
PEER INSTRUCTION

Verslag Onderzoek van Onderwijs

Samuël Young
Begeleiders:
Jan van der Veen
Nico Rutten
ELAN, Universiteit Twente
April 2014

INHOUD

1	Inleiding	4
2	Theoretisch kader	5
2.1	Wat is Peer Instruction?	6
2.2	ConcepTest	6
2.3	Nadelen	7
2.4	Misconcepties	7
2.5	Mazur's Resultaten	8
2.6	Hake's average normalized gain	9
2.7	Applets	9
2.8	Onderzoeksvraag	10
2.9	Hypothesen	11
3	Methode	12
3.1	Lessenserie	13
3.2	Applet	14
3.3	ConcepTests	15
4	Onderzoeksmethodes	17
5	Resultaten	19
5.1	Deelvraag 1	19
5.1.1	Samenvatting	21
5.2	Deelvraag 2	22
5.2.1	Samenvatting	22
5.3	Deelvraag 3	23
5.3.1	Samenvatting	24
5.4	Deelvraag 4	25
5.4.1	Samenvatting	26
5.5	Deelvraag 5	27
5.5.1	Samenvatting	28
6	Conclusie	29
7	Discussie	29
8	Aanbevelingen	30
8.1	Aanbevelingen voor docenten	30
8.2	Aanbevelingen voor onderzoekers	30
8.3	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	30
9	Referenties	31
	Bijlage A: ConcepTests	32
	ConcepTest 1	32
	ConcepTest 2	33
	ConcepTest 3	34
	ConcepTest 4	34
	ConcepTest 5	35
	ConcepTest 6	35
	ConcepTest 7	36

ConcepTest 8	37
Bijlage B1: Pre- en posttest	38
Bijlage B2: Vragenlijst.....	41
Bijlage B3: Antwoordformulier.....	43

1 INLEIDING

Eric Mazur kwam erachter dat zijn eerstejaars studenten bij natuurkunde slechter scoorden op conceptuele vraagstukken dan hij had gedacht. Om dit te veranderen heeft hij met succes Peer Instruction toegepast in zijn college. Deze interactieve manier van college geven was gericht op het activeren van studenten waarbij hij de studenten liet nadenken over conceptuele vraagstukken. Dit was een groot succes. Zijn studenten werden beter in het beantwoorden van zowel conceptuele vraagstukken als het oplossen van kwantitatieve vraagstukken.

Dit verslag beschrijft een onderzoek waarbij Peer Instruction is toegepast in 4VWO. Het doel van dit onderzoek is het bepalen of Peer Instruction ook werkt op de middelbare school. In dit onderzoek wordt gekeken naar het effect van Peer Instruction op de resultaten die leerlingen behalen voor natuurkunde op zowel conceptuele vraagstukken als kwantitatieve vraagstukken. Verder wordt er gekeken naar de invloed van Peer Instruction op de betrokkenheid van de leerlingen tijdens de lessen en of Peer Instruction bijdraagt aan het leuker vinden van de lessen.

2 THEORETISCH KADER

Uit onderzoek (Heuvelen, 1991, p. 896) is gebleken dat hoorcolleges van een introducerend natuurkunde vak een beperkte bijdrage leveren aan studenten om conceptuele en procedurele kennis te verwerven. De leerlingen moeten juist actief betrokken zijn tijdens de hoorcolleges, waarbij concepten worden geconstrueerd en waarbij misconcepties aan de kaak worden gesteld. Ook moeten de studenten daarbij kwalitatief over fysische processen nadenken. Peer Instruction is een aanpak die gebruikt kan worden tijdens het lesgeven om studenten beter bij de les te betrekken en om de studenten actief te laten nadenken over conceptuele vraagstukken. Deze aanpak is ontwikkeld en toegepast door Eric Mazur voor zijn studenten aan de universiteit van Harvard. Op basis van zijn bevindingen heeft hij het boek "Peer Instruction, A User's Manual" (Mazur, 1997) geschreven.

Eric Mazur geeft sinds 1984 colleges aan eerstejaars natuurkundestudenten. Dit deed hij tot 1990 op de conventionele manier. Tot die tijd was hij van mening dat het goed zat met zijn colleges, omdat de resultaten goed waren en omdat de evaluaties van studenten op zijn vak positief waren, maar in 1990 kwam Eric Mazur in aanraking met onder andere het artikel van Halloun en Hestenes (Halloun & Hestenes, 1985). In dit artikel staat dat studenten met hun eigen intuïties en opvattingen beginnen aan hun eerste natuurkundecolleges. De colleges die op conventionele wijze gegeven worden, veranderen maar weinig aan deze intuïties en opvattingen, die ontstaan zijn door persoonlijke ervaringen.

Eric Mazur besloot om een simpele test uit te voeren onder zijn studenten. Hij legde de studenten opgaves voor, waarbij er per onderwerp zowel een conventioneel als conceptueel vraagstuk gesteld werd. De uitslag van deze test had hij niet verwacht. De studenten die goed scoorden op conventionele vraagstukken, bleken over het algemeen slecht te scoren op conceptuele vraagstukken, terwijl het omgekeerde eigenlijk niet voor kwam.

Uit deze uitslag zijn enkele conclusies te trekken. Ten eerste is het mogelijk dat studenten conventionele vraagstukken op kunnen lossen, zonder de achterliggende fysica te begrijpen. Ten tweede is het mogelijk dat een docent misleid kan zijn door het feit dat de resultaten op examens goed zijn, terwijl de studenten achterliggende fysica niet begrijpen. De studenten hadden zich geconcentreerd op het leren van procedures of oplosstrategieën om vraagstukken op te lossen. Vanaf 1990 is Eric Mazur op een andere manier colleges gaan geven volgens de methode, genaamd Peer Instruction (PI).

2.1 WAT IS PEER INSTRUCTION?

Mazur maakt onderscheid tussen de conventionele wijze van lesgeven en het lesgeven met behulp van Peer Instruction. Met een les op conventionele wijze, wordt een les bedoeld waarbij de docent een hoorcollege geeft. Tijdens dit hoorcollege is de docent aan het woord en hebben de studenten een passieve rol. Een les met Peer Instruction is een les waarbij studenten worden gedwongen actief mee te denken over vraagstukken (ConcepTests) die zij tijdens de lessen ontvangen. In tegenstelling tot een conventioneel hoorcollege, bestaat een college met Peer Instruction uit korte stukjes uitleg, die gevolgd worden door vraagstukken die concepTests worden genoemd. Het doel van de ConcepTests is het dwingen van de studenten tot nadenken over het geleerde concept met de ontwikkelde argumenten. Verder geven de ConcepTests ook inzicht in de mate waarin studenten een concept begrijpen.

2.2 CONCEPTEST

Mazur's ConcepTests hebben het volgende formaat:

1. De vraag wordt gesteld
2. Studenten krijgen 1 minuut om over de vraag na te denken
3. Studenten geven hun antwoorden op de vraag
4. Studenten overtuigen gedurende 1 minuut hun buurman/buurvrouw van hun antwoord
5. Studenten geven hun (gewijzigde) antwoorden op de vraag
6. Feedback naar de docent: inventarisatie van de gegeven antwoorden
7. Uitleg over het juiste antwoord

Eric Mazur heeft enkele criteria opgesteld waaraan volgens hem een concepTest moet voldoen. Een concepTest moet:

1. over één concept gaan
2. Niet oplosbaar zijn als er vergelijkingen worden gebruikt
3. adequate multiple-choice antwoorden hebben
4. eenduidig geformuleerd zijn
5. niet te makkelijk en niet te moeilijk zijn

Deze criteria beïnvloeden direct de feedback naar de docent. Het is moeilijk om te achterhalen waarom er op een ConcepTest slecht gescoord wordt als er twee concepten in deze ConcepTest verwerkt zijn. Ook is het moeilijk in te schatten of studenten een concept hebben begrepen als ze de concepTest ook konden beantwoorden door formules in te vullen, zonder dat daar begrip bij nodig is. Adequate multiple-choice vragen kunnen ook door de studenten zelf gegeven worden, door te bekijken wat de meeste foute antwoorden zijn, als de concepTest in open vorm gegeven wordt. Hierbij komen de misconcepties over het concept bovendien. Als een ConcepTest niet eenduidig geformuleerd is, is het niet mogelijk om aan de resultaten te zien of het concept begrepen wordt. Dit geldt ook voor het laatste criterium.

De beantwoording op de ConcepTests kan op verschillende manieren gebeuren. Allereerst is het mogelijk om de studenten handen op te laten steken nadat zij hun antwoorden met hun buurman/buurvrouw hebben besproken. Dit is de eenvoudigste methode. Het nadeel is dat niet iedereen de hand durft op te steken, of dat studenten hun beslissing nemen op basis van het aantal opgestoken handen van de medestudenten. Het is ook mogelijk om gekleurde kaarten op te laten steken, waarbij elke kleur overeenkomt met een van de multiple-choice antwoorden. Deze kaarten kunnen ook gelabeld worden met bijvoorbeeld de letters A-D. Het nadeel van deze methode is het

feit dat de gegeven antwoorden niet opgeslagen worden. Dit maakt het moeilijk om later de gegeven antwoorden te analyseren.

Ten tweede is het mogelijk om studenten hun antwoorden op een formulier op te laten schrijven. Hierdoor zijn de antwoorden later te analyseren. Dit heeft ook een nadeel, namelijk dat de feedback na het college komt. Een combinatie van het deze methode met het opsteken van gekleurde kaarten verhelpt dit probleem. Verder is het mogelijk om elektronische stemapparatuur te gebruiken in combinatie met een smartboard. Het voordeel hiervan is de snelle feedback, de mogelijkheid tot het opslaan van de gegeven antwoorden en dat studenten niet elkaars antwoorden zien tijdens het stemmen. Het nadeel is de kosten voor de aanschaf van de stemapparatuur en de organisatie op ICT gebied

De verschillende manieren van beantwoording van de ConcepTests kunnen zorgen voor een verschillend moment waarop de docent de feedback krijgt. De docent kan anticiperen op de groep als de feedback meteen na de ConcepTest gegeven wordt. De docent kan zo meer uitleg geven, als bijvoorbeeld minder dan 90% van de studenten het goede antwoord geeft op de ConcepTest na de overtuigronde en eventueel een andere ConcepTest geven over hetzelfde concept om te kijken of een concept nu wel begrepen wordt.

2.3 NADELEN

Het grootste nadeel van het gebruik van Peer Instruction tijdens de les is dat er minder tijd overblijft voor conventionele uitleg van de stof. Dit moet op de een of andere manier gecompenseerd worden. Eric Mazur heeft dit opgelost door niet alle stof die tijdens het vak aan de orde komt, tijdens de hoorcolleges te behandelen. Een gedeelte komt tijdens de werkcolleges aan de orde. Verder waren de studenten van de Mazur verplicht om voorbereid naar het college te komen. Ze moesten namelijk voor elk college een stuk uit het boek lezen. Mazur heeft een quiz gemaakt met vragen die met het leeswerk beantwoord konden worden. De studenten konden met behulp van deze quiz ook bonuspunten krijgen op het proefwerk. Dit heeft hij gedaan om de studenten te motiveren om daadwerkelijk het leeswerk te doen. Een ander nadeel is dat het vrij veel tijd kost om de ConcepTests te maken. Dit is echter geen probleem meer als de ConcepTests eenmaal gemaakt zijn.

