrijk dat je bij alle vragen een antwoord geeft.

Opgave 1 Magneetveld

1. Wat is de eenheid van de magnetische veldsterkte?

- a) Newton
- b) Joule
- c) Ampère
- d) Tesla

2. Leg in je eigen woorden in **1 à 2 zinnen** uit wat een dipool is.

.....

.....

.....

.....

3. Een kompas wordt in een homogeen magnetisch veld geplaatst. Wat is de nettokracht op de kompasnaald?

.....

.....

.....

.....

4. Als je stroom door een stroomdraad of spoel laat lopen, wordt een magneetveld gecreëerd. Leg in **1 à 2 zinnen** uit wat bij een magneetstaaf zorgt voor het magneetveld.

(Je hoeft niet uit te leggen waarom datgene een magneetveld veroorzaakt.)

.....

.....

.....

.....

Z.O.Z.

In figuur 1 zie je een draad waar stroom door loopt, gewikkeld om een kartonnen koker.



Figuur1

5. Leid af of de erbij geplaatste magneet wordt aangetrokken of afgestoten door de stroomspoel. (*S staat voor zuidpool.*)

.....

.....

.....

.....

Figuur1 is slechts een schets. In werkelijkheid bestaat de spoel uit 200 tegen elkaar liggende windingen. De gebruikte draad is 0,50 mm dik. De kartonnen koker is 15 cm lang. De stroomsterkte in de spoel is 5,2 mA.

6. Bereken de magneetveldsterkte in het midden van de spoel ten gevolge van de stroom door de draad.

.....

.....

.....

.....

7. Kosmische straling (de kernen van atomen, zonder de elektronen) zou continu het aardoppervlak bombarderen als het magneetveld van de aarde deze straling niet zou afbuigen. Neem aan dat de aarde een magnetische dipool is. Waar aan het aardoppervlak is de intensiteit van de kosmische straling het grootst?

- a) Polen.
- b) De zijkanen van de aarde.
- c) Evenaar.



Z.O.Z.

Opgave 2 Magneten, stroomdraden en spoelen

Jules legt op een tafel twee magneten tegenover elkaar zoals is weergegeven in figuur 2a. Op een andere tafel legt hij twee spoelen tegenover elkaar, zie figuur 2b.

8. Wat is het effect van de twee magneten op elkaar?

- a) Ze stoten elkaar af.
- b) Ze trekken elkaar aan.
- c) Er gebeurt niks. Ze blijven op dezelfde plek liggen.

9. Wat is het effect van de twee spoelen op elkaar?

- a) Ze stoten elkaar af.
- b) Ze trekken elkaar aan.
- c) Er gebeurt niks. Ze blijven op dezelfde plek liggen.

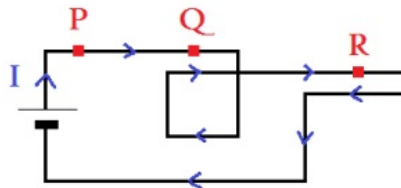


Figuur 2a



Figuur 2b

Een batterij zorgt voor een stroom door de stroomkring in figuur 3. Een kompasnaald wordt in de stroomkring geplaatst op de punten P, Q en R.



10. Wanneer heeft de kompasnaald de grootste uitwijking? De antwoorden staan van groot naar klein:

- a) P, Q, R.
- b) Q, R, P.
- c) R, Q, P.
- d) P, R, Q.
- e) Q, P, R.

Z.O.Z.

- 11.** Op een computerchip zitten twee geleidende strips. Strip 1 geleidt stroom van P naar Q en strip 2 geleidt stroom van R naar S. Als de stroomrichting wordt omgedraaid in beide strips, wat gebeurt er dan met de magnetische nettokracht van strip 1 op strip 2?
- deze blijft hetzelfde.
 - draait om.
 - verandert in sterkte, maar niet in richting.
 - verandert in een andere richting.
 - anders

- 12.** Waar staat MRI voor?

.....

.....

.....

.....



- 13.** Leg in je eigen woorden uit hoe een MRI-scanner werkt.

.....

.....

.....

.....

Een MRI apparaat maakt gebruik van een magneetveld met een veldsterkte van 1,5 T. Daarvoor loopt door de spoel die bestaat uit 200 windingen met een diameter van gemiddeld 70 cm, een stroomsterkte van $6,2 \cdot 10^3$ A. Een dergelijke stroomsterkte is alleen mogelijk als de spoel supergeleidend is, dat wil zeggen een te verwaarlozen weerstand heeft.

- 14.** Bereken wat bij kamertemperatuur het vermogensverlies zou zijn geweest bij deze stroomsterkte als de spoel gemaakt zou zijn uit dik koperdraad met een doorsnede van $1,0 \text{ cm}^2$.

.....

.....

