

Verslag meesterproef: Trillingen

Ir. Frank Versteegen



Universiteit Utrecht

Inhoudsopgave

Inleiding	4
Keuzes meesterproef.....	5
Visie op natuurkundeonderwijs.....	7
Meesterproef	11
Context.....	11
Respondenten	11
Plan van aanpak.....	12
Vorbereiding	13
Doelen stellen	13
Kerndoelen	13
Natuurkunde Overall	13
Regulier programma H14 en H15.....	14
ICT.....	14
Voorkennis bepalen.....	15
Eerder behandelde stof	15
Vakdidactische literatuur	16
Voorkennis testen bij leerlingen.....	16
Mening vragen.....	16
Strategie	17
Uitvoering	18
Leerlingenmateriaal/docentenmateriaal maken	18
Verschillen natuurkunde en leefwereld: "Natuurkunde Overall".....	18
Practica	19
ICT.....	19
Lessen	20
Toetsing van de lesstof	43
Uitwerking toetsvraag.....	44
Eindenquête.....	45
Resultaten.....	46
Lessenreeks.....	47
Resultaten vakinhoudelijke vragen startenquête.....	47
Resultaten vakinhoudelijke vragen eindenquête	49
Resultaten toetsopgave trillingen	50

Onderzoek (pgo).....	51
Resultaten startenquête beleving	51
Resultaten eindenquête beleving	52
Conclusies	53
Kader.....	53
Lessenreeks	53
Conclusie startenquête.....	54
Conclusie eindenquête	58
Conclusie toetsopgave	59
Eindconclusie lessenreeks	59
Onderzoek (PGO).....	61
Observaties	61
Enquêtes	61
Eindconclusie PGO	64
Discussie en aanbevelingen	65
De diepte in	66
Lessenreeks	66
Enquêtes	87
Preconcept 1	87
Preconcept 2	88
Preconcept 3	88
Voorkennisvragen	89
Verbeteringen.....	89
Afsluitend	90
Toetsanalyse.....	91
Toetsvraag.....	91
Verbetering toets	91
Leerlingenantwoorden.....	91
Eindconclusie	92
Geslaagd	92
Literatuur.....	93
Bijlagen	94

Inleiding

Geachte lezer,

in het kader van mijn eerstegraads lerarenopleiding, als onderdeel van de Master 'Communicatie en Educatie van de Natuurwetenschappen', doe ik deze meesterproef. Deze bestaat uit een vakdidactisch deel en een onderwijskundig onderzoek. Het vakdidactische deel gaat over het onderwerp trillingen, en het onderwijskundige deel over het effect van het gebruik van ICT in de lessen. In deze meesterproef komt mijn 8 jaar ervaring in lesgeven, zowel in Nederland als in Nieuw-Zeeland, samen met mijn ervaring op IT-gebied, en andere werkervaring.

Ik ben in Nederland eind 2002 begonnen met les geven op het VMBO, aangezien daar per direct een vacature op wiskunde beschikbaar was. Het volgende schooljaar ben ik VMBO wiskunde en HAVO/VWO natuurkunde gaan combineren, en na circa anderhalf jaar ben ik volledig overgestapt naar die HAVO/VWO locatie, en dan voornamelijk op het vak natuurkunde. Toen ben ik ook mijn tweedegraads lesbevoegdheid gaan halen. De jaren daarna heb ik met veel plezier in de onderbouw les gegeven, en op gegeven moment ook een enkele les in de bovenbouw.

In 2008 heb ik vervolgens driekwart jaar les gegeven in Nieuw-Zeeland, waarna ik weer terug ben gekomen op de MHV locatie van R.S.G. Pantarijn, maar nu op een eerstegraads baan. Als voorwaarde voor die baan werd wel het halen van een eerstegraads lesbevoegdheid gesteld, en daar is dit de afronding van.

In het kader van de eerstegraads lerarenopleiding moest ik ook nog enkele vakinhoudelijke onderwerpen doen, waaronder 'Golven en Optica'. Daarvan had ik achteraf nog wel onderdelen kunnen gebruiken in mijn lessenreeks, maar ik heb het vak pas gevolgd na het afronden van deze lessenreeks.

Door diverse omstandigheden op school, op de opleiding en privé heeft de verwerking van de lessenreeks, die al in mei 2010 gegeven is, een behoorlijke vertraging opgelopen. Desondanks verwacht ik het met dit verslag goed af te ronden.

Veel leesplezier.

Keuzes meesterproef

Gezien het tijdstip in het jaar waarop ik mijn lessenreeks ging doen, lag het voor de hand dat het onderwerp óf Trillingen óf Licht en Breking zou worden.

Aangezien ik mijn activerende lessenreeks van de tweedegraads lerarenopleiding al over Licht had gedaan, viel de keuze nu op Trillingen.

Als randvoorwaarden waar de lessenreeks aan moet voldoen, heb ik de volgende gesteld:

- Moet voldoen aan de kerndoelen/eindtermen van Trillingen, van het CeVo.
- De lessenreeks mag niet te ver van de normale methode af staan, voor het vertrouwen van de leerlingen, die dezelfde toets moeten maken als de andere twee klassen V5.
- Aandachtspunt uit een eerdere lesobservatie van Marjolein Vollebregt, mijn vakdidactica, is dat ik niet alles moet samenvatten, maar juist valkuilen moet benoemen, en ze verder veel zelf laten bestuderen.

De keuze van een onderwerp voor het praktijkonderzoek was iets lastiger. Maar de doelen voor het PGO zijn in de documentatie van de opleiding goed gedefinieerd, als:

- Uitkomsten van het onderzoek moet gevolgen hebben voor de onderwijspraktijk
- Het veld vraagt om bijdrage aan schoolontwikkeling
- Van microniveau (klas) naar mesoniveau (school)
- Scheiding tussen onderzoek en onderwijs weg
- Meer samenwerking docenten

Uiteindelijk ben ik voor het onderwerp, in overleg met mijn vakdidactica, uitgekomen op:

Zorgt een bredere toepassing van ICT binnen en buiten de les voor een grotere motivatie en hogere leeropbrengst?

Mijns inziens voldoet het onderwerp aan alle bovenstaande eisen;

Vanwege het toenemende lerarentekort is er op landelijk niveau al onderzoek gaande naar de mogelijkheden van het gebruik van ICT in het onderwijs. Zo heeft Kennisnet een reeks onderzoeken lopen. Een interessant artikel daarin gaat over het rendement van nieuwe vormen van onderwijs, met gebruik van ICT. Daarin worden een aantal positieve effecten weergegeven, maar wordt ook de noodzaak van verder onderzoek aangegeven. Zo is het effect van de dosering van ICT-toepassingen, of de afwisseling daarin, nog niet goed onderzocht. De onderzoekers stellen daarover zelf; "De invloed op leerlingen van variatie in werkvormen bij gebruik van ict is duidelijk een onderwerp dat meer onderzoek verdient." (Eck, Heemskerk, Meijer, 2010, blz 9).

Ook vanuit de NVON, de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen, is men met dit onderwerp bezig. De insteek van een interessant artikel is daar heel anders, met de nadruk vooral op de programmatuur die beschikbaar is om toe te passen in het onderwijs. (Gravenberch, 2000)

Daarnaast is op Pantarijn ook de richting ingezet naar het intensiever gebruiken van Teletop. Iedere docent is momenteel verplicht om zijn studiewijzers op Teletop te zetten, alleen al om het meer te gebruiken, en geleidelijk zullen de uitgebreidere mogelijkheden van deze ELO ook meer ingezet gaan worden. Qua bijdrage aan de schoolontwikkeling geldt dat ieder onderzoek, zoals dat van mij, alleen maar zal bijdragen aan de brede blik waarmee er al naar ICT-gebruik op onze school gekeken wordt.

Verder is binnen deze lessenreeks nauwelijks een grens tussen het onderzoek en het onderwijs. Qua samenwerking met mijn directe collega gaat het al een aantal jaar zo dat we elkaars sterke kanten gebruiken, en dat vooral van mijn kant mijn ICT-ervaring bijdraagt aan de sectie. En mocht mijn lessenreeks aanslaan, dan zal dat zeker doorgevoerd worden in de sectie, waarbij we weer meer gaan samenwerken.

Visie op natuurkundeonderwijs

Natuurkunde komt in alle aspecten van ons dagelijks leven voor. In onze door technologie overheerste samenleving is er niets waar niet ooit een aan de natuurwetenschap gerelateerde deskundige bij betrokken is geweest.

De natuurkundedocent laat de raakvlakken van de stof met de werkelijkheid van de leerlingen zien. Uiteraard is er onderscheid in het niveau waarop dat gebeurt.

In de onderbouw krijgen alle leerlingen, ook de leerlingen die het vak niet kiezen, een basisbegrip van het belang en de toepassing van de natuurkunde in de samenleving. Voor een aantal leerlingen zal dit een (extra) motivatie zijn om het vak in de bovenbouw te kiezen.

In de bovenbouw, met de leerlingen die het vak gekozen hebben, kan je als docent wat verder de diepte in gaan, wat de natuurkunde betreft. Maar het blijft op het moment vooral de klassieke, negentiende-eeuwse natuurkunde die we onze leerlingen aanleren.

In het nieuwe examenprogramma wat er aan zit te komen worden ook een deel van de Kwantummechanica en Relativiteitstheorie belicht, wat mijns inziens wel een goede ontwikkeling is, om zeker voor de bovenbouwleerlingen te laten zien dat de natuurkunde veel verder gaat, dan die negentiende-eeuwse natuurkunde. De mate waarin de leerlingen die materie dan ook echt moeten gaan beheersen is nog stof voor discussie. Wat mij betreft is het vooral een teaser waardoor de zeer geïnteresseerde

leerling in zijn vervolgstudie hierop door kan gaan.

Een in mijn ogen belangrijker aspect van de natuurkundeles op de

middelbare school is de logica. Het leren van het structureel oplossen van (natuurwetenschappelijke) problemen geeft de leerlingen een basis waar ze, of ze nu wel of niet verder gaan met het vak natuurkunde, een leven lang plezier van zullen hebben. Hierdoor zullen de studenten straks in staat zijn ook nieuwe problemen op te lossen. Wij bereiden onze leerlingen namelijk voor op beroepen die nog niet bestaan, die gebruik maken van technologieën die nu nog niet ontwikkeld zijn.

Na het volschrijven van 3 grote schoolborden, tijdens een van mijn eerste uren college op TU Eindhoven, meldde de docent: 'Dit is wat we gaan onthouden van de middelbare school, nu gaan we echt beginnen..'

Bovenstaande gedachtegang gaat voor een deel ook op voor de leerlingen die ik in Nieuw-Zeeland voor me heb gehad, en de samenleving in Nieuw-Zeeland. Qua technologische ontwikkeling is Nieuw-Zeeland op landelijk niveau vergelijkbaar met Nederland. Maar lokaal, in het gebied waar ik gewoond heb, lijkt de samenleving toch zo'n 40 jaar achter, bij huidige stand van de technologie in Nederland.

Het onderwijs is hier ook anders ingericht. Het is meer geschroeid op een oude Engelse leest. Naast het gebruik van schooluniformen zijn er meer verschillen aan te geven. Zeker in de eerste 3 jaar van de middelbare school zitten de leerlingen meer door elkaar dan bij onze scheiding van VMBO, MAVO, HAVO en VWO. Daarna moeten de leerlingen per jaar een aantal credits halen voor de verschillende vakken die ze kiezen. Dus ze hoeven niet in alle onderdelen van de stof van een vak examen te doen. Mocht bijvoorbeeld het onderwerp Krachten ze niet liggen, dan kunnen ze er voor kiezen om dat examenonderdeel over te slaan, als ze dan bijvoorbeeld wel uitgebreid over lichtbeelden, mechanica, en nog wat onderdelen examen zouden doen, zolang als ze het aantal credits maar halen. Een ander groot verschil was dat alle officiële cijfers voor de bovenste drie leerjaren van de landelijke eindejaarsexamens afkwamen.

Wat de leerlingen betrof, zag ik zeker in de bovenbouw een groot verschil met de leerlingen in Nederland. In Nederland zijn de leerlingen al erg gewend aan het zelfstandige werken, maar in Nieuw-Zeeland, op de school waar ik werkte, was spoonfeeding heel gebruikelijk. De leerlingen waren erg gewend om, zonder erbij na te denken, aantekeningen letterlijk over te nemen van het bord. Dat ging zelfs zo ver, dat voor het vak Science voor de derdejaars, wat ouders hun leerlingen hebben laten overplaatsen naar Mrs. Lewis's klas, want die gaf veel meer notes, en zo hadden zij het vroeger ook (van Mrs. Lewis...) gehad.

Pas in 2010, in het nieuwe curriculum, worden expliciet de 'Thinking skills'

"We are currently preparing students for jobs that don't yet exist...
Using technologies that haven't been invented...
In order to solve problems, we don't even know are problems yet"

- Shift happens

genoemd. En dat lijkt me een heel goede ontwikkeling. Ik noemde net al als een van de belangrijkste eigenschappen, het aanleren van redeneren en logica, en het lijkt mij erg goed als het daar ook die kant op gaat.

Een zeer positief aspect van mijn tijd in Nieuw-Zeeland, is het voorbereiden van mijn lessen geworden. Daar ben ik weer veel bewuster mee bezig gegaan, nadat ik de laatste jaren als docent op de middelbare school in Nederland, veel meer op routine ben gaan draaien.

En een ander goed aspect van het lesgeven in Nieuw-Zeeland is, achteraf gezien, het gebrek aan één goede lesmethode. Ze hadden wel een rode draad van de stof in een soort van examenbundel staan, die iedere leerling uitgereikt kreeg, maar verder stonden er nog iets van vier verschillende oude lesmethodes achter in het lokaal, waar je je les als docent mee uit kon breiden. Het goede daaraan vind ik, dat je niet zo vast zit aan een lesmethode, zoals dat nu hier nog is, en dat je wat meer gedwongen wordt, om zelf na te denken over je les.

Dat is overigens wel iets wat heel veel tijd kost, en wat in de huidige situatie in Nederland, met de zogenaamd gratis schoolboeken, wel vergeten wordt. Bij ons op school krijg je namelijk wel een deel van je tijd vergoed, als je de oude methode de deur uit doet, maar dat is uiteindelijk maar een fractie van de tijd en energie die je er ook in moet stoppen, wil je een didactisch goed onderbouwde methode in elkaar zetten. In zo'n goede lesmethode zou je onder andere goed aan willen sluiten bij de leefwereld van de leerlingen, zodat ze verschillende concepten goed kunnen vergelijken.

Het gebruik van digitale leermiddelen, waarnaar ik refereerde in mijn inleiding, wordt momenteel gezien als een van de oplossingen voor de problemen die zijn ontstaan in het kader van de gratis schoolboeken. Men hoopt hiermee geld te besparen. Verderop in mijn verslag kunt u lezen hoe dat voor mijn leerlingen, in deze meesterproef, uitpakkt heeft.

En, via de lesmethode kom ik dan uit bij een cruciale factor in het natuurkundeonderwijs, en dat zijn de practica, met goed practicummateriaal, en technische ondersteuning daarbij. Voor leerlingen is het erg belangrijk als ze zelf kunnen zien en ervaren wat er gebeurt bij een bepaald natuurkundig fenomeen. In Nieuw-Zeeland was mijn practicummateriaal erg belabberd, en de ondersteuning praktisch nul. Maar ik begreep van andere scholen daar, dat dat ook wel te maken had met de keuzes die op deze school in het verleden gemaakt zijn. Ze hadden daar al ruim 10 jaar geen echte natuurkundedocent meer gehad, alleen docenten scheikunde, of wiskunde, die natuurkunde erbij deden. De overdracht van mijn voorganger bestond dan ook uit slechts een half A4 instructies, met de vriendelijke groeten en succeswensen.

Dat is op de school in Nederland, waar ik nu werk, een stuk beter geregeld. Ook daar wordt steeds verder bezuinigd, maar we hebben nog steeds goede toa-ondersteuning, en de meeste practica kunnen gewoon gegeven worden.

Een interessante gedachte die dan bij me opkomt, is wat voor materiaal ze dan in ontwikkelingslanden beschikbaar hebben. En ook, wat de rol van de natuurkunde in het dagelijks leven daar is.

Tijdens fietstochten op Bali en Lombok waren de mensen/kinderen die ik daar zag veel meer bezig met de dagelijkse praktijk van het overleven, dan met onderwijs. Veel kinderen waren in het veld bezig, maar af en toe zag ik wel een klein schooltje, maar dat was vooral voor het basisonderwijs.

Het contrast met zowel Nederland als Nieuw-Zeeland is daar enorm. De leerplicht bij ons is bekend, en in Nieuw-Zeeland geldt een leerplicht tot 16 jaar. Maar op Bali en Lombok werd me verteld dat veel kinderen niet naar school kunnen, omdat de ouders het schooluniform al niet kunnen betalen.

Ik kan me ook goed voorstellen, dat in de huidige situatie van armoede in die landen, er moeilijk raakvlakken met de dagelijkse werkelijkheid van die leerlingen gevonden kan worden. De rol van de natuurkunde op het dagelijkse

leven van de mensen daar, is een stuk kleiner dan die rol in onze technologische samenleving.

In Vietnam, waar ik in 2010 was, heb ik ook wat positieve kanten van het onderwijsstelsel gezien. Daar ben ik te gast geweest bij een arme Vietnamese boerenfamilie, waar de zoon, met behulp van een buitenlandse financier, de mogelijkheid heeft gekregen om te studeren, en daardoor werk te vinden. En het gevolg daarvan is weer, dat die jongen nu in zijn eigen omgeving bezig is met het opzetten van een bibliotheek, waardoor weer meer mensen de gelegenheid krijgen zich op een hoger niveau te brengen. Daarnaast heb ik daar ook in het hutje van de boerenfamilie een televisie gezien, en de mobiele telefoon heeft er ook al zijn intrede gedaan. Een douche of riool hadden ze overigens niet...

De arme buitenlanden waar ik ben geweest hebben in ieder geval één ding gemeen. Overal waar je komt zijn kinderen buiten, rennen ze achter toeristen aan, of werken ze op het veld. Of je nu in Indonesië, Vietnam, of in de binnenlanden van Marokko bent. Het zou mooi zijn als in al die landen, al dan niet met buitenlandse financiering, het onderwijs op een hoger plan getrokken zou kunnen worden, zodat meer mensen de armoede uit zouden kunnen komen.

Meesterproef

Zoals in de inleiding al genoemd, is het onderwerp van de lessenserie van mijn meesterproef Trillingen. Daarnaast wordt met deze meesterproef, in het kader van het PGO, gekeken naar de vraag: 'Zorgt een bredere toepassing van ICT binnen en buiten de les voor een grotere motivatie en hogere leeropbrengst?'

Om deze twee zaken met elkaar te verenigen heb ik een lessenreeks ontwikkeld, die zeer rijk is aan ICT-aspecten. Het plan van aanpak wat ik hierbij gevolgd heb is de volgende. Ik werk de verschillende aspecten verderop in het document uit.

Context

Het onderwerp 'Trillingen' wordt op Pantarijn samen getoetst met het onderwerp 'Licht en breking'. Dit bestaat normaal uit hoofdstuk 14 en 15 van de lesmethode Natuurkunde Overal.

De lessenreeks is gegeven in de klas van Frank Versteegen, schrijver van dit stuk, en vooral ervaren docent in de onderbouw, met enkele jaren ook bovenbouwervaring. De twee klassen van collega Henk Jan Dozeman, een zeer ervaren bovenbouwdocent, dienden als controlegroep.

Binnen de sectie heeft Frank een voortrekkersrol op het gebied van ICT, wat mede geleid heeft tot dit onderwerp.

Respondenten

Deze lessenreeks is gegeven in een VWO5 klas met 22 leerlingen, waarvan 12 vrouw, en 10 man van Frank Versteegen. De twee controlegroepen waren klassen van collega Henk-Jan Dozeman, met 22 en 26 leerlingen, met respectievelijk 10 vrouw en 12 man, en 8 vrouw en 18 leerlingen van het mannelijk geslacht. De leeftijd van de leerlingen varieerde tussen 16 en 19 jaar.

Plan van aanpak

Vorbereiding

- Duidelijke doelen stellen lesstof
 - o Wat wil ik ze leren
 - o Hoe wil ik het ze leren
 - o Hoe controleer ik dat ze het geleerd hebben
- Voorkennis bepalen
 - o Didactische achtergrondartikelen
 - o Preconcepten Trillingen

Uitvoering

- Voorkennis activeren
 - o Startenquête
 - o Toepassing van het onderwerp in leefwereld
- Leerlingenmateriaal/docentenmateriaal maken
 - o Lesmaterialen verschillende methodes
 - o Applets
 - o Practica
 - o selectie maken opgaven Natuurkunde Overal
 - o Variatie aan lesvormen
 - o strategie kiezen
- Een aantal manieren om de bredere toepassing van ICT te bereiken
 - o Teletop
 - o Grotere nadruk mogelijkheden methodesite.
 - o Veel meer gebruik maken van Applets.
 - Phet (<http://phet.colorado.edu>)
 - Walter Fendt (<http://www.walter-fendt.de>)
- Toetsing van de lesstof
- Eindenquête

Conclusies en evaluatie

- Resultaten
 - o Leeropbrengst lessenreeks
 - o Verschil 'vooral boek gevolgd DOH' en activerende lessenreeks VEF?
 - o Verschil in concept In, voor en na?
 - o In hoeverre zijn leerlingen betrokken?
 - o Bij welke methode raken leerlingen beter betrokken?

Voorbereiding

Doelen stellen

Om te bepalen wat ik mijn leerlingen eigenlijk wilt leren, kan ik een aantal bronnen bekijken. Als eerste, aangezien het leerlingen van VWO5 zijn die volgend jaar examen moeten doen, kijk ik naar de exameneisen op dit onderwerp. Op de site van de CeVo kunnen de eindtermen per vak gedownload worden.

