

Op weg naar een zelfstandig Experimenteel Onderzoek

Voortgezet Onderwijs

*Natuur-/Scheikunde,
Biologie 2e Fase*

S | L | O

specialisten in leerplanontwikkeling

Op weg naar een zelfstandig Experimenteel Onderzoek

Voortgezet Onderwijs

*Natuur-/Scheikunde,
Biologie 2e Fase* Ada Bax, Iris Bijl, Twan Brouwers,
Frans Carelsen, Fer Coenders,
Wout Davids, Frits Gravenberch,
Hans Morélis, Maarten Pieters en
Peter Timmermans

S | L | O

—
specialisten in leerplanontwikkeling

Verantwoording

© 1998 Instituut voor leerplanontwikkeling (SLO), Enschede

Alle rechten voorbehouden. Mits de bron wordt vermeld is het toegestaan om zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren dan wel op andere wijze te verveelvoudigen.

Auteurs: Ada Bax, Iris Bijl, Twan Brouwers, Frans Carelsen, Fer Coenders,
Wout Davids, Frits Gravenberch, Hans Morélis, Maarten Pieters en
Peter Timmermans
Eindredactie: Fer Coenders
Vormgeving: Francien Morshuis
Druk: SLO

Besteladres

SLO, specialisten in leerplanontwikkeling
Afdeling Verkoop
Postbus 2041, 7500 CA Enschede
Telefoon (053) 4840 305

AN: 4.330.7861

Inhoud

1.	Inleiding	7
2.	EXO en het leerproces	11
2.1	Leeractiviteiten en onderzoeksvaardigheden in EXO	11
2.2	Begripsontwikkeling	11
2.3	Practicum en experimenteel onderzoek	12
3.	Aandachtspunten voor de start	15
3.1	Tijd	15
3.2	Leerling instructies	15
3.3	Samenwerking van leerlingen	15
3.4	Stappenplan en overlegmomenten	15
3.5	Begeleiding en begeleidingsstijlen	17
3.6	Het logboek	19
3.7	De rol van de TOA	20
3.8	Verschillen tussen havo en vwo en tussen de profielen	21
4.	Aan het werk	23
4.1	Vorbereiding van het onderzoek	23
4.2	Uitvoering van het onderzoek	26
4.3	Verwerking van de resultaten	27
4.4	Verslaggeving en reflectie	28
5.	Beoordeling van EXO	29
6.	Nuttige informatie	33
6.1	Nuttige literatuur	33
6.2	Nuttige internet sites	34
6.3	Nuttige adressen	35
Bijlage 1	Eigen experimenteel onderzoek, S.G. Marianum	37
Bijlage 2	EXO-logboek, KUN	40
Bijlage 3	EXO, Overbetuwe College	51
Bijlage 4	Routebeschrijving praktische opdracht, Cito	62
Bijlage 5	Rol van de T.O.A.	64
Bijlage 6	Hulp aan leerlingen bij keuze onderwerp	65
Bijlage 7	Hulp aan leerlingen bij vaststellen onderzoeksvraag	68
Bijlage 8	Verslag, S.G. Marianum	69
Bijlage 9	Verslag, waaruit bestaat dat?	72
Bijlage 10	Suggesties voor een EXO nagesprek	73
Bijlage 11	Observatieschema voor mondelinge presentaties	74
Bijlage 12	Beoordeling open onderzoek natuurkunde, Stabrecht College	75
Bijlage 13	Beoordeling zelfstandig onderzoek, Ichthus College	78
Bijlage 14	Beoordelingsformulier EXO, O.S.G. Winkler Prins	79
Bijlage 15	Beoordelingslijst, St. Jans Lyceum en Linge College	80
Bijlage 16	Beoordeling EXO, Stedelijk Gymnasium Nijmegen	82
Bijlage 17	Beoordeling EXO bij scheikunde, Gymnasium Beekvliet	83
Bijlage 18	Formulieren, O.S.G. De Groene Driehoek	86
Bijlage 19	Kenmerken ideale EXO, SLO	88
Bijlage 20	Vaardigheden	89
Bijlage 21	Suggesties voor EXO	99

1. Inleiding

In de schoolonderzoekregelingen van veel scholen komen nu al open practicumopdrachten en eigen onderzoek voor. Onder Eigen Experimenteel Onderzoek (afgekort EXO) verstaan we natuurwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd door leerlingen waarbij zij een antwoord proberen te vinden op een door henzelf gestelde vraag en waarbij het initiatief en de verantwoordelijkheid zoveel mogelijk bij de leerlingen ligt. Dit betekent dat de leerlingen het volledige onderzoeksproces, van onderwerp kiezen tot verslag doen, zelf zoveel mogelijk invullen. Uiteraard is daar assistentie bij nodig die kan komen van de docent of de TOA. EXO, zoals dat nu bij de vakken biologie, scheikunde en natuurkunde kan worden uitgevoerd, biedt docent en TOA een goede voorbereiding op praktische opdrachten¹ die in het kader van het studiehuis zullen moeten worden uitgevoerd.

De auteurs van dit boekje beogen in de eerste plaats docenten hulp te bieden bij het begeleiden van hun leerlingen bij de voorbereiding op en de uitvoering van een EXO, en bij het beoordelen van EXO's in een studiehuis kader. Er worden suggesties gedaan om in een programma 'onderzoek doen' als doorgaande lijn op te nemen. Het boekje bevat voorbeelden en aanbevelingen die zijn ontleend aan de praktijk van docenten die al enige jaren ervaring hebben met zelfstandig experimenteel onderzoek van hun leerlingen. In de tekst maar met name in de bijlagen zijn verwijzingen te vinden naar bronnen die u zou kunnen raadplegen.

Aangezien deze publicatie ook op diskette wordt aangeboden kunt u relevante delen ophalen en met een tekstverwerker aan uw eigen situatie aanpassen.

Dit boekje is bedoeld voor docenten en TOA's en kan ook nuttig zijn voor bijvoorbeeld onderwijsverzorgers, methode-auteurs, lerarenopleiders, leerplanontwikkelaars, onderwijsbegeleiders en toetsontwikkelaars.

Vaardigheden in het studiehuis

In het studiehuis moet ongeveer 15% van de beschikbare tijd aan het oefenen van vaardigheden worden besteed. Bij de keuze van vaardigheden is mede gelet op wensen uit het hoger onderwijs. De eindtermen die betrekking hebben op vaardigheden zijn bij elkaar geplaatst in een apart domein². Voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde, en ook voor het vak algemene natuurwetenschappen uit het gemeenschappelijke deel, zijn de formuleringen gelijkloidend, alleen het specificatieniveau verschilt op enkele plaatsen. Het gaat om de volgende zeven onderdelen:

- Taalgebruik, waaronder mondeling en schriftelijk kunnen rapporteren zoals verslag doen;

¹ Onder praktische vaardigheden verstaan we hier in principe alle leeractiviteiten waarbij sprake is van experimenten die leerlingen zelf uitvoeren.

² Zie de 'Voorlichtingsbrochures havo/vwo.'

- Rekenen en wiskunde, waaronder het uitvoeren van berekeningen met bekende grootheden en relaties in de juiste eenheden en met de juiste significantie;
- Omgaan met informatie, waaronder omgaan met bronnen zoals literatuur, omgaan met gegevens aan de hand van diagrammen, tabellen, schema's, grafieken, analyseren en verwerken van meetresultaten, beoordelen van de betrouwbaarheid van gegevens, en gebruik maken van ICT³;
- Omgaan met materiaal, waaronder ICT en het verantwoord omgaan met stoffen, instrumenten en organismen;
- Techniek, waaronder het maken van een ontwerp voor het oplossen van een praktisch probleem en dit na afloop evalueren;
- Natuurwetenschappelijk onderzoek;
- Oriëntatie op maatschappij, studie en beroep.

Het onderdeel natuurwetenschappelijk onderzoek is uitgewerkt in de eindtermen 35 t/m 43, die als volgt luiden:

35. een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren
36. verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis
37. een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag
38. hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren
39. vaststellen van prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren
40. een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
41. relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen
42. conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek
43. oplossing, onderzoeksgegevens, resultaat en conclusies evalueren

In de examenregeling staat dat alle leerlingen een schoolexamen (SE) doen waarover een examendossier wordt samengesteld. Het examendossier is een map met documentatie van hetgeen een leerling in het kader van zijn schoolexamen heeft gedaan, tezamen met de bijbehorende beoordelingen en toetsen. Het schoolexamen heeft 4 onderdelen, te weten

- a. Schriftelijke toetsen over de vakinhoud. Dit is vergelijkbaar met de huidige schriftelijke schoolonderzoeken en maakt in totaal 60 % van het SE cijfer uit; dit percentage wordt over drie jaar verlaagd naar 40 %.
- b. Praktische opdrachten, waaronder uitdrukkelijk uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek (zie de eindtermen A 35 t/m 43), maken van een technisch ontwerp, gebruiken van ICT, literatuuronderzoek en een standpunt kunnen in nemen en verdedigen over een thema dat verband houdt met het desbetreffende vak. Dit onderdeel zal gedurende drie jaar 40 % van het SE cijfer uitmaken en daarna 60 %.
- c. Een zogenaamd profielwerkstuk bestaande uit een uitgebreide praktische opdracht (zie b) waar tenminste twee vakken uit het profiel bij betrokken

³ ICT staat voor Informatie- en Communicatie Technologie. Het omvat een veelheid van toepassingen waarbij de computer een rol speelt: tekstverwerken, raadplegen van elektronische kaartenbakken (database), gebruik maken van geautomatiseerde zoeksystemen, meten met sensoren, grafische verwerking van gegevens, processen sturen/regelen, natuurwetenschappelijke verschijnselen simuleren aan de hand van modellen, rekenkundige bewerkingen uitvoeren zoals spreadsheet (Rekenvel), communiceren via netwerken, raadplegen van Internet en multimediale presentaties.

- zijn. Voor havo gaat het om 40 - 80 SLU, voor vwo om 80 SLU. Er wordt geen cijfer voor gegeven. Het moet voldoende of goed uitgevoerd worden.
- d. Het zogenaamde handelingsdeel: activiteiten waaruit blijkt dat leerlingen zich hebben georiënteerd op de impact van het vak voor maatschappij, studie en beroep. Dit moet naar behoren gebeuren.

Onderzoek doen maakt in ieder geval dus deel uit van de onderdelen b en c en uit de toegemeten studielast en de weging in het SE cijfer blijkt dat het experimentele onderzoek van leerlingen in het schoolexamen van de toekomst van veel groter belang is dan dat nu in het schoolonderzoek het geval is. De formuleringen tonen aan dat er sprake moet zijn van zelf uitgevoerd onderzoek volgens de natuurwetenschappelijke aanpak. Vandaar de benaming EXO: eigen experimenteel onderzoek, waaronder we alle zelfstandige praktische experimentele opdrachten rekenen. Het gaat dus niet om simpele kookboekproeven. Het profielwerkstuk omvat ook een zelfstandige praktische opdracht maar hierbij zijn tenminste twee vakken uit het profiel betrokken. Het eigen experimenteel onderzoek biedt een mooi opstapje voor het profielwerkstuk. In beide zit immers een onderzoekscomponent. Het is te verwachten dat straks, in de nieuwe opzet van de 2e Fase, opdrachten voor een eigen experimenteel onderzoek zullen worden uitgebouwd en verbreed tot een profielwerkstuk, waarmee het ook duidelijk wordt dat het profielwerkstuk meer naar achteren in de examenklas komt te liggen.

In de examenregeling worden geen tijdstippen aangegeven waarop de praktische opdrachten en dus het EXO moeten worden uitgevoerd. In principe kan een docent dus al in klas 4 met het SE beginnen. De eis is wél dat het SE is afgerond voor de aanvang van het CE. Maar het ligt voor de hand dat de beoordeling van onderzoeksvaardigheden pas plaatsvindt nadat deze vaardigheden zijn aangeleerd. Diagnostische toetsen om het (begin)niveau van leerlingen vast te stellen kunnen altijd gebruikt worden. Denk eraan dat een profielwerkstuk minimaal voldoende moet worden afgerond dus dat er tijd moet zijn voor leerlingen om stukken te repareren of aan te vullen.

Conclusie: in het programma van de school, dus het leerplan, zal aandacht besteed moeten worden aan het op een systematische manier aanleren en opbouwen van onderzoeksvaardigheden. Er moet dus een leerlijn uitgestippeld worden waarbij leerlingen gaande van het begin van de brugklas tot het eindexamen geleidelijk aan gebracht worden naar het zelfstandig voorbereiden, uitvoeren en evalueren van een natuurwetenschappelijk onderzoek. Omdat er tijd nodig is voor dit aanleerproces is het redelijk dat het beoordelen van vaardigheden m.b.t. het zelfstandig experimenteel onderzoek pas na enige tijd plaats vindt.

2. EXO en het leerproces

2.1 Leeractiviteiten en onderzoeksvaardigheden in EXO

In het studiehuis ligt de verantwoordelijkheid voor het stellen van onderzoeksvragen en het structureren van informatie meer dan voorheen bij de leerlingen. De ervaringen uit het vervolgonderwijs hebben tot deze verschuiving geleid. Een klacht is daar dat studenten gewend zijn geraakt bij de hand genomen te worden in het voortgezet onderwijs. Een belangrijk doel van het studiehuis is dan ook om leerlingen te helpen bij de zogenaamde “onderzoeksvaardigheden”. Dit betekent bijvoorbeeld dat leerlingen zelf goede onderzoeksvragen moeten leren bedenken en formuleren. Hierbij zullen ze zelf een werkplan moeten opstellen, geschikt om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Er is natuurlijk verschil tussen vaardigheden als uit het hoofd leren rekenen en met wiskundige symbolen werken enerzijds, en vaardigheden als meters aflezen, en materiaal hanteren anderzijds. Maar vaardigheden als informatie verzamelen, structureren, plannen, reflecteren, presenteren zijn niet alleen van belang voor natuurwetenschappelijke practica of veldwerk. Ook in het verwerven en verwerken van kennis langs verschillende wegen zoals werken met een boek, of met audiovisuele of met elektronische media spelen dit soort vaardigheden een cruciale rol. Met andere woorden, door de verwantschap tussen “leren” en “onderzoek doen” kan open onderzoek juist goed bijdragen tot het leren zelfstandig te leren – een belangrijk doel in het studiehuis.

2.2 Begripsontwikkeling

Een spannende vraag blijft natuurlijk in hoeverre onderzoek door leerlingen uitgevoerd, bijdraagt aan de ontwikkeling van hun inzicht in de vakinhoud. Practica en veldwerk-activiteiten die we in het natuurwetenschappelijk onderwijs aanbieden helpen leerlingen in elk geval om verschijnselen waar te nemen die als illustratie kunnen dienen van begrippen en theorieën. Meestal zijn die begrippen en theorieën al eerder aan de orde geweest en komt het voorspellen van verschijnselen en het toetsen door waarnemingen in wezen neer op een “deductieve stap”, een toepassing van de theorie dus.

Open onderzoek biedt meer ruimte aan de “inductieve weg”, aan het zoeken naar regelmatigheden en naar mogelijkheden tot generaliseren, maar eist daardoor meer van leerlingen dan de meer gesloten practica. Ons ideaalbeeld van het onderwijs is dat leerlingen door hun onderzoeksactiviteiten (in proeven, maar ook “op papier”) tegen vragen oplopen waarop zij eerst zelf een antwoord formuleren dat ze vervolgens confronteren met wat de ‘vakmensen’ erover gezegd hebben. Die benadering past in wat een *constructivistische* opvatting over begripsontwikkeling wordt genoemd. Een benadering waarin leerlingen zelf hun kennis, aan de hand van waarnemingen, reflectie daarop en confrontatie met de opvattingen van anderen, construeren. De docent speelt daarin vooral een vragende en bemiddelende rol, hij of zij is terughoudend met het -ongevraagd- geven van uitleg.

De praktijk is zeker weerbarstiger dan dit ideaalbeeld. Zo zullen veel vakbegrippen en -theorieën op een te complex stelsel van waarnemingen en experimenten berusten om langs zo’n inductieve weg door leerlingen geconstrueerd te kunnen worden. Als dat zou

moeten lukken zou een leerling een stuk van de geschiedenis van een wetenschap moeten overdoen.

2.3 Practicum en experimenteel onderzoek

Het ontwikkelen van vaardigheden bij leerlingen vraagt net zoals het ontwikkelen van inzicht in vakbegrippen, een systematische aanpak. Er moet sprake zijn van samenhang tussen de verschillende leeractiviteiten. De benodigde vaardigheden zullen geleidelijk moeten worden ontwikkeld waarbij logische opbouw en regelmatige oefening belangrijke aandachtspunten zijn. We spreken van leerlijnen. Aan de opzet van een leerlijn voor vaardigheidsontwikkeling kunnen verschillende uitgangspunten ten grondslag liggen. In het volgende gaan we hier nader op in.

2.3.1 Bronnen

Bij het uitstippelen van leerlijnen is het van belang om te letten op contexten en op inhouden, die passen bij de eigen onderwijsvisie. Bij onderwijsvisie kan gedacht worden aan een visie waarbij uitgegaan wordt van:

- a. de *leerling*, die nieuwsgierig is en een zelfbeeld ontwikkelt. Dit leidt tot voorkeur voor uitdagende studietaken. Als docent biedt u vaardigheden bij voorkeur geïntegreerd aan. Dat betekent niet dat er geen ruimte moet zijn voor het geïsoleerd aanbieden van bepaalde vaardigheden. Het betekent wel dat ernaar gestreefd wordt om het leerproces zoveel mogelijk plaats te laten vinden binnen contexten waarvan de leerling ook de zinvolheid kan inzien. Accenten liggen in de richting van:
 - de leerlingen de relevantie van het leerproces laten ervaren
 - de motivatie van de leerlingen
 - de leerlingen leren om zinvolle toepassingssituaties te herkennen,
- b. de *maatschappij* die interesse heeft in de jeugdigen van nu die zich ontwikkelen tot de burgers van straks. Dit leidt tot voorkeur om vaardigheden meer binnen educaties aan te leren. Als docent legt u meer nadruk op vormen van vaardigheidsontwikkeling die leiden tot blijvende veranderingen in gedragingen, in manifestaties en uitingen van leerlingen die zijn gericht op:
 - de voorbereiding op studie, beroep en maatschappij en persoonlijk leven
 - het verinnerlijken van het geleerde,
- c. het *culturele erfgoed* - 'het vak' - dat dient te worden overgedragen van de ene generatie op de andere. Dit leidt tot voorkeur voor het meer geïsoleerd aanleren van vaardigheden. Als docent zult u bij het denken over vaardigheden, bij de observatie van leerlingen en in het instructie- en begeleidingsproces nadruk leggen op het geïsoleerd aanbieden van vaardigheden. Maar natuurlijk wel als onderdeel van het leerproces als geheel! Accenten liggen in de richting van samenwerking met andere vakken over beoordeling van vorderingen, zowel in verband met overdracht van de leerlingen naar vakcollega's als bij de coördinatie tussen natuurwetenschappelijke vakken onderling.

Vanuit de school kan ervoor gekozen worden om bij de keuze van vakinhouden en doelen voor vaardigheidsontwikkeling ook uit te gaan van levensbeschouwelijke vraagstellingen. Kortom, in de praktijk is altijd sprake van accentverschillen en niet zozeer van absolute keuzen voor een van de hiervoor genoemde uitgangspunten.

2.3.2 Didactische aanpak

Verschillen tussen leerlijnen kunnen ook samenhangen met een voorkeur van de leraar voor een bepaalde vakdidactische opvatting over leren en onderwijzen, of voor bepaalde werkvormen.

Doceren of begeleiden

In principe kunt u er als docent voor kiezen ‘het vak’ aan de leerlingen over te willen dragen (een *overdrachtsdidactiek*) of uitgaan van de gedachte dat leerlingen zoveel mogelijk zelf zich de manier van denken en de werkwijze van het vak eigen dienen te maken (een *constructivistische* didactiek). Welke keuze u maakt hangt behalve van uw eigen voorkeur, ook af van de mate waarin de leerlingen er op een gegeven moment al aan toe zijn om (geheel) zelfstandig te opereren gezien de betreffende leerstof. Ook hier gaat het overigens niet om zwart-wit keuzen maar om de aanbeveling om in ieder geval een overwogen keuze te maken afhankelijk van de doelen die men wenst te bereiken en van de beginsituatie van de leerlingen.

Van gesloten naar open

Van gesloten naar open is een veel voorkomend adagium in de discussie over leerlijnen voor vaardigheidsontwikkeling. Bij nadere beschouwing blijken er wel verschillende ideeën aan dit uitgangspunt ten grondslag te kunnen liggen. Practica die opgenomen zijn in de huidige schoolboeken lijken vooral veel op recepten uit een kookboek. De leerling volgt de instructies nauwkeurig op en de gewenste waarnemingen en metingen kunnen worden gedaan. Dit soort practica dient om een theorie te verifiëren, om praktische vaardigheden te ontwikkelen of om onderzoeksmethoden te illustreren. Tussen deze kookboekpractica en EXO zullen leerlingen langzamerhand steeds minder sturing van de docent krijgen voor de verschillende stappen van een onderzoek. De volgende tabel geeft dit schematisch weer:

	kookboek-practicum	open practicum	EXO
Voorbereiding onderzoek:			
- onderwerp kiezen	docent	docent	leerling
- onderzoeksvraag opstellen	docent	docent	leerling
- achtergrond informatie zoeken	docent	docent + leerling	leerling
- onderzoeksplan opstellen	docent	leerling	leerling
Uitvoering onderzoek	leerling	leerling	leerling
Verwerking gegevens	leerling	leerling	leerling
Verslaggeving	leerling	leerling	leerling
Reflectie	vindt niet plaats	vindt niet plaats	leerling en docent

De tabel laat zien dat, als we kijken naar degene die een bepaalde stap uitvoert, de verschillen vooral zitten in de voorbereidingsfase en in de reflectie op onderzoek en proces.

Een ander belangrijk verschil zit in de sturing van het proces zelf: in kookboekpractica wordt het proces volledig gestuurd door de docent, in open practicum door docent en leerling samen en in EXO stuurt de leerling het proces zelf en stelt indien gewenst onderdelen bij, waarbij docent en TOA op de achtergrond aanwezig zijn voor assistentie.

Het aanleren van onderzoeksvaardigheden hoeft niet steeds te lopen van kookboek naar EXO. Apart inoefenen van verschillende stappen in een vroeg stadium is heel goed mogelijk. Bijvoorbeeld het laten opstellen van een onderzoeksvraag kan heel goed ‘droog’ worden geoefend!

3. Aandachtspunten voor de start

In dit hoofdstuk komen een aantal praktische zaken aan de orde die belangrijk zijn voor de docent bij de voorbereiding van EXO⁴. Het gaat hier vooral om die aspecten die een antwoord vragen voordat leerlingen aan een EXO beginnen zoals: hoe moet een leerlingen-logboek eruit gaan zien, welke begeleidingsstijlen onderscheiden we en wat voor instructies moeten leerlingen van tevoren krijgen. Ook aan de orde komen de verschillen tussen havo en vwo en tussen de profielen.

3.1 Tijd

Experimenten met EXO wijzen uit dat tijd één van de belangrijkste factoren is. Veel ervaren collega's geven aan dat vooral aan dit aspect zeer veel aandacht moet worden besteed. **Afbakening van de tijdsbesteding** (zowel goed plannen als managen!) bij leerlingen, docent en TOA is van essentieel belang. Voor de docent valt of staat het plezier in het afwickelen van EXO en het ieder jaar weer opnieuw de draad oppakken hiermee!

Vooraf een goede maar tevens flexibele planning maken is van zeer groot belang. Overleg met alle betrokkenen, zoals uw vakcollega's, uw collega's van verwante vakken (profielwerkstuk) en de TOA's is hierbij essentieel.

3.2 Leerling instructies

Leerlingen zullen over de gang van zaken rond een EXO voorgelicht moeten worden. Omdat er nogal wat verschillende aspecten aan de orde moeten komen is het raadzaam dit schriftelijk te doen. Het logboek kan in deze instructies worden opgenomen. De beoordelingscriteria, beoordelingsmomenten en de wijze van beoordelen kunnen ook worden opgenomen. In de bijlagen 1, 2 en 3 staan praktijkvoorbeelden van dergelijke instructies. In bijlage 4 staan de belangrijkste aandachtspunten voor een praktische experimentele opdracht bij elkaar.

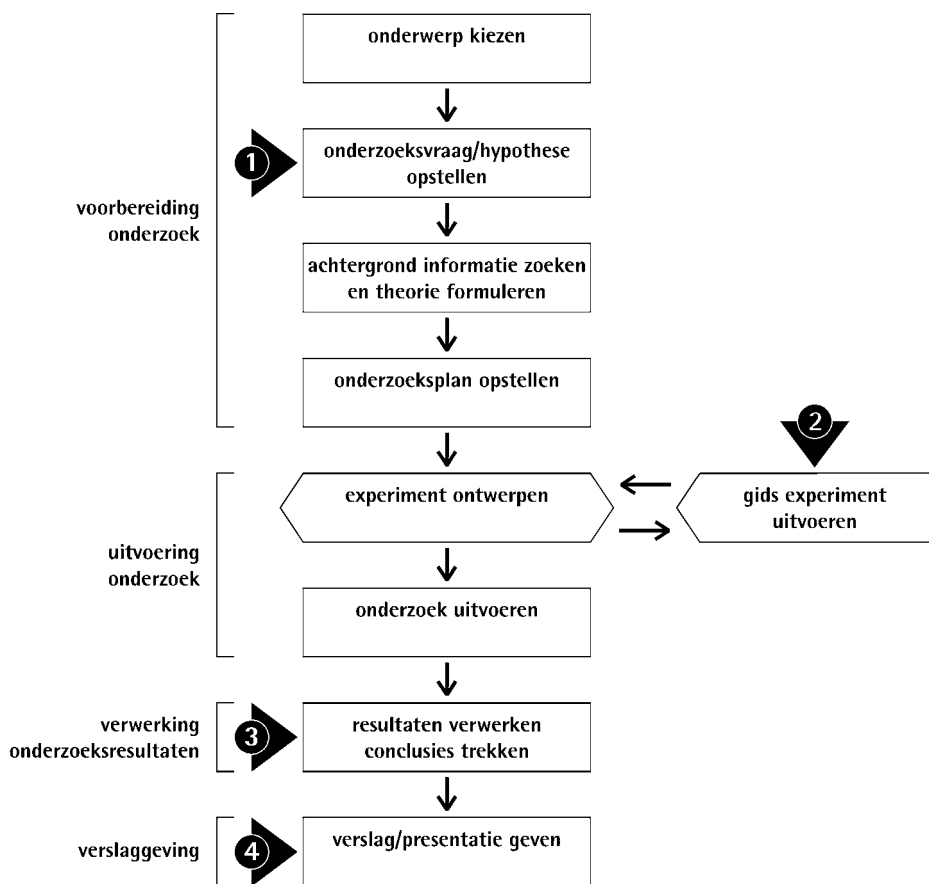
3.3 Samenwerking van leerlingen

Samenwerking kun je leren maar dat zal al moeten beginnen voordat een EXO wordt opgezet. Systematisch aandacht voor samenwerking en het ontwikkelen van samenwerkingsvaardigheden zal idealiter een proces zijn wat in de brugklas begint en doorloopt tot het examen. Er is onder andere door het APS goed bruikbaar materiaal ontwikkeld om hieraan te werken (Samenwerkend leren, zie Nuttige Literatuur). Tijdens het EXO is een van de taken van de docent het bewaken van de samenwerking.