2.4 MISCONCEPTIES

Een van de doelen van Peer Instruction is het dwingen van studenten om na te denken over fysische processen door gebruik te maken van ConcepTests. De gegeven antwoorden op deze concepTests geven de docent de mogelijkheid om inzicht te krijgen in welke mate de leerlingen uit een klas het desbetreffende concept begrijpen. Op deze manier kunnen misconcepties aan het licht komen. Een volgende keer kunnen zowel de les als de concepTests daarop aangepast worden.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek zal er een lessenserie behandeld worden die zal gaan over de wet van Gay-Lussac en over de wet van Boyle.

2.5 MAZUR'S RESULTATEN

Mazur heeft een artikel geschreven over de ervaringen met Peer Instruction in de eerste tien jaar (Crouch & Mazur, 2001). Uit dit artikel blijkt dat het resultaat van het gebruik van Peer Instruction tijdens de colleges positief zijn. Mazur heeft de Force Concept Inventory gebruikt om het effect van Peer Instruction te meten. De test is bedoeld om te bekijken in welke mate beginnende studenten in staat zijn om conceptuele vraagstukken op te lossen die te maken hebben met het onderwerp krachten. De Force Concept Inventory bestaat uit een pretest en een posttest. Deze tests laten zien wat het verschil in niveau is van de leerlingen tussen het begin het eind van het vak. Het verschil wordt door Mazur uitgedrukt in de average normalized gain:

$$\langle g \rangle = \frac{\%S_f - \%S_i}{100 - \%S_i}$$

De betekenis van de average normalized gain is verder uitgelegd in paragraaf 2.6.

De average normalized gain is in 1991 gestegen van 0,25 naar 0,50 als gevolg van de invoering van Peer Instruction. Na de invoering van Peer Instruction is Mazur deze methode blijven gebruiken. Het resultaat hiervan was dat ook de average normalized gain bleef stijgen. In 1997 was de average normalized gain gestegen tot een waarde van 0,74.

Verder heeft Mazur zich bezig gehouden met de vraag of de invoering van Peer Instruction een nadelig effect heeft gehad op het probleem oplossend vermogen van de studenten. Hiervoor heeft Mazur naar twee dingen gekeken. Allereerst heeft Mazur, zowel voor al na de invoering van Peer Instruction, gekeken naar de resultaten op de *Mechanical baseline Test*. Deze test bevat in beperkte mate kwantitatieve, of conventionele vraagstukken. Na de invoering van Peer Instruction was de gemiddelde score op deze test 66%, terwijl de gemiddelde score voor de invoering van Peer Instruction op 62% lag. Deze score is later toegenomen tot 73% in 1997. Mazur heeft ook gekeken naar de resultaten op het examen. De gemiddelde score voor invoering van Peer Instruction was 63%. Na invoering van Peer Instruction lag deze op 69%. De conclusie van Mazur is dat beter begrip van onderliggende concepten blijkbaar bijdraagt een hogere score op het examen.

2.6 HAKE'S AVERAGE NORMALIZED GAIN

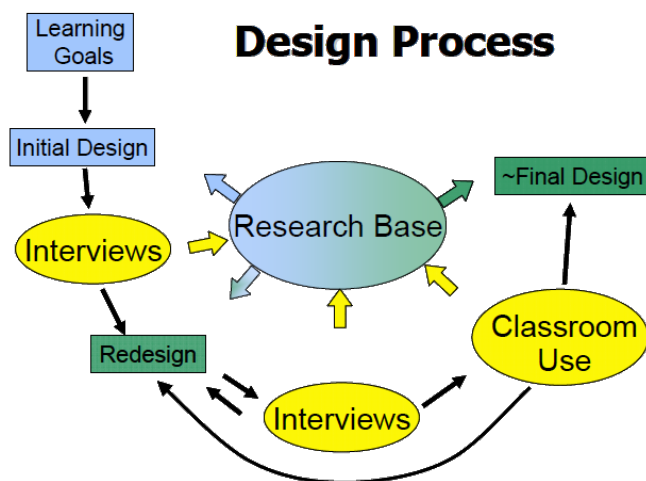
De *average normalized gain* $\langle g \rangle$ (Hake, 1998) kan gebruikt worden om te bepalen in welke mate een lessenserie ervoor gezorgd heeft dat leerlingen voortgang hebben geboekt op het behandelde onderwerp. Mazur heeft deze maat gebruikt om te bepalen of de resultaten van de studenten beter waren na invoering van Peer Instruction dan daarvoor. Tijdens dit onderzoek wordt de *average normalized gain* ook gebruikt, zodat de resultaten vergeleken kunnen worden met de resultaten die Mazur vond. De average normalized gain $\langle g \rangle$ is gedefinieerd als:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100 - \% \langle S_i \rangle}$$

Waarbij $\% \langle S_f \rangle$ en $\% \langle S_i \rangle$ de gemiddelde klassescores in percentages van het totaal aantal te behalen punten, op respectievelijk de posttest en de pretest zijn. De teller is de daadwerkelijke gemiddelde winst die behaald is in de klas. Dit wordt gedeeld door de noemer, die de maximale behaalbare winst voorstelt. Volgens het onderzoek van Hake is $\langle g \rangle = 0,23$ voor lessen die op traditionele wijze gegeven worden, $\langle g \rangle = 0,48$ voor interactieve lessen (Hake, 1998, p. 71).

2.7 APPLETS

Om de leerlingen actief te betrekken bij de lessen zijn er twee dingen ingezet, namelijk demonstratieproeven en het gebruik van een applet tijdens de les. In deze lessenserie is de applet "Gas Properties" (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>) van Physics Education Project (PhET) gebruikt. PhET is een project dat gericht is op het ontwikkelen van interactieve simulaties op het gebied van natuurkunde, scheikunde, wiskunde en biologie. De PhET groep doet onderzoek naar zowel het ontwerp als het gebruik van interactieve simulaties om beter begrip te krijgen over karakteristieken die een simulatie effectief maken, wat de interactie tussen de student en de simulatie is, en hoe deze interactie is te sturen. Verder onderzoekt PhET hoe, wanneer en waar de applets effectief zijn. De applets worden ontwikkeld volgens het ontwerpschema (Adams et al., 2008) in figuur 1.



figuur 1: ontwerpproces PhET Applets

De ontwerpcyclus wordt ondersteund door de wetenschappelijke basis, waarbij interviews en het gebruik van de simulaties in de klas meetinstrumenten zijn, die gebruikt worden als terugkoppeling in het ontwerpproces.

2.8 ONDERZOEKSVRAAG

Mazur heeft Peer Instruction met succes toegepast tijdens zijn eigen colleges. Dit onderzoek richt zich op de toepassing van Peer Instruction tijdens de natuurkundelessen op de bovenbouw van het VWO. De onderzoeksvraag luidt:

Leidt het toepassen van Peer Instruction tijdens de les tot betere eindresultaten?

Om tot de beantwoording van de bovenstaande onderzoeksvraag te komen, zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Zijn leerlingen beter in staat om conceptuele vraagstukken op te lossen als Peer Instruction is toegepast tijdens de lessen?
2. Zijn leerlingen beter in staat om vraagstukken op te lossen waarin probleemoplossende vraagstukken een grote rol spelen(problem solving), als Peer Instruction is toegepast tijdens de lessen?
3. Zijn leerlingen meer betrokken bij de les?
4. Vinden de leerlingen de les leuker als Peer Instruction wordt toegepast tijdens de les?
5. Behalen zwakke leerlingen, in verhouding tot sterkere leerlingen, een hogere *average normalized gain* als Peer Instruction wordt toegepast tijdens de les?

2.9 HYPOTHESEN

In dit gedeelte staan de hypothesen op de deelvragen opgesomd

1. De leerlingen die les hebben gehad met Peer Instruction zullen waarschijnlijk beter zijn in het oplossen van conceptuele vraagstukken, omdat uit het onderzoek van Eric Mazur gebleken is dat dit het geval is bij de studenten waaraan hij colleges heeft gegeven met behulp van Peer Instruction.
2. Hoewel Peer Instruction er op gericht is om de student een beter begrip van de fysica te laten krijgen, is er de verwachting dat het ook een positief effect heeft op de vaardigheden van leerlingen om rekenvragen op te lossen, omdat de leerlingen in zeker zin op weg geholpen worden door het feit dat ze een fysisch probleem sneller doorgronden.
3. De leerlingen zullen waarschijnlijk meer betrokken zijn tijdens de les. Dit was namelijk ook de insteek van Eric Mazur. De leerlingen worden namelijk gedwongen om na te denken over vraagstukken, omdat ze na het nadenken verplicht zijn om een stem uit te brengen over het goede antwoord.
4. De leerlingen zullen de lessen in dit geval waarschijnlijk leuker vinden dan een conventionele les, omdat er een andere werkvorm wordt toegepast. De vraag is of dit van blijvende duur is, aangezien deze werkvorm de leerlingen op den duur kan vervelen (het 'novelty effect' is dan uitgewerkt), maar omdat dit onderzoek per klas slechts vier lessen betreft, verwacht ik niet dat de leerlingen na de vierde les deze werkvorm zat zullen zijn.
5. Volgens de resultaten van Mazur, gaat de gemiddelde score van een klas omhoog als Peer Instruction wordt toegepast. Verder wordt de spreiding rond het gemiddelde ook kleiner. Waarschijnlijk zullen de zwakke leerlingen in verhouding meer vooruitgang boeken tijdens een lessenserie als Peer Instruction wordt toegepast, dan sterke leerlingen.

3 METHODE

Om antwoord te geven op de hoofd- en deelvragen, is er onderzoek gedaan in twee 4 VWO klassen, namelijk 4Va (26 leerlingen) en 4Ve (26 leerlingen). Peer Instruction is toegepast tijdens de lessenserie in klas 4Ve, de experimentele groep. In klas 4Va is dezelfde lessenserie gegeven, maar dan zonder de toepassing van Peer Instruction. Dit is de controlegroep. De lessen die de controle groep en experimentele groep volgen, zien er vrijwel het zelfde uit. In beide groepen komen de demonstratieproeven, de applet en de concepTests aan de orde. Het verschil zit in de wijze waarop de concepTests beantwoord worden.

Voor de experimentele groep zag de lessenserie er als volgt uit: Elke les bestond uit klassikale uitleg, gevolgd door tijd waarin de leerlingen zelfstandig aan het werk konden gaan. Meestal duurde de uitleg ongeveer 15 minuten. Soms werd de uitleg vooraf gegaan door het bespreken van huiswerk, maar dat hing af van de behoeften van de leerlingen. Tijdens de uitleg kwamen er ConcepTests aan de orde in multiple-choice vorm. De leerlingen kregen een minuut de tijd om na te denken over de vraag, zonder te overleggen met medeleerlingen. Na het verstrijken van de minuut, moesten de leerlingen hun antwoord op een antwoordformulier schrijven en de bijbehorende gekleurde kaarten (A t/m D) opsteken. Als de antwoorden van elkaar verschilden, kregen de leerlingen nog een minuut de tijd om de buurman of buurvrouw te overtuigen van hun antwoord. Na deze overlegronde vond er weer een stemming plaats waarbij de leerlingen weer hun antwoord op het antwoordformulier moesten zetten en de bijbehorende kaart moesten opsteken. Er is gekozen voor gekleurde kaarten met de letters A t/m D vanwege de gemakkelijke uitvoerbaarheid hiervan. Verder kan deze methode gemakkelijk worden overgenomen door docenten die Peer Instruction ook willen invoeren of uitproberen, omdat er weinig kosten verbonden zijn aan het maken van deze kaarten. De leerlingen moesten hun antwoorden ook op een antwoordformulier opschrijven, zodat de gegeven antwoorden later geanalyseerd konden worden.