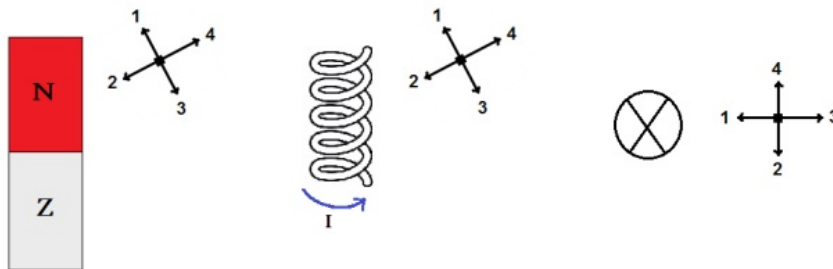
.....

.....

Z.O.Z.

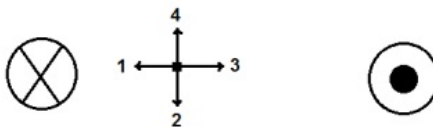
15. Josje heeft een magneetstaaf, een spoel en een rechte stroomdraad, zie figuur 3. Bij de stroomdraad loopt de stroom loodrecht in het papier (cirkel met kruis). Josje pakt vervolgens een kompas. In welke richting wijst het kompas bij:

- de magneetstaaf in het punt waar de pijlen getekend zijn? Kies 1,2,3 of 4.
- de spoel in het punt waar de pijlen getekend zijn? Kies 1,2,3 of 4.
- de stroomdraad in het punt waar de pijlen getekend zijn? Kies 1,2,3 of 4.



Figuur 3.

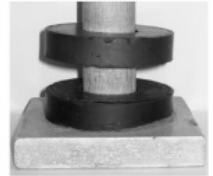
16. Vervolgens pakt Josje twee stroomdraden waarbij één een stroomrichting heeft die uit de pagina komt (cirkel met stip in het midden) en de andere een stroomrichting heeft die in de pagina gaat (cirkel met kruis). Zie figuur 4. Wat is de richting die haar kompas aangeeft op de aangegeven plek? Kies 1,2,3 of 4.



Figuur 4.

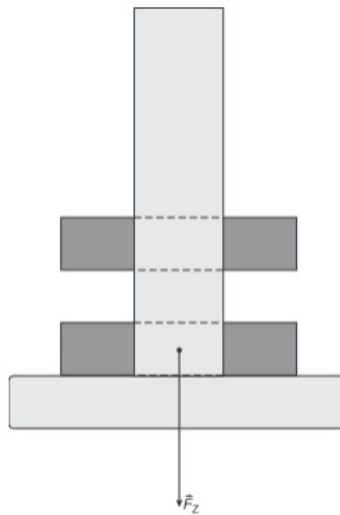
Z.O.Z.

17. In de foto hiernaast zie je twee identieke, ringvormige magneten om een houten stok. De bovenste magneet zweeft doordat de noordpolen van de magneten naar elkaar toe zijn gericht.



In figuur 5 is een doorsnede van deze ringen getekend. De zwaartekracht die op de onderste magneet werkt is getekend als de vector $\vec{F}_Z$. De magneten hebben gelijke massa.

Teken in figuur 5 alle overige krachten die op de onderste magneet werken in de juiste verhouding tot de getekende vector $\vec{F}_Z$.
(Je hoeft daarbij niet te letten op het aangrijpingspunt van de krachten.)



Figuur 5

EINDE.....

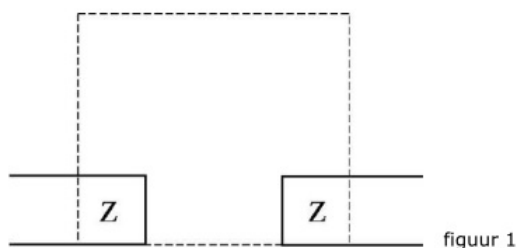
2 Toets 2

Proefwerk 2 5H Nat magnetisme februari 2014

- Toegestane hulpmiddelen zijn: schrijfgerei, (grafische) rekenmachine en BINAS.
- Houd bij alle opgaven rekening met significantie.
- Schrijf de formules en berekeningen (overzichtelijk) op.
- Er zijn in 3 opgaven, met 18 vragen. Er zijn 38 punten te verdienen.
Het is belangrijk dat je bij alle vragen een antwoord geeft.

Opgave 1 Magneetveld

In figuur 1 bevinden zich twee zuidpolen van twee magneten tegenover elkaar.



- 3p** Teken binnen de stippellijnen tenminste 8 veldlijnen die het aanwezige magneetveld weergeven.
- 3p** Noem drie belangrijke eigenschappen van magnetische veldlijnen.
.....
.....
.....
.....
- 3p** Ga voor jezelf na of een MRI-scanner een permanente of een tijdelijke magneet is. Leg vervolgens uit hoe het magnetisch veld van een MRI-scanner wordt opgewekt.
.....
.....
.....
.....

Z.O.Z.

Bekijk onderstaande poster.



Het magneetveld kan constant zijn of wisselend. Neem aan dat het magneetveld constant is en dat de piercings van ijzer zijn gemaakt.

4. 2p Waar bevindt zich dan de magneet? Leg uit.

.....

.....

.....

.....

Z.O.Z.

5. **2p** Bevindt een noordpool of een zuidpool zich het dichtst bij de persoon of weet je dat niet?

.....

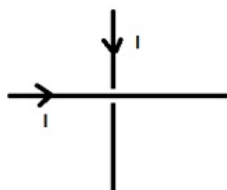
.....