3.4 Stappenplan en overlegmomenten

Het EXO is een activiteit waar leerlingen een behoorlijke tijd mee bezig zijn. Ze doorlopen in dat proces een aantal stappen. In de volgende figuur staan de stappen aangegeven die wij onderscheiden:

⁴ Voor *Technisch Ontwerpen* zal een aparte publicatie verschijnen. Deze wordt momenteel voorbereid door de projectgroep *Techniek van de SLO* en zal rond mei 1999 verschijnen.



Figuur 1. Stappenplan met overlegmomenten

Gezien de complexiteit van het hele proces en het feit dat leerlingen toch een beperkte tijd hebben voor het EXO is het aan te bevelen om op geregelde tijden overleg te voeren met de diverse groepjes. Uiteraard is het zo dat het logboek (in 3.6 komt het logboek uitgebreid ter sprake) ten allen tijde een indruk geeft van de stand van zaken voor een bepaalde groep leerlingen maar daarnaast is het verstandig van te voren overlegmomenten af te spreken. Dit kan op de volgende manier (zie de nummers in de figuur):

1. beoordelen van de onderzoeksvraag of hypothese. Het opstellen van een onderzoeksvraag blijkt voor veel leerlingen een lastige opdracht. Benodigde tijd: circa 20 minuten per groep.
2. beoordelen van het experiment of van het gidsexperiment. Benodigd materiaal en ruimte en ondersteuning van buiten school kan hierin ook eventueel aan de orde komen. Bij deze bespreking lijkt de aanwezigheid van de TOA zinvol. Tijd per groep: 20 minuten.
3. verwerking van de onderzoeksresultaten. Zodra leerlingen de resultaten 'ruw' verwerkt hebben en zicht hebben op conclusies lijkt overleg zinvol. Pas wel op dat u niet de rol van onderzoeker overneemt! Tijd per groep: 30 minuten.
4. eindbespreking van de verslaggeving. Hierbij hoort onlosmakelijk een persoonlijke reflectie op het doorlopen proces van onderzoek doen en op de samenwerking. Dit sluit het hele proces af. Tijd per groep: 15 minuten en voor de individuele reflectie nog eens 15 minuten per leerling.

3.5 Begeleiding en begeleidingsstijlen

Begeleiden kent twee kanten: een vakinhoudelijke en een procesmatige. Bij dat laatste valt te denken aan: stimuleren van de leerlingen, bewaken van de voortgang en bewaken van de samenwerking. De begeleiding van het proces zal altijd door docent of TOA worden gedaan. Voor vakinhoudelijke begeleiding kunt u eventueel de hulp inroepen van specialisten van buiten school. Dit kan zijn van universiteiten, bedrijven of instellingen. Soms kan dat betekenen dat uw leerlingen daar niet alleen hulp kunnen krijgen bij de theoretische aspecten maar ook gebruik kunnen maken van sommige faciliteiten zoals apparatuur.

Docenten dragen twee petten: die van begeleider en die van beoordelaar. Zowel voor uzelf als voor de leerlingen is het van groot belang dat steeds duidelijk is of u in de rol van beoordelaar of van begeleider optreedt. In hoofdstuk 5 zullen we nader op beoordelen ingaan, hier bekijken we het begeleiden.

Bij begeleidingsstijlen kunnen we een onderscheid maken tussen:

1. de vormgeving van de begeleiding. Hier staat aan de ene kant de begeleider die *improviserend* te werk gaat aan de hand van situaties die zich voordoen in contact met de groepjes leerlingen. Aan de andere kant staat de begeleider die van tevoren geanalyseerd heeft langs welke leerroute de leerlingen *voorgestructureerd* de relevante vaardigheden kunnen leren.
2. de begeleidings relatie. Aan de ene kant bevindt zich de begeleider die aanvult, er van uitgaande dat de een weet wat de ander niet weet. We noemen dit een *hiërarchische* dimensie. Aan de andere kant staat de begeleider die samen met de leerlingen kijkt of tot iets goeds gekomen kan worden door de ideeën naast elkaar te leggen. Hier is *participatie* de handelingsbasis.

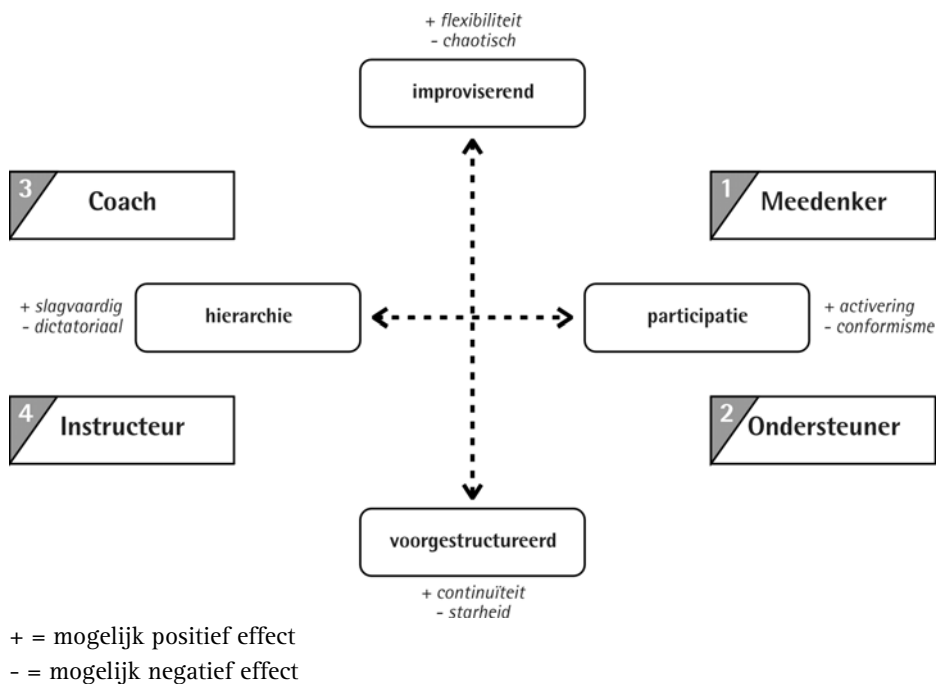
Het onderscheid tussen vakinhoudelijke en procesmatige begeleiding is van belang voor de vraag wie stuurt, de docent/TOA en/of de leerling(en). Hoewel de docent/TOA uiteindelijk verantwoordelijk is voor de begeleiding van het proces van samenwerken van de leerlingen wil dat nog niet zeggen dat deze daarom ook steeds zowel de vakinhoud van het onderzoek als de werkwijze van de leerlingen bepaalt.

We onderscheiden de volgende vier begeleidersrollen:

1. de meedenker
2. de ondersteuner
3. de coach
4. de instructeur

Iedereen zal zich bij deze “rollen” wel iets anders voorstellen en daarom geven we per type begeleider de kenmerken die wat ons betreft het meest in het oog springen. In het schema in figuur 2 worden de vier typen begeleiding nader gekarakteriseerd.

1. **De Meedenker**, laat in grote mate vakinhoud en werkwijze (kortweg het proces) aan de leerlingen over en voert met hen overleg met als uitgangspunt dat leerlingen minstens zo goed als een docent/TOA kunnen bepalen wat waard is om te leren en wat leerzaam in het proces is.
2. **De Ondersteuner**, legt leerlingen mogelijke keuzen wat betreft het proces voor, waarna de leerlingen vervolgens zelf een keus maken waar ze zich dan in principe ook aan moeten houden.
2. **De Coach**, bepaalt zelf de vakinhoud en beïnvloedt de werkwijze via bindende aanwijzingen.
4. **De Instructeur**, schrijft zowel vakinhoud als werkwijze voor.



Figuur 2. Rollen in de begeleiding

De mogelijke positieve en negatieve effecten staan in de figuur vermeld en zijn op deze manier indirect gekoppeld aan de vier rollen.

Zo kan als voorbeeld de meedenker eerder dan een ander te maken krijgen met de positieve en negatieve aspecten van het improviserende en participerende karakter van zijn of haar opstelling.

Wat ons betreft gaat het er niet om dat een docent/TOA een keuze voor één van deze opstellingen dient te maken, maar meer dat men als begeleider zich op alle vier manieren moet kunnen opstellen afhankelijk van de eisen die de begeleidingssituatie stelt zoals:

- de beginsituatie: gaat het om sterke of zwakke leerlingen, hoe complex is het onderwerp voor deze leerling(en)
- welke vaardigheden moeten deze leerlingen nog onder de knie krijgen
- de tijdsdruk waarbinnen het onderzoek moet plaats vinden en (daarmee) de ruimte die beschikbaar is voor reflectie
- de eigen ervaring van de docent/TOA met de betreffende vakinhoud of de gekozen werkwijze
- de fase van ontwikkeling wat betreft het onderzoek doen waarin de leerlingen zich bevinden.

Het is in ieder geval van belang om steeds bewuste keuzes te maken welke rol u welk moment wilt spelen. Bij bijvoorbeeld bij het doorlezen van het logboek ter voorbereiding van een begeleidingsgesprek, is het goed van te voren te bedenken op welke van de vier genoemde rollen u het accent wilt leggen. En misschien wilt u het een volgende keer wel anders doen?

Tot slot

Leerlingen hebben verschillende leeroriëntaties. Intern georiënteerde leerlingen willen leren door zelfreflectie op eigen ervaringen. Extern georiënteerde leerlingen daarentegen willen aanwijzingen, houvast en tips van de docent. Vooral deze laatste groep zal in het begin van een EXO van de begeleider meer sturing vragen. Die sturing

kan geleidelijk worden afgebouwd na het creëren van voldoende houvast en vertrouwen.

3.6 Het logboek

Het woord logboek kan gemakkelijk tot spraakverwarring leiden. Bij het vak ANW wordt een logboek alleen gebruikt als reflectie instrument. Hier verstaan we onder logboek een combinatie van labjournaal en reflectie instrument. Alles wat met een EXO te maken heeft, van het kiezen van een onderwerp tot en met alle metingen, moet worden opgenomen.

Een logboek kent 5 functies:

- registratie, van onderzoeksvraag tot en met reflectie;
- communicatie, tussen docent en leerlingen en TOA;
- controle, zowel voor leerlingen als docent en TOA;
- beoordeling;
- reflectie.

Hieronder zullen we eerst aangeven wat het doel van een leerlingen logboek kan zijn voor de docent als begeleider, voor de docent als beoordelaar en voor de leerling waarna we naar voorbeelden van logboeken zullen kijken.

3.6.1 Doel van een logboek voor de docent als begeleider

Een leerlingen-logboek maakt het voor de docent als begeleider mogelijk overzicht te behouden over het eigen onderzoek van leerlingen. Daarnaast biedt een logboek voor de begeleider een mogelijkheid om feedback te geven op leerlingen zonder daarmee steeds direct contact te hebben. In het logboek kan daarvoor ruimte worden gereserveerd voor aantekeningen van de begeleider. Dit kan motiverend werken omdat leerlingen de betrokkenheid van de docent onmiddellijk zien. Uiteraard kan deze feedback vakinhoudelijk van aard zijn of betrekking hebben op het proces van onderzoek doen. Het is aan te raden om de logboeken op een vaste plaats op school te laten plaatsen zodat ze makkelijk toegankelijk zijn zowel voor uzelf als voor de TOA maar ook voor individuele leerlingen (mocht iemand ziek zijn!).

3.6.2 Doel van een logboek voor de docent als beoordelaar

Het logboek kan ook dienst doen om het doorlopen proces te beoordelen. De momenten waarop beoordeling zal plaats vinden en de criteria die hierbij gebruikt worden zullen wel vooraf aan de leerlingen bekend gemaakt moeten worden. Het is goed zich te realiseren dat het beoordelen van het logboek zowel een positieve als een negatieve zijde heeft: positief omdat het leerlingen zal aansporen systematisch alle vorderingen bij te houden aangezien ze worden beoordeeld, negatief omdat leerlingen bang zouden kunnen zijn alles op te schrijven omdat ze geen “fouten” of “verkeerde ideeën” in hun logboek willen hebben.

3.6.3 Doel van een logboek voor leerlingen

In een logboek wordt het volledig doorlopen proces bijgehouden. Dat betekent dat alles wat voor het EXO relevant is erin wordt opgetekend. Grote voordeel daarvan is dat niets verloren gaat en dat er na enige tijd nog kan worden teruggelezen. Ideeën die in een eerder stadium zijn besproken zouden later belangrijk kunnen blijken. Vastgelegde werkverdelingen en afspraken zijn eenvoudiger te controleren en na te komen. Alle meetresultaten staan bij elkaar en gaan niet verloren. Daarnaast biedt een logboek mogelijkheden om suggesties en commentaar te krijgen.

3.6.4 Wat moet er in een logboek komen te staan?

Traditioneel worden logboeken in het laboratorium gebruikt om informatie in vast te leggen die als basis kan dienen om beslissingen om actie te ondernemen te kunnen onderbouwen. We kunnen leerlingen het logboek tijdens een EXO op meerdere manieren leren te gebruiken.

In een EXO-logboek zouden de volgende punten aan bod kunnen komen:

- ◆ de tijdsplanning
- ◆ de manier van gegevens verzamelen
- ◆ alle gegevens en resultaten van onderzoek (alle meetgegevens maar ook de knelpunten, problemen enz.)
- ◆ de manier van steun voor de begeleiding
- ◆ mogelijkheden voor continue evaluatie en reflectie
- ◆ mogelijkheden voor controle, inclusief beoordelingsmogelijkheden

Aan de hand van zo'n lijstje kunt u als docent het logboek zo uitgebreid maken als u zelf wilt. Van Haren bijvoorbeeld (zie bijlage 2) heeft een zeer uitgebreid en zeer goed sturend logboek ontworpen dat u aan uw leerlingen als voorbeeld zou kunnen geven. In bijlage 3 staat een voorbeeld van een minder structurerend logboek. U kunt de leerlingen ook zelf een opzet voor een logboek laten maken en, na dat met ze te hebben besproken, laten gebruiken bij hun EXO. Zo'n bespreking is zeker nodig bij leerlingen die de zelfreflectie nog niet beheersen.

Overigens is een goede en regelmatig terugkerende (liefst schriftelijk gegeven) feedback een absolute noodzaak als u zelfreflectie als doelstelling van het EXO beschouwt. Dit is op zich een hele klus maar het leereffect voor de begeleidende/beoordelende docent, die zelf ook wat reflectie kan "hebben", is zeer groot. Dat kan simpel door zichzelf als docent tussen de bedrijven door vragen te stellen in de trant van: Waar zitten bij mij de "begeleidingshiaten"? en Wat ga ik aan die hiaten doen?. Daarnaast is overleg met collega's erg nuttig. Dus misschien is het bijhouden van een logboekje van uw eigen handelen een nuttige suggestie?

3.7 De rol van de TOA

Aangezien de TOA regelmatig en vaker beschikbaar is dan de docent is het de aangewezen persoon voor de praktische begeleiding. De TOA kan alleen of in samenwerking met andere TOA's op school de volgende taken vervullen:

- Informatie geven over aanwezige apparatuur, materialen en chemicaliën die voor een EXO gebruikt kunnen worden.
- Uitgifte en inname van materialen verzorgen en de bijbehorende administratie bijhouden.
- Instructie geven over apparatuur en materialen waar leerlingen nog niet voldoende vertrouwd mee zijn.
- Verlenen van praktische assistentie in de vorm van tips of demonstraties.
- Toewijzen van experimenteerplek en experimenteertijd.
- Aanwezig zijn tijdens metingen en daarbij vooral oog hebben voor veiligheidsaspecten.
- Stimuleren van de leerlingen, vooral tijdens de uitvoering.
- Een rol spelen in de beoordeling.

Opgemerkt moet worden dat de aansprakelijkheid van te voren duidelijk moet zijn. In principe is de docent aansprakelijk. Maak over deze kwestie goede afspraken binnen de school, zeker ook met de directie, en leg liefst een en ander schriftelijk vast.

Goede samenwerking tussen TOA's is voor vakoverstijgend EXO noodzakelijk. TOA's zouden onderling afspraken kunnen maken over aanwezigheid tijdens het praktische werk zodat ieder ook beschikbaar blijft voor andere werkzaamheden.

In bijlage 5 geven een aantal collega's aan wat bij hen op school de rol van de TOA is.

3.8 Verschillen tussen havo en vwo en tussen de profielen

Er zijn duidelijke verschillen tussen het havo- en het vwo examenprogramma. Havo leerlingen krijgen minder leerstof aangeboden en krijgen daarvoor ook minder tijd. Er is daardoor ook minder tijd beschikbaar voor het aanleren van vaardigheden en voor het uitvoeren van een EXO.

Daarnaast zal ook de motivatie ten opzichte van onderzoek doen anders zijn. Vwo leerlingen hebben meer affiniteit met wetenschappelijk onderzoek terwijl havisten praktischer zijn ingesteld; vwo leerlingen moeten ook worden voorbereid om in te stromen in het wetenschappelijk onderwijs terwijl havisten zich voorbereiden op een hbo vervolgopleiding.

Omdat havo leerlingen minder tijd voor een EXO ter beschikking hebben en een jaar minder hebben om vaardigheden te oefenen lijkt het gerechtvaardigd meer assistentie en sturing te verlenen.

Verschillen zullen niet alleen voorkomen tussen havo en vwo leerlingen maar zeker ook tussen leerlingen uit verschillende profielen. Leerlingen uit het profiel Natuur en Techniek zullen meer affiniteit en ervaring hebben met fysisch getinte onderwerpen en met het gebruiken en verwerken van meetgegevens dan leerlingen uit het profiel Natuur en Gezondheid. En dan is er ook nog de vrije ruimte! Kortom er zijn nogal wat verschillen tussen leerlingen.

Zonder dat het al te veel extra voorbereidingstijd kost is het mogelijk begeleiding 'op maat' te leveren. Denk daarbij maar aan:

Tijd: havisten hebben minder tijd en zullen daar in de opzet van hun onderzoek en in hun planning al rekening mee moeten houden. Minder tijd betekent tevens dat er minder mogelijkheden zijn om metingen te herhalen. Door vooral het proces van de voorbereiding onderzoek (onderwerp kiezen, onderzoeksvraag opstellen, plan opstellen, informatie zoeken) meer te structureren kan veel tijd worden gewonnen.

Leerlinginstructies: sterker voorgestructureerde instructies en logboek vergroten de kans op succes en kosten minder tijd. Havo leerlingen hebben ook een jaar minder om te leren samenwerken.

Begeleiding: het lijkt raadzaam om sommige leerlingen van dichterbij te begeleiden. Dat kan betekenen dat u niet volstaat met de vier overlegmomenten uit het stappenplan maar dat u met sommige leerlingen iedere week over hun vorderingen wilt praten. Uw begeleidersrol kan ook worden aangepast al naar gelang de motivatie, inzet en vaardigheden van de leerlingen. De rol als coach is veel meer sturend dan de rol als ondersteuner.

4. Aan het werk

Dit hoofdstuk geeft concrete informatie voor het begeleiden en ondersteunen van leerlingen tijdens het EXO. De indeling is conform het stappenplan van een EXO uit het vorige hoofdstuk: voorbereiding, uitvoering, verwerking en verslaggeving en reflectie.

4.1 Voorbereiding van het onderzoek

De voorbereiding is waarschijnlijk het lastigste deel van het onderzoek. Niet alleen vinden veel leerlingen het moeilijk om een onderwerp te kiezen maar ze zien ook tegen het onderzoek op. Zijn ze eenmaal op weg dan worden ze vaak gestimuleerd door hun eigen resultaten. De voorbereidingsfase valt uiteen in een viertal fasen die in de aangegeven volgorde moeten worden doorlopen.

4.1.1 Ideeën opdoen en onderwerp kiezen

Het kiezen van een onderwerp kan wel eens de moeilijkste stap van het hele onderzoek zijn. De volgende suggesties kunnen leerlingen bij deze fase helpen:

Baken op basis van bestaande interesses eerst een globaal onderzoeksveld af en stimuleer de leerlingen vervolgens om na te denken over (de natuurwetenschappelijke aspecten van) de volgende vragen:

1. Welke hobby's heb je?
2. Welke onderwerpen -bijvoorbeeld in natuurwetenschappelijke uitzendingen op TV- interesseren je?
3. Welke opdrachten/proeven uit het biologie-, natuurkunde-, en scheikundeboek lijken je geschikt voor verdieping en/of uitbreiding?
4. Welke krantenberichten nodigen je uit tot het doen van een onderzoek?
5. Welke eindexamenopgaven stimuleren tot het doen van een onderzoek? (Kijk eens in een examenbundel).
6. Welke (natuurwetenschappelijke) tijdschriften zoals bijvoorbeeld Kijk, Natuur en Techniek, NVOX, enz. leveren ideeën voor een EXO?
7. Met welke apparatuur/materiaal ben je gewend om te gaan?
8. Welke natuurverschijnselen interesseren je?
9. Zijn er nog ideeën te halen uit "suggesties voor verder onderzoek" in oude op school aanwezige verslagen?
10. Zijn er ideeën te halen uit suggesties van EXO onderzoek elders in het land (b.v. EXO steunpunt KUN, het boek β -blokker van de RU Groningen)

Een aardige werkvorm is om leerlingen in groepen waarin ze gaan werken onafhankelijk van elkaar een tiental onderwerpen op een velletje papier te laten schrijven. Vervolgens worden de lijstjes naar een ander groepslid doorgegeven, waarbij nu de opdracht luidt: Schrap vijf onderwerpen die je niet aanstaan. Opnieuw wordt de lijst nu doorgegeven en de opdracht luidt nu: Schrap er zoveel (die je niet aanstaan) tot er twee à drie overblijven. Tot slot wordt uit de overgebleven 4 t/m 9 onderwerpen er één gekozen, waar ze het in principe alle drie over eens moeten zien te worden.

Bijlage 6 laat zien hoe verschillende docenten hun leerlingen hulp bieden bij de keuze van het onderwerp.

4.1.2 Onderzoeksvraag of hypothese opstellen

Concretiseer de onderwerpkeuze door een probleemstelling, onderzoeksvraag of hypothese te laten definiëren. De voorwaarden waar ze zo veel mogelijk aan moeten voldoen zijn:

- a) Niet te algemeen.
- b) Beperkt zijn tot één probleem.
- c) Geen details aanwezig.
- d) Geen dubbelzinnigheden, er moet geen verwarring over de bedoeling ontstaan.
- e) Eenvoudig, beperkt (in de zin van haalbaar) en duidelijk.

Zie ook bijlage 7 waarin een aantal collega's van hun ervaring vertellen!

Voorbeelden van een aantal "niet-goede" vragen voor een EXO zijn:

1. Wat is de invloed van een concentratieverandering op een reactie?
(vraag is te algemeen, niet beperkt tot een probleem, te uitgebreid)
2. Wat is de invloed van de regen, wind en zon op de valsnelheid van een parachute?
(vraag is te algemeen, niet beperkt tot een probleem, onvoldoende afgebakend)
3. Hoeveel eikels vallen er gemiddeld per dag uit de eikenboom tegenover Pasteurstraat 21?
(vraag is te dubbelzinnig, niet goed haalbaar)
4. Waardoor wordt de hardheid in ons water veroorzaakt?
(vraag is te algemeen, niet eenduidig genoeg en niet haalbaar)

Er zijn verschillende soorten onderzoeksvragen:

- a. de **aandacht** vraag
heb je gezien dat
is je opgevallen dat.....
(toets een hypothese, bepaal een constante van een stof of materiaal)
- b. de **vergelijking** vraag
hoe verschillen A en B in
wat is sneller, actiever, sterker, meer
(vergelijk de samenstelling (kwalitatief of kwantitatief) van vergelijkbare producten)
- c. de **voorspel** vraag
wat zou er gebeuren als
(observeer een bepaald verschijnsel)
- d. de **samenhang** vraag
wat is het verband tussen
wat is de invloed van op
(Zoek een relatie tussen (een beperkt aantal) variabelen. Kies voor één variabele en onderzoek de invloed hiervan op het geheel.)

Waarom vragen zijn ongeschikt, daarop kun je het antwoord meestal alleen vinden door in een boek te kijken.

Zoeken naar is belangrijker dan *antwoord vinden op*.

Er zijn ook verschillende soorten **ontwerp**vragen:

- e. maak (synthetiseer) een bepaalde stof
synthetiseer
- f. ontwerp een apparaat
ontwerp, bouw en test een apparaat
- g. ontwerp een model
ontwerp en toets een model

Voorbeelden:

- Bij a: De polariteit van het oplosmiddel bepaalt bij chromatografie de loophoogte. Bepaal de brekingsindex van verschillende soorten glas.
- Bij b: In welke zuidvruchten zit in verhouding het meeste vitamine C?
- Bij c: Wat gebeurt er als verschillende soorten staal in zout water worden gelegd?
- Bij d: Wat is de invloed van de temperatuur op de snelheid van een bepaalde reactie?
- Bij e: Fabriceer een hoeveelheid van een fluoriserende stof.
- Bij f: Bouw een batterij die 1,5 volt spanning afgeeft.
- Bij g: Maak en toets een model van een zuiveringsinstallatie.

Tot slot een aardige methode: Laat alle leerlingen individueel de volgende vragen beantwoorden:

- a. Wat weet ik van (het onderwerp)?
- b. Wat zou daar aan onderzocht (veranderd, beïnvloed) kunnen worden?
- c. Wat heb ik daarvoor nodig, welke spullen?
- d. Hoe zou ik de invloed van de aangebrachte veranderingen kunnen nagaan (meten)?

Nadat elke leerling uit de groep deze vragen heeft beantwoord, moeten de leerlingen uit de groep proberen tot overeenstemming te komen over de onderzoeksvraag die ze willen gaan gebruiken.

4.1.3 Achtergrondinformatie en bijbehorende theorie opzoeken

Het gaat hier om informatie en theorie die direct met de onderzoeksvraag te maken heeft.

De volgende aanwijzingen voor de docent/TOA of voor de leerlingen blijken nuttig te zijn:

- a) Lokaliseer/inventariseer de leerstofonderwerpen (hoofdstukken) in de leerboeken die je als theoretische achtergrond verwacht nodig te hebben.
- b) Ga na welke theoretische achtergronden ontbreken en waar je denkt ze te kunnen vinden.
- c) Stel zo veel mogelijk literatuur beschikbaar en/of maak (met collega's van andere vakken of samen met leerlingen) een soort routewijzer door de mediatheek.
- d) Zoek via trefwoorden op Internet of ga naar speciale sites waar je denkt informatie te kunnen vinden.

4.1.4 Onderzoeksplan opstellen

Het onderzoeksplan of werkplan moet de leerling stimuleren om goed over de uitvoering van het EXO na te denken. Het moet zeker de volgende onderwerpen bevatten:

- I. Korte beschrijving van het gekozen onderwerp
- II. Onderzoeksvraag of hypothese
- III. Schets van de opstelling
- IV. Benodigde apparatuur, stoffen en materialen (gidsexperiment voorbereiden) en benodigde ruimte
- V. Veiligheidsaspecten: inventarisatie van gevaren en inschatten van risico's met overeenkomstig te nemen maatregelen
- VI. Verwachting van de meetresultaten
- VII. Een inschatting waar er problemen zullen opdoemen
- VIII. Manier waarop de metingen zullen worden verwerkt
- IX. Informatiebronnen die moeten worden geraadpleegd
- X. Tijdschema en taakverdeling (zover mogelijk)

Aanwijzingen voor leerlingen voor het opstellen van een onderzoeksplan kunnen heel goed in een logboek worden opgenomen.