Dit zijn dus de belangrijkste grote doelen van deze lessenreeks:

Kerdoelen

Subdomein A2: Reken-/wiskundige vaardigheden

2. De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen.

Subdomein A4: Technisch-instrumentele vaardigheden

4. De kandidaat kan op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante organismen en stoffen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Subdomein E1: Trilling en golf

18. De kandidaat kan golf- en trillingsverschijnselen beschrijven en analyseren, resonantie- en interferentieverschijnselen verklaren en de volgende formules toepassen:

$$f = \frac{1}{T}, \quad u(t) = A \sin(2\pi ft), \quad v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}, \quad \Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}, \quad F_v = -Cu,$$

$$E_{\max} = \frac{1}{2}CA^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}, \quad \lambda = vT, \quad \Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda},$$

$$\ell = n \cdot \frac{1}{2}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots), \quad \ell = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Voor een volledig overzicht van de kerndoelen, zie de bijlage [vwostof2010.pdf](#)

Natuurkunde Overal

De manier waarop de stof over trillingen in het reguliere programma voor VWO5 bij ons benaderd wordt is via de methode Natuurkunde Overal. In een combinatietoets van hoofdstuk 14: Licht en breking, en hoofdstuk 15: Trillingen. Van het gebruikelijke programma, zoals dat ook voor de leerlingen weergegeven wordt op Teletop, staat hieronder een overzicht.

Per paragraaf worden in deze lesmethode doelen voor de leerlingen gesteld. Hier kom ik verderop, bij de bespreking per les, nader op terug.

Regulier programma H14 en H15

The screenshot shows a web browser window titled '5v natuurkunde - Windows Internet Explorer'. The address bar shows the URL: <http://wageningen-mhv.pantarijn.teletop.nl/tp/pantarijn/courses/5v-natuurkun>. The browser interface includes a search bar, navigation buttons, and a menu. The main content area displays a 'Studiewijzer' (Study Guide) for the course '5v natuurkunde' at RSG Wageningen, Rhenen en Kesteren. The study guide is presented as a table with columns for lesson number, date, week, lesson number, lesson content, and additional notes. The table is filtered to show lessons 1100 through 1210. Lessons 1155 and 1156 are highlighted in green, indicating a 'Buitenlandse reis' (International trip) and 'Meivakantie' (May holiday) respectively. Lesson 1210 is highlighted in pink, indicating a 'Tp 9' (Project 9) and 'H 14 en h 15' (Homework 14 and 15).

Lesson Number	Date	Week	Lesson Number	Lesson Content	Additional Notes
1100	29-mrt-2010	(wk 13)	1	B 14.1 t/m 14.3 M t/m 19	Deel herhaling uit onderbouw, daarom is het tempo hoog kijk ook eens op deze applet. Details
1110	05-apr-2010	(wk 14)	2	B 14.4 en 14.5 M t/m 32	
1120	12-apr-2010	(wk 15)	3	B 14.6 M t/m 47	
1130	12-apr-2010	(wk 15)	4	B 14.7 en 14.8 M t/m 56	
1140	19-apr-2010	(wk 16)	5	M t/m 69	tijdens les exp 14.4 A
1150	19-apr-2010	(wk 16)	6	B 15.1 en 15.2 M t/m 16	Demo exp 15.1
1155	26-apr-2010	(wk 17)		Buitenlandse reis	
1156	03-mei-2010	(wk 18)		Meivakantie	
1160	10-mei-2010	(wk 19)	7	B 15.3 M t/m 27	Demo exp 15.2
1170	17-mei-2010	(wk 20)	8	B 15.4 M t/m 37	demo 15.3
1180	17-mei-2010	(wk 20)	9	B 15.5 M t/m 50	demo 15.4
1190	24-mei-2010	(wk 21)	10	B 15.6 en 15.7 M t/m 63	demo 15.5 Maken oefentoets H 15
1200	24-mei-2010	(wk 21)	11	Herhalen H 14 en H15	Maken oefentoets H 14
1210	31-mei-2010	(wk 22)		Tp 9 H 14 en h 15	

ICT

De manier waarop ik bovenstaande doelen met de leerlingen wil gaan halen, is via een aantal verschillende ICT-toepassingen. Ook hiervoor geldt dat ik er bij de bespreking van de verschillende lessen van de lessenreeks nader op terug kom.

Voorkennis bepalen

Als eerste ben ik gaan kijken naar wat de leerlingen al aan relevante voorkennis gehad hebben in de afgelopen jaren, in de hoofdstukken/paragrafen die hierbij genoemd worden.

Eerder behandelde stof

Grafieken

- §12,3: Eigenschappen s,t-diagram → raaklijn = momentane v

Wiskunde

- Afgeleide van sin

Energie

- §6.3: Veerenergie
- §6.4: Wet van behoud van energie

Krachten

- Algemeen: Hoofdstuk 4: VWO Deel 1
- §4.6: Kracht en versnelling
- §4.7: Tweede wet van Newton
- §1.3: Veerkracht

Slingerproef in de tweede klas

- Welke zaken varieerden: m, u, l
- wat was de enige significante factor? l

Resonantie

- Meetrillen, ook in tweede klas.
- Tacoma bridge filmpje

Vakdidactische literatuur

Daarna ben ik me in de beschikbare vakdidactische literatuur over dit onderwerp gaan verdiepen. Hierin ben ik vooral op zoek geweest naar informatie over bekende preconcepten, en strategieën om die op te lossen.

De volgende preconcepten heb ik, in overleg met mijn vakdidactica, geselecteerd om te controleren bij mijn leerlingen, en waar nodig aan te pakken:

- **Snelheid en versnelling staan dezelfde kant op gericht**
- **De beweging van een voorwerp is altijd in de richting van de resulterende kracht**
- **Als de resulterende kracht gelijk is aan nul staat een voorwerp stil**

Dit is een selectie uit een aantal artikelen over mis- en preconcepten. De belangrijkste daarin was voor mij Droogan en Houston (1997), waaruit ik twee van mijn preconcepten geselecteerd heb, gebaseerd op Simple Harmonic Motion. In dat artikel werd ook een strategie uitgelegd van het stellen van veel concept vragen, hetgeen ik bij een aantal applets in de lessenreeks ook gedaan heb.

Veel van de preconcepten, kwamen ook in andere artikelen terug, zoals in Holland (2006), Olenick (2005) en Unknown (1998), waaruit ik uit het onderdeel "Forces and motion" een paar preconcepten geselecteerd heb. Al met al een bevestiging van de preconcepten die hierboven weergegeven zijn.

Voorkennis testen bij leerlingen

Om de voorkennis van de leerlingen te checken, heb ik een vragenlijst ontwikkeld, gebaseerd op de vragenlijsten van het programma 'Modeling instructions in Physics', die me werden aangeraden door mijn vakdidactica. Het ging hier om vragenlijsten van Halloun, Hake en Mosca (1995) en Hestenes en Wells (1992), die speciaal ontworpen zijn voor het testen van basiskennis in de mechanica.

Mijn vragenlijst heb ik zowel in de startenquête als de eindenquête afgenomen, om te zien of de preconcepten uit de literatuur ook voor onze leerlingen gelden, en wat voor effect de verschillende behandeling van de stof had op de verschillende

preconcepten die bij de leerlingen heersen.

Goede vragen. De stof hebben we gehad, maar je merkt op deze manier dat belangrijke punten nog onvoldoende bekend zijn. Het zou fijn zijn als er de mogelijkheid is om de antwoorden in te zien. – Een leerlingreactie op de startenquête

Beide vragenlijsten vindt u in de bijlagen, respectievelijk Startenquete.pdf en Eindenquete.pdf.

Mening vragen

Aangezien naast de meetbare leeropbrengst, in mijn onderzoeksvraag ook de motivatie van leerlingen aan bod komt, moest ik daarover ook een aantal vragen stellen, zowel voor als na de activerende lessenreeks. Ook die vragen heb ik in de hierboven genoemde start- en eindenquête in de bijlage verwerkt.

Strategie

In de literatuur zijn een aantal strategieën te vinden voor het oplossen van preconcepten. De strategie die het dichtst bij mijn eigen ideeën over de aanpak staat, komt uit Olenick (2005)

Hierin wordt een "Strategy for Successful Implementation of a Conceptual Approach" beschreven;

- 1) Herken de preconcepten die bij de leerlingen bestaan
- 2) Probeer die uit te vinden door demonstraties en vragen.
- 3) Vraag de leerlingen om hun ideeën toe te lichten
- 4) Laat tegenstellingen zien van de misconcepten van de studenten, door vragen, suggesties en demonstraties
- 5) Moedig discussie aan, vooral met het toepassen van fysische concepten in de redeneringen
- 6) Help het vervangen van de preconcepten met nieuwe concepten, door middel van i) vragen, ii) experimenten, iii) hypothetische situaties met en zonder de onderliggende fysische wetten iv) experimenten of demonstraties ontworpen voor het testen van hypothesen
- 7) Herevalueren van het begrip van de leerlingen, door middel van conceptuele vragen.

De stappen 1 en 2 volg ik met behulp van de startenquête. Stap 7 zit dan weer in de eindenquête.

In de lesplannen, iets verderop in dit verslag, zal ik naar de andere stappen verwijzen.

Uitvoering

De eerste stap in de uitvoering was het activeren van de voorkennis van de leerlingen. De startenquête was daar een goed eerste middel voor. Die was namelijk, naast de preconcepten uit de literatuur, gebaseerd op stof die leerlingen al gehad zouden moeten hebben.

Daarnaast was een filmpje als starter een mooie koppeling met de leefwereld van de leerlingen. En natuurlijk ook het introducerende practicum.

Leerlingenmateriaal/docentmateriaal maken

Een van de randvoorwaarden die ik voor mijn lessenreeks heb gesteld, is dat de lessenreeks niet te ver van de normale lesmethode af mag staan. Dit vanwege de gezamenlijke toets met de andere klassen, en het vertrouwen wat de leerlingen in de stof ten opzichte van de toets moeten houden.

De basis van de lessenreeks is dan ook de gebruikelijke methode Natuurkunde Overal gebleven. Normaal laten we de leerlingen zo goed als alle opgaven maken, omdat ze zo voldoende herhaling en oefening hebben voor de toets, maar aangezien ik extra ICT toe ga voegen aan de lessen, ga ik wel schrappen in de te maken opgaven.

De lesmethode sluit overigens niet overal even goed aan bij de leefwereld van de leerlingen. Voor een van de bijeenkomsten van vakdidactiek hebben we een analyse hiervan gemaakt voor de eigen lesmethode, waarvan ik de conclusie hieronder invoeg.

Verschillen natuurkunde en leefwereld: "Natuurkunde Overal"

Conclusie:

De methode doet vooral in de onderbouw een poging om aan te sluiten bij de leefwereld van de leerlingen, maar niet heel erg uitgebreid. Toch lijkt het me wel voldoende voor de leerlingen die door interesse en aanleg toch al in staat zijn om (grotendeels) zelfstandig door het boek heen te werken. Voor de leerlingen die meer moeite met het vak hebben, is de link met hun leefwereld in deze methode niet sterk genoeg. Deze leerlingen hebben daardoor meer begeleiding van de docent nodig.

Het is daarom belangrijk dat een docent zich bewust is van de leefwereld van de leerlingen, zodat hij/zij de link tussen de leefwereld en de natuurkunde voor de leerlingen kan leggen, of door leerlingen laten leggen. Die taak is dus voor de docent.

Na een aantal jaar les geven in de onderbouw weet je als docent over het algemeen wel waar het verschil zit tussen de leefwereld van de leerlingen, en de natuurkunde. Of, zoals ik het eerder gedefinieerd zou hebben 'Waar de leerlingen het meestal niet snappen'. Het is dan de kunst om de leerlingen te laten uitleggen wat ze bij verschillende uitspraken over krachten precies bedoelen. Vervolgens kun je ze dan de link met de natuurkunde laten zien.

In de bovenbouwmethode wordt uitgegaan van de basis die in de onderbouwmethode gelegd is. Zoals hierboven al aangegeven, wordt hierin slechts zeer summier de link met de leefwereld van de leerlingen gelegd. Hierin is de docent dus nog belangrijker voor de leerlingen die moeite met het vak of onderwerp hebben, dan in de onderbouw.

Practica

Een van de mooie dingen aan het vak natuurkunde, is dat je leerlingen veel zelf kan laten ontdekken, aan de hand van practica. In de verschillende lesplannen die hier achteraan volgen, maak ik hier uitgebreid gebruik van.

ICT

In het kader van mijn PGO heb ik ook een zeer intensief gebruik gepland van allerlei verschillende soorten ICT-toepassingen. Dat varieert van het meer nadruk leggen op de methodesite, via het gebruik van Coach voor het meten en weergeven van een trillende beweging, tot het laten zien van een interessante video op Youtube.

Hieronder volgt een overzicht.

Methodesite

- §15.1: Login aanmaken voor Twente Academie
- §15.2: applet werkt niet
- §15.3: Veer pagina 2 en 3: leuke opdracht
- §15.4: Walter Fendt: De fysische slinger
- §15.5: Veer pagina 2 en 3 van §15,3: leuke opdracht
 - o Exp 15.4 coach → Excel
 - o ICT bij opg 49: max. massa 10 kg → $C = 49,0 \text{ N/m}$
- §15.6: Oscilloscoop: handig
- §15.7:
 - o Tacoma Bridge:
http://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs&feature=player_embedded#
- §15.8:
 - o Extra oefenopgaven!!
(zeer goede samenvatting eenheden grootheden)
 - o Meer extra oefenopgaven met uitwerkingen

Coach

§15,3: Experiment 15,2

Applets

- Walter Fendt (<http://www.walter-fendt.de>):
 - o slinger
 - o trillende veer
 - o staande golf
- Phet: (<http://phet.colorado.edu>)
 - o Wave on a string
- Audacity: beats
- Excel: Oscilloscoop

Filmpjes

- Tacoma bridge:
http://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs&feature=player_embedded#
- Resonantie:
 - o Mythbusters:
http://www.youtube.com/watch?v=I4jdGf3RzCs&feature=PlayList&p=D49C9AEC888E2F34&index=3&playnext=2&playnext_from=PL
 - o Wijnglas:
http://www.youtube.com/watch?v=17tqXgvCN0E&feature=PlayList&p=D49C9AEC888E2F34&playnext=1&playnext_from=PL&index=2

Lessen

Heironder staan de lesplannen, zoals ik die gemaakt heb voor de lessen, en aangevuld heb met opmerkingen tijdens de les.

Dit wordt gevolgd door leerling-materiaal, en een korte evaluatie per les.

Lessen bij ons op school duren 70 minuten. Dat vind ik overigens een prima lengte. Je hebt dan mooi de tijd om didactisch te variëren, en je hebt veel minder wisselmomenten per dag.

Een nadeel is wel dat je de leerlingen minder vaak in de week ziet, zodat ook eventuele opgelopen achterstanden groter door kunnen groeien.

Uitgebreid

20 min: Onderzoek voorkennis trillingen met vragenlijst

10 min:

§15,1 Inleiding hoofdstuk

Binas: alle formules daar

§15,2 Kenmerkende trillingsgrootheden

Studio blz 129: doelen

30 min:

Experiment 15.1

Doel: Bepalen trillingsgrootheden/ eigenschappen van trillingen

- per groepjes.
- einde proefje lijst met trillingsgrootheden per groepje op bord
- Beetje gevoel krijgen voor trillingen
- Rondlopen tijdens practicum om te kijken wat voor preconcepten er leven. (Strategie punt 2 en 3)
 - o Vragen stellen over de resulterende kracht in de trillingen.

Trillingsgrootheden samenvatten met klas, adhv 1^e keer **applet**

Walter Fendt slinger:

- o tabel maken! Volgende lessen uitbreiden
 - t
 - T
 - $f = 1/T$
 - $\Phi = t/T$
 - u
 - $A = u_{\max}$
- Hiermee laat ik ook al zien dat sommige ideeën die de leerlingen hebben, misschien toch wel anders in elkaar zitten dan ze in eerste instantie dachten. (Strategie punt 4)

Rest:

Maken t/m 16

Doelen

-testen voorkennis lln
-Trillingsgroot- en eenheden opfrissen

Hoe weet je

Aan einde van proefje door leerlingen samenvatten. Start volgende les hh.

Starter

Filmpje trilling

Hoofd

Voorkennis peilen
§15,1 en §15,2 uitleg
Exp 15,1
M t/m 16 (rest huiswerk)

Afsluiting

Trillingsgrootheden samenvatten

Opmerkingen

Leerling-materiaal les 1

Voor de start van de lessenreeks heb ik als leerling-materiaal de startenquête gebruikt. Zie de bijlage Startenquête.pdf achteraan dit verslag

Onderstaande doelen van de eerste paragraaf, uit hun boek, heb ik op de beamer weergegeven.

Na deze paragraaf:

- weet je wat een trilling is;
- weet je welke grootheden van belang zijn bij een periodieke beweging;
- kun je uit de frequentie de periode (trillingstijd) berekenen en omgekeerd;
- weet je wat de fase van een trillend voorwerp is en kun je deze berekenen.

Voor experiment 15,1 kregen de leerlingen, naast onderstaande practicumhandleiding uit Natuurkunde Overal, de doelen van die proef gedefinieerd, naar de docentenhandleiding.

experiment 15.1

L

uitvoering: 15 minuten
verwerking: 15 minuten

► Hoe kun je de trillingstijd van een trilling beïnvloeden?

Benodigheden

Stopwatch, statiefmateriaal, lat, torsieslinger, schaal, draaislinger, enkele kogels of knikkers, grote reageerbuis, moertjes (verzwaring), U-buis, bladveer (zaagblad)

Uitvoering

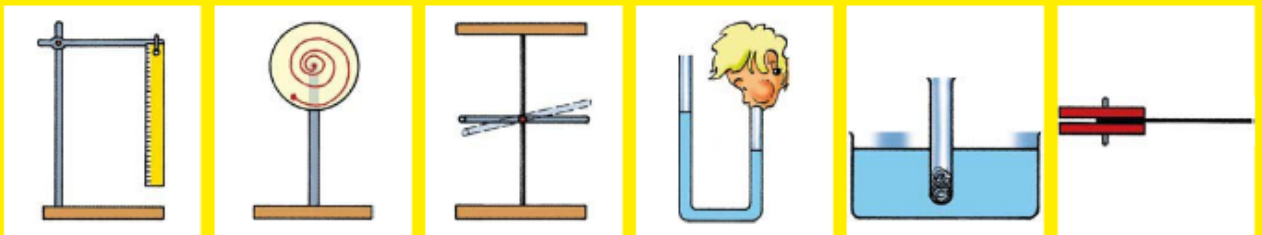
Gebruik één van de opstellingen van figuur 15.6.

- 1 Breng het voorwerp uit de evenwichtsstand en laat het los. Meet de tijdsduur van één trilling.
- 2 Meet de tijdsduur van een groter aantal trillingen, bijvoorbeeld vijf of tien.
- 3 Breng het voorwerp iets verder uit zijn evenwichtsstand. Onderzoek zoals in opdracht 2 of T verandert.
- 4 Onderzoek of de massa invloed heeft op de trillingstijd.

- 5 Onderzoek op dezelfde manier een tweede opstelling.

Uitwerking

- a Bereken uit opdracht 2 de trillingstijd. Vergelijk die met de periode uit opdracht 1. Welke is nauwkeuriger?
- b Waarom bepaal je de trillingstijd bij voorkeur door de tijd voor vijf of tien trillingen te meten?
- c Leg uit of de periode verandert als het voorwerp gedurende het trillen steeds minder ver op en neer gaat.
- d Welke grootte heeft invloed op de periode van de trilling?
- e Noem enkele toepassingen van trillende voorwerpen waarvan jouw opstelling een model is.
- f Verzin een extra onderzoeksvraag voor elk van de twee uitgevoerde experimenten.



15.6 a Een slingerende lat b Een draaislinger c Een torsieslinger d Een U-buis met vloeistof e Een rollende kogel f Een reageerbuis met moertjes in water g Een ingeklemde bladveer

Evaluatie les 1

Deze eerste les was behoorlijk dynamisch, omdat er nogal wat verschillende activiteiten in zaten. Dat maakt het ook wat rommeliger dan ik het zou willen hebben.

Dat uitte zich vooral in het experiment. Het doel om een aantal trillingsgrootheden uit de verschillende experimenten te halen is wel gehaald. De leerlingen hebben eerdere kennis geactiveerd, en zijn ook al tegen een paar preconcepten opgelopen.

Een aantal eigenschappen van trillingen heb ik ook aan het einde goed met ze samen kunnen vatten op het linker bord, met behulp van de uitkomsten van het experiment en de applet slinger van Walter Fendt. Maar slechts weinig leerlingen hebben ook daadwerkelijk de practicumhandleiding van de methode gelezen.

Uitgebreid

10 min: Herhalen trillingsgrootheden vorige les.

- 5 min: met tweetallen 6 groot- en eenheden opschrijven op blaadje
- 5 min: klassikaal overzicht linkerbord.
 - t, T, u
 - $f = 1/T$
 - $\Phi = t/T$
 - $A = u_{\max}$

§15,3 Trillingen beschrijven Studio blz 133: doelen

Doen:

- **10 min: Demo exp 15,2**
 - o **Doel:** Laten zien hoe je van een trillende veer een u, t diagram kan maken.
- **10 min: Zelf experiment 'Veer' EPN vaksite**
(blz 2 en 3)
 - o **Doel (beide):** Bepalen vorm u, t -diagram, gedempt en ongedempt.
 - o Wat valt je op als je een ongedempte trilling en een gedempte trilling (bv. $b = 0,2 \text{ kg/s}$) in een grafiek zet?
 - o Zet weer op $k = 16 \text{ N/m}$, $m = 4 \text{ kg}$, $b = 0 \text{ kg/s}$. Bepaal op $t = 5, 10, 15 \text{ s}$: T, f, Φ en u, A
- **15 min: Applet Walter Fendt Slinger**
Doel: Bepalen trillingsgroot- en -eenheden uit tabel linkerbord. Toewerken naar Φ_r
 - o Nu zelf aan de gang met de applet
 - o Door dat applet duidelijk laat zien hoe het zit met uitwijking snelheid, versnelling en kracht, krijgen de leerlingen een beter fysisch idee over hoe het in elkaar zit. (Strategie punt 5 en 6)
 - o Instructie: Zet lengte op $2,24 \text{ m}$
 - o Opdracht: Bepaal op $t = 0 - 10 \text{ s}$: T, f, Φ, u, A

Introduceren: $\Phi_r \rightarrow$ in fase/ in tegenfase

20 min: Maken:

Opg 17 t/m 27

Belangrijkste opg: 19, 24, 26, 27

5 min: Afsluiting:

Aankondigen volgende les rekenen aan U, t diagram:

$$u(t) = A \sin(2\pi t/T)$$

Verwijzing wiskunde: \sin , afgeleide is v, t - diagram

Doel

Trillingen kunnen beschrijven adhv u, t - diagram.

