

VIDEOMETEN: BEGRIJPELIJKER?

Onderzoek naar de effecten van
videometen in vergelijking met
experimenteren met de hand

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Samenvatting.....	3
Inleiding	4
Verwachtingen.....	6
Onderzochte misconcepten	9
Opzet van het onderzoek.....	10
Beoordeling van de vragenlijsten.....	15
Resultaten.....	18
Discussie en aanbevelingen	28
Literatuur.....	29
Bijlage A: Pretestvragen.....	30
Bijlage B: Posttestvragen na handmatig meten.....	33
Bijlage C: Posttoetsvragen na videometen.....	35
Bijlage D: resultaten van de toetsvragen.....	36
Bijlage E: Opdrachtenblad “snelheid-plaats-verwarring experiment”	37

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van mijn onderzoek van onderwijs. Met dit onderzoek rond ik mijn opleiding tot eerstegraads natuurkundedocent af. Het wordt nu wel mijn onderzoek genoemd, maar ik heb het niet alleen gedaan. Daarom wil ik hier van de gelegenheid gebruik maken om de mensen bedanken die mij geholpen hebben om zo ver te komen. Er zijn er velen geweest, maar de volgende personen wil ik graag expliciet benoemen.

Ten eerste de personen die meestal het meest onderbelicht zijn. Namelijk de TOA's. Naast hun algemene hulp wil ik Wilfried extra bedanken voor de hulp met het ontwerpen van de experimenten. Daarnaast wil ik Jan van der Veen bedanken voor zijn hulp en motiverende werking. Vooral dat hij ook de tijd nam om mij in het weekend of in de vakantie van commentaar te voorzien. Tenslotte wil ik het Baudartius College bedanken dat deze school mij de kans gegeven heeft om dit onderzoek uit te voeren.

Remko Rankenberg

Samenvatting

Bij natuurkundeonderwijs hoort ook experimenteren. Niet alleen om de leerlingen om te leren gaan met meetapparatuur. Maar ook om een betere begripsvorming te krijgen door de leerlingen te laten zien hoe het echt gaat. Met de nieuwe ICT is het tegenwoordig ook mogelijk een experiment op te nemen en dan met behulp van een speciaal computerprogramma aan deze video te meten. Dit wordt videometen genoemd.

In dit onderzoek wordt de begripsvorming vergeleken tussen met experimenten met videometen en op de klassieke manier. Die klassieke manier wordt meten met de hand genoemd.

Na het doornemen van al bestaande literatuur is de verwachting uitgesproken dat videometen net zo goed is voor de begripsvorming als meten met de hand. Deze hypothese is getest op een groep VWO 4 leerlingen. Bij hen werd eerst een test afgenomen. Een gedeelte heeft daarna het experiment uitgevoerd met de hand en een ander gedeelte heeft het experiment met videometen uitgevoerd. Daarna is er weer een test afgenomen.

De uitkomst van dit onderzoek is dat videometen zorgt voor een betere begripsvorming. Er is een verbetering van 21 procentpunt gemeten. Deze verbetering is beter dan de verbetering gemeten na het met de hand uitvoeren van een experiment.

Niet alle uitkomsten zijn statistisch significant. Daarom zou het onderzoek met meer leerlingen uitgevoerd moeten worden om wel harde statistische uitspraken te kunnen doen. Ook is dit onderzoek uitgevoerd met een experiment uit de dynamica. De vraag is of de begripsvorming bij experimenten buiten de dynamica met videometen ook goed is. Dit moet ook door verder onderzoek gemeten gaan worden.

Inleiding

Een zinvol onderdeel van het natuurkundeonderwijs is experimenteren. Niet alleen leren leerlingen hoe ze met meetapparatuur om moeten gaan, maar leerling die gemiddelde cijfers halen, halen hogere cijfers als ze ook experimenten doen [12].

Een steeds meer opkomende vorm van experimenteren is experimenteren met behulp van zogenaamde videometingen. Dit zijn experimenten waarbij van een beweging een video gemaakt wordt. Via een computerprogramma, in het voortgezet onderwijs IPCoach, wordt met behulp van de video de plaats en de tijd gemeten [<http://www.cma.science.uva.nl/>].

Het meeste onderzoek dat specifiek gedaan is naar videometen is gericht op de begripsvorming bij het maken van grafieken bij dynamica onderwerpen. Hierbij worden vooral positieve resultaten gezien [1], [2], [3], [4], [9]. Er zijn echter ook onderzoeken die dit gedeeltelijk tegenspreken [5], [6].

Daarnaast worden in verschillende onderzoeken naar videometen ook andere positieve effecten gemeten. Deze zijn:

Videometen is voor de leerlingen makkelijk, snel en breed inzetbaar. De leerling hoeft namelijk niet meer een opstelling op te bouwen en van alle apparatuur te leren hoe het werkt [8]. Het is wel zo dat de leerling moet leren omgaan met de software voor videometen. Dit effect zorgt er ook voor dat de leerling niet afgeleid wordt door randzaken en zich alleen op het fenomeen dat onderzocht wordt kan concentreren.

Als er een videoclip gemaakt is voor het videometen, dan is er geen experimentele opstelling meer nodig. Op deze manier kan tijd en geld bespaard worden. Daarnaast kunnen gevaarlijke experimenten zo wel uitgevoerd worden. Ook kan er aan de wereld buiten de school gemeten worden [8].

Een ander praktisch punt is dat de leerling met videometen niet meer gebonden is aan een practicumzaal en ook in eigen tijd bezig kan zijn met het experiment [9].

Er worden minder meetfouten gemaakt. Dit komt omdat de leerling alleen een punt moet aanklikken in plaats van veel data opschrijven, met bijbehorende schrijffouten. Bovendien is de aandacht van de leerling dan bij het experiment in plaats van bij het noteren van de meetgegevens [8].

Een voordeel dat hiermee samenhangt is dat leerlingen meer samenwerken tijdens het experiment, er meer meetgegevens zijn en meer discussiëren over het experiment [7].

Ook biedt videometen de mogelijkheid om punten die niet zichtbaar zijn op de video te berekenen en de beweging van deze punten weer te geven [8]. Ook kan dezelfde video gebruikt worden om verschillende metingen te doen. Dit stimuleert de leerling om hetzelfde fenomeen uit verschillende invalshoeken te bekijken. Ook hoeft hij niet meer van tevoren te beslissen wat hij precies wil meten [9].

Een ander belangrijk punt is dat videometen een enthousiasmerende werking heeft.

Leerlingen kunnen namelijk met videometen betekenisvol onderzoek doen [9], [10], [11]. Betekenisvol onderzoek wordt gezien als een noodzakelijk onderdeel om bètaonderwijs te verbeteren [11]. Daarbij kan gedacht worden aan onderzoek dat aansluit bij onderzoek dat verricht wordt door echte wetenschappers. Een voorbeeld hiervan is onderzoek naar lopen [9].

Een nadeel dat niet in de literatuur benoemd wordt, is dat met videomaten experimentele vaardigheden zoals het omgaan met meetapparatuur niet geoefend wordt.

Daarnaast is het de vraag of videomaten ook zorgt voor een betere begripsvorming van natuurkundige fenomenen bij de leerling. Onderzoek aan natuurkundeonderwijs bij Amerikaanse universiteiten laat zien dat er geen significant verschil is [6], [13].

De vraag is of dit onderzoek vertaald kan worden naar de Nederlandse lessituatie in het voortgezet onderwijs. Daarvoor is er onderzoek gedaan waarbij de verbetering van begripvorming na videomaten en na een experiment met de hand vergeleken is.

Ook is gekeken of er een toegevoegde waarde is als videomaten wordt gecombineerd met een experiment met de hand.

Verwachtingen

Dit onderzoek gaat over de verbetering van begripsvorming door videometen. Daarbij is met name de vergelijking met een klassiek experiment interessant.

Bij onderzoek naar de verbetering van begripsvorming door middel van een klassiek experiment is gemeten dat experimenteren alleen voor gemiddelde leerlingen zorgt voor een verbetering van de begripsvorming [12]. De verwachting is dat dit ook het geval is bij videometen. Hier is echter geen literatuur over gevonden.

In de literatuur worden wel andere effecten beschreven wat betreft de overstap van experimenteren met de hand of met videometen. Ten eerste is er bij Amerikaanse universiteitsstudenten geen significant verschil gemeten in begripsvorming tussen studenten die doen aan videometen en studenten die met de hand experimenteren [6], [13].

Aan de andere kant wordt er in de literatuur ook een enthousiasmerende werking van videometen gerapporteerd.

Bovendien wordt er voor het dynamicaonderwijs door sommige onderzoeken wel een verbetering van de begripsvorming gerapporteerd [1], [2], [3], [4], [9], hetgeen echter door andere onderzoeken gedeeltelijk tegengesproken wordt [5], [6].

Als de bovenstaande gemeten effecten uit de literatuur gecombineerd worden, dan is de verwachting dat gemiddelde leerlingen baat hebben bij experimenten. Daarnaast wordt er verwacht dat de begripsvorming na experimenten die met videometen uitgevoerd zijn even goed is als de begripsvorming na experimenten die met de hand uitgevoerd zijn. Dit is de hypothese van dit onderzoek.

Daarbij wordt dan wel de aanname gemaakt dat Nederlandse leerlingen in het VWO vergelijkbaar zijn met Amerikaanse studenten waar in de literatuur onderzoek naar gedaan is. Namelijk naar studenten die net op de universiteit zijn en een inleidende cursus in de natuurkunde volgen.

Om de aanname dat de groepen leerlingen vergelijkbaar zijn te toetsen is de vergelijking gemaakt tussen de onderwerpen die in [Arons] behandeld worden naar aanleiding van zijn onderzoeken naar Amerikaanse universiteitsstudenten en het Nederlandse natuurkundecurriculum in de bovenbouw van het VWO.

Om dit verder te toetsen is een overzicht gemaakt in de stof die een Vwo-leerling krijgt en de onderwerpen die in Arons behandeld worden. Daarbij is Tabel 1 gemaakt. In deze tabel staat in de linkerkolom de onderwerpen van het natuurkunde onderwijs voor het VWO zoals vastgesteld door het CEVO [14]. In de rechterkolom is door ja of nee aangegeven of dit ook in Arons behandeld wordt. Deze tabel laat zien dat de onderwerpen ruwweg hetzelfde zijn.