4.2 Uitvoering van het onderzoek

Indien een gidsexperiment was voorzien zal dit eerst moeten worden gedaan. De resultaten hiervan bepalen of het onderzoek zoals gepland kan worden uitgevoerd of dat de onderzoeksvraag en daarna het onderzoeksplan moeten worden bijgesteld.

Tijdens de feitelijke uitvoering van EXO's zijn de volgende punten van belang:

4.2.1 Organisatie en begeleiding

Omdat elke school andere mogelijkheden en onmogelijkheden heeft, is het weinig zinvol om iets in het algemeen aan te raden. Daarom de volgende lijst met suggesties :

- * Probeer leerlingen met problemen te helpen een oplossing te vinden en geef niet (te gauw) zelf de oplossing! Denk aan de begeleidingsstijlen uit het vorige hoofdstuk.
- * Apparatuur en stoffen zijn vaak beperkt beschikbaar. Mogelijke oplossingen zijn:
 - De leerlingen laten reserveren bij de TOA, de spullen kunnen dan op tijd besteld worden.
 - Het jaar in periodes verdelen en leerlingen verdeeld over die periodes het praktische werk laten doen.
- * Reguleer het praktische werk door een beperkt aantal experimenteermiddagen vast te stellen. Een andere mogelijkheid is om de periode waarin praktisch gewerkt wordt te beperken tot bijvoorbeeld drie weken.
- * Maak afspraken over de financiën. Laat leerlingen verbruiksmateriaal zelf betalen of stel een bepaald bedrag per klas beschikbaar.
- * Beoordeel practicumvaardigheden niet tijdens het uitvoeren van de experimenten, de leerlingen hebben dan het idee dat ze meer hun eigen gang kunnen gaan. Bovendien is het haast een onmogelijke opgave om het op een goede manier te doen. Uiteindelijk kun je de practicumvaardigheden aan de hand van resultaten beoordelen. Zie voor beoordelen ook hoofdstuk 5.

Tot slot: de TOA speelt een heel belangrijke rol bij het goed verlopen van het praktische werk. Meestal is de TOA de tussenpersoon voor apparatuur, materiaal, chemicaliën en voor het verdelen van experimenteertijd.

Kortom een goede TOA is onmisbaar! (zie ook 3.7)

4.2.2 Gegevens vastleggen

Zoals eerder besproken is speelt het logboek een centrale rol bij het vastleggen van de gegevens, waarnemingen, resultaten enz.. Laat leerlingen alle resultaten vastleggen in het logboek, ook als ze denken dat er iets mis gegaan is tijdens het experiment. Dat laatste kunnen ze er dan bij vermelden zodat ze niet in de war raken. Het kan gebeuren dat leerlingen denken dat bepaalde waarnemingen of resultaten niet kunnen terwijl achteraf blijkt dat die toch juist hadden kunnen zijn. Ook alle knelpunten en problemen die voor leerlingen ontstaan tijdens de uitvoering van hun onderzoek zouden in het logboek moeten worden vastgelegd.

4.2.3 Veilig en milieubewust werken

De ARBO-wet die sinds 1 mei 1994 ook van kracht is in het onderwijs legt de verantwoordelijkheid voor veilig werken bij werkgevers en werknemers samen. Het schoolbestuur is verplicht personeel en leerlingen voldoende voorlichting over veilig werken te geven. De werknemers -hier docent, TOA en leerlingen- zijn verplicht de

nodige voorzichtigheid en zorgvuldigheid in acht te nemen. Er zijn verschillende informatiebronnen beschikbaar over veilig en milieubewust werken:

- Het chemiekaartenboek. Dit boek bevat uitgebreide informatie over ongeveer 1000 stoffen. Het is eigenlijk geschreven voor laboratoria, industrie enz. en is niet erg toegankelijk voor leerlingen.
- Het boek Veilig Practicum. Dit is speciaal voor het onderwijs geschreven. Er worden meer dan 200 veel gebruikte stoffen in beschreven. Het bevat ook informatie over het omgaan met chemisch afval, de opslag van chemicaliën en wat te doen bij ongevalssituaties (ogen, inslikken, inademen, verbranding, morsen).
- Het BINAS-tabellenboek bevat tabellen met veiligheidsinformatie.
- De Veiligheidswandkaart. Dit is een poster die in ieder geval in het scheikunde lokaal moet hangen.
- Het bronnenboek van β -blokker bevat een practicumhandleiding die als kaartenbak gebruikt kan worden met informatie over o.a.: veiligheid, gezondheid, milieu, glaswerk, instrumenten, materialen, technieken, enz..

Er zijn voor het vak scheikunde de afgelopen tijd verschillende mogelijkheden ontwikkeld om milieubewust en kostenbewust te werken door met minder chemicaliën practicum te doen:

- a) Microschaalexperimenten, microschaalapparatuur is verkrijgbaar via de stichting C3
- b) Druppelproeven, ontwikkeld door Arne Mast en Aonne Kerkstra.

4.2.4 Praktisch werk buiten de school

- * Veldwerk (door Stichting Veldwerk Nederland in samenwerking met de SLO)
- * Contacten organiseren en begeleiden met mensen buiten de school.
Op hogescholen en universiteiten kunnen soms onderzoeken, metingen, bepalingen enz. gedaan worden zoals: meten van supergeleiding, bepaling van cafeïnegehalte in koffie, bacterie-onderzoek, enz.. Ook zijn er contacten met de industrie, allerlei instituten en overheidsinstellingen, bijvoorbeeld de keuringsdienst van waren, de waterschappen. Bovengenoemde contacten komen op verschillende manieren tot stand. Vaak zorgen de leerlingen er zelf voor, al dan niet via familie en kennissen. Soms gaat het initiatief uit van een universiteit of hogeschool.
- * Aan de TU Delft, bijvoorbeeld, kunnen leerlingen aan de Faculteit Elektrotechniek zelfstandig onderzoek doen, en de Universiteit van Eindhoven organiseert een werkweek voor leerlingen van 5vwo in de zomervakantie.
- * De afdeling Chemische Technologie van de Universiteit Twente heeft op het moment een samenwerkingsproject met middelbare scholen, waarbij leerlingen (school)onderzoek op de UT mogen doen.
- * Op de Katholieke Universiteit Nijmegen is een steunpunt EXO die alle mogelijke ondersteuning kan bieden.
- * De VNCI is een project gestart dat ten doel heeft contacten tussen de industrie en scholen te bevorderen.

4.3 Verwerking van de resultaten

Bij het interpreteren en verwerken van onderzoeksbevindingen zijn de volgende punten belangrijk:

- ◇ Verband leggen tussen oorzaak en gevolg
- ◇ Verband leggen en onderscheid maken tussen waarneming en conclusie
- ◇ Bewust zijn van betrouwbaarheid van conclusies i.v.m. mogelijke foutenbronnen en beperkingen of onzekerheden
- ◇ Voor conclusies mogelijke verklaringen bedenken

- ◇ Patroon, verband, wetmatigheid herkennen in waarnemingen
- ◇ Rekening houden met en kritische beschouwing geven van betrouwbaarheid van verklaringen
- ◇ Suggesties doen voor nader onderzoek ter onderbouwing van getrokken conclusies en/of opgestelde verklaringen
- ◇ Gebruik maken van hulpmiddelen ter verwerking van gegevens
- ◇ Adequate manieren van gegevensverwerking toepassen: tabel, schema, diagram, grafiek, tekening, gebruik maken van ICT

Met behulp van de tabel in bijlage 21 kunnen EXO opdrachten beoordeeld worden.

4.4 Verslaggeving en reflectie

Er zijn verschillende mogelijkheden voor de verslaggeving van een EXO. Leerlingen kunnen bijvoorbeeld een 'traditioneel' verslag schrijven, een tentoonstelling inrichten, een posterpresentatie met toelichting verzorgen, een artikel schrijven of een multimedia presentatie geven. Zie voor praktische informatie wat betreft verslaggeving het Handboek Vaardigheden (literatuurlijst).

Een schriftelijk werkstuk in de vorm van een verslag is een veelgebruikte manier van verslaggeving van de resultaten bij EXO. Bij het maken van een verslag leert de leerling probleemstellingen formuleren en beantwoorden. Hij/zij moet uit allerhande uiteenlopende informatie een samenhangend geheel maken. De leerling leert omgaan met verschillende bronnen van informatie, zoals boeken, instellingen, informatiecentrum en Internet.

Het is belangrijk dat de leerlingen van tevoren duidelijke richtlijnen voor het maken van het verslag krijgen. Dit kan ook in overleg met de leerlingen gebeuren. Een indeling zou bijvoorbeeld kunnen zijn: titel(pagina), inhoudsopgave, samenvatting, theorie, uitvoering experiment, resultaten, conclusies, eigen mening (met aanbevelingen voor vervolgonderzoek), bronvermelding, bijlagen. Voorbeelden van verslagen zoals die eruit zouden kunnen zien, zijn opgenomen in de bijlagen 8 en 9.

Welke vorm van verslaggeving ook wordt gekozen, in ieder geval zal het logboek er de basis voor moeten zijn en dus volledig ingevuld moeten worden!

De groepsleden dragen samen de verantwoordelijkheid voor het onderzoek. Daarom kan de verslaggeving van het onderzoek het beste per groep gebeuren.

Daarnaast is het aan te raden de leerlingen **individueel** een notitie te laten maken waarin ze terugkijken op het doorlopen onderzoek. In een dergelijke reflectie zouden de volgende twee aandachtspunten aan de orde moeten komen:

- het onderzoek zelf. Iedere leerling geeft voor zichzelf aan:
 - de belangrijkste leerpunten,
 - de waardevolle aspecten van het onderzoek,
 - de problemen die moesten worden opgelost tijdens het doorlopen proces,
 - wat hij of zij anders zou doen bij herhaling.
- de samenwerking. Iedere leerling geeft aan:
 - of hij of zij tevreden is over de samenwerking,
 - of hij of zij de samenwerking waardevol heeft gevonden en wat ervan is geleerd,
 - wat hij of zij anders zou doen bij herhaling.

In de beoordeling zal zowel de groepsverslaggeving als de individuele reflectie een rol spelen.

5. Beoordeling van EXO

Tijdens het uitvoeren van het eigen experimenteel onderzoek en in het traject dat eraan vooraf gaat, worden een aantal onderzoeksvaardigheden aangeleerd. In hoeverre deze vaardigheden door de leerlingen beheerst worden, zal uiteindelijk beoordeeld moeten worden door de docent. De docent heeft wat dat betreft een dubbelfunctie. Hij leert de leerlingen iets en beoordeelt ze. Goed is hierbij nogmaals op te merken dat aan iedere beoordelingssituatie een leer- of onderwijssituatie moet zijn voorafgegaan.

Bij het beoordelen van het EXO kunnen zich een aantal problemen voordoen. Zo kan het zijn dat de angst van docenten om onvoldoende objectief en eerlijk te zijn, ertoe leiden dat het hele onderzoeksproces wordt onderverdeeld in stapjes en deelstapjes zodat er zeer gedetailleerde criterialijsten ontstaan met honderden beoordelingscriteria. Zo een procedure kan onnodig tijdrovend zijn. Bovendien geeft een grove inschatting van het niveau van de vaardigheden vaak al een voldoende afspiegeling van de mate waarin de leerling deze beheerst.

De fraudegevoeligheid van EXO is een reden tot bezorgdheid voor veel docenten. Het logboek kan inzicht geven of de leerlingen het onderzoek zelf hebben uitgevoerd. Een goed ingevuld logboek zorgt ervoor dat het proces ook tijdens de uitvoering gevolgd kan worden. Laten de leerlingen het logboek op school staan dan kan de docent ook buiten de lessen om kijken hoe het EXO vordert.

Het is ook voor leerlingen belangrijk dat precies vast staat welke aspecten in de beoordeling worden betrokken en hoe zwaar ze meewegen in het uiteindelijke resultaat. In ieder geval zullen het logboek en verschillende onderdelen van het stappenplan bij de beoordeling een rol spelen.

Een voorbeeld van een beoordelingsnorm wordt hieronder gegeven. De vier stappen uit het stappenplan (voorbereiding, uitvoering, verwerking, verslaggeving, zie ook 2.3.2) en het logboek zullen een groepscijfer opleveren, de reflectie is een individuele bijdrage. In dit voorbeeld worden alle aspecten van het EXO even zwaar gewogen.

Vorbereiding onderzoek	15
Uitvoering onderzoek	15
Verwerking resultaten	15
Verslaggeving	15
Logboek	15
Reflectie	15
Totaal	90 punten

Opgemerkt moet worden dat er talloze alternatieven en variaties mogelijk zijn. Een van de alternatieven is dat iedere leerling begint met een 6. Pluspunten leiden tot verhoging van het cijfer; minpunten tot verlaging.

Ondanks de problemen die zich bij het beoordelen van EXO kunnen voordoen is het toch belangrijk dat de docent “onderzoek doen” beoordeelt. Hij of zij heeft niet alleen de verantwoordelijkheid dit te doen, ook is het voor veel leerlingen een extrinsieke

motivatie en bovendien is het bij veel scholen zo, dat je door het beoordelen van het onderzoek laat zien dat het belangrijk is.

Om twee redenen is het aan te bevelen om het beoordelen van EXO samen met een collega te doen. Ten eerste wordt de beoordeling minder subjectief als het door meerdere docenten wordt gedaan (overigens kan ook de TOA hierbij worden betrokken! Het zal de betrokkenheid van de TOA met het onderwijsproces versterken). Ten tweede is het een goede voorbereiding op het beoordelen van het profielwerkstuk wat, doordat een ander profielvak betrokken is, ook door een collega zal moeten worden beoordeeld.

Sluit een EXO af met een eindbespreking met zowel de groep (over onderzoek en verslag) als met de individuele leerlingen (over hun persoonlijke inbreng en reflectie). Voor de leerlingen is zo'n eindbespreking een laatste gelegenheid extra informatie te verschaffen. De docent kan de voorlopige beoordeling toelichten. In bijlage 10 zijn suggesties voor een EXO nagesprek opgenomen.

De volgende pagina's illustreren verschillende manieren van beoordelen. Bij Kees Tijdink, scheikunde docent op het Pallas Athene College te Ede inventariseren docent en TOA elke dag de activiteiten van de leerlingen en houden een eigen logboek bij. Bij de beoordeling bepalen de opzet en uitvoering voor 50% het cijfer. Het verslag en het individuele mondeling naar aanleiding van het verslag, bepalen ieder voor 25% het cijfer.

Ook een (individueel) mondeling kan helpen om duidelijk te krijgen of het onderzoek door de leerling zelf is uitgevoerd.

Als een docent leerlingen afzonderlijk wil beoordelen kan een logboek daar hulp bij bieden omdat het inzicht kan verschaffen in de rol van iedere leerling afzonderlijk.

Er zijn verschillende manieren om te toetsen. De leerling moet vooraf duidelijk weten op welke manier en wanneer getoetst gaat worden.

Een van de mogelijkheden is het afnemen van een schriftelijke toets, die op specifieke onderdelen van het onderzoek van de groep ingaat. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan door Frans Carelsen en Frits Gierveld van het Marianum te Groenlo. Een voordeel van een dergelijke toets is dat het toch een duidelijk beeld van de individuele inbreng geeft, die vervolgens dienovereenkomstig 'beloont' kan worden.

Andere mogelijkheden zijn het schrijven van een artikel, een tentoonstelling opzetten, een zelf gebouwd apparaat demonstreren, een diaprojectie of een videofilm maken. Voor mondelinge presentaties kan er gebruik worden gemaakt van een beoordelingslijst, in bijlage 11 is een voorbeeld van een dergelijke lijst opgenomen.

Omdat het aantal te beoordelen vaardigheden groot is (zie bijlage 20), is het handig om structuur aan te brengen.

Veel van de docenten maken gebruik van een beoordelingsformulier. In de bijlage zijn een aantal beoordelingsformulieren opgenomen. Van:

- * M. Penninx, docent natuurkunde op het Stabrecht College te Geldrop. Zie bijlage 12.
- * Y. Winkler, docent natuurkunde van het Ichthus College te Enschede, aan de hand van een checklist. Zie bijlage 13.
- * W. Kleefman, docent van de OSG Winkler Prins. Zie bijlage 14.

Bij M. Piederiet, docent scheikunde op de Philips van Horne SG te Weert komt het cijfer als volgt tot stand: 10 punten zijn er te behalen voor het initiatief bij de

voorbereiding en de uitvoering van het werk, en 10 punten voor het aantal geïnvesteerde uren (waarbij 20 uur ongeveer overeenkomt met 10 punten). Het totaal aantal behaalde punten wordt door 2 gedeeld om het cijfer te bepalen.

D. Brom, docent natuurkunde het St. Janslyceum te Den Bosch en E. van de Werf van het Lingecollege te Tiel gebruiken de methode volgens de NVON-werkgroep beoordeling open onderzoek. Bij deze lijst, die in bijlage 15 is opgenomen, vindt de beoordeling plaats via een vijftal fasen: het onderzoeksplan, de uitvoering, de modelleeropdracht, de verslaglegging en de evaluatie.

Wim Koninckx, docent biologie aan het Titus Brandsma lyceum te Oss over de uitvoering en beoordeling van EXO: de leerlingen werken in tweetallen. Van de proef wordt een verslag geschreven. De leerlingen voeren de proef op school uit als het op school kan. Als dit niet mogelijk is dan kan het ook thuis worden uitgevoerd, dan moet het verslag wel preciezer zijn. Er wordt geen cijfer voor het verslag gegeven maar het verslag is goed of niet goed. In het laatste geval zal (een deel van) het verslag over gedaan moeten worden. Dit is in de praktijk echter nog nooit voorgekomen, mede door de controle die docent tijdens de uitvoering kan blijven houden. Er moet aan de practicumisen worden voldaan zoals die geformuleerd zijn bij het practicum schoolonderzoek (WEB). De docent heeft, aan de hand van de punten hieruit, een opdracht gemaakt in begrijpelijke taal voor de leerlingen.

Op het Olympus College te Arnhem geeft Jan Rasing EXO bij het vak natuurkunde. De verslaglegging vindt plaats middels een verslag, hierbij wordt als leidraad het EXO logboek gebruikt. Het verslag is normaal gesproken 3 tot 10 pagina's lang, plus een bijlage.

In overleg tussen de natuurkunde docenten is destijds gekozen om vooral te letten op de volgende thema's, er wordt gekeken naar drie criteria:

1. De fysische diepgang; de moeilijkheidsgraad en de natuurkundige correctheid.
2. De uitvoering; de nauwkeurigheid, de inventiviteit, de experimentele vaardigheid en of de planning goed is verlopen.
3. Het verslag.

Voor alle drie de punten wordt een cijfer gegeven en dit cijfer wordt uiteindelijk door drie gedeeld. Dit cijfer telt mee voor het schoolonderzoek.

Behalve een cijfer krijgt de leerling ook een beoordelingsrapportje waar de beoordeling nog verder wordt toegelicht.

Om een hoog cijfer te kunnen krijgen is het belangrijk dat de leerling behoorlijk wat eigen inbreng heeft bij het onderzoek. Meestal liggen de cijfers rond de 6 à 7.

Deze manier van beoordelen kost wel redelijk wat tijd maar bevalt verder goed.

Verder is de beoordeling niet altijd even eenvoudig, de algemene indruk die het werkstuk geeft telt ook mee met de beoordeling. De gekozen manier van beoordelen kan erg tijdrovend zijn. Door de ervaring die de docent heeft in de beoordeling gaat het echter toch snel.

De docent houdt contact met de leerlingen door na elke fase aan de leerlingen te vragen de resultaten in te leveren. In de lessen kunnen de leerlingen ook altijd zelf nog komen met vragen over EXO.

Over de beoordeling van EXO vertelde Arnoud Pollmann van het Stedelijk Gymnasium te Nijmegen dat de tijdsplanning gedurende het proces telkens in de gaten wordt gehouden. Dit wordt afgetekend op een lijst. Het beoordelen is een continu proces; onderzoeksvraag formuleren, voorlopige opzet bespreken, metingen in het logboek bekijken, inleveren, bekijken van de werkwijze van leerlingen, enz.. Er wordt

uiteindelijk beoordeeld op drie hoofdpunten: de opzet, het uitvoeren van het experiment en het verslag. Het verslag is meestal schriftelijk, maar er worden ook posters gemaakt en zelfs een enkele keer een video verslag. Deze drie punten zijn weer verder opgedeeld en hiervan is een overzichtje opgenomen in het EXO logboek (zie bijlage 16). Voor elk onderdeel krijg je punten (30 per onderdeel + 10 punten). Het nadeel van deze manier van beoordelen is dat sommige sub-onderdelen niet altijd terug te vinden zijn. Behalve de puntennormering wordt er bij de beoordeling ook altijd een verhaaltje gevoegd met een algemene beoordeling gegeven in woorden. Als het cijfer bekend wordt gemaakt vindt er ook altijd een kort gesprekje van een minuut of vijf plaats met de leerlingen. Het duidelijk aangeven van hoe het cijfer bepaald is, is hierbij belangrijk. Behalve eventueel verdere toelichting op de beoordeling is het gesprekje ook belangrijk om de leerling wat erkenning te geven, om aan te geven dat het verslag goed bekeken is en dat de leerling goed gewerkt heeft.

Chris van Hout van het Overbetuwe College dat is gevestigd in Bommel vertelde over EXO dat bij natuurkunde de verslaglegging de vorm heeft van het schrijven van een artikel voor een populair wetenschappelijk tijdschrift. Dit gebeurt in samenwerking met de sectie Nederlands. In het artikel komen weer de punten terug die ook in verslag aan de orde komen, zoals: onderzoeksvraag, uitvoering en conclusie. De leerlingen weten dat dit zo is afgesproken.

De beoordeling vindt plaats via het beoordelingsformulier dat in de handleiding (logboek) is opgenomen (zie bijlage 3). De leerlingen weten dus van te voren al waar zij op beoordeeld gaan worden. Het beoordelingsformulier is in de loop van de tijd telkens aangepast om accenten te kunnen leggen op bepaalde vaardigheden. Bij de beoordeling is de gevolgde onderzoeksmethode heel belangrijk. Er wordt gekeken naar de betrouwbaarheid van de resultaten, zijn er voldoende controle proeven uitgevoerd, is er gewerkt met een blanco proef, en is het aangetoonde verschil wel significant? Om de leerlingen een idee te geven van wat onderzoek allemaal inhoudt wordt de videoband 'Spreeuwenwerk' van de Rijksvoorlichtingsdienst gedraaid, een televisie documentaire van de KRO televisie. De SLO heeft hier een publicatie over onderzoek doen bij gemaakt.

Op het verslag volgt een eerste beoordeling. Binnen twee weken volgt dan een mondeling van ongeveer een half uur. In dit mondeling kan de score worden verhoogd. Bij de beoordeling van het verslag is bij een aantal punten aangegeven dat de leerlingen hier nog iets kunnen rechtzetten dat misschien anders was bedoeld of iets kunnen aanvullen. Deze mogelijkheid zorgt ervoor dat het verslag niet te definitief is. Tot slot zijn in bijlage 17 en 18 nog een aantal beoordelingsformulieren opgenomen, niet in het minst om te laten zien dat er wat dit onderwerp betreft zeer veel mogelijkheden zijn.

6. Nuttige informatie

6.1 Nuttige literatuur

Titel: Natuurwetenschappen, een vakvertaling bij Onderwijskunde

Auteur: Van Driel, c.s.

Korte inhoud: In dit boekje geven de auteurs een vakdidactische vertaling van zaken uit de algemeen onderwijskundige literatuur voor de β -vakken.

Relevantie: Het boekje is van nut voor docenten en lerarenopleiders die zich vertrouwd willen maken met het algemeen onderwijskundige denkkader dat relevant is voor de Studiehuis-invoering.

Bronvermelding: Uitg. Wolters Noordhoff ISBN 90-01-26820-x

Titel: Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 1997, nr. 588

Korte inhoud: Inrichtingsbesluit vwo-havo-mavo-vbo, eindexamenbesluit vwo-havo-mavo-vbo i.v.m. invoering van profielen in het VO

Relevantie: Dit katern geeft de wettelijke wetteksten die onder de profielexamens liggen. Docenten en schoolleiders kunnen er hun voordeel mee doen bij het opstellen van schoolreglementen voor school- en centraalexamens.

Titel: Profielen 2^e Fase (BiNaSk). Handreiking voor de GEU

Auteur: SLO

Korte inhoud: Een door de SLO uitgebracht katern ter informatie van de methodeauteurs van de GEU n.a.v. het verschijnen van Adviesexamenprogramma's havo en vwo

Relevantie: In dit katern staan voorbeelden van leerplannen voor de binask-vakken die een hulp kunnen zijn bij het ontwikkelen van leerlijnen m.b.t. vaardigheden waarin 'het vak' centraal staat

Titel: Kamer in het Studiehuis. Onderzoekend leren bij de natuurwetenschappen

Auteur: W. Bustraan

Korte inhoud: Het eindverslag van het gelijknamig project

Relevantie: Bij het verslag zit o.m. een CD-Rom waarin de teksten in digitale vorm zijn gebundeld. Veel daarvan zijn zeer geschikt als lesmateriaal

Bronvermelding: APS

Titel: Software, een overzicht II. Van basisvorming tot eindexamen na-sk

Auteur: L. Heimel

Korte inhoud: Het boekje geeft een overzicht van soorten software; aanwijzingen voor invoering van de computer in de lespraktijk en beschrijvingen van programmatuur

Relevantie: Rijke ideeënbron voor docenten die ICT willen invoeren

Bronvermelding: APS

Titel: Practicum Biologie deel 1 en 2

Korte inhoud: Uitgebreide informatie over het doen van practicum bij het vak biologie, een "must" voor iedere biologiedocent

Bronvermelding: Uitg. Wolters Noordhoff, dl 1: ISBN 90 01 46 101 1, dl 2: 90 01 46 162 x

Titel: Veilig practicum

Korte inhoud: Kaarten die informatie geven over het veilig omgaan met chemicaliën

Relevantie: Naslagwerk

Bronvermelding: Stichting C₃, Nieuwe Achtergracht 129, 1018 WS Amsterdam

Titel: Open onderzoek in de tweede fase: scheikunde

Korte inhoud: Een boek vol ideeën, verwijzingen en tips i.v.m. onderzoek doen met leerlingen bij het vak scheikunde

Relevantie: Handig bronnenboek met veel verwijzingen

Bronvermelding: APS

Titel: Handboek vaardigheden

Auteur: Ed de Boer e.a.

Korte inhoud: boek is bedoeld om het systematisch aanleren van diverse soorten vaardigheden te bevorderen.

Bronvermelding: Edumedia bv, Loenen a/d Vecht

Titel: Samenwerken of leren

Auteurs: S. Ebbens, S. Ettekoven, J van Rooijen

Korte inhoud: Erg praktisch boek waarin samenwerkend leren (groepswork) zo wordt beschreven dat u met deze werkvorm meteen aan de slag kunt.

Bronvermelding: Wolters Noordhof, 1997

Titel: Veiligheidswandkaart

Korte inhoud: geeft van veel chemicaliën veiligheidsrisico's aan.

Bronvermelding: VNCI, Postbus 443, 2260 AK Leidschendam

Titel: Chemie kaartenboek

Korte inhoud: van gevaarlijke stoffen staan de details aangegeven. Ook op Cd-rom verkrijgbaar.