Hoe weet je

Met IIn afsluiting conclusie

Starter

Herhalen trillingsgrootheden

Hoofd

Uitleg §15,3 Trillingen beschrijven

D exp 15,2

Exp Veer EPN

Afsluiting

Met IIn U, t - diagram, en daaruit trillingsgrootheden bepalen.

Opmerkingen

Blz 135 fout: Voor elke trilling geldt $0 \leq \Phi_r < 1,0$

v : helling u, t -diagram

Leerling-materiaal les2:

Deze les wederom begonnen met het weergeven van de doelen van de methodesite op de beamer:

Na deze paragraaf:

- ken je enige manieren om u,t -diagrammen te maken;
- weet je hoe het u,t -diagram van een harmonische trilling eruitziet;
- kun je uit een u,t -diagram de kenmerkende grootheden bepalen;
- kun je de gereduceerde fase bepalen.

Daarna heb ik ze onderstaand experiment 15,2 door laten lezen. Bij het demonstreren van de proef heb ik mondeling het doel van de proef, zoals weergegeven in het lesplan, erbij verteld. Vervolgens heb ik voor de leerlingen de doelen, de opdrachten, en de aanwijzingen van het experiment 'Veer' en de slingerproef vanuit het lesplan overgenomen.

experiment 15.2

L

uitvoering: 15 minuten
verwerking: 15 minuten

► Hoe maak je een u, I -diagram van een trillende veer?

Benodigheden

Maatcilinder, aangezuurd water, spiraalveer, gewichtje, stuk stevig koperdraad, stopwatch, aansluitsnoeren, computer met programma Coach en meetpaneel (Coachlab), het bestand *Vwo3 exp. 15.2 Trillende veer* op de [site](#) bij 'Experiment 15.2'

Uitvoering

Bij deze proef maak je gebruik van Coach. Je gebruikt de computer om snel veel metingen vast te leggen.

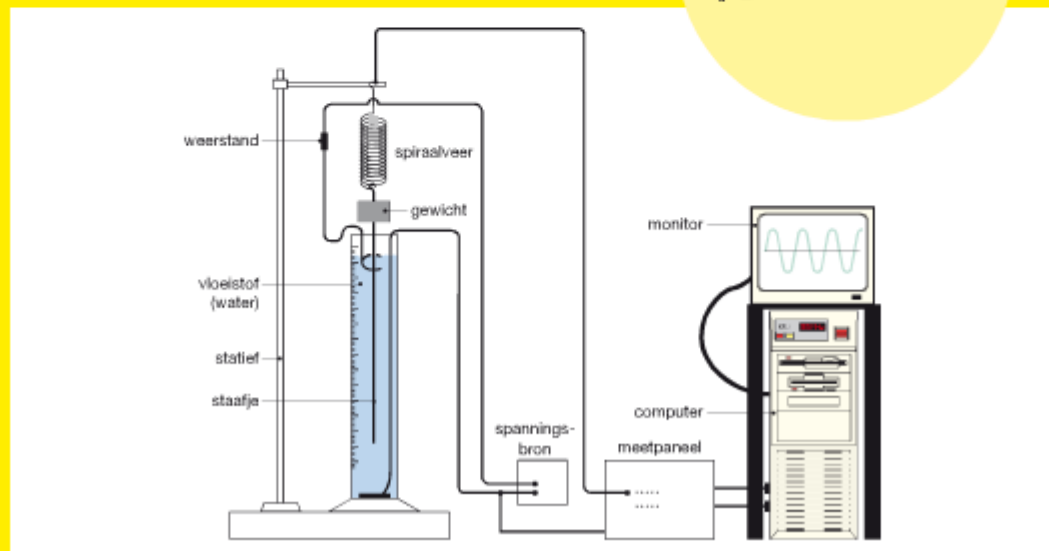
Over de vloeistof in een maatcilinder is een spanning aangebracht met behulp van twee elektrodes (figuur 15.15). Onder aan een spiraalveer hangt een gewicht met een metalen staafje. De spanning die de punt van de spiraalveer meet is een maat voor de plaats van het blokje.

- 1 Maak de opstelling van figuur 15.15.
- 2 Start Coach met het juiste bestand.
- 3 Laat het staafje met het gewicht op en neer gaan en meet met een stopwatch de trillingstijd.
- 4 Start de meting met behulp van de computer.

Uitwerking

- a Vergelijk de gemeten periode met de periode op het scherm.
- b Wat voor een sensor is het metalen staafje in de maatcilinder?
- c Beantwoord de onderzoeksvraag.

Tip
Zorg van tevoren voor een ijkgrafiek.



15.15 De uitwijking bepalen met een koperdraad

Evaluatie les 2

Deze les zat te vol.

Het demo-experiment stond netjes klaar, en kon ik mooi laten zien.

Ondanks het thuis testen van de applet van de methodesite bleek die op school niet te werken. Daar zijn we al wat tijd mee kwijt geraakt.

En vervolgens had ik verwacht dat de leerlingen veel sneller door de applet van Walter-Fendt met de bijbehorende opdrachten heen hadden kunnen werken, maar daar hebben ze veel langer over gedaan. Een van de oorzaken daarvan was

wel dat het een leuk spelletje bleek voor de leerlingen om de slinger op een bepaald moment stil te laten staan.

Doordat de leerlingen te lang met ICT-dingen bezig zijn geweest hadden ze geen tijd meer om een deel van de les opgaven te maken, zoals ze gewend zijn. Dat leverde wel frustratie bij een aantal van hun op.

Lesplan les 3 Klas 5V Datum 19/5 Lesuur 2 Lesnr 3 § 15,4
Harmonische trilling

Uitgebreid

10 min:

Belangrijke les!

Doelen: Studio blz 139

- Verband F, u
- $F_{res} = -C \cdot u$ (definitie harmonische trilling)
- harmonisch of niet
- $u(t)$
- E_t
- verband v_{max}, T en A

Bespreken: opg 19, 24, 26 of **27**

Theorie §15,4 Harmonische trilling

10 min:

- Preconcepten: vectoren F, u, v, a
- Door het laten zien van tegenstellingen met hun eerdere ideeën wil ik de leerlingen prikkelen tot een onderzoekende houding (Strategie stap 4)
- Eerst zelf in een paar verschillende standen van een slinger de vectoren laten tekenen.
- **Demo:** Grote slinger
 - o Waarom slinger terug (Restoring force) $\rightarrow F = -Cu$
 - o Waarom doorschieten?
 - o Aangeven vectoren F, u, v, a

15 min: Leerlingen laptops:

- **Applet:** Walter Fendt: Slinger of Veer kiezen!!
- Door de leerlingen nu uitgebreid en gericht met de applet aan de gang te laten gaan, aan de hand van een vragenlijst, wil ik discussie opwekken tussen de leerlingen, en de preconcepten te vervangen door nieuwe concepten. (Strategie punten 5 en 6)

Doelen

← zie uitgebreid

Hoe weet je

Samen tabel maken aan einde les

Starter

-Bespreken opg

Hoofd

-Inleiding §15,4
-Demo
-35 min:Applets en opg maken

-Laatste **15 min:**
Bespreken theorie en applet
D Exp 15,3

Afsluiting

Tabel vorige les uitbreiden

- Vragenlijst, leerlingen uitzoeken (zie onderaan):
 - sin, welke waarden?
 - verband A op u
 - u(t)
 - verband u(t) en v(t), zowel grafiek als wiskundig
 - Etril = Ek + Ep = constant
 - waar Ek en Ep max?

20 min: Maken opg t/m 37
Belangrijkste opg: 30, **34, 35, 36**, 37

5 min: Bespreken adhv Applet slinger

Toevoegen aan tabel trillingsgrootheden:

$$F_{res} = -Cu$$

$$u(t) = A \cdot \sin(2\pi t/T) = a \cdot \sin(2\pi ft)$$

$$v(t) = 2\pi A/T \cdot \cos(2\pi t/T)$$

$$v_{max} = 2\pi A/T \text{ in de evenwichtsstand}$$

$$E_{tril} = E_k + E_p$$

Ek → is bij evenwichtstand u maximaal

Ep → is bij uiterste stand u maximaal

Binas: Harmonische trilling: tabel 35 Arbeid en energie

10 min: Afsluiting:

Demo experiment 15.3

Doelen:

- Bepalen/bevestigen verband F en u
- Bepalen verband T en m

Opmerkingen

-Artikel introducing shm.pdf!

-

Preconceptions.pdf

→ Strategy.

-

Leerling-materiaal les 3

Het was de bedoeling de les weer te beginnen met het overzicht van de doelen van de paragraaf, zoals weergegeven in de lesmethode:

Na deze paragraaf:

- kun je bij een trilling het verband tussen de resulterende kracht en de uitwijking omschrijven;
- weet je wat de krachtconstante van een harmonische trilling is;
- kun je van een trilling bepalen of deze harmonisch is of niet;
- ken je de bewegingsvergelijking voor de harmonische trilling;
- kun je de trillingsenergie van een harmonische trilling uitrekenen;
- kun je het verband tussen de maximale snelheid, de trillingstijd en de amplitudo gebruiken.

Vragen bij opdracht applet, slinger of veer.

1. Welke maximale waarden kan een sinus hebben?
2. Wat is het verband tussen de amplitude en de uitwijking?
3. Wat is de vergelijking voor u tegen de tijd?
4. Wat is het verband tussen $u(t)$ en $v(t)$?
 - a. grafisch
 - b. wiskundig
5. En hoe kom je op $a(t)$?
6. Welke soorten energie heb je in een trilling?
7. Wat verwacht je dat er met de totale energie tijdens de trilling gebeurt?
8. Waar is welke vorm energie maximaal?

Verder bestond het leerlingenmateriaal uit onderstaande practicumbeschrijving voor experiment 15,3, aangevuld met de doelen die ik daar van tevoren voor gesteld had, en in het lesplan staan.

experiment 15.3

L

uitvoering: 45 minuten

verwerking: 30 minuten

► Waar hangen de resulterende kracht en de trillingstijd bij een massa,veer-systeem van af?

Benodigheden

Veerunster, statiefmateriaal, zaagblad (of spiraalveer), doosje op zaagblad, extra gewichtjes, stopwatch



15.24 Een horizontaal trillend zaagblad. In het doosje zijn gewichtjes te plaatsen.

Uitvoering

Je gebruikt als massa,veer-systeem een horizontaal trillend zaagblad (zie figuur 15.24). Je kunt eventueel ook een blokje aan een spiraalveer gebruiken.

- 1 Bepaal de massa van het zaagblad.
- 2 Geef het zaagblad een uitwijking u . Noteer in een tabel zowel de waarde van u als de kracht F_{help} die nodig is om het zaagblad daar te houden. Verricht minimaal vier metingen aan beide zijden van de evenwichtsstand.
- 3 Verzwaar het zaagblad met één gewichtje. Duw het daarna enkele centimeters naar links en laat het los. Meet de tijd van tien trillingen. Noteer die tijd en de totale massa in een tabel. Voer een herhaalmeting uit en noteer deze ook in de tabel.
- 4 Herhaal opdracht 3 met een viertal andere massa's.

Uitwerking

- a Wat is het verband tussen F_{res} en F_{help} ?
- b Teken een F_{res}, u -diagram.
- c Bepaal de steilheid van de grafiek.
- d Bereken uit de waarnemingen de periode T .
- e Laat zien dat uit de meettabel blijkt dat T en m niet recht evenredig zijn.
- f Maak met behulp van Excel een m, T -diagram van je meetresultaten.
- g Laat Excel een relatie tussen m en T vinden.
- h Geef antwoord op de onderzoeksvraag.

Beschrijving van les 3

Deze les had ik van tevoren gepland als de belangrijkste les. Maar al snel bleek dat er een heleboel leerlingen niet bij waren met de stof. Vijf leerlingen hadden zelfs nog niet eens de opgaven van de vorige paragraaf gemaakt, en liepen dus na 2 lessen al een volle les achter. De klas gaf aan, dat ze naast mijn lessenreeks ook nog een aantal PO's voor andere vakken hadden, en presentaties moesten voorbereiden en geven.

Ik heb daarom mijn programma iets aangepast, en heb ze eerst kort de tijd gegeven om opgave 27 te maken. Daarna heb ik die met ze besproken.

Daarna ben ik met het belangrijkste stuk van mijn lessenreeks verder gegaan, volgens de planning in het lesplan. Hierin moesten de kernpunten (4, 5 en 6) van de strategie die ik bij de voorbereiding heb beschreven, aan de orde komen.

Evaluatie les 3

Doordat ik ze eerst 10 minuten de tijd had gegeven om de opgave te maken, had in aan de achterkant van de les weer tijd te kort.

Daardoor heb het proefje met de applet vrij snel besproken, en kan ik me goed voorstellen dat niet iedereen de belangrijkste punten daarvan meteen meegepikt heeft. De strategie is daardoor ook niet echt lekker uit de verf gekomen.

Ook ben ik niet meer toegekomen aan Demo experiment 15,3, die ik daarom maar doorgeschoven heb naar de volgende les.

Uitgebreid

10 min: Inleiding:

Tabel afmaken vorige keer

$$F_{res} = -Cu$$

$$u(t) = A \cdot \sin(2\pi t/T) = a \cdot \sin(2\pi ft)$$

$$v(t) = 2\pi A/T \cdot \cos(2\pi t/T)$$

$$v_{max} = 2\pi A/T \text{ in de evenwichtsstand}$$

$$E_{tril} = E_k + E_p$$

$E_k \rightarrow$ is bij evenwichtstand u maximaal

$E_p \rightarrow$ is bij uiterste stand u maximaal

Binas!

Bespreken Belangrijkste opg: 30, **34, 35, 36 of 37**

Theorie § 15,5

5 min: Kort demo/teaser exp 15.3

Doel: Laten zien m en T niet recht evenredig

- Hoe dan wel?

Uitgebreider: EPN veer §15.3

- **10 min: Leerlingen zelf experiment 'Veer' EPN vaksite**

(blz 2 en 3)

- o **Doel:** Bepalen verband T en m.
- o Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6)
- o **Maken vragen blz 2 en 3**
- o Wat valt je op als je een ongedempte trilling en een gedempte trilling (bv. $b = 0,2 \text{ kg/s}$) in een grafiek zet?
- o (zie bijlage)
- **20 min: leerlingen zelf Exp 15,4** met Excel ipv Coach:
 - o **Doel:** $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$ afleiden
 - o Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6)
 - o coördinatentransformatie toepassen
 - o gebruik gegevens exp15,4.xlsx
- **15 min: M opg t/m 50**
 - o **Belangrijkste:** 42, 45, 46, **49, 50**

10 min: Afronding:

Bespreken:

- o Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6)

Doel

Verbanden T tegen m en l kennen

Hoe weet je

Bespreken aan het einde.

Starter

Afmaken tabel vorige keer

Hoofd

Inleiding

Teaser

Leerlingen: 2x exp + opg zelf

Afronding

Afsluiting

Formules T toevoegen aan rijtje

Opmerkingen

Blz 142 paarse letters fout!

Evenwicht \leftrightarrow uiterste stand = omgedraaid .

Harmonisch trillend voorwerp:

- $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/C}$
- **Applet** trillende veer Walter Fendt
- Terug naar applet §15,3 methodesite.

Mathematische slinger:

- massa aan einde touw
- $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$

Fysische slinger:

- o starre slingerende lat

T formules toevoegen aan tabel

- $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/C}$
- $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$

Leerling-materiaal les 4

Net als de andere lessen waren ook de doelen van deze paragraaf leerling-materiaal.

Na deze paragraaf:

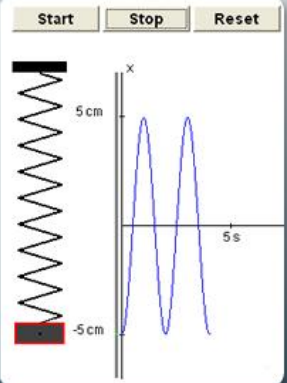
- kun je de periode of trillingstijd van een massa,veer-systeem berekenen;
- weet je dat een mathematische slinger een harmonische trilling uitvoert;
- kun je de periode of slingertijd van een mathematische slinger berekenen.

Verder was er voor de leerlingen de opdracht van EPN over de veer, die nu wel werkte, met de opdrachten en aanwijzingen van het lesplan.

epn

natuurkunde overal vwo deel 3 | Veer

Klik [hier](#) voor de applet.
Met de toetsencombinatie Alt-Tab kun je wisselen tussen dit scherm en de opdracht.



Veer - opdracht

Beantwoord de volgende vragen:

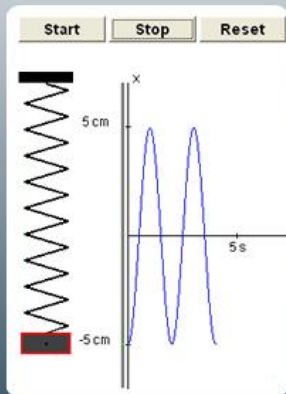
- Maak de massa die aan de veer hangt gelijk aan 4,0 kg. Teken de grafiek.
- Maak nu de massa 4× zo klein. Wat verandert er in de grafiek? Wat is er gebeurd met de trillingstijd?
- Maak nu de massa weer 4,0 kg en maak de veerconstante 4× zo klein. Wat verandert er in de grafiek? Wat is er gebeurd met de trillingstijd?
- Wat denk je dat er gebeurt als je de massa 4× zo klein maakt én de veerconstante 4× zo klein (dus $m = 1$ kg en $k = 12$ N/m)? Kijk of je voorspelling juist is.

De opdracht gaat verder op het volgende scherm.

© 2009 EPN | versie 1.0

< 1 2 3 > stop

Klik [hier](#) voor de applet.
Met de toetsencombinatie Alt-Tab kun je wisselen tussen dit scherm en de opdracht.



Veer - opdracht

Als er wrijving is in de veer moet er constant energie toegevoerd worden om de beweging in stand te houden. Als je geen energie toevoert dan neemt de amplitude van de trilling in de loop van de tijd af... Dit noem je ook wel een *gedempte trilling*.

- Wat verwacht je dat er met de grafiek gebeurt als er wrijving is in de veer nadat je hem in trilling brengt?

- Test je voorspelling door de dempingsfactor (b) groter dan 0 (rond de 0,5) te maken.

Eventueel kun je ook nu nog eens naar de leereenheid 'Gedempte trilling' bij de vorige paragraaf kijken.

Van de korte demo van experiment 15,3 zat het leerlingenmateriaal al bij het lesplan van les 3.

En de practicumbeschrijving van experiment 15,4 volgt hieronder. Hierbij maken we geen gebruik van Coach, maar van Excel.

experiment 15.4

L

uitvoering: 15 + 30 minuten

verwerking: 15 minuten

► Hoe hangt de periode van een slinger af van de lengte van de slinger?

Benodigheden

Statief met slinger (minimaal 150 cm), stopwatch, computer met Coach, het bestand *Vwo3 exp. 15.4 Periode slinger* op de [site](#).

Uitvoering

In de onderbouw heb je al metingen aan een slinger gedaan en ben je tot de conclusie gekomen dat de massa en de amplitudo geen invloed hebben op de trillingstijd van de slinger.

ℓ (cm)	10 T_1 (s)	10 T_2 (s)
23	9,54	9,58
48	13,88	13,91
65	16,22	16,13
87	18,65	18,82
122	22,04	22,20

15.31 Metingen aan een slinger

1. Varieer de lengte van de slinger en meet 10 slingertijden.

In figuur 15.31 zie je een tabel waarin metingen verwerkt zijn. Ben je niet in staat zelf de metingen te doen, dan kun je deze resultaten gebruiken.

Met een spreadsheetprogramma zoals Excel, met 'tabellen' in Coach of met de GR kun je de waarnemingen bewerken.

2. Start Coach met het juiste bestand. Voer de opdrachten uit.
3. Verwerk je metingen in een tabel.
4. Maak nu een kolom ' T_{gem} (s)' en een kolom ' T^2 (s²)'. Deze kolommen kun je door het programma dat je gebruikt laten berekenen.
5. Laat het programma dat je gebruikt de grafiek van T (langs de y-as) tegen ℓ (langs de x-as) en de grafiek van T^2 tegen ℓ maken.
6. Bepaal met behulp van het programma de helling van de laatste grafiek met de rechte lijn.

Uitwerking

- a. Geef een korte beschrijving van de aanpak van je metingen. Leg ook uit wat je gedaan hebt om zo nauwkeurig mogelijk te meten.
- b. Welke grootheden zijn recht evenredig met elkaar?
- c. Bepaal uit de waarde van de helling de waarde van g .
- d. Beantwoord de onderzoeksvraag.

Evaluatie les 4

Nog steeds zijn niet alle leerlingen bij met de stof, en met de hoeveelheid activiteiten in de les, moet dat vooral komen van huiswerk.

Naast de applets, en de vaksite van Natuurkunde Overal, hebben we deze les ook gebruik gemaakt van Excel. Daarvan had ik me ook wat vergist in de algemene vaardigheid die de leerlingen daarvan al hebben.

Ik zag leerlingen die alle getallen met de GR uit zaten te rekenen, in plaats van dat door Excel te laten doen. Terwijl de leerlingen dat bij informatiekunde, in een lager leerjaar, echt wel geleerd moeten hebben. Het belangrijkste van deze oefening, het idee van coördinatentransformatie, waardoor je een verband veel duidelijker kan zien, is wederom niet bij iedereen aangekomen.