.....

.....

Opgave 2 Stroomdraden, spoelen en permanente magneten

6. **1p** Twee lange, vaste draden kruisen elkaar loodrecht. De twee draden raken elkaar niet aan, maar ze liggen wel dicht bij elkaar. Zie figuur 2. Door beide draden loopt een evengrote stroom in de aangegeven richting. Geef in figuur 2 aan waar de magnetische nettokracht nul is.



figuur 2

Een 12,6 m lange koperdraad wordt dubbel gevouwen en vijftig keer om een koker met een diameter van 4 cm gedraaid.
De koperdraad is 0,6 mm dik. De honderd windingen vormen een spoel van 10 cm lengte. Door de koperdraad sturen we een stroom van 10 mA.

7. **3p** Bereken de sterkte van het magneetveld in de spoel.

.....

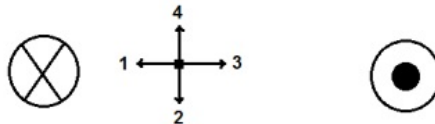
.....

.....

.....

Z.O.Z.

8. **1p** Emma pakt twee stroomdraden waarbij één een stroomrichting heeft die uit de pagina komt (cirkel met stip in het midden) en de andere een stroomrichting heeft die in de pagina gaat (cirkel met kruis). Zie figuur 3. Wat is de richting die haar kompas aangeeft op de aangegeven plek? Kies 1,2,3 of 4.

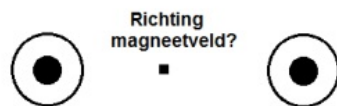


Figuur 3.

.....

.....

9. **2p** Emma draait de stroom van de linkerdraad om. Zie figuur 4. Wat is nu het magneetveld precies in het midden tussen de draden? Leg je antwoord kort uit.



Figuur 4.

.....

.....

.....

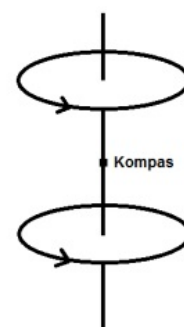
.....

10. **1p** Bekijk figuur 5. Max heeft twee stroomkringen bij elkaar gelegd. Hij legt zijn kompas in het midden tussen de twee stroomkringen. Wat is de richting die het kompas aangeeft?

- a) Het kompas wijst naar rechts.
 b) Het kompas wijst naar links.
 c) Het kompas wijst omhoog richting de bovenste stroomkring.
 d) Het kompas wijst naar beneden richting de onderste stroomkring.
 e) Het kompas geeft geen richting aan.

.....

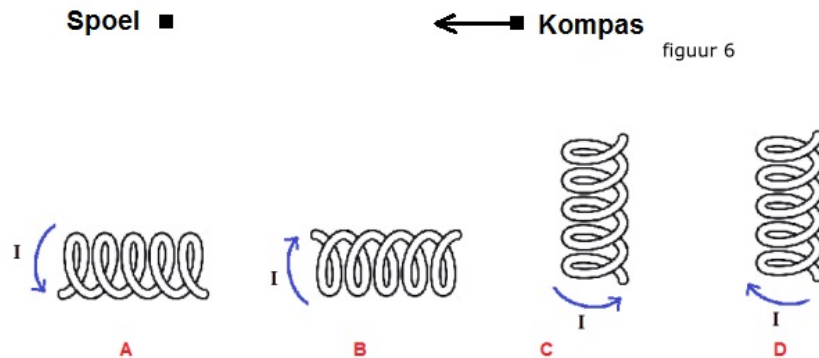
.....



figuur 5

Z.O.Z.

11. 1p Tom pakt een spoel en wil een magneetveld hebben zodat zijn kompas de richting aangeeft zoals getekend in figuur 6. In figuur 6 is aangegeven waar Tom de spoel neerzet. Hoe moet hij de spoel neerzetten en wat is de richting van de stroom? Kies a,b,c of d.

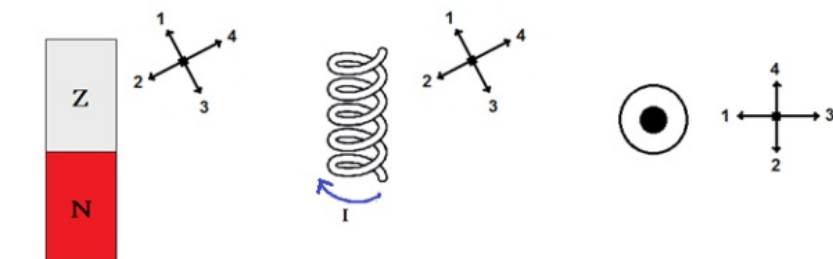


12. 3p Julia pakt een magneetstaaf, een spoel en een stroomdraad samen met een kompasnaald, zie figuur 7. De kompasnaald ligt in het midden van het kruis met de pijlen. In welke richting wijst de kompasnaald in het geval van:

a) de magneetstaaf. Kies 1,2,3 of 4.

b) de spoel. Kies 1,2,3 of 4.