Veiligheidsbladen op Cd-rom verkrijgbaar bij dezelfde uitgever.

Bronvermelding: Samson-Tjeenk Willink

Chemie kaartenboek ISBN 9060923812

op Cd-rom 0005642*

veiligheidsbladen 42230983

6.2 Nuttige internet sites

<http://www.svm.nl>

School voor morgen. Hierop is ook de NVON site te vinden.

<http://www.phys.uva.nl/o/fnsis/didaktiek/home.html>

Homepage van didactiek natuurkunde met o.a. de onderzoeksvraag van de maand en andere nuttige informatie.

<http://www.slo.nl>

Stichting Leerplan Ontwikkeling

<http://www.aps.nl>
Algemeen Pedagogisch Studiecentrum

<http://wfs.eun.ng/>
Samenwerkingsverband van Europese scholen

<http://www.knmi.nl>
Alles over het weer

<http://www.pz.nl/pz>
Stichting Publieks Zaken, vele sites op het gebied van milieu, duurzaamheid enz.

<http://www.minvrom.nl/milieu/home.htm>
Directoraat Generaal Milieu Beheer van het Ministerie van VROM

<http://www.ecomarkt.nl>
Stichting Milieu Wijzer met veel info op gebied van natuur en milieu

<http://www.ase.org.uk>
Association for Science Education. Kijk vooral eens onder Resources en dan bij Websites and resources for teachers

<http://www.nsta.org>
National Science Teachers Association met veel informatie en links

6.3 Nuttige adressen

KUN, EXO steunpunt. Postadres: Postbus 9010, 6500 GL, Nijmegen. Tel: 024-3652820.
E-mail: exo@sci.kun.nl.

RUL, Huygens Lab, Postbus 9504, 2300 RA Leiden. Tel: 071-5275765.
E-mail: schenk@rulhl2.Leidenuniv.nl

Universiteit of Hogeschool bij u in de buurt

Bedrijven bij u in de buurt (zeker die met eigen research lab)

Bijlage 1

Eigen eXperimenteel Onderzoek

door Frans Carelsen en Frits Gierveld, S.G. Marianum, Groenlo

Jullie maken dit jaar voor het eerst hier op school kennis met een bijzonder schoolonderzoek dat bestaat uit een Eigen eXperimenteel Onderzoek, kortweg: EXO. Ook de afgelopen twee jaar is er bij natuurkunde en scheikunde wel iets dergelijks gedaan (bij biologie nog niet) maar het verschil is dat je dit jaar de zelfstandige onderzoeken voor twee of drie van deze vakken moet combineren.

Voor dit combineren van vakken gelden de volgende afspraken:

- Voor leerlingen die één van de drie vakken natuurkunde, scheikunde of biologie in hun pakket hebben. Deze leerlingen doen hun EXO vanzelfsprekend voor het betreffende vak. Voor het EXO denken we aan een tijd van 20 studielasturen.
- Voor leerlingen die twee van de bovengenoemde vakken in hun pakket hebben. Deze leerlingen moeten hun EXO combineren voor deze twee vakken. Hierbij geldt dat minstens 30% van het EXO betrekking moet hebben op elk vak. Voor het EXO denken we aan een tijd van 35 studielasturen.
- Voor leerlingen die alle drie bovengenoemde vakken in hun pakket hebben. Deze leerlingen hebben de keuze uit de volgende mogelijkheden:
 - Of de drie vakken combineren in één EXO. Er geldt dan dat minstens 25% van het EXO betrekking moet hebben op elk vak. Voor het EXO denken we aan een tijd van 45 studielasturen.
 - Of twee EXO's uitvoeren. Voor één vak apart en voor de andere twee gecombineerd. Dit komt dan neer op totaal 55 studielasturen. De voorkeur van jullie docenten gaat sterk uit naar mogelijkheid 1. Wat betreft studielast is dit voor jullie ook het voordeligst.

Opmerking:

We realiseren ons dat de bovengenoemde percentages moeilijk meetbaar zijn, maar je zult je toch moeten realiseren dat in een gecombineerd EXO voldoende aspecten van de deelnemende vakken aanwezig zal moeten zijn.

- Er wordt een planning gemaakt. Hierover straks meer.
- De beoordeling wordt uitgevoerd door de docenten (1, 2 of 3) die bij je EXO betrokken zijn. Je krijgt één eindcijfer voor je EXO. Dit eindcijfer geldt dan voor alle bij je EXO betrokken vakken. Dit eindcijfer is het cijfer voor SO2 en telt voor 1/3 deel mee voor je SO eindcijfer.
- Van je EXO moet je een verslag maken. Per EXO wordt één verslag ingeleverd. Leidraad voor dit verslag is het Handboek Vaardigheden.
- Het EXO kan worden afgesloten met een presentatie die in de beoordeling wordt betrokken.

Planning:

Je begint al vroeg met je onderzoek. Je krijgt voldoende tijd. Maar je zult toch een planning moeten maken, om niet in tijdnood te geraken. Om het je iets gemakkelijker te maken, geven we je een tijdspad mee. Je moet je aan dit tijdspad houden.

Vormen van groepjes.

Je voert je onderzoek uit met een groepje van 3 leerlingen. In uiterste gevallen, als het getalsmatig niet anders kan, met z'n tweeën. De samenstelling van zo'n groep moet je bij je docent(en) inleveren uiterlijk vrijdag 19 september. Denk erom dat je vrij lang met elkaar moet samenwerken.

Inleveren plan voor onderzoek.

Je krijgt nu drie (3) weken de tijd om na te denken over het uit te voeren onderzoek. Vrijdag 10 oktober is de uiterste inleverdatum. Het is de bedoeling dat je onderzoek raakvlakken heeft met het dagelijks leven, maar het is niet verplicht.

Een algemene, maar toch wel belangrijke tip is, dat je niet te veel hooi op de vork moet nemen, want onze ervaring van de vorige jaren is dat je dan wel erg veel tijd kwijt bent. Denk erom, kwaliteit is veel eerder een criterium voor een goed onderzoek dan kwantiteit!!

In deze periode van drie weken begin je ook met het bijhouden van een logboek.

In zo'n logboek moet je alles wat betrekking heeft op het EXO bijhouden, onder andere:

- wanneer je iets gedaan hebt en hoe lang dit heeft geduurd
- wat je tijdens je onderzoek zoal gedaan hebt
- waarom je bepaalde dingen gedaan hebt
- welke moeilijkheden je bent tegengekomen en hoe je deze hebt opgelost.
- alles wat je van belang vindt met betrekking tot je onderzoek
- al je waarnemingen en (deel)resultaten van je onderzoek
- welke literatuur je hebt gebruikt
- enz.

Dit logboek kan van onschatbare waarde zijn als je je eindverslag gaat maken. Als het goed is staat in je logboek alles wat voor het maken van je eindverslag van belang is.

Bespreking plan.

In de week van 20 t/m 24 oktober wordt jullie plan groepsgewijs besproken met de betrokken docenten. We zullen jullie dan wijzen op eventuele onvolkomenheden in jullie plan en tips geven voor een verdere werkwijze. We zullen jullie er dan waarschijnlijk nog eens extra op wijzen dat een goede en gedegen voorbereiding van essentieel belang is voor een goed onderzoek. Dus niet zo maar met experimenten beginnen, voordat je precies weet wat en waarom je iets aan het doen bent!

Het definitieve plan.

Uiterlijk maandag 10 november moeten jullie de commentaren van je docent(en) verwerkt hebben en dus een (min of meer) definitief plan inleveren. Denk na over de chemicaliën, apparatuur, glaswerk enz. die je nodig hebt en vermeld die in dit plan. Maar ook over zaken buiten de school, zoals correspondentie met of bezoek aan bijvoorbeeld bedrijven of instellingen.

Dit is persé noodzakelijk, omdat bepaalde dingen tijdig besteld moeten kunnen worden.

Desnoods kan je plan dan nog iets bijgesteld worden.

Praktische uitvoering van het onderzoek.

Vanaf maandag 24 november kun je beginnen met de eigenlijke uitvoering van je onderzoek. Dit kun je twee weken lang doen tijdens de lessen dus t/m 5 december. We stellen dus per vak 8 lessen beschikbaar. Mocht je het praktisch onderzoek dan nog niet afgerond hebben, dan moet je dat in je eigen tijd doen!

Het verslag.

Uiteindelijk moet je onderzoek uitmonden in een verslag, dat je uiterlijk vrijdag 30 januari bij één van je docenten moet inleveren. We verwachten per groep één verslag. De werkzaamheden die nodig zijn voor dit verslag moet je onderling verdelen.

Hoe je een verslag kunt maken, staat vermeld in de bijlage:

Een verslag, hoe maak je dat?

De beoordeling.

Nadat jullie verslag door ons is bestudeerd en becommentarieerd, krijg je een beoordeling (een cijfer dus). In principe krijgt ieder lid van de groep hetzelfde cijfer, tenzij er volgens ons duidelijk aanwijsbare verschillen

(ten gunste of ten ongunste) zijn. Het is ook mogelijk dat er door jullie zelf commentaar op de cijfers worden gegeven en dat jezelf vindt dat er (duidelijke) verschillen in de groep zijn.

Tenslotte.

We hopen dat je na het onderzoek enig idee hebt gekregen, wat er zoal bij een dergelijk onderzoek komt kijken.

Veel plezier met je onderzoek en maak er iets moois van.

Je vakdocenten.

Bijlage 2

EXO-logboek

door Rob van Haren, KUN

Het EXO (Eigen experimenteel onderzoek) en een logboek

Het EXO is een proces waar je een hele tijd mee bezig bent. Je doorloopt een aantal fasen. Aan het eind moet er een verslag komen. Het is dan nuttig als je de resultaten, die je tijdens de fasen bereikt hebt, overzichtelijk bij elkaar hebt staan in een logboek. Bovendien kunnen de begeleider en de beoordelaar het EXO logboek gebruiken om informatie te krijgen over je werk.

De structuur in dit logboek helpt je om weloverwogen, stap voor stap, het EXO tot een goed einde te brengen.

De fasen in het EXO

In dit logboek ga je uit van de volgende fasen:

I		PLANNING
	1	Onderwerp kiezen
	2	Onderzoeksvoorstel formuleren
	3	Achtergronden (theorie) formuleren bij het onderzoeksvoorstel
	4	Experimenteerplan ontwerpen
II		UITVOERING
	5	Gidsexperiment uitvoeren en eventueel experimenteerplan bijstellen
	6	Experimenteerplan uitvoeren
III		BEWERKING
	7	Waarnemingsresultaten bewerken
	8	Conclusies trekken
IV		EVALUATIE
	9	Beperking van de geldigheid van de conclusies en suggesties voor vervolgonderzoek aangeven
	10	Verslag geven

Het is de bedoeling dat je het werk zelfstandig (eventueel samen met je partner) volbrengt. Tijdens elke fase maak je in het logboek aantekeningen. Onderaan elke bladzijde kan de docent aantekeningen maken voor zichzelf, maar ook ter informatie voor jou. Deze aanwijzingen, die je docent desgevraagd kan toelichten, helpen je zo nodig om bijtijds bij te sturen. Omdat je niet verplicht bent deze adviezen op te volgen, blijft hierbij je zelfstandigheid gehandhaafd.

Het tijdsbeslag

Elke fase binnen een EXO neemt een bepaalde hoeveelheid tijd in beslag. Wij geven hier gemiddelden aan, die zijn afgestemd op de mogelijkheden in het examenjaar.

	Fase	aantal lessen	aantal weken	eindpunt (weken)
1	Onderwerp kiezen	1	2	2
2	Onderzoeksvoorstel formuleren	3	3	5
3	Achtergronden formuleren			
4	Experimenteerplan ontwerpen	3	2	7
5	Gidsexperiment(en) uitvoeren en experimenteerplan bijstellen			
6	Experimenteerplan uitvoeren	5	2	9
7	Waarnemingsresultaten bewerken	1	2	11
8	Conclusies trekken			
9	Geldigheid aangeven en vervolgonderzoek voorstellen			
10	Verslag geven	geen		

De ervaring leert, dat je voor de beginfasen beter meer, dan minder tijd kunt uittrekken. Verder gaan we ervan uit, dat je ook buiten de les tijd aan dit werk besteedt.

Natuurkundegebieden en contextgebieden

In het onderwerp dat je kiest moet natuurkundige kennis een belangrijke rol spelen. Het vak natuurkunde bevat veel meer stof dan op de middelbare school behandeld kan worden. De totale vakinhoud is in te delen in een aantal gebieden, die ieder een zelfstandige plaats hebben en dikwijls overeenkomen met specialisatierichtingen bij verdere studie. De vwo-natuurkunde behandelt hiervan een deel.

In dit logboek hanteer je het volgende onderscheid;

1. Bewegingen
2. Krachten, evenwicht
3. Arbeid en energie
4. Trillingen, golven
5. Geluid
6. Licht
7. Gaswetten, fase-overgangen
8. Stroming van vloeistoffen of gassen
9. Warmte en energie
10. Elektriciteit en magnetisme
11. Fysische informatica
12. Atoomfysica, kernfysica
13. Biofysica
14. Hemellichamen, satellieten
15. Stofeigenschappen
16. Overige gebieden

Je kunt onderwerpen uit de schoolnatuurkunde meestal koppelen aan een praktijksituatie, waarin die schoolnatuurkunde zijn toepassing vindt. Zo'n praktijksituatie heet een context. Als je bijvoorbeeld het onderwerp 'SL lamp' kiest, kan hierbij het natuurkundegebied 'licht' passen en bijvoorbeeld de context 'binnenhuisarchitectuur'. De natuurkundige wetten zijn zowel in het natuurkundegebied als in het contextgebied van toepassing. In het natuurkundegebied krijgen deze wetten betekenis in de theoretische samenhang, in het contextgebied worden ze gebruikt om oplossingen voor problemen in het leven van alledag te zoeken.

De contexten kun je grofweg indelen in vier gebieden:

1. Beroepsuitoefening
2. Consumentenonderzoek
3. Hobby
4. Samenleving

Een fijnere indeling wordt al snel zeer omvangrijk (denk maar eens hoeveel hobby's er zijn!), daarom geven wij hiervan geen lijst. We gaan ervan uit, dat je vindingrijk genoeg bent om zelf de contextgebieden preciezer in te vullen. Voor beroepeninformatie kun je eventueel je decaan raadplegen.

De gekozen gebieden geven richting aan het verdere verloop van je EXO.

In de eindconclusie besteed je aandacht aan de betekenis van jouw natuurkundig onderzoek voor de door jou gekozen context.

Type onderzoeksvoorstel

In het onderzoeksvoorstel leg je vast wat je wilt gaan doen. Je kunt in natuurwetenschappelijk onderzoek op verschillende manieren te werk gaan. Een juiste onderzoekstypering zorgt ervoor dat je vanaf het begin doelgericht kunt werken.

Je kunt de volgende onderzoekstypen gebruiken:

- b apparaat ontwerpen en houwen
- c (stof)constanten bepalen
- h hypothese toetsen
- r relatie zoeken tussen variabelen
- v verschijnsel observeren

Vaak komt een combinatie van enkele onderzoekstypen voor. Een heldere formulering van het onderzoeksvoorstel legt deze combinatie duidelijk vast.

Hier volgen enige voorbeelden van onderzoekstypen:

- b: een scheidingsfilter voor een luidsprekerbox bouwen
- c: de lichtsnelheid in lucht bepalen
- h: de diameter van een maatcilinder, gevuld met suikerwater, heeft minder invloed op de weerstand die een zinkend kogeltje hierin ondervindt naarmate de suikerconcentratie toeneemt.
- r: hoe hangt de met een discussworp bereikte afstand af van de beginsnelheid en de beginhoek en welke andere factoren moet je bij dit onderzoek constant houden?
- v: welke effecten kun je waarnemen aan de nevelsporen als je een magneet bij een continu Wilsonvat houdt?

Achtergronden

In fase 3 worden vooral achtergronden (theorie) bedoeld die rechtstreeks met het onderzoeksvoorstel te maken hebben.

Voorbeeld: bij het onderzoeksvoorstel "Hoe hangt de met een discussworp bereikte afstand af van de beginsnelheid en de beginhoek?" gaat het om de theorie van de kogelbaan en niet om de biomechanische theorie van het bewegingspatroon van de discusswerper.

De gidsexperimenten

De gidsexperimenten heb je nodig om het onderzoeksvoorstel verder aan te scherpen en om apparatuur te testen.

Voorbeeld: je gaat onderzoeken wat voor een magneet nodig is om de nevelsporen in een Wilsonvat te beïnvloeden. Daarna kun je in het onderzoeksvoorstel misschien preciezer formuleren hoe je de magneet gaat gebruiken om de verschijnselen, die je wilt observeren, op te wekken.

De beoordeling

Je docent(e) zal jou informatie geven over de punten waarop je EXO beoordeeld wordt en de normering daarvan.

1 Onderwerp kiezen

ideeën:

Onderwerp 1:

Onderwerp 2:

Onderwerp 3:

voorlopige keuze:

Datum:

Onderwerp:

Natuurkundegebied(en):

Contextgebied:

Mogelijke experimenten:

Ga eventueel op de achterkant verder.

Definitieve keuze

Datum:

Onderwerp:

Natuurkundegebied(en):

Contextgebied:

Omschrijving context:

Mogelijke experimenten:

Persoonlijke motivatie van de keuze:

ruimte voor de docent(e)

Opmerkingen:

Akkoord	onderwerp	[]	voorlopig	[]	definitief	[]
	natuurkundegebied	[]		[]		[]
	contextgebied	[]		[]		[]

De omkaderde tekst kun je overslaan als je alleen werkt.

Vanaf nu ligt vast met welke partner je gaat werken. Je kunt hierna dus niet meer van partner veranderen. Wel kun je je onderwerpkeuze in overleg met je partner veranderen.
Naam partner:

2 Onderzoeksvoorstel formuleren

Datum:

Voorlopig onderzoeksvoorstel:

Type:

Literatuur:

Reden voor verandering:

Ga eventueel op de achterkant verder.

Datum:

Definitief onderzoeksvoorstel:

Type:

Literatuur:

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

akkoord fysische diepgang [] voorlopig [] definitief

3 Achtergronden (theorie) formuleren bij het onderzoeksvoorstel

Datum:

Achtergronden (theorie):

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

akkoord niveau []

4 Experimenteerplan ontwerpen

Ga eventueel eerst naar fase 5 voor een gidsexperiment.

Datum:

Welke grootheden ga je meten? / Welke verschijnselen ga je waarnemen?

Welke nauwkeurigheid is hierbij vereist?

Welke grootheden / verschijnselen stel je zelf in?

Schets van de opstelling:

Benodigdheden

(omcirkelen indien

aanwezig op

school):

Waar komen de

niet op school

aanwezige benodigdheden vandaan?

Welk onderdeel ga je in een gidsexperiment uitproberen?

Bij welk onderdeel zijn speciale maatregelen nodig om gevaren te vermijden?

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

akkoord	haalbaarheid	[]	
	benodigdheden	[]	
	theoretisch niveau	[]	***
	experimenteel niveau	[]	***

De som van de laatste twee beoordelingen moet samen minstens vier sterretjes zijn.

5 Gidsexperimenten uitvoeren en eventueel experimenteerplan bijstellen

Datum:

Welke grootheden ga je meten? / Welke verschijnselen ga je waarnemen?

Welke grootheden / verschijnselen stel je zelf in?

Waarnemingen en opmerkingen (noteer steeds de datum erbij):

Wat heb je geleerd van de gidsexperimenten?

Wat zijn de consequenties voor de onderwerpkeuze?

Wat zijn de consequenties voor het onderzoeksvoorstel?

Wat zijn de consequenties voor de achtergronden?

Wat zijn de consequenties voor het experimenteerplan?

Herschrijf indien nodig bladzijde 7, 8 of 9 en voeg dat hierachter toe als bladzijde 10a, 10b en 10c.

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

akkoord consequenties onderwerpkeuze []
 consequenties voorstel []
 consequenties achtergronden []

6 Experimenteerplan uitvoeren

Dit experimenteerplan heeft betrekking op het op voorgaande pagina's laatst vermelde onderwerp, onderzoeksvoorstel en theorie.

Speciale omstandigheden of speciale maatregelen:

Te verwachten onderzoeksresultaten:

Waarnemingen en opmerkingen over het verloop van de uitvoering (noteer steeds de datum erbij):

(Indien nodig) Theoretische onderdelen die naar aanleiding van de resultaten moeten worden bijgesteld:

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

akkoord speciale zaken []
waarnemingen []

III BEWERKING

7 Waarnemingsresultaten bewerken

Enkele voorbeelden van berekeningen of van andere bewerkingen van de waarnemingen:

Schetsen van grafieken of van andere bewerkingen van de waarnemingen:

(Indien nodig) Theoretische onderdelen die naar aanleiding van de resultaten worden bijgesteld:

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

III BEWERKING

8 Conclusies trekken

Uiteindelijke formulering van de (eventueel bijgestelde) theorie:

Uiteindelijk antwoord op de onderzoeksvraag / Het uiteindelijke resultaat:

De bruikbaarheid van het resultaat in de gekozen context:

ruimte voor docent(e)

opmerkingen:

akkoord	theorie	[]
	antwoord	[]
	bruikbaarheid	[]

IV EVALUATIE

9 Beperking van de geldigheid en suggesties voor vervolgonderzoek aangeven

Beperking geldigheid:

Suggesties vervolgonderzoek:

akkoord	geldigheid	[]
	suggesties	[]

IV EVALUATIE

10 Verslag geven

Voorlopige titel verslag:

Voorlopige samenvatting (maximaal 10 regels):

Inleverdatum van het verslag:

akkoord	samenvatting	[]
	inleverdatum	[]

Bijlage 3

Eigen onderzoek

door Chris van Hout (Overbetuwe College, Bommel)

1. Inleiding

Je eigen onderzoek(je) doen... Een beoordeling krijgen, die meetelt in het schoolonderzoekcijfer...

Het een houdt een stuk vrijheid in: je hebt keuzemogelijkheden en kunt er je creativiteit in kwijt; het ander houdt een beperking in: het moet een cijfer opleveren.

Dit boekje biedt hulp om je onderzoek met een goed cijfer af te ronden.

Iets erg belangrijks ontdekken, iets dat helemaal nieuw is! Dat zou natuurlijk erg leuk zijn. Maar laten we reëel zijn. In de beperkte tijd die er is, zal die kans niet zo groot zijn. Daarom staat hierboven ook onderzoek(je). Wetenschappers zijn vaak jaren bezig om een klein stapje vooruit te komen. En vaak helpt het toeval dan een handje. (Iets waar een “echte” wetenschapper wel oog voor heeft!)

Binnen de beperkingen, die je worden opgelegd door de tijd, zijn er echter genoeg leuke zaken te onderzoeken. En die hoeven echt niet van een minder gehalte te zijn dan die onderzoeken waar een klinkende naam aan verbonden is.

Je opdracht is aan de hand van een eigen onderzoek te laten zien hoe je een probleem te lijf gaat.

Vanuit een wetenschappelijke visie een antwoord proberen te geven op een vraagstelling is vrij complex.

Daar horen bijvoorbeeld begrippen als *objectief*, *controleerbaar*, *duplo*, *zakelijk*, *meetbaar* en *hypothese* bij.

Er zijn bij het doen van onderzoek heel veel valkuilen. Om je te helpen de meest bekende valkuilen te vermijden, bevat dit boekje een stappenplan. Met dit stappenplan loop je de hele gang van zaken rond het onderzoek door. Nadat je een stap hebt doorgewerkt, volgt er een aantal vragen, waarmee je kunt controleren of je de stap begrepen hebt. Per slot van rekening is het zo dat “Wat je niet met je hoofd doet, je met je handen moet doen.”

Als er na het bestuderen van het stappenplan toch nog vragen overblijven, zeg dan niet: “nou ik zie wel hoor...!”, maar bespreek die vragen met je leraar of met de TOA. Ook zij moeten het werk plannen.

2. Belangrijke data

.....

.....

3. Het stappenplan

Het idee

De eerste stap begint met een idee. Zomaar een los idee. Iets dat je is opgevallen. En waarvan je echt meer wilt weten. Zo'n eerste stap is heel belangrijk. Het is veel leuker om je te storten op een probleem dat je interesse heeft dan dat je een onderzoek doet omdat dat nou eenmaal moet bij biologie.

Als je nog geen idee hebt, of over het idee dat je gekozen hebt niet echt tevreden bent, dan volgen hier drie mogelijkheden als voorbeeld:

- Je hebt ergens een bewering over plant, dier of mens gelezen op het gebied van de biologie en je vraagt je af of die bewering wel juist is. Bijvoorbeeld: “*De habitatselectie van de pissebed wordt voornamelijk bepaald door de luchtvochtigheid.*” (Habitat is de plaats waar een organisme woont. Wanneer die plaats actief wordt gekozen, spreken we van habitatselectie.) Je vraagt je af of deze bewering ook juist is voor de pissebedden, die bij jou in de tuin leven. Je bedenkt een experiment om dat te onderzoeken.
- Je hebt waarnemingen gedaan, maar begrijpt de resultaten van je waarnemingen niet. Bijvoorbeeld: Je hebt in twee sloten de samenstelling van het plankton vergeleken. Zowel wat betreft het aantal soorten,

als wat betreft het aantal individuen heb je verschillen gevonden. Je bedenkt een experiment om de verschillen te verklaren.

- Je hebt twee krantenartikelen gevonden over hetzelfde (biologische) onderwerp, die elkaar wat betreft de inhoud tegenspreken. Je wilt uitzoeken of er meerdere interpretaties zijn. Zo'n onderwerp zou zich bijvoorbeeld op het gebied van de biotechnologie, de erfelijkheid, of het gebruik van medicijnen kunnen bevinden.

Je onderzoek zal zich dan voornamelijk in de bibliotheek afspelen. Je zult veel lezen, notities en samenvattingen maken en wellicht een deskundige op dat gebied interviewen.

Als je een idee hebt dat je prikkelt om aan de slag te gaan, dan is het tijd om een stapje verder te gaan. Stel je de volgende twee vragen:

Is het idee praktisch uitvoerbaar? (1); Is het zinvol om dat idee te onderzoeken? (2)

- 1) Om een indruk te krijgen van de uitvoerbaarheid, is het belangrijk vast eens in gedachten na te gaan hoe je het onderzoek zou uitvoeren. Daarbij is het belangrijk te bedenken of het uitvoerbaar is wat betreft tijd, materiaal en organisatie: hoe lang ben ik er mee bezig; heb ik daar wel de spullen voor; wat moet ik daar allemaal voor organiseren; heb ik dat er wel voor over?

- 2) Kijk eens kritisch naar je onderzoeks idee en vraag je af of het onderzoek *zinvolle* informatie zal opleveren.

Een voorbeeld: Je wilt te weten komen wat de invloed is van de temperatuur op de voortplantingssnelheid van kevers. Je leest dat insecten (kevers) koudbloedige dieren zijn, die bij het stijgen van de temperatuur een hogere stofwisselingsnelheid krijgen en dus alles sneller kunnen doen. Vind je het onderzoeks idee dan nog zinvolle informatie opleveren?

Als één van deze vragen een negatief antwoord oplevert, zul je een ander idee voor je onderzoek moeten bedenken. Vergeet niet je nieuwe idee aan je leraar of aan de TOA te melden!

Veel onnodig werk kun je voorkomen door een goede planning en een gedegen voorbereiding. Gebruik de opdrachten in dit boekje om je daarbij op weg te helpen.