VWO curriculum	Arons
Vaardigheden:	
Taalvaardigheden	nee
Reken-/wiskundige vaardigheden	ja
Informatievaardigheden	ja
Technisch-instrumentele vaardigheden	nee
Ontwerpvaardigheden	nee
Onderzoeksvaardigheden	ja
Maatschappij, studie en beroep	nee
Elektriciteit en magnetisme:	
Elektrische stroom	ja
Signaalverwerking	nee
Elektromagnetisme	ja
Inductie en wisselstromen	nee
Mechanica:	
Rechtlijnige beweging	ja
Kracht en moment	ja
Arbeid en energie	ja
Kromlijnige bewegingen	ja
Warmteleer:	
Gas en vloeistof	ja
Thermische processen	ja
Golven en straling:	
Trilling en golf	ja
Licht	ja
Elektromagnetisch spectrum	nee
Radioactiviteit	ja

Tabel 1 overeenkomst in natuurkundeonderwijs

Bij het vergelijken van het natuurkundeonderwijs op het VWO en op Amerikaanse universiteiten moet wel in het achterhoofd gehouden worden dat het nivo op Amerikaanse universiteiten wisselend is. Bovendien worden die inleidende natuurkunde cursussen verschillend qua nivo aangeboden. Daarbij wordt het onderscheid gemaakt op grond van welke wiskunde gebruik gemaakt wordt in de cursus. Dit is algebra of differentiaalrekenen. Bij natuurkunde op het VWO wordt gebruik gemaakt van algebra. Daarbij wordt een zodanige natuurkundekennis opgedaan dat er een goede basis is voor een universitaire studie in de medische of biologische richting. Voor vele van deze studenten in de natuurkunde op het VWO dan ook de laatste natuurkunde die ze krijgen. Voor de meeste studenten waarop Dale

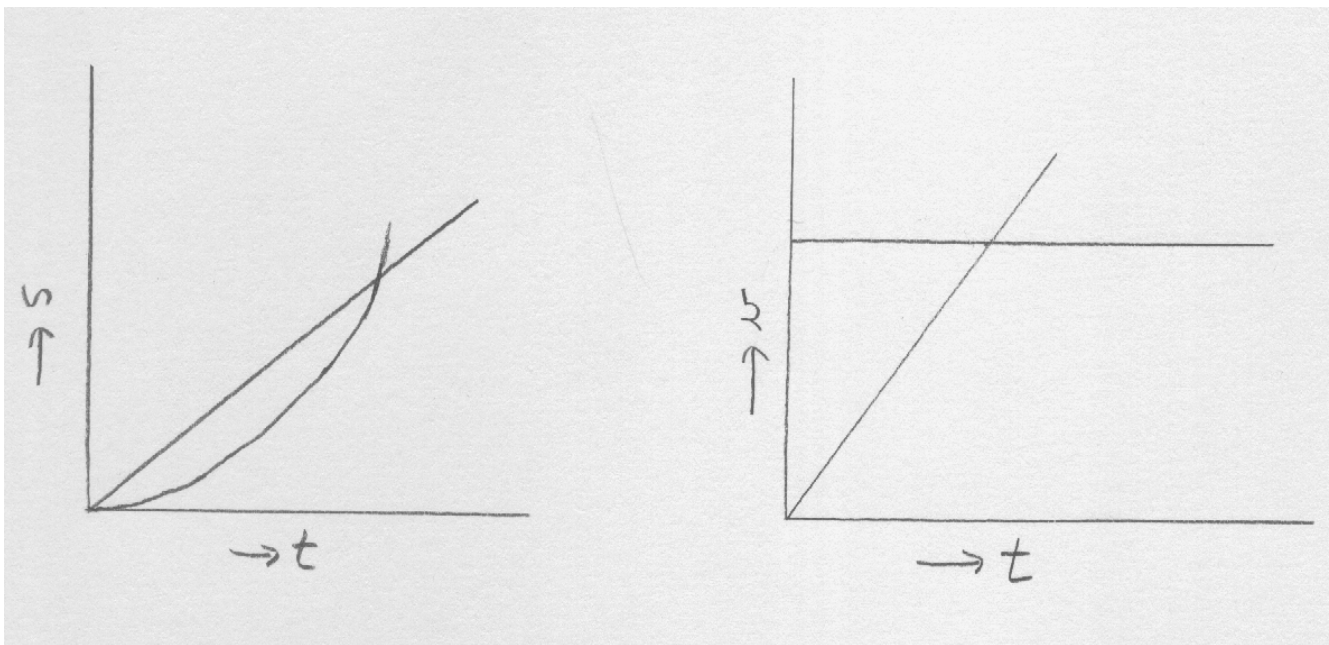
[12] onderzoek gedaan heeft, is dit ook het geval. Al krijgen zij deze natuurkundige basis in hun eerste jaar of jaren van de universiteit. Van de groep waarop Dale onderzoek gedaan heeft, was ruwweg 70 % van de studenten namelijk bezig met een “life science” studie. De studie van Dale duurde 5 jaar. In de eerste drie jaren was de basis altijd algebra en de laatste twee jaren was voor ongeveer tweederde van de studenten de basis algebra.

Op grond hiervan is geconcludeerd dat de aanname dat de Amerikaanse studenten en Nederlandse VWO leerlingen vergelijkbaar zijn een redelijke aanname is.

Onderzochte misconcepten

Om de hypothese te testen zijn een tweetal onderwerpen uitgezocht waarbij leerlingen vaak een verkeerd inzicht hebben in wat er gebeurt. Aangezien het onderzoek verricht werd in een projectweek met als thema snelheid, werd gekozen voor misconcepten die te maken hebben met rechtlijnige bewegingen. Uit Arons [15] werden twee misconcepten gekozen.

Het eerste misconception is de snelheid-plaats-verwarring. Daarbij is de verwarring niet dat de leerling niet weet wat snelheid is of wat plaats is. De verwarring treed echter op als een leerling gevraagd wordt om aan te geven wanneer twee voorwerpen, waarvan de een de andere inhaalt, een even grote snelheid hebben. Een leerling die dit misconception heeft, geeft dan als antwoord de plek waar de twee voorwerpen dezelfde positie hebben.



Figuur 1 de (s,t) en (v,t) grafieken van de snelheid-plaats-verwarring

Het tweede misconception is het zogenaamde top-van-vlucht probleem. Daarbij gaat het erom dat een voorwerp op een gegeven moment een snelheid van nul heeft, maar dat de versnelling ongelijk aan nul is. Een leerling kan de misconceptie hebben, ook omdat er gezegd wordt dat het voorwerp dat even stil staat, dat zowel de snelheid als de versnelling op dat moment nul is.

Een goed voorbeeld hiervan is een steen die omhoog gegooid wordt. Als de steen op zijn hoogste punt gekomen is, is de snelheid van de steen gelijk aan nul. De versnelling van de steen is op dat moment gelijk aan de valversnelling. Een leerling met dit misconception zal zeggen dat zowel de snelheid als de versnelling op het hoogste punt gelijk aan nul is.

Opzet van het onderzoek

Dit onderzoek is verricht op het Baudartius College te Zutphen aan VWO 4 leerlingen. In de vierde klas is er alleen een onderscheid tussen leerlingen met een natuur- en een maatschappijprofiel. Daarnaast zijn er op het Baudartius College prestatieweken. Tijdens een prestatieweek wordt er gedurende een week een project uitgevoerd met een thema.

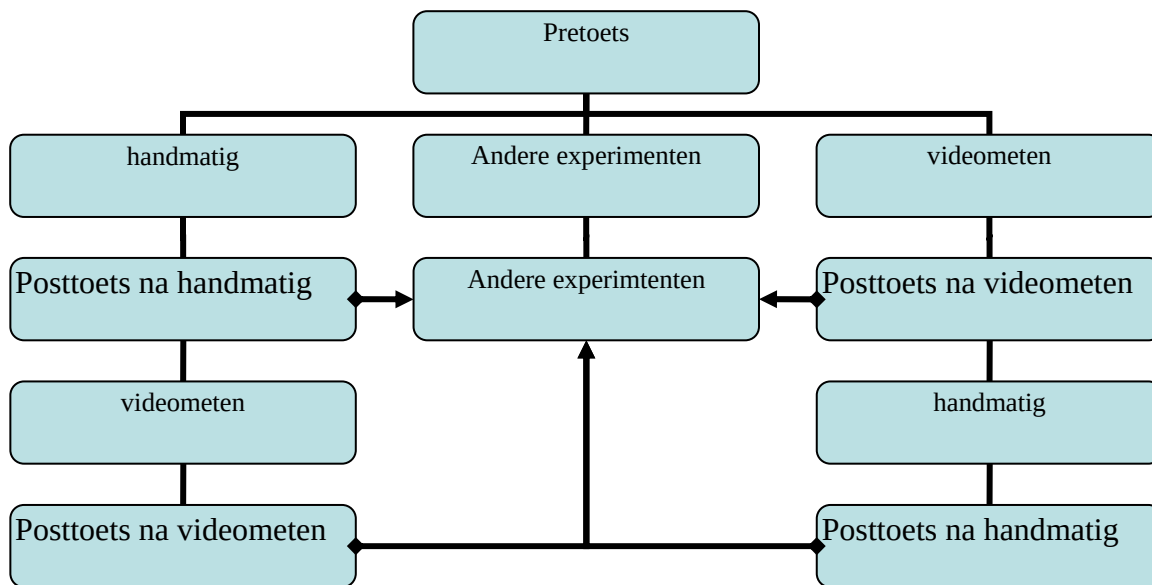
Tijdens deze prestatieweek van de natuurleerlingen VWO 4 was het thema snelheid. Gedurende de eerste twee dagen waren de leerlingen bezig met inleidende experimenten om kennis te maken met de verschillende meetapparatuur. Daarbij gaat het vooral om het kennis maken met IPCoach en videometen. De volgende drie dagen worden besteed met het uitvoeren van een zelf te verzinnen onderzoek met als thema snelheid.

Dit onderzoek is uitgevoerd tijdens de eerste twee inleidende dagen. De proeven die gebruikt zijn voor dit onderzoek behandelden begrippen die door Arons [15] als lastig bestempeld werden. De snelheids-plaats-verwarring en het top-van-vlucht probleem. Deze misconcepten zijn in het vorige hoofdstuk beschreven.

Als eerste is er een vragenlijst ingevuld door iedere leerling. Deze toets is de pretoets en de begripsvragen daarin hadden betrekking op de proeven. Daarna zijn er groepjes van drie leerlingen gemaakt. Deze indeling is gemaakt naar het gemiddelde cijfer dat gehaald is op de voorgaande natuurkundetoetsen. Hierdoor wordt voorkomen dat mindere leerlingen meeliften met de betere leerlingen. In verband met de totale beschikbaarheid van opstellingen is er gekozen om de leerlingen in groepen van drie in te delen.

Om de hypothese te testen of videometen net zo goed is voor begripvorming als het meten met de hand, hebben de leerlingen voor ieder misconcept een proef met de hand gemaakt en een proef met videometen. Dus een totaal van vier proeven. De volgorde waarin deze proeven gedaan werden werd gevarieerd. In verband met de beschikbaarheid van apparatuur heeft niet iedere groep alle proeven gedaan.

Na iedere proef werd een vragenlijst ingevuld door de leerlingen. Dit leidt tot het stroomschema zoals ook in Figuur 2 staat.