In de controlegroep werd dezelfde lessenstructuur aangehouden die ook in klas 4Ve werd gebruikt. De conceptuele vraagstukken die in experimentele groep zijn gebruikt zijn ook gesteld in klas 4Va. De beantwoording van deze vragen door de leerlingen ging echter op de conventionele manier, waarbij de vraag aan klas werd gesteld en de leerlingen hun vinger konden opsteken als ze het antwoord wilden zeggen. Sommigen deden dat spontaan en soms hebben leerlingen ongevraagd een beurt gekregen.

De volgende paragrafen gaan over de structuur van de lessenserie en de daarbij gebruikte hulpmiddelen, zoals de applet en de concepTests. Als laatste worden de methodes beschreven die uitgevoerd worden om antwoord te geven op de deelvragen.

3.1 LESSENSERIE

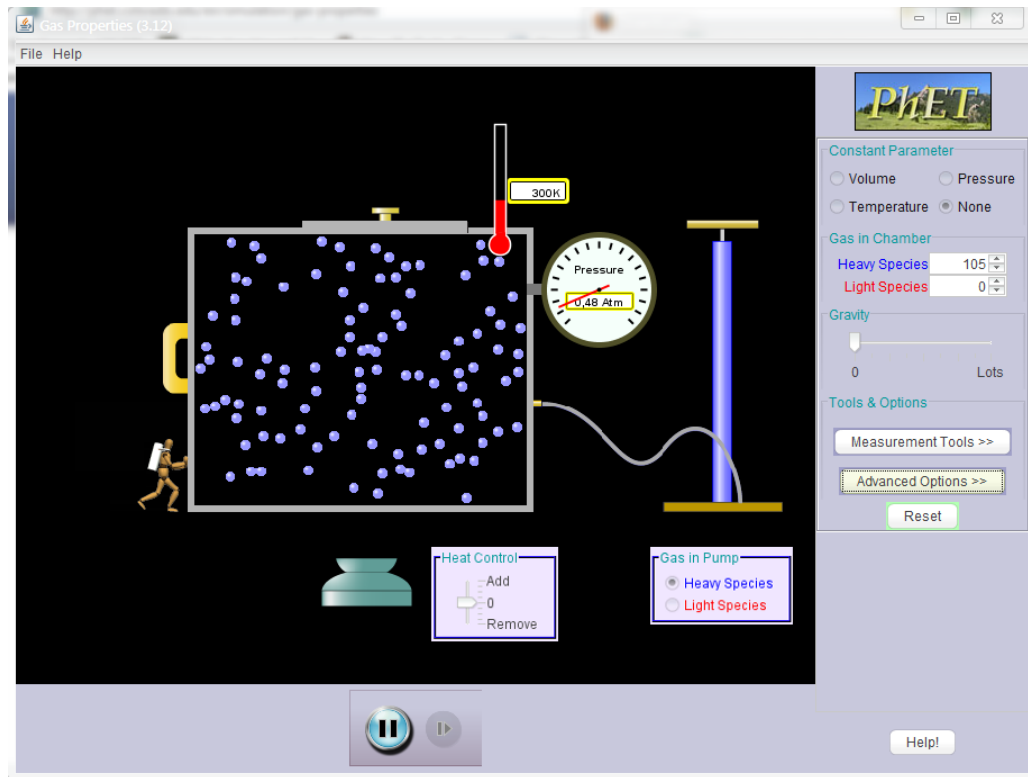
De lessenserie voor dit onderzoek werd gegeven voor het vak natuurkunde en ging over de wet van Gay-Lussac en over de wet van Boyle. Deze twee wetten waren in het leerboek van de leerlingen verdeeld over twee paragrafen, die bovendien de laatste twee paragrafen van het hoofdstuk waren. Deze lessen zijn gegeven van 9 t/m 18 juni 2010. In deze twee weken hebben de leerlingen geen andere docent voor het vak natuurkunde gehad. Elke klas had twee lessen natuurkunde per week. Per klas was er dus een lessenserie van 4 lessen. Een overzicht van de gegeven lessen is weergegeven in tabel 1. De laatste rij uit deze tabel geeft weer welke ConcepTests er zijn gegeven in een bepaalde les. De inhoud van deze ConcepTest wordt beschreven in bijlage A.

Les	1	2	3	4
Datum van gegeven les aan controlegroep	10 juni 2010	11 juni 2010	17 juni 2010	18 juni 2010
Datum van gegeven les aan experimentele groep	9 juni 2010	11 juni 2010	16 juni 2010	18 juni 2010
Behandelde stof	Wet van Gay-Lussac	Wet van Gay Lussac (vervolg)	Wet van Boyle	Wet van Boyle (vervolg)
Behandelde ConcepTests	1, 2	3, 4	5, 6, 7,	8

tabel 1: overzicht gegeven lessen en bijbehorende onderwerpen

3.2 APPLET

Ter ondersteuning van de conceptTests die tijdens de lessen worden gebruikt, wordt er ook gebruik gemaakt van de “Gas Properties” applet van PhET (PhET, 2010). Een screenshot van deze applet is weergegeven in figuur 2.



figuur 2: Gas Properties Applet

Met deze applet kan de gaswet worden uitgelegd op een interactieve manier. Het aantal balletjes in de afgesloten ruimte stelt de hoeveelheid gas voor. De applet reageert meteen op het aanpassen van de variabelen. De volgende parameters kunnen gewijzigd worden:

- Hoeveelheid gas door het handvat van de fietspomp te verslepen of door de afgesloten ruimte te openen.
- Hoeveelheid warmte door de schuif van de *Heat Control* te verplaatsen.
- Het volume, door het handvat van afgesloten ruimte te verslepen.

De volgende waarden kunnen uitgelezen worden:

- Druk, door middel van de barometer en het poppetje zet zich schrap als de druk wordt opgevoerd.
- Aantal gasdeeltjes.
- Temperatuur door middel van de thermometer. De deeltjes bewegen ook sneller bij een hogere temperatuur.

In het zijpaneel kunnen bepaalde variabelen constant gehouden worden. De applet past dan uit zichzelf een andere variabele aan om aan de randvoorwaarde te blijven voldoen. Verder kan het effect van de zwaartekracht op de gasdeeltjes gesimuleerd worden.

3.3 CONCEPTTESTS

In totaal zijn er 8 verschillende ConcepTests gebruikt tijdens de lessenserie. Een uitgebreidere uitwerking van de concepTests, inclusief de antwoorden op deze concepTests zijn beschreven in Bijlage A

ConcepTest 1 luidt: “De druk in een afgesloten ruimte is 1,0 bar als er 200 deeltjes in deze ruimte zitten. Wat zou de druk zijn als er 400 deeltjes in deze ruimte zouden zitten?” en gaat over druk als functie van het aantal gasdeeltjes in een afgesloten ruimte. De bedoeling van deze vraag was het herhalen van de benodigde voorkennis en het bood de leerlingen de gelegenheid om te oefenen met Peer Instruction.

ConcepTest 2 luidt: “We willen de druk van het gas verhogen. Wat moet er gebeuren?” en gaat over het verband tussen de druk en de temperatuur en hij wordt gesteld, voordat de wet van Gay-Lussac behandeld worden in de les. Voordat de vraag gesteld, wordt, wordt de applet getoond. Allereerst wordt de werking en de mogelijkheden van deze applet gedemonstreerd, waarna de vraag wordt gesteld. Op basis van het model van de applet moeten de leerlingen bepalen wat het goede antwoord is. Na afloop van deze ConcepTest wordt met behulp van de applet gedemonstreerd wat het goede antwoord was.

ConcepTest 3 luidt: “Het ei wordt op de hals gelegd. Voorspel wat er gebeurt.” en wordt gesteld in de context van een demonstratieproef. Voordat de vraag gesteld wordt, wordt er uitgelegd wat er achtereenvolgens gebeurt: Een zachtgekookt, gepeld ei wordt op de hals van een fles gelegd, nadat er een stukje brandend papier in is gegooid. Na deze uitleg wordt de vraag gesteld. Het antwoord op deze vraag zal blijken uit het resultaat van de demonstratieproef. Voor de beantwoording van dit vraagstuk is het besef nodig dat het doven van het vuur door zuurstoftekort resulteert in het afkoelen van de lucht in de fles, wat een afname van de druk in de fles teweeg brengt.

Ook ConcepTest 4 wordt gesteld in de context van een demonstratieproef en luidt: “Wat gebeurt er als het blikje op de kop in koud water wordt gedompeld?”. Eerst wordt uitgelegd hoe de proef uitgevoerd wordt: Een laagje water in een blikje wordt aan de kook gebracht met behulp van een brander, waarna dit blikje omgekeerd in een bak koud water wordt ondergedompeld. Het blikje zal imploderen. Dit komt doordat het beetje water wat aan de kook gebracht is, zorgt voor hete waterdamp in het blikje. Op het moment dat het blikje op de kop in een bak koud water wordt ondergedompeld, koelt de waterdamp in het blikje af en condenseert een gedeelte van de watermoleculen. Hierdoor daalt de druk in het blikje. Het juiste antwoord op de ConcepTest wordt gedemonstreerd door de demonstratieproef daadwerkelijk uit voeren.

ConcepTest 5, 6 en 7 worden gesteld met behulp van de applet. De vragen die bij deze concepTests worden gesteld zijn respectievelijk: “Wat moet er gebeuren om de druk te verhogen?”, “We willen dat de druk in de afgesloten ruimte constant blijft. De temperatuur wordt verhoogd. Wat moet er gebeuren?” en “Wat moet je doen om de temperatuur constant te houden als je het volume kleiner maakt?” Hierbij wordt het antwoord op de vragen gedemonstreerd met behulp van de applet nadat de leerlingen hun antwoorden op de concepTest hebben gegeven. ConceptTest 5 gaat over de wet van Boyle. Voor de beantwoording van de ConcepTests 6 en 7 is zowel kennis over de wet van Boyle als de kennis over de wet van Gay-Lussac nodig.

ConcepTest 8 luidt: “Wat gebeurt er met de zuigers K en L” en grijpt weer terug op voorkennis over kracht die uitgeoefend wordt op een oppervlak door toedoen van de luchtdruk. Voor deze ConcepTest moeten leerling zien dat de druk in de cilinders niet lager wordt als de zuigers verplaatsen, omdat er een vacuüm in de zuiger heerst. De leerlingen moeten beseffen dat hierdoor de krachten op de zuigers constant blijven.

4 ONDERZOEKSMETHODES

In dit gedeelte worden de onderzoeksmethodes beschreven die gebruikt zijn om antwoord te kunnen geven op de deelvragen. Per deelvraag worden de onderzoeksmethodes uitgewerkt.

Deelvraag 1: Om antwoord te geven op de vraag of de toepassing van Peer Instruction ervoor zorgt dat leerlingen betere resultaten behalen op conceptuele vraagstukken, wordt er gekeken naar de scores die behaald zijn op de pretest en de posttest. De pretest en de posttest bevatten daarom alleen conceptuele vraagstukken en zijn qua inhoud aan elkaar gelijk. Deze testen worden afgenomen in zowel de klas waar wel Peer Instruction is toegepast (klas e) als in de klas waarin Peer Instruction niet is toegepast (klas a). Nadat de testen zijn afgenomen, wordt de *average normalized gain* berekend.