Uitgebreid

10 min: M opg t/m 50

- **Belangrijkste:** 42, 45, 46, **49, 50**

30 min: Uitleg + demo's

§15,6: Geluid als trilling

Doelen: studio blz 152

- Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6)
- in 2^e klas al geluid als trilling.
- Wat bepaalt de f en hoe hard het is?

Demo exp 15.5

Doel:

- geluid zichtbaar maken met Oscilloscoop
- f bepalen uit scoop beeld
- Na de uitleg van §15,7 optioneel de leerlingen zelf rest van experiment.



§15,7 Mechanische resonantie:

Starter Mythbusters:

- breaking glass
- http://www.youtube.com/watch?v=17tqXgvCNOE&feature=Playlist&p=D49C9AEC888E2F34&playnext=1&playnext_from=PL&index=2
- hoe heet dit verschijnsel?
- Wat gebeurt hier? → Eigenfrequentie

Doelen: studio blz 156

Demo exp 15.6

Doel:

- resonantie in een snaar laten zien
- eigenfrequentie van snaar bepalen

30 min: LIn zelf:

Optioneel:

Met laptop methodesite: §15.6: Digitale oscilloscoop

- van exp 15.5: b, c, g, h, i

Maken t/m 63

Belangrijkste opgaven:

53, 54, **55**, 62, **63**

Volgende keer: 20 min: afsluitende enquête

Doel

Geluid en resonantie opfrissen

Hoe weet je

leerling dat doel gehaald is

Starter

Opg vorige keer terugblik

Hoofd

Uitleg en demo:
Demo exp 15.5
Demo exp 15.6

M t/m 63

Afsluiting

Opmerkingen

Door veel extra dingen in de les minder tijd huiswerk maken in de les.

Leerling-materiaal les 5

Net als de andere lessen waren ook de doelen van de paragrafen leerling-materiaal.

§15,6 Geluid als trilling

Na deze paragraaf:

- kun je uitleggen onder welke voorwaarde(n) resonantie optreedt;
- weet je wat knopen en buiken in een staande trilling zijn;

§15,7 Mechanische resonantie

Na deze paragraaf:

- kun je geluidspatronen zichtbaar maken op een oscilloscoop;
- kun je uit het oscilloscoopbeeld de frequentie van een trilling bepalen.

Verder waren de practicumbeschrijvingen van Natuurkunde Overal weer leerling-materiaal, met dien verstande dat ik daar een selectie van de onderdelen van gemaakt heb.

experiment 15.5

L

uitvoering: 45 minuten

verwerking: 15 minuten

► **Hoe kun je de frequentie van een geluidstrilling bepalen?**

De geluidstrillingen zet je om in elektrische trillingen met een microfoon. Deze elektrische trillingen maak je zichtbaar met de scoop. Uit het oscillogram is onder andere de frequentie te bepalen van het geluid.

Benodigdheden

Oscilloscoop, batterij, aansluitsnoeren, toongenerator, microfoon, luidspreker, stemvork, klankkast

Uitvoering

Maak geluiden met de volgende geluidsbronnen. Sluit een microfoon aan op de oscilloscoop. Maak op het scherm de trillingen zichtbaar. Het is van belang dat je de tijdbasis goed kiest, zodat je de frequenties kunt bepalen. Zo nodig trigger je de scoop om een stilstaand beeld te krijgen.

Maak schetsen van de beelden op het scherm en let goed op veranderingen.

Bepaal ook bij elk patroon de belangrijkste frequentie.

- Een luidspreker die is aangesloten op een toongenerator. Stel de toongenerator op enkele verschillende frequenties in. Verander ook de geluidssterkte.
- Een stemvork zonder en met klankkast.
- Een muzikale toon.
- Je eigen stem. Probeer eens zuiver te fluiten. Probeer ook eens het patroon van een 'aaa...' of een 'eee...' op het scherm te krijgen.

Uitwerking

- a** Bij welke geluiden heb je in ieder geval triggering nodig?
- b** Wat gebeurt er met het geluidspatroon als je de frequentie verhoogt?
- c** Wat zie je als je de geluidssterkte vergroot?
- d** Wat gebeurt er met de toon van een stemvork na verloop van tijd? Hoe zie je dat op het beeldscherm?
- e** Hoe bepaal je de 'belangrijkste' frequentie van samengestelde tonen?
- f** Wat is het verschil tussen geluid dat is gemaakt door een toongenerator met een luidspreker en door je stem?
- g** Leg uit dat je op een oscilloscoop een u,t -diagram van een trilling ziet.
- h** Wat gebeurt er met een schermbeeld als je de tijdbasis op een lagere stand (minder tijd/div) instelt?
- i** Geef antwoord op de onderzoeksvraag.

Bij dit experiment heb ik in eerste instantie als demo een echte oscilloscoop laten zien.

Na de uitleg waren de leerlingen in de gelegenheid om met een digitale oscilloscoop de onderdelen b, c, g, h, i uit te voeren, waar ook een aantal leerlingen gebruik van gemaakt heeft.

experiment 15.6

D/L

► Hoe kun je met resonantie de eigenfrequenties van een snaar bepalen?

proef 15.6A

D

uitvoering: 30 minuten
verwerking: 30 minuten

Benodigheden

Motortje met excentriek, nylondraad, gewichten (500 g; 1 kg) en een stroboscoop

Uitvoering

Je spant een elastische draad tussen een vast punt en een excentriek op de as van een motor of boormachine (figuur 15.51). Je voert het toerental van het excentriek langzaam op. Alle punten van de draad trillen in een frequentie die langzaam hoger wordt. Bij sommige frequenties neemt de amplitudo flink toe. Dit zijn de *eigenfrequenties* van de draad.

Bij stroboscopische belichting kun je de frequentie van de lamp zó instellen dat de draad (vrijwel) stilstaat. Zoek steeds de hoogste flitsfrequentie op waarmee je de draad kunt 'stilzetten'.

Maak eerst een tabel met vier kolommen en noteer in de kop daarvan (grondtoon) '0', (boventoon) '1', (boventoon) '2' en (boventoon) '3'.

- 1 Noteer de frequentie van het excentriek waarbij voor het eerst resonantie optreedt. Dit is de frequentie die hoort bij de 'grondtoon' van het koord. Teken de vorm van het koord.

- 2 Verhoog de frequentie van het excentriek en noteer de frequentie waarbij weer resonantie optreedt. Dit is de frequentie van de 'eerste boventoon'. Teken de vorm van het koord.
- 3 Verhoog weer de frequentie en spoor de frequenties van nog meer boventonen op.
- 4 Trek het koord iets strakker aan en herhaal de vorige opdrachten.

Uitwerking

Het koord heeft punten die nauwelijks trillen. Die noemen we knopen (K). Er zijn ook buiken (B). Dat zijn de punten die met de grootste amplitudo trillen.

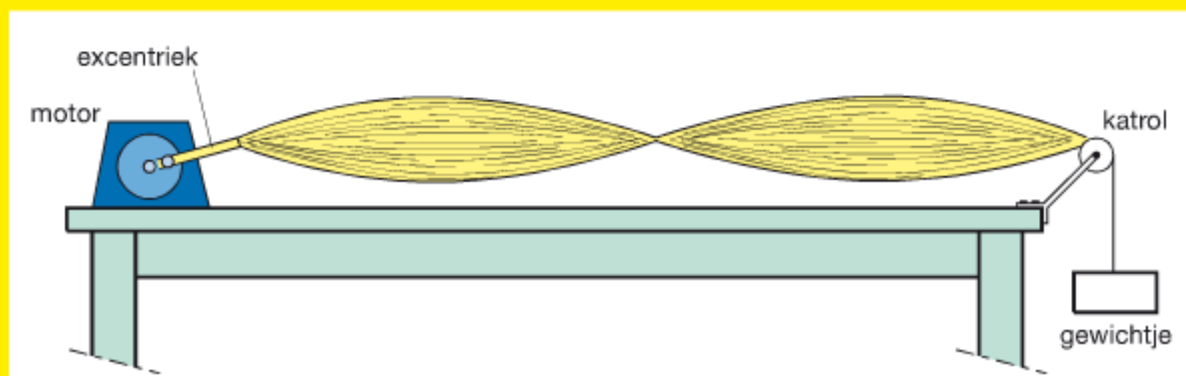
- a Geef in de tekeningen van de opdrachten 1 en 2 met de letter K en B de plaats van knopen en buiken aan.
- b Wat voor een effect heeft het spannen van het koord op de frequenties van grondtoon en boventonen?
- c Door de flitsfrequentie te halveren is het koord ook 'stil' te zetten. Leg uit dat de flitsfrequentie dan *niet* de frequentie is waarin het excentriek trilt.
- d Beantwoord de onderzoeksvraag.

proef 15.6B

L

uitvoering: 30 minuten
verwerking: 30 minuten

Op de [► site](#) kun je met de applet 'Frequenties in een trillende snaar' de frequenties opsporen waarbij resonantie optreedt. Voer de bijhorende schermopdrachten uit.



15.51 Het excentriek brengt het uiteinde van een draad in trilling.

Evaluatie les 5

Wederom een erg volle les. Ook over een onderwerp waarvan de samenhang met de rest van het hoofdstuk in het boek niet erg duidelijk was, zodat ik daar als docent aandacht aan moest besteden.

Daardoor ben ik als docent weer te lang aan het woord geweest, waardoor er weer te weinig tijd voor de eigen werkzaamheid van de leerlingen overbleef.

Toetsing van de lesstof

De toetsing van het hoofdstuk Trillingen bestond uit één opgave, van de drie, in een combinatie toets met het hoofdstuk licht. Hieronder is de toetsopgave van trillingen weergegeven.

VWO 5 Natuurkunde Tp 9

Juni 2010

Hoofdstuk 14 en 15 uit Natuurkunde Overal deel 3

Telt mee voor het dossier, zie PTA.

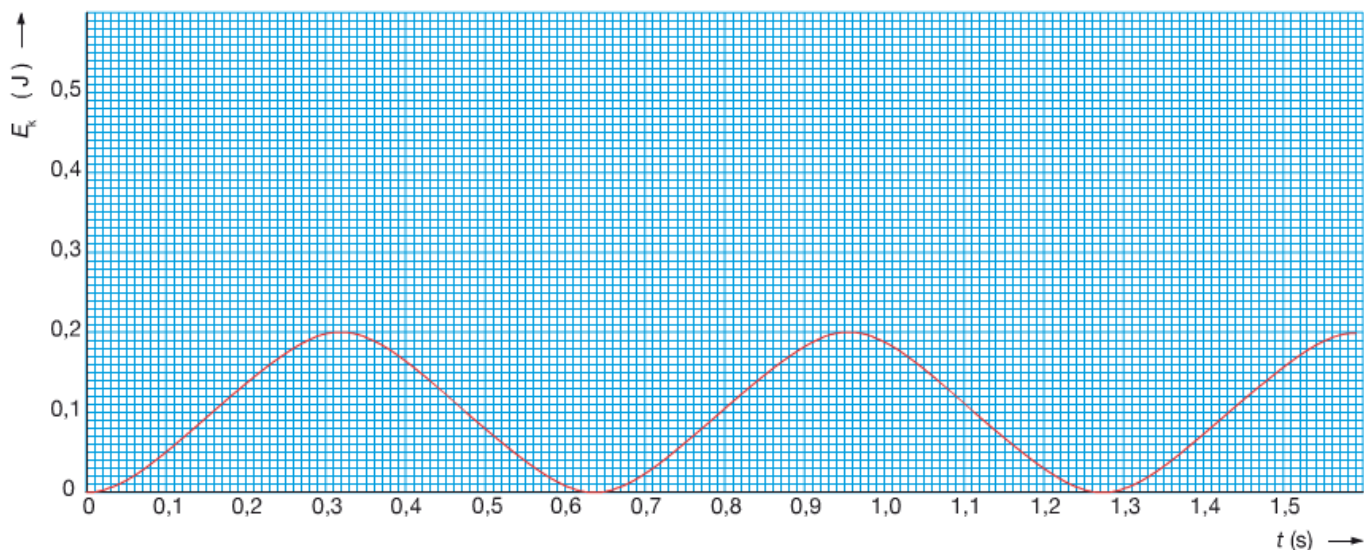
- Bij je berekening altijd vermelden hoe je aan je antwoord komt. Je krijgt geen punten als je alleen de uitkomst vermeldt
- Let op het juiste aantal significante cijfers. Vermeld de juiste eenheid.
- Werk netjes.
- Doorrekenfouten worden maar 1 keer aangerekend, mits dit de berekening niet sterk vereenvoudigt.

SUCCES!

Opgave 3 Harmonisch slingeren (13 punten)

Een voorwerp van 0,29 kg hangt aan een dun touwtje. Het voorwerp slingert aan het touwtje. De hoek die het touwtje maakt met de verticale lijn door het ophangpunt noemen we α .

Uit de waarnemingen aan de slinger volgt het E_k, t -diagram van onderstaand figuur. We geven de tijd aan vanaf het tijdstip $t = 0$ s, dat in de grafiek is aangegeven.

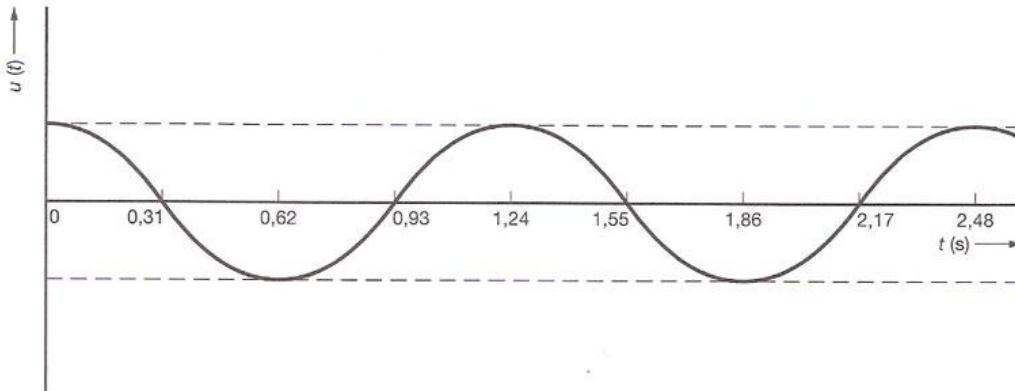


- Schets een u, t -diagram en geef de tijdstippen aan waarop de kinetische energie van de slingerende massa maximaal is. (2)
- Bepaal uit het E_k, t -diagram de trillingstijd (2)
- Bepaal de maximale snelheid van de massa. (2)
- Bereken de slingerlengte. (3)
- Berekening de hoek ten opzichte van de evenwichtsstand als de slinger in de uiterste stand is. (4)

Uitwerking toetsvraag

Opgave 3 (13 punten) Harmonisch slingeren

a. (2) Zie fig 21.16 hieronder



- b. (2) Uit het gegeven E_k, t -diagram: Een halve periode is tussen twee tijdstippen dat E_k maximaal is: $\frac{1}{2} T = 0,94 - 0,32 = 0,62 \rightarrow T = 1,24 \text{ s}$.
Alternatief: Een hele periode is de tijd vanaf ene uiterste stand via de andere terug naar de 'eerste': $T = 1,24 - 0 = 1,24 \text{ s}$.
- c. (2) $E_{k\max} = \frac{1}{2} m v^2 = 0,20 \text{ J} \rightarrow v_{\max} = 1,2 \text{ m/s}$
- d. (3) $T = 2\pi\sqrt{l/g} \rightarrow l = gT^2/(4\pi^2) = 1,54 \times 9,81/(4\pi^2) = 0,38 \text{ m}$
- e. (4) Uit de WBE volgt dat overal geldt dat $E_k + E_p = 0,20 \text{ J}$. In een uiterste stand is $E_k = 0 \text{ J} \rightarrow E_{p\max} = 0,20 \text{ J}$ (gegeven diagram).
 $E_{p\max} = mgh$ waarin h hoogteverschil tussen uiterste en evenwichtsstand.
 $0,20 = 0,29 \times 9,81 \times h \rightarrow h = 0,0703 \text{ m}$. $\cos \alpha = (0,38 - 0,0703)/0,38 \rightarrow \alpha = 0,61 \text{ rad} = 35^\circ$
Alternatief:
 $v_{\max} = 2\pi A/T \rightarrow A = 0,23 \text{ m}$
 $\sin \alpha = 0,23/0,38 \rightarrow \alpha = 37^\circ$

Eindenquête

Zoals eerder in dit verslag al genoemd, heb ik zowel een start- als een eindenquête gehouden bij deze meesterproef.

De eindenquête bestond qua vakinhoudelijke vragen uit precies dezelfde vragen als de startenquête. Dit heb ik op deze manier gedaan, om goed te kunnen vergelijken, en eenduidige conclusies te kunnen trekken over het effect van de lessenreeks.

De vragen die betrekking hadden op mijn onderzoek waren wel verschillend per enquête, zie de bijlagen [startenquête.pdf](#) en [eindenquête.pdf](#).

Resultaten

De resultaten van deze meesterproef zijn tweeledig. Aan de ene kant zijn er de resultaten van de lessenreeks, aan de andere kant de resultaten van het onderzoek.

De resultaten van de lessenreeks zijn onder te verdelen in de uitkomsten van de start- en eindenquête, en de scores op de toetsvraag die ik over dit onderwerp gemaakt heb.

De resultaten van het onderzoek bestaan uit de antwoorden op de beide enquêtes.

Om de resultaten van de verschillende klassen beter op waarde te kunnen schatten, geef ik in de conclusie ook nog een kader van de statistische achtergronden van de verschillende klassen.

Lessenreeks

Het eerste deel van de resultaten van de lessenreeks kwam uit de start- en eindenquêtes. Onderstaande tabellen zijn een samenvatting van alle resultaten, die staan in de documenten startenquete_resultaten.xlsx en eindenquete_resultaten.xlsx in de bijlage.

Op de multiple choice vakinhoudelijke vragen konden de leerlingen antwoorden invullen van a t/m e.

Na invoeren in Excel heb ik de antwoorden a t/m e geconverteerd in de waarden 1 t/m 5. Die antwoorden heb ik weer vergeleken met het juiste antwoord, en ik heb ook gekeken naar welke antwoorden er door de leerlingen het meeste werden gegeven.

Als het antwoord wat het meeste werd gegeven ook het goede antwoord was, dan heb ik de bijbehorende cel in de kolom modus (meest gegeven antwoord) een groene achtergrond gegeven.

Resultaten vakinhoudelijke vragen startenquête

Hieronder volgen de resultaten van de startenquête voor de drie verschillende cluster groepen.

Voorkennisvragen nummer	VEF		%juist	modus	letter	# modus	% modus
	juist	#juist					
1	3	1	5,3	4	d	11	58
2	1	19	100,0	1	a	19	100
3	3	3	15,8	1	a	11	58
4	4	1	5,3	3	c	13	68
5	2	8	42,1	1	a	11	58
6	2	6	31,6	4	d	6	32
7	2	17	89,5	2	b	17	89
8	2	17	89,5	2	b	17	89
9	4	13	68,4	4	d	13	68
10	5	8	42,1	4	d	8	42
11	3	1	5,3	4	d	12	63
12	5	5	26,3	2	b	6	32
13	2	10	52,6	2	b	10	53
14	2	8	42,1	2	b	8	42
		gem	44,0				

Tabel 1

Voorkennisvragen		DOH1					
nummer	juist	#juist	%juist	modus	letter	# modus	% modus
1	3	2	9,5	5	e	9	43
2	1	20	95,2	1	a	20	95
3	3	12	57,1	3	c	12	57
4	4	9	42,9	3	c	11	52
5	2	15	71,4	2	b	15	71
6	2	12	57,1	2	b	12	57
7	2	18	85,7	2	b	18	86
8	2	19	90,5	2	b	19	90
9	4	20	95,2	4	d	20	95
10	5	12	57,1	5	e	12	57
11	3	4	19,0	4	d	10	48
12	5	7	33,3	3	c	8	38
13	2	10	47,6	2	b	10	48
14	2	18	85,7	2	b	18	86
		gem	60,5				

Tabel 2

Voorkennisvragen		DOH2					
nummer	juist	#juist	%juist	modus	letter	# modus	% modus
1	3	9	36,0	3	c	9	36
2	1	22	88,0	1	a	22	88
3	3	9	36,0	3	c	9	36
4	4	5	20,0	3	c	18	72
5	2	15	62,5	2	b	15	63
6	2	9	36,0	2	b	9	36
7	2	19	76,0	2	b	19	76
8	2	19	76,0	2	b	19	76
9	4	24	96,0	4	d	24	96
10	5	13	52,0	5	e	13	52
11	3	3	12,0	4	d	18	72
12	5	8	32,0	3	c	9	36
13	2	8	34,8	1	a	9	39
14	2	14	58,3	2	b	14	58
		gem	51,1				

Tabel 3

Resultaten vakinhoudelijke vragen eindenquête

Hieronder volgen de resultaten van de eindenquête voor twee van de clustergroepen. In groep DOH1 is helaas de eindenquête niet afgenomen.

Eindenquêtevragen		VEF					
nummer	juist	#juist	%juist	modus	letter	# modus	% modus
1	3	1	5,3	4	d	10	53
2	1	18	94,7	1	a	18	95
3	3	4	21,1	1	a	13	68
4	4	2	10,5	3	c	16	84
5	2	8	42,1	1	a	9	47
6	2	3	15,8	4	d	10	53
7	2	16	84,2	2	b	16	84
8	2	15	78,9	2	b	15	79
9	4	16	84,2	4	d	16	84
10	5	10	52,6	5	e	10	53
11	3	1	5,3	4	d	13	68
12	5	11	57,9	5	e	11	58
13	2	7	36,8	2	b	7	37
14	2	10	52,6	2	b	10	53
		gem	45,9				

Tabel 4

Eindenquêtevragen		DOH2					
nummer	juist	#juist	%juist	modus	letter	# modus	% modus
1	3	6	22,2	5	e	16	59
2	1	26	96,3	1	a	26	96
3	3	15	55,6	3	c	15	56
4	4	6	22,2	3	c	13	48
5	2	20	74,1	2	b	20	74
6	2	11	40,7	2	b	11	41
7	2	24	88,9	2	b	24	89
8	2	22	81,5	2	b	22	81
9	4	20	74,1	4	d	20	74
10	5	20	80,0	5	e	20	80
11	3	2	7,4	4	d	21	78
12	5	7	26,9	2	b	7	27
13	2	8	32,0	1	a	10	40
14	2	5	20,0	1	a	13	52
		gem	51,6				

Tabel 5

Resultaten toetsopgave trillingen

In tabel 6 staan de toetsresultaten van de combinatie-toets van Trillingen en van Licht en breking.