Opdracht 1

- Schrijf in je logboek het idee op.
- Schrijf in je logboek de geschatte onderzoekstijd, de benodigde materialen en de namen van de personen die bij je onderzoek betrokken zijn.
- Als er veel georganiseerd moet worden, schrijf dan op hoe dat komt.

Opdracht 2

- Schrijf in je logboek welke informatie je uit het onderzoek hoopt te verkrijgen.

De onderzoeksvraag

Als je de twee vragen over het idee van je onderzoek hierboven positief beantwoord hebt, dan kun je verder met je onderzoeks idee. De eerste stap is dan om een juiste onderzoeksvraag te formuleren.

Een juiste onderzoeksvraag is noodzakelijk om een wetenschappelijk verantwoord onderzoek te doen.

Opdracht 3

Schrijf in je logboek waar een juiste onderzoeksvraag aan dient te voldoen.

Opdracht 4

Schrijf in je logboek de onderzoeksvraag op.

Literatuuronderzoek

Nu het duidelijk is wat je wilt gaan onderzoeken, is de volgende stap na te gaan wat er op het terrein van jouw onderzoek al allemaal bekend is. Daarvoor is het nodig dat je wat leeswerk gaat verrichten

Ga eerst eens in de bibliotheek kijken of ze je aan achtergrondinformatie kunnen helpen. Als je gespecialiseerde informatie nodig hebt is het vaak nodig om je tot gespecialiseerde instituten te wenden. De telefoon is dan een belangrijk hulpmiddel. Vraag als je een instelling belt met het verzoek om informatie ook of zij nog andere bronnen weten die je kunt bellen. Als je niet weet waar je moet beginnen, of je loopt vast bij het zoeken naar geschikte literatuur, overleg dan met je leraar of met de TOA.

Noteer de bronvermelding van de gebruikte literatuurgegevens! (Zie: inhoudsopgave).

Start je literatuuronderzoek zo spoedig mogelijk: niet iedereen is even snel met het toesturen van gevraagde informatie.

Opdracht 5

- Om je onderzoek beter te laten verlopen kun je gebruik maken van gegevens uit de literatuur. Noteer in je logboek welke gegevens over je onderzoek jij graag uit de literatuur wilt halen.

Opdracht 6

- Noteer in je logboek drie geschikte bronnen die je aan informatie kunnen helpen.

Het werkplan

Je gaat je nu richten op de uitvoering van je onderzoek

Je hebt al twee onderdelen uit het werkplan voorbereid: de onderzoeksvraag (wat) is al geformuleerd en als het goed is heb je over de werkwijze in de literatuur gegevens gevonden.

Opdracht 7

Test de werkwijze die je wilt gaan gebruiken.

Opdracht 8

Noteer in je logboek welke problemen je tegen bent gekomen bij het uittesten van de gekozen werkwijze. Noteer hoe je die problemen denkt op te lossen

Opdracht 9

Noteer in je logboek hoeveel reserve aan tijd je hebt als een experiment niet de gewenste gegevens oplevert, of als je het experiment om andere redenen wilt herhalen.

Op school krijg je voor het uitvoeren van je experiment(en)... lessen. De resterende handelingen zul je dus buiten lestijd moeten uitvoeren.

Opdracht 10

Noteer in je logboek welke veiligheidsrisico's je kunt verwachten bij je experimenten. Noteer ook hoe je die risico's zo klein mogelijk denkt te houden. Gebruik van stoffen, die schadelijk zijn voor het milieu dient ook vermeld te worden.

Opdracht 11

Maak in je logboek een werkplan volgens de methode van de 4 W's.

Opdracht 12

Schrijf in je logboek de hypothese en de als- dan voorspelling.

De uitvoering

Je bent toe aan de uitvoering. De voorbereiding is achter de rug, het werkplan is door je leraar of de TOA afgetekend en je kunt dus eindelijk beginnen.

Maar, blijf met beide benen op de grond, want ook bij de uitvoering moet je goed letten op een aantal zaken:

- Zorg voor duidelijke afspraken met je onderzoekspartner over de taakverdeling en ook over de tijd dat iets af moet zijn. Maak duidelijke afspraken over de verdeling van de verantwoordelijkheid.
- Zorg ervoor dat de materialen altijd klaar staan om te gebruiken. Dat betekent, hoe vervelend je dat ook vindt, na gebruik de materialen schoonmaken en weer op de juiste plaats opruimen. (Moeten zoeken naar materialen is slecht voor een goede samenwerking!)
- Zorg ervoor dat je het logboek steeds nauwkeurig bijwerkt. Dit is een voorwaarde voor een goede samenwerking en nodig om je verslag te kunnen maken.
Het logboek moet samen met het verslag bij je leraar worden ingeleverd!

Logboek

Het logboek is belangrijk tijdens je onderzoek om twee redenen: ten eerste geeft het de voortgang weer van je onderzoek. Dit is belangrijk voor het overleg met je onderzoekspartner, je leraar en de TOA. Dit geldt helemaal als je onderzoekspartner niet op hetzelfde tijdstip als jij aan het onderzoek werkt. Ten tweede is het logboek het uitgangspunt voor het schrijven van het verslag. De onderzoeksgegevens, maar ook de opmerkingen die gebruikt gaan worden bij het schrijven van de foutenanalyse: alles moet terug te vinden zijn in het logboek.

Het logboek is je geheugen en geweten tegelijkertijd. Dat is de reden dat het logboek ook samen met het verslag moet worden ingeleverd. Zonder logboek is het verslag waardeloos.

De indeling van het logboek

- Plaats de eerste 4 onderdelen duidelijk bijeen. Gebruik voor de onderdelen de volgende aanduiding: onderzoekspartners, antwoorden op de opdrachten, (nummer de opdrachten!), literatuurgegevens.
- Deel de rest van het logboek per onderzoeksdag in.
Begin iedere onderzoeksdag op een nieuwe pagina.
- Zet boven de onderdelen duidelijke koppen als: informatie, resultaten, werkplan, overleg, vraagstelling, opmerkingen, verantwoording enz.

Het logboek moet op school voor je leraar en onderzoekspartner beschikbaar blijven. Meld het aan je leraar of TOA als je het logboek mee wilt nemen.

De inhoud van het logboek

1. De namen van de onderzoekspartners
2. De antwoorden op de opdrachten van dit boekje
3. Het door de leraar of de TOA afgetekende werkplan
4. De literatuurgegevens met de bronvermelding
5. De verantwoording
 - Gebruik hiertoe de speciale stencils die je na invullen steeds opbergt in je logboek
 - Van alle activiteiten die je verricht voor je onderzoek moet je een nauwkeurig verslag bijhouden: de datum, wat heb je gedaan, waar, hoeveel tijd heeft het gekost
 - Maak ook aantekening van werkbeprekingen en telefoongesprekken: noteer vooral welke afspraken je maakt. Je kunt elkaar daar op aanspreken.
6. De resultaten
 - Altijd de datum vermelden en de resultaten liefst in de vorm van een tabel, eventueel al uitwerken in een grafiek.
7. Opmerkingen

- Zaken die opvallen en belangrijk zijn voor het onderzoek, het aan te geven vervolgonderzoek en de foutenanalyse.

De verslaggeving

Het verslag van het onderzoek dient te worden gemaakt volgens richtlijnen van het standaardverslag. (Zie bijlage). Hierop zijn twee uitzonderingen:

- De samenvatting van de literatuur dient uitgebreider te zijn dan bij korte experimenten. De samenvatting dient minimaal 1 kantje A-4 te omvatten.
- Aan de literatuursamenvatting dient een bronvermelding te worden toegevoegd zoals in onderstaand voorbeeld is aangegeven.

Bij het maken van het verslag kan de computer goede diensten verlenen. Handgeschreven mag natuurlijk ook, mits dit niet ten koste van de verzorging van het verslag gaat.

Het originele verslag dient op de afgesproken datum samen met het logboek bij je leraar ingeleverd te worden.

Maak van het verslag een fotokopie voor jezelf en je onderzoekspartner. Het originele verslag blijft in het bezit van je leraar.

De beoordeling

Je leraar kijkt je logboek en verslag na en geeft daar een beoordeling voor op het beoordelingsformulier. (Zie bijlage)

Op dit formulier komt alleen het behaalde puntental te staan. Door de kolom pnt. max. te vergelijken met pnt. 1^e ronde, kun je achterhalen op welke onderdelen je niet maximaal gescoord hebt. Op een aantal onderdelen kun je de score verbeteren bij de mondelinge toelichting tijdens schoolonderzoek 4. Deze onderdelen staan vermeld in de kolom pnt. 2^e ronde.

Met behulp van het beoordelingsformulier en de fotokopie van je verslag bereid je het gesprek over je onderzoek tijdens schoolonderzoek 4 voor.

Je eindcijfer wordt bepaald volgens de formule op de onderste regel van het beoordelingsformulier.

Bronvermelding literatuur

Aan je verslag voeg je een lijst toe van alle boeken en tijdschriften die je voor je onderzoek geraadpleegd hebt. Die lijst wordt volgens bepaalde regels opgesteld.

- de auteurs worden alfabetisch gerangschikt
- op de eerste regel komt de naam van de auteur en het jaartal waarin het betreffende boek of artikel is verschenen
- op de tweede regel de titel van het hoofdstuk of van het artikel
- op de derde regel noem je het boek of tijdschrift en vermeld daarachter op welke pagina de aangehaalde tekst staat
- indien bekend, vermeld je op de vierde regel de uitgever

Hieronder staat een voorbeeld van een literatuurlijst.

1. Huffacer, C.B. (1970).
Fundamentals of biological weed control.
Biological control of insects, pests and weeds, pag. 631-649.
Chapman & Hall, London.
2. Pieterse, A.H. (1977).
De bestrijding van biologische wateronkruiden.
Natuur en Techniek, 47, 12, pag. 704-721.
Centrale uitgeverij, Maastricht.

Als je in je verslag literatuurgegevens gebruikt, geef je dat ter plaatse aan door achter de betreffende tekst het nummer te vermelden dat het boek in de literatuurlijst heeft.

Bijlage A: Beoordelingsformulier

onderdeel/aspect	pnt. Max.	pnt. 1e ronde	pnt. 2e ronde	opmerkingen
inleidend deel				
logboek	8		x	
inhoudsopgave	0		x	ontbreken = -1
inleiding	2	x		
literatuur: samenvatting	2		x	
literatuur: bronvermelding	2		x	
titel	0		x	ontbreken = -1
vraagstelling duidelijkheid	2			
vraagstelling originaliteit	2		x	
hypothese	1			
argumentatie voor hypothese	2			
als-dan voorspelling	2		x	
materiaal en methode				
juistheid	2			
reproduceerbaarheid	2		x	
duplo's	2		x	
controleproeven	2		x	
argumentatie	2			
resultaten				
overzichtelijkheid	2		x	
logische opbouw	1		x	
grafische weergaven	5		x	
volledigheid	4			
conclusie				
verwijzing naar vraagstelling	3		x	
reëel/zakelijk	3		x	
discussie				
controle hypothese	1		x	
verklaring van de resultaten	4			
foutenanalyse	3			
opmerkingen onderzoek	1		x	
ideeën vervolgonderzoek	4			
niveau van het onderzoek				
zelfstandigheid	3		x	
organisatie	3		x	
tijdsbesteding	4		x	
samenwerking	2		x	
originaliteit	3		x	
creativiteit	3		x	
theoretisch kader	6			
moeilijkheidsgraad methode	8		x	
verzorging verslag	4		x	
totaal	100	X	Y	

minimumcijfer X / 10

maximum (X+Y)/10

Bijlage B: Opbouw en uiterlijk van het verslag

Het schrijven van het verslag is een van de lastigste fasen van je onderzoek. Je moet je onderzoek zo beschrijven, dat iemand die nog niets van je onderzoek weet, kan begrijpen wat er allemaal is gebeurd. Aan welke voorwaarden een verslag moet voldoen wordt hierna uiteengezet. Daarbij maken we onderscheid tussen: a. de opbouw van het verslag en b. het uiterlijk van het verslag.

a. De opbouw van het verslag

In je verslag moeten alle fasen van het onderzoek worden beschreven. Een goede indeling is:

1. Titelpagina

De titel is kort en geeft weer wat het hoofdonderwerp in het verslag is. Op deze pagina staat tevens vermeld: de namen van de onderzoekers, het schooljaar, de naam van de begeleidende biologiedocent en de datum van inlevering.

2. Inhoudsopgave

Deze vermeldt hoe het verslag is opgebouwd en op welke bladzijde wat te vinden is.

3. Inleiding

Hierin geef je aan wat de reden was om aan het onderzoek te beginnen en met wie je het onderzoek hebt gedaan. Tevens vermeld je hier hoe de definitieve onderwerpkeuze tot stand is gekomen en welke probleemstelling(en) je hebt onderzocht. Tenslotte geef je, wanneer je experimenteel onderzoek hebt gedaan, de door jou geformuleerde hypothese(n) en nul-hypothese(n) weer. Denk hierbij aan de aandachtspunten uit paragraaf 4.

4. Materiaal en methode

Deze staan beschreven in je werkplan en neem je in je verslag over.

5. Resultaten

In dit hoofdstuk geef je overzichtelijk weer wat de resultaten zijn. Zijn het er te veel, neem ze dan op in een bijlage en geef hier alleen de samenvatting van de resultaten.

6. Conclusies

Hier geef je de conclusies uit de resultaten en doe je, wanneer je experimenteel onderzoek hebt gedaan, een uitspraak over je hypothese(n).

7. Discussie

Hier geef je een korte nabeschuiving van je werk. Denk ook hier aan de aandachtspunten uit paragraaf 4.

8. Literatuur

Hierbij geef je twee overzichtslijsten:

1. Je geeft een alfabetisch overzicht van de namen van de auteurs die je aangehaald hebt. Vermeld bij iedere auteur de titel van zijn werk en het jaar van uitgifte. Verwijs in je verslag naar deze literatuur door de naam van de auteur en het jaartal tussen haakjes te schrijven achter zijn informatie.
Voorbeeld:
Braunwell, A., Cherrin, D en Whitfield, G.R>
Biomechanics of Pteranodon, 1973.
2. Je geeft een alfabetisch overzicht van de auteurs, die je wel als bron hebt gebruikt, maar niet in je verslag hebt aangehaald. Vermeld ook hier de titel van het werk en het jaar van uitgifte.

9. Bijlagen

Deze bijlagen bevatten informatie die niet direct in je verslag past, maar wel goed is om te weten. Verwijs in je verslag naar deze bijlagen.

b. Het uiterlijk van het verslag

Heel belangrijk is, dat het verslag goed en plezierig te lezen is. Hieronder volgen enkele punten die daaraan kunnen bijdragen

1. Typen of schrijven

Typ het verslag of schrijf duidelijk. Maak gebruik van papierformaat A4, en gebruik maar één kant van het papier. Voorkom doorhalingen. Vermijd al te lange zinnen en maak gebruik van leestekens. Gebruik bij typewerk regelafstand 1 of 1.5.

2. Eigen tekst

Schrijf je tekst zelf. Schrijf dus niet hele stukken over uit boeken. Het moet jouw verslag worden. Als je tekst aanhaalt, vermeld je dat.

3. Bladspiegel

Dit betreft de indeling van de bladzijde. Zorg voor voldoende ruimte aan boven-, onder- en zijkant (kantlijn). Een bladzijde met tekst van boven- tot onderaan ziet er niet aantrekkelijk uit.

Maak gebruik van alinea's, zodat op het eerste gezicht duidelijk is wat bij elkaar hoort. Witte ruimten geven bovendien rustpunten tijdens het lezen.

4. Hoofdstukken

Geef duidelijk aan wanneer je met een nieuw hoofdstuk of een nieuwe paragraaf begint. Begin elk hoofdstuk op een nieuwe bladzijde.

5. Illustraties

Illustraties, tabellen en grafieken moeten altijd zijn voorzien van een nummer en een ondertekening, zodat in de tekst hiernaar verwezen kan worden. Tevens moeten ze een duidelijke functie hebben op de plaats in het verslag waar ze staan. Teken de figuren met behulp van een liniaal als dat nodig is.

Slotopmerking: zorg voor tenminste twee exemplaren van je verslag. Lever het origineel in bij je docent.

Bijlage C: Logboek

logboek stencil nr. ...
datum: namen:
werkplaats: tijdsduur: (van - tot) werkbeschrijving:
resultaat:
opmerkingen/conclusies:
overleg: telefoon (datum; met...) afspraken (met...)
planning: voortgang onderzoek (wat; wanneer) werkverdeling (wie; wat; wanneer) materialen (wie; wat; wanneer)

Bijlage 4

Routebeschrijving

door C_εto, Instituut voor Toetsontwikkeling, Arnhem

Opzetten van een praktische opdracht

Praktische opdracht:

Vak:

Studiebelasting:

Wat	wat is het onderwerp/de onderzoeksvraag?; hoe open is de opdracht?; eisen aan product: welk werk moet gedaan worden?; aspecten van de beoordeling
Vorbereiding leerlingen	wat is de uitgangssituatie in termen van kennis en vaardigheden?; vaste plaats in het curriculum?; wat is de voorbereiding van de leerlingen?; algemene technieken aangeleerd in de vorm van
Waarom	leerstof, leerdoelen, vaardigheden, relevantie
Welke presentatievorm	vrij of voorgeschreven?; inzet van derden?
Hoe	beschrijving van activiteiten; welk uitgangsmateriaal?; onkostenvergoeding; welke hulpbladen?; individueel of groepswork?; materiële hulp van docent/TOA nodig?
Tijd en plaats	periode van toegestane tijd; werken in/buiten school; gebruik contacturen; afspraken met collega's
Logboek	functies van logboek? Alleen procesverslag of ook gegevensverzameling?; welke vorm?; in te kijken tussendoor?
Ondersteuning en voortgangsbepreking	procesbegeleiding aan de hand van LOGBOEK
Beoordeling (hoe, wanneer, waarde)	hoe: product, proces (LOGBOEK), presentatie; wanneer: eind, tussentijds, zelfevaluatie; invloed hulp tussendoor; waarde in examendossier; aanpassing standaard correctieformulier/procedure?; afspraken met collega's?
Nabespreking	hoe vindt product/procesevaluatie plaats?

Voorbeeld: routebeschrijving opzetten van een praktische opdracht

Praktische opdracht:

Vak:

Studiebelasting:

Wat	
Vorbereiding leerlingen	
Waarom	
Welke presentatievorm	
Hoe	
Tijd en plaats	
Logboek	
Ondersteuning en voortgangsbepreking	
Beoordeling (hoe, wanneer, waarde)	
Nabespreking	

Bijlage 5

Wat is de rol van de TOA?

De volgende docenten gaven hierover hun mening:

Kees Tijdink, Pallas Athene College, Ede; Miek Scheffers-Sap, Gymnasium Beekvliet, St. Michelsgestel; M. Piederiet, Philips van Horne SG, Weert; M. Penninx, Strabrecht College, Geldrop; Ir. G.P. de Vries, Raayland College, Venray; Y.F. Winkler, Ichtus College, Enschede; Jose Thijssen, Maaswaal College; W. Koninckx, Titus Brandsma Lyceum, Oss; Jan Rasing, Olympus College, Arnhem

Op vrijwel al deze scholen overleggen de leerlingen zelf met de TOA. Leerlingen pakken materialen vaak zelf, behalve chemicaliën en dure of breekbare apparatuur. TOA is de centrale persoon die ook reserveringen voor apparatuur bijhoudt en de werkplek verdeeld. Een goede tijdsplanning is belangrijk en ook daarbij kan de TOA assisteren.

Arnoud Pollman van het Stedelijk Gymnasium, Nijmegen heeft het als volgt georganiseerd:

Er wordt gewerkt in tweetallen. Elke klas is een bepaalde week met EXO bezig. Er moet goed gepland worden want de ruimte is beperkt. De leerlingen krijgen al vanaf de tweede klas een onderzoeksschema aangeleerd (met alle stappen die bij een onderzoek aan bod dienen te komen). Dit schema staat in "Natuurkunde overal". Het streven is dit schema ook te gebruiken in de scheikunde- en de biologielessen en door alle jaren heen. Bij deze vakken worden de boeken "Chemie- en Biologie Overal" gebruikt waar ook onderzoeksschema's in staan, maar er is voor het schema "Natuurkunde Overal" gekozen omdat dit schema meer past bij EXO.

De TOA liet zich soms wat overvallen door het verzoek van leerlingen om het onderzoek te bespreken en het klaarzetten van spullen en was dan iets te hulpvaardig zodat hij hierdoor soms niet aan zijn andere werk toe kwam. Om dit probleem tegen te gaan zijn er nu 'spreekuren' afgesproken waarop de leerlingen met vragen langs kunnen komen. Deze spreekuren zijn in de pauzes, drie à vier keer per week, voor algemene vragen. Ook is er een keer in de week een uur waarop leerlingen langs kunnen komen om af te spreken welke spullen ze nodig hebben.

Bij C. van Hout van het Overbetuwe College, Bemmelen gaat het als volgt:

De leerlingen maken afspraken met de amanuensis. Er is een vwo 6 eindexamenklas; deze bestaat uit 15 tot 25 leerlingen. De leerlingen noteren zelf de spullen die zij nodig hebben. Als er extra onkosten worden gemaakt door de leerlingen (bijvoorbeeld als zij een brochure willen bestellen) kan dit worden gedeclareerd. In de praktijk zijn de kosten max. vijftig gulden per klas. Er kunnen ook spullen bij scheikunde en natuurkunde worden geleend.

Bijlage 6

Welke hulp kun je leerlingen bieden bij de keuze van het eigen onderwerp?

Naam docent: K. Tijdink
Vak: Scheikunde
School: Pallas Athene College, Ede

Leerlingen mogen zelf elk onderwerp aandragen wat ze willen onderzoeken. Als docent schat ik dan in of het haalbaar is op school of dat ze externe relaties (HLO, LUW) moeten aanschrijven. Tot op heden heb ik zelden een onderwerp aangedragen.

Eigen studieboeken (in het Engels) en Nederlandstalige boeken uit het HLO.

Naam docent: Miek Scheffers-Sap
Vak: Scheikunde (Natuurkunde)
School: Gymnasium Beekvliet, St. Michelsgestel
Ideeën komen uit : Natuur en Techniek, Kijk, Eros, Archimedes; veel artikelen

Naam docent: M. Piederiet
Vak: Scheikunde
School: Philips van Horne SG, Weert
Leerlingen mogen zelf een onderwerp vrij kiezen. Door stimuleren van lezen, bijvoorbeeld natuur en techniek, komen ze vanzelf op ideeën. In sommige gevallen worden suggesties gedaan. (Dat levert dan wel puntenaftrek op.)

Naam docent: M. Penninx
Vak: Natuurkunde
School: Strabrecht College, Geldrop
We proberen ze eerst zelf met onderwerpen te laten komen. Als dat niet lukt hebben we een lijst met onderwerpen. Ideeën komen uit: Natuur en Techniek, NVON-blad, en andere natuurkunde boeken

Naam docent: Ir. G.P. de Vries
Vak: Natuurkunde
School: Raayland College, Venray
We hebben een computerlijst waar leerlingen uit kunnen kiezen.

Naam docent: Y.F. Winkler
Vak: Natuurkunde
School: Ichtus College, Enschede
EXO-programma van Nijmegen, overzichtslijsten van andere scholen, opgepikte ideeën uit literatuur, leerboeken van Middellink en indien nodig: gewenst andere literatuur

Naam docent: Jose Thijssen
Vak: Biologie
School: Maaswaal College
Leerlingen bedenken zelf, eventueel met behulp van mij een onderwerp.
EXO verslagen uit voorgaande jaren dienen als voorbeeld (kan ze op weg helpen).

Naam docent: W. Koninckx
School: Titus Brandsma Lyceum, Oss
Waar komen de onderwerpen verder nog vandaan?

- Leerlingen doen ideeën op door oude verslagen door te lezen (de verslagen blijven op school). Verder kunnen ze zelf een onderwerp verzinnen. Ook is er een klapper door de school aangeschaft met proefjes, waarbij de moeilijkheidsgraad is aangegeven. Leerlingen kunnen deze klapper gebruiken om onderwerpen uit te halen.

Welk materiaal dient als achtergrondinformatie? Waar komt dit materiaal vandaan?

- De leerlingen kunnen materiaal vinden in de bibliotheek, op school of de openbare bibliotheek. Verder heeft de docent een aantal boeken in het lokaal. Uit deze boeken mogen de leerlingen kopiëren. Informatie over de practicumtechnieken kunnen de leerlingen halen uit 'Bio-bits', op een A4-tje staat informatie over een bepaalde practicum techniek, er is ook een videoband bij maar deze wordt door de leerlingen bijna niet gebruikt, de schriftelijke informatie is meestal voldoende.

Naam docent: Jan Rasing
School: Olympus College, Arnhem
Hoe komen de leerlingen aan de onderwerpen?

- De leerlingen hebben vaak eigen ideeën. Deze zijn dan vaak gebaseerd op vrije tijd, zoals sport, hobby, muziek en er is eens een leerling geweest die zich in de keuze van zijn onderwerp door zijn handicap (slechthorendheid) liet inspireren.

Verder kunnen de leerlingen in de databank van de afdeling didactiek van de KUN onderwerpen zoeken. In deze databank staan titels van proeven met beschrijvingen en de moeilijkheidsgraad aangegeven.

Ook kunnen de leerlingen onderwerpen zoeken in de bibliotheek, bijvoorbeeld die op school.

De docent stelt verder oude verslagen te beschikking waar zij ideeën uit kunnen halen en die ook een indruk geven van wat goede en minder goede verslagen waren (de beoordeling zit er nog bij).

Welk materiaal dient als achtergrondinformatie?

- In de lesboeken en in de bibliotheek kan achtergrondinformatie worden gevonden.

Naam docent: Arnoud Pollman
School: Stedelijk Gymnasium, Nijmegen
Hoe komen de leerlingen aan de onderwerpen?

- Er wordt in de zesde klas begonnen met een video te draaien, die ontwikkeld is door Rob van Haren, waarin leerlingen aan het werk zijn met het doen van onderzoek. Deze video moet inspirerend werken. De leerlingen komen over het algemeen zelf met ideeën. Onderwerpen komen vaak voort uit de hobby-sfeer, zoals sport en muziek. Als een leerling het moeilijk vindt om op een onderwerp te komen wordt er geprobeerd de leerling op ideeën te brengen via vragen als 'wat wil je later worden?'. Vaak is het beroep van een ouder een inspiratie voor de leerling. Via de UVA kan de 'onderzoeksvraag van de maand' worden geraadpleegd. Uiteindelijk is er nog een ideeënbank met 200 ideeën die de leerlingen kunnen raadplegen.

Welk materiaal dient als achtergrondinformatie?

- De informatie komt uit de lesboeken, uit tijdschriften, uit vakliteratuur en uit de bibliotheek van de school, of die uit de stad.

Wordt er gebruik gemaakt van industrie, universiteit of hogeschool?

- De afdeling didactiek van de universiteit van Nijmegen wordt vaak geraadpleegd als informatievoorziening, het is een onderdeel van het pr-beleid van de universiteit om als vraagbaak op te treden. Er worden ook wel eens proeven uitgevoerd op de universiteit of de hogeschool. Van het bedrijfsleven wordt nog weinig gebruik gemaakt maar als er mogelijkheden zouden zijn zou men er niet afwijzend tegenover staan.