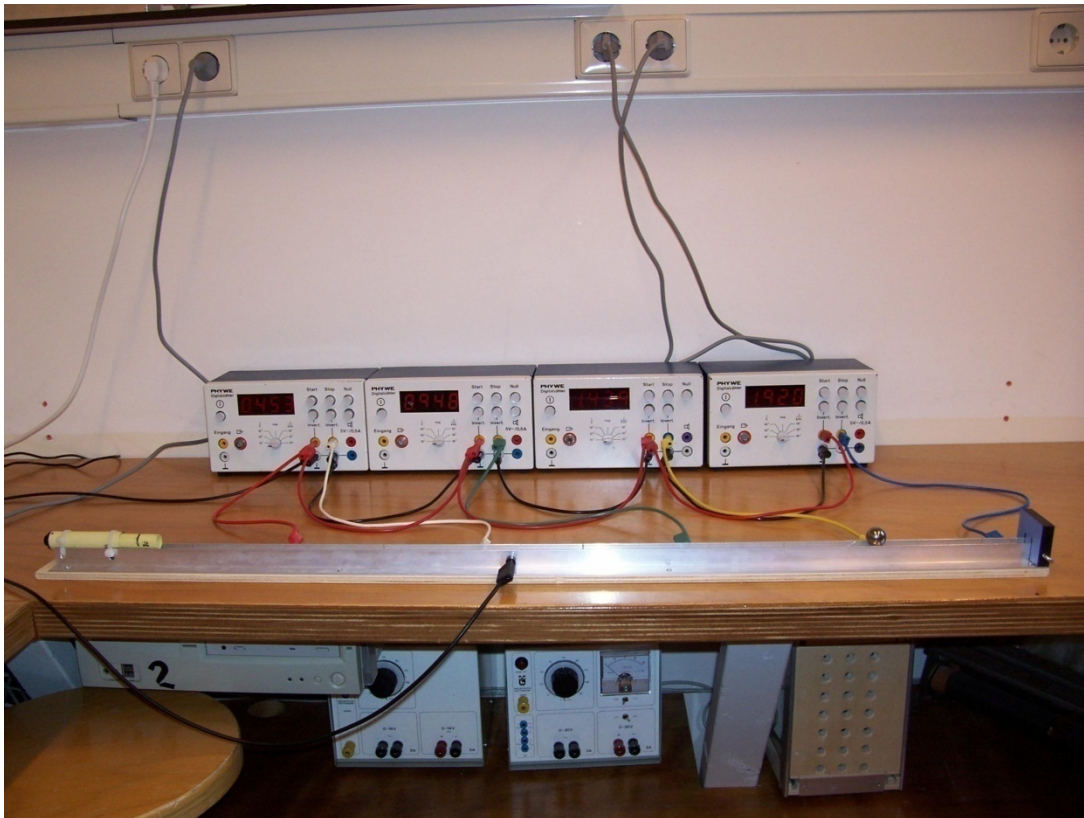
Figuur 2stroomschema van de gemaakte experimenten en toetsen

Door het vergelijken van de pretest met de verschillende testen na de proeven kan gemeten worden of er na iedere proef een verbetering in begripsvorming is. Bovendien kan zo ook worden gemeten of videometen net zo goed is voor de begripsvorming als handmatig meten. Ook kan bekeken worden of het meerwaarde geeft om beide versies van een experiment uit te voeren.

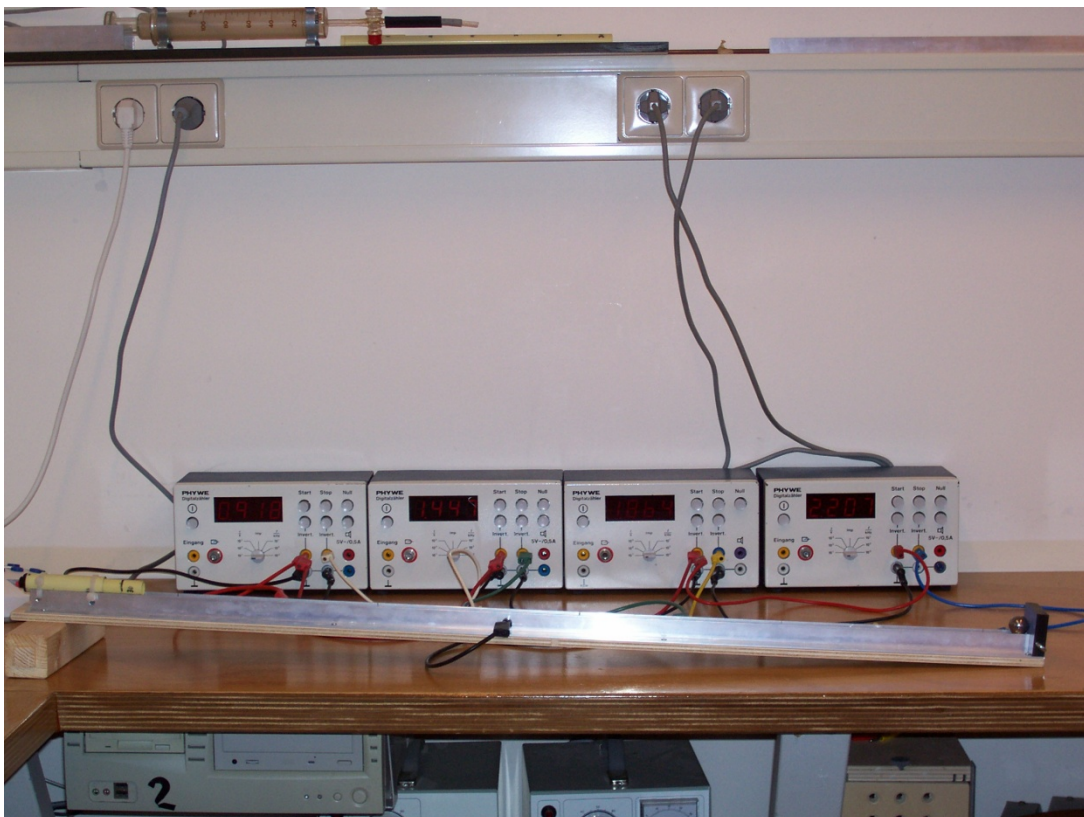
Het stroomschema van Figuur 2 is voor een misconception met bijbehorend experiment met de hand en met videometen. Er is echter voor twee misconcepten een proef met de hand en met videometen gemaakt. Dit betekent dat er in totaal vier proeven zijn.

Voor beide al eerder beschreven misconcepten zijn proeven ontworpen.

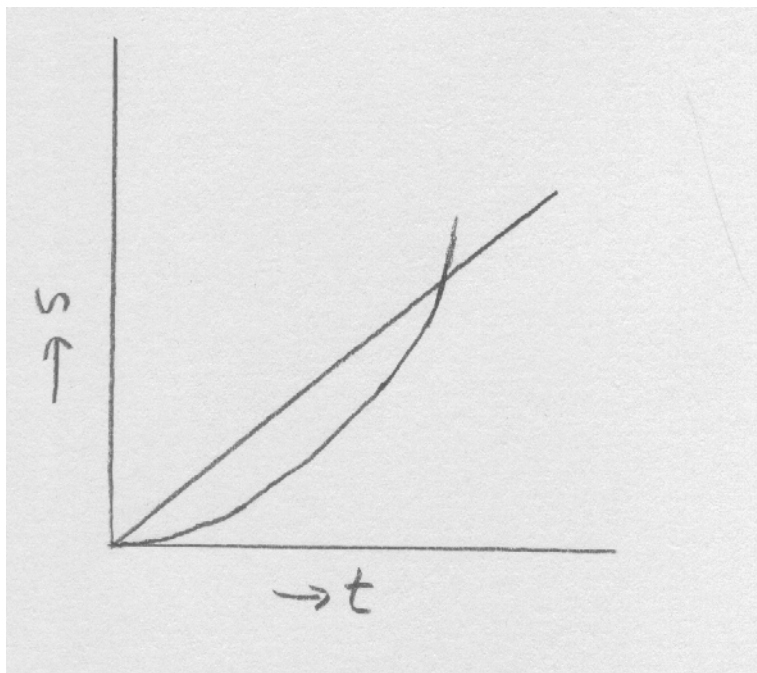
Het eerste misconception is de snelheid-plaats-verwarring. Daarvoor is een opstelling gebouwd die bestond uit twee U-profielen. Een profiel is horizontaal en de andere loopt schuin af. Op de horizontale profiel wordt een kogel afgeschoten. Tegelijkertijd wordt op de schuin aflopende profiel wordt een kogel losgelaten. Door goed uit te kiezen met welke snelheid de kogel op de horizontale baan afgeschoten wordt en wat de hellingshoek is van de schuine baan, haalt de kogel op de schuine baan de andere kogel op het einde in. Daar is de plaats hetzelfde. Maar er wordt gevraagd waar de snelheid hetzelfde is. Dit is al eerder gebeurd.



Figuur 3 opstelling voor het meten van de plaats en tijd met behulp van een U-profiel. Bij deze opstelling wordt de kogel afgeschoten door de veer links.



Figuur 4 Opstelling voor het meten van plaats en tijd met behulp van een U-profiel. Bij deze opstelling wordt de kogel door zwaartekracht voortbewogen.



Figuur 5 (s,t) diagram van beide kogels

Van de twee profielen is er een waarbij de snelheid gemeten kan worden. Door met dit profiel de snelheid van de kogel te meten die horizontaal gaat en degene die schuin gaat, kan gemeten worden waar de plaats hetzelfde is en waar de snelheid hetzelfde is.

Voor het meten van de snelheid wordt de tijd over vier stukken gemeten. Daarvoor is de U-profiel eerst in de lengterichting doormidden gezaagd. Daarna is een kant van de twee kanten vijf keer doorgezaagd, zodat er na een aanloopstuk vier even lange stukken zijn en daarna een uitloopstuk. De tijd wordt gemeten door klokken. Deze klokken gaan aan en uit als er stroom gaat lopen. Deze stroom loopt via een metalen kogel die over het U-profiel rolt. Op het moment dat er elektrisch contact gemaakt wordt tussen het tweede stuk en de andere kant, beginnen de vier klokken te lopen. Op het moment dat er contact is tussen het derde stuk en de andere kant stopt de eerste klok. Dit gaat zo verder tot de laatste klok gestopt is door contact tussen de bal en het uitloopstuk aan de andere kant.

Voor dit experiment werd een opdrachtenblad gemaakt. Deze staat in Bijlage E: Opdrachtenblad “snelheid-plaats-verwarring experiment”

Het bijbehorende experiment voor het videometen werd gemaakt door een opname van bovenaf te maken van de opstelling. Hierdoor werd ook benadrukt dat er verschillende methoden zijn om hetzelfde te meten.

Voor het tweede probleem, het “top of flight” probleem, werd een fysische slinger gebruikt. De opdracht bij dit experiment was om de snelheid te meten van de slinger als deze door de evenwichtsstand ging.

Een fysische slinger werd aangesloten op een hoekmeter die weer aangesloten werd op IPCoach. Bij deze opstelling moesten de leerlingen de volgende stappen doorlopen.

De eerste stap was het kalibreren van IPCoach. Dit door in IPCoach in te voeren waar de evenwichtsstand is. En een keer een met een liniaal opgemeten uitwijking ten opzichte van de evenwichtsstand in te voeren. Hiermee maakt IPCoach een ijkgrafiek en rekent IPCoach de hoek van de hoeksensor om in een uitwijking.

Daarna laten de leerlingen de slinger vrij slingeren. IPCoach meet gedurende twee a drie periodes de uitwijking en de tijd. Deze gegevens gaf IPCoach weer in een tabel.

Het verwerken van de meetgegevens ging ook met IPCoach. De leerlingen maakten van de tabel met IPCoach een grafiek. De snelheid werd uit deze grafiek gehaald met behulp van de raaklijn.

Bij videometen was het de opdracht om hetzelfde te meten als met het met de hand meten. Daarvoor werd een video gemaakt van de opstelling. Deze video werd ingeladen in IPCoach. Met behulp van de videomeetmogelijkheid in IPCoach werd de uitwijking en de tijd gedurende twee a drie periodes gemeten.

Deze meetgegevens werden op dezelfde manier als bij het handmatig meten van de snelheid verwerkt met IPCoach.

Beoordeling van de vragenlijsten

Aan het begin en na iedere proef is er een vragenlijst ingevuld. Met behulp van deze vijf vragenlijsten wordt gemeten wat de verbetering van de begripsvorming is. De pretest bestaat uit een zestal vragen. Van deze zes vragen gaan er drie over de misconceptie “snelheid-plaats-verwarring”. En de andere drie vragen gaan over de misconceptie “top-van-vlucht”. Om de resultaten snel en eenduidig na te kunnen kijken is ervoor gekozen om van de vragen meerkeuzevragen te maken.