Deelvraag 2: Om antwoord te geven op de vraag of de toepassing van Peer Instruction ervoor zorgt dat leerlingen beter in staat zijn om probleemoplossende vraagstukken op te lossen, wordt er gekeken naar de resultaten die behaald zijn op het proefwerk, omdat daarin voornamelijk probleemoplossende vraagstukken staan. De eerste vraag van het proefwerk is een reproductievraag. Hier wordt verder niet voor gecorrigeerd, aangezien de bijdrage van de score op deze vragen in vergelijking met de totaal te behalen score van het proefwerk zeer klein is. De resultaten op het proefwerk van de experimentele groep zullen vergeleken worden met de resultaten van de controlegroep.

Deelvraag 3: Video-opnamen zullen gemaakt worden om te bepalen of leerlingen meer betrokken zijn tijdens de les als Peer Instruction wordt toegepast. Er zullen twee videocamera's op de klas gericht zijn. Deze camera's zullen voorin de klas staan, zodat de gezichten van de leerlingen zichtbaar zijn op de opname. Een camera zal gericht zijn op het linker gedeelte van de klas en een andere camera zal gericht zijn op het rechter gedeelte van de klas, zodat alle leerlingen uiteindelijk vastgelegd zijn. De twee camera's worden voor aanvang van de les vrijwel gelijktijdig gestart. Om te bepalen hoe betrokken leerlingen zijn tijdens de les, wordt er op verschillende momenten gekeken hoeveel leerlingen betrokken zijn. Dit gebeurt telkens na het stellen van een conceptTest, wanneer de leerlingen moeten nadenken over de gestelde vraag. Ook wordt er per les een steekproef genomen tijdens de uitleg. Aan de leerlingen die deel uitmaken van de focusgroep wordt gevraagd in welke mate de aanwezigheid van camera's hun betrokkenheid heeft beïnvloed.

Deelvraag 4: Om te bepalen of leerlingen een les met die gegeven wordt met Peer Instruction leuker vinden dan een les waarin Peer Instruction niet wordt toegepast, wordt er gekeken naar de antwoorden die gegeven zijn op de vragenlijst. Het antwoord op de vraag of de lessen leuk waren is een antwoord dat gegeven moet worden op de Likert-7 schaal. Verder zijn er twee open vragen, waarbij de leerlingen moeten aangeven wat de leukste elementen van de lessen waren en wat de minst leuke elementen van de lessen waren. Deze twee vragen geven meer inzicht in de achterliggende redenen waarom leerlingen de lessen leuk of niet leuk vonden. Ook wordt de focusgroep gebruikt om te bepalen wat de redenen zijn voor het leuk of niet leuk vinden van de lessen.

Deelvraag 5: De klassen worden in twee groepen verdeelt om te bepalen of zwakke leerlingen meer profijt hebben van Peer Instruction dan sterke leerlingen. De pretest en posttest worden gebruikt om te bepalen of zwakke leerlingen meer profijt hebben van Peer Instruction wanneer er alleen naar de conceptuele vraagstukken gekeken wordt. De proefwerk cijfers van de leerlingen worden vervolgens vergeleken met het gemiddelde van de cijfers die de leerlingen gedurende de rest van het jaar hebben gehaald op de proefwerken.

Als samenvatting bevat tabel 2 een overzicht van de onderzoeksmethodes die gebruikt zijn om antwoord te geven op de onderzoeksvragen.

Deelvraag	Pretest	Posttest	Video	PW	Vragenlijst	Focusgroep
Zijn leerlingen beter in staat om conceptuele vraagstukken op te lossen als Peer Instruction is toegepast tijdens de lessen?						
Zijn leerlingen beter in staat om vraagstukken op te lossen waarin probleemoplossende vraagstukken een grote rol spelen(problem solving), als Peer Instruction is toegepast tijdens de lessen?						
Zijn leerlingen meer betrokken bij de les?						
Vinden de leerlingen de les leuker als Peer Instruction wordt toegepast tijdens de les?						
Behalen zwakke leerlingen, in verhouding tot sterkere leerlingen, een hogere <i>average normalized gain</i> als Peer Instruction wordt toegepast tijdens de les?						

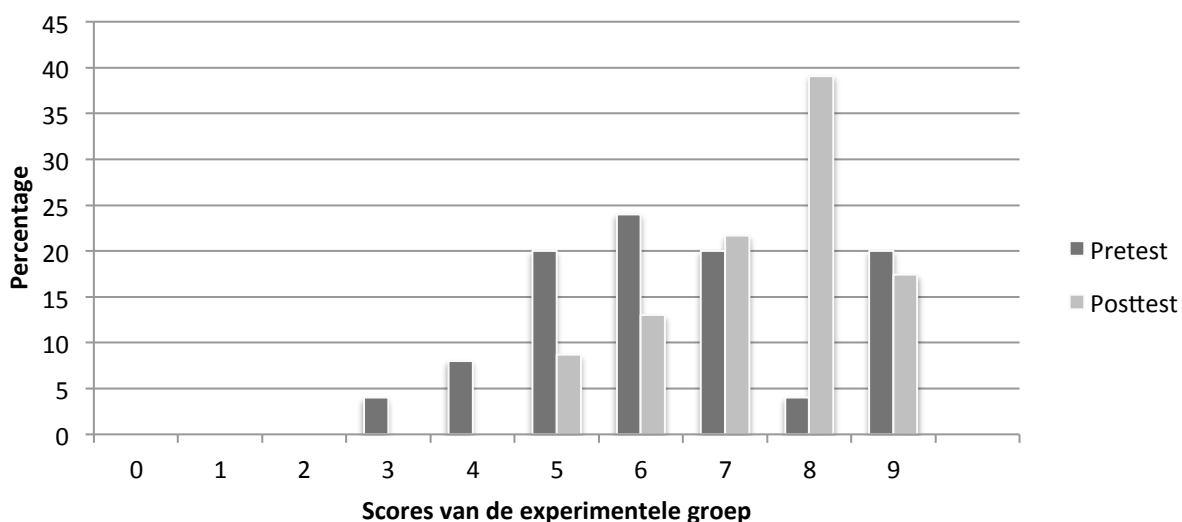
tabel 2: Onderzoeksmethodes

5 RESULTATEN

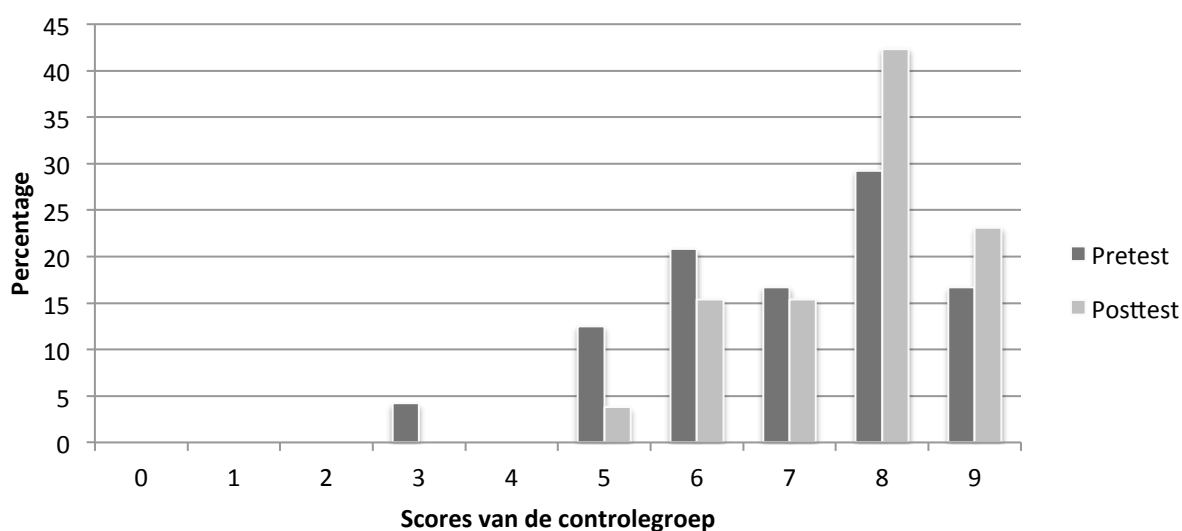
In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek behandeld. Dit wordt per deelvraag behandeld.

5.1 DEELVRAAG 1

Voor deelvraag 1 is gekeken of de toepassing van Peer Instruction ervoor heeft gezorgd dat leerlingen beter in staat waren om conceptuele vraagstukken op te lossen. Bij Peer Instruction is het de bedoeling dat leerlingen met elkaar overleggen om zo medeleerlingen te overtuigen van het goede antwoord. Tijdens de uitvoering van de lessen serie is dit in 4 van de 8 gevallen gebeurt. Bij conceptTests 3 en 7 ging werden er meer goede antwoorden gegeven na de discussie. Bij conceptTest 4 bleef het aantal correcte antwoorden gelijk en bij conceptTest 8 daalde het aantal goede antwoorden. Voor de beantwoording van de deelvraag is er naar de pre-test en de post-test gekeken. In figuur 3 en figuur 4 zijn de scores op de pre-testen en post-testen grafisch weergegeven.



figuur 3: Frequentieplot van scores op de pre- en posttest (experimentele groep)



figuur 4: Frequentieplot van scores op de pre- en posttest (controlegroep)

In tabel 3 zijn statistieken weergegeven om een beter inzicht te krijgen in de verschillen tussen de pre-testen en post-testen.

		Gemiddelde	Std. Afwijking
Conrolegroep (N=24)	Score op pretest	7,0	1,6
	Score op posttest	7,7	1,2
Experimentele groep (N=22)	Score op pretest	6,5	1,7
	Score op posttest	7,5	1,2

tabel 3: verschillen in scores tussen posttests en pretests

Uit de gemiddelde scores over de pre-tests en post-tests blijkt dat de scores bij de post-test van zowel de controle groep als de experimentele groep dicht bij elkaar in de buurt liggen. Een groter verschil zit in de gemiddelde scores bij de pre-tests. In de experimentele groep lag deze lager dan bij de controlegroep.

Uit de “General Linear Model” test blijkt dat er geen significant verschil is tussen de pre- en posttest scores wanneer de experimentele groep vergeleken wordt met de controlegroep.

	F	P
Interactie tussen de pre- en posttest enerzijds, en de experimentele groep en controlegroep anderzijds.	0,53	0,47

Tabel 4: Interactie tussen de tests en de groepen

De *avarage normalized gain* <g> zegt meer over de behaalde voortgang van de klas. De gain in controlegroep bedraagt:

$$\% < S_f > = \frac{7,67}{9} \times 100\% = 85,19$$

$$\% < S_i > = \frac{7,00}{9} \times 100\% = 77,78$$

$$< g > = \frac{\% < S_f > - \% < S_i >}{100 - \% < S_i >} = \frac{85,19 - 77,78}{100 - 77,78} = 0,33$$

De gain in de experimentele groep bedraagt:

$$\% < S_f > = \frac{7,50}{9} \times 100\% = 83,33$$

$$\% < S_i > = \frac{6,50}{9} \times 100\% = 72,22$$

$$< g > = \frac{\% < S_f > - \% < S_i >}{100 - \% < S_i >} = \frac{83,33 - 72,22}{100 - 72,22} = 0,40$$

De behaalde *average normalized average gain* voor de controlegroep, waarbij Peer Instruction niet is toegepast, bedraagt dus 0,33, terwijl de *average normalized gain* van experimentele groep 0,40 bedraagt (18% hoger). Volgens Mazur ligt de gain bij traditionele wijze van lesgeven rond de 0,25, terwijl de gain bij interactieve lessen tussen de 0,36 en 0,68 ligt. De gain van de klas waarbij Peer Instruction is toegepast ligt inderdaad tussen deze twee waarden, terwijl de gain van de klas, waarbij Peer Instruction niet is toegepast, onder de 0,36 ligt. Toch is de waarde van 0,33 hoger dan de te verwachten 0,25. Dit komt, doordat de lessen nog redelijk interactief waren, ondanks het feit dat Peer Instruction niet is toegepast. Er zijn tijdens de lessen namelijk veel experimenten vertoond, waarbij de leerlingen gestimuleerd werden om te voorspellen wat er zou gebeuren. Ook zijn er veel applets vertoond die de interactie tussen de docent en de leerlingen bevorderden.