Er is voldoende ondersteuning, maar een eventuele uitbreiding zou mogelijk kunnen komen via de natdoc pagina van de universiteit van Utrecht, waar de leerlingen informatie zouden kunnen uitwisselen.

Naam docent: C. van Hout
School: Overbetuwe College, Bommel

Welk materiaal dient als achtergrondinformatie?

- Leerlingen halen hun informatie uit de bibliotheek op school, uit Bommel of uit Nijmegen. In ongeveer de helft van de gevallen wordt de universiteit van Nijmegen of onderzoekscentra geraadpleegd. Recentelijk hebben leerlingen een fabrikant benaderd bij een onderzoek naar vangplaten in kassen. Deze vangplaten, die zijn bedoeld om witte vliegen uit de kassen weg te vangen, hebben een gele kleur. De leerlingen hebben de fabriek benaderd om erachter te komen waarom de vangplaten juist deze gele kleur hebben.

Waar halen de leerlingen hun onderwerpen vandaan?

- De meeste onderwerpen komen uit de hobbysfeer of van het werk van ouders of familie. Er is een lijstje met onderzoeksmogelijkheden van de KUN, maar dit wordt zelden gebruikt, alleen heel af en toe als leerlingen vastlopen met hun onderzoek.

Wordt er ook thuis aan EXO gewerkt?

- In ongeveer de helft van de gevallen wordt er niet op school maar thuis onderzoek gedaan. Veel leerlingen hebben familie met een eigen bedrijf, bijvoorbeeld kassen, en daar wordt dan onderzoek uitgevoerd. Ook is er vaak wel een schuur beschikbaar waar leerlingen hun onderzoek kunnen uitvoeren.

Welke problemen kom je zoal tegen?

- Het vinden van een goed onderzoeksdoel is soms een probleem. Ik praat dan vaak met de leerlingen, moedig ze aan eens goed rond te kijken en vraag ze waarover zij zich verwonderen. Vaak komt er dan vanzelf iets uit de leerlingen.

Bijlage 7

Hoe help je leerlingen bij het vaststellen van de onderzoeksvraag?

Naam docent: Jan Rasing
School: Olympus College, Arnhem

Het grootste probleem is de planning van de leerlingen. De leerlingen beperken zich bij het verzinnen van het idee tot een onderwerp, er wordt geen concrete onderzoeksvraag geformuleerd. In de maand waarin de metingen moeten uitgevoerd worden, moeten de leerlingen dan vaak hun onderzoek nog concreet maken. De docent besluit vaak toch de leerlingen al aan de slag te laten gaan ook al is de onderzoeksvraag nog niet echt concreet. De reden hiervoor is dat hij de leerling niet te veel wil sturen en niet te veel wil ophouden. Hij laat de leerlingen dan vaak alvast beginnen met de experimenten om te kijken hoe het werkt. De ervaring is dat er dan vanzelf aan het licht komt dat de onderzoeksvraag nog niet concreet genoeg is. Soms stellen ze de uitvoering zo ver uit dat ze in februari nog aan hun onderzoek moeten beginnen. Dit komt onder andere door de drukte in het laatste jaar. De leerlingen moeten behalve EXO ook boekenlijsten lezen en een biologie werkstuk maken. Hierdoor blijft vaak veel werk aan het eind liggen. De docent houdt contact met de leerlingen door na elke fase aan de leerlingen te vragen de resultaten in te leveren. In de natuurkundelessen kunnen de leerlingen ook altijd zelf nog komen met vragen over EXO. De leerlingen vinden het doen van EXO leuk, al komen ze daar soms, doordat de planning vaak niet zo goed is, wat laat achter.

Naam docent: Arnoud Pollmann
School: Stedelijk Gymnasium, Nijmegen
Soms gaat de fantasie van de leerlingen iets te ver bij het bedenken van een onderzoeksvraag. De mogelijkheden en materialen die op school aanwezig zijn, zijn niet altijd toereikend. In overleg met de docent worden de onderwerpen dan teruggebracht tot realistische proporties.

Naam docent: C. van Hout
School: Overbetuwe College, Bemmelen
Welke problemen kom je zoal tegen?
- Soms is het onderwerp dat de leerlingen hebben bedacht veel te breed gekozen. Ik spreek de leerlingen er dan op aan of hun onderwerp wel realiseerbaar is.

Bijlage 8

Een verslag, hoe maak je dat?

door Frans Carelsen en Frits Gierveld, S.G. Marianum, Groenlo

Inleiding

Het maken van een goed leesbaar verslag is van groot belang:

- voor jezelf: ordening van resultaten
- voor anderen: zij kunnen mogelijk gebruik maken van je resultaten en conclusies

Denk eraan bij het maken van je verslag, dat je het zo moet schrijven, dat een ander erin kan lezen wat je gedaan hebt, hoe je het gedaan hebt en wat je resultaten en conclusies zijn.

Die ander moet aan de hand van jouw verslag het experiment kunnen herhalen.

Nu komt het moeilijkste probleem: hoe schrijf ik het verslag?

We zullen daar een paar aanwijzingen voor proberen te geven door de verschillende onderdelen, waaruit dat verslag moet bestaan, achter elkaar te behandelen.

De meest gewenste indeling is als volgt:

• Titelpagina	1
• Inhoudsopgave	2
• Samenvatting	3
• Theorie	4
• Uitvoering van het experiment	5
• Resultaten	6
• Conclusies	7
• Bronvermelding	8
• Bijlagen	9

1. Titelpagina

Op de titelpagina komt een duidelijke naam voor je onderzoek. Dat kan het onderwerp zijn, maar ook je probleemstelling.

Het gaat erom, dat de vlag de lading dekt, dus dat de titel en inhoud van het verslag bij elkaar aansluiten.

Naast de titel komen op deze pagina ook de namen van de groep, naam van de leraar, het schooltype en de inleverdatum.

2. Inhoudsopgave

In de inhoudsopgave vermeld je op welke bladzijde een bepaald onderdeel van het verslag begint. Dat maakt het geheel overzichtelijker en het terugzoeken van hoofdstukken en bijlagen gemakkelijker.

3. Samenvatting

In de samenvatting vermeld je kort:

- de probleemstelling
- hoe je het onderzoek gedaan hebt
- wat de resultaten zijn en wat de betrouwbaarheid van die resultaten is
- wat de algemene conclusies zijn

Het lijkt wat vreemd om vooraf een samenvatting te geven, maar dat is belangrijk voor de lezer. Die kan op grond van de samenvatting beslissen of hij verder zal lezen of dat dat geen zin heeft. De lengte van de samenvatting moet niet meer zijn dan een half tot driekwart velletje A4.

4. Theorie

In dit gedeelte van het verslag moet het volgende staan:

- Waar het onderzoek over gaat. Hierin moet in ieder geval duidelijk worden wat de probleemstelling is.
- Wat de theoretische achtergronden zijn. Hierbij kun je denken aan bijvoorbeeld reactievergelijkingen, benodigde formules (eventueel met afleiding), enz.
Hierop aansluitend kun je ook vermelden hoe de berekeningen verlopen. (m.a.w. hoe je uit een bepaalde meting je antwoord hebt berekend). Je hoeft dan niet voor alle berekeningen al die stappen opnieuw op te schrijven. Je kunt in het hoofdstuk resultaten dan volstaan met bijvoorbeeld tabellen.
- Waarom het onderzoek juist is opgezet, zoals je hebt gedaan.

Schrijf de theorie kort en zakelijk op. Houd je aan het onderwerp van je onderzoek.

Wijd niet teveel uit over allerlei bijkomstigheden, om zo het aantal pagina's alleen maar groter te krijgen.

Als je citeert, dan moet je duidelijk verwijzen naar een bronvermelding.

Dit kan bijvoorbeeld met een cijfertje (2) of met een naam en jaartal (Jansen, 1972).

5. Uitvoering van het experiment

Hierin beschrijf je hoe je het experiment hebt uitgevoerd en welke materialen en apparaten je hebt gebruikt. Vergeet niet daarbij de gebruikte hoeveelheden te vermelden.

Je kunt eventueel een tekening van de gebruikte apparatuur geven, met daarbij bijschriften als toelichting.

Maak echter geen tekeningen van eenvoudige opstellingen of standaard glaswerk, dat weet iedereen wel.

Heb je veel tekeningen, voeg deze dan bijlage toe aan het verslag.

Ook **problemen**, die je bent tegengekomen tijdens de uitvoering van het onderzoek en de oplossing, die je daarvoor hebt bedacht, kun je hier vermelden.

Kortom: de uitvoering van het experiment moet zodanig beschreven zijn, dat iemand anders met alleen deze gegevens het experiment op dezelfde wijze kan overdoen.

6. Resultaten

In dit hoofdstuk vermeld je wat je als resultaten van je experimenten hebt gevonden. Heb je veel rekenkundige resultaten, maak dan gebruik van tabellen. Worden de tabellen groot dan is het vaak overzichtelijker om de getallen in grafieken weer te geven.

Heb je veel tabellen en grafieken dan kun je die beter als bijlage opnemen en hier alleen de samenvatting ervan vermelden, met verwijzing naar de bijlagen, dit verhoogt de leesbaarheid van je verslag.

N.B.: In dit hoofdstukje vermeld je **alleen** de resultaten, de discussie daarover komt in het volgende hoofdstuk.

7. Conclusie en discussie

De conclusies dienen een algemeen karakter te hebben en moeten een antwoord geven op de probleemstelling of aansluiten op de werkhypothese (zie theorie). Verder geef je een kritische beschouwing van de resultaten zelf en van de **betrouwbaarheid van die resultaten**.

De logische en duidelijk opgebouwde conclusies moet je illustreren met een verwijzing naar de resultaten.

8. Bronvermelding of literatuur

Boeken, artikelen en dergelijke, die je ergens voor je verslag gebruikt hebt, moet je hier vermelden.

Boeken: je noemt achtereenvolgens: de naam van de schrijver, diens voorletters, titel van het boek, drukker, plaats en jaar van uitgifte.

Artikelen: naam van de schrijver, voorletters, titel van het artikel, naam van het tijdschrift, bladzijden waar het artikel stond, nummer en datum van het tijdschrift.

Bijvoorbeeld: Jansen, E.K.; In het Verdomhoekje!,

De Tijd blz. 4-7, nr. 8; nov. 1985.

9. Bijlagen

De bijlagen omvatten de grafieken, tabellen en/of berekeningen die eerder in het verslag ter sprake zijn gekomen. Ook eventuele uitgebreidere theorie beschouwingen als ze volgens jou relevant zijn horen hier thuis.

Tot slot

Niet de dikte van het verslag bepaalt hoe goed het is, maar de helderheid en nauwkeurigheid van de inhoud. Een goed spreekwoord geldt ook hier: 'In de beperking toont men zich meester'. Dus houd het kort, helder en duidelijk.

Bijlage 9

Een verslag, waar bestaat dat uit?

Het verslag moet bestaan uit:

- 2 à 3 getikte kantjes A4 (regelafstand 1)
- de naam van het onderzoek (titel)
- een inleiding waarin staat:
 - waarom je het onderwerp hebt gekozen
 - wat je onderzoeksvraag is
 - wat eventueel je deelvragen zijn
 - wat je hypothese is
- een beschrijving van je onderzoek waarin staat:
 - hoe je de gegevens verzameld hebt
 - waar en wanneer je je gegevens verzameld hebt
- de bewerking van je gegevens in de vorm van teksten, tabellen, grafieken enz
- de conclusie waarin staat:
 - of je hypothese klopte
 - wat je verder nog te weten bent gekomen
- een eigen mening over je onderzoek waarin je schrijft over:
 - wat je het leukste vond tijdens het onderzoek
 - wat je het moeilijkste vond tijdens het onderzoek
 - wat je anders zou doen, als je nog eens een onderzoek zou uitvoeren
- een lijst met boeken, tijdschriften enz. die je gebruikt hebt

Veel van deze onderdelen kunnen uit het logboek worden gehaald. Als je klaar bent, lever je het verslag en het logboek in bij de docent(e).

Bijlage 10

Suggesties voor een EXO nagesprek

door Hans Morélis, SLO, Enschede

1. Hoe ben je tot de onderwerpkeuze van je EXO gekomen, wat bracht je op het idee: waar, wanneer en hoe?
2. Wat waren je informatiebronnen: vrienden, ouders, docent, bieb,?
3. Welke spullen/materialen heb je gebruikt en hoe kwam je daaraan?
4. Met welke spullen/materialen had je nog niet eerder gewerkt en wat vond je daarvan?
5. Welke problemen ben je tijdens het EXO tegengekomen en hoe heb je die opgelost?
6. Hoe vaak heb je je oorspronkelijke (werk)plan moeten aanpassen en verbeteren en hoe ging dat?
7. Wat voor beeld had je vooraf van wat je EXO aan resultaten zou opleveren? Klopte dit ongeveer of ging het heel anders?
8. Hoeveel tijd heb je besteed aan voorbereiding, uitvoering, evaluatie en verslag van je EXO? Klopte dit met je verwachtingen?
9. Wat is volgens jou het belangrijkste of meest opvallende dat je geleerd hebt van je EXO? Wat kon of wist je vooraf niet en na afloop wel?
10. Welke kennis (leerstof) heb je vooral moeten gebruiken bij het uitvoeren van je EXO?
11. Wat zou je eigenlijk nog willen doen of willen verbeteren als je meer tijd zou hebben?
12. Wat vond je eigenlijk van je EXO: wat voor gevoel heb je er over nu je er op terug kijkt?

Bijlage 11

Observatieschema voor mondelinge presentaties uit: *Open onderzoek in de 2^e fase, APS, Utrecht*

OPBOUW BETOOG

		zwak				sterk
TITEL	pakkend, lading dekkend	1	2	3	4	5
INLEIDING	benoemen onderwerp rode draad aangeven afspraken met publiek over vragen tijdsduur	1	2	3	4	5
MIDDENSTUK	logische opbouw goede overgangen	1	2	3	4	5
SLOT	goede samenvatting logische conclusie afsluiting	1	2	3	4	5
TIJDSINDELING	overschrijden	1	2	3	4	5
GEBRUIK HULPMIDDELEN		1	2	3	4	5

INTERACTIE MET LUISTERAAR EN HOUDING

AANSLUITING BIJ NIVEAU PUBLIEK		1	2	3	4	5
OOGCONTACT		1	2	3	4	5
ONTSPANNEN EN ZELFVERZEKERDE HOUDING		1	2	3	4	5
GEBAREN EN GEZICHTSUITDRUKKING		1	2	3	4	5
INSPLEEN OP ACTIES PUBLIEK		1	2	3	4	5
AANTREKKELIJKHEID VOOR PUBLIEK (humor, voorbeelden, etc.)		1	2	3	4	5

STEM- EN TAALGEBRUIK

ARTICULATIE		1	2	3	4	5
BEGRIJPELIJK WOORDGEBRUIK		1	2	3	4	5
LEVENDIGE INTONATIE		1	2	3	4	5
STOPWOORDEN		1	2	3	4	5
SPREEKTEMPO EN -VOLUME		1	2	3	4	5

Bijlage 12

Beoordeling van open onderzoek bij natuurkunde

door *dhr. Penninx, Stabrecht College, Geldrop, februari 1997*

Beoordeling van het natuurkundig experiment

De punten 1 t/m 7 worden beoordeeld aan de hand van het verslag.

Punt 8 betreft de mondelinge verantwoording.

Bonuspunten kunnen worden gegeven voor:

- zeer goede motivatie van de keuze van het onderzoek
- zeer originele plannen
- zeer goede uitvoering van een complex onderzoek
- zeer gedegen uitwerking van de resultaten
- veel tegenslagen moeten verwerken
- alleen moeten werken.

1. Idee uit de omgeving (het probleem)

- de motivatie
 - de originaliteit
 - is het simpel of ingewikkeld
 - vergezocht of zinnig
- maximaal 4 punten

2. Onderzoeksvragen

- duidelijk geformuleerd in het verslag
 - sluit de onderzoeksvraag aan bij het probleem?
 - is de onderzoeksvraag niet te moeilijk of te gemakkelijk?
 - is de onderzoeksvraag zinnig?
- maximaal 4 punten

3. Experiment bedenken

- het doen van gidsexperimenten (moeten beschreven worden in het verslag)
 - apparatuur tests, voorzorgsmaatregelen in verband met veiligheid
 - onderzoeksvragen aanscherpen
 - het leggen van contacten met instellingen en bedrijven
 - creativiteit en inventiviteit bij het bedenken van de opstelling
 - theoretische achtergrond (moet opgenomen worden in het verslag; eventueel geraadpleegde literatuur noemen)
- maximaal 6 punten

4. Experiment uitvoeren

- hoe is de opstelling gebouwd? Dit moet blijken uit het verslag
 - tekening en/of foto van de opstelling
 - zijn er voldoende metingen in een optimaal meetgebied?
 - kloppen de metingen
 - hoe zijn de metingen genoteerd?
 - zijn de metingen reproduceerbaar?
 - welke grootheden zijn constant gehouden?
- Maximaal 10 punten

5. Meetresultaten uitwerken

- goed geordend en helder verslag (andere leerlingen van 6vwo moeten het begrijpen)
- taalgebruik natuurwetenschappelijk helder en juist
- zijn de berekeningen juist?
- juiste aantal significante cijfers gebruikt?
- zijn de juiste formules gebruikt?
- is er correct gebruik gemaakt van tabellen en diagrammen?
- kloppen de grafieken?
- aangegeven welke grootheden constant gehouden zijn?
- effectief en nauwgezet gebruik van tekeningen, figuren en plaatjes
maximaal 10 punten

6. Conclusies trekken

- zijn de juiste conclusies getrokken (kort en duidelijk)
- is de onderzoeksvraag in de conclusies betrokken?
- is de nauwkeurigheid onderzocht?
- is uit deze nauwkeurigheid een conclusie getrokken?
- zijn er bepaalde problemen geweest tijdens het onderzoek?
maximaal 8 punten

7. Vervolgonderzoek

- is er een voorstel tot verder onderzoek gedaan?
- is dit een zinnig voorstel?
- is dit voorstel nader uitgewerkt?
- kan het onderzoek nauwkeuriger en betrouwbaarder worden uitgevoerd?
maximaal 3 punten

8. Mondelinge verantwoording

- evaluatie van de proef
- antwoorden op vragen
- uitvoering van een meting
maximaal 5 punten

Beoordeling open onderzoek

Docent:

Namen:

Titel:

Onderzoeksvragen:

	max	opmerkingen	score	bonus
1. Inleiding. Idee uit de omgeving (het probleem)	4			
2. Onderzoeksvragen	4			
3. Experiment bedenken	6			
4. Experiment uitvoeren	10			
5. Meetresultaten uitwerken	10			
6. Conclusies trekken	8			
7. Vervolgonderzoek	3			
Subtotaal	45			
Mondelinge verantwoording Datum en tijd:	5			
Totaal:	50			

Cijfer:

Bijlage 13

Beoordeling Zelfstandig Onderzoek Natuurkunde 1996/1997

door Ydo Winkler, Ichthus College, Enschede/Hengelo

Beoordeling Zelfstandig Onderzoek Natuurkunde 1996/1997		Leerling:	Cijfer:	
criterium	omschrijving	Max. score	Score	Deel-score
P1	Komt <i>zelfstandig</i> tot <i>valide</i> onderzoeksvraag (7) - Onderzoeksvraag is <i>origineel</i> (3)	10		
P2	Geeft aan van welke <i>theorie</i> gebruik gemaakt wordt	2		
P3	Beschrijft <i>welke</i> waarnemingen gedaan moeten worden	2		
P4	Beschrijft <i>hoe</i> het waarnemen aangepakt zal worden; geeft blijk dat het probleem is begrepen	3		
P5	Geeft een <i>inventarisatie van de benodigdheden</i> voor het experiment	2		
P6	Geeft aan <i>welke</i> variabelen constant gehouden moeten worden en <i>hoe</i>	2		
P7	Geeft de <i>onafhankelijke</i> variabele aan en <i>hoe</i> deze veranderd moet worden	2		
P8	Geeft een <i>prognose</i> van de <i>uitkomst</i> in <i>wiskundige vorm</i>	3		
P9	Geeft aan <i>hoe de meetresultaten geanalyseerd</i> gaan worden; <i>correctheid van analysemethode</i>	3		
Subtotaal		29		
U1	Verzamelt <i>zelf</i> instrumenten, materialen en informatie die nodig zijn	4		
U2	Relatieve <i>technische moeilijkheidsgraad</i> van het experiment	10		
U3	Gebruikt meetinstrumenten <i>correct</i> , voert metingen met de <i>gewenste nauwkeurigheid</i> en volgens een <i>juiste methode</i> uit	3		
U4	Voert <i>voldoende metingen</i> uit verspreid over een <i>optimaal</i> meetgebied	4		
U5	<i>Herhaalt metingen</i> wanneer dat wenselijk is en bepaalt het gemiddelde	3		
Subtotaal		24		
V1	Zorgt voor een <i>goed leesbaar</i> , helder en <i>volledig</i> verslag	5		
V2	Verwerkt de meetresultaten op <i>correcte wijze</i> , dus met <i>correcte tabellen</i>	4		
V3	Gebruikt bij berekeningen op <i>correcte wijze natuurkundige principes en relaties</i>	4		
V4	Maakt <i>effectief gebruik van tekeningen</i>	2		
V5	Maakt <i>effectief gebruik van tabellen en diagrammen</i> in presentatie en verwerking van data	3		
V6	Trekt duidelijke, voldoende vergaande en <i>juiste conclusies</i> uit de metingen; legt een link tussen experiment en theorie	2		
V7	<i>Kwaliteit</i> van het <i>eindresultaat</i> uit de metingen, overeenkomstig met theorie waarden	5		
V8	Geeft een <i>overzicht</i> van de geraadpleegde <i>literatuur</i>	2		
Subtotaal		27		
Mondeling	Laat blijken inzicht te hebben in o.a. de theoretische achtergrond van het onderwerp	10		

Bonus	10	10	10
<i>Totaal</i>	100		

Bijlage 14

Beoordelingsformulier

door dhr. Kleefsman, OSG Winkler Prins

Naam:

onderdeel/aspect	max. pnt	pnt.	Opmerkingen
beoordeling vwo-5	10		
titel	2		
samenvatting	4		
logboek	4		
literatuur/-vermelding	2		
vraagstelling	4		
hypothese, als-dan argumentatie			
methode juistheid	5		
reproduceerbaarheid			
duplo's	2		
controles	2		
resultaten volledigheid	5		
overzichtelijkheid			
logische opbouw			
grafische weergave tabellen	5		
conclusie	5		
discussie, verklaring, kritiek, vervolgonderzoek	5		
niveau, moeilijkheids-graad	10		
zelfstandigheid, tijds- besteding, organisatie	10		
verzorging verslag	5		

Totaal	80	CIJFER:	

Eventuele algemene opmerkingen

Bijlage 15

Beoordelingslijst

*door D. Brom, St. Janslyceum, Den Bosch
en E. van de Werf, Lingecollege, Tiel*

- P1 Komt zelfstandig tot een valide onderzoeksvraag die aan minstens één door de leerling vooraf bepaalde specificatie voldoet.
- P2 Beschrijft een aanpak of schetst het voorgestelde eindproduct waaruit blijkt dat het te onderzoeken probleem is begrepen.
- P3 Geeft aan van welke theorie gebruik gemaakt gaat worden.
- P4 Beschrijft welke waarnemingen moeten worden gedaan.
- P5 Beschrijft hoe het waarnemen aangepakt gaat worden.
- P6 Noemt de benodigdheden voor de proef
- P7 Geeft aan welke grootheid/grootheden tijdens de proef niet mogen veranderen omdat dit het meetresultaat beïnvloedt en geeft aan hoe dit bereikt kan worden.
- P8 Geeft de onafhankelijke variabelen aan en geeft aan hoe zij gewijzigd moeten worden.
- P9 Geeft aan hoe de meetresultaten kunnen worden verwerkt.

- U1 Verzamelt zelf de instrumenten, materialen en informatie die voor het onderzoek nodig zijn, of legt contact met de instantie waar het gewenste onderzoek gedaan kan worden.
- U2 Volgt het onderzoeksplan dat tot een antwoord op de onderzoeksvraag leidt vrijwel op de voet. Hij/zij past het plan zo nodig aan als de meetresultaten of omstandigheden daartoe aanleiding geven.
- U3 Maakt zelfstandig gebruik van de materialen en instrumenten op een veilige en effectieve manier.
- U4 Voert de metingen met de gewenste nauwkeurigheid uit.
- U5 Toont creativiteit of inventiviteit bij het oplossen van de (gebruikelijke) meetproblemen.
- U6 Voert voldoende waarnemingen/metingen uit verspreid over een optimaal meetgebied en/of onder zinnige omstandigheden.
- U7 Herhaalt waarnemingen/metingen wanneer dit wenselijk is. Hij/zij kan duidelijk afwijkende metingen laten vervallen of uit enkele metingen een gemiddelde bepalen.
- U8 Geeft de meetresultaten en andere waarnemingen op een duidelijke manier weer.

- M1 Maakt m.b.v. IPCoach (modelomgeving) een numeriek model, dat de waarneming waarschijnlijk zal beschrijven.
- M2 Voert verantwoorde startwaarden in.
- M3 Is in staat m.b.v. “instellingen” de nodige assenstelsels en diagrammen te maken en te printen.
- M4 Is in staat met “simulatie” diverse startwaarden te veranderen.
- M5 Past startwaarden en model zodanig aan, dat de metingen goed worden beschreven.

- V1 Zorgt voor een goed geordend helder verslag van het onderzoek.
- V2 Geeft een duidelijke beschrijving van de aanpak van het onderzoek.
- V3 Verwerkt de meetresultaten op een juiste wijze.
- V4 Gebruikt berekeningen en natuurkundige vergelijkingen bij het verwerken van de meetresultaten.
- V5 Maakt effectief en nauwgezet gebruik van tekeningen/figuren/plaatjes.
- V6 Maakt correct en adequaat gebruik van tabellen en diagrammen in de presentatie en de verwerking van de meetgegevens.

- V7 Laat blijken kennis en inzicht te hebben in de theoretische aspecten die verband houden met het onderzoek.
- V8 Trekt een duidelijke en concrete conclusie uit de metingen of presenteert een product dat aan gestelde specificaties voldoet.
- V9 Geeft een overzicht van de geraadpleegde literatuur en/of andere informatiebronnen.

- E1 Beschrijft de problemen die zich hebben voorgedaan tijdens het onderzoek.
- E2 Geeft de beperkingen van de geldigheid van de conclusies aan op grond van een schatting van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de meetresultaten.
- E3 Geeft aan hoe het beschreven onderzoek nauwkeuriger en betrouwbaarder kan worden uitgevoerd.
- E4 Doet zinvolle voorstellen voor verder onderzoek op basis van de resultaten die zijn verkregen en de vragen die daardoor zijn opgeroepen.

Bijlage 16

Beoordeling EXO

door *Arnoud Pollmann, Stedelijk Gymnasium, Nijmegen*

klas 6D '96-'97

1 Ivo van Dijk, Thomas Luytelaar hysteresis bij smelten eindcijfer:

Opzet:

originaliteit en verantwoording (10)

vraagstelling en hypothese (10)

overzichtelijkheid (10)

totaal opzet (30)

Experiment (30)

Verslag (30):

vorm (8)

interpr.metingen (4)

beantwoording vraagstelling (10)

meetfouten (3)

achtergrondliteratuur (5)

totaal score (90)

zwaarte (0,6 - 1,1)

Bijlage 17

Beoordeling EXO bij scheikunde

door Miek Scheffers-Sap, Gymnasium Beekvliet, St. Michelsgestel

Cijfergeving Exo

Het cijfer voor het eigen experimenteel onderzoek komt als volgt tot stand:

Voor vijf onderdelen wordt een cijfer gegeven; het cijfer voor het derde onderdeel telt dubbel.