Voor na iedere proef is ook een vragenlijst gemaakt. Deze vragenlijsten bestaan uit drie vragen. Na een proef voor de misconceptie “snelheid-plaats-verwarring” worden alleen de vragen gesteld die over dit probleem gaan. Hetzelfde bij een proef voor de misconceptie “top-van-vlucht”. De vragen worden niet letterlijk opnieuw gebruikt. Het probleem blijft wel hetzelfde, maar de context van de vraag verandert. Dit betekent dat er van iedere vraag drie versies zijn. Namelijk als pretest, na het videometen en na het handmatig meten. Al deze drie versies van de vragen worden hetzelfde behandeld als gekeken wordt wat het getoonde begrip is.

Het is de bedoeling om een kwantitatieve uitspraak te kunnen doen over het effect van de verschillende proeven. Daarom moet er een score gekoppeld worden aan de verschillende antwoorden die gegeven worden. Deze score is gekoppeld aan het getoonde begrip. Om met gemiddelde scores van verschillende vragen gezamenlijk te kunnen rekenen is de maximumscore van iedere vraag hetzelfde, namelijk 6 punten. Wordt er geen begrip getoond, dan is er een score van 0 punten.

De beoordeling van de eerste drie vragen van de pretest wordt hieronder gegeven. De beoordeling van de andere vragenlijsten is hetzelfde. Voor alle duidelijkheid, vragen een tot en met drie hebben betrekking op de misconceptie “top-van-vlucht”. De vragen vier tot en met zes hebben betrekking op de misconceptie “snelheid-plaats-verwarring”. De beoordeling van de vragen die betrekking hebben op “snelheid-plaats-verwarring” is niet uitgewerkt omdat er geen resultaten zijn van de proef die hiervoor gedaan is met behulp van videometen.

Vraag 1: “Kerktoeren”

Kees en Karel staan op een toren van 20m hoogte. Kees gooit een bal omhoog met een snelheid van 20 m/s. Karel gooit een bal omlaag met een snelheid van 20 m/s.

Welke bal raakt de grond met de hoogste snelheid?

- A Kees zijn bal heeft de grootste snelheid.
- B Karel zijn bal heeft de grootste snelheid.
- C De snelheid van de beide ballen is even groot.

Het begrip dat getoond wordt met de antwoorden:

A Leerling denkt dat voorwerp dat vanaf het hoogste punt naar beneden gaat de snelste eindsnelheid bereikt, sluit aan bij observatie van vallende voorwerpen.

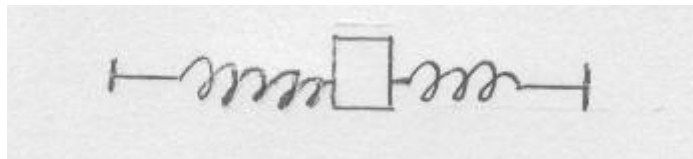
B Leerling denk dat een bal die omhoog gegooid wordt met een kleinere snelheid daalt, of ziet de symmetrie niet of denkt dat luchtweerstand significant van invloed is.

C: Leerling begrijpt dat het niet uit maakt of snelheid door gooien of door vallen bereikt wordt en dat die snelheden hetzelfde zijn of dat de luchtweerstand geen noemenswaardig invloed heeft.

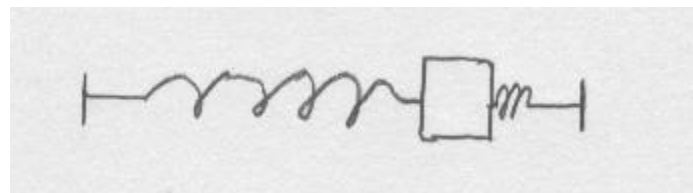
Punten voor de score: A=0 B=3 C=6.

Vraag 2: Heen en weer.

Een gewicht zit tussen twee even sterke veren en beweegt heen en weer. Zie ook de eerste tekening.



Op de plek op de tweede tekening worden de veren tegelijkertijd doorgeknipt.



Welke van de vier pijlen geeft het beste aan hoe het gewicht verder gaat? De lengte van de pijl geeft weer hoe groot de snelheid van de massa is.

- A Snelheid naar buiten.
- B Grote snelheid naar het midden.
- C Kleine snelheid naar het midden.
- D Geen snelheid.

Begrip dat getoond wordt met de antwoorden:

A: massa ging naar buiten, nu dus ook; zit geen verandering. Geen begrip.

B: snelheid evenredig met de kracht in plaats van versnelling evenredig met kracht; principe van grotere kracht, dan grotere snelheid. Dit komt volgens Arons (p73-74) vooral voor bij leerlingen die nog geen goed ontwikkeld concept van versnelling hebben. Is bijna bij goed begrip.

C: massa moet terug naar midden gaan. Ziet in gedachten wat de beweging is die de massa doorloopt en "ziet" dus dat de massa naar het midden beweegt. Begint met begripvorming.

D: Ziet dat kracht gekoppeld is aan versnelling, niet aan snelheid. Goed begrip.

Punten voor de score: A=0;B=4;C=2;D=6

Vraag 3 Fietsen

Stel je fietst en je versnelt, je snelheid in de positieve richting gaat dus vooruit. Je gaat minder hard trappen zodat de grootte van de versnelling kleiner wordt.

Wat gebeurt er met de snelheid?

- A De snelheid wordt groter.
- B De snelheid wordt kleiner.
- C De snelheid blijft gelijk.

Begrip dat getoond wordt met de antwoorden:

- A Snelheid wordt alleen kleiner als de versnelling negatief is. Goed begrip.
- B Als de versnelling kleiner wordt, dan wordt de snelheid ook kleiner. De snelheid is hoe snel iets gaat en de versnelling is ook hoe snel iets gaat. Op weg naar begrip.
- C Snelheid en versnelling zijn andere dingen en hebben dus niks met elkaar te maken. Geen begrip.

Punten voor de score: A=6;B=3;C=0

Resultaten

Tijdens de prestatieweek zijn negen experimenten klaargezet met naast de vier experimenten van dit onderzoek een vragenlijst. Er is begonnen met een centrale uitleg van de prestatieweek en het afnemen van de pretest. Daarna zijn de leerlingen in groepen van drie begonnen met het uitvoeren van een aantal experimenten. Hierbij volgden ze een rooster. In verband met de tijd konden niet alle leerlingen alle experimenten uitvoeren. Daarom zijn er veel meer leerlingen die een pretest gemaakt hebben dan leerlingen die de experimenten van dit onderzoek uitgevoerd hebben.

Daarnaast werd na afloop geconstateerd dat de uitvoering van een van de videometen experimenten niet goed gegaan is. Het ging hier om het experiment om de begripsvorming betreft de misconceptie “snelheid-plaats-verwisseling”. Daarom zijn de vragenlijsten over deze misconceptie niet meegenomen.

Een ander probleem was dat niet iedere leerling alle vragenlijsten ingevuld had. Om wat voor reden dan ook zijn de leerlingen dat vergeten en er was niet altijd een docent bij om de leerlingen eraan te herinneren een vragenlijst in te vullen. In Tabel 2 is het aantal leerlingen vermeld dat de vragenlijst ingevuld heeft. Daarbij is bij iedere groep het maximaal aantal leerlingen genomen die tot die groep geteld kan worden. Neem bijvoorbeeld een leerling die eerst de pretoets gemaakt heeft, daarna het experiment met videometen gedaan heeft en tenslotte het experiment met de hand. Deze leerling behoort dus en tot de groep “pretoets en alleen/eerst videometen” en tot de groep “pretoets, eerst video, dan hand”.

	Totaal aantal leerlingen	Pretoets en eindcijfer	Pretoets en alleen/eerst videometen	Pretoets en alleen handmatig	Pretoets, eerst video, dan hand	Pretoets, eerst hand, dan video
N	64	55	15	12	9	9
Percentage	100 %	86 %	23 %	19 %	14 %	14 %

Tabel 2 De response op de vragenlijsten

Met behulp van de drie overgebleven vragenlijsten die betrekking hebben op de misconceptie “top-van-vlucht” zijn de berekeningen uitgevoerd. Deze drie vragenlijsten zijn de pretest, de vragenlijst na het videometen van een slinger en de vragenlijst na het meten aan de slinger met de hand. Daarnaast zijn de eindcijfers van de leerlingen achterhaald.

De hypothese die met deze data getest wordt is of de begripsvorming na experimenten die met videometen uitgevoerd zijn even goed is als de begripsvorming na experimenten die met de hand uitgevoerd zijn. Om deze hypothese te testen zijn met deze gegevens een aantal statistische berekeningen uitgevoerd.

Eerst is aan de antwoorden een weging toegekend. Deze weging is besproken in het hoofdstuk “beoordeling van de vragenlijst”. Met deze getallen zijn een aantal statistische berekeningen uitgevoerd. Ten eerste is getest of de vragen goed zijn. Ten tweede of er wel sprake is van een misconcept. Ten derde of er een verbetering in de begripsvorming optreedt na het uitvoeren van het experiment. Dit experiment is dan of met de hand uitgevoerd of met

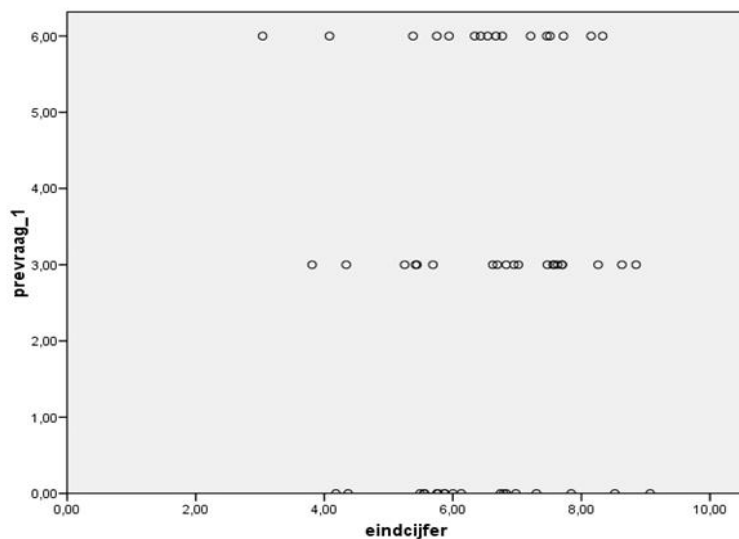
videometen. Bovendien kan dan gekeken worden of videometen net zo goed is voor de begripsvorming als meten met de hand. Ten slotte wordt gekeken of er nog een verbetering optreedt als het experiment nog een keer uitgevoerd wordt.

Om te toetsen of de vragen bruikbaar zijn, zijn deze vragen getoetst. Hierbij gaat het om twee facetten. Ten eerste of de vragen wel betrekking hebben op de misconcepten. Daarnaast of de vragen goed gesteld zijn.

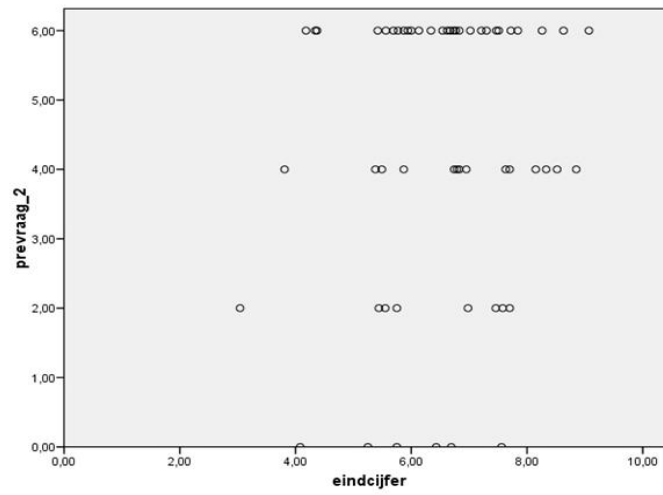
Bij het betrekking hebben van de vragen op de misconcepten is al rekening gehouden bij het maken van de vragen. De vragen zijn gemaakt naar aanleiding van voorbeeldvragen behorende bij de misconcepten. Deze voorbeeldvragen staan in Arons [15]. Daarnaast zijn de vragen vooraf beoordeeld door een ervaren natuurkundedocent.