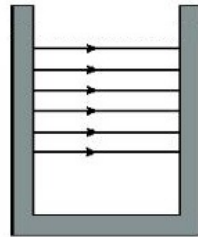
c) de stroomdraad. Kies 1,2,3 of 4.



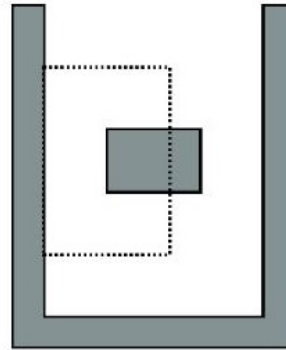
figuur 7

Z.O.Z.

In figuur 8 is de doorsnede van een permanente, hoefiizervormige magneet getekend met een



figuur 8



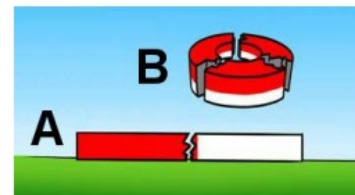
figuur 9

13. 1p Geef in figuur 8 aan welke kant van de magneet de zuidpool is.

Dezelfde magneet is in figuur 9 opnieuw getekend. De noordpool en zuidpool liggen op dezelfde plaats als in figuur 8. Tussen de polen hebben we een stuk ijzer gelegd.

14. 2p Schets in figuur 9 het magneetveld binnen het gestippelde kader.

15. 2p Bekijk de gebroken magneten in figuur 10. Waarom kun je de brokstukken van magneet A nog wel, maar die van magneet B *niet* meer tegen elkaar aanleggen?



figuur 10

.....

.....

.....

.....

Z.O.Z.

Opgave 3 MRI

Een MRI apparaat maakt gebruik van een magneetveld van 1,5 T. Daarvoor loopt door de spoel die bestaat uit 600 windingen met een diameter van gemiddeld 70 cm, een stroomsterkte van 6,2 kA.

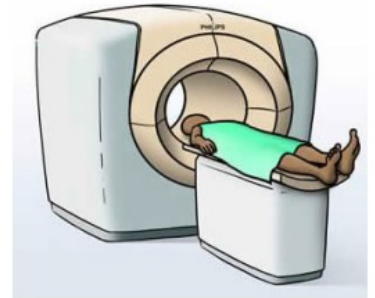
16. 2p Bereken de lengte van de gebruikte koperdraad in dm.

.....

.....

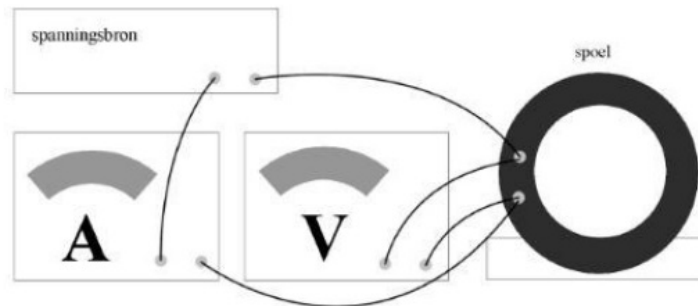
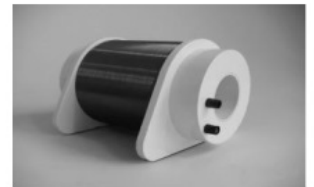
.....

.....



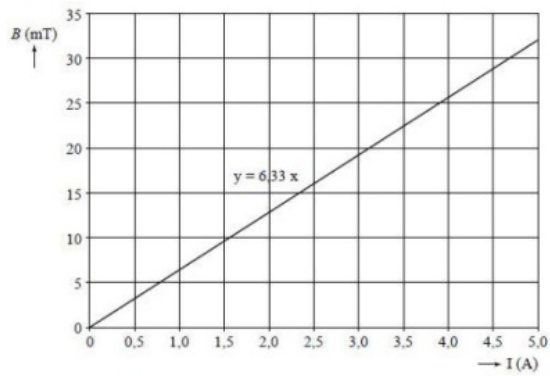
Henk en Nina krijgen van hun natuurkundeleraar een mini MRI-scanner met de opdracht de lengte van de spoeldraad te bepalen. De spoel mag niet afgewikkeld worden.

Het plan van Henk en Nina is om de magnetische veldsterkte van de spoel te meten en met behulp daarvan ook de draadlengte te berekenen. Ze gebruiken de schakeling van figuur 11 en schuiven een magneetveldsensor midden in de spoel. Ze meten de magnetische veldsterkte B als functie van de stroomsterkte I . De meetpunten staan in de grafiek van figuur 12. Door de meetpunten is een rechte lijn door de oorsprong getrokken.



figuur 11

Z.O.Z.



figuur 12

17. **3p** Leg uit op grond van de theorie (een formule uit BINAS) waarom dit de juiste keuze is en waarom de grafiek een rechte lijn is.

.....

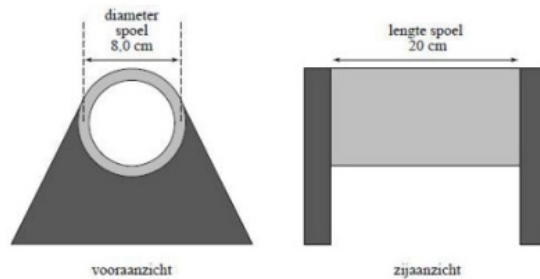
.....