Bij een normale uitvoering van de genoemde onderdelen mag het cijfer 7 worden verwacht.

Dit cijfer wordt hoger dan wel lager bij een boven- resp. ondernormale prestatie.

Het totaal van deze cijfers wordt gedeeld door 6. Zo ontstaat een basiscijfer.

De vijf onderdelen zijn:

1. Het onderzoeksvoorstel. Het betreft het voorstel dat op 6 december dan wel op 24 januari is ingediend.
2. De praktische uitvoering van het onderzoek
3. Het theoretische niveau van het verslag
4. De beantwoording van de onderzoeksvraag
5. De vormgeving van het verslag

Het basiscijfer kan worden verhoogd (+) of verlaagd (-) op grond van:

- de tijdsinvstering vóór de EXO-week (+/-)
- de mate van eigen inbreng in het onderzoek (+/-)
- het overschrijden van de tijdslimieten (-)
- je creativiteit (+)
- het gebrek aan veiligheidsmaatregelen (-)
- de resultaten van het eindgesprek met de coach (+/-).

Eisen aan de opbouw en indeling van het EXO-verslag

1. Inleiding

Een inleiding is altijd vereist. Deze dient er bijvoorbeeld voor om duidelijk te maken wat de reden is om juist deze proef gedaan te hebben of om een onhandig lange titel te voorkomen.

2. Doel

Het doel van een proef moet altijd een onderzoeksvraag zijn. Deze moet kort en toch duidelijk worden geformuleerd. Dus niet: *Het onderzoeken van een beweging langs een hellend vlak* maar bijvoorbeeld *Wat is het verband tussen de versnelling van een kar op een hellend vlak en de hellingshoek?*

3. Theorie

Vermeld hier de theorie die betrekking heeft op je onderzoek. Hier wordt een uiteenzetting van de theorie met betrekking tot de onderzoeksvraag gevraagd met een verwijzing naar de plaatsen waar die theorie uitgebreider gevonden kan worden. Bij een literatuurverwijzing wordt de literatuur niet overgetypt, maar worden alleen de relevante punten uit de literatuur vermeld. De literatuurverwijzingen worden genummerd.

Vermeld hier ook wat je geleerd hebt uit het overleg met je coach.

4. Opstelling

Een tekening van de proefopstelling met de namen erbij.

5. Uitvoering

Wat werd er met de opstelling gedaan? Hoe is de proef uitgevoerd? Waarom heb je het zo gedaan? Wat heb je gedaan voor een veilige uitvoering van de proef?

Richt je niet tot de coach die de proef wellicht wel kent, maar richt je tot de geïnteresseerde leek die door dit verslag moet gaan weten en begrijpen wat je hebt uitgevoerd en waarom.

6. Waarnemingen en berekeningen

Welke waarnemingen zijn gedaan? Noteer de meetwaarden zoveel mogelijk in tabellen. Voeg daar de resultaten van de berekeningen bij voorkeur in dezelfde tabel aan toe. Verhelder je resultaten met diagrammen. Bij niet-vanzelfsprekende berekeningen werk je één berekening uit; die neem je hier ook op.

7. Foutenbespreking

Hoe nauwkeurig waren de waarnemingen? Hoeveel procent kunnen de meetwaarden afwijken van de werkelijke waarden? Vergelijk je uitkomsten met literatuurwaarden inclusief een genummerde literatuurverwijzing.

Was er sprake van systematische fouten? Hier is ook ruimte voor een statistische analyse van de verzameling meetwaarden.

Hoeveel en welke invloed hebben onnauwkeurigheden in de meetwaarden op het antwoord op de onderzoeksvraag?

Model cijfergeving EXO-verslag

Naam/namen

.....

Onderdelen	Argumentatie	Punten
Onderzoeksvoorstel		
Praktische uitvoering		
Theoretisch niveau verslag (punten x2)		
Beantwoording onderzoeksvraag		
Vormgeving verslag		
	Totaal aantal punten	
	Basiscijfer:	
Tijdsinvestering vóór de EXO-week Max. + - 0,5		
Eigen inbreng Max. + - 1		
Overschrijding tijdslimieten Max. - 1		
Creativiteit Max. + - 1		
Gebrek aan veiligheidsmaatregelen Max. - 0,5		
Resultaten eindgesprek Max. + - 1		
	EINDCIJFER	

Bijlage 18

Formulieren OSG De groene driehoek

▷ OSG De groene driehoek Hoogeveen

S.O. 5 havo
natuurkunde

Eigen onderzoek van

Partner

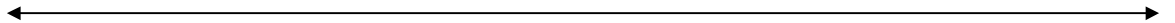
Titel

Kruis aan op de balk hoe volgens jou de verdeling is:

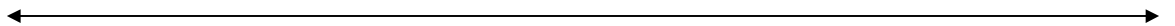
zelf het meest

allebei evenveel

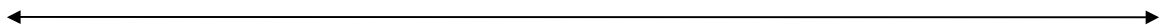
partner het meest



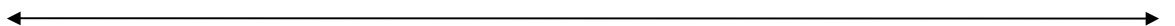
bedenken van ideeën en oplossingen



leggen contacten - telefoontjes - praten met helpers



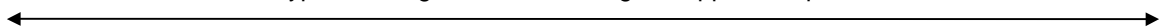
maken van instrumenten, constructies



reistijd, werktijd, experimenteertijd



typen verslag - maken tekeningen - opplakken poster



verzorgen / voorbereiden presentatie



OSG De groene driehoek Hoogeveen

S.O. 5 havo
natuurkunde

Eigen onderzoek van

Partner

Titel

5						
4						
3						
2						
1						
	a	b	c	d	e	f

- a. Voorbereiding(aan de hand van plan-formulier)
 - 1. formulier ingevuld
 - 2. onderzoeksvraag gesteld
 - 3. gekozen onderwerp gebruikt
 - 4. plannen gemaakt
 - 5. onderzoek volgens plan uitgevoerd
- b. Testfase/verkenning(aan de hand van werk-formulier)
 - 1. literatuur opgezocht
 - 2. vragen gesteld
 - 3. werkplan opgesteld
 - 4. test-experimenten uitgevoerd
 - 5. conclusies verwerkt
- c. Werkfase/uitvoering(aan de hand van werkformulier en verslag)
 - 1. spullen verzameld
 - 2. experimenten uitgevoerd
 - 3. verbeteringen aangebracht
 - 4. controles uitgevoerd
 - 5. onderzoek uitgebreid
- d. Afronding/conclusies(aan de hand van verslag)
 - 1. rapportage van werkzaamheden en metingen
 - 2. rubricering; maken van tabellen
 - 3. verwerking en berekeningen, tekeningen
 - 4. conclusies bevredigend
 - 5. analyse; relatie beginvraag en conclusie
- e. Verslag/poster
 - 1. titel-inhoudsopgave-verslag-conclusie
 - 2. tekeningen, grafieken, illustraties
 - 3. helder verhaal, correct taalgebruik
 - 4. toelichtingen terzake
 - 5. natuurkundige kennis op niveau verwerkt
- f. Presentatie
 - 1. kort verhaal gehouden
 - 2. vragen (goed) beantwoord
 - 3. beelden: tekeningen op bord, sheets, tonen spullen
 - 4. demonstratie, video
 - 5. grote respons

Bijlage 19

Kenmerken van de ideale EXO opdracht

door Hans Moréllis, Slo, Enschede

Gebruikt in SLO-NVON nascholingscursus over het studiehuis

Beoordeel één of meer EXO opdrachten aan de hand van de volgende criteria door kruisjes te zetten in de kolommen.

Betekenis van de cijfers: 1 zeer slecht
 2 onvoldoende
 3 voldoende
 4 goed

Criteria	1	2	3	4
Ruimte voor eigen inbreng van de leerlingen				
Passend bij niveau van de leerlingen: kennis, ervaring, capaciteiten				
Uitvoerbaar in de gegeven omstandigheden: geschikte apparatuur aanwezig (niet te duur, gevaarlijk, ingewikkeld) en EXO is te doen in de beschikbare tijd				
Duidelijkheid over de randvoorwaarden: wie/wat als hulp, wanneer af, hoe getoetst				
Er moet 'iets' uitkomen: redelijke kans van slagen van het experiment				
Het nut van de EXO moet duidelijk zijn voor de leerlingen (relevantie: waarom doe je dit, wat heb je er aan				
Bij voorkeur kwantificeerbare resultaten				
Doet beroep op velerlei vaardigheden: taal, rekenen, omgaan met info (o.a. ICT) en spullen, onderzoek doen				
Elders info beschikbaar en bereikbaar om te raadplegen				
Tussentijdse controlemomenten ingebouwd: logboek				
Aandacht voor reflectie: opmerkingen gericht op het verloop en de eigen aanpak				
Aandacht voor presentatie van de EXO resultaten				

Wat is de totaalscore:

Verbeter de EXO opdrachten met een (te) lage score!

Bijlage 20

Vaardigheden

Vaardigheden in de voorbereidingsfase⁵

1. **Oriënteren:**
 - je afvragen wat de bedoeling van de opdracht is, wat je ervan zou kunnen leren;
 - mogelijke leerdoelen uitwerken in deel-leerdoelen;
 - je afvragen wat het nut is van elk mogelijk leerdoel;
 - het/de belangrijkste doel/en kiezen;
 - je afvragen wat je al van deze leerdoelen weet/kunt;
 - nagaan welke voorkennis je verder nodig hebt (bijvoorbeeld als 'gereedschap');
 - in grote lijnen vaststellen wat je nu moet leren.

2. **Aanpak kiezen:**
 - je afvragen waar je goed en minder goed in bent, meer aandacht besteden aan het laatste;
 - per leerdoel een geschikt plan van aanpak bepalen (gebruik vaardigheden uit de verwerkingsfase).

3. **Plannen:**
 - noteren wat je voor school moet doen;
 - andere taken en wensen noteren;
 - de benodigde tijd voor alle taken en wensen schatten;
 - een volgorde van belangrijkheid maken, wat niet kan schrappen;
 - je aan je planning houden.

4. **Motiveren:**
 - voor elk leerdoel bepalen wat je er in de toekomst aan hebt;
 - nagaan wat je korte termijndoelen zijn;
 - nagaan wat je lange termijndoelen zijn;
 - een grote taak in haalbare stukjes verdelen;
 - je planning daaraan aanpassen;
 - de moed niet verliezen bij een tegenvaller.

5. **Concentreren:**
 - de afleiders van buiten bepalen;
 - de afleiders van binnen bepalen;
 - voor een goede werkomgeving zorgen;
 - de afleiders blokkeren;
 - weten wat je wilt doen in een korte tijd.

⁵ Met wijzigingen overgenomen uit: *Handboek vaardigheden voor de Tweede Fase van het Voortgezet Onderwijs, Leerlingenboek*, red. Ed de Boer e.a., Loenen a/d Vecht, 1996

Vaardigheden in de verwerkingsfase

6. **Leren in stappen:**
 - nieuwe kennis aan oude koppelen;
 - toepassingen bedenken.
7. **Koppelen van begrippen:**
 - het woord op bekende onderdelen bekijken;
 - de definitie bekijken;
 - een schematisch begrippennet (bijvoorbeeld het boomschema van 11) maken.
8. **Feiten leren:**
 - feiten zo mogelijk uit de context leren;
 - een koppelingmethode gebruiken (zie 7).
9. **Teksten begrijpen en leren:**
 - de juiste aanpak kiezen (zie 2);
 - een overzichtsschema maken (zie 11);
 - de structuren zoeken (zie 13);
 - het overzichtsschema aanvullen;
 - een samenvatting maken (zie 14).
10. **Opgaven maken:**
 - je afvragen wat de bedoeling van het maken van deze opgave is;
 - de probleemoplosmethode gebruiken (zie 16);
 - noteren wat je van het maken van deze opgave geleerd hebt.
11. **Een geschikt schema gebruiken:**
 - een boomschema maken;
 - een tabel maken;
 - pijlen zetten: → oorzaak-gevolg, ← tegenstelling, ⇔ elkaar beïnvloedend;
 - gedachtestreepjes, cijfers en letters gebruiken.
12. **Overzicht zoeken:**
 - de titel lezen;
 - de kopjes van §§ lezen;
 - illustraties, grafieken en tabellen bekijken;
 - begin en eind lezen;
 - een overzichtsschema maken (zie 11).
13. **Structuren zoeken:**
 - op signaalwoorden (eerst, daarna, ten eerste, bovendien, want, dus, omdat, daarom, daarentegen, dus, want) letten;
 - structuur (tijdsvolgorde, opsomming, feit en bewijs, oorzaak en gevolg, tegenstelling, argumentatie) vinden.
14. **Samenvatten:**
 - een schema maken (zie 11);
 - een samenvatting schrijven.

15. Informatie aanvullen:

- een schema maken;
- een schets maken;
- aanvullen met eigen kennis;
- aanvullen door combineren van gegevens.

16. Een probleemaanpak gebruiken:

- probleemoplossing voorbereiden (analyse gegevens, analyse gevraagde schema/schets, kernbetrekkingen, schatting uitkomst) (zie 24);
- probleemoplossing uitvoeren (ga uit van gevraagde, gebruik kernbetrekkingen);
- terugblikken (klopt schatting?) zie 25).

Nieuwe vaardigheden voor de verwerkingsfase gericht op verdieping

17. **Begrippen/procedures vergelijken:**
 - benoemen van overeenkomsten en verschillen;
 - zelf noemen van voorbeelden en non-voorbeelden;
 - gegeven voorbeelden kunnen indelen.
18. **Begrippen/procedures classificeren:**
 - kenmerken van begrippen/procedures noemen;
 - aan de hand van hun kenmerken begrippen indelen.
19. **Begrippen/procedures expliciteren:**
 - begrip omschrijven
 - procedure die er bij hoort toelichten;
 - eigenschappen van het begrip toelichten.
20. **Verbanden leggen:**
 - (inductief) abstraheren/generaliseren: afleiden van generalisatie/patroon;
 - (deductief) afleiden gevolg van theorie of patroon.
21. **Vraagstelling analyseren:**
 - tekst analyseren;
 - relaties tussen begrippen vaststellen (zie 17, 18 en 20);
 - vooronderstellingen/gegevens onderscheiden;
 - vraagstelling onderscheiden;
 - vraagstelling weergeven in schets of schema (zie 11).
22. **Afleiding/bewijs formuleren (zie 17):**
 - afleiding/bewijs analyseren (zie 21);
 - afleiding/bewijs uitvoeren;
 - terugblikken op afleiding/bewijs.
23. **Redenering opzetten, conclusies trekken:**
 - informatie analyseren, argumenten/stellingen zoeken (zie 21);
 - informatie aanvullen (zie 16);
 - verbanden leggen (zie 20);
 - redenering opzetten/conclusie trekken.
24. **Probleemoplosmethode zoeken:**
 - de vraagstelling analyseren (21);
 - oplosmethoden inventariseren;
 - methoden die passen bij de vraagstelling vergelijken (je ervaring bij het oplossen van vorige vraagstukken gebruiken);
 - -indien mogelijk- verscheidene oplosmethoden gebruiken.
25. **Achteraf (bij terugblik) oplossingen van problemen vergelijken:**
 - algemeenheid, toepasbaarheid vergelijken;
 - doelmatigheid (efficiëntie) vergelijken;
 - elegantie vergelijken.

Vaardigheden voor de regulatiefase

26. **Bewaken van je leerproces:**
 - nagaan of je de stof begrepen hebt (zie 28);
 - nagaan of je het geleerde kunt onthouden;
 - de tijd in de gaten houden.

27. **Bewaken van concentratie en motivatie:**
 - nagaan of je goed aan het werk bent;
 - nagaan of je er nog zin in hebt;
 - maatregelen nemen om je aandacht of je animo te herstellen.

28. **Je kennis en inzicht toetsen:**
 - je zelf overhoren;
 - je zelf de stof uitleggen;
 - door het maken van opgaven nagaan of je het goed hebt begrepen.

29. **De resultaten van je leerproces beoordelen (evalueren):**
 - nagaan of je de vooraf gestelde doelen bereikt hebt;
 - nagaan of je de doelen binnen de gestelde tijd of met de verwachte inspanning hebt bereikt.

30. **Vaststellen wat de oorzaak van het niet begrijpen of niet kunnen (zie 28) is (diagnosticeren):**
 - nagaan of je voorkennis voldoende is;
 - nagaan of je de goede aanpak hebt gekozen;
 - maatregelen nemen om je strategie te verbeteren.

31. **Maatregelen nemen (bijsturen, zie 27 en 29):**
 - eerlijk tegen je zelf zijn;
 - eerst zelf proberen een andere aanpak te verzinnen;
 - hulp zoeken bij medeleerling, familielid of leraar.

32. **Achteraf nadenken over je leerproces (reflecteren):**
 - nagaan of je planning klopte;
 - (als je hebt samengewerkt) nagaan of de samenwerking met anderen goed was;
 - nagaan of je je, gezien de resultaten, voldoende hebt ingezet;
 - nagaan hoe je hebt geprobeerd om de taak voor je zelf leuk te maken;
 - nagaan of je je voldoende hebt kunnen concentreren en hoe je dat eventueel beter kunt doen;
 - nagaan of je tegen het uitvoeren van deze taak hebt opgezien en of dit achteraf bekeken wel terecht was;
 - nagaan of je op tijd maatregelen hebt genomen;
 - het goede resultaat van je werk toeschrijven aan je goede aanpak en voldoende inzet;
 - mislukkingen verklaren door fouten in je aanpak en/of te weinig inzet.

Vaardigheden voor (literatuur)onderzoek doen⁶

33. **Logboek of labjournaal bijhouden:**
- een schrift met harde koft of multomap gebruiken;
 - alle voor je onderzoek en voor je procesdocumentatie relevante gegevens (metingen, overwegingen, bronnen { = artikelen, boeken; met naam auteur, titel, plaats, jaar, blz. nummers }) noteren;
 - een vaste indeling van de bladzijden gebruiken, bijvoorbeeld zo:
(zie afbeelding)
 - steeds aantekeningen in je logboek maken;
 - die aantekeningen voor het schrijven van je artikel/verslag/presentatie gebruiken;
 - je aantekeningen voor het beschrijven van het door jou doorgemaakte proces gebruiken.
34. **Vooronderzoek uitvoeren:**
- een voorlopig onderwerp kiezen (zie 35);
 - een onderzoeksvraag en deelvragen behorend bij de gekozen profielvakken⁷ bedenken (zie 36);
 - hypothese(n) opstellen (zie 37);
 - een werkplan opstellen (zie 38);
 - het vooronderzoek uitvoeren;
 - alle belangrijke kanten die onderzocht kunnen worden noteren;
 - opnieuw de onderzoeksvraag bepalen (meestal moet het onderzoek beperkt worden, maar het kan ook te smal zijn uitgevallen).
35. **Onderwerp kiezen:**
- veel onderwerpen bedenken;
 - in boeken, media naar informatie zoeken;
 - wegstrepen wat je zelf niet interessant vindt;
 - wegstrepen wat niet past bij de soort opdracht;
 - nagaan of er voldoende aan het onderwerp te onderzoeken is (het kan ook te veel zijn).
36. **Onderzoeksvraag bedenken:**
- bij het onderwerp dat je hebt gekozen een geschikte onderzoeksvraag bedenken;
 - de begrippen in je onderzoeksvraag omschrijven;
 - deelvragen bedenken die behoren bij de gekozen profielvakken 3;
 - als je niet zeker van je zaak bent, een voorlopig onderzoek uitvoeren (zie 34);
 - je definitieve onderzoeksvraag formuleren (niet te breed, niet te smal).
37. **Hypothese(n) opstellen:**
- bedenken welke theorieën behorend bij de gekozen profielvakken kunnen helpen bij het vinden van een antwoord bij je onderzoeksvraag;
 - een of meer hypothesen (wetenschappelijke veronderstellingen, een soort antwoorden op je onderzoeksvraag, die je kunt onderzoeken) formuleren.

⁶ Weer (met wijzigingen en aanvullingen) ontleend aan het Handboek Vaardigheden voor de Tweede Fase van het Voortgezet Onderwijs. Leerlingenboek, red. Ed de Boer e.a., Loenen aan de Vecht, 1996.

⁷ Als het een profielwerkstuk betreft.

38. **Werkplan opstellen:**
- bedenken welke activiteiten nodig zijn voor het uitvoeren van je onderzoek (welke soorten “literatuur” [= schriftelijke bronnen] heb je nodig; waar zijn die te vinden; heb je iets aan het Internet; wat voor soort onderzoek moet je doen);
 - een tijdsplanning maken;
 - zo nodig je onderzoeksvraag bijstellen;
 - je werkplan noteren.
39. **Literatuuronderzoek uitvoeren (opzoeken):**
- bedenken welke informatie je nodig hebt;
 - bedenken onder welke trefwoorden je deze informatie zou kunnen vinden;
 - kranten, tijdschriften gebruiken;
 - naslagwerken gebruiken;
 - leerboeken of wetenschappelijke boeken gebruiken;
 - een trefwoordencatalogus (in openbare of universiteitsbibliotheek) gebruiken;
 - Internet gebruiken.
40. **Literatuuronderzoek uitvoeren (ordenen):**
- de gevonden informatie ordenen (waar gaat het over, wat hoort bij elkaar);
 - beoordelen welke informatie voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag belangrijk is en welke niet (voert te ver, gaat te diep in op onbelangrijke details).
41. **Literatuuronderzoek uitvoeren (analyseren en evalueren):**
- de gevonden bronnen nauwkeurig bestuderen, alle begrippen beschrijven;
 - een samenvatting van elke bron maken, de inhoud ervan in een schema of schets weergeven
 - zo mogelijk de informatie van verschillende bronnen koppelen, daarbij ook eigen kennis of de stof uit leerboeken gebruiken;
 - de informatie beoordelen (is de informatie genuanceerd of juist erg gekleurd door het belang van de schrijver);
 - als verschillende bronnen (schijnbaar) tegenstrijdige informatie geven juist deze verschillen gebruiken en verder onderzoeken.
42. **Onderzoek opzetten:**
- aan de hand van literatuurstudie zo nodig onderzoeksvraag bijstellen;
 - zo nodig opnieuw onderzoekshypothese(n) formuleren;
 - een experimentele opzet voor de uitvoering van je onderzoek maken;
 - nagaan welke spullen daarvoor nodig zijn en hoe daar aan te komen;
 - nagaan wat de veiligheidseisen of -voorschriften zijn voor de apparaten en stoffen die bij het onderzoek nodig zijn of gemaakt worden;
 - een tijdsplanning maken, rekening houden met wachttijden en extra werk; ook in verband met de veiligheid, onderzoeksofzet laten controleren door leraar of TOA;
 - afspraken maken met leraar, TOA e.d. voor het gebruik van apparatuur en ruimte.
43. **Onderzoek uitvoeren:**
- aan de veiligheid van je zelf en van anderen denken, voortdurend rekening houden met de veiligheidseisen en -voorschriften die je hebt gevonden;
 - steeds wat je doet en wat je waarneemt in je logboek/labjournaal noteren;
 - spullen klaarzetten, opstelling bouwen;
 - volgens planning werken;
 - onderzoeksvraag op grond van resultaten zo nodig bijstellen, eventueel onderzoek iets uitbreiden;

- resultaten analyseren en bewerken (berekeningen uitvoeren), de betrouwbaarheid er van nagaan;
- conclusies trekken over onderzoekshypothese(n) op grond van de verkregen onderzoeksresultaten.

44. Onderzoek rapporten:

- een opzet (synopsis) maken voor je verslag of presentatie;
- het materiaal ordenen dat je nodig hebt bij het schrijven (je logboek/labjournaal, verzamelde literatuur, prints van grafieken en dergelijke), onderscheid maken tussen gegevens over het beantwoorden van de onderzoeksvraag en gegevens over het proces dat tijdens het doen van dit onderzoek is doorgemaakt;
- onderzoeksproces documenteren, vermelden uit welke stappen dit proces bestond, welke keuzes zijn gemaakt en welke overwegingen daarbij gebruikt zijn (kan in de inleiding);
- beschrijven hoe onderzoeksvraag en onderzoekshypothese(n) tot stand gekomen zijn, vermelden van eventuele wijzigingen onderweg, tijdens het proces (ook in de inleiding);
- de informatie uit de literatuur en de theorie die bij het onderzoek is gebruikt beschrijven;
- de invoering van het onderzoek beschrijven;
- de resultaten van het onderzoek in tabelvorm en grafieken/diagrammen/schema's geven;
- de conclusie(s) [= antwoord(en) op onderzoeksvraag, was/waren hypothe(s) juist] uit het onderzoek trekken en formuleren;
- de argumenten voor die conclusie(s) geven, daarin ook de uitgekozen literatuur betrekken;
- suggesties doen over wat met de resultaten van het onderzoek in de praktijk zou kunnen worden gedaan, of over wat er verder onderzocht zou moeten worden voordat er iets mee in de praktijk kan worden gedaan, of hoe het onderzoek op een betere manier zou kunnen worden uitgevoerd om de resultaten er van bruikbaar te maken;
- de opmaak van het verslag/de presentatie verzorgen (titel, inhoudsopgave, plaatjes, hoofdstukindeling, literatuurlijst).

Vaardigheden voor (technisch) ontwerpen⁸

45. **Ontwerpprobleem kiezen:**
- logboek bijhouden (zie 33);
 - eventueel beschikbare lijst met ontwerpproblemen bestuderen;
 - in boeken, media naar informatie zoeken;
 - veel onderwerpen bedenken;
 - onderwerpen beschrijven als technische problemen;
 - wegstrepen wat je zelf niet interessant vindt;
 - wegstrepen wat niet past (onuitvoerbaar is binnen de gegeven mogelijkheden);
 - een ontwerpprobleem kiezen en je keuze beschrijven in je logboek.
46. **Ontwerpprobleem analyseren:**
- de ‘probleemhebber(s)’ aanwijzen;
 - de aard van het probleem beschrijven met behulp van oriëntatie in literatuur (wat is het, komt zoiets meer voor, is zoiets elders al opgelost, hoe dan);
 - het ontwerpprobleem beschrijven in natuurwetenschappelijke termen, behorend bij de gekozen profielvakken;
 - indien nodig een onderzoekje uitvoeren om de informatie over het probleem aan te vullen;
 - nadelen van het probleem beschrijven;
 - mogelijke bezwaren van een oplossing beschrijven.
47. **‘Programma van eisen’ opstellen:**
- beschrijven wat de ‘probleem hebber’ wil (dit is de uitkomst van 46);
 - beschrijven wat het te ontwerpen product moet kunnen;
 - beschrijven onder welke omstandigheden het product moet werken;
 - beschrijven welke eisen aan het te gebruiken materiaal gesteld zullen worden;
 - beschrijven wat de veiligheidseisen zullen zijn;
 - beschrijven wat ‘gebruikersvriendelijkheid’ voor eisen stelt;
 - beschrijven wat ‘milieuvriendelijkheid’ voor eisen stelt, inclusief levensduur en recyclebaarheid;
 - de kosten van het te ontwerpen product schatten en vergelijken met bestaande producten;
 - beschrijven hoe de kwaliteit van het ontwerp getoetst kan worden (als een echt ontwerp voor een industrieel product gemaakt wordt is deze lijst nog veel langer).
48. **Verschillende oplossingen bedenken:**
- zoveel mogelijk oplossingen bedenken, daarbij steeds gebruik makend van kennis en vaardigheden behorend bij de gekozen profielvakken;
 - het product (materiaal, vorm, eigenschappen, grootte, gewicht, kostprijs) beschrijven;
 - de functies die het ontwerp moet vervullen (bediening, werking, hoofdfunctie, energiegebruik, onderdelen, deelfuncties, processen, output) analyseren;
 - een aantal verschillende ontwerpen kiezen, ze zichtbaar maken (schetsen, een model op schaal maken, een computermodel maken).