Om te kijken of de vragen goed gesteld zijn is gekeken of er een correlatie is tussen het eindcijfer op het VWO 4 rapport voor natuurkunde en de score op de prevragen. Om van statistiek gebruik te kunnen maken is voor ieder antwoord een aantal punten toegekend. De precieze puntenverdeling en het begrip dat met de antwoorden getoond wordt staat in het hoofdstuk “Beoordeling van de vragenlijsten” vermeld.

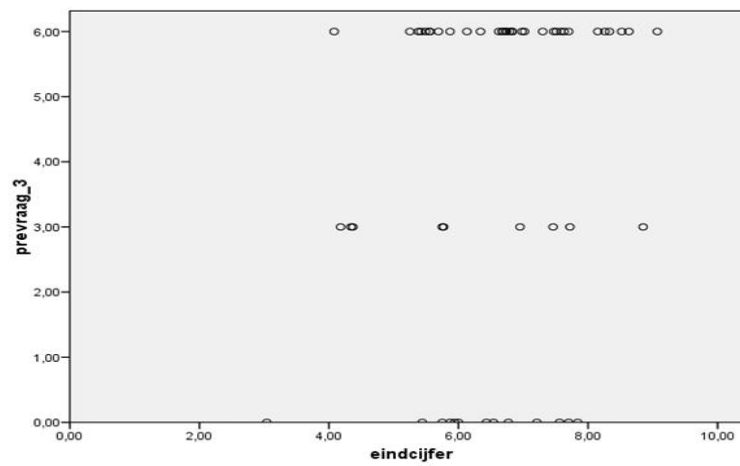
Het resultaat van deze testen staat in zogenaamde scatterplots, zie Figuur 6 t/m Figuur 9. Als naar deze grafieken gekeken wordt, dan lijkt het op het oog dat leerlingen met een hoger eindcijfer betere antwoorden geven op de vragen. Een hoger eindcijfer betekent een beter natuurkundig begrip. Dat betekent dat een betere score op deze vragen een beter natuurkundig begrip betekent. Dat betekent dat de vragen bruikbaar zijn.



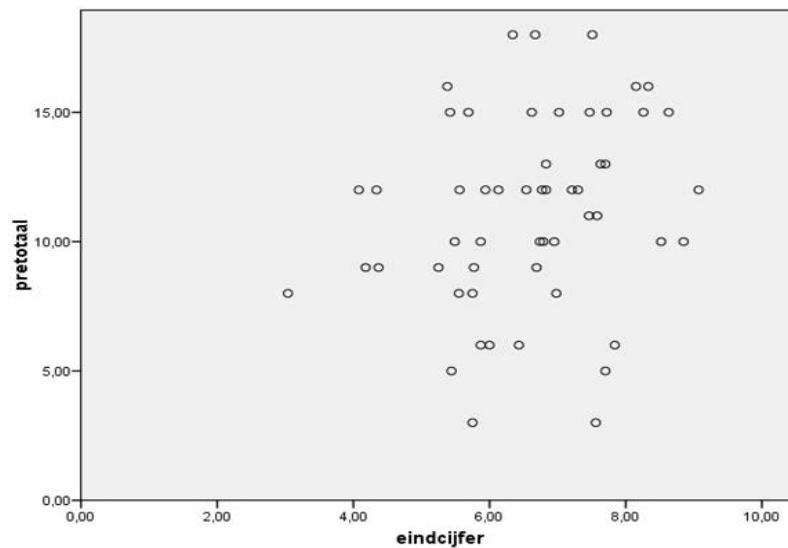
Figuur 6 Scatterplot van eerste prevraag en eindcijfer



Figuur 8 Scatterplot van tweede prevraag en eindcijfer



Figuur 7 Scatterplot van derde prevraag en eindcijfer



Figuur 9 Scatterplot van pretoets en eindcijfer

Om te kijken of de inschatting die met behulp van de grafieken op het oog klopt zijn correlatietesten uitgevoerd. Als correlatietest is gebruikt gemaakt van de Pearson chi-square test. De resultaten van deze correlatietest staat in Tabel 3 voor iedere afzonderlijke vraag van de pretoets.

	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 1 tot en met 3 samen
Pearson correlatie	0,040	0,139	0,187	0,235
Significantie (2-tailed)	0,772	0,306	0,171	0,087
N	55	56	55	54

Tabel 3 correlatie tussen de prevragen en eindcijfer

Ondanks dat de significantie niet goed genoeg is om statistisch harde uitspraken te doen over de vragen, kan er wel iets gezegd worden. Ten eerste dat de correlatie van alle vragen en ook de vragen samen positief is. Ten tweede dat de correlatie van alle drie de vragen samen bijna significant is.

Omdat de vragen betrekking hebben op de misconcepten en er een positieve correlatie is tussen de eindcijfers en de toetsscores is er geconcludeerd dat de vragen bruikbaar zijn en wordt er voor de beoordeling van de begripsvorming gebruik gemaakt van de som van alle vragen.

Om te kijken of er ook sprake is van een misconceptie, wordt eerst de prescore nader bekeken. Dan moet er ook een waarde gekozen worden om te zeggen of er wel of niet sprake is van een misconceptie. Er is gekozen voor een criteriumwaarde van (minimaal) 60%. Dan moet een van de drie vragen helemaal goed beantwoord zijn en kan er nog een fout gemaakt worden bij de andere twee vragen. De groep van leerlingen die op de pretest minder dan 60% van het totaal aantal punten haalt is 40%. Dit betekent dat er een grote groep leerlingen is waarbij er sprake is van een misconcept.

	N	gemiddelde	middelwaarde	Standaard deviatie	% onder 60%	% boven 60%
pretoets	58	64%	67%	21%	40%	60%

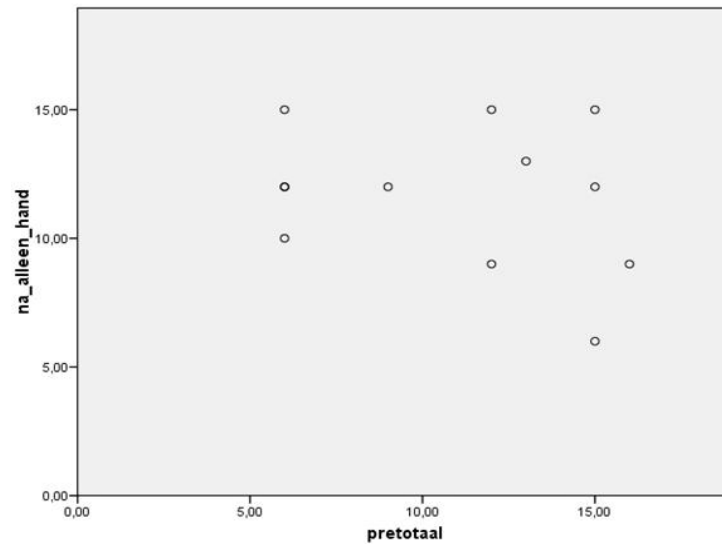
Tabel 4 vergelijking tussen pretoets score en eindcijfer

Om te kijken of de begripsvorming verbeterd is na de verschillende experimenten is er berekend wat de statistische gegevens zijn van de toetsresultaten na het uitvoeren van een experiment. Dit zijn de gegevens nadat alleen het experiment met videomaten uitgevoerd is of het experiment alleen met de hand uitgevoerd is. Ter vergelijking zijn de gegevens van de vergelijkbare pretoets ook bijgevoegd.

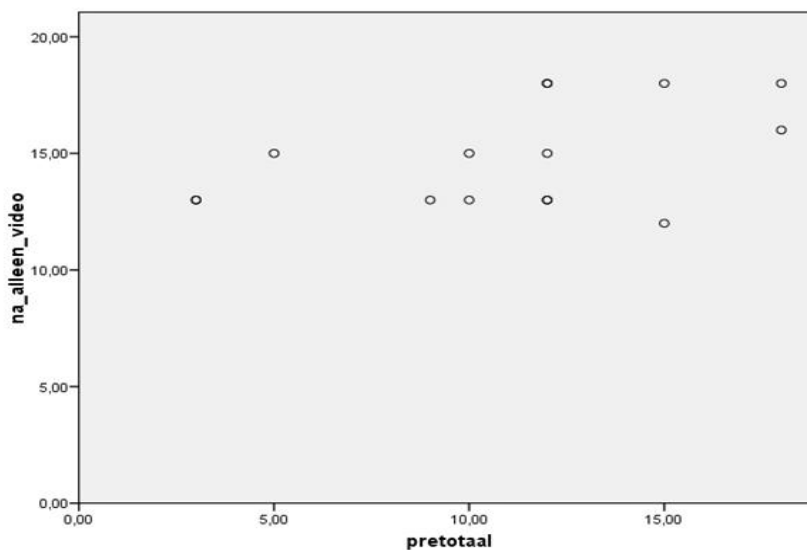
	N	gemiddelde	middelwaarde	Standaard deviatie	% onder 60%	% boven 60%
pretoets	58	64%	67%	21%	40%	60%
Na alleen videomaten	15	82%	83%	12%	0%	100%
Na alleen handmatig	12	65%	67%	15%	33%	67%

Tabel 5 vergelijking in de score voor en na alleen handmatig of videomaten

Als er alleen naar deze cijfers gekeken wordt, dan lijkt het erop dat videomaten zaligmakend is en meten met de hand geen zin heeft. Er moet echter nog gecompenseerd worden voor een verschil in beginnivo van de leerlingen. Daarom moet gekeken worden naar de toename van de score voor en na het experiment. Om deze toename op het oog te beoordelen staan de scores voor en na de experimenten een zogenaamde scatterplot, namelijk Figuur 10 en Figuur 11. Als het experiment geleid heeft tot een beter begrip, dan komt de leerling in de scatterplot boven de lijn pretotaal = na_alleen_hand.



Figuur 10 Scatterplot van de toetsscore voor en na handmatig meten



Figuur 11 Scatterplot van de toetsscore voor en na videometen

Als naar de grafieken gekeken wordt, dan lijkt het erop dat het uitvoeren van een experiment met de hand voor leerlingen die slecht op de pretoets presteren voor een verbetering van hun resultaten zorgt. De leerlingen die al wel goed op de pretoets presteren, daar lijkt het slecht voor te zijn om het experiment met de hand uitvoeren. Bij videometen lijkt het erop dat bijna iedereen profiteert van het uitvoeren van het experiment.

Om over deze toenames statistische uitspraken te kunnen doen, is een paired samples T-test uitgevoerd. De resultaten daarvan staan in Tabel 6. Hierbij wordt er geen onderscheid gemaakt tussen leerlingen die op de pretoets al een goed resultaat gehaald hebben en leerlingen die een slecht resultaat gehaald hebben op de pretoets.