	VEF			DOH1			DOH2	
toetscijfer	gem	st dev		gem	st dev		gem	st dev
	57,5	18,2		67,0	16,4		69,1	13,8

Tabel 6

In tabel 7 laat ik vervolgens de gemiddelde score en spreiding per onderdeel van de vraag over trillingen zien.

	VEF			DOH1			DOH2	
punten toetsvraag	gem	st dev		gem	st dev		gem	st dev
a (2)	1,1	0,69		1,4	0,80		1,2	0,83
b (2)	1,1	0,73		1,4	0,57		1,2	0,63
c (2)	1,5	0,89		1,8	0,54		1,8	0,50
d (3)	2,1	0,97		2,3	0,64		2,2	0,92
e (4)	1,5	1,41		1,9	1,48		1,8	1,45
percentage goed	55,9			66,9			63,2	

Tabel 7

Onderzoek (pgo)

Voor mijn onderzoek heb ik een start- en eindenquête gehouden, over de beleving van de natuurkunde, de lesmethode, en ICT. De leerlingen konden een score aangeven van ja | 1 tot en met 5 | nee, waarbij 1 helemaal niet, en 5 helemaal wel betekende.

Van die twee vragenlijsten heb ik de gemiddelden en spreidingen weergegeven in de onderstaande tabellen. Ook heb ik de modus, het meest voorkomende antwoord, aangegeven.

De startenquête is afgenomen in alle drie de clustergroepen, maar de eindenquête is helaas in de hectiek aan het einde van het schooljaar niet meer afgenomen in groep DOH1.

Resultaten startenquête beleving

vragen	Startenquete	VEF			DOH1			DOH2		
		gem	st dev	mod	gem	st dev	mod	gem	st dev	mod
1.	Ben je normaal gesproken goed in Natuurkunde?	3,13	1,02	4	3,33	0,71	3	3,36	0,74	4
2.	Werk je normaal gesproken goed voor het vak?	3,08	1,10	4	3,24	0,97	4	3,04	1,08	3
3.	Vind je het een leuk vak?	3,47	0,82	3	3,57	0,79	4	3,68	0,55	4
4.	Vind je de methode Natuurkunde Overall leuk?	2,87	0,56	3	3,29	0,98	4	3,24	0,59	3
5.	Gebruik je de methodesite van Natuurkunde Overall vaak?	2,50	1,25	1	2,52	0,79	2	2,16	1,05	2
6.	Gebruik je vaak applets om een onderwerp beter te kunnen begrijpen?	1,97	1,06	1	1,81	0,79	2	1,88	0,91	1
7.	Vind je het leuk om de laptops te gebruiken in de les.	3,21	1,06	3	2,86	0,99	3	3,20	1,02	3
8.	Vind je het gebruik van de laptops nuttig?	3,13	1,23	3	2,71	0,88	2	3,04	1,04	3

Tabel 8

Resultaten eindenquête beleving

vragen		VEF			DOH2		
		gem	st dev	mod	gem	st dev	mod
1	Denk je dat je dit hoofdstuk goed begrepen hebt?	3,55	0,63	4	3,27	0,86	3
2	Heb je goed gewerkt aan hoofdstuk 15?	2,50	1,11	3	2,44	1,07	3
3	Vond je het onderwerp trillingen leuk?	2,50	1,20	1	3,07	0,86	3
4	Vond je dat de methode Natuurkunde Overal het onderwerp leuk bracht?	2,63	0,87	3	3,22	0,74	3
5	Heb je de methodesite van Natuurkunde Overal veel gebruikt dit hoofdstuk?	2,00	1,03	1	1,78	1,03	1
6	Heb je dit hoofdstuk veel aan Applets gehad om het onderwerp beter te kunnen begrijpen?	2,79	1,20	3	1,85	0,97	1
7	Heb je veel met ICT-toepassingen gewerkt tijdens dit hoofdstuk?	2,74	0,96	3	1,48	0,79	1
8	Maakte het gebruik van die ICT-toepassingen de stof duidelijker voor je?	2,84	1,04	3	1,79	0,96	1
9	Maakte het gebruik van die ICT-toepassingen de stof leuker voor je?	2,42	1,09	1	2,08	1,19	1

Tabel 9

Conclusies

In dit hoofdstuk komen zowel de conclusies van de lessenreeks, als van het onderzoek. Om een en ander beter in perspectief te plaatsen heb ik hieronder geprobeerd het verschil tussen de verschillende lesgroepen aan proberen geven.

Kader

De lessenreeks is uitgevoerd in groep VEF. De controlegroepen waren de klassen DOH1 en DOH2. De klassen varieerden niet alleen qua aantallen leerlingen, maar er zat ook nog een behoorlijk niveauverschil tussen de groepen. Dit is te concluderen op grond van de gemiddelde eindcijfers voor natuurkunde in VWO5, en het dossiercijfer wat ze in VWO4 en VWO5 samen opgebouwd hebben voor dit vak.

	VEF		DOH1		DOH2	
Niveau van de klas	gem	st dev	gem	st dev	gem	st dev
Overgang einde V5	6,4	1,1	7,2	0,8	7,1	0,9
Schoolexamen dossier	6,6	1	7	0,8	6,8	0,8

Tabel 10

Op grond van tabel 10 is te concluderen dat klas VEF van de drie klassen het laagste niveau heeft op het gebied van natuurkunde. Ook is de spreiding van de gemiddelden van die klas groter, wat duidt op een groter niveauverschil binnen de klas.

Lessenreeks

De conclusies van de lessenreeks zijn op verschillende niveaus te trekken. Als eerste was er natuurlijk de startenquête, op grond waarvan de preconcepten vastgesteld konden worden. De conclusies zijn getrokken door vergelijken van de tabellen 1, 2 en 3.

Voor de logische volgorde voeg ik na de conclusie van de startenquête meteen de conclusie van de eindenquête in. Die conclusies konden worden getrokken uit, en na vergelijken van tabel 4 en 5.

Daarna volgt de conclusie die ik getrokken heb naar aanleiding van de toets over Trillingen en Licht en breking, die de leerlingen gemaakt hebben als afsluiting van de periode. De toetscijfers, en ook de scores per onderdeel, zijn terug te vinden in tabel 6 en 7.

Conclusie startenquête

Inleiding:

Over het algemeen was ik vrij geschokt over het kleine percentage voorkennisvragen die de leerlingen goed hadden. De leerlingen van VEF hadden gemiddeld maar 44% van de voorkennisvragen goed, de leerlingen DOH1 60%, en de leerlingen DOH2 51%.

Nu waren het vragen waarbij ze wel goed moesten lezen en nadenken, en er zat geen impuls van een cijfer achter, maar ze zijn er toch serieus mee bezig geweest.

Hieronder ga ik wat meer in detail in op de verschillende vragen, en de bijbehorende preconcepten die leven bij de leerlingen.

Doel:

Aan de hand van de voorkennisvragen die ik heb afgenomen bij de leerlingen, wil ik een conclusie trekken over de mate van voorkomen bij mijn leerlingen, van een aantal voorgeselecteerd preconcepten uit de literatuur.

Preconcepten:

De preconcepten die ik wil gaan bekijken zijn de volgende:

1. Snelheid en versnelling staan dezelfde kant op gericht
2. De beweging van een voorwerp is altijd in de richting van de resulterende kracht
3. Als de resulterende kracht gelijk is aan nul staat een voorwerp stil

Opgaven:

Opgave 1: Slingerproef

Opgave 1 ging over een slingerproef, die de leerlingen in de tweede klas gedaan hebben. Daarin moesten ze bepalen waar de slingertijd van af zou kunnen hangen. Daar was toen de slingerlengte uit gekomen.

Van de leerlingen van VEF had 5% het goede antwoord, terwijl 58% dacht dat slingertijd ook afhangt van massa (d). Bij DOH1 had 10% het goede antwoord, waarbij de meeste leerlingen de uitwijking ook als belangrijk toevoegden, terwijl bij DOH2 36% van de klas het goede antwoord had. Hiermee blijkt een proefje uit de tweede klas slechts beperkt te zijn blijven hangen.

Opgaven 2, 3, 4: wrijvingsloos bewegen

Opgave 2, 3 en 4 gaan over de beweging van een bal die wrijvingsloos omhoog gegooid wordt, en weer naar beneden valt.

Op een enkele leerling na, van alle drie de klassen, kon

*Is dit een enquête? Opdrachten met veel valkuilen en instinkers.
– Een leerlingreactie op de startenquête*

iedereen wel bedenken hoe de snelheid daarin op de verschillende plaatsen in de beweging verdeeld was. In de klas van VEF had maar 16% de vraag over de bijbehorende versnelling goed. In de klassen van DOH was dat 57% en 36%. Over de versnelling zegt de meerderheid van de leerlingen van VEF dat de versnelling hetzelfde is als de snelheid, wat duidt op **preconcept 1**

De koppeling met de bijbehorende krachten kon slechts een kleiner aantal leerlingen maken. Dat was maar 5% bij VEF, en 43% en 20% bij de klassen DOH1 en DOH2 respectievelijk.

Preconcepten 1 en 2:

Hiermee heb ik laten zien dat het preconcept uit de literatuur, over de moeilijkheden van leerlingen met het verband tussen snelheid en versnelling, en in sterkere mate ook preconcept 2, over het verband tussen de beweging en de resulterende kracht ook bij onze leerlingen geldt.

Opgave 5: constante snelheid lift

In opgave 5 kom het verband tussen constante snelheid en de bijbehorende krachten aan bod. De lift wordt met constante snelheid omhoog getrokken, en er is een opwaartse kracht door de kabel, en een zwaartekracht op de lift.

42% van de leerlingen van VEF komt uit op het goede antwoord, en 58% denkt dat voor een beweging naar boven de opwaartse kracht groter moet zijn dan de zwaartekracht. In de klas DOH1 en DOH2 heeft 71% en 63% wel het goede verband door.

Preconcept 3:

Het preconcept over het verband tussen een resulterende kracht van nul en een constante snelheid, blijkt dus vooral in klas VEF voor te komen. Voor de meerderheid van de leerlingen van DOH geldt dit preconcept dus wat minder.

Opgave 6: Schommel

Deze opgave gaat over de krachten die werken op een jongen op een schommel.

De meeste leerlingen zien wel in dat er een zwaartekracht en een spankracht van het touw werkt op die jongen, maar zowel in klas VEF als DOH2 wordt een kracht in de richting van de beweging ook als antwoord gegeven.

Opgave 7: Bureaustoel

Deze opgave gaat over de krachten op een stilstaande bureaustoel op de vloer. Ook hier geldt dat de nettokracht dan nul moet zijn.

90% van de leerlingen van VEF hebben dit antwoord goed, toch zijn er nog 2 leerlingen die dan zeggen dat er geen krachten werken. Bij DOH1 zie je hetzelfde beeld, met 86% het goede antwoord, en 3 leerlingen die geen krachten zien werken. En bij DOH2 heeft 76% het goede antwoord, met 4 leerlingen die geen

krachten zien werken, en nog een enkele leerling die alleen een zwaartekracht, of een of andere neerwaartse kracht van de lucht ziet werken.

Dit zou je kunnen zien als een bevestiging van **preconcept 3**.

Opgaven: 8 en 9 Grafieken

Aan de hand van een stroboscopische foto moeten de leerlingen een snelheid-tijd, en het bijbehorende versnelling-tijd diagram kiezen.

Dit verband hebben de meeste leerlingen goed door, zo'n 90% van de leerlingen van VEF, 87% van DOH1 en 76% van DOH2, beantwoordt deze vragen goed.

Opgave 10: netto kracht

Vanuit een snelheid-tijd diagram moet een vertaling gemaakt worden naar een netto kracht-tijd diagram.

Slechts 42% van de leerlingen van VEF kiest hier voor het goede kracht-tijd diagram. Dit geldt ook voor 57% van de leerlingen van DOH1, en 52% van DOH2. Van de rest van de leerlingen kiest een groot deel het kracht-tijd diagram wat er hetzelfde uitziet als het snelheid-tijd diagram, dus deze leerlingen leggen het verband tussen de nettokracht, de versnelling en de snelheid niet goed.

Dit hangt weer samen met **preconcept 3**

Opgave 11: krachtenevenwicht

In deze opgave moest je goed opletten hoe de krachten gericht staan.

Deze opgave bleek toch erg lastig, want slechts 5% van VEF, 19% van DOH1 en 12% van DOH2 had deze opgave goed. Het overgrote deel van de leerlingen koos voor een grotere kracht in de richting van de beweging, wat kan duiden op **preconcept 2 en 3**, maar het kan ook zijn dat ze begrepen hadden dat het ging om de horizontale component van deze kracht. Wat ze vervolgens niet gezien hadden was dat de verticale component van deze kracht F ervoor zorgt dat N maar kleiner hoeft te zijn dan W .

Opgave 12: Slingerbeweging

In deze opgave moest met energiebehoud gekeken worden naar een schommelbeweging. Ze moesten daar op het idee komen dat de zwaarte-energie omgezet wordt in kinetische energie. En daaruit dan de snelheid berekenen.

Tussen de 26 en 33 procent van de leerlingen had hierop het goede antwoord.

Opgaven: 13 en 14 Blokje in lift

In deze opgaven moesten twee vragen beantwoord worden, een met een beweging met een constante snelheid, en eentje uitgaand van stilstand.

De opgave met de constante snelheid had 53% van VEF goed, 48% van DOH1 en 35% van DOH2. Dat is gemiddeld 45% van alle leerlingen. De opgave die uitging van stilstand werd door 42%, 86%, en 58% procent van de leerlingen goed beantwoord, en dat is een gemiddelde van 62%.

Dit duidt op een bevestiging van **preconcept 3**.

Eindconclusie startenquête:

Niet alle voorkennis die bij de leerlingen aanwezig zou moeten zijn blijkt meer actief. Dit concludeer ik vooral uit opgave 1, 6 en 12. Daarnaast wordt deze conclusie ook ondersteund door de algehele matige score van de leerlingen over het geheel van de vragen. Dit geeft het belang aan van de activering van de voorkennis tijdens mijn lessenreeks.

De drie preconcepten die ik geselecteerd heb in de literatuur komen allemaal voor bij onze leerlingen. Preconcept 2 is daarvan het sterkste over alle leerlingen gekeken. Deze preconcepten moesten dus inderdaad aangepakt worden in de lessenreeks.

Conclusie eindenquête

Inleiding

Voor het vergelijk met de beginsituatie van de leerlingen heb ik dezelfde set van 14 vragen gebruikt. Ik had verwacht na de lessenreeks, voor de leerlingen van VEF, een groot verschil te zien tussen de antwoorden van de start- en eindenquête, omdat bewust gewerkt is aan het aanpassen van de preconcepten. Maar ook bij DOH had ik wel verschillen verwacht, aangezien de leerlingen toch een periode lang bezig zijn geweest met de stof, en de lesmethode alleen al, zonder de docent, juist gekozen is vanwege de mogelijkheid tot zelfwerkzaamheid van de leerlingen.

Van de twee klassen van DOH heeft helaas maar een klas de eindenquête ingevuld, dus de populatie waarmee de startenquête vergeleken kan worden is wat kleiner.

Resultaten

In vergelijk met dezelfde set vragen in de startenquête is er nauwelijks verschil met het totaal percentage goed beantwoorde vragen.

Bij de klas van VEF waren er nu twee vragen meer door de meerderheid van de leerlingen goed beantwoord. Maar het totale percentage goed beantwoorde vragen over alle leerlingen is slechts van 44% naar 46% gegaan.

De goed beantwoorde vragen waren de opgaven 10 en 12. Vraag 10 hing samen met het preconcept over het verband tussen de snelheid en de versnelling, wat in de stof van deze lessenreeks behandeld werd, en ook in de applets van Walter Fendt over de slinger ruimschoots aan bod is gekomen. En ook de materie van opgave 12 is tijdens de lessenreeks aan de orde gekomen.

In klas DOH2 zijn zelfs twee vragen minder goed beantwoord. Opgaven 1 en 14 waren in de startenquête wel goed beantwoord, maar in de eindenquête dus niet. En ook in deze klas was het verschil in het totale percentage van goed beantwoorde vragen over alle leerlingen erg klein. Bij de startenquête was dat percentage 51%, tegen 52% bij de eindenquête.

Conclusie toetsopgave

Uit tabel 6 blijkt dat het toetscijfer wat bij klas VEF gehaald is, ongeveer een punt lager is dan van de klassen van DOH. Ook hier geldt dat de spreiding in de cijfers van VEF een stuk groter is dan de spreiding in de cijfers van vooral DOH2.

Als ik de gegevens van tabel 6 met die van tabel 7 vergelijk, dan is te zien dat klas VEF nog steeds op alle onderdelen de laagste score haalt. En tevens is te zien dat ook hier de spreiding in de resultaten het grootste is.

Opvallend is wel dat klas DOH2, die gemiddeld over de hele toets het beste gescoord heeft, op het onderdeel trillingen minder goed gescoord heeft dan DOH1.

Eindconclusie lessenreeks

Ik kijk met een teleurgesteld gevoel naar de resultaten van de lessenreeks.

Ik had bij de analyse van de enquêtes al aangegeven dat ik behoorlijk geschokt was over de bekende voorkennis. En aan de hand van de eindquêtes was ik ook erg verbaasd over de geringe verandering in het totaal aantal goed beantwoorde vragen.

De meerderheid van leerlingen VEF hadden wel bij twee vragen meer het goede antwoord, wat dan toch lijkt te wijzen op een effect van de lessenreeks, maar daar stond tegenover dat er op een aantal andere vragen er minder goede antwoorden zijn gekomen.

Mijn indruk was dat de leerlingen het toch wel serieus ingevuld hadden, maar ik had er geen beloning op gezet, zoals gesuggereerd werd in Hestenes en Wells (1992). Die ruimte liet het PTA me ook niet.

Het bespreken van de startenquête zou waarschijnlijk wel een positief effect op de resultaten van de eindenquête hebben gehad. Maar dat heb ik bewust niet gedaan, omdat het dan meer de reproducerende vaardigheden van de leerlingen weergegeven zou hebben, en niet het effect van de lessenreeks.

Voor wat betreft de toetsresultaten lijkt de lessenreeks eerder een negatief dan een positief effect gehad te hebben. De klassen van DOH zaten normaal al hoger gemiddeld dan de klas VEF, maar nu was het verschil dus nog groter. In klas DOH2 kwam het grote verschil in toetscijfer vooral doordat ze het onderdeel Licht en breking beter hadden gedaan, maar ook Trillingen hadden ze beter gedaan.

Een vraag die altijd wel zal blijven hangen is wat er gebeurd zou zijn als ik de lessenreeks bij de beste van de drie lesgroepen had kunnen doen. Misschien was die daar wel aangeslagen..

Mogelijke oorzaken

Dat de lessenreeks niet goed gewerkt heeft in klas VEF kan een aantal verschillende oorzaken hebben.

Laat ik hiervoor eerst maar mijn hand in eigen boezem steken.

In mijn enthousiasme om er zoveel mogelijk verschillende ICT-toepassingen in te gebruiken is het programma overvol geworden. Daardoor is een deel van de oefening die de leerlingen normaal in de klas zouden kunnen doen, verplaatst naar het huiswerk.

Om te zorgen dat het werk niet al te veel meer was dan voor de andere klassen, heb ik bij een aantal van de lessen een selectie van de oefeningen gemaakt. Maar als je naar de resultaten kijkt had deze groep leerlingen meer baat gehad bij een traditionele aanpak, en een stuk meer oefening aan de hand van de opgaven in het boek.

Het huiswerk was ook een heikel punt. Bij een steekproef na de tweede les bleek een deel van de leerlingen al meer dan een paragraaf achter te lopen. Bij navragen bleek dat ze nauwelijks werk thuis hadden gedaan, vanwege allerlei praktische opdrachten en verslagen voor andere vakken. De leerlingen hebben er dus lang niet alle tijd in gestoken, die ze erin hadden moeten steken. Daarnaast is het ook wel duidelijk geworden dat leerlingen het wel leuk vinden om iets anders aan te pakken, als ze maar niet het gevoel hebben dat ze er daardoor meer tijd mee kwijt zijn.

Ik ben dus waarschijnlijk te ver van het boek afgeweken, en heb in ieder geval te weinig keuzes gemaakt, waardoor de werklust te groot is geworden.

Onderzoek (PGO)

De resultaten van de lessenreeks hebben ook direct effect op de conclusies van mijn onderzoek. In dat onderzoek wilde ik kijken naar het effect van de bredere toepassing van ICT op de motivatie en de leeropbrengst. Daarover heb ik hierboven het effect op de leeropbrengst al beschreven, en heb ik dus binnen mijn onderzoek geen positief effect op de leeropbrengst gevonden.

Blijft het effect op de motivatie over.

Observaties

Tijdens de lessen heb ik een verschuiving van de motivatie van leerlingen waargenomen.

In het begin van de lessenreeks waren de leerlingen erg enthousiast dat ze vaker met de laptops konden werken, en werd er zelfs veel tijd gestoken in bijvoorbeeld het op een bepaalde plek stil laten hangen van de slinger in de applet van Walter Fendt.

Maar naarmate de lessenreeks vorderde, en ze ook ingewikkeldere zaken met de laptops moesten doen, als bijvoorbeeld de coördinatentransformatie met Excel van experiment 15,4, werd de motivatie ook wat minder.