De bovenstaande waarden voor de *average normalized gain* van de experimentele klas verschilt van die van de controleklas. Het is op deze manier echter niet na te gaan of dit verschil significant is, aangezien we maar twee waarden hebben om met elkaar te vergelijken. Om toch een uitspraak te doen over de significantie van de voortgang van de beide klassen is het volgende gedaan: De *normalized gain* wordt per leerling berekend. Vervolgens vergelijken we de gemiddelde waarden van de *normalized gains* van de controlegroep met die van de experimentele groep door middel van een *paired T-test*. De *normalized gain* die nu gebruikt wordt wijkt dus af van de *average normalized gain* die Mazur heeft gebruikt in zijn onderzoeken, omdat Mazur alleen de gemiddelde scores van klassen gebruikt.

5.1.1 SAMENVATTING

De kans dat de nulhypothese aangenomen moet worden is voor de experimentele groep kleiner dan voor de controlegroep

Vanuit dit standpunt is te concluderen dat de toepassing van Peer Instruction ervoor zorgt dat leerlingen beter in staat zijn om conceptuele vraagstukken op te lossen.

	Gemiddelde score pre-test	Gemiddelde score post-test
controlegroep	7,00	7,67
experimentele groep	6,55	7,50

Kijkend naar de *average normalized gain*:

	<i>Average normalized gain</i>
controlegroep	0,33
experimentele groep	0,40

De bovenstaande waarden van de *average normalized gain* vallen binnen de voorspellingen van Mazur.

De experimentele groep laat echter geen significant verschil zien ($p=0,47$) in de verbetering van de score tussen de pretest en de posttest ten opzichte van de controlegroep. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de experimentele groep niet significant beter is in het oplossen van conceptuele vraagstukken door de toepassing van Peer Instruction dan de controlegroep.

5.2 DEELVRAAG 2

Om te bepalen of leerlingen even goed scoren op probleemoplossende vraagstukken, is er gekeken naar de behaalde proefwerkcijfers. Onder andere de gemiddelde proefwerkcijfers zijn weergegeven in tabel 5. Hieruit blijkt dat het gemiddelde cijfer van de controlegroep een 7,1 is, terwijl het gemiddelde cijfer op het proefwerk in de experimentele groep een 6,9 is. Dit verschil is niet significant ($p=0,53$).

		Gemiddelde	Std. Afwijking
Controlegroep	Gem. cijfer op voorgaande proefwerken	6,3	1,0
	Cijfer op het proefwerk	7,1	1,1
Experimentele groep	Gem. cijfer op voorgaande proefwerken	6,4	1,0
	Cijfer op het proefwerk	6,9	1,1

tabel 5: Vergelijking tussen jaargemiddelden en proefwerkcijfers

Er moet ook gekeken worden naar de resultaten die de klassen in het verleden hebben gehaald, om te zien of de toepassing van Peer Instruction een positief effect heeft gehad op de scores op probleemoplossende vraagstukken. In tabel 5 is per klas weergegeven wat de gemiddelde scores van de klassen over de proefwerken die gedurende het afgelopen schooljaar behaald zijn. Ook als er gekeken wordt naar het gemiddelde cijfer dat behaald is over de proefwerken die in de rest van het schooljaar behaald zijn, blijkt dat de cijfers nagenoeg hetzelfde zijn. Op basis van de bovenstaande gegevens kan niet geconcludeerd worden dat de toepassing van Peer Instruction leidt tot betere scores op probleemoplossende vraagstukken.

5.2.1 SAMENVATTING

De scores van de experimentele groep en de controlegroep op de proefwerken liggen dicht bij elkaar. Hierdoor kan niet de conclusie worden getrokken dat de toepassing van Peer Instruction resulteert in betere scores op probleemoplossende vraagstukken. De scores op het huidige proefwerk zijn wel hoger dan de cijfers die normaal gesproken worden behaald op proefwerken. Dit kan komen door het feit dat er in beide klassen op een interactieve manier is les gegeven. Overigens is het ook mogelijk dat het proefwerk eenvoudiger was dan anders.

5.3 DEELVRAAG 3

In dit gedeelte wordt bekeken of de toepassing van Peer Instruction tijdens de les resulteert in een grotere betrokkenheid van de leerlingen bij deze les. Voor de beantwoording van deze vraag zijn video-opnamen gemaakt, waaruit figuur 5 een momentopname is. Er waren twee camera's die op de klas gericht waren. Dit was zo gedaan dat elke leerling op minimaal een camera te zien was. Het bepalen van de betrokkenheid gebeurde tijdens de conceptTests en op een ander moment tijdens de uitleg. De gebruikte criteria voor niet betrokken leerlingen waren: met elkaar praten tijdens de uitleg, tenzij te zien was dat het over de stof ging. (een leerling wijst naar het bord) Schrijven op voorwerpen andere voorwerpen dan het schrift en bezig zijn met andere activiteiten die geen bijdrage leveren aan het leerproces, zoals spelen op mobieltjes. Een leerling die niet voldeed aan deze criteria, werd beschouwd als een betrokken leerling. Het resultaat van het percentage betrokken leerlingen op verschillende onderdelen tijdens de les is weergegeven in tabel 6.



figuur 5: Een stemming in de klas

Experimentele groep		Controlegroep	
moment	percentage betrokken leerlingen	moment	percentage betrokken leerlingen
les 1, 13:30	100	les 1, 25:26	100
ConcepTest 1	100	ConcepTest 1	100
ConcepTest 2	100	ConcepTest 2	100
les 2, 33:07	96	les 2, 25:14	100
ConcepTest 3	100	ConcepTest 3	96
ConcepTest 4	100	ConcepTest 4	92
les 3, 11:00	96	les 3, 15:25	88
ConcepTest 5	100	ConcepTest 5	92
ConcepTest 6	100	ConcepTest 6	83
ConcepTest 7	100	ConcepTest 7	88
les 4, 13:53	100	les 4, 06:43	100
ConcepTest 8	100	ConcepTest 8	96

tabel 6: Betrokkenheid van leerlingen

Uit de resultaten van de videovastlegging blijkt dat in beide klassen de betrokkenheid tijdens de les groot was (tabel 6). Tijdens de behandeling van de ConcepTests is er echter een verschil te zien tussen de betrokkenheid van leerlingen uit de experimentele groep en leerlingen uit controlegroep. De leerlingen uit de experimentele groep, waarin Peer Instruction is toegepast, waren altijd betrokken tijdens de ConcepTest, terwijl dat niet het geval was voor leerlingen in controlegroep. Een reden voor het verschil is waarschijnlijk het feit dat alle leerlingen in de experimentele groep gedwongen werden om antwoord te geven op de ConcepTest, terwijl in controlegroep vaak enkelen de gelegenheid kregen om het antwoord te geven. De kans dat een leerling niet direct om een antwoord werd gevraagd, was vrij groot, waardoor niet alle leerlingen zich genoodzaakt voelden om goed na te denken over het antwoord op de ConcepTest.

Niet alleen tijdens de behandeling van de ConcepTests is er gekeken naar de betrokkenheid van de leerlingen tijdens de les, maar per les is er tijdens de uitleg ook een steekproef genomen. Uit deze steekproeven blijkt dat de toepassing van Peer Instruction niet veel invloed heeft op de betrokkenheid tijdens de uitleg.

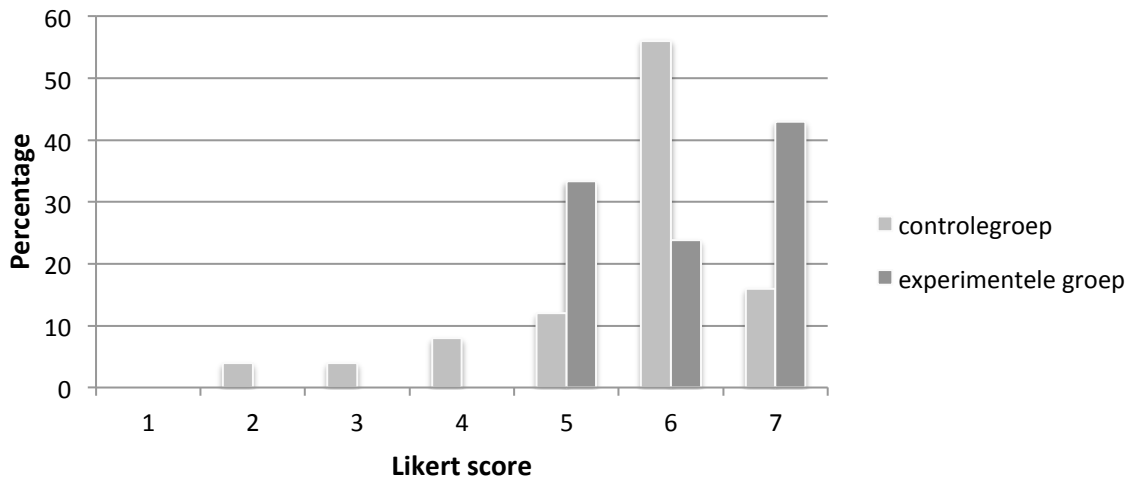
De aanwezigheid van de drie camera's in de klas zou de betrokkenheid van de leerlingen beïnvloeden kunnen hebben. De focusgroep is gebruikt om vast te stellen of dit het geval was. De leerlingen die uit de experimentele groep deelnamen aan de focusgroep gaven aan dat hun gedrag niet beïnvloed werd door de aanwezigheid van camera's. Een leerling uit de experimentele groep voelde zich tijdens het begin van de eerste les wel enigszins bekeken door de camera, omdat zij vlak voor de camera zat. In welke mate de camera's het gedrag van de leerlingen hebben beïnvloed is niet te zeggen, omdat het onderzoek niet is uitgevoerd in een klas waar geen camera's aanwezig waren.

5.3.1 SAMENVATTING

De toepassing van Peer Instruction tijdens de les zorgt voor een grotere betrokkenheid tijdens de behandeling van ConcepTestsde.

5.4 DEELVRAAG 4

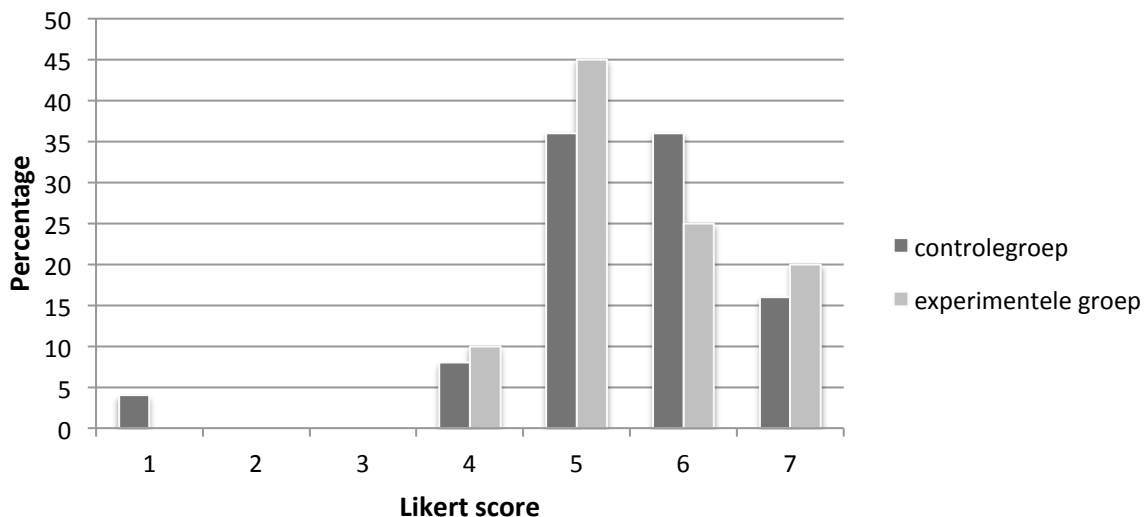
Om antwoord te geven op de vraag of leerlingen een les met Peer Instruction leuker vinden dan normaal, is er onder andere gebruik gemaakt van een vragenlijst. Figuur 6 geeft een frequentieplot weer van de antwoorden die gegeven zijn op de vraag of de lessen leuk waren. De vraag werd gesteld op de likert-7 schaal, waarbij een hogere score betekent dat de lessen leuker waren.