	N	Gemiddelde toename	Significantie (2-tailed)
Na alleen videometen	15	21 procentpunt	0,003
Na alleen handmatig	12	4 procentpunt	0,644

Tabel 6 Toename van toetscore na alleen videometen of alleen handmatig meten

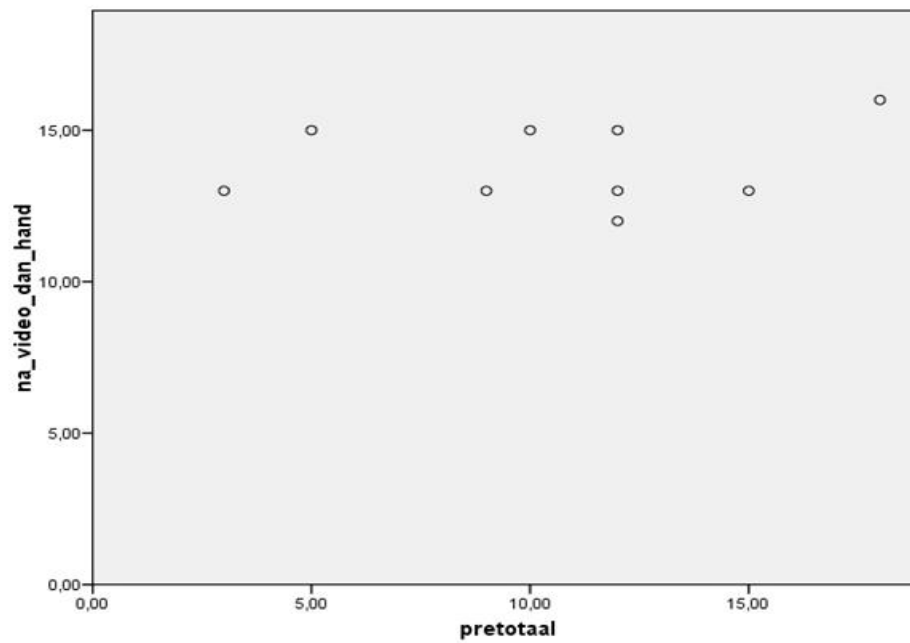
Als naar de statistische resultaten gekeken wordt, dan is direct opvallend dat er na alleen videometen een significante toename van 21 procentpunt is. Na alleen handmatig meten is er geen significantie. Er is wel een toename van 4 procentpunt. Het lijkt er dus op dat videometen zelfs beter is voor de begripsvorming dan handmatig meten.

Er is ook gemeten of het nuttig is om het experiment nogmaals uit te voeren. Als eerst het experiment met videometen uitgevoerd is, dan met de hand. Als het eerst met de hand uitgevoerd is, dan met videometen. Hiervoor is Tabel 7 verder uitgebreid met de resultaten van de vragenlijsten die afgenomen zijn na videometen als er eerst met de hand gemeten is en de resultaten van de vragenlijst die afgenomen zijn na handmatig meten als er eerst videometen gedaan is.

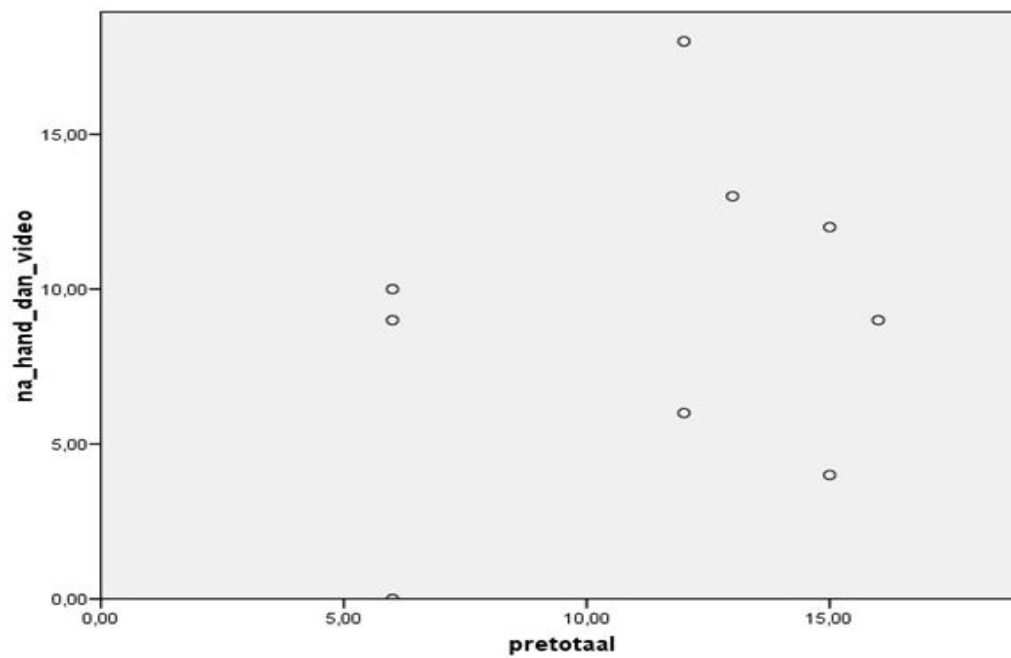
	N	gemiddelde	middelwaarde	Standaard deviatie	% onder 60%	% boven 60%
pretoets	58	64%	67%	21%	40%	60%
Na alleen videometen	15	82%	83%	12%	0%	100%
Na alleen handmatig	12	65%	67%	15%	33%	67%
Eerst videometen daarna hand	9	77%	72%	8%	0%	100%
Eerst handmatig daarna videometen	9	50%	50%	29%	67%	33%

Tabel 7 Toename van toetscore na verschillende experimenten

Ook hier moet ook gekeken worden naar de verbetering die optreedt. Daarvoor zijn de scatterplots: Figuur 12 en Figuur 13. Deze laten zien wat de vooruitgang is van de pretoets naar het einde.



Figuur 12 Scatterplot van toetsscore voor en na videometen gevolgd door handmatig meten



Figuur 13 Scatterplot van toetsscore voor en na handmatig meten gevolgd door videometen

De twee bovenstaande grafieken lijken veel op de grafieken na alleen videometen en alleen met de hand meten. Aan de hand van de grafieken wordt dan ook geconcludeerd dat het experiment een tweede keer uitvoeren geen effect heeft op de begripsvorming. Dit werd ook met een paired samples T-test nagegaan. De uitkomsten van deze berekeningen staan in Tabel 8. Daarbij zijn de uitkomsten van dezelfde test na alleen videometen en alleen handmatig meten als vergelijking bijgevoegd.

	N	Gemiddelde toename ten opzichte van de pretest	Significantie (2-tailed)
Na alleen videometen	15	21 procentpunt	0,003
Na alleen handmatig	12	4 procentpunt	0,644
Na videometen en daarna handmatig	9	18 procentpunt	0,066
Na handmatig en daarna videometen	9	-12 procentpunt	0,282

Tabel 8 Toename van de toetsscore

Als naar de verandering gekeken wordt na het experiment een tweede keer te doen, dan is er geen significante waarde. Maar de toename die berekend wordt, wijst erop dat het niet zinvol is om het experiment een tweede keer te doen. Vooral de achteruitgang die gemeten wordt na eerst het experiment met de hand uitvoeren en daarna met videometen is enorm. Het kan zijn dat de motivatie om voor de tweede keer het experiment uit te voeren slecht is.

Als bovenstaande resultaten doorgenomen worden, dan wordt er een aantal conclusies getrokken. Ten eerste dat de vragenlijst goed is. Ten tweede dat de misconceptie “top-van-vlucht” aanwezig is. Ten derde dat videometen voor een verbetering van de begripsvorming zorgt en dat bij handmatig experimenteren er een verbetering van de begripsvorming voor de slechte leerlingen is en een verslechtering voor de goede leerlingen. Daarnaast voegt het niks toe aan de begripsvorming om leerlingen die het experiment met videometen uit te laten voeren het ook handmatig te laten doen. Ten slotte dat het opnieuw uitvoeren van het experiment, maar dan met videometen in plaats van handmatig zorgt voor een verslechtering. Er moet wel de kanttekening gemaakt worden dat niet alle resultaten statistisch significant zijn.

Als verklaring voor het verschil in begripsvorming na alleen videometen of alleen handmatig experimenteren wordt gedacht aan de helderheid van videometen. Zowel bij videometen als bij handmatig meten moet geleerd worden met de apparatuur om te gaan. Bij videometen is dit een computerprogramma. Daarmee heeft een VWO 4 leerling geen moeite. Daarna is de aandacht alleen maar gericht op de beweging die gemeten wordt. Bovendien is er dan geen afleiding van andere zaken.

Bij het handmatig meten moet ook geleerd worden met de apparatuur om te gaan. Als dat gebeurd is, dan moet de aandacht bij de apparatuur blijven. Daarmee wordt immers gemeten. Daarom wordt de aandacht verspreidt over verschillende zaken.

Deze verhoogde helderheid of focus zorgt ervoor dat de leerlingen bij videometen meer nadenken over het gedeelte van het experiment dat zorgt voor een betere beeldvorming.

Een ander effect kan zijn dat leerlingen die geen last hebben van een misconception minder snel aan de al eerder opgebouwde concepten gaan twijfelen bij een kleine afwijking bij een experiment met videometen. Die kleine afwijkingen worden dan misschien toegeschreven aan het net verkeerd klikken op het zwaartepunt in elk videoframe bij het videometen. Bij het meten met de hand wordt een kleine afwijking tussen het eigen concept en het experiment misschien toegeschreven aan het fout zijn van het eigen concept. Realistisch is die afwijkingen te verklaren met het niet perfect zijn van de meting.

Discussie en aanbevelingen

Als naar de resultaten van het onderzoek gekeken wordt, dan zijn er nauwelijks statistisch significante resultaten. De enige conclusie die getrokken kan worden met statistisch significante data is dat videometen zorgt voor een verbetering van de begripsvorming. Dit is wel een zeer belangrijk resultaat. Dit is namelijk een belangrijke onderbouwing voor de aanbeveling dat er van videometen gebruikt moet worden in het natuurkundeonderwijs.

Met de andere data kan dan geen harde conclusie getrokken worden, er valt wel een trend te ontdekken. Zo is handmatig meten goed voor de begripsvorming van leerlingen die slecht scoren op de pretoets, maar soms ook slecht voor de begripsvorming van leerlingen die goed scoren op de pretoets. Deze verslechtering van begripsvorming van leerlingen die goed scoren werd niet gezien bij videometen.

Daarnaast werd de begripsvorming niet verbeterd door het experiment nog een keer op een andere manier uit te voeren. Als dit dan echt moet, dan moet eerst het experiment met videometen gedaan worden en daarna met de hand. Dit liet geen verslechtering van de begripsvorming zien. Andersom, dus eerst met de hand meten en daarna met videometen, liet wel een verslechtering van de begripsvorming zien.

Om deze trends met statistisch significante data te kunnen onderbouwen zou er meer onderzoek met meer leerlingen, dan wel meer experimenten gedaan moeten worden. Ook kan er door middel van gesprekken met leerlingen geprobeerd worden om te achterhalen wat het effect van een experiment is voor de begripsvorming.

Videometen is dus een meer dan volwaardig alternatief voor handmatig meten. Voor de begripsvorming is het zelfs beter bij de 'top of flight' misconceptie. Dit kan zeer waarschijnlijk komen door de grotere overzichtelijkheid bij videometen. Er is wel een nadeel. Namelijk dat de leerlingen zo niet leren om te gaan met andere meetapparatuur dan het videometenprogramma. Met de hand meten moet daarom een onderdeel blijven van het natuurkundeonderwijs.