Daarbij kwam de zorg dat ze door de volle lessen minder tijd in de les hadden voor hun huiswerk, wat nog voor een verdere dip in de motivatie heeft gezorgd.

Enquêtes

Wat objectievere gegevens heb ik verzameld met de start- en eindenquête, er vanuit gaande dat de leerlingen de enquêtes serieus hebben ingevuld.

Startenquête

Op de vraag of de leerling normaal gesproken goed was in het vak natuurkunde was er in alle klassen maar één leerling, in klas vef, die daarop nee (1) antwoordde. Er waren overigens maar twee leerlingen die op die vraag volmondig ja antwoordden, één in klas VEF, één in klas DOH1. Maar het gemiddelde van de leerlingen zat net boven het gemiddelde van 3, met de grootste spreiding in klas VEF. Het grootste aantal leerlingen in zowel klas VEF als DOH2 koos voor 4, terwijl in klas DOH1 het gemiddelde antwoord van 3 het meeste gekozen werd.

Ook op de vraag of de leerling normaal gesproken goed werkte aan het vak werd gemiddeld met een 3 beantwoord, terwijl zowel in klas VEF als DOH1 het grootste aantal leerlingen 4 had gekozen. Net als bij de eerste vraag was ook hier de spreiding in de antwoorden vrij groot.

Met een gemiddelde boven de 3,5 vinden de meeste leerlingen natuurkunde een leuk vak. Het leukste wordt het vak in klas DOH2 gevonden. Sowieso hebben de meeste leerlingen in klas DOH1 als DOH2 als waardering de 4 gekozen, terwijl de modus in klas VEF op 3 zit.

Over de lesmethode Natuurkunde Overal was klas VEF het meest negatief, met een waardering onder het middelste cijfer van 3. Beide klassen DOH kwamen aan de positieve kant uit. Op grond hiervan zou je verwachten dat afwijkingen van de 'standaardles' positief gewaardeerd zouden worden.

De methodesite van Natuurkunde Overal wordt niet veel gebruikt, ook al wordt er in de methode wel vrij vaak naar verwezen. Het gemiddelde gebruik ligt rond 2,5 in klassen VEF en DOH1, terwijl in klas DOH2 het gebruik nog lager ligt dan de middelste waarde van 3. In klas VEF, waar de ICT-toepassingen in de les een grotere plaats hebben gekregen, antwoorden de meeste leerlingen 1 /nee, terwijl het gemiddelde toch op 2,5 ligt. Hieruit kun je concluderen dat er enkele leerlingen moeten zijn die de site uitgebreider gebruiken, en dat wordt bevestigd door een hoge waarde in de spreiding. Als je naar de gegevens zelf kijkt, dan zie je dit ook terug, met één van de tweeëntwintig leerlingen die volmondig ja (5) antwoordt op deze vraag, en nog vier andere leerlingen die boven het middelste antwoord van 3 antwoorden.

Applets worden zo mogelijk nog minder gebruikt in de les. Al valt het wel op dat de leerlingen van VEF hier gemiddeld het hoogste op scoren. Maar ook hier geldt weer een grote spreiding in de antwoorden over de klas. De modus van de leerlingen van VEF en DOH2 antwoordt hier nee (1), maar in klas DOH1 wordt het antwoord (2) het vaakste gegeven.

Het werken met laptops wordt redelijk leuk gevonden. Hierin valt op dat in dezelfde lesgroepen waar net het minste gebruik van applets geconstateerd kon worden, nu het werken met laptops wel als leukste uitkomt. In alle drie de clusters wordt de 3 het vaakste als antwoord gegeven.

Het werken met de laptops wordt ook redelijk nuttig gevonden, met gemiddeld in zowel groep VEF als DOH2 boven de 3. Maar hierbij moet wel weer aangetekend worden dat de spreiding in de groep weer groot is.

Eindenquête

De eindenquête is helaas maar in twee lesgroepen afgenomen. Maar aangezien groep DOH2 traditioneel les gehad heeft over dit onderwerp, en groep VEF volgens een ICT-rijke aanpak, is er toch duidelijk verschil te zien.

De leerlingen van VEF hadden, meer dan gemiddeld (3), het idee dat ze het hoofdstuk goed begrepen hadden. Ze waren in die overtuiging ook sterker dan klas DOH2. Dit gold voor de meerderheid van de leerlingen, de spreiding daarin was niet zo groot.

Op de vraag of de leerlingen goed gewerkt hadden aan dit hoofdstuk, sloeg de balans toch door naar de nee. Met 3 als neutraal cijfer, waren de 2,50 voor VEF en de 2,44 voor VEF toch best teleurstellend. Als je het vergelijkt met de score die ze aan hadden gegeven voor hoe ze normaal werken, dan valt dit in beide klassen ook lager uit. (Een van de redenen zoals hierboven al aangegeven, is dat de leerlingen veel andere PO's en verslagen moesten inleveren.)

Trillingen werd in klas DOH, op de traditionele manier, ook leuker gevonden dan in klas VEF, waar de ICT-rijke methode werd toegepast. Hierbij was het net bovengemiddeld leuk.

Een deel van het verschil zat hem ook in de lesmethode Natuurkunde Overal, die in klas DOH ruim beter gewaardeerd werd. Het gemiddelde in clustergroep VEF zat met 2,6 circa 0,6 punten lager dan de waardering in clustergroep DOH2.

Ondanks de grotere nadruk op ICT, en ook op de methodesite, werd in klas VEF toch aangegeven dat ze de methodesite minder gebruikt hebben dan normaal. In klas VEF werd wel iets vaker aangegeven dat ze er iets mee gedaan hadden, dan in klas DOH2.

Op de vraag of ze veel aan applets gehad hadden om het onderwerp beter te begrijpen gaf het grootste deel van de leerlingen van VEF een 3 als antwoord. Maar het gemiddelde lag iets onder de 3. Bij DOH2 was dat onder de 2. Daar is dus wel een verschil zichtbaar, maar ik had verwacht dat het verschil groter zou zijn. Het nut van applets kwam in de eindenquête wel beter naar voren dan in de startenquête.

De bredere vraag naar het gebruik van ICT-toepassingen voor dit onderwerp werd in klas VEF ruim 1,2 punt hoger beantwoord dan in klas DOH2. Dat is ook wel logisch, want we hebben ook in de les veel meer met applets, youtube en de methodesite gedaan. Maar ook hier had ik het verschil groter verwacht, aangezien we iedere les wel een aantal ICT-toepassingen gebruikt hebben.

Bij de vervolgvraag, of het gebruik van al die ICT-toepassingen de stof ook duidelijker maakte, haalde het antwoord het gemiddelde van 3 nog niet eens. Blijkbaar vonden de leerlingen het gemiddeld niet echt nuttig. Aan de hand van de modus, van antwoord 3, concludeer ik dat ze er vrij neutraal tegenover staan, neigend naar niet zo heel erg nuttig.

Uit de reeks van antwoorden op de vraag of ze het ook leuk hadden gevonden om meer ICT te gebruiken, is heel wisselend geantwoord. De modus van 1 die in tabel 9 bij VEF weergegeven wordt is wat vertekend. In de kleine groep deelnemers komt de waarde 1 namelijk net zo vaak voor als 2 en 3. En de waarde 4 is maar eentje minder. Maar niemand vindt het echt leuk genoeg voor een 5. En het gemiddelde van 2,4 was daar natuurlijk ook al een duidelijk teken van.

Eindconclusie PGO

De eindconclusie op de onderzoeksvraag 'Zorgt een bredere toepassing van ICT binnen en buiten de les voor een grotere motivatie en hogere leeropbrengst?' kan op grond van dit onderzoek alleen maar negatief beantwoord worden. De leerresultaten van de betreffende groep leerlingen was nog lager dan op grond van de jaar- en dossiergemiddelden verwacht mocht worden, en uit de enquêtes bleek ook een motivatie die iets negatiever dan slechts neutraal was.

Mijn eerdere constatering dat de leerlingen het gebruik van ICT 'wel ok' vinden, zolang het maar niet meer tijd kost dan normaal, zag ik bevestigd in het proefschrift van Veerman (2000), waarin werd gesteld; "De meeste discussies werden daarentegen niet op conceptueel niveau gevoerd, maar waren gericht op het zo snel mogelijk afhandelen van de taak".

Discussie en aanbevelingen

Natuurlijk is er genoeg aan te merken op de wijze waarop deze lessenreeks uitgevoerd is. Aangezien dit verslag ongeveer een jaar na het geven van de lessenreeks afgerond wordt, ben ik in mijn ontwikkeling als docent ook weer een jaar verder. Een aantal zaken zou ik nu anders aanpakken.

Als eerste zou ik proberen het programma niet zo overvol te maken, zodat de leerlingen in de les nog wat meer tijd over hebben voor het maken van opgaven, het daadwerkelijk oefenen voor de toets. Als huiswerk blijkt daar toch minder van terecht te komen.

Een van de aandachtspunten, het meer benadrukken van belangrijke zaken, anders dan het samenvatten van de hele stof, is niet nadrukkelijk genoeg uit de verf gekomen. Dat blijft ook in mijn huidige lessen een aandachtspunt.

Een aantal ICT-ideeën, waar ik in de lessenreeks niet aan toe ben gekomen, zouden misschien nog extra meerwaarde kunnen hebben, vooral omdat ze meer de nadruk op oefenen zouden kunnen leggen. Dan heb ik het over bijvoorbeeld een interactieve bijles, of een digitale zelftoets.

Als mogelijk zou ik toch meer tijd voor het programma willen nemen, want er zit een heleboel in waar de leerlingen veel van kunnen leren. En als ik dan die tijd zou hebben dan zou ik graag ook wat meer didactisch willen variëren.

Daarnaast zou ik de lessenreeks in een rustigere periode van het jaar plannen, zodat de leerlingen wat meer tijd hebben om ook buiten de les hiermee aan de slag te gaan. Dan zou het ook makkelijker zijn leerlingen meer te betrekken en te motiveren. De huidige praktijk is namelijk helaas dat als de leerlingen ander werk hebben wat rechtstreeks een cijfer oplevert, ze het andere werk wat niet direct een cijfer oplevert, voor zich uit gaan schuiven.

(In het kader van het thema Motivatie, wat in ons bovenbouwteam dit jaar een van de hoofdthema's is, is dit een constatering en discussie die nog steeds loopt.)

Ik zou ook graag een langere periode meer met ICT werken, en dan wat meer gedoseerd, om zo een wat beter beeld te krijgen van de effecten van het werken met ICT, zonder het gevaar om de leerlingen daarmee te overvoeren. In dat kader zijn er bij kennisnet ook een aantal interessante onderzoeken gevoerd. (Eck, Heemskerk en Meijer, 2010)

De diepte in

Mijn eerste analyse van de resultaten van de meesterproef leverde voor mij vooral een teleurstellend beeld op. Na feedback van mijn vakdidactica bleek er toch meer uit te halen dan op het eerste gezicht leek.

Lessenreeks

Als eerste heb ik nogmaals naar de lessenreeks gekeken, en leg nu meer de nadruk op de verschillende preconcepten:

1. Snelheid en versnelling staan dezelfde kant op gericht
2. De beweging van een voorwerp is altijd in de richting van de resulterende kracht
3. Als de resulterende kracht gelijk is aan nul staat een voorwerp stil

Verder heb ik een selectie gemaakt van de belangrijkste activiteiten, en ook zaken weggelaten, of anders gepland, zodat de lessen ook echt haalbaar worden, en de leeropbrengst hoger.

Een van de zaken waar ik in de nieuwe lessenreeks ook meer aandacht besteed is de lesafsluiting. Door nadrukkelijker te kijken of de leerdoelen wel gehaald zijn, en een prikkelende teaser naar volgende les te geven, verwacht ik de leerlingen ook meer te motiveren.

De vernieuwde lessenreeks, met daarbij ook de toelichting op de wijzigingen, volgt hierna. Deze lessenreeks kan nu rechtstreeks ingezet worden bij het behandelen van de lesstof in de komende jaren.

Uitgebreid: Trillingen en hun grootheden**10 min:****§15,1 Inleiding hoofdstuk**

- Binas: alle formules Tabel 35B

§15,2 Kenmerkende trillingsgrootheden

- **Studio blz. 129: doelen**

30 min:**Experiment 15.1**

Doel:

- Bepalen trillingsgrootheden/ eigenschappen van trillingen
- Preconcepten benoemen, en conflicteren. (Strategie punt 2 en 3)
 - o Snelheid en versnelling staan dezelfde kant op gericht
 - o De beweging van een voorwerp is altijd in de richting van de resulterende kracht.
- Op bord laten schrijven na experiment

Maken:**t/m 16**

Belangrijkste: 1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16

Laatste 10 min: terugkoppeling

- Trillingsgrootheden uit experiment 15.1 samenvatten met klas, aan de hand van 1^e keer **applet Walter Fendt slinger**:
 - o tabel maken! Volgende lessen uitbreiden
 - t
 - T
 - $f = 1/T$
 - $\Phi = t/T$
 - u
 - $A = u_{\max}$
- Antwoorden op vragen preconcepten bij experiment
- Hiermee laat ik ook al zien dat sommige ideeën die de leerlingen hebben, misschien toch wel anders in elkaar zitten dan ze in eerste instantie dachten. (Strategie punt 4)

Doelen

- trillingsgroot- en eenheden opfrissen
- preconcepten

Hoe weet je

Aan einde van proefje door leerlingen samenvatten. Start volgende les herhalen.

Starter

Intro praatje

Hoofd

Voorkennis peilen
 §15,1 en §15,2 uitleg
 Exp 15,1
 M t/m 16 (rest huiswerk)

Afsluiting

Terugkoppeling
 experiment en stof

Opmerkingen

Leerlingmateriaal les 1

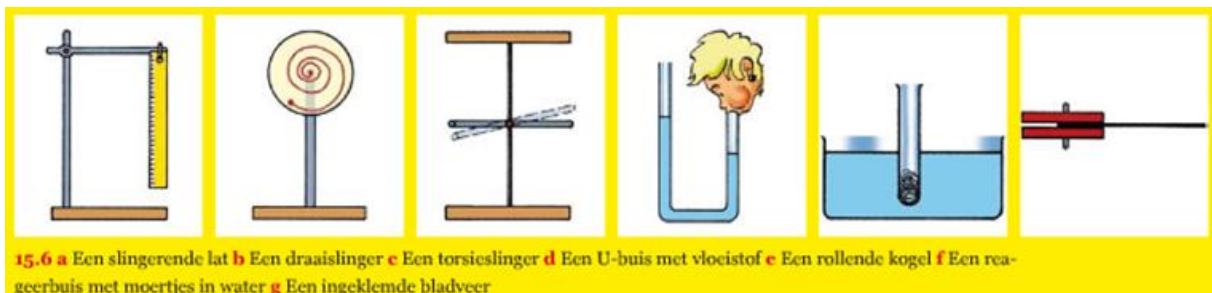
Bij de introductie van het hoofdstuk via de beamer weergeven:

Na deze paragraaf:

- weet je wat een trilling is;
- weet je welke grootheden van belang zijn bij een periodieke beweging;
- kun je uit de frequentie de periode (trillingstijd) berekenen en omgekeerd;
- weet je wat de fase van een trillend voorwerp is en kun je deze berekenen.

Experiment 15,1:

1. Bepaal met behulp van minstens twee opstellingen vijf grootheden met hun eenheden, die met trillingen te maken hebben.
2. Beantwoord daarnaast voor die twee opstellingen de volgende vragen:
 - Wat kun je zeggen over het verloop van de snelheid tijdens de trilling?
 - En hoe zit dat met de versnelling tijdens de trilling?
 - Als je dat dan weet, wat kun je dan zeggen over de resulterende kracht tijdens de trilling?



Wijzigingen les 1

In de reguliere lessen is de startenquête niet meer nodig als bevestiging van de preconcepten. Die zijn al uit het onderzoek tijdens de lessenreeks gekomen, en uit de literatuur gekomen, dus die heb ik nu geschrapt.

De practicumhandleiding van Natuurkunde Overall heb ik vervangen door bovenstaande vragen en opdrachten, met als doel iets meer structuur te geven aan het experiment, en meer nadruk op de preconcepten te leggen.

Daarnaast heb ik een selectie van de opgaven gemaakt, die de leerlingen in de les en anders als huiswerk kunnen maken, om te zorgen dat ze niet significant meer werk moeten doen dan de leerlingen van een parallelklas.

Al met al is de les zo een stuk overzichtelijk en minder druk en rommelig geworden.

Uitgebreid: Trillingen beschrijven

10 min: Herhalen trillingsgrootheden vorige les.

- Opstarten
- Met tweetallen 6 groot- en eenheden opschrijven op blaadje
- Klassikaal overzicht linkerbord.
 - t, T, u
 - $f = 1/T$
 - $\Phi = t/T$
 - $A = u_{\max}$

§15,3 Trillingen beschrijven

Studio blz 133: doelen

Introduceren: $\Phi_r \rightarrow$ in fase/ in tegenfase

Let op fouten blz 135

Doen:

- **5 min: Demo exp 15,2**

Doelen:

- Laten zien hoe je van een trillende veer een u,t diagram kan maken, met behulp van ICT/coach.
- Uit het u-t-diagram verschillende trillingsgrootheden
- Door het laten zien van tegenstellingen met hun eerdere ideeën wil ik de leerlingen prikkelen tot een onderzoekende houding (Strategie stap 4)

- **20 min: Applet Walter Fendt Trillende veer**

Doelen:

- Bepalen trillingsgroot- en eenheden uit tabel linkerbord.
- Alle preconcepten aanpakken
- Toewerken naar Φ_r
 - o Nu zelf aan de gang met applet, ook u-t-grafiek
 - o Doordat applet duidelijk laat zien hoe het zit met uitwijking snelheid, versnelling en kracht, krijgen de leerlingen een beter fysisch idee over hoe het in elkaar zit. (Strategie punt 5 en 6)
 - o Vragen in leerlingmateriaal

25 min: Maken:

Opg 17 t/m 27

Belangrijkste opg: 18, 19, 24, 25, 26, 27

10 min: Afsluiting:

- Bespreken vragen bij applet!!
- Aankondigen volgende les rekenen aan U,t diagram:
 $u(t) = A \sin(2\pi t/T)$
- Verwijzing wiskunde: sin, afgeleide is v,t- diagram

Doel

Trillingen kunnen beschrijven aan de hand van u,t- diagram.

Hoe weet je

Met IIn afsluiting conclusie

Starter

Herhalen trillingsgrootheden

Hoofd

Uitleg §15,3 Trillingen beschrijven

D exp 15,2
Applet Veer

Afsluiting

Met IIn U,t – diagram, en daaruit trillingsgrootheden bepalen.

Opmerkingen

Blz 135 fouten:

- Voor elke trilling geldt $0 \leq \Phi_r < 1,0$
- fig 15.14 Φ afb 3 en 4

v: helling u,t-diagram

Belangrijke les voor de preconcepten

Leerling-materiaal les2:

Deze les wederom beginnen met het weergeven van de doelen van de methodesite op de beamer:

Na deze paragraaf:

- ken je enige manieren om u,t -diagrammen te maken;
- weet je hoe het u,t -diagram van een harmonische trilling eruitziet;
- kun je uit een u,t -diagram de kenmerkende grootheden bepalen;
- kun je de gereduceerde fase bepalen.

Instructies applet Walter Fendt trillingen

Instructie: Zet veerconstante op 20,0 N/m en massa op 2,03 kg

Opdracht:

Maak een tabel met 10 kolommen voor onderstaande gegevens

Lees af op $t = 0, 1, 2$ t/m 10s: u , v , a en F_{res}

Bereken/bepaal ook: A , T , f , Φ , Φ_r

Vragen bij applet:

1. Welk verband is er tussen T en f
2. Welk verband is er tussen Φ en Φ_r
3. Welk verband is er tussen A en u
4. Welk verband is er tussen F_{res} en a
5. Wat valt op als je de richting van v en a vergelijkt?
6. Wat valt je op als je de richting van u en F_{res} vergelijkt?
7. Wat valt je op als je de grootte en richting van v en F_{res} vergelijkt?
8. Wat valt je op als je de grootte en richting van a en F_{res} vergelijkt, tijdens het passeren van de evenwichtsstand

Wijzigingen les 2

De applet met de veer, van de vaksite van natuurkunde overal, heb ik verwijderd uit deze les. Het beschrijven van de trilling met een u - t -diagram kan namelijk ook aan de hand van het demo-experiment. En die applet past beter bij §15,5, met het verband tussen T , m en C .

De applet Walter Fendt slinger heb ik vervangen door die van de trillende veer, om hem beter aan te laten sluiten bij het demo-experiment. Daarnaast heb ik de vragen bij de applet veel meer gericht op alle drie de preconcepten.

Door de leerlingen nu uitgebreid en gericht met de applet aan de gang te laten gaan, aan de hand van een vragenlijst, wil ik discussie opwekken tussen de leerlingen, en de preconcepten vervangen door nieuwe concepten. (Strategie punten 5 en 6)

Preconcept 1 heeft verband met vraag 5, 7 en 8

Preconcept 2 heeft verband met vragen 6 en 7

Preconcept 3 heeft verband met vragen 4 en 8

Hieruit zouden de leerlingen moeten concluderen dat de snelheid en versnelling niet dezelfde kant op gericht staan (preconcept 1), dat de bewegingsrichting van het voorwerp niet dezelfde is als die van de resulterende kracht (preconcept 2), en dat een voorwerp wel degelijk kan bewegen als de resulterende kracht 0N is.