⁸ Bij het opstellen van deze lijst werd gebruik gemaakt van ‘Ontwerpen in het studiehuis’ door Huub Huijs van de SLO, die zelf weer gebruik maakte van materiaal van de TUD.

49. **Literatuur over oplossingen opzoeken:**
- bronnen zoeken over het ontwerpprobleem en mogelijke oplossingen, inclusief gegevens en theorieën behorend bij de gekozen profielvakken (zie 39);
 - eventueel de zelf bedachte oplossingen met gevonden ideeën verbeteren (bij een ontwerp voor een industrieel product kun je te maken krijgen met bestaande patenten).
50. **De meest belovende oplossing kiezen:**
- nagaan welke mogelijke oplossing het beste voldoet aan het Programma van eisen (het Programma van eisen in onderdelen uitwerken en per onderdeel de werking van elke mogelijke oplossingen waarderen).
51. **Een werkplan opstellen:**
- een gedetailleerde schets van het gekozen ontwerp maken;
 - met de docent/TOA overleggen of je een werkend prototype zult maken of een (werkend?) model;
 - nagaan welke onderdelen je zelf moet maken en welke je kunt gebruiken uit bouwdoos, systeembord en dergelijke;
 - nagaan welke apparatuur je nodig hebt;
 - nagaan hoe je een prototype of werkend model zult testen;
 - nagaan wat de veiligheidseisen of -voorschriften zijn voor de apparaten en stoffen die bij het ontwerp nodig zijn of gemaakt worden;
 - een tijdsplan maken, rekening houden met wachttijden en extra werk;
 - ook in verband met de veiligheid, ontwerpvoorstel laten controleren door leraar of TOA;
 - met leraar/TOA overleggen wanneer je van apparatuur/ruimte gebruik kunt maken.
52. **Het ontwerp uitvoeren:**
- volgens planning werken;
 - aan de veiligheid van jezelf van anderen denken, voortdurend rekening houden met de veiligheidseisen en -voorschriften die je hebt gevonden;
 - prototype of werkend model testen;
 - eventuele verbeteringen aanbrengen.
53. **Het ontwerp presenteren:**
- een opzet (synopsis) maken voor je verslag of presentatie;
 - het materiaal ordenen dat je nodig hebt bij het schrijven (je logboek, verzamelde literatuur, computeruitvoer van tests en dergelijke), onderscheid maken tussen gegevens over het vinden van de oplossing van het ontwerpprobleem en gegevens over het ontwerpproces;
 - ontwerpproces documenteren, vermelden uit welke stappen dit proces bestond, welke keuzes zijn gemaakt en welke overwegingen daarbij gebruikt zijn (kan in de inleiding);
 - beschrijven hoe oplossing van het ontwerpprobleem tot stand gekomen is, inclusief het Programma van eisen, vermelden van eventuele wijzigingen onderweg, tijdens het proces (ook in de inleiding);
 - de informatie uit de literatuur en de ideeën die bij het ontwerp gebruikt zijn beschrijven;
 - de uitvoering van het ontwerp beschrijven;
 - de resultaten van de tests in tabelvorm en grafieken/diagrammen/schema's geven;
 - een evaluatie van je ontwerp geven.

Bijlage 21

Ideeën voor eigen onderzoek

Uit diverse bronnen

Onderwerpen biologie, vwo

Rupsen en Rozen

De rozen in de kassen worden aangevreten door rupsen. Welk onderdeel van de rozen is favoriet bij de rupsen? Is er verschil in de eetgewoonten van oudere en jonge rupsen?

Het onderzoek wordt als volgt uitgevoerd: eerst worden twee hoopjes rozenknoppen gemaakt met hetzelfde gewicht. Deze hoopjes worden ieder in een glazen bak gelegd. Bij de vervolgproeven wordt hetzelfde gedaan met de stelen en de jonge en de oude bladeren van de rozen. Het gewicht in het begin van de proef wordt telkens bepaald.

In de ene bak worden, gedurende een bepaalde tijd (48 uur) rupsen geplaatst. De rupsen zullen, door consumptie van de onderdelen van de roos het gewicht doen afnemen. De tweede bak is om te controleren hoeveel het gewicht van de onderdelen van de roos is afgenomen door verdamping.

Bij elke proef zijn telkens een vast aantal (7) rupsen gebruikt. Het gewicht van de rupsen voor en na de proef wordt gemeten zodat de gewichtstoename van de rupsen kan worden bepaald. Steeds na ongeveer 48 uur wordt het gewicht van de verschillende onderdelen van de roos bepaald. Dit gebeurt ook met het gewicht van de rupsen. Op deze manier kunnen eventuele verschillen worden vastgesteld. De proef is drie keer uitgevoerd. De eerste keer met oude rupsen, de tweede keer met jonge en oude rupsen en de derde keer met jonge rupsen. De resultaten worden in tabellen en diagrammen verwerkt.

Moneymaker?

Hoe beïnvloed een plantengroei stimulerend middel de groei van de tomatenplant tijdens de opkweek?

Schimmels

Bij welke temperatuur en bij welke vochtigheid ontwikkelen zich de meeste schimmels op brood?

Melk

Was is de invloed van de temperatuur op de zuurgraad van volle en van magere melk?

De rijping van bananen

Is de lichtintensiteit waar de banaan aan wordt blootgesteld van invloed op het rijpingsproces?

Substraten en bonen

Hoe hangt de groei van bonenplantjes af van de verschillende substraten?

De substraten die gebruikt worden zijn: kokos, potgrond, zand, klei, houtsnippers, harde en zachte glaswol, steenwol, lavakorrels en watten.

Om inzicht te krijgen of een substraat meststoffen bevat, wordt er ook gekeken naar de groei met verschillende soorten bevoeiing; leidingwater, gedistilleerd water en kunstmest bij hetzelfde substraat.

Om de eventueel gemeten verschillen te kunnen verklaren wordt er gekeken naar de doorlaatbaarheid van water bij de verschillende substraten en naar de gemiddelde korrelgrootte van de verschillende substraten.

Wat is de invloed van roken?

Het onderzoeken van de directe invloed van roken op de hartslag en de bloeddruk.

Groen tuinieren

Een onderzoek naar biologisch tuinieren op kleine schaal. Is het mogelijk om als particulier biologische bestrijdingsmiddelen te gebruiken als goed alternatief voor chemische bestrijdingsmiddelen? (literatuuronderzoek)

Tomaten en gif

Wat is de invloed van de manier waarop het gif "pirimor" in de tomatenplant wordt toegediend op de groei-ontwikkeling van deze plant op korte termijn?

De toediening van het gif gebeurt op twee manieren: inspuiten in de plant en opname via de grond.

Kleurherkenning door muizen

Kunnen muizen kleuren van elkaar onderscheiden en is het mogelijk om muizen te leren aan de hand van kleurherkenning sneller door een doolhof te lopen dan niet geconditioneerde muizen?

Spiegeltje spiegeltje aan de wand, waar bevinden zich de wormen in ons land?

In welke grondsoort, welke temperatuur en welke zuurgraad zitten regenwormen het liefst?

Het eerste gedeelte van de proef heeft als doel te bepalen in welk grondsoort regenwormen het liefst leven. Een kist wordt met behulp van scheidingswandjes in 4 gelijke stukken gedeeld. In elk deel wordt een laagje van een bepaalde grondsoort gedaan. In elk deel komen 25 wormen en de kist wordt verder geheel gevuld met grond. Vervolgens worden de scheidingswandjes uit de kist gehaald en hebben de wormen de gelegenheid zich vrijelijk door de kist heen te bewegen. Na twee weken worden de scheidingswandjes weer terug geplaatst en wordt er gekeken in welke grondsoort zich dan de meeste wormen bevinden.

Bij het tweede gedeelte is gekeken naar de invloed van de temperatuur in de grond op de aanwezigheid van wormen. Voor deze proef wordt er een bloembak gevuld met kleigrond. Aan het ene uiteinde van de bak is een dompelaar in de grond geplaatst, aan het andere uiteinde is een koelelement in de grond gezet. Deze opstelling blijft zo enige tijd staan om te kunnen bepalen welke temperatuur de grond krijgt. De bak wordt in 4 temperatuurzones ingedeeld en de wormen worden in de grond gestopt. De koelelementen worden regelmatig vervangen. Na twee dagen worden er schotten in de bak geplaatst en worden de wormen geteld. Voor de bepaling van de invloed van de pH waarde van de grond op de aanwezigheid van wormen zijn er 10 ijsbakjes gevuld met kleigrond en in elke bak 10 wormen. In elk van de ijsbakjes wordt een pH oplossing toegevoegd oplopend van 1 tot 2.

Welke invloed hebben bepaalde factoren (pH, lichtintensiteit, temperatuur, vochtigheid) of stoffen (grondsoort, compost, gif, ionen,) op de groei van kiemplanten?

Ontwerp een proef (manier) om de osmotische waarde van aardappelcellen te bepalen.

Vergelijkend onderzoek naar kenmerken van bodemsoorten.

humusgehalte, veldcapaciteit, waterdoorlatendheid, capillaire stijging, adsorptievermogen, luchtgehalte, warmtegeleidbaarheid, pH, gehalte aan ionen.

Welke invloed heeft de samenstelling van de voedingsbodem op de ontwikkeling van champignons (paddo's)?

Onderwerpen natuurkunde vwo

Automatische treinbesturing

De dynamo

Hoe hangt het geleverde elektrisch vermogen van een dynamo af van de frequentie van het dynamowiel?

Elektrische geleiding in vloeistoffen

Bepaal het elektrisch geleidingsvermogen van verschillende vloeistoffen. Hoe zijn de temperatuur en zoutconcentraties van invloed op het elektrisch geleidingsvermogen?

Het geluidsniveau bij vuurwerk

Het maken van een audiogram

Hangt de gehoordrempel af van de leeftijd en het geslacht? Is het dragen van een walkman van invloed?

Golven en trillingen

Geluid en gehoor

Vervorming versterker / elektriciteit

Bij welke frequentie en bij welk vermogen begint een versterker te vervormen?

De draagkracht van een vleugel / mechanica

Helicoptermodel/ mechanica en elektriciteit

Hoe hangt het vermogen van de elektromotor af van de lift / duwkracht?

De hovercraft/ mechanica en elektriciteit

Voorspellingen in de aërodynamica/ mechanica

Een energiebalans/ warmte

Een alarmsysteem/ fysische informatica

Een alarmsysteem met lichtsensoren ontwerpen en bouwen.

Inductie om te verwarmen/ elektromagnetisme

Holografie/ optica en golven

Transformatoren in theorie en praktijk

De stuiterende bal/ energie overgangen en mechanica

Adhesiekracht/ vloeistoffen

Hangt de adhesiekracht tussen water en hout af van het oppervlak van het plankje en van de houtsoort?

Luchtweerstand bepalen bij voorwerpen van verschillende vorm en grootte/ mechanica

Het bepalen van de lineaire uitzettingscoëfficiënt bij verschillende materialen/ warmte

De elektromagneet/ elektromagnetisme

Onder welke voorwaarden geeft een elektromagneet het sterkste magnetische veld?

Het verband tussen de lichtintensiteit en de weerstand van een L.D.R./ elektriciteit

De polarimeter/ optica

Wat is het verband tussen de draaiing van het polarisatievlak en de concentratie van een optisch actieve stof?

Illuminating research/ optica

Hoe hangt de lichtsterkte af van de golflengte?

Hydrofysica

Is er een verband tussen de bouw van een reservoir en de eindsnelheid van het water dat uit een buis stroomt?

Zonne-energie

Hoe ziet een zonnecel eruit en hoe werkt hij? Welke grootheden spelen een factor bij de geleverde energie?

De ballon

Is het mogelijk een hete-lucht ballon de lucht in te krijgen en is het mogelijk hieraan metingen te doen om te zien of de theorie (over opwaartse kracht) klopt?

Weerstandstemperatuur coëfficiënt

Het bepalen van de weerstandstemperatuur coëfficiënt bij verschillende materialen.

De doorbuiging bij verschillende houtsoorten

De soortelijke warmte

Bepaling van de soortelijke warmte bij verschillende stoffen (bekende en onbekende). Is het door middel van bepaling van de soortelijke warmte na te gaan welke stof het kan zijn?

Van geluid naar spanning

Is het mogelijk om geluidsenergie met primitieve middelen om te zetten in een elektrische spanning?

Verwarmd slapen/fysische informatica

Een elektrische deken (model is een bakje water) verwarmen tot een bepaalde temperatuur en deze temperatuur constant houden.

De trampoline/veerkracht

Wat is de maximale hoogte die iemand met een trampoline kan bereiken?

Het stoplicht/fysische informatica

Het bouwen van een stoplichtensysteem.

Het verband tussen druk en wrijving

Het bepalen van het verband tussen de luchtdruk in een fietsband en de wrijving over het wegdek.

De gitaar

Bepalen van de frequenties van de verschillende snaren van de gitaar.

Elektrische geleiding van zouten en zuren

Is er een verband tussen de concentratie van het zout en de stroomgeleiding?

De isolatieproef

Welk materiaal (glaswol, dik aluminium, watten, dun aluminium, piepschuim) isoleert het best?

De regenboog

Het ontwerpen van een toestel waarmee de regenboog gedemonstreerd kan worden.

Uitstroomsnelheid

Onder welke hoek loopt het water het snelst uit de fles?

Lichtfilters

Wat doet een filter met het licht; wordt het licht gedeeltelijk of helemaal geabsorbeerd of gereflecteerd en zitten er verschillen in de doorlaatbaarheid van de verschillende filters met verschillende kleuren?

De regenwaarschuwer/fysische informatica

Het bouwen van een regensensor

De windmolen

Wat is het verband tussen de windsnelheid en het geleverde elektrische vermogen van een windmolen. Deze proef wordt uitgevoerd met behulp van een model van een windmolen. Als "windkracht" dient een föhn.

Onderwerpen scheikunde vwo

Vergelijkend kwantitatief onderzoek van verschillende soorten water,

bijv. drinkwater, bronwater, oppervlaktewater, zeewater, op de aanwezigheid van bijv.: zuurstof, organische stof, chloride-, calcium-ionen.

Vooraf titraties.

Onderzoek met behulp van de spectrofotometer.

Bepalingen aan kunstmest, met name Pokon.

Bepaling van het ammonium- en nitraatgehalte, d.m.v. stoomdestillatie en titraties en eventueel andere manieren.

Bepalingen aan kunstmest, met name Pokon.

Bepaling van het fosfaatgehalte en het ammoniumgehalte via andere meetmethoden. Eventueel het kaliumgehalte.

Bepaling van het zuurbindend vermogen van maagzuurmiddelen,

d.m.v. titraties en metingen reactiesnelheid.

Bepalingen aan vitamine C,

op verschillende manieren met aan verschillende vitamine C houdende producten.

Gehaltesbepalingen aan mondspoelmiddelen,

als waterstofperoxide, steradent, bocasan.

Bepaling van het aantal liganden van zilvercomplexen,

zoals die een rol spelen o.a. in de zwart-wit fotografie.

Bepaling van het bufferend vermogen van melk en rode koolsap.

Bepaling van de buffercapaciteit van bepaalde buffers.

Bepaling van zuurconstanten van zwakke zuren.

Bepaling van de orde van een reactie,

d.m.v. de bepaling van de relatie tussen reactiesnelheid en concentratie.

Bepaling van het acetylsalicylzuurgehalte in een Bayer aspirine.

Allereerst een klein literatuuronderzoek naar de samenstelling van aspirine

Verpakking, andere info-bronnen

Uitzoeken syntheseroutes

Kwalitatieve bepaling van de samenstelling van aspirine met behulp van chromatografie.

Er kan een synthese van ASZ worden uitgevoerd (Vogel 831/832), waarvan vervolgens de zuiverheid kan worden bepaald bijvoorbeeld door middel van smeltpunt of papierchromatografie (R_f -waarde)

Wat zijn de R_f -waarden van de uitgangsstoffen bij deze synthese?

En bij een aspirine?

Moet de loopvloeistof een overwegend hydrofiel karakter hebben of juist niet?

Optimalisatie!

Welk type chromatografiepapier neem je?

Kwantitatieve bepaling van ASZ in aspirine met behulp van een titratie.

Titratie met natronloog.

Indicatorkeuze?

Foutendiscussie! (molariteit natronloog!)

Zijn er andere (storende) verbindingen aanwezig in aspirine?

Onderwerpen scheikunde door Hans Morélis

Kijkend naar de onderwijspraktijk is geïnventariseerd welke experimenten geschikt zijn als EXO. Daar is enige lijn in gebracht door een onderverdeling te maken naar onderwerpen, waarbij is uitgegaan van het eenvoudige leerplanvoorstel dat de SLO in 1995 voor uitgevers heeft gemaakt ter voorbereiding op de tweede fase. In dit leerplan is de havo leerstof verdeeld over 11 onderwerpen. Bij het vwo is sprake van 15 onderwerpen.

Havo

Onderwerp	Suggesties voor leeractiviteiten / opdrachten
1 Niet-ontleedbare stoffen	
2 Metalen	<ul style="list-style-type: none">• vergelijkend onderzoek naar de hoeveelheid metaal die via de reactie metaal + zuur nodig is om een vooraf vastgestelde hoeveelheid waterstof te produceren• vergelijkend onderzoek naar de edelheid van metalen op basis van eenvoudige experimentjes (reactie met water of zuur van calcium, magnesium, zink, ijzer, koper)• vergelijkend onderzoek naar enkele eigenschappen van metalen (bijvoorbeeld: elektrische geleiding, dichtheid)
3 Moleculaire stoffen	<ul style="list-style-type: none">• van een gegeven aantal stoffen onderzoeken of het moleculaire stoffen zijn of zouten• onderzoek naar de mengbaarheid van diverse vloeistoffen met water en benzine en daaruit conclusies trekken over het aanwezige bindingstype• onderzoek naar de sterkte van de binding tussen de moleculen van een vloeistof aan de hand van het bepalen van de verdampingstijd van druppels vloeistof• bepaling van het gehalte van een H_2O_2 oplossing aan de hand van de hoeveelheid zuurstof die vrijkomt bij ontleding

- | | |
|-----------------------------|---|
| 4 Zouten | <ul style="list-style-type: none"> • bepaling van de oplosbaarheid van diverse zouten in water • onderzoek naar de elektrische geleiding van ionen aan de hand van de (elektrische) weerstand van zoutoplossingen van bekende concentratie • onderzoek naar de hoeveelheid kristalwater in bouwstoffen (bijv. gips, kalk, cement) • bepaling van het gehalte aan KClO_3 van een monster kaliumchloraat (door verhitting) • onderzoek naar de kwalitatieve samenstelling van diverse zoutmengsels • onderzoek naar de aanwezigheid van bepaalde ionsoorten in diverse oplossingen • onderzoek naar verontreinigingen in zouten aan de hand van neerslagreacties |
| 5 Redox 1 | <ul style="list-style-type: none"> • kwalitatief onderzoek naar de aanwezigheid van reductoren of oxidatoren in een mengsel • onderzoek naar factoren die van invloed (kunnen) zijn op corrosie |
| 6 Koolstof-
verbindingen | <ul style="list-style-type: none"> • identificeren van polymeren aan de hand van het gedrag bij verhitting • bepaling van het aantal mogelijke structuurisomeren aan de hand van het bouwen en tekenen van molekuulmodellen |
| 7 Acties op
reacties | <ul style="list-style-type: none"> • reactiewarmte bepalen • onderzoek naar de (kwalitatieve) invloed van diverse variabelen op de snelheid van reacties (metaal + zuur, thio + zoutzuur) • bepaling van de evenwichtsconstante bij het verdelingsevenwicht voor jood in water en wasbenzine |
| 8 Redox II | <ul style="list-style-type: none"> • bepaling van het joodgehalte van jodiumtinctuur • vergelijkend onderzoek doen naar de hoeveelheid sulfiet in diverse witte wijnen • onderzoek naar de edelheid van metalen aan de hand van verdringingsreacties • onderzoek naar de kwalitatieve sterkte als oxidator van de halogenen aan de hand van onderlinge verdringingsreacties • bij cellen het effect onderzoeken van het elektrodemateriaal en de opgeloste stoffen op de bronspanning |
| 9 Zuur / Base | <ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar de indicatorwerking van gekleurde natuurlijke 'oplossingen' (sap, aftreksels zoals thee, wijn, etc.) • vergelijkend onderzoek doen naar de hoeveelheid zuur in vruchten en vruchtensappen (citroen, appel, druif). • onderzoek naar de hoeveelheid zuur of base in huishoudchemicaliën (WC- eend, anti-kalk, gootsteenontstopper, maagtabletten, schoonmaakazijn, e.d.) • vergelijkend onderzoek naar de zuurgraad van regen, oppervlaktewater, afvalwater, e.d. • vergelijkend onderzoek naar de invloed van de molariteit op de pH van de oplossing bij sterke en zwakke zuren • onderzoek naar de pH-verandering van diverse oplossingen (zuur, base (zowel sterk als zwak) en buffers) bij verdunnen met water • vergelijkend onderzoek naar de bufferwerking van grondsoorten |
| 10 Biochemie | <ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar de factoren, die van invloed zijn op biochemische reacties (vergisting van suiker (bier maken), omzetting van zetmeel in glucose) • vetgehalte bepalen van voedingsmiddelen |
| 11 Chemische
Industrie | <ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar de volumeverhouding vet-water bij diverse margarine soorten • onderzoek naar de invloed op het smeltpunt bij het mengen van stoffen (naftaleen, mottenballen) • onderzoek naar de invloed op de warmteoverdracht bij opschalen |

Vwo

Onderwerp	Suggesties voor leeractiviteiten / opdrachten
1 Niet-ontleedbare stoffen	
2 Metalen	
3 Moleculaire stoffen	<ul style="list-style-type: none"> • uitspraken doen over de polariteit van organische oplosmiddelen aan de hand van mengbaarheidsproeven van deze vloeistoffen met elkaar, water en benzine • bepaling van het gehalte van een H_2O_2 oplossing aan de hand van de hoeveelheid zuurstof die vrijkomt bij ontleding
4 Zouten	<ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar de kwalitatieve samenstelling van diverse zoutmengsels (genummerde potjes) • onderzoek naar de aanwezigheid van bepaalde ionsoorten in een monster • onderzoek naar het specifiek geleidingsvermogen van ionen in oplossing • onderzoek naar de aanwezigheid van (gebonden) zware metalen in verfpigmenten • onderzoek naar het aantal moleculen H_2O in zouthydraten aan de hand van de massavermindering bij verhitting
5 Redox I	<ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar factoren die van invloed (kunnen) zijn op corrosie • bepaling van het gehalte aan kristalwater van natriumsulfiet • onderzoek naar de edelheid van metalen aan de hand van verdringingsreacties • onderzoek naar de kwalitatieve sterkte als oxidator van de halogenen aan de hand van onderlinge verdringingsreacties • bij cellen het effect onderzoeken van de temperatuur, het elektrode materiaal en de (concentratie van de) opgeloste stoffen op de bronspanning
6 Koolstof-verbindingen I	<ul style="list-style-type: none"> • identificeren van polymeren aan de hand van het gedrag bij verhitting • vergelijkend onderzoek naar de snelheid van een additiereactie aan de hand van de ontkleuring van mengsels van broomwater en diverse onverzadigde verbindingen • bepaling van het aantal mogelijke structuurisomeren aan de hand van het bouwen en tekenen van molecuulmodellen
7 Acties op reacties I	<ul style="list-style-type: none"> • reactiewarmte bepalen • onderzoek naar de kwantitatieve invloed van diverse variabelen op de reactietijd en reactiesnelheid aan de hand van de reactie metaal + zuur • onderzoek naar de invloed van de hoeveelheid katalysator op de snelheid van een reactie aan de hand van de ontledingsreactie van waterstofperoxide • bepaling van de waarde van de evenwichtsconstante bij heterogene evenwichten aan de hand van slecht oplosbare zouten in water (oplosbaarheidsproduct) • uit experimentele gegevens de orde van een reactie afleiden
8 Zuur / Base I	<ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar het omslaginterval van indicatoren • onderzoek naar de sterkte van zuren en basen en het verloop van zuurbase reacties aan de hand van <ul style="list-style-type: none"> - metingen aan het elektrisch geleidingsvermogen van de oplossing - pH-metingen • onderzoek naar het gehalte aan zuur of base in huishoudchemicaliën (WC-eend, anti-kalk, maagtabletten, schoonmaakazijn, schelpen, krijt, gootsteenontstopper, e.d.)
9 Koolstof-verbindingen II	<ul style="list-style-type: none"> • onderzoek naar vrije draaibaarheid in de moleculen van organische stoffen en naar soorten isomerie aan de hand van het bouwen van molecuulmodellen
10 Zuur / Base II	<ul style="list-style-type: none"> • bepaling van het gehalte aan kristalwater van huishoudsoda • bepaling van de zuurconstante van een zuur • onderzoek naar de werking en het werkingsbereik van buffers (waaronder bodemmonsters)

- | | |
|---------------------------|--|
| 11 Redox II | <ul style="list-style-type: none">• de zuiverheid van metalen bepalen aan de hand van de reactie metaal + zuur• onderzoeken hoe de werking van een elektrochemische cel of elektrolyse- opstelling kan worden verbeterd |
| 12 Acties op reacties II | <ul style="list-style-type: none">• verbrandingswarmte bepalen• onderzoek naar het verband tussen vriespuntsdaling en hoeveelheid verontreiniging bij moleculaire stoffen |
| 13 Biochemie | <ul style="list-style-type: none">• onderzoek naar de factoren, die van invloed zijn op biochemische reacties (vergisting van suiker (bier maken), omzetting van zetmeel in glucose)• onderzoek naar de invloed van temperatuur en pH op de werking van enzymen |
| 14 Chemische Industrie I | <ul style="list-style-type: none">• bepaling van het molvolume van een gas aan de hand van reacties waarbij gasvormige stoffen vrijkomen |
| 15 Chemische Industrie II | <ul style="list-style-type: none">• hoeveelheden van een stof bepalen, gebruik makend van experimentele gegevens en de wet van Lambert-Beer; bijvoorbeeld Fe^{3+} als FeSCN^{2+}, koper als $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$, nikkel (dubbeltje) als Ni^{2+}• spectrofotometrisch nagaan wat de orde is van een (geschikte) reactie; bijvoorbeeld de ontkleuring van kristalviolet met loog volgens: $\text{C}_{24}\text{H}_{30}\text{N}_3\text{Cl}(\text{aq}) + \text{OH}(\text{aq}) \rightarrow$ |

Op weg naar een zelfstandig experimenteel onderzoek.

Hulp bij het begeleiden van leerlingen bij de voorbereiding op en de uitvoering van een EXO, en bij het beoordelen van EXO's in een studiehuis kader.

Besteladres

AN 4.330.7861

SLO, specialisten in leerplanontwikkeling

Afdeling Verkoop

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 305