Een ander punt is dat dit onderzoek naar videometen gedaan is met een experiment uit de dynamica. Sommige literatuur wijst erop dat videometen bij dynamicaonderwijs beter werkt dan bij andere onderdelen van natuurkundeonderwijs. Er moet dan ook verder onderzocht worden wat het verschil in effect van videometen ten opzichte van met de hand meten is bij andere onderdelen van het natuurkundeonderwijs.

Literatuur

- [1] Beichner, R.J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64 (10), 750–762
- [2] Beichner, R.J. (1999). Video-Based Labs for Introductory Physics Courses. *Journal of College Science Teaching*, 29 (2), 101–104
- [3] Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M.K. (1990) Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. *Review of Educational Research*, Spring 1990, 60 (1), 1–64
- [4] Boyd, A., & Rubin, A. (1996). Interactive Video: a bridge between motion and math. *International Journal of Computers for Mathematics Learning*, 1, 57–93
- [5] Zollman, D.A., & Brungardt, J. (1995). The Influence of Interactive Videodisc Instruction Using Simultaneous-time Analysis on Kinematics Graphing Skills on High School Physics Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (8), 855–869
- [6] McCullough, L.E. (2000). The effect of introducing computers into an introductory physics problem-solving laboratory. PhD thesis, University of Minnesota
- [7] George, E.A., Broadstock, M.J., & Vázquez-Abad, J. (2000). Student Learning in Motion Detector- and Video-based Collision Laboratories. *AAPT Summer Meeting, Guelph, Ontario, Canada. July 29-August 2, 2000*. <http://www.aapt.org/>
- [8] Laws, P., Pfister, H. (1998). Using Digital Video Analysis in Introductory Mechanics Projects. *The Physics Teacher*, 36, 282–287
- [9] T. Ellermeijer & A. Heck (2003). Walk like a Physicist: An example of Authentic Education. In: electronic proceedings of GIREP conference: *Physics in New Fields, Lund, Sweden, July 2002*
- [10] André Heck & Caroline van Dongen (2008). Gait Analysis by High School Students. *Physics Education* 43 (3) 284-290
- [11] Edelson, D.C. (1998). Realizing Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice. In: Fraser, B.J., & Tobin, K.G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*, 317–331. Kluwer Academic Publisher
- [12] Dale D. Long; Gerald W. McLaughlin; Allan M. Bloom 1986 The influence of physics laboratories on student performance in a lecture course *American Journal of Physics* 54 (2) 122-125
- [13] Susan Rodrigues; Jon Pearce; Michelle Livett 2001 Using Video Analysis or Data loggers During Practical Work in First Year Physics *Educational Studies* 27 (1) 31-43
- [14] R. Bouwens, L. Heijnen, L. Heijmel, B. Kneepkens, P. Koopmans, C. Pouw (2008). Syllabus natuurkunde vwo centraal examen 2010
- [15] A. B. Arons (1997). Teaching introductory physics

Bijlage A: Pretestvragen

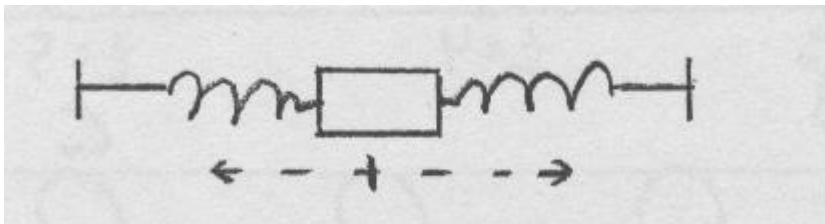
1 Kerktoren

Kees en Karel staan op een toren van 20m hoogte. Kees gooit een bal omhoog met een snelheid van 20 m/s. Karel gooit een bal omlaag met een snelheid van 20 m/s. Welke bal raakt de grond met de hoogste snelheid?

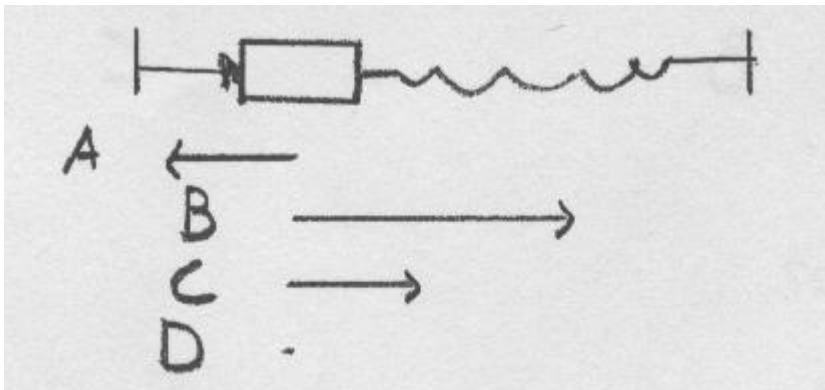
- A Kees zijn bal heeft de grootste snelheid.
- B Karel zijn bal heeft de grootste snelheid.
- C De snelheid van beide ballen is even groot.

2 Heen en weer

Een gewicht zit tussen twee even sterke veren en beweegt heen en weer. Zie ook de eerste tekening.



Op de plek op de tweede tekening worden de veren tegelijkertijd doorgeknipt.



Welke van de 4 pijlen geeft het beste aan hoe het gewicht verder gaat? De lengte van de pijl geeft weer hoe groot snelheid van de bal weg is.

- A
- B
- C
- D

3 Fietsen

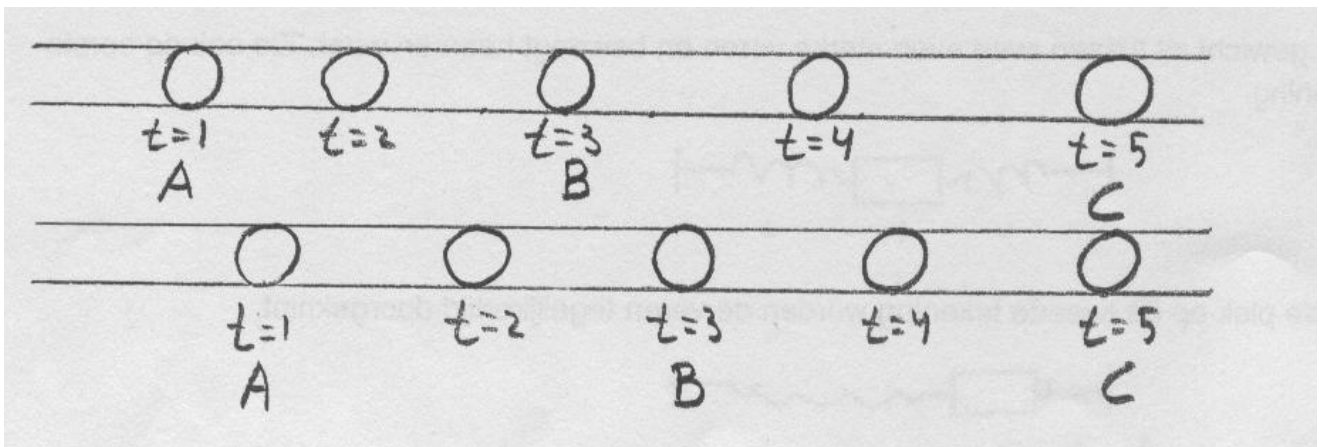
Stel je fietst en je versnelt, je snelheid in de positieve richting gaat dus vooruit. Je gaat minder hard trappen zodat de grootte van de versnelling kleiner wordt.

Wat gebeurt er nu met de snelheid?

- A De snelheid wordt groter.
- B De snelheid wordt kleiner.
- C De snelheid blijft gelijk.

4 Ballen

Op onderstaande tekening zie je de plaats van een tweetal ballen die ieder een andere baan af rolt.

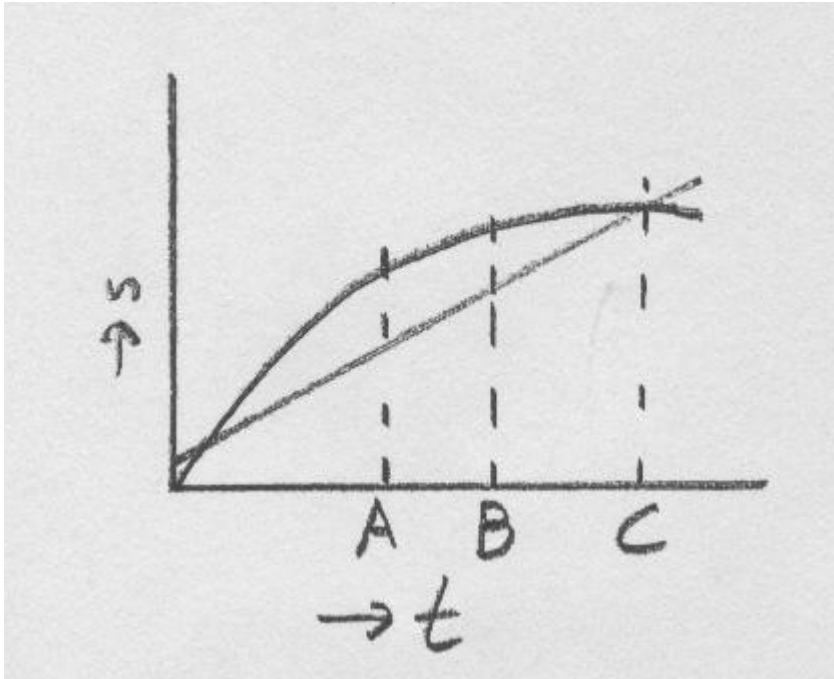


Op welk moment is de snelheid hetzelfde?

- A op tijdstip A.
- B op tijdstip B.
- C op tijdstip C.
- D nooit

5 Inhalen

In onderstaande plaats-tijd grafiek staat de beweging twee wandelaars beschreven.



Op welk moment is de snelheid van beide wandelaars even groot?

- A Op tijdstip A.
- B Op tijdstip B.
- C Op tijdstip C.
- D nooit

6 Fietser inhalen

Je staat met je fiets voor het stoplicht te wachten. Op het moment dat het licht op groen springt gaat er een fietser langs je heen die met een constante snelheid fietst. Jij versnelt net zo lang tot je de andere fietser achter je gelaten hebt.

Waar is de snelheid van jouw en de andere fietser even groot?

- A Voordat je de fietser inhaalt.
- B Op het moment dat je de fietser inhaalt.
- C Nadat je de fietser ingehaald hebt.

Bijlage B: Posttestvragen na handmatig meten

1 Duikplank

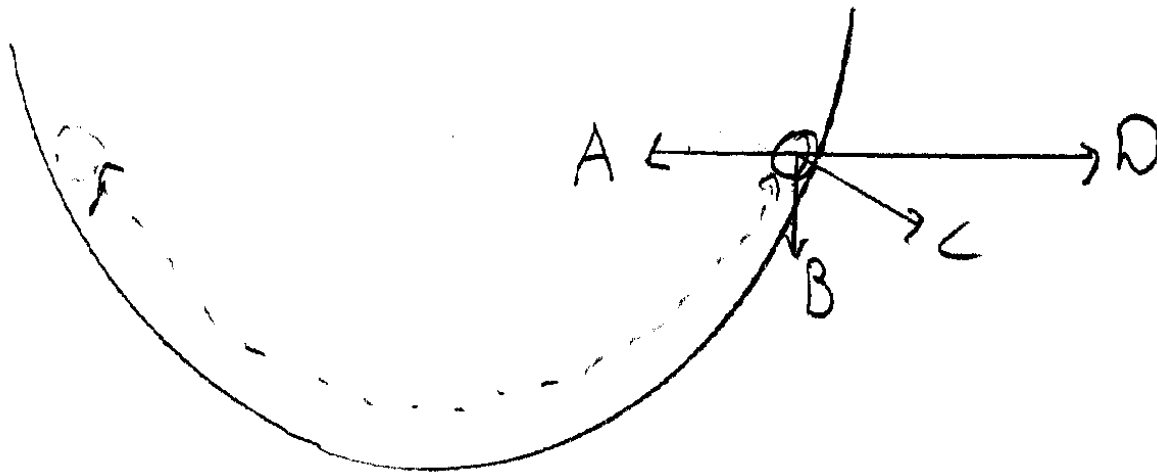
Pieter en Jan duiken allebeide van een duikplank. Pieter springt eerst omhoog zodat hij begint met een snelheid van 5 m/s omhoog. Jan duikt direct naar beneden en zet zich naar beneden af zodat hij begint met een snelheid van 5 m/s omlaag.