Uitgebreid: Harmonische trilling

10 min:

Opstarten

Doelen: Studio blz 139

Bespreken: opg 19, 24, 26 of 27

Theorie §15,4 Harmonische trilling

10 min:

- **Demo:** Grote slinger
 - o Waarom slinger terug (Restoring force) → $F = -Cu$
 - o Waarom doorschieten?
 - o Eerst zelf in een paar verschillende standen van een slinger de vectoren laten tekenen.
 - o Aangeven vectoren F , u , v , a
 - o Energie tijdens trilling:
Fout op blz 142

20 min: Leerlingen laptops:

- **Applet:** Walter Fendt Slinger.
 - o Als verband F , u , v , a nog niet duidelijk, dat nog eens bekijken aan hand applet.
 - o Vragenlijst, leerlingen uitzoeken (zie leerlinghandleiding)

20 min: Maken opg t/m 37

Belangrijkste opg: 30, **34, 35, 36**, 37

10 min: Afsluiting:

Bespreken vragen Applet slinger

Toevoegen aan tabel trillingsgrootheden:

$$u(t) = A \sin(2\pi t/T) = A \sin(2\pi ft)$$

$$v(t) = 2\pi A/T \cdot \cos(2\pi t/T)$$

$$v_{\max} = 2\pi A/T \text{ in de evenwichtsstand}$$

$$E_{\text{tril}} = E_k + E_p$$

E_k → is bij evenwichtstand u maximaal

E_p → is bij uiterste stand u maximaal

- **Binas:** Harmonische trilling: tabel 35 B: Trillingen, golven en optica.

Doelen

← zie uitgebreid

Hoe weet je

Samen tabel maken aan einde les

Starter

-Bespreken opg

Hoofd

-Inleiding §15,4

-Demo

-35 min: Applets en opg maken

-Laatste **15 min:**

Bespreken theorie en applet

D Exp 15,3

Afsluiting

Tabel vorige les uitbreiden

Opmerkingen

-Artikel introducing shm.pdf!

-Preconceptions.pdf

→ Strategy.

Leerlingmateriaal les 3

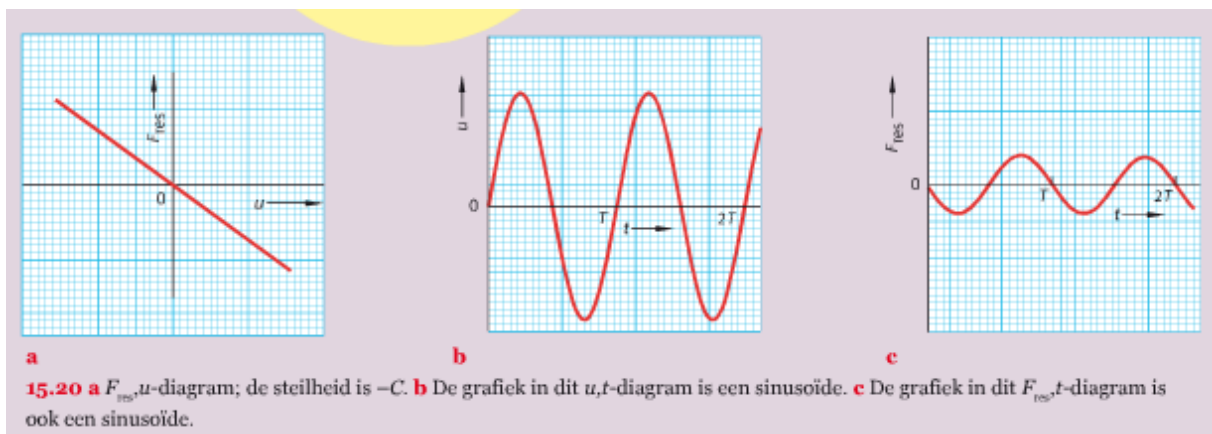
Het is de bedoeling de les weer te beginnen met het overzicht van de doelen van de paragraaf, zoals weergegeven in de lesmethode:

Na deze paragraaf:

- kun je bij een trilling het verband tussen de resulterende kracht en de uitwijking omschrijven;
- weet je wat de krachtconstante van een harmonische trilling is;
- kun je van een trilling bepalen of deze harmonisch is of niet;
- ken je de bewegingsvergelijking voor de harmonische trilling;
- kun je de trillingsenergie van een harmonische trilling uitrekenen;
- kun je het verband tussen de maximale snelheid, de trillingstijd en de amplitudo gebruiken.

Voor de bepaling of een trilling harmonisch is, is onderstaande figuur wel handig.

Harmonische trilling:



Vragen bij opdracht applet, slinger of veer.

Mochten na de korte introductie blijken dat leerlingen nog vragen hebben over de applet van de vorige keer.

Vragen van de vorige keer:

1. Welk verband is er tussen T en f
2. Welk verband is er tussen Φ en Φ_r
3. Welk verband is er tussen A en u
4. Welk verband is er tussen F_{res} en a
5. Wat valt op als je de richting van v en a vergelijkt?
6. Wat valt je op als je de richting van u en F_{res} vergelijkt?
7. Wat valt je op als je de grootte en richting van v en F_{res} vergelijkt?
8. Wat valt je op als je de grootte en richting van a en F_{res} vergelijkt, tijdens het passeren van de evenwichtsstand

Vragen bij de applet bij §15,4:

9. Wat is de vergelijking voor u tegen de tijd?
10. Welke maximale waarden kan een sinus hebben?
11. Wat is het verband tussen de amplitude en de uitwijking?
12. Wat is het verband tussen $u(t)$ en $v(t)$?:
 - a. grafisch
 - b. wiskundig
13. En hoe kom je op $a(t)$?
14. Welke soorten energie heb je in een trilling?
15. Wat verwacht je dat er met de totale energie tijdens de trilling gebeurt?
16. Waar is welke vorm energie maximaal?

Wijzigingen les 3

In deze nieuwe indeling maak ik sterker de terugkoppeling naar de vorige les, waarin de preconcepten aangepakt werden, aan de hand van een grote slinger, en een schets op het bord.

Mocht blijken dat de preconcepten nog niet duidelijk waren voor de leerlingen, dan kunnen ze nog een keer met die vragen aan de gang, met een net iets andere applet. En anders kunnen de leerlingen verder met nieuwe vragen, waarmee ze een uitbreiding, gericht op de harmonische trillingen, krijgen.

Ik leg verder meer de nadruk op de eigenschappen van de harmonische trilling, met behulp van de projectie van figuur 15.20 op het bord.

Ik neem ook meer tijd voor het einde van de les, voor terugkoppeling, en een teaser naar de volgende les.

Als laatste heb ik experiment 15.3 uit deze les gehaald, omdat bij de eerste keer al bleek dat ik daar toch niet aan toe kwam. Ik ga er nu volgende les mee beginnen, ook omdat het een mooie koppeling maakt tussen de resulterende kracht en de uitwijking van §15.4 en het verband tussen de massa en de trillingstijd van §15.5.

Uitgebreid: Slingers

15 min:

Opstarten

Doelen: Studio blz 146

Bespreken Belangrijkste opg: 30, **34, 35, 36 of 37**

Theorie § 15,5

Kort demo/teaser exp 15.3

Doel:

- Verband tussen F_{res} en u laten zien
- Laten zien m en T niet recht evenredig
 - o Wat voor verband dan wel? → Theorie
 - o verder bespreken aan de hand van de coördinatentransformatie bij experiment 15,4

30 min: leerlingen zelf Exp 15,4 met Excel ipv Coach:

Doel:

- **$T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$ afleiden**
- **coördinatentransformatie toepassen**
- Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6)
- gebruik gegevens exp15,4.xlsx van Teletop

15 min: M opg t/m 50

- o **Belangrijkste:** 42, 45, 46, **49, 50**

10 min: Afronding:

Belangrijk:

coördinatentransformatie exp 15,4 bespreken

- nut voor bovenbouwpracticum Utrecht V6
- examenvragen

Verder bespreken als tijd:

- Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6):
- Harmonisch trillend voorwerp:
 - o $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/C}$
 - o **Applet** trillende veer Walter Fendt
 - o Terug naar applet §15,3 methodesite als een en ander nog niet duidelijk. Doelen:
 - Verband T en m
 - Bekijken effect van demping.
- Mathematische slinger:
 - o massa aan einde touw
 - o $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$
- Fysische slinger:
 - o starre slingerende lat
- T formules toevoegen aan tabel
 - o $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/C}$
 - o $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$

Doel

Verbanden T tegen m en l kennen

Hoe weet je

Bespreken aan het einde.

Starter

Afmaken tabel vorige keer

Hoofd

Inleiding

Verband T - m en T en l niet recht evenredig

Leerlingen: Exp 15,4 en opg zelf

Afronding

Afsluiting

- Coördinaten-transformatie
- Formules T toevoegen aan rijtje

Opmerkingen

Leerling-materiaal les 4

Net als de andere lessen waren ook de doelen van deze paragraaf leerling-materiaal.

Na deze paragraaf:

- kun je de periode of trillingstijd van een massa,veer-systeem berekenen;
- weet je dat een mathematische slinger een harmonische trilling uitvoert;
- kun je de periode of slingertijd van een mathematische slinger berekenen.

Van de korte demo van experiment 15,3 staat hieronder de leerlingenhandleiding, maar aangezien ik hem als teaser gebruik hoeft dat niet door leerlingen gelezen te worden.

experiment 15.3

L

uitvoering: 45 minuten
verwerking: 30 minuten

► Waar hangen de resulterende kracht en de trillingstijd bij een massa,veer-systeem van af?

Benodigheden

Veerunster, statiefmateriaal, zaagblad (of spiraalveer), doosje op zaagblad, extra gewichtjes, stopwatch



15.24 Een horizontaal trillend zaagblad. In het doosje zijn gewichtjes te plaatsen.

Uitvoering

Je gebruikt als massa,veer-systeem een horizontaal trillend zaagblad (zie figuur 15.24). Je kunt eventueel ook een blokje aan een spiraalveer gebruiken.

- 1 Bepaal de massa van het zaagblad.
- 2 Geef het zaagblad een uitwijking u . Noteer in een tabel zowel de waarde van u als de kracht F_{hulp} die nodig is om het zaagblad daar te houden. Verricht minimaal vier metingen aan beide zijden van de evenwichtsstand.
- 3 Verzwaar het zaagblad met één gewichtje. Duw het daarna enkele centimeters naar links en laat het los. Meet de tijd van tien trillingen. Noteer die tijd en de totale massa in een tabel. Voer een herhaalmeting uit en noteer deze ook in de tabel.
- 4 Herhaal opdracht 3 met een viertal andere massa's.

Uitwerking

- a Wat is het verband tussen F_{res} en F_{hulp} ?
- b Teken een F_{res}, u -diagram.
- c Bepaal de steilheid van de grafiek.
- d Bereken uit de waarnemingen de periode T .
- e Laat zien dat uit de meettabel blijkt dat T en m niet recht evenredig zijn.
- f Maak met behulp van Excel een m, T -diagram van je meetresultaten.
- g Laat Excel een relatie tussen m en T vinden.
- h Geef antwoord op de onderzoeksvraag.

De practicumbeschrijving van experiment 15,4 volgt hieronder. Hierbij maken we geen gebruik van Coach, maar van Excel.

De doelen uit het lesplan worden duidelijk gecommuniceerd naar de leerlingen!

- $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$ afleiden
- coördinatentransformatie toepassen
- Verder doen ze alleen het tweede deel van deze handleiding, met gebruik van de file exp15,4.xlsx van Teletop

experiment 15.4

L

uitvoering: 15 + 30 minuten

verwerking: 15 minuten

► **Hoe hangt de periode van een slinger af van de lengte van de slinger?**

Benodigheden

Statief met slinger (minimaal 150 cm), stopwatch, computer met Coach, het bestand *Vwo3 exp. 15.4 Periode slinger* op de [site](#).

Uitvoering

In de onderbouw heb je al metingen aan een slinger gedaan en ben je tot de conclusie gekomen dat de massa en de amplitudo geen invloed hebben op de trillingstijd van de slinger.

l (cm)	$10 \cdot T_1$ (s)	$10 \cdot T_2$ (s)
23	9,54	9,58
48	13,88	13,91
65	16,22	16,13
87	18,65	18,82
122	22,04	22,20

15.31 Metingen aan een slinger

- 1 Varieer de lengte van de slinger en meet 10 slingertijden.

In figuur 15.31 zie je een tabel waarin metingen verwerkt zijn. Ben je niet in staat zelf de metingen te doen, dan kun je deze resultaten gebruiken.

Met een spreadsheetprogramma zoals Excel, met 'tabellen' in Coach of met de GR kun je de waarnemingen bewerken.

- 2 Start Coach met het juiste bestand. Voer de opdrachten uit.
- 3 Verwerk je metingen in een tabel.
- 4 Maak nu een kolom ' T_{gem} (s)' en een kolom ' T^2 (s²)'. Deze kolommen kun je door het programma dat je gebruikt laten berekenen.
- 5 Laat het programma dat je gebruikt de grafiek van T (langs de y-as) tegen l (langs de x-as) en de grafiek van T^2 tegen l maken.
- 6 Bepaal met behulp van het programma de helling van de laatste grafiek met de rechte lijn.

Uitwerking

- a Geef een korte beschrijving van de aanpak van je metingen. Leg ook uit wat je gedaan hebt om zo nauwkeurig mogelijk te meten.
- b Welke grootheden zijn recht evenredig met elkaar?
- c Bepaal uit de waarde van de helling de waarde van g .
- d Beantwoord de onderzoeksvraag.

Verder is er voor de leerlingen de opdracht van EPN over een veer. Hiernaar verwijst ik aan het einde van de les, voor de mensen die het verband tussen T en m zelf nog willen uitzoeken.

Deze instructie kunnen de leerlingen dan van Teletop afhaken als hulp bij het bestuderen van deze applet.

Leerlingen zelf experiment 'Veer' EPN vaksite (blz 2 en 3)

Doelen:

- Bepalen verband T en m.
- Onderzoeken effect demping

Opdrachten/vragen:

- Maken vragen blz 2 en 3, zie bijlage hierboven
- Wat valt je op als je een ongedempte trilling en een gedempte trilling (bv. $b = 0,2 \text{ kg/s}$) in een grafiek zet?

Klik [hier](#) voor de applet.
Met de toetscombinatie Alt-Tab kun je wisselen tussen dit scherm en de opdracht.

Start **Stop** **Reset**

5 cm
-5 cm
5 s

Veer - opdracht

Beantwoord de volgende vragen:

- Maak de massa die aan de veer hangt gelijk aan 4,0 kg. Teken de grafiek.
- Maak nu de massa 4× zo klein. Wat verandert er in de grafiek? Wat is er gebeurd met de trillingstijd?
- Maak nu de massa weer 4,0 kg en maak de veerconstante 4× zo klein. Wat verandert er in de grafiek? Wat is er gebeurd met de trillingstijd?
- Wat denk je dat er gebeurt als je de massa 4× zo klein maakt én de veerconstante 4× zo klein (dus $m = 1 \text{ kg}$ en $k = 12 \text{ N/m}$)? Kijk of je voorspelling juist is.

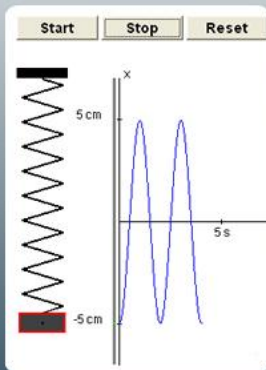
De opdracht gaat verder op het volgende scherm.

© 2009 EPN | versie 1.0

< 1 2 3 > stop

Klik [hier](#) voor de applet.

Met de toetsencombinatie Alt-Tab kun je wisselen tussen dit scherm en de opdracht.



© 2009 EPN | versie 1.0

< 1 2 3 > stop

Veer - opdracht

Als er wrijving is in de veer moet er constant energie toegevoerd worden om de beweging in stand te houden. Als je geen energie toevoert dan neemt de amplitude van de trilling in de loop van de tijd af... Dit noem je ook wel een *gedempte trilling*.

- Wat verwacht je dat er met de grafiek gebeurt als er wrijving is in de veer nadat je hem in trilling brengt?

- Test je voorspelling door de dempingsfactor (b) groter dan 0 (rond de 0,5) te maken.

Eventueel kun je ook nu nog eens naar de leereenheid 'Gedempte trilling' bij de vorige paragraaf kijken.

Wijzigingen les 4

Uit deze overvolle les heb ik een boel geschraapt.

Ik begin met een uitgeklede versie van experiment 15.3, waarin zowel het verband tussen F en u , als het verband tussen T en m aan de orde komt. De ene als terugblik naar de vorige les, en de andere als bruggetje naar de formule $T = 2\pi \sqrt{m/C}$ en experiment 15,4 over de coördinatentransformatie.

De opdracht van de applet Veer op de methodesite heb ik uit de reguliere lestijd geschraapt, omdat dat echt te vol werd, en ze dit, met de handleiding erbij, prima zelf thuis kunnen doen, op het moment dat ze daar behoefte aan hebben.

Ik maak nu dus meer tijd vrij voor experiment 15,4 met de coördinatentransformatie, aangezien dit een algemene vaardigheid is die ze volgend jaar bij het bovenbouwpracticum in Utrecht zeker nodig hebben. Het is ook belangrijk voor de examens. Zo zat er afgelopen examen een som bij, waar er gemanipuleerd moest worden met een helling van een grafiek.

Ik zal bij dit experiment, gezien eerdere ervaringen, ook aandacht aan de vaardigheden met Excel aandacht moeten besteden, om te voorkomen dat de leerlingen het rekenwerk wat Excel mooi voor ze kan doen op de GR gaan zitten doen.

Uitgebreid: Geluid als trilling/ Mechanische resonantie

10 min: M opg t/m 50

- **Belangrijkste:** 42, 45, 46, **49, 50**

20 min: Uitleg + demo's

Koppeling maken Trillingen en geluid.

§15,6: Geluid als trilling

Doelen: studio blz 152

- Verdere uitbreiding van de fysische basis (strategie punt 6)
- in 2^e klas al geluid als trilling.
- Wat bepaalt de f en wat hoe hard geluid is?

Demo exp 15.5

Doel:

- geluid zichtbaar maken met Oscilloscoop
- f bepalen uit scoop beeld
- Na de uitleg van §15,7 optioneel de leerlingen zelf rest van experiment.



§15,7 Mechanische resonantie:

Starter Mythbusters:

- breaking glass
- http://www.youtube.com/watch?v=17tqXgvCN0E&feature=PlayList&p=D49C9AEC888E2F34&playnext=1&playnext_from=PL&index=2
- hoe heet dit verschijnsel?
- Wat gebeurt hier? → Eigenfrequentie

Doelen: studio blz 156

Demo exp 15.6

Doel:

- resonantie in een snaar laten zien
- eigenfrequentie van snaar bepalen

30 min: LIn zelf:

Optioneel:

Met laptop methodesite: §15.6: Digitale oscilloscoop

- van exp 15.5: b, c, g, h, i

Maken t/m 63

Belangrijkste opgaven:

53, 54, **55**, 62, **63**

10 min: Afronding les

Doel

Geluid en resonantie opfrissen

Hoe weet je

Afronding aan einde les

Starter

Opg vorige keer terugblik

Hoofd

Uitleg en demo:
Demo exp 15.5
Demo exp 15.6

M t/m 63

Afsluiting

Opmerkingen

Leerling-materiaal les 5

Net als de andere lessen waren ook de doelen van de paragrafen leerling-materiaal.

§15,6 Geluid als trilling

Na deze paragraaf:

- kun je uitleggen onder welke voorwaarde(n) resonantie optreedt;
- weet je wat knopen en buiken in een staande trilling zijn;

§15,7 Mechanische resonantie

Na deze paragraaf:

- kun je geluidspatronen zichtbaar maken op een oscilloscoop;
- kun je uit het oscilloscoopbeeld de frequentie van een trilling bepalen.

Verder waren de practicumbeschrijvingen van Natuurkunde Overal weer leerling-materiaal, met dien verstande dat ik daar een selectie van de onderdelen van gemaakt heb.

experiment 15.5

L

uitvoering: 45 minuten

verwerking: 15 minuten

► **Hoe kun je de frequentie van een geluidstrilling bepalen?**

De geluidstrillingen zet je om in elektrische trillingen met een microfoon. Deze elektrische trillingen maak je zichtbaar met de scoop. Uit het oscillogram is onder andere de frequentie te bepalen van het geluid.

Benodigdheden

Oscilloscoop, batterij, aansluitsnoeren, toongenerator, microfoon, luidspreker, stemvork, klankkast

Uitvoering

Maak geluiden met de volgende geluidsbronnen. Sluit een microfoon aan op de oscilloscoop. Maak op het scherm de trillingen zichtbaar. Het is van belang dat je de tijdbasis goed kiest, zodat je de frequenties kunt bepalen. Zo nodig trigger je de scoop om een stilstaand beeld te krijgen.

Maak schetsen van de beelden op het scherm en let goed op veranderingen.

Bepaal ook bij elk patroon de belangrijkste frequentie.

- Een luidspreker die is aangesloten op een toongenerator. Stel de toongenerator op enkele verschillende frequenties in. Verander ook de geluidssterkte.
- Een stemvork zonder en met klankkast.
- Een muzikale toon.
- Je eigen stem. Probeer eens zuiver te fluiten. Probeer ook eens het patroon van een 'aaa...' of een 'eee...' op het scherm te krijgen.

Uitwerking

- a** Bij welke geluiden heb je in ieder geval triggering nodig?
- b** Wat gebeurt er met het geluidspatroon als je de frequentie verhoogt?
- c** Wat zie je als je de geluidssterkte vergroot?
- d** Wat gebeurt er met de toon van een stemvork na verloop van tijd? Hoe zie je dat op het beeldscherm?
- e** Hoe bepaal je de 'belangrijkste' frequentie van samengestelde tonen?
- f** Wat is het verschil tussen geluid dat is gemaakt door een toongenerator met een luidspreker en door je stem?
- g** Leg uit dat je op een oscilloscoop een u,t -diagram van een trilling ziet.
- h** Wat gebeurt er met een schermbeeld als je de tijdbasis op een lagere stand (minder tijd/div) instelt?
- i** Geef antwoord op de onderzoeksvraag.

Bij dit experiment laat ik eerst als demo een echte oscilloscoop zien.