Figuur 6: Likert score op "De lessen waren leuk"

De gemiddelde score op de Likert-7 schaal in controlegroep was een 5,6 en de gemiddelde score in de experimentele groep was een 6,1. Het verschil in de Likert-7 scores tussen de controlegroep ($M=5,6$, $SD=1,3$) en de experimentele groep ($M=6,1$, $SD=0,9$) is niet significant $t(44)=-1,6$, $p=0,12$.

Bij vraag 5 van de vragenlijst moesten de leerlingen antwoord geven op de vraag of het beantwoorden van de ConcepTest vragen leuk was. De frequentieplot bij deze vraag is weergegeven in figuur 7.



figuur 7: Likert score op: "Ik vond het leuk om na te denken over de vragen die tijdens de uitleg gesteld zijn"

De gemiddelde score in controlegroep is 5,4 en de gemiddelde score in de experimentele groep is 5,6. Het verschil in de Likert-7 scores tussen de controlegroep ($M=5,4$, $SD=1,3$) en de experimentele groep ($M=5,6$, $SD=0,9$) is niet significant $t(43)=-1,6$, $p=0,74$.

Behalve de bovenstaande vragen, zijn er ook twee open vragen gesteld aan de leerlingen, namelijk: “Wat vond je het leukste aan de lessen?” en: “Wat vond je het minst leuke aan de lessen?”. De leerlingen gaven vaak aan dat de elementen die de lessen leuk maakten, te maken hadden met het feit dat er proeven/applets getoond werden en dat de vragen die bij die proeven hoorden, leuk waren. Uit controlegroep waren er 6 leerlingen die aangaven dat de vragen die bij de proeven hoorden, het leukst waren. Uit de experimentele groep waren er 15 leerlingen die aangaven dat de gestelde vragen bij de proeven een element was wat de lessen leuk maakten. In de controlegroep waren er 18 leerlingen die aangaven dat de proefjes en de applets de leukste elementen van de lessen waren. In de experimentele groep waren er 11 leerlingen die aangaven de proefjes het leukst waren.

Uit het gesprek met de leerlingen van de focusgroep blijkt dat leerlingen Peer Instruction zien als een leuke afwisseling op de reguliere lessen. Ze gaven aan dat ze de lessen waarschijnlijk niet zo leuk meer zouden zijn als Peer Instruction gedurende het gehele jaar toegepast zou worden.

5.4.1 SAMENVATTING

Interactief gegeven lessen worden niet significant leuker gevonden als Peer Instruction wordt toegepast, in vergelijking met interactief gegeven lessen waarbij Peer Instruction niet wordt toegepast. Wel is het zo dat de toepassing van Peer Instruction ervoor zorgt dat er meer leerlingen zijn die de vragen die bij de proeven horen, beschouwen als een van de leukste elementen van de les. De leerlingen uit de focusgroep vonden Peer Instruction leuk, maar ze verwachten dat het niet leuk zou zijn als Peer Instruction altijd toegepast zou worden.

5.5 DEELVRAAG 5

Om te zien of zwakke leerlingen meer profijt hebben van Peer Instruction dan sterke leerlingen, is elke klas opgedeeld in twee groepen. Per klas is gekeken naar een criterium op basis van het gemiddelde cijfer dat de leerlingen gedurende de rest van het jaar hebben gehaald op het vak natuurkunde, om de klassen zo goed mogelijk te verdelen in groepen van gelijke grote. Voor de experimentele groep, de klas waar Peer Instruction op is toegepast, is het volgende criterium gebruikt: De leerlingen die een jaargemiddelde hoger dan een 6,75 hebben, behoren tot de sterke leerlingen, de overigen behoren tot de zwakke leerlingen. Door dit criterium zijn de volgende groepen ontstaan die weergegeven zijn in tabel 7.

Groep	Aantal leerlingen
Sterke leerlingen in controlegroep	10
Zwakke leerlingen in controlegroep	16
Sterke leerlingen in experimentele groep	13
Zwakke leerlingen in experimentele groep	13

tabel 7: Groepsindeling

De *average normalized gain* van de sterke leerlingen van de experimentele groep is $\langle g \rangle = 0,34$. De *average normalized gain* van de zwakke leerlingen uit deze klas is $\langle g \rangle = 0,39$. De groep met zwakke leerlingen behaalden dus een hogere *average normalized gain* de sterkere leerlingen.

Deze gegevens kunnen ook vergeleken worden met de gegevens van controlegroep, waarin Peer Instruction niet is uitgevoerd. De *average normalized gain* van de sterke leerlingen van controlegroep is $\langle g \rangle = 0,25$. De *average normalized gain* van de zwakke leerlingen uit deze klas is $\langle g \rangle = 0,39$.

Om te bekijken of de bovenstaande bevindingen ook gelden voor probleemoplossende vraagstukken, zijn de proefwerk cijfers van de verschillende groepen vergelijken met de bijbehorende jaargemiddelde tot dit proefwerk. De gemiddelde scores zijn weergegeven in tabel 8. Allereerst zijn de zwakke leerlingen uit de experimentele groep vergeleken met de zwakke leerlingen uit de controlegroep. Het resultaat van de independent t-test over de verschillen tussen het jaargemiddelde en de behaalde proefwerk cijfers staan in tabel 9. Als er gekeken wordt naar het verschil tussen de proefwerk cijfers ten opzichte van het jaargemiddelde dan is er geen significant verschil in score tussen de zwakke leerlingen uit de experimentele groep en de controlegroep. De sterke leerlingen uit de experimentele groep en de controlegroep zijn ook met elkaar vergeleken door te kijken naar het verschil tussen de proefwerk cijfers en de jaargemiddelden. Uit tabel 9 is te zien dat er opnieuw geen significant verschil is tussen de beide groepen.

			Gemiddelde	N	Std. Afwijking
Experimentele groep	Zwakke lln.	Jaargemiddelde	6,0	12	0,54
		Proefwerkcijfer	6,3	12	0,94
	Sterke lln.	Jaargemiddelde	7,5	13	0,46
		proefwerkcijfer	7,6	13	0,91
Controlegroep	Zwakke lln.	Jaargemiddelde	6,1	16	0,50
		Proefwerkcijfer	6,7	16	0,98
	Sterke lln.	jaargemiddelde	7,6	10	0,61
		Proefwerkcijfer	7,9	10	0,75

tabel 8: jaargemiddelden en proefwerkcijfers

		t	df	P
Verschil tussen proefwerkcijfers en jaargemiddelden	Vergelijking tussen sterke leerlingen uit experimentele groep en controlegroep	0,56	21	0,58
	Vergelijking tussen zwakke leerlingen uit experimentele groep en controlegroep	1,43	27	0,17

tabel 9: Vergelijking tussen sterke en zwakke leerlingen

5.5.1 SAMENVATTING

Uit dit onderzoek kan niet geconcludeerd worden dat zwakke leerlingen meer profijt zouden hebben van Peer Instruction dan sterke leerlingen, kijkend naar de prestaties op zowel conceptuele vraagstukken als probleemoplossende vraagstukken.

6 CONCLUSIE

Gedurende dit onderzoek heeft een klas les gekregen, waarbij Peer Instruction is toegepast. In de andere klas werd Peer Instruction niet toegepast. Dit is gedaan om te bepalen of de toepassing van Peer Instruction leidt tot betere resultaten. Uit dit onderzoek zijn de volgende conclusies te trekken:

1. De normalized average gain voor conceptuele vraagstukken was in de experimentele groep 0,40. De *average normalized gain* zou volgens Mazur tussen de 0,36 en 0,68 moeten liggen als er lesgegeven wordt op een interactieve manier. Bij de controlegroep was de normalized average gain 0,33. Het onderzoek zou in meer klassen uitgevoerd moeten worden om te bepalen of het verschil significant is.
2. Zowel de leerlingen uit de experimentele groep als de leerlingen uit de controlegroep scoorden hoger op probleemoplossende vraagstukken dan gemiddeld, maar er is geen significant verschil tussen de beide groepen.
3. De toepassing van Peer Instruction zorgt voor meer betrokkenheid op de momenten waarop conceptTests worden toegepast, maar niet gedurende de hele les.
4. Interactief gegeven lessen worden niet significant leuker gevonden als Peer Instruction wordt toegepast, in vergelijking met interactief gegeven lessen waarbij Peer Instruction niet wordt toegepast. Wel is zo dat de toepassing van Peer Instruction ervoor zorgt dat er meer leerlingen zijn die de vragen die bij de proeven horen, beschouwen als een van de leukste elementen van de les. De leerlingen uit de focusgroep vonden Peer Instruction leuk, maar ze verwachten dat het niet leuk zou zijn als Peer Instruction altijd toegepast zou worden.
5. Uit dit onderzoek kan niet geconcludeerd worden dat zwakke leerlingen meer profijt zouden hebben van Peer Instruction dan sterke leerlingen, kijkend naar de prestaties op zowel conceptuele vraagstukken als probleemoplossende vraagstukken.

7 DISCUSSIE

Uit het onderzoek blijkt dat er nauwelijks verschil is tussen de experimentele groep en de controlegroep. Er zijn hierbij enkele factoren die ervoor hebben gezorgd dat de resultaten van deze klassen dicht bij elkaar lagen. Allereerst bleken de leerlingen voorkennis over het onderwerp te hebben gehad waar geen rekening mee is gehouden. Hierdoor is een aantal vragen uit de pre- en posttest te makkelijk geworden en bleken sommige conceptTests ook te makkelijk te zijn, waardoor een groot gedeelte van de groep tijdens de eerste ronde al het goede antwoord wist. Doordat de sommigen vragen vrijwel door iedereen goed beantwoord werden beantwoord, is de average normalized gain ook minder betrouwbaar, aangezien er minder vragen uit de test overbleven waarop leerlingen konden laten zien dat ze voortgang hebben geboekt.

Het verschil tussen de manier waarop er aan de klassen is lesgegeven bleek ook dusdanig klein te zijn dat er vaak geen significant verschil was in de resultaten. Het verschil zou groter gemaakt kunnen worden door de demonstratieproeven en conceptTests in zijn geheel achterwege te laten bij de controlegroep. Een bijkomend gevolg is dan wel dat het onderzoek dan meer gaat over het effect van wel of niet lesgeven op een interactieve manier, dan over het effect van het "Peer" element uit Peer Instruction.

8 AANBEVELINGEN

Dit hoofdstuk bevat aanbevelingen voor docenten en voor vervolgonderzoek

8.1 AANBEVELINGEN VOOR DOCENTEN

De kwaliteit van de conceptTests zijn belangrijk voor het slagen van de toepassing van Peer Instruction tijdens de lessen. Het is dan ook verstandig om Peer Instruction allereerst toe te passen op lessen die gaan over onderwerpen waarbij het relatief eenvoudig is om conceptTest bij te ontwikkelen. Verder is het aankaarten van misconcepties bij Peer Instruction van groot belang. Kijk eerst of er genoeg documentatie te vinden is over de misconcepties bij een bepaald onderwerp. De conceptTests geven inzicht in de mate waarin misconcepties nog aanwezig zijn bij de leerlingen. Het is dus aan te bevelen om de scores op de conceptTests te registreren en te analyseren, zodat er voor de volgende keer wijzingen doorgevoerd kunnen worden, waardoor het effect van Peer Instruction nog groter wordt. Leerlingen vonden Peer Instruction leuk, met name omdat het anders was dan een reguliere les. De vraag is of leerlingen het nog steeds leuk blijven vinden als Peer Instruction gedurende het hele jaar wordt toegepast. Pas het, in eerste instantie, gedurende een korte periode toe. Later kan dan bekeken worden of het wenselijk is om Peer Instruction breder in te zetten. Het stemmen is tijdens dit onderzoek gedaan met behulp van gekleurde kaartjes, waarvan elk kaartje bij een te geven antwoord hoorde. Het gebruik van stemkastjes zorgt ervoor dat leerlingen elkaars antwoorden niet kunnen zien. Hierdoor wordt voorkomen dat leerlingen eerst om zich heen gaan kijken wat anderen stemmen, voordat zij zelf stemmen.

8.2 AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEKERS

Op enkele vragen uit de pretest wisten bijna alle leerlingen het goede antwoord. Het is dan ook aan te bevelen om goed te onderzoeken wat de veronderstelde voorkennis is, voordat er begonnen wordt met het geven van een lessenserie. Het is daarbij van belang om niet alleen te kijken naar de behandelde stof binnen het desbetreffende vak, maar het is ook van belang om te kijken of leerlingen bepaalde onderwerpen hebben gehad tijdens andere vakken. Tijdens dit onderzoek hebben leerlingen hun antwoorden op de conceptTest ook opgeschreven op formulieren, bovendien hebben leerlingen vragenlijsten ingevuld. Tijdens de analyse van de ingevulde formulieren bleek, dat leerlingen niet altijd een correcte naam hebben ingevuld op de formulieren. Zo was er een formulier die ingevuld was onder de naam "Bassie", terwijl een ander formulier ingevuld was onder de naam "Adriaan". Het is dan ook aan te bevelen om, voorafgaand aan het onderzoek, lijsten met de namen van leerlingen op te vragen en de namen alvast op de formulieren te zetten.

8.3 AANBEVELINGEN VOOR VERVOLGONDERZOEK

Dit onderzoek zou uitgevoerd moeten worden meer klassen en scholen om te bepalen of verschillen die gevonden zijn tussen de controlegroep en de experimentele groep daadwerkelijk toe te schrijven zijn aan de toepassing van Peer Instruction. Verder zouden de pretests en posttest meer opleveren als de gestelde vragen beter zouden aansluiten op de voorkennis die de leerlingen hadden. Ook het gebruik van een aparte pre- en posttest die speciaal gemaakt is voor het bepalen van de normalized average gain op kwantitatieve vraagstukken is beter dan het gebruik van behaalde proefwerkcijfers.

- Adams, W. K., Reid, S., Lemaster, R., McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., & Wieman, C. E. (2008). A study of educational simulations Part 1 - Engagement and learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 19(3), 397-419.
- PhET (2010). Gas Properties Retrieved 09-06-2010, from <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970. doi: 10.1119/1.1374249
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043-1055.
- Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based Instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59(10), 891-897.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: a user's manual*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, Inc.

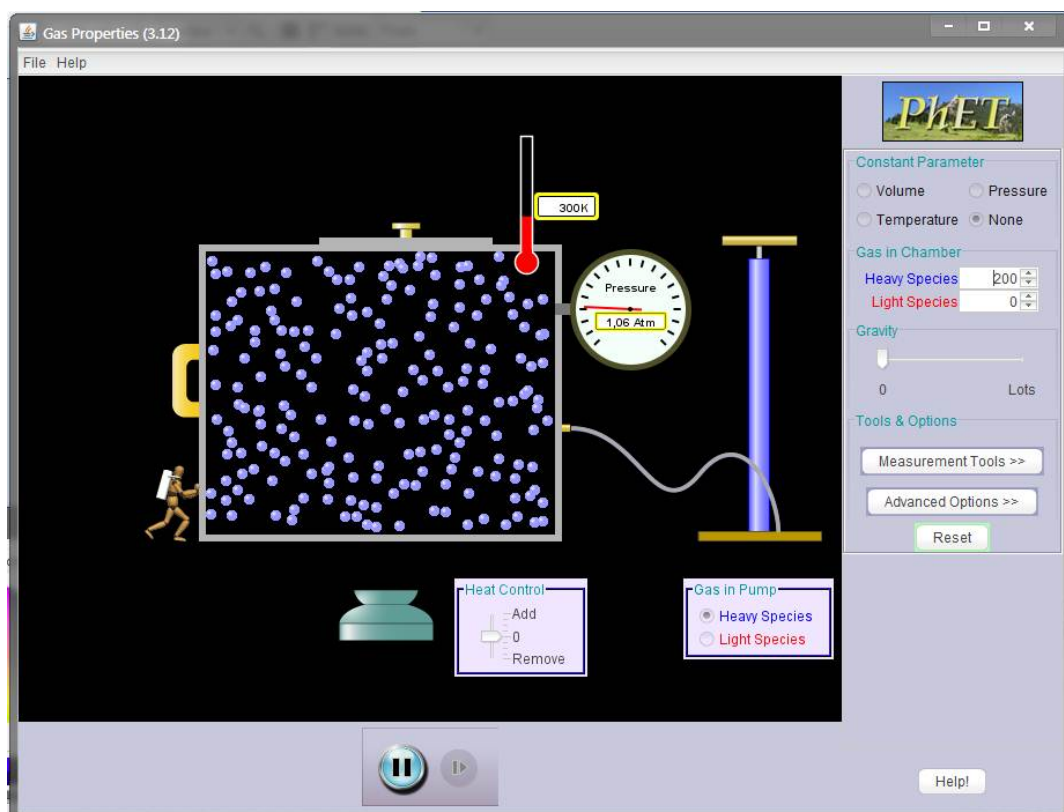
BIJLAGE A: CONCEPTTESTS

In deze bijlage worden per ConcepTest de bijbehorende antwoorden en scores gegeven. Tevens worden er schermafdrukken gegeven van de desbetreffende PowerPoint sheets en de gebruikte applets. De genoemde scores zijn de scores die behaald zijn door de klas waarin Peer Instruction is toegepast. In sommige gevallen is er door de leerlingen geen antwoord gegeven tijdens de tweede ronde, terwijl dat wel de bedoeling was. In dat geval is de aanname gedaan dat de leerling van mening is dat zijn/haar antwoord op de eerste ronde, de juiste is, zodat dit antwoord ook het antwoord tijdens de tweede ronde was.

CONCEPTTEST 1

De druk in een afgesloten ruimte is 1,0 bar als er 200 deeltjes in deze ruimte zitten. Wat zou de druk zijn als er 400 deeltjes in deze ruimte zouden zitten?

- A. 1 bar
- B. 0,5 bar
- C. 2 bar
- D. het aantal deeltjes in de kamer heeft geen invloed op de druk in de kamer



Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 24

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 0

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: nvt

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: nvt

CONCEPTEST 2

We willen de druk van het gas verhogen. Wat moet er gebeuren?

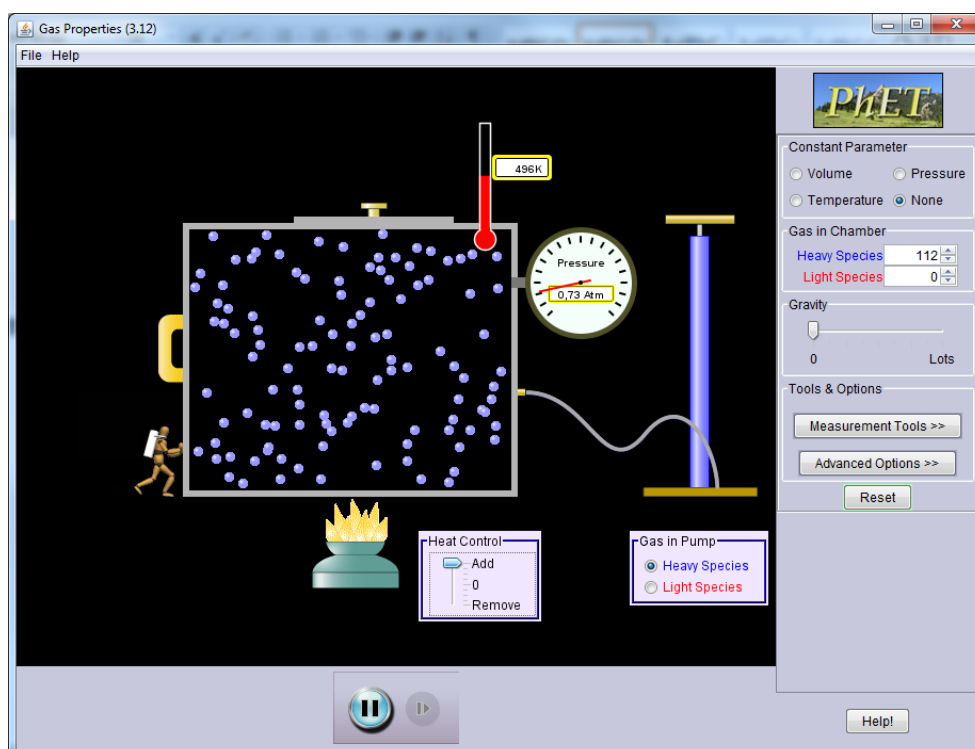
- A. Het gas moet verwarmd worden
- B. Het gas moet afgekoeld worden
- C. Het verwarmen of afkoelen van het gas heeft geen invloed op de druk, dus er moet iets anders gedaan worden

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 24

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 0

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: nvt

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: nvt



CONCEPTEST 3

Het ei wordt op de hals gelegd. Voorspel wat er gebeurt.

- A. Het ei schiet weg
- B. Het ei wordt naar binnen gezogen
- C. Het ei begint te stuiteren op de hals
- D. Er gebeurt niets

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 8

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 17

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: 13

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: 12

CONCEPTEST 4

Wat gebeurt er als het blikje op de kop in koud water wordt gedompeld?

- A. Het water wordt uit de bak geblazen
- B. Het blikje explodeert waarbij de opening van het blikje openscheurt
- C. Het blikje implodeert (tegenovergestelde van exploderen)
- D. Niets bijzonders. Het blikje koelt alleen af.

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 20

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 5

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: 20

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: 5

CONCEPTEST 5

Wat moet er gebeuren om de druk te verhogen?

- A. Het volume moet groter worden
- B. Het volume moet kleiner worden
- C. Het volume heeft geen invloed op de druk

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 25

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 0

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: nvt

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: nvt

CONCEPTEST 6

We willen dat de druk in de afgesloten ruimte constant blijft.
De temperatuur wordt verhoogd. Wat moet er gebeuren?

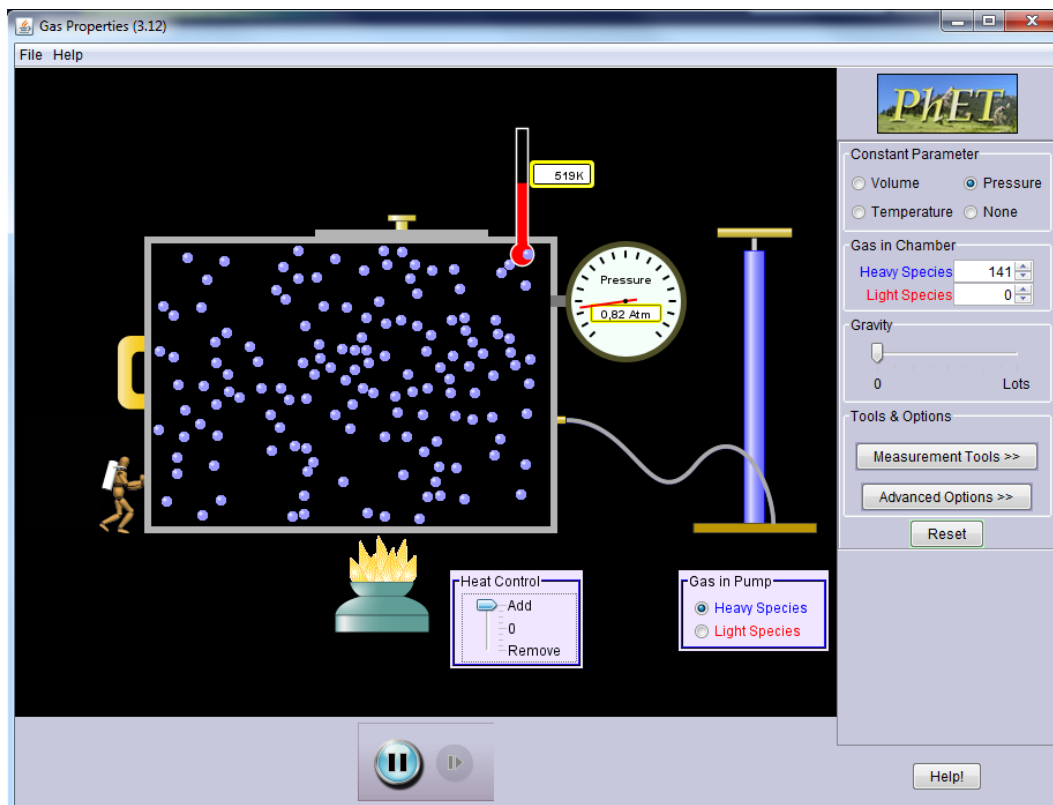
- A. Het volume moet constant blijven
- B. Het volume moet groter worden
- C. Het volume moet kleiner worden

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 24

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 0

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: nvt

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: nvt



CONCEPTEST 7

Wat moet je doen om de temperatuur constant te houden als je het volume kleiner maakt?

- A. Het gas verwarmen
- B. Het gas afkoelen
- C. Gasdeeltjes toevoegen
- D. Geen van de bovenstaande antwoorden

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 12

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 12

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: 15

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: 9

CONCEPTTEST 8

Wat gebeurt er met de zuigers K en L

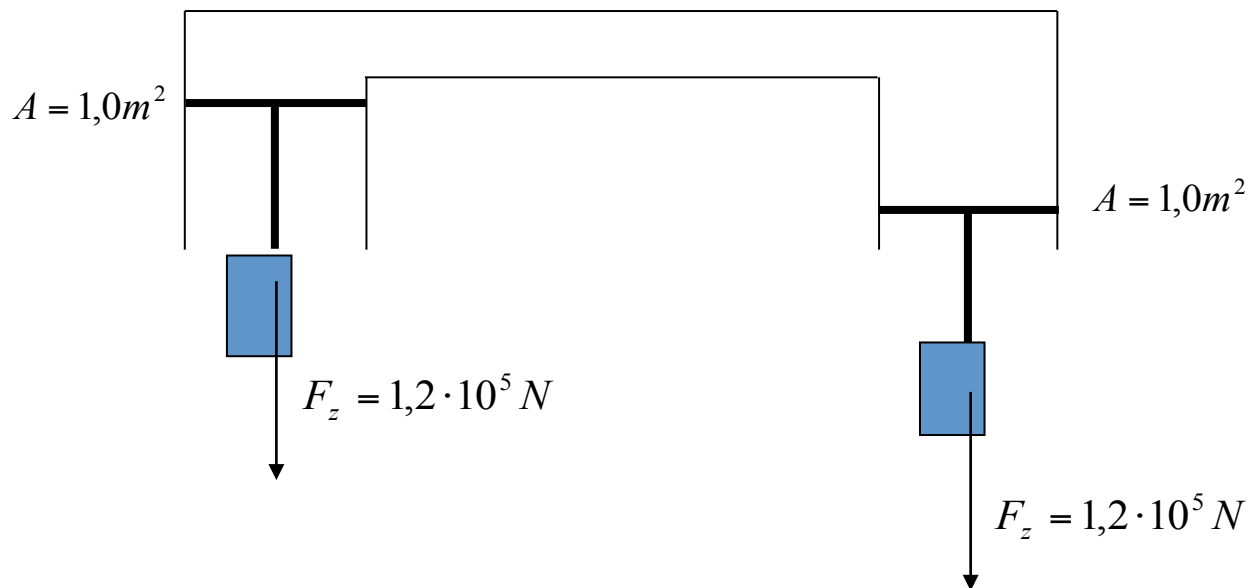
- A. L zakt naar beneden, K stijgt omhoog
- B. L stijgt sneller dan K
- C. L zakt sneller naar beneden dan K
- D. K en L zakken even snel naar beneden

Aantal correcte antwoorden na eerste ronde: 13

Aantal incorrecte antwoorden na eerste ronde: 9

Aantal correcte antwoorden na tweede ronde: 11

Aantal incorrecte antwoorden na tweede ronde: 11



BIJLAGE B1: PRE- EN POSTTEST

Naam:

Omcirkel het juiste antwoord. Er is altijd maar één antwoord juist.

Vraag 1) De temperatuur van een gas is -73 graden Celsius. Het gas wordt verwarmd, waardoor de temperatuur twee keer zo hoog wordt. Wat is de nieuwe temperatuur van het gas?

- A) 127 graden Celsius
- B) 146 graden Celsius
- C) -146 graden Celsius
- D) -127 graden Celsius

Vraag 2) Een gas wordt verwarmd. Hieronder staan twee stellingen:

P: Moleculen zetten uit.

Q: De moleculen bewegen sneller

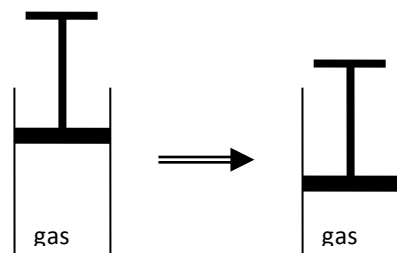
Welke stelling(en) is/zijn juist?

- A) alleen stelling P is juist
- B) alleen stelling Q is juist
- C) Stelling P en stelling Q zijn juist
- D) Stelling P en stelling Q zijn onjuist.

Vraag 3) In een cilinder wordt een gas samengeperst.

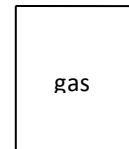
Wat is het gevolg?

- A) De druk wordt hoger
- B) De druk wordt lager
- C) de druk blijft constant



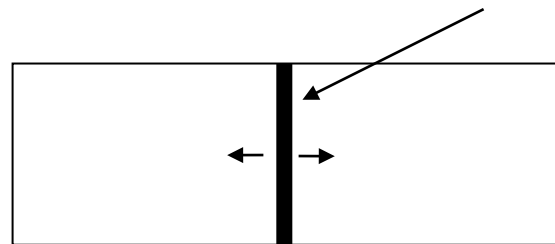
Vraag 4) Een afgesloten hoeveelheid gas wordt verwarmd. Wat is het gevolg?

- A) wordt de druk van het gas groter
- B) wordt de druk van het gas kleiner
- C) De druk verandert niet



Vraag 5) In een afgesloten ruimte bevindt zich een gas dat gescheiden wordt door een zuiger die vrij kan bewegen. De rechter kant wordt verwarmd. Wat gebeurt er met de zuiger?

- A) die beweegt naar links
- B) die beweegt naar rechts
- C) die blijft staan



Vraag 6) Een helium ballon met weerkundige meetapparatuur heeft op grondniveau een volume van $2,0 \text{ m}^3$. De ballon moet de meetapparatuur vervoeren tot een hoogte waarop de druk 25 % is van de druk op grondniveau. Bereken het nieuwe volume waar de ontwerper rekening mee moet houden, gebaseerd op deze gegevens.

- A) Het nieuwe volume is $2,0 \text{ m}^3$
- B) Het nieuwe volume is $0,5 \text{ m}^3$
- C) Het nieuwe volume is $4,0 \text{ m}^3$
- D) Het nieuwe volume is $8,0 \text{ m}^3$

Vraag 7) Een diepvrieskast is afgesloten met een deur met een magnetische sluiting. Iemand opent de deur om iets uit de vrieskast te halen. De temperatuur van de lucht in de kast stijgt hierdoor. Wanneer men vervolgens de kastdeur sluit, daalt de temperatuur in de kast weer. Waarom is het vrij moeilijk om de deur even later weer te openen?

- A) Door het openen van de deur heeft zich een hogere druk ontwikkeld in de koelkast.
- B) De kracht gaat altijd van warm naar koud
- C) Doordat de lucht in de vriezer afkoelt, daalt de druk in de vriezer

Vraag 8) Eenzelfde hoeveelheid heliumgas bevindt zich in verschillende cilinders P t/m S. Dit zijn de gegevens van de gassen in de cilinders:

Cilinder	Volume (L)	Temperatuur (K)
P	2	600
Q	3	200
R	2	300
S	3	300

Rangschik de druk in de cilinders van de hoog naar laag. Kies daarbij uit een van de volgende antwoorden:

- A) Q – R – S – P
- B) P – R – Q – S
- C) P – S – R – Q
- D) P – R – S – Q

9) Op de maan staat een tafel. Aan de onderkant van het tafelblad wordt een zuignap aangebracht. Wanneer blijft deze zuignap plakken?

- A) Altijd
- B) Nooit
- C) Alleen als de holte tussen het tafelblad en de zuignap gevuld is met lucht.

BIJLAGE B2: VRAGENLIJST

Naam:

Klas:

1= helemaal mee oneens

4= niet mee eens/niet mee oneens

7 = helemaal mee eens

1) Ik heb het gevoel dat ik de lesstof beheers

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

2) Ik heb tijdens de lessen goed mijn best gedaan

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

3) Ik heb goed nagedacht over de vragen die tijdens de uitleg door de docent gesteld werden

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

4) Ik had genoeg tijd om na te denken over de vragen die tijdens de les door de docent gesteld werden.

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

5) Ik vond het leuk om na te denken over de vragen die tijdens de uitleg gesteld zijn

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

6) Tijdens de les heb ik de beschikbare tijd gebruikt om huiswerkopgaven te maken

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

7) Ik had het huiswerk (thuis) afgemaakt

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

8) De lessen waren leuk

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

8) Wat vond je het leukste aan de lessen?

9) Wat vond je het minst leuke aan de lessen?

10) Overige opmerkingen:

BIJLAGE B3: ANTWOORDFORMULIER

Naam:

Klas:

Vraag	Antwoord na individuele ronde (A-D)	Antwoord na overlegronde (A-D)
1		