Wie heeft de grootste snelheid als het water geraakt wordt?

- A Jan heeft de grootste snelheid.
- B Pieter heeft de grootste snelheid.
- C Allebei hebben ze een even grote snelheid.

2 Knikker

Een knikker "slingert" in een kom. Op het moment van de tekening wordt de kom heel snel naar beneden getrokken.



Welke van de 4 pijlen geeft het beste aan hoe de knikker verder gaat? De lengte van de pijl geeft weer hoe groot de snelheid van de knikker is.

- A
- B
- C
- D

3 Optrekken

Je trekt met de auto op vanaf het stoplicht. Na een honderd meter duw je het gaspedaal minder ver in zodat de grootte van de versnelling kleiner wordt.
Wat gebeurt er nu met de snelheid?

- A De snelheid wordt groter.
- B De snelheid wordt kleiner.
- C De snelheid blijft gelijk.

Bijlage C: Posttoetsvragen na videometen

1 Klif

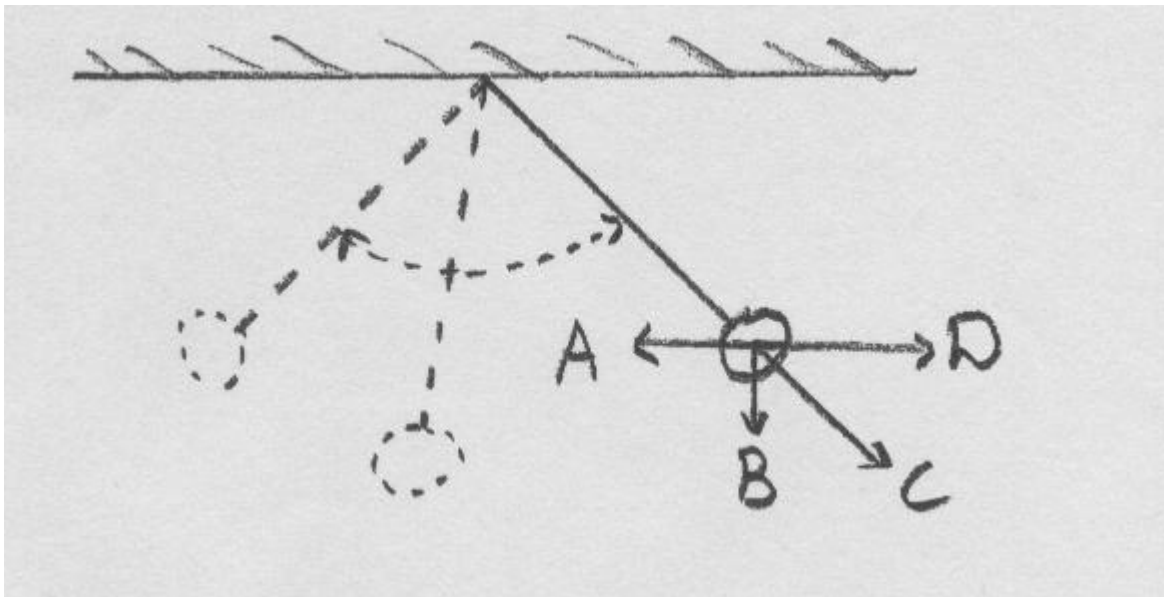
Sjors en Jimmy staan op de rand een klif. Sjors gooit een steen omhoog met een snelheid van 15 m/s. Jimmy gooit een steen omlaag met een snelheid van 15 m/s.

Welke steen raakt de grond met de hoogste snelheid?

- A Sjors zijn steen heeft de grootste snelheid.
- B Jimmy zijn steen heeft de grootste snelheid.
- C De snelheid van beide stenen is even groot.

2 Bol

Een bol slingert aan een touw. Op een gegeven moment wordt het touw doorgeknipt.



Welke van de 4 pijlen geeft het beste aan hoe de bol verder gaat? De lengte van de pijl geeft weer hoe groot de snelheid van de bol is.

- A
- B
- C
- D

3 rolschaatsen

Met rolschaatsen ga je van een kleine helling af. Na een meter met constante versnelling wordt de helling minder stijl. Dit zorgt ervoor dat de grootte van de versnelling minder wordt.

Wat gebeurt er nu met de snelheid?

- A De snelheid wordt groter.
- B De snelheid wordt kleiner.
- C De snelheid blijft gelijk.

Bijlage D: resultaten van de toetsvragen

ML		6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	4,00	6,00
MR		3,00	6,00	6,00	3,00	4,00	6,00	0,00	6,00	6,00
RL	5,44	3,00	2,00	0,00	3,00	6,00	6,00	3,00	6,00	6,00
JG	6,95	3,00	4,00	3,00						
RG	6,34	6,00	6,00	6,00						
JB	8,33	6,00	4,00	6,00						
AN	7,70	3,00	2,00	0,00						
DR	5,38	6,00	4,00	6,00						
AB		6,00	4,00	6,00						
JW		6,00	2,00	6,00						
AP	8,52	0,00	4,00	6,00						
NL	7,72	6,00	6,00	3,00						
MJ	4,37	0,00	6,00	3,00						
NM	5,87	0,00	6,00	0,00						
MS	5,25	3,00	0,00	6,00	0,00	6,00	6,00			
FV	6,43	6,00	0,00	0,00	6,00	6,00	0,00			
EB	6,69	3,00	0,00	6,00	3,00	4,00	6,00	3,00	4,00	6,00
TW	5,75	0,00	0,00	3,00				3,00	4,00	6,00
RS	7,56	3,00	0,00	0,00	3,00	4,00	6,00	3,00	4,00	6,00
JN	5,55	0,00	2,00	6,00						
BT		3,00	6,00	6,00						
RS	6,83	0,00	6,00	6,00						
TH	4,34	3,00	6,00	3,00	0,00	6,00	3,00	0,00	0,00	6,00
IKS		6,00	6,00	3,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	6,00
LB	7,47	3,00	6,00	6,00	0,00	6,00	6,00			
ST		6,00	0,00	0,00	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SK	5,87	0,00	4,00	6,00						
PS	6,13	0,00	6,00	6,00	3,00	6,00	6,00	6,00	4,00	3,00
TG	5,49	0,00	4,00	6,00	3,00	6,00	6,00	6,00	4,00	3,00
JM	9,07	0,00	6,00	6,00				3,00	6,00	6,00
FR	8,26	3,00	6,00	6,00				6,00	6,00	6,00
DR	5,69	3,00	6,00	6,00	3,00	6,00	6,00	0,00	4,00	0,00
JK	7,84	0,00	6,00	0,00	3,00	6,00	6,00	3,00	0,00	6,00
YV	7,30	0,00	6,00	6,00						
BH	5,56	0,00	6,00	6,00	3,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
LS	6,79	0,00	4,00	6,00						
SF	6,74	0,00	4,00	6,00						
GJB	6,73		6,00	6,00						
FA	6,67	6,00	6,00	6,00				6,00	6,00	6,00
DR	7,58	3,00	2,00	6,00						
JW	8,85	3,00	4,00	3,00				3,00	6,00	6,00
MB	7,46	6,00	2,00	3,00						
EN	7,51	6,00	6,00	6,00						
EL	7,21	6,00	6,00	0,00	6,00	4,00	3,00	6,00	6,00	6,00
HO	5,94	6,00	6,00	0,00	6,00	6,00	0,00	6,00	4,00	3,00
BS	6,77	6,00	6,00	0,00						
MV	6,54	6,00	6,00	0,00				6,00	6,00	6,00
IB	6,00	0,00	6,00	0,00	3,00	6,00	6,00	6,00	4,00	0,00
FM	7,63	3,00	4,00	6,00	3,00	4,00	6,00	3,00	4,00	6,00
TS	8,15	6,00	4,00	6,00	3,00	4,00	6,00	3,00	0,00	6,00

Bijlage E: Opdrachtenblad “snelheid-plaats-verwarring experiment”

Bij deze proef wordt gemeten waar de snelheid van een kogel bij twee kogelbanen hetzelfde is. Een kogelbaan is horizontaal. Deze kogel wordt door een veer afgeschoten. De andere kogelbaan loopt schuin af. Aan deze kogel wordt geen zetje gegeven, de kogel gaat vanzelf naar beneden.

1: Plaats de kogelbaan met de veer horizontaal en de andere kogelbaan schuin. Druk de veer in tot de streep en schiet zo de kogel af. Laat tegelijkertijd de kogel van de schuine kogelbaan naar beneden rollen. Doe dit een paar keer zodat je een goed gevoel krijgt hoe snel de kogels gaan.

2: Voorspel met behulp van wat je gezien hebt waar de snelheid van beide kogels hetzelfde is.

We gaan nu meten wat de snelheid van de kogel op beide banen is. Daarvoor is de kogelbaan met de veer aangepast. Aan een kant is het profiel op 5 plaatsen doorgezaagd. Op het moment dat de kogel voorbij de eerste snede gaat gaan alle 4 de klokken lopen. Op het moment dat de kogel voorbij de tweede snede gaat stopt de eerste klok. Dit gaat door tot de kogel voorbij de vijfde snede gaat en de vierde klok stopt. Zo wordt gemeten wat de tijdsduur is van snede tot snede, dus de tijdsduur op ieder traject.

Voordat je begint met meten moeten de klokken door middel van de knop “**STOP**” stil gezet worden en door middel van de knop “**NULL**” op nul gezet worden.

3: Meet de afstand tussen de snedes.

4: Schiet de kogel weer af (veer indrukken tot de streep) en meet hoe lang er over ieder traject gedaan wordt. Laat in je tabel kolommen over voor het verwerken van je meetresultaten.

5: Maak van de meetresultaten een plaats-tijd grafiek. De tijd staat horizontaal.

6: Vul je tabel aan met een kolom met de gemiddelde snelheid over ieder traject en het tijdstip halverwege het traject.

7: Maak een snelheids-tijd grafiek. De tijd staat horizontaal en gebruik voor de tijd de tijden halverwege ieder traject. Je meet immers de gemiddelde snelheden over ieder traject en niet een begin of eindsnelheid.

8: Plaats de meet-rails nu schuin en herhaal bovenstaande metingen. Nu laat je de kogel net voor de eerste snede los. Dan is de beginsnelheid gelijk aan 0 m/s en heb je een extra meetpunt. Bereken ook de gemiddelde snelheden.

9: Teken in de plaats-tijd en snelheids-tijd grafiek ook de meetgegevens van de schuine baan (in een andere kleur).

10: Klopt je voorspelling met je meting?