Na die uitleg krijgen de leerlingen de gelegenheid om met een digitale oscilloscoop de onderdelen b, c, g, h, i uit te voeren.

experiment 15.6

D/L

► Hoe kun je met resonantie de eigenfrequenties van een snaar bepalen?

proef 15.6A

D

uitvoering: 30 minuten
verwerking: 30 minuten

Benodigheden

Motortje met excentriek, nylondraad, gewichten (500 g; 1 kg) en een stroboscoop

Uitvoering

Je spant een elastische draad tussen een vast punt en een excentriek op de as van een motor of boormachine (figuur 15.51). Je voert het toerental van het excentriek langzaam op. Alle punten van de draad trillen in een frequentie die langzaam hoger wordt. Bij sommige frequenties neemt de amplitudo flink toe. Dit zijn de *eigenfrequenties* van de draad.

Bij stroboscopische belichting kun je de frequentie van de lamp zó instellen dat de draad (vrijwel) stilstaat. Zoek steeds de hoogste flitsfrequentie op waarmee je de draad kunt 'stilzetten'.

Maak eerst een tabel met vier kolommen en noteer in de kop daarvan (grondtoon) '0', (boventoon) '1', (boventoon) '2' en (boventoon) '3'.

- 1 Noteer de frequentie van het excentriek waarbij voor het eerst resonantie optreedt. Dit is de frequentie die hoort bij de 'grondtoon' van het koord. Teken de vorm van het koord.

- 2 Verhoog de frequentie van het excentriek en noteer de frequentie waarbij weer resonantie optreedt. Dit is de frequentie van de 'eerste boventoon'. Teken de vorm van het koord.
- 3 Verhoog weer de frequentie en spoor de frequenties van nog meer boventonen op.
- 4 Trek het koord iets strakker aan en herhaal de vorige opdrachten.

Uitwerking

Het koord heeft punten die nauwelijks trillen. Die noemen we knopen (K). Er zijn ook buiken (B). Dat zijn de punten die met de grootste amplitudo trillen.

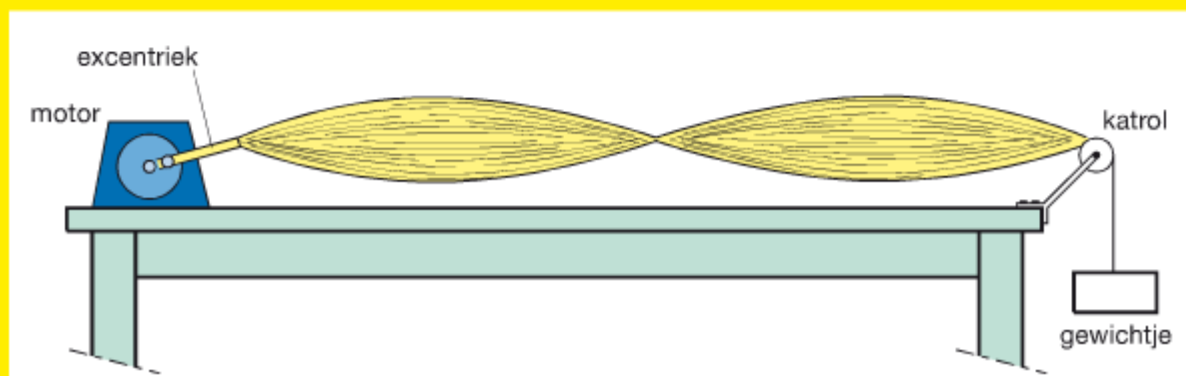
- a Geef in de tekeningen van de opdrachten 1 en 2 met de letter K en B de plaats van knopen en buiken aan.
- b Wat voor een effect heeft het spannen van het koord op de frequenties van grondtoon en boventonen?
- c Door de flitsfrequentie te halveren is het koord ook 'stil' te zetten. Leg uit dat de flitsfrequentie dan *niet* de frequentie is waarin het excentriek trilt.
- d Beantwoord de onderzoeksvraag.

proef 15.6B

L

uitvoering: 30 minuten
verwerking: 30 minuten

Op de [► site](#) kun je met de applet 'Frequenties in een trillende snaar' de frequenties opsporen waarbij resonantie optreedt. Voer de bijhorende schermopdrachten uit.



15.51 Het excentriek brengt het uiteinde van een draad in trilling.

Wijzigingen les 5

Als docent moet ik deze les in het begin niet te lang aan het woord zijn, dus ik moet wat compacter de samenhang met de rest van het hoofdstuk laten zien. De introductie heb ik dus met 10 minuten ingekort.

Die tijd pak ik aan het einde van de les wel weer terug, om nog de nadruk te kunnen leggen op de belangrijkste zaken van deze paragrafen.

Uitgebreid

In de praktijk komt het er op neer dat de toets over hoofdstuk 14 en 15 gaat, en meestal is er nog wel tijd voor een soort van vragenlesuur.

Meestal heeft dat de volgende structuur:

Docent geeft samenvatting van belangrijkste punten van het hoofdstuk, en een selectie van de belangrijkste opgaven die ze nog zouden kunnen oefenen.

Vervolgens gaan de meeste leerlingen aan de zelftoets werken, terwijl andere leerlingen, die daar behoefte aan hebben, het uur meer gebruiken als vragenuurtje voor alles wat ze nog niet begrijpen.

Doel

Afronding hoofdstuk

Hoe weet je

Leerling zijn/haar vragen gesteld

Starter

Korte samenvatting belangrijkste punten

Hoofd

Zelftoets maken
Vragen stellen

Afsluiting

Succes met de toets!!

Opmerkingen

achteraf over de les.

Enquêtes

In voorgaande hoofdstukken heb ik de enquêtes vooral beoordeeld door het vergelijken van de verschillende vragen in de start- en eindenquête, en het vergelijken van de antwoorden van de verschillende klassen.

Een benadering vanuit de preconcepten kan hier wellicht ook nog een ander licht laten schijnen op de resultaten.

Om dat te bekijken heb ik eerst vastgesteld welke vragen het beste bij welk preconcept passen. Zoals eerder vermeld zijn de inhoudelijke vragen in de start- en eindenquête hetzelfde. Zie de bijlagen voor deze vragen. Ik ben op de volgende verdeling over de preconcepten uitgekomen:

1. Preconcept 1: vragen 2 en 3 samen, en 8 en 9 samen.
2. Preconcept 2: vragen 4, 5, 11 en 13
3. Preconcept 3: vragen 5, 7, 10, 11, 13 en 14

Preconcept 1

Van de vragen 2 en 3 hebben bijna alle leerlingen van VEF vraag 2 goed beantwoord, zowel in de start- als de eindenquête. Hierdoor is het preconcept dat de snelheid en versnelling dezelfde kant op staan gericht uitstekend te zien, door het antwoord op vraag 3. Die vervolgvraag over de versnelling wordt namelijk in de startenquête maar door 16% van de leerlingen goed beantwoord. Het percentage goede antwoorden op vraag 3 in de eindenquête ligt op 21%, wat neerkomt op een verbeterd inzicht in dit preconcept van één leerling. Als je vervolgens kijkt naar de foute antwoorden dan bleken in de startenquête 11 van de 19 leerlingen het preconcept te bevestigen, terwijl 4 leerlingen het idee hadden dat het goede antwoord niet tussen A tot en met D stond. Bij de eindenquête bleken 13 van de 19 leerlingen voor het foute antwoord A gekozen te hebben, waaruit je kan concluderen dat voor deze vragen het preconcept na de lessenreeks zelfs nog sterker aanwezig was dan daarvoor.

Bij de vragen 8 en 9 bleek de eerste vraag door 90% van de leerlingen van VEF goed beantwoord te zijn, en de tweede vraag door bijna 70% van de leerlingen. De paar leerlingen die bij vraag 8 voor het foute antwoord a hadden gekozen, hadden wel het bijbehorende antwoord E bij vraag 9 gekozen, zodat het percentage goede combinaties van vraag 8 en 9 nog hoger komt te liggen. Dat percentage is 79%, zodat met de combinatie van 8 en 9 de aanwezigheid van preconcept 1 nauwelijks aangetoond wordt.

Als je echter naar het type vragen gaat kijken, dan kun je constateren dat de set van vraag 2 en 3 echt gaat over een natuurkundig concept, waar de leerlingen een conclusie over moeten trekken, terwijl bij de combinatie van vraag 8 en 9 bij de leerlingen ook kan duiden op de vaardigheid om twee grafieken aan elkaar te koppelen. En blijkbaar beheersen leerlingen die vaardigheid om een v-t-diagram naar een a-t-diagram te vertalen.

Gezien de verschillende aard van deze vragen concludeer ik dus dat preconcept 1 bij mijn leerlingen aanwezig is, en niet verholpen door de originele lessenreeks.

Preconcept 2

Met de vragen 4, 5, 11 en 13 konden conclusies getrokken worden over de aanwezigheid van het preconcept dat beweging en resulterende kracht in dezelfde richting staan.

De sterkste aanwijzing voor aanwezigheid van dit preconcept was te vinden in vraag 11. Daarin had het overgrote deel van de leerlingen gekozen voor antwoord D. In die vraag lijken de normaalkracht en de zwaartekracht elkaar op te heffen. Vervolgens moet kracht F dan volgens de leerlingen wel groter zijn dan de kracht k , om een resulterende kracht naar voren te krijgen, om die snelheid naar voren te krijgen. In alle klassen was er weinig verschil tussen de start- en eindenquête.

In vraag 4 werd de resulterende kracht niet letterlijk genoemd. In klas VEF was slechts één leerling die in de startenquête deze vraag juist beantwoord had. De rest van de leerlingen bedachten er allemaal in het ene of andere antwoord een kracht in de richting van de beweging bij. Waarschijnlijk om weer een resulterende kracht in de richting van de beweging te krijgen. In de eindenquête was er slechts 1 leerling extra die het goede antwoord had.

In vraag 5 was het opvallend dat de scores in de start- en eindenquête hetzelfde waren. Alleen was een paar keer het foute antwoord A vervangen door het foute antwoord D, die allebei nog steeds preconcept 2 vertegenwoordigen.

Van de vier vragen bij dit preconcept was vraag 13 het best beantwoord. In klas VEF had meer dan 50% deze vraag goed in de startenquête, maar gek genoeg nam dit af naar 37% bij de eindenquête. In klas DOH2 was er geen verschil tussen de start- en eindenquête bij deze vraag, beide keren 32%. Aangezien een merendeel van de leerlingen deze vraag fout beantwoord heeft, draag het bij in mijn bevestiging van dit preconcept.

Op grond van deze vier vragen, en dan vooral het geringe aantal goede antwoorden op vraag 4 en 11 concludeer ik dat preconcept 2 van tevoren sterk voorkwam bij de leerlingen, maar ook door deze lessenreeks, of de theorie van dit hoofdstuk niet verminderd is. Zeker in klas VEF lijkt de originele lessenreeks het preconcept zelfs versterkt te hebben.

Preconcept 3

Het grootste aantal vragen had betrekking op dit laatste preconcept, waarin leerlingen denken dat bij een resulterende kracht van nul een voorwerp stil staat.

Bij vraag 7 wordt er rechtstreeks naar het preconcept gevraagd. Als er gevraagd wordt naar de resulterende kracht bij een voorwerp in rust dan heeft het grootste deel van de leerlingen, ca 80%, door dat bij een voorwerp in rust de resulterende kracht gelijk moet zijn aan nul.

Vraag 5 is de vraag die het duidelijkst samenhangt met dit preconcept. 42% van de leerlingen heeft de vraag goed, maar 58% komt zowel in de start- als eindenquête niet op het idee dat de resulterende kracht nul moet zijn, tijdens een constante beweging.

Ook in vraag 11, al besproken bij preconcept 2, komen veel leerlingen niet op het idee dat een constante snelheid kan samenhangen met een resulterende kracht van nul.

De vragen 13 en 14 samen bekeken geven het beeld dat 63% van alle leerlingen in ieder geval doorheeft dat de antwoorden op deze vragen hetzelfde moeten zijn, al heeft van VEF maar 53% vraag 13 en 42% vraag 14 goed beantwoord in de startenquête. Het percentage antwoorden met hetzelfde antwoord op 13 en 14 wordt bij VEF in de eindenquête zelfs nog wat hoger, met 73%. Dus met deze twee vragen is het preconcept niet heel sterk aangetoond.

Maar met de combinatie van alle vijf de vragen heb ik toch overtuigend aangetoond dat ook dit preconcept heerste voor, en helaas ook nog steeds na de lessenreeks.

Voorkennisvragen

De vragen 1, 6 en 12 hadden vooral te maken met specifieke voorkennis over trillingen, en kennis die ze tijdens de lessenreeks zouden opdoen.

De daling van het aantal goede antwoorden op de vragen 1 en 6, van de start naar de eindenquête was een van de oorzaken van mijn negatieve beeld van de lessenreeks, omdat dit stof is die rechtstreeks in hoofdstuk 15 behandeld was. De enige positieve vraag in dit rijtje was vraag 12, die in de startenquête door slechts 26% van de leerlingen goed beantwoord was, en in de eindenquête door wel 58%. Dit was dan ook stof die letterlijk in de derde les van de lessenreeks behandeld was. In klas DOH2 was zowel in de start- als de eindenquête het percentage goede antwoorden rond de 30%. Dus ik durf hier wel te concluderen dat de applet die ik in les 3 gebruikt heb, met de gerichte vragen over energie bij die applet gewerkt hebben. Niet de preconcepten dus, maar wel een klein lichtpuntje in de kennis.

Verbeteringen

Niet alle vragen uit de enquête sloten even goed aan op de preconcepten. Suggesties voor de volgende vragen:

- Vraag 7 zou ik omdraaien. Ik zou daarin de krachten geven, en vragen wat er met de stoel zou gebeuren.
- Voor vraag 8, 9 en 10 was de stroboscopische foto wat onduidelijk.
- In de v-t-diagram van vraag 10 zou ik het eerste traject van de grafiek op nul houden, om te kijken of de leerlingen hetzelfde met de resulterende kracht zouden doen bij $v=0$ of v-constant.
- Vraag 11 was misschien wat te ingewikkeld. Ik zou het preconcept ook kunnen testen met een eenvoudiger afbeelding waar alle krachten loodrecht op elkaar staan.
- Bij vraag 14 zou ik net als bij vraag 13 iets van de kracht van touw 1 op blok 1 kunnen vragen, om het vergelijken en daardoor concluderen over het preconcept makkelijker te maken.

Afsluitend

Nu ik mijn lessenreeks aangepast heb om duidelijker aan de preconcepten te werken, heb ik er wel vertrouwen in dat deze enquête, als ik die uit zou voeren in mijn nieuwe klassen, naderhand beter beantwoord zou worden.

Maar het zou nog beter zijn als ik deze preconcepten weg zou weten te werken rondom hoofdstuk 4, over krachtwerkingen, al in 4 VWO. Ik verwacht dat dan de startenquêtes een slechter antwoord gaan worden, omdat ze de stof dan alleen summier in de onderbouw gehad hebben. Vooral de eindquêtes verwacht ik dan een stuk beter, omdat de vragen van de enquêtes veel dichter tegen de stof van dat hoofdstuk aanzitten, dan tegen de stof van hoofdstuk 15 over Trillingen.

Toetsanalyse

De analyse van de resultaten van de toets eerder in dit verslag beperkten zich vooral tot een korte kwantitatieve benadering van mijn klas VEF, in vergelijking met de klassen van DOH. Hieronder ga ik ook bij de toets verder de diepte in.

Toetsvraag

Het was jammer dat de toets bestond uit een combinatie van twee hoofdstukken, en dat we maar een toetsvraag over hoofdstuk 15 in de toets kwijt konden. Daardoor konden we maar een deel van de stof van hoofdstuk 15 toetsen, en kwamen de preconcepten al helemaal niet terug.

Vraag a is een combinatie van de stof van §15,3 en §15,4, waarin het u-t diagram en de energieën tijdens een trilling behandeld worden.

Vraag b is een combinatie van §15,4, waarin nogmaals het inzicht in de verdeling van de energie tijdens de trilling nodig is, en natuurlijk het basisbegrip van de trillingstijd, van §15,2, en eerdere behandeling van de stof in de tweede klas.

Vraag c grijpt terug naar een hoofdstuk over energie in VWO4, waarin ze op het idee moeten komen om met behulp van de kinetische energie en de massa de snelheid uit te rekenen.

Vraag d heeft rechtstreeks verband met §15,5, waarin de formule van het verband tussen de slingertijd en de slingerlengte voor een mathematische slinger behandeld wordt.

Vraag e kan op verschillende manieren benaderd worden, via de energie en dan de hoogte, of via de maximale snelheid en dan de amplitude. Maar beiden vereisen ook de wiskundige vaardigheden van de goniometrie.

Verbetering toets

De toets ging erg in op de energiebenadering van trillingen, en niet zo zeer op de krachten die daarbij voorkomen. Als we een opgave hadden gebruikt die meer uit zou gaan van krachten, dan had de toets in ieder geval beter aangesloten bij de preconcepten. Dat zou dan overigens misschien de leerlingen van DOH benadeeld hebben, aangezien die helemaal niet bewust met de preconcepten bezig zijn geweest.

Leerlingenantwoorden

Naast de gemiddelden en punten van de leerlingen is ook interessant om te zien wat nu de meest voorkomende fouten waren van de leerlingen.

Het grootste aantal leerlingen, 8 van de 19, heeft niet alle punten gehaald doordat ze de toets niet af hadden. Dat wijst op een eerdere stelling van mij, dat de leerlingen niet genoeg hebben geoefend, al dan niet door gebrek aan tijd of een overvol programma.

Daarnaast hebben 6 van de 19 leerlingen ook punten laten liggen door alleen maar een antwoord op te schrijven, zonder toelichting of uitleg.

Ook de wiskundige vaardigheden waren een probleem. Een deel van de wiskunde-fouten betrof het omschrijven van de formule voor de slingertijd in de vorm $T = \dots$, wat mijns inziens valt onder het rekenen met breuken. Een deel van de leerlingen had wel de formule goed opgeschreven, maar vooral het delen door $4\pi^2$ leverde voor hun een probleem op met de G.R. Daarnaast hebben 6 leerlingen fouten gemaakt met de goniometrie van de laatste vraag.

Als ik verder per vraag ga kijken, dan hebben 6 van de 19 leerlingen bij vraag a een u-t-diagram getekend, met alleen positieve waarden, van vergelijkbare vorm als het E_{kin} -t-diagram. En een deel was ook nog de waarden van t bij de snijpunten vergeten.

Bij het bepalen van de trillingstijd bij onderdeel b kwamen 7 leerlingen uit op de helft van het antwoord, wat de eerste echt inhoudelijke fout is van het foutenoverzicht.

Bij c zijn 3 leerlingen niet op het idee gekomen dat de maximale snelheid, en de kinetische energie op dat punt iets met elkaar te maken hebben, en een enkele leerling vergeet de v^2 nog om te zetten naar v.

De meest voorkomende fout bij d is de al genoemde omzetting van T naar l. Maar een enkele leerling probeert ook via $T = 2\pi\sqrt{m/C}$ tot een antwoord te komen.

Bij het laatste onderdeel e, hebben de leerlingen de meeste punten laten liggen, door de hierboven al genoemde problemen met goniometrie, en het tekort aan tijd, of de te lage werksnelheid.

Eindconclusie

Het is goed geweest om nog wat dieper naar de lessenreeks en de resultaten te kijken. Het meest positief ben ik over de vernieuwde lessenreeks, die ik de komende jaren prima kan gebruiken, en bijstellen waar nodig.

Verder kan ik het inzicht dat de preconcepten beter rond het hoofdstuk krachten aangepakt kan worden, meteen het komende schooljaar al gaan gebruiken.

Dat er aan de vaardigheden, en dan vooral de wiskundige vaardigheden van de leerlingen een en ander schort was al bekend, maar de uitkomsten van deze laatste analyse helpen wel om dat nog gericht aan te gaan pakken.

Geslaagd

Het is overigens leuk om te vermelden dat op een na alle leerlingen van klas VEF die mee hebben gedaan aan deze lessenreeks, dit jaar geslaagd zijn voor hun VWO-diploma. Dus ondanks de mindere resultaten na de lessenreeks is het toch nog goed gekomen met ze.

Literatuur

Droogan, A. en Houston, K. (1997). Misconceptions in Mechanics. Hypothenuse, **12**, pp 32-38. Gedownload 25 februari 2010 van <http://www.infj.ulst.ac.uk/NI-Maths/hypothenuse/droogan.html>

Eck, E. van, Heemskerk, I., Meijer, J. (maart 2010). Opbrengsten van Leren met meer effect. *Kennisnet*. Gedownload op 24 april 2010 van <http://onderzoek.kennisnet.nl/attachments/2154460/Nr. 23 Opbrengsten Leren met meer effect.pdf>

Gravenberch, F. (2000). ICT en de doelstellingen van het studiehuis. *NVOX: Tijdschrift voor natuurwetenschap op school*. Vol. 25 (2000), afl. 2, pag. 79-80
Holland, D. (21 juli 2006). Some misconceptions and things often not done well in the MEI mechanics papers. Gedownload 25 februari 2010 van www.mei.org.uk/files/conference06/D1.pdf

Halloun, I., Hake, R. en Mosca, E. (augustus 1995) naar Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G. (maart 1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* 30, 141-151 gedownload via Marjolein Vollebregt in april 2010, van <http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>

Hestenes, D., Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher* 30, 159-166.

Olenick, R.P. (2005). Helping Students Learn Physics Better, Preconceptions and Misconceptions, A Guide to Enhancing Conceptual Understanding. *Department of Physics, University of Dallas*. Gedownload 25 februari 2010 van <http://phys.udallas.edu/C3P/Preconceptions.pdf>

Unknown (1998). Children's Misconceptions about Science. *Operation Physics Elementary/middleschool physics education outreach project, the American Institute of Physics*. Gedownload 25 februari 2010 van <http://www.amasci.com/miscon/opphys.html>.

Veerman A. L. (2000). Computer supported collaborative learning through argumentation. *Proefschrift Universiteit Utrecht*.

Bijlagen

- Startenquête.pdf
- Eindenquête.pdf
- Excel-documenten enquêtes