.....

.....

De vergelijking van de getrokken lijn (trendlijn) staat bij de grafiek van figuur 12. Om hiermee de lengte van het koperdraad te berekenen is het nodig om de afmetingen van de spoel te weten. Deze staan weergegeven in figuur 13.

figuur 13



18. **5p** Bepaal hoe groot de draadlengte is die uit deze gegevens volgt.

.....

.....

.....

.....

EINDE.....

3 Enquête

CLASS – enquête voor “Onderzoek van Onderwijs”

Inleiding

Hieronder staan 42 stellingen en 3 open vragen die jouw mening over het leren van natuurkunde al dan niet weergeven. Je wordt gevraagd om elke stelling te beoordelen door een getal tussen de 1 en 5 te kiezen. De betekenis van deze getallen staat hieronder:

1. Helemaal oneens
2. Oneens
3. Neutraal
4. Mee eens
5. Helemaal mee eens

Kies het getal dat het beste jouw mening weergeeft over de stelling. Als je een stelling niet snapt, dan sla je de stelling over en vul je niets in. Als je geen duidelijke mening hebt bij een stelling, kies dan 3.

Deze enquête mag je anoniem invullen. De gegevens worden uitsluitend voor het afstudeeronderzoek gebruikt.

Algemene informatie

- Ik ben een o man o vrouw
- Ik ben jaar
- Wat is je gemiddelde cijfer op dit moment voor natuurkunde?

De stellingen

1. Een belangrijk probleem bij het leren van natuurkunde is dat ik in staat moet zijn alle informatie uit mijn hoofd te leren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

2. Als ik een natuurkundevraag aan het oplossen ben, dan probeer ik te schatten wat een redelijke waarde is voor het antwoord.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

3. Ik mijn dagelijkse leven denk ik aan natuurkunde.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

4. Het is voor mij nuttig om heel veel opgaves te maken als ik leer voor natuurkunde.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

5. Wanneer ik klaar ben met het bestuderen van een onderwerp bij natuurkunde en ik denk dat ik het begrijp, heb ik moeite met het oplossen van opgaves die over dat onderwerp gaan.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

6. Natuurkundige kennis bestaat uit vele onsamenhangende onderwerpen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

7. Doordat natuurkundigen meer leren, zullen de meeste natuurkundige ideeën die we vandaag de dag gebruiken waarschijnlijk niet waar zijn.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

8. Als ik een natuurkunde opgave oplos, zoek ik een formule waarin de variabelen staan die zijn gegeven in de opgave en vul ik de waardes in.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

9. Ik vind het tot in detail doorlezen van de tekst een goede manier voor mij om natuurkunde te leren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

10. Er is vaak maar één goede benadering voor het oplossen van een natuurkunde opgave.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

11. Ik ben niet tevreden totdat ik begrijp waarom sommige dingen werken zoals ze werken.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

12. Ik kan geen natuurkunde leren als de docent dingen niet goed uitlegt in de klas.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

13. Ik verwacht niet dat natuurkundige formules mij helpen om de theorie te snappen; de formules zijn er alleen voor de berekeningen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

14. Ik heb natuurkunde om kennis op te doen die handig kan zijn in mijn leven buiten school.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

15. Als ik na één poging vastloop bij een natuurkunde opgave, dan probeer ik meestal een andere manier te vinden die wel werkt.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

16. Bijna iedereen is in staat om natuurkunde te begrijpen als je er maar voor werkt.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

17. Het begrijpen van natuurkunde betekent in principe in staat zijn om iets wat je hebt gelezen of gezien te herinneren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

18. Als ik twee verschillende manieren gebruik voor een opgave, kunnen er twee verschillende, juiste waarden als antwoord uitkomen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

19. Om natuurkunde te begrijpen bespreek ik het met vrienden en andere leerlingen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

20. Ik besteed niet meer dan vijf minuten aan een opgave waarbij ik vastloop, alvorens ik het opgeef of ik hulp vraag aan iemand anders.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

21. Als ik een bepaalde formule niet meer kan herinneren die nodig is voor het oplossen van een opgave tijdens een toets, dan is er weinig dat ik kan doen (legaal!) om het me te herinneren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

22. Als ik een methode voor het oplossen van een bepaalde natuurkunde opgave wil gebruiken voor een andere opgave, dan moeten de opgaves bijna dezelfde situaties bevatten.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

23. Als bij het maken van een natuurkunde opgave mijn berekeningen tot een resultaat leiden dat heel anders is dan ik had verwacht, dan vertrouw ik op de berekening in plaats van dat ik de opgave nog een keer doorneem.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

24. Bij natuurkunde is het belangrijk voor mij dat ik eerst de formules begrijp, voordat ik ze op de juiste manier kan gebruiken.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

25. Ik vind het leuk om natuurkunde opgaves op te lossen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

26. Bij natuurkunde drukken wiskundige formules belangrijke relaties tussen meetbare grootheden uit.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

27. Het is belangrijk voor de overheid om nieuwe wetenschappelijke ideeën goed te keuren, voordat men ze kan accepteren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

28. Het leren van natuurkunde verandert mijn ideeën over hoe de wereld werkt.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

29. Om natuurkunde te leren moet ik alleen de uitwerkingen van voorbeeldopgaves uit het hoofd leren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

30. Beredeneervaardigheden die nodig zijn om natuurkunde te begrijpen, kunnen handig zijn in mijn dagelijkse leven.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	0	0	0	0	0	

31. Deze vraag wordt gebruikt om te controleren of iedereen de vragen van deze enquête wel leest. Kruis alsjeblift vakje 4 (mee eens) aan.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

32. Het is zonde van de tijd om veel tijd te besteden aan het begrijpen waar formules vandaan komen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

33. Ik vind het analyseren van een paar opgaves tot in detail een goede manier voor mijzelf om natuurkunde te leren.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

34. Meestal kan ik een manier vinden om natuurkunde opgaves op te lossen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

35. Het vak natuurkunde heeft weinig betrekking op wat ik ervaar in de echte wereld.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

36. Er zijn momenten dat ik een natuurkunde opgave op meer dan één manier oplos om het beter te begrijpen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

37. Om natuurkunde te begrijpen, denk ik soms aan mijn persoonlijke ervaringen en relateer deze aan het onderwerp waar we op dat moment mee bezig zijn.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

38. Het is mogelijk om natuurkundige ideeën uit te leggen zonder wiskundige formules.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

39. Als ik een natuurkunde opgave oplos, dan denk ik expliciet aan natuurkundige ideeën die bij die opgave horen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

40. Als ik vastloop bij een natuurkunde opgave, dan is het onmogelijk dat ik het toch in mijn eentje oplos.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

41. Het is mogelijk dat natuurkundigen nauwkeurig hetzelfde experiment uitvoeren en twee verschillende, maar toch correcte resultaten krijgen.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

42. Als ik voor natuurkunde leer, dan relateer ik de belangrijke informatie aan hetgeen wat ik al weet, in plaats van de informatie te onthouden zoals het gepresenteerd wordt.

helemaal oneens	1	2	3	4	5	helemaal mee eens
	☐	☐	☐	☐	☐	

Z.O.Z. -----

Open vragen

1. Wat vind jij van het boekje "Het opsporen van kanker met MRI"?

.....
.....
.....
.....

2. Heeft het boekje "Het opsporen van kanker met MRI" jouw kijk op natuurkunde en natuurwetenschappelijke vakken op enige wijze veranderd?

.....
.....
.....
.....

3. Zou jij een patiënt als Charles of Estelle onderzoeken met een huidige methode (blauwe kleurstof of radioactieve stof) of zou jij jouw patiënt wel willen onderzoeken met een nieuwe methode die net goedgekeurd is door de overheid (MRI met een magnetische contrastvloeistof)?

.....
.....
.....
.....

-Einde-

Bedankt voor het invullen van deze enquête!

4 PowerPoint sheets



Wat we vandaag gaan doen:

- › Wat is kanker?
- › Detectie-methodes en behandelingen
- › Opgaves van §2.5 en §3.3

Stel je voor.....

- › dat jij een onderzoeker op het ziekenhuis bent
- › Qua werk zit jij tussen de artsen en de technische dienst in



Stel je voor.....

- › Een arts van de afdeling oncologie komt naar jou toe met 2 patiënten:

Charles en Estelle



Stel je voor.....

- › **Charles** is een man van 30 jaar
- › De arts van de afdeling oncologie heeft vastgesteld dat hij **dikkedarmkanker** heeft



Stel je voor.....

- › **Estelle** is een vrouw van 48 jaar
- › De arts van de afdeling oncologie heeft vastgesteld dat zij **borstkanker** heeft



Stel je voor.....

- De arts van de afdeling oncologie komt naar jou toe, omdat hij wil weten of de kanker is **uitgezaaid**
- Maar hij wil zijn patiënten niet aan onnodige detectiemethodes blootstellen !!
- Dus ben jij aan zet!



Stel je voor.....

- Wat is kanker precies?
- Hoe spoor je uitzaaiingen op?
- Wat is de veiligste manier?



Wat is kanker?

- Wat denken jullie?



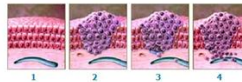
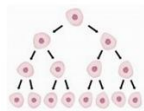
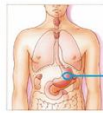
Wat is kanker?

- Kanker** = verzamelnaam voor meer dan 100 verschillende ziekten
- (borstkanker, dikkedarmkanker, longkanker, prostaatkanker, baarmoederhalskanker, etc.)
- 1 ding gemeen → **ongeremde celdeling**



Wat is kanker?

- ongeremde celdeling:**



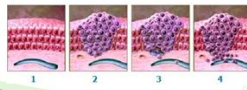
Wat is kanker?

- Tumor = gezwel**
- Het kan **puur toeval** zijn dat de celdeling fout gaat
- Je kan ook een **erfelijke aanleg** hebben
- Je hebt ook zelf een bepaalde **invloed**: roken, zonnebaden, etc.



Wat is kanker?

- › **Goedaardige tumor** = de tumorcellen blijven op één vaste plek in het lichaam
- › **Kwaadaardige tumor** = tumorcellen dringen omliggende weefsels binnen of verspreiden zich via de bloedvaten of lymfevaten



Wat is borstkanker?

- › Als Nederlandse vrouw heb je een kans van 1 op 8 om net zoals Estelle borstkanker te krijgen.
- › Voor vrouwen staat borstkanker op nummer 1
- › 15000 mensen krijgen ieder jaar in NL te horen dat ze borstkanker hebben



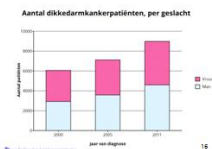
Wat is borstkanker?

- › Borstkanker ontstaat in het borstweefsel
- › Melkkanaal → ductaalcarcinoom
(*carcinoom is kwaadaardige tumor*)
- › Melkkliertje → lobulaircarcinoom



Wat is dikkedarmkanker?

- › Bij Nederlandse mannen staat dikkedarmkanker op de 3^e plaats
- › Ongeveer 13000 mensen krijgen per jaar in NL te horen dat ze dikkedarmkanker hebben



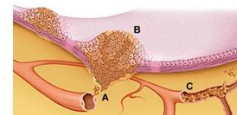
Wat is dikkedarmkanker?

- › Dikkedarmkanker ontstaat in de kleine poliepen aan de binnenwand van de darm
- › Poliep = ballonvormig gezwel (goedaardig)
- › Kwaadaardige poliepen groeien door de darmwand



Detectie

- › Hoe worden uitzaaiingen opgespoord?



Detectie

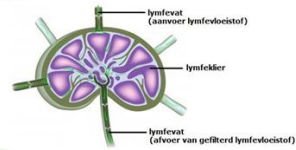
- › Het is voor de patiënt belangrijk dat de kanker snel wordt gedetecteerd en behandeld.
- › Voor het verloop van de ziekte is de **lymfeklierstatus** het belangrijkste
- › Lymfeklierstatus:
 - 1) aanwezigheid van kankercellen in de lymfeklier
 - 2) aantal klieren met kankercellen



19

Detectie

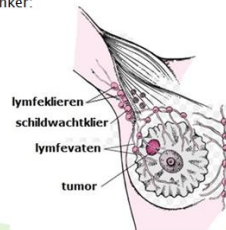
- › Lymfeklier = boonvormig orgaan
- › Lymfeklier = filtersysteem
- › Eerste klier die de kankercellen passeren → **schildwachtklier**



20

Detectie

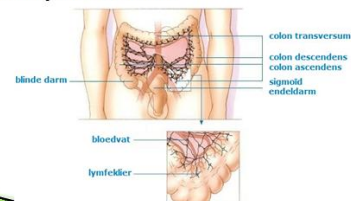
- › Lymfeklier bij borstkanker:



21

Detectie

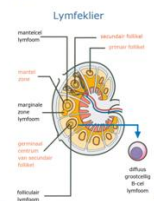
- › Lymfeklier bij dikkedarmkanker:



22

Detectie

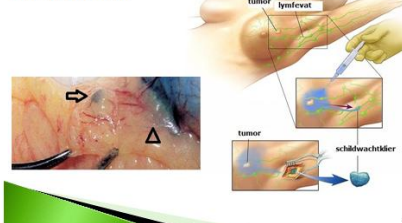
- › Als je dus wilt weten of de kanker is uitgezaaid, moet je de schildwachtklieren controleren op kankercellen !!



23

Detectie - manier 1

- › Blauwe vloeistof



24

Detectie – manier 2

- ▶ Radioactieve stof



25

Detectie

- ▶ Wat zijn de voordelen en nadelen van deze manieren van detectie?



26

Huiswerk

- ▶ De opgaves van §2.5 en §3.3



27



Magnetisme

5 havo – 2^e les boekje

Wat we vandaag gaan doen:

- › Wat is magnetisme?
- › Elektromagnetisme
- › MRI

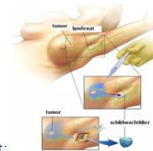
Vorige les:

- › Weten we het nog?
- › **Onze patiënten:**
 - 1) Charles – dikkedarmkanker
 - 2) Estelle – borstkanker



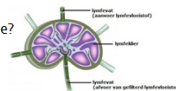
Vorige les:

- › Weten we het nog?
- › **Detectie van lymfeklieren met:**
 1. blauwe vloeistof
 2. radioactieve stoffen



Magnetisme

- › Je wilt dat jouw patiënten Charles en Estelle zo min mogelijk **risico** lopen
- › Is er nog een **derde methode** om uitzaaiingen in lymfeklieren op te sporen?
- › Je leest als onderzoeker jouw vakbladen en je komt een onderzoek met **MRI** tegen...
- › Is dit wat voor Charles en Estelle?



Magnetisme

- › Als je de werking van MRI wilt begrijpen, moet je eerst iets weten over magnetisme...

- › Waar denken jullie aan bij magneten?



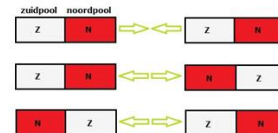
Magnetisme

- Waar denken jullie aan bij magneten?



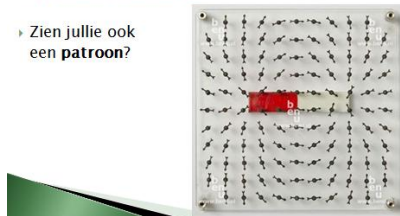
Magnetisme

- Magneten kunnen dankzij hun **polen** krachten op elkaar uitoefenen



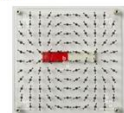
Magnetisme

- Magneten kunnen ook krachten uitoefenen op andere voorwerpen
- Zien jullie ook een **patroon**?



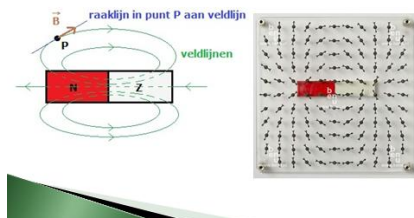
Magnetisme

- In de ruimte om de magneet is een **magnetisch veld** aanwezig
- Dit veld zorgt voor de **krachtwerking** tussen de magneet en de kompasnaaldjes
- Een magneetveld bestaat uit **veldlijnen**



Magnetisme

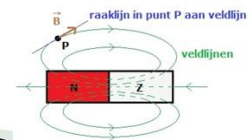
- Magnetisch veld en veldlijnen:



Magnetisme

- Een magneetveld is sterker als de veldlijnen dichter bij elkaar zitten
- De sterkte van een magneetveld = **magnetische inductie**

$$\vec{B} \text{ [Tesla] of [T]}$$

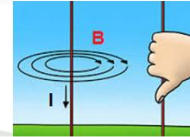


Permanente magneten



Tijdelijke magneten

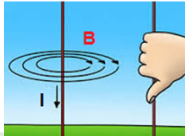
- Tijdelijke magneten worden gemaakt met **stroom**
- Als je een stroom door een stroomdraad laat lopen, kun je een magneetveld opwekken
- De **veldlijnen** van het opgewekte magneetveld zijn **cirkels** die om de stroomdraad lopen



Tijdelijke magneten

- Richting** van het **magneetveld B** kun je vinden met de **rechterhandregel voor een stroomdraad** !!

- Duim → wijst in de richting van de stroom
- Overige 4 vingers → krom je denkbeeldig om de draad
- De vingertoppen van de gekromde vingers geven de richting aan !!



Tijdelijke magneten

- Richting** van het **magneetveld B** is vaak lastig aan te geven met woorden...

- Daarom gebruiken we **symbolen**!

- De richting loodrecht het papier in = kruisje
- De richting loodrecht uit het papier = dikke stip
- Bij stroom wordt om het symbool (kruisje of stip) een rondje gezet



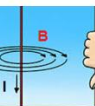
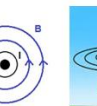
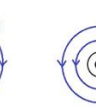
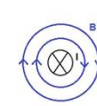
Tijdelijke magneten

- Richting** van het **magneetveld B** – zijaanzicht



Tijdelijke magneten

- Richting** van het **magneetveld B** – bovenaanzicht



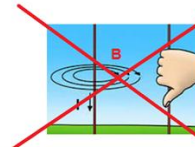
Tijdelijke magneten

- › Voorbeelden van tijdelijke magneten:



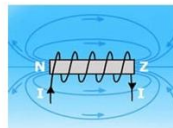
Tijdelijke magneten

- › De MRI-scanner die je misschien voor Charles en Estelle zou gebruiken bestaat natuurlijk **niet** uit één enkele draad waar je een stroom door laat lopen !!

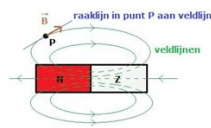


Tijdelijke magneten

- › De MRI-scanner bestaat uit een hele lange, gewikkelde draad → **spoel**



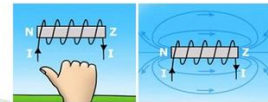
- › Spoel = elektromagneet



Tijdelijke magneten

- › Richting van het magneetveld bij een spoel:
- › **Rechterhandregel** voor een spoel

1. De gekromde vingers volgen de windingen van de spoel
→ De vingers wijzen in de richting van de stroom
2. De gestrekte duim wijst de richting van het magneetveld aan !!



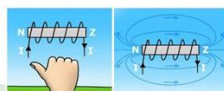
Tijdelijke magneten

- › De grootte van het magneetveld:

- › Magnetische inductie, B [T]

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

- › N = aantal windingen van spoel
- › I = stroomsterkte [A]
- › l = lengte van spoel [m]
- › μ_0 = magnetische permeabiliteit = $4\pi \cdot 10^{-7}$ (BINAS)



Huiswerk

- › De opgaves van § 4.3



ELAN

MSc Science Education and Communication

Module Biofysica – Het opsporen van kanker met MRI

Onderzoek van Onderwijs - Natuurkunde | Odyl ter Beek

UNIVERSITEIT TWENTE.