

3 Lessen

3.1 Inleiding

Het vorige hoofdstuk gaf een antwoord op de vraag hoe je de verschillende lesonderdelen (zoals de introductie van een nieuw (deel)onderwerp, het aanbieden van de leerstof, het stellen van vragen, het (laten) maken en bespreken van opgaven en verschillende werkvormen die daarbij kunnen worden ingezet) op een verantwoorde manier vormgeeft. In dit hoofdstuk gaat het – in vervolg daarop – om het combineren van deze lesonderdelen tot lessen. Daarbij maken we onderscheid tussen twee soorten lessen: de *theorieles* en de *practicumles*. Van beide soorten lessen bespreken we de globale standaard-lesopzet, met aandacht voor de lesvoorbereiding en afronding: leerstofanalyse en omgaan met huiswerk bij de theorieles, en practicumdoelen, werkbladen, verslagen en veiligheid bij de practicumles. Het combineren van deze lessen tot lessenseries komt in hoofdstuk 4 aan de orde.

De *centrale vraag* voor dit hoofdstuk is: hoe combineer je de verschillende lesonderdelen op een verantwoorde manier tot theorie- en practicumlessen?

3.2 Theorieles

In grote lijnen bestaat een theorieles uit vier fasen: de introductie, de (inhoudelijke) kern van de les, de afronding en het huiswerk. Er zijn veel mogelijkheden om deze globale fasering in te vullen tot een concrete lesopbouw. Maar daarbij is het allereerst de vraag wat de inhoudelijke kern van de theorieles is. Een eerste stap bij de voorbereiding van een les is dan ook het maken van een leerstofanalyse.

3.2.1 Leerstofanalyse

Het is de taak van de leraar om – mede op basis van het leerboek – in de voorbereiding de beginsituatie te bepalen, de leerstof te analyseren, de leerdoelen vast te stellen, een didactisch ontwerp te maken voor de les, en te zorgen voor evaluatie en toetsing: zie paragraaf 1.4. Tijdens de uitvoering moet de leraar dan doen wat het boek niet kan bieden: aansluiten bij de voorkennis van de leerlingen, vooruitblikken naar wat geleerd gaat worden, in interactie verzorgen van een inhoudelijk aanbod, het werk van leerlingen begeleiden, het bereiken van de leerdoelen toetsen en terugblikken op het geleerde (zie figuur 24 in paragraaf 1.4).

Eén van de onderdelen van de lesvoorbereiding is dus het maken van een leerstofanalyse, uitgaande van een gegeven hoofdstuk of paragraaf in het leerboek of uitgaande van de ‘grote ideeën’ over een onderwerp. In het eerste geval neem je de inhoud van het leerboek als uitgangspunt, in het tweede geval ga je meer uit van je eigen ideeën over wat er in de lessenserie of les aan de orde zou moeten komen. Het zal duidelijk zijn dat dit laatste meer werk betekent. Daar staat tegenover dat je je als leraar meer bewust wordt van de door jou gewenste aanpak van een onderwerp.

Het is overigens ook zeer goed mogelijk – en misschien wel wenselijk – om de beide bovengenoemde benaderingen van leerstofanalyse te combineren: de didactische vragen rond het identificeren en uitwerken van ‘grote ideeën’ (zoals later in deze paragraaf geschetst) zijn ook goed bruikbaar bij de lesvoorbereiding aan de hand van de inhoud van het leerboek.

Leerstofanalyse en het leerboek

Om een les goed voor te bereiden is het nodig om een grondige analyse te maken van de leerstof, zoals in de in figuur 97 geschetste lespraktijk.

Lespraktijk

Een leraar gaat lesgeven over paragraaf 2.4 Muziekinstrumenten uit het leerboek. Voor dat hij de lesopzet bedenkt, gaat hij eerst de leerstof uit die paragraaf analyseren. Als resultaat ontstaat het onderstaande leerstofschema.

Daarna maakt hij de opgaven en een nakijkblad. Hij vergelijkt dit met de leerdoelen aan het einde van de paragraaf. En ten slotte maakt hij de lesopzet.

Leerstofdomein: Geluid

Leidende context: Muziekinstrumenten

Richtvraag: Welke soorten muziekinstrumenten zijn er? Hoe stemmen de muzikanten hun instrumenten?

Kernbegrippen	Vaardigheden	Praktijkvoorbeelden	Experimenten
• hoog en laag • trilling • geluid zichtbaar maken • frequentie, Hertz (Hz) • klankkleur	• oscilloscoop aflezen • rekenen met de formule $f = 1/T$	• muziekinstrumenten • stemmen • spreken	• tonen veranderen • geluid zichtbaar maken • spraak zichtbaar maken • muziekinstrumenten

Leerdoelen: Ik kan nu

- vier soorten muziekinstrumenten noemen
- uitleggen hoe snaar- en blaasinstrumenten worden gestemd
- een opstelling tekenen waarmee je geluid zichtbaar kunt maken
- uitleggen wat frequentie is en hoe je de frequentie uit een grafiek kunt bepalen
- rekenen met $f = 1/T$

Figuur 97 – Voorbeeld van een leerstofanalyse met behulp van het leerboek.

Voor leerlingen is het motiverend als de les uitgaat van herkenbare voorbeelden uit de praktijk. Voor een paragraaf kies je meestal een samenhangende context, bijvoorbeeld muziekinstrumenten. De les start dan meestal met een beschrijving van enkele situaties uit die context. Daarna volgt de richtvraag voor de paragraaf. De tekst van de paragraaf geeft met behulp van begrippen en voorbeelden antwoord op die richtvraag. Voor de richtvraag geldt dat de leerlingen de vraag begrijpen, maar het antwoord nog niet weten. In de richtvraag komen dus geen begrippen voor die pas in de paragraaf worden aangeleerd (zie paragraaf 2.2 en 2.3.1).

Grote ideeën

Domein: Deeltjestheorie | Doelgroep: onderbouw

- Materie is opgebouwd uit kleine stukjes die we deeltjes noemen.
- Er is lege ruimte tussen deze deeltjes.

Domein: Krachten op objecten in stilstand | Doelgroep: 3THV

- Een kracht duwt of trekt.
- Objecten vervormen als er een kracht op werkt. Daardoor oefent dat object weer een kracht uit op het object dat ze vervormt.

Figuur 98 – Voorbeelden van ‘grote ideeën’ in enkele leerstofdomeinen.

Leerstofanalyse en de ‘grote ideeën’

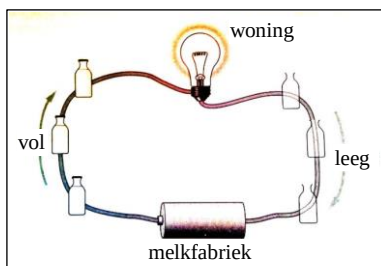
Een andere – of, zoals eerder gezegd, aanvullende – manier van leerstofanalyse gaat uit van het identificeren van ‘grote ideeën’ en het uitwerken daarvan met behulp van een achttal didactische vragen.

Grote ideeën – De ‘grote ideeën’ zijn de wetenschappelijke ideeën die de leraar als essentieel beschouwt voor het overbrengen van de kennis uit een leerstofdomein, in dit stadium en voor deze doelgroep.

Het opdelen van een leerstofdomein in verschillende ‘grote ideeën’ is niet eenvoudig en vraagt het nodige denkwerk en overleg. De ervaring leert dat een leerstofdomein doorgaans uiteenvalt in vijf tot acht grote ideeën. In figuur 98 staan voorbeelden van een deel van die grote ideeën in enkele leerstofdomeinen.

Didactische vragen – Voor elk groot idee worden de hieronder weergegeven didactische vragen beantwoord, waarmee je je als leraar bewust wordt van de aanpak rond dat idee.

- Wat wil je dat leerlingen leren over dit idee? Door na te denken over wat je wilt dat leerlingen bereiken, krijg je grip op wat er werkelijk van belang is bij dit idee.



Figuur 99 – Een onderdeel van een aanpak voor het inzichtelijk maken van het idee dat een kring nodig is om stroom te laten lopen.

Lespraktijk

De leraar laat het verschijnsel zien dat een stalen bol na verhitting niet meer door een ring past. Aan Katie werd gevraagd dit te verklaren in termen van de deeltjesvoorstelling. Katie: “Als de deeltjes opwarmen, zetten ze uit en bewegen ze weg van elkaar, zodat de bol niet meer past.”

Figuur 100 – Voorbeeld van een leerlingdenkbeeld over een deeltjesverklaring van het verschijnsel uitzetten door verwarmen.

- Waarom is het belangrijk dat leerlingen dit leren? Het belang van kennis motiveert zowel de leraar om de kennis over te dragen, als de leerlingen om het tot zich te nemen. Vaak legt het belang van een idee de verbinding met het alledaagse leven van de leerling, maar een idee kan ook van belang zijn om grip te krijgen op een volgend groot idee.
- Wat weet je nog meer over dit idee (dat leerlingen nog niet hoeven te leren)? Wanneer de leerstof nodeloos ingewikkeld wordt gemaakt, zal dit leerlingen demotiveren. Maar wanneer de leerstof te ver vereenvoudigd wordt, leren de leerlingen onvoldoende. Het is dus van belang hier een bewuste afweging te maken.
- Wat zijn de moeilijkheden en beperkingen bij het overbrengen van dit idee? Het inzicht vanuit het constructivisme (zie figuur 16 in paragraaf 1.3) stelt dat nieuwe kennis beter beklijft wanneer het aansluit bij de voorkennis. Het is dus van belang om in kaart te brengen welke denkbeelden (of misconcepties) er bij leerlingen leven. Daarnaast kan het inzicht uit een idee abstract zijn: moleculen zijn bijvoorbeeld heel moeilijk zichtbaar te maken.
- Wat weet je over hoe leerlingen denken, wat van invloed kan zijn op het overbrengen van dit idee? Zowel leerlingdenkbeelden en maatschappelijke factoren als gangbare emotionele reacties kunnen van invloed zijn op hoe je een idee overbrengt.
- Welke andere factoren zijn van invloed op het overbrengen van dit idee? De vraag is bedoeld om overige contextuele of pedagogische kennis boven water te krijgen.
- Wat is een geschikte onderwijsaanpak bij dit idee, en waarom? Met een onderwijsaanpak wordt een activiteit bedoeld die de leraar tactisch kan inzetten om een specifiek aspect van het leren te bewerkstelligen. De onderwijsaanpak betreft dus niet alleen de werkvorm, maar ook de inhoud van en de argumenten voor deze aanpak.
- Welke specifieke manieren zijn er om begrip of verwarring rondom dit idee vast te stellen? Met deze vraag wordt de leraar gestimuleerd om na te denken over verschillende manieren en de effectiviteit van deze manieren om terug te vragen wat er bekend is rondom een idee.

Bij de in figuur 100 als voorbeeld geschetste lespraktijk past een (voorafgaande) leerstofanalyse rond het ‘grote idee’ dat macroscopische eigenschappen van materie (zoals uitzetten bij verwarmen) te verklaren zijn met een deeltjesvoorstelling. Een antwoord op de didactische vragen staat in figuur 101.

Domein: Materie

Doelgroep: 3 havo/vwo

Uitzetten door verwarmen en de deeltjesvoorstelling

1 Wat wil je dat leerlingen leren over dit idee?	Hoe de uitzetting van vaste stoffen door verwarming verklaard kan worden met behulp van de molecuulvoorstelling.
2 Waarom is het belangrijk dat leerlingen dit leren?	Opdat leerlingen verschijnselen in het dagelijks leven kunnen verklaren met behulp van natuurwetenschappelijke denkbeelden. Meer specifiek in dit geval: macroscopische eigenschappen van materie en verschijnselen kunnen verklaren met het gedrag van deeltjes (moleculen) waaruit materie is opgebouwd.
3 Wat weet je nog meer over dit idee (dat leerlingen nog niet hoeven te leren)?	Het verschil tussen warmte en temperatuur.
4 Wat zijn de moeilijkheden en beperkingen bij het overbrengen van dit idee?	Dat deeltjes vaak worden gezien als gedeelten van de stof met alle stoffeigenschappen en niet als nieuwe voorwerpen met andere eigenschappen.
5 Wat weet je over hoe leerlingen denken, wat van invloed is op het overbrengen van dit idee?	
a Wat weet je over de intuïtieve denkbeelden van leerlingen?	Leerlingen denken dat de deeltjes zelf veranderen tijdens temperatuurstijging. Vergelijk het groeien van een mens doordat alle lichaamsdelen groter worden.
b Hoe drukken leerlingen met dergelijke intuïtieve denkbeelden zich uit (in tekst en in grafische vormen zoals plaatjes en grafieken)?	Leerlinguitspraak: “De deeltjes zelf zetten uit.”

6 Welke andere factoren zijn van invloed op het overbrengen van dit idee?

7 Welke onderwijsaanpak past bij dit idee, en waarom?

8 Welke specifieke manieren zijn er om begrip of verwarring rondom dit idee vast te stellen?

a Hoe lok je de productie van taal (en grafische weergaven) uit, zodanig dat je greep krijgt op de denkbeelden van leerlingen?

b Welke tekst (en/of grafische weergave) zou getuigen van een natuurwetenschappelijk denkbeeld?

c Wat zijn de belangrijkste elementen in zo'n tekst?

d Formuleer op basis van het bovenstaande een vaktaaldoel

Ik heb geen steun van een practicumassistent, dus practicum moet eenvoudig zijn qua voorbereiding.

Praktijkvoorbeelden van uitzetting bij temperatuurstijging laten zien (dilatatievoegen bij woningen, tanden brugdek enzovoort). Demonstratie met bol en ring: na verwarmen van de bol past deze niet meer door de ring. Leerlingen vragen dit verschijnsel te verklaren in termen van de deeltjesvoorstelling.

Leerlingopdracht

Je hebt bij de demonstratieproef gezien dat de ijzeren bol na verhitting niet meer door de ring paste. Verklaar dit met behulp van de deeltjesvoorstelling. Gebruik voorwerpswoorden als verwarmen, uitzetten en temperatuur, en deeltjeswoorden als deeltje, trillen en afstand. En maak er een tekening bij, waarin je laat zien wat er met de deeltjes gebeurt als het voorwerp uitzet.

In termen van voorwerp: Het voorwerp past niet meer door de ring, *want* door het verwarmen is het voorwerp uitgezet.

In termen van deeltjes: Bij een hogere temperatuur gaan de deeltjes heftiger trillen. Het *gevolg* is dat de afstand tussen de deeltjes toeneemt. Het voorwerp wordt *daardoor* groter. Dat heet uitzetten.

In de grafische weergave zitten de deeltjes bij lage temperatuur dicht bij elkaar, en zitten de even grote deeltjes bij hogere temperatuur wat verder van elkaar.

Er is in deze uitwerking sprake van een redeneerketen, met oorzaak en gevolg op voorwerpsniveau en op deeltjesniveau, waarbij gebruik wordt gemaakt van verbindingswoorden (want, doordat, daardoor).

- Benoemen van verschijnsel op niveau van waarneembare werkelijkheid (macro-niveau voor leerlingen: dagelijks leven): "Past niet meer."

- Verklaring van het verschijnsel op macroniveau: "Doordat het is uitgezet."

- Verklaring uitzetting op deeltjesniveau: "Dat wordt veroorzaakt doordat de afstand tussen de deeltjes groter wordt."

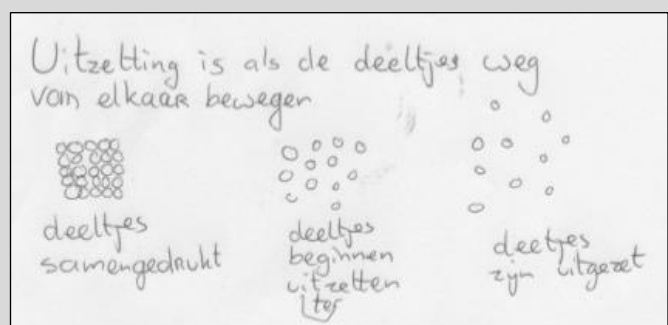
De leerling kan met behulp van de deeltjesvoorstelling het verschijnsel 'uitzetten van vaste stoffen bij verwarming' verklaren. De leerling maakt daarbij gebruik van middelen om oorzaak/gevolg uit te drukken op macro- en microniveau en hij maakt gebruik van tekeningen.

Alternatieve leerlingopdracht

Je hebt bij de demonstratieproef gezien dat de ijzeren bol na verhitting niet meer door de ring past.

- Hieronder lees je in de discussieposter (links) drie verklaringen voor wat je hebt gezien. Bespreek die verklaringen in je groepje. Schrijf bij iedere verklaring op wat jullie sterk vinden en wat er volgens jullie niet klopt aan de verklaring. Bedenk een nieuwe verklaring die beter is dan de drie verklaringen in de discussieposter.

- Hieronder zie je een tekening (rechts) van een deeltjesverklaring van het uitzetten van een vaste stof. Geef je commentaar op deze tekening.



Figuur 101 – Voorbeeld van een leerstofanalyse door het beantwoorden van de didactische vragen bij een 'groot idee'.

Met een voorbereiding zoals hierboven kun je de leerlingen scherper observeren tijdens de les. Je kunt letten op de moeilijkheden waarop je in de leerstofanalyse al anticepeerde en op andere moeilijkheden. Die moeilijkheden kun je inventariseren en analyseren. Daarna kun je verschillende vormen van feedback organiseren, zoals individuele feedback (leraar → leerling), onderlinge feedback (leerling ↔ leerling) en klassikale feedback (leraar → leerlingen).

Door tekeningen en schrijfproducten te vragen, krijg je zicht op het denken van de leerlingen. Zo levert de tekening van de deeltjesverklaring in het voorbeeld hierboven de in figuur 102 weergegeven bespreekpunten.

Bespreekpunten

- De tekening laat zien dat de afstand tussen de deeltjes toeneemt.
- De tekening laat zien dat de deeltjes zelf niet groter worden.
- De tekening past beter bij smelten, verdampen of koken dan bij uitzetten van een vaste stof.
- De woorden “Uitzetting is...” zijn geen gebruikelijke manier om een verklaring te geven (liever: ‘ontstaat door’, ‘komt doordat’, ‘wordt veroorzaakt door’, of een ander grammaticaal middel waarmee oorzaak en gevolg kan worden uitgedrukt).
- De woorden “deeltjes zijn uitgezet” kunnen de indruk wekken dat de deeltjes zelf groter zijn geworden. De tekening sluit echter uit dat de leerling dat bedoelt.
- Er wordt geen relatie gelegd tussen de beweging van de deeltjes en uitzetting van een vaste stof.

Figuur 102 – Bespreekpunten bij de tekening van de deeltjesverklaring uit figuur 101.

In dit voorbeeld wordt veel aandacht besteed aan het formuleren door leerlingen. Dat helpt de leerlingen uiteraard. Maar het helpt ook als de leraar helder formuleert. De leraar in het bovenstaande voorbeeld vraagt naar een verklaring. Dat betekent zoiets als uitleggen met behulp van een achterliggend inzicht. Hier zou je ook kunnen zeggen: verklaar het verschijnsel uitzetting met de deeltjesvoorstelling. Van belang daarbij is dan – ook in het eigen taalgebruik – het maken van een duidelijk onderscheid én het leggen van een verband tussen de twee niveaus: het verschijnsel beschrijven met waarneembare eigenschappen (macro), en het verschijnsel begrijpen met de deeltjesvoorstelling (micro).

3.2.2 Opbouw theorieles

Het vormgeven van een theorieles kan op een (groot) aantal manieren. Hieronder geven we twee van die manieren in de vorm van een standaard-lesopzet, in beide gevallen met een combinatie van klassikaal onderwijs en zelfwerkzaamheid van de leerlingen. In hoofdstuk 4 komen mogelijke alternatieven zoals *flipping the classroom*, *gamification* en projectmatige (eind)opdrachten aan de orde.

Voor het gemak gebruiken we in de standaard-lesopzet de afkortingen uit figuur 103 en de instructietaal (die voor de leerlingen bekend is) uit figuur 104.

Afkortingen

KW klassikaal werken
ZW zelfstandig werken: I (individueel), D (in tweetallen), G (in kleine groep)

Figuur 103 – In de standaard-lesopzet gebruikte afkortingen.

Instructietaal

Bestuderen

- globaal de tekst doornemen en jezelf afvragen “Waar gaat dit over?”
- grondig de tekst doornemen en je regelmatig afvragen “Snap ik dit?”

Maken

- beantwoorden van vragen en opdrachten in je theorieschrift

Nakijken

- nagaan of je vragen en opdrachten goed beantwoord hebt (bijvoorbeeld door te vergelijken met je buurman en/of met antwoordbladen)

Leren

- zorgen dat je de hoofdzaken uit je hoofd kent (zie bijvoorbeeld gekleurde balken en kernbegrippen, samenvatting)
- nagaan of je vragen en opdrachten kunt maken
- nagaan of je de doelen beheerst

Figuur 104 – De voor leerlingen bekende instructietaal in de standaard-lesopzet.

Standaard-lesopzet

De in figuur 105 weergegeven eerste standaard-lesopzet voor een theorieles heeft de volgende kenmerken:

- de leerstof voor de les is een paragraaf met opgaven;
- de behandeling van de nieuwe leerstof vindt plaats in het midden van de les;

- het werken aan opgaven van de nieuwe leerstof vormt de afsluiting van de les (zelfwerkzaamheid), met het (af)maken van die opgaven als huiswerk;
- het nakijken en bespreken van dit huiswerk gebeurt in het begin van de volgende les (deels zelfwerkzaamheid, deels klassikaal);
- van de leerlingen wordt 20 minuten huiswerk gevraagd.

Huiswerk 20' ZW: I	Leren van de behandelde leerstof, (af)maken van de opgaven	Leerstof herhalen, verwerken en verwerven
Tijdsplanning	Onderwijsactiviteiten van de leraar Leeractiviteiten van de leerlingen	Functie voor het leren
5' KW	Starten (leraar): • lesprogramma geven • huiswerk opgeven • beginsituatie peilen • terugkijken op de behandelde leerstof en vooruitkijken naar de (in deze les te behandelen) nieuwe leerstof	Zicht geven op leerproces: • overzicht geven van de lesonderdelen • leerdoelen benoemen • voorkennis ophalen • nieuwe leerstof koppelen aan al bekende leerstof
10' ZW: D / KW	Huiswerk nakijken/bespreken (leerlingen en leraar): • nakijken van de huiswerkopgaven • nabespreken van (geobserveerd) lastige aspecten van de gemaakte huiswerkopgaven	Leerstof verwerken: • niet gemaakt: alsnog maken • wel gemaakt: vlot nakijken met nakijkbladen • deels gemaakt: hulp vragen aan medeleerling en/of leraar
10' KW	Uitleggen (leraar): • behandelen van de nieuwe leerstof (vanuit instapprobleem en richtvraag)	Leerstof verwerven
15' ZW	Opgaven maken (leerlingen): • maken van opgaven bij de nieuwe leerstof	Leerstof verwerken Oefenen van vaardigheden
5' KW	Afronden (leraar en leerlingen): • samenvatten nieuwe leerstof • nabespreken van (geobserveerd) lastige aspecten van de opgaven bij de nieuwe leerstof	Zicht geven op leerproces
Huiswerk 20' ZW: I	Leren van de behandelde leerstof, (af)maken van de opgaven	Leerstof herhalen, verwerken en verwerven

Figuur 105 – Standaard-lesopzet 1 voor een theorieles met een accent op het verwerken van de les door het huiswerk.

De in figuur 106 weergegeven tweede standaard-lesopzet voor een theorieles heeft de volgende kenmerken:

- de leerstof voor de les is een paragraaf met opgaven;
- de introductie van de nieuwe leerstof vindt plaats in het laatste deel van de les;
- het werken aan opgaven van de nieuwe leerstof vormt het huiswerk van de les (zelfwerkzaamheid);
- het nakijken en bespreken van dit huiswerk gebeurt in het begin van de volgende les (deels klassikaal, deels zelfwerkzaamheid), en neemt het grootste deel van die les in beslag;
- van de leerlingen wordt 20 minuten huiswerk gevraagd.

In vergelijking met de eerste standaard-lesopzet is er bij deze tweede standaard-lesopzet geen sprake van het behandelen van de nieuwe leerstof, en gaat het om 'niet meer dan' de introductie van die nieuwe leerstof. Het huiswerk is daarna gericht op het door de leerlingen zelfstandig voorbereiden van de (volgende) les, terwijl het huiswerk bij de eerste standaard-lesopzet gericht is op het verwerken van de in de (vorige) les behandelde leerstof. De verantwoordelijkheid voor het verwerven van de nieuwe leerstof ligt daardoor meer bij de leerlingen dan bij de eerste standaard-lesopzet het geval is.

Huiswerk 20' ZW: I	Bestuderen van de nieuwe (in de nu volgende les te behandelen) leerstof Maken van enkele opgaven bij de nieuwe leerstof	Leerstof verwerven en verwerken
Tijdsplanning	Onderwijsactiviteiten van de leraar Leeractiviteiten van de leerlingen	Functie voor het leren
5' KW	Starten (leraar): • lesprogramma geven • huiswerk opgeven • beginsituatie peilen	Zicht geven op leerproces: • overzicht geven van de lesonderdelen
10' KW	Huiswerk overhoren (leraar en leerlingen): • overhoren van het leerwerk bij de (in de vorige les geïntroduceerde) leerstof	Leerstof verwerken
15' ZW: D / KW	Huiswerk nakijken (leerlingen en leraar): • nakijken van het maakwerk bij de (voor deze les bestudeerde) leerstof • nabespreken van (geobserveerd) lastige aspecten van de gemaakte huiswerkopgaven	Leerstof verwerken: • niet gemaakt: alsnog maken • wel gemaakt: vlot nakijken met nakijkbladen • deels gemaakt: hulp vragen aan medeleerling en/of leraar
15' KW	Uitleggen (leraar): • terugkijken op de behandelde leerstof • introduceren van de nieuwe leerstof (vanuit instapprobleem en richtvraag)	Zicht geven op leerproces: • leerdoelen benoemen • voorkennis ophalen • nieuwe leerstof koppelen aan al bekende leerstof Leerstof verwerven
Huiswerk 20' ZW: I	Bestuderen van de nieuwe leerstof Maken van enkele opgaven bij de nieuwe leerstof	Leerstof verwerven en verwerken

Figuur 106 – Standaard-lesopzet 2 voor een theorieles met een accent op het voorbereiden van de les door het huiswerk.

Overgangen in de les

Binnen de les zie je vaak de volgende onderdelen: binnenkomst, programma, vooruitblik op het leren, het leren zelf (met verschillende vormen: uitleg, vragen, opdrachten, spel, project), terugblik op het leren en vertrek. Bij het begin en het einde van de les en bij de overgangen tussen de verschillende onderdelen van de les is de rol van de leraar het beste te vergelijken met die van gastheer of gastvrouw.

Een goede gastheer of gastvrouw zorgt ervoor dat bij binnenkomst het lokaal opgeruimd en ingericht is. De leermiddelen die nodig zijn liggen klaar. De computer van het digibord is opgestart. De tafels staan juist opgesteld. En het lesprogramma staat op het bord. Dan is er alle tijd om de leerlingen te verwelkomen. Hier en daar wordt een praatje gemaakt. Leerlingen worden aangemoedigd vast hun spullen te pakken en zich klaar te maken voor de les. De les begint met een overzicht van het programma.

Hetzelfde, maar dan omgekeerd, gebeurt aan het einde van de les. Ruim voor de bel wordt de les klassikaal afgerond. Er is een terugblik op de les en op de deelname van de leerlingen. Bij het weggaan wordt de klas netjes achtergelaten. Tafels en stoelen worden rechtgezet. Rommel op de grond wordt opgeruimd. De leraar spreekt nog even met enkele leerlingen individueel.

De overgangen tussen de lesonderdelen bestaan steeds uit drie delen. De leraar kijkt even terug op het vorige onderdeel, kondigt het nieuwe onderdeel aan en legt het verband tussen die twee uit. Dat maakt het onderwijsleerproces voor de leerlingen inzichtelijk(er).

Voor klassikale momenten is het van groot belang dat de leraar alle aandacht heeft. Alleen dan wordt de afsluiting van het vorige onderdeel en de instructie van het nieuwe onderdeel begrepen door de leerlingen.

Didactische sleutelvragen

Om de lesonderdelen en de overgangen in de les goed vorm te geven heb je bij de voorbereiding – op grond van de in figuur 24 van paragraaf 1.4 weergegeven

rollen van de leraar en de in paragraaf 3.2.1 besproken leerstofanalyse – de volgende *didactische sleutelvragen* beantwoord.

- Wat is het onderwerp van de les?
- Welke functie vervult de les in de lessenserie?
- Wat weten en kunnen de leerlingen al?
- Wat is de kern van de les?
- Wat moeten de leerlingen na afloop van de les geleerd hebben?
- Hoe wordt het leerresultaat van leerlingen bepaald, en op welk moment?
- Hoe verloopt de les in de tijd wat betreft onderwijsactiviteiten van de leraar en leeractiviteiten van de leerling?
- Uit welke onderdelen is de les opgebouwd, en wat betekent dat voor de invulling van de overgangen?
- Waarom is deze les interessant en betekenisvol voor leerlingen?
- Welke motiverende prikkel zit er in deze les?

Je kunt na de uitvoering bij leerlingen navragen wat ze van je les vonden: motiverend, leerzaam, afwisselend, activerend en/of aansluitend?

3.2.3 Huiswerk

In het klassikale onderwijs blijken theorielessen vaak op een standaardmanier te zijn ingedeeld. Het begindeel van de les wordt besteed aan het klassikaal bespreken van het huiswerk: leerwerk met mondelinge beurten of met een schriftelijke overhoring, maakwerk door het klassikaal laten voorlezen van de antwoorden of door het op het bord (laten) voormaken van opdrachten. Het middendeel van de les is voor de introductie van nieuwe leerstof en het verwerken daarvan. De les wordt afgesloten met het opgeven van huiswerk. Soms is er wat tijd om alvast aan het huiswerk te beginnen.

Het is opvallend dat veel leraren ontevreden zijn over het feit dat het bespreken van het huiswerk meestal veel te veel tijd vraagt en dat het zelf werken door de leerlingen er vaak bij in schiet. Het verschil tussen de gangbare praktijk en wat door de leraar als wenselijk wordt gezien is weergegeven in figuur 107.

	door de leraar gepraktiseerd (in minuten)	door de leraar als wenselijk geacht (in minuten)
Huiswerk: leerwerk overhoren en maakwerk nakijken	20' klassikaal	10' klassikaal
Instructie: introductie nieuwe leerstof	15' klassikaal	15' klassikaal
Verwerken nieuwe leerstof	10' klassikaal of zelf werken	20' klassikaal of zelf werken
Afronden: huiswerk opgeven	5' klassikaal	5' klassikaal

Figuur 107 – Het verschil tussen de gangbare en gewenste lespraktijk volgens leraren.

Lespraktijk

Een leraar gaat aan het begin van de les het huiswerk klassikaal bespreken. Al gauw blijkt dat een deel van de leerlingen de uitwerkingen gaat overschrijven. Blijkbaar hebben ze het huiswerk niet gemaakt. Ook kijkt een aantal leerlingen verveeld naar buiten. Het valt de leraar op dat de slimme en ijverige leerlingen zijn. Ze zijn blijkbaar niet geïnteresseerd in het bespreken van het huiswerk. Dan maar vlug even alles bespreken om zo snel mogelijk aan de nieuwe leerstof te kunnen beginnen.

Figuur 108 – Huiswerk bespreken in de lespraktijk.

Huiswerk bespreken

De in figuur 108 geschetste lespraktijk geeft een beeld van hoe het er bij het bespreken van huiswerk in de les nogal eens aan toe gaat.

Klassikaal bespreken van huiswerk is bijzonder lastig, omdat je te maken hebt met een zeer heterogene groep. Een deel van de leerlingen heeft het huiswerk vrijwel zonder fouten gemaakt. Zij worden eigenlijk gestraft met een klassikale bespreking die ze niet nodig hebben. Een ander deel van de leerlingen heeft het huiswerk – om welke reden dan ook – niet gemaakt. Zij worden onbedoeld beloond omdat de goede antwoorden hen op een presenteerblaadje worden aangeboden. Een derde deel van de leerlingen heeft het huiswerk gemaakt, maar slechts gedeeltelijk goed. Zij krijgen meestal wel het goede antwoord voorgeschied, maar hadden meer gehad aan feedback op zelf gemaakte fouten of een

hint om verder te werken. Nogal onbevredigd dus, en het is geen wonder dat het bespreken van huiswerk een moeilijk deel van de les vormt.

In een alternatieve opzet wordt onderscheid gemaakt tussen het controleren van het leerwerk en het maakwerk. De les begint met het overhoren van het leerwerk, bijvoorbeeld met behulp van checkvragen. Daarna krijgen de leerlingen de gelegenheid hun maakwerk na te kijken. Dit kan met uitwerkingen, die in de vorm van een door de leraar gemaakt nakijkblad ter inzage liggen. Een voorbeeld van zo'n nakijkblad staat in figuur 109. Alleen de leerlingen die het huiswerk gemaakt hebben, krijgen het nakijkblad. De anderen gaan alsnog het huiswerk maken. Tijdens het rondlopen gaat de leraar na wie er wel en niet het huiswerk gemaakt hebben en noteert dit. Bovendien krijgt hij zicht op opgaven die moeilijk gevonden worden en op veel gemaakte fouten. Daarna bespreekt hij klassikaal de belangrijkste moeilijkheden en fouten, en geeft aanwijzingen voor het maken van de opgaven. Daarna komt de uitleg van nieuwe leerstof. Bij die uitleg hoort het voordoen van een moeilijke opgave. Leerlingen gaan in de klas alvast aan het werk met een opgave. Die opgave bespreekt de leraar aan het einde van de les na.

Nakijkblad

A63

- a Een oscilloscoop is een instrument om geluidstrillingen zichtbaar te maken.
- b Een microfoon zet geluidstrillingen om in een elektrische trilling.
- c Op het scherm van een oscilloscoop zie je een u,t -diagram van een trilling.

B64

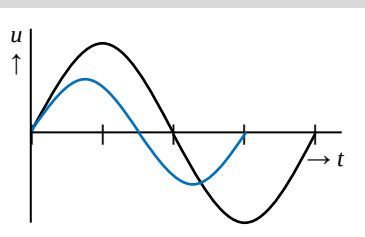
- a Een piccolo maakt hogere tonen dan een contrabas. Dat zie je omdat de contrabas veel groter is dan de piccolo.
- b Bij een blaasinstrument krijg je een lage toon als de luchtkolom lang is. Dus iets uittrekken of meer gaatjes sluiten.
- c Bij een snaarinstrument krijg je een hogere toon als de snaar strakker staat, dunner is of korter is.

B65

- a 200 Hz is 200 trillingen per seconde.
- b Eén trilling duurt $1 / 200 = 0,0050$ seconde.

B66

- a Een trilling duurt 4 hokjes dus $4 \times 0,02$ seconde = 0,08 seconde.
- b De frequentie is $1 / 0,08 = 12,5$ Hz.
- c Een hogere toon die zachter is heeft een kleinere uitwijking en een kleine trillingstijd (zie de blauw getekende trilling in het u,t -diagram hiernaast).



Figuur 109 – Voorbeeld van een nakijkblad.

Het gebruik van een nakijkblad heeft voor- en nadelen. Als je als leraar zelf als onderdeel van de lesvoorbereiding het nakijkblad maakt, ben je beter op de hoogte van de moeilijkheden in de leerstof – maar het maken kost je wel veel tijd. Leerlingen kunnen met een nakijkblad de gemaakte opgaven zelf nakijken. De snelle feedback die dat geeft, is goed voor de motivatie. Er is wel een risico van ‘antwoorden overschrijven’.

De kenmerken van deze in figuur 110 geschetste alternatieve opzet voor het bespreken van het huiswerk zijn:

- er is aandacht voor de afronding van het leerwerk en het maakwerk;
- maakwerk wordt tijdens zelfwerkzaamheid gecontroleerd;
- bespreekpunten worden tijdens zelfwerkzaamheid ingezameld;
- van het huiswerk worden alleen veel gemaakte fouten besproken;
- uitleg van nieuwe leerstof wordt voorbereid door de afronding van de oude leerstof;
- het maakwerk in de klas wordt in de klas afgerond.

Huiswerk opgeven en verwerken

Bij het opgeven van huiswerk zet je als leraar de volgende drie stappen: *voorbereiden* (wat wil ik dat de leerlingen gaan doen, en waarom), *opgeven* (wat moeten de leerlingen doen) en *instrueren* (hoe moeten ze dat doen). Ook bij het

Planning	Onderwijsleeractiviteiten
5' KW	Leerwerk overhoren, toepassing bespreken
10' ZW	Nakijken maakwerk
10' KW	Nabespreken maakwerk
10' KW	Uitleg nieuwe leerstof Opgeven maakwerk in de klas en thuis
10' ZW	Werken aan maakwerk
5' KW	Afronden met bespreking van een aangekondigd deel van het maakwerk

Figuur 110 – Een alternatieve opzet voor huiswerk bespreken.

verwerken van huiswerk zijn drie stappen te onderscheiden: *controleren*, *overhoren* en *bespreken*. De hieronder weergegeven aandachtspunten kunnen helpen bij het zetten van die stappen.

Huiswerk serieus nemen – Als er huiswerk opgegeven is, moet er de volgende les iets mee gebeuren. Op zijn minst kan de leraar even rondlopen, her en der kijken, complimenten uitdelen, vragen of het gelukt is en hoeveel tijd het kostte. Leerwerk kan kort overhoord worden en voor maakwerk zijn ‘snelle’ bespreekmethoden te bedenken (zie hieronder bij ‘Huiswerk bespreken’).

Huiswerk gedeeltelijk bespreken – Veel leraren hebben het gevoel dat al het opgegeven huiswerk klassikaal besproken moet worden. Alle goede antwoorden en oplosmethoden die tot goede antwoorden leiden, moeten op het bord gestaan hebben of op zijn minst de revue gepasseerd zijn. Dat kost veel tijd en lijkt in veel gevallen ook overbodig: niet nodig voor de goede leerlingen, en niet aansluitend bij de problemen van de zwakke leerlingen.

Huiswerk selecteren – Leerlingen moeten het huiswerk aankunnen. Niets is meer frustrerend dan thuis te werken aan opgaven die je niet aankunt. De demotivatie slaat dan snel toe. De moeilijker opgaven kunnen beter in de les gemaakt worden, eventueel samen met andere leerlingen, onder begeleiding van de leraar. Leerwerk, opzoekwerk en vragen die gemakkelijk in de tekst zijn terug te vinden, kunnen dan als huiswerk opgegeven worden.

Huiswerk voorbereiden – Huiswerk moet in de les worden voorbereid. Als het huiswerk goed in de les wordt voorbereid, kunnen leerlingen thuis beter aan de slag, wordt er meer huiswerk (goed) gemaakt en kan in de volgende les minder tijd aan de bespreking ervan besteed worden. Huiswerk kan in de les als volgt voorbereid worden.

- Bij leerwerk moet de tekst in het boek voor de leerlingen duidelijk en doorzichtig zijn. De moeilijke woorden moeten ‘vertaald’ zijn en de verschillende onderdelen van de tekst moeten door de leerlingen herkend zijn: de inleiding, de hoofdzaken, de voorbeelden, de toepassingen, de illustraties, de conclusies. Verder moeten leerlingen weten wat ze precies moeten leren en wat ze in grote lijnen moeten kennen. De leraar kan voorbeelden geven van vragen die hij de volgende keer gaat stellen. Ten slotte kan er een aanwijzing gegeven worden hoeveel tijd een gemiddelde leerling aan het huiswerk moet besteden.
- Bij de opdracht een paragraaf door te lezen, kan bijvoorbeeld gevraagd worden de hoofdzaken én de voorbeelden waarmee de ‘kern’ van de paragraaf wordt toegelicht, te noteren. Het kan verstandig zijn het aantal hoofdzaken en het aantal voorbeelden dat in de paragraaf aan bod komt aan de leerlingen te melden. Ook kun je leerlingen vragen de nog onduidelijke woorden of begrippen te noteren.
- Bij het maken van opgaven als huiswerk kunnen soortgelijke opgaven eerst in de les geoefend worden. De leraar kan prototypen van de opgaven selecteren, waarvan hij er één of twee bespreekt en andere laat oefenen. Als de leerlingen de opgaven aardig aankunnen, kunnen soortgelijke opgaven als huiswerk worden meegegeven.

Huiswerk bespreken – Voor het maakwerk zijn ‘snelle’ bespreekmethoden beschikbaar, zoals *check in duo’s*, *zelf nakijken* en *elkaar overhoren*.

- Check in duo’s – Laat de leerlingen in tweetallen de antwoorden van het huiswerk vergelijken. Als de antwoorden verschillen, moeten ze overleggen wat goed is. De leraar loopt rond, controleert of het huiswerk gemaakt is en ontdekt eventueel welke opgave voor meerdere leerlingen een probleem was. Hij bespreekt deze opgave zo nodig klassikaal. Deze werkvorm past hij gesloten vragen die je gemakkelijk kunt controleren door de antwoorden te vergelijken en niet bij opgaven waarbij je vooral over een aanpak moet nadenken.
- Zelf nakijken – De leerlingen kijken met behulp van een antwoordenblad of een bundel uitgewerkte opdrachten zelf hun werk na. Snappen ze een bepaalde uitwerking niet, dan vragen ze eerst om uitleg aan hun burens. Pas als niemand in de omgeving het snapt, wordt de leraar erbij gehaald. Door rond te lopen krijgt hij een aardig overzicht van hoe het huiswerk gemaakt is. Deze werkvorm past ook bij moeilijker opgaven. Het is een gedifferentieerde manier van werken, want elke leerling is zijn of haar eigen fouten aan het verbeteren.

- Elkaar overhoren – Als het huiswerk uit leerwerk bestaat, is de volgende werkvorm mogelijk. Elke leerling moet twee makkelijke en twee moeilijke vragen over het geleerde bedenken en opschrijven. De vragen moeten dan op hetzelfde blaadje door een andere leerling gemaakt worden. Eventueel kan de bedenker van de vragen de antwoorden nakijken. De leraar krijgt door rond te lopen een indruk van wie het goed geleerd heeft en wie niet.

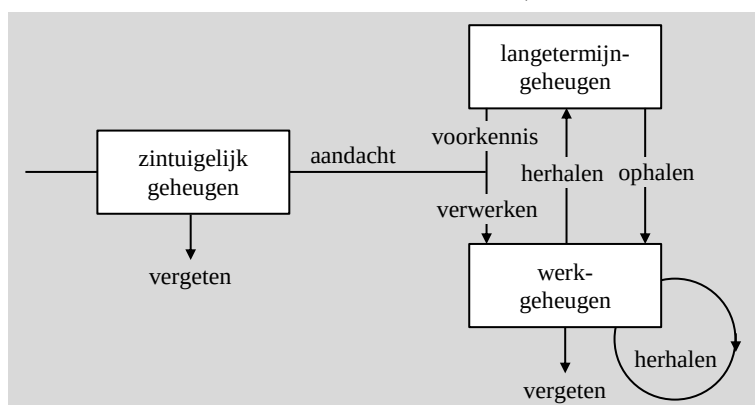
Huiswerk... een traditie en daardoor een vanzelfsprekendheid in het onderwijs. Maar tijden veranderen en de vanzelfsprekendheid van het huiswerk maken is aan het verdwijnen. Leraren zoeken naar nieuwe vormen van 'huiswerk' en scholen proberen een 'huiswerkbeleid' op te zetten. De bovenstaande tips kunnen daar mogelijk bij helpen.

Tekst bestuderen

Huiswerk bestaat voor een deel uit het bestuderen van een tekst. In een tekst in een leerboek zie je verschillende elementen die een eigen functie hebben voor het leren van de vakinhoud. Voorbeelden zijn: een inleidende tekst met een richtvraag waarop de paragraaf een antwoord geeft, uitleg met voorbeelden, voorbeeldkaders, vaardigheidskaders, samenvattingen, foto's en tekeningen. Bij het bestuderen van de tekst helpt het als een leerling weet hoe het geheugen werkt. Bij studeren moet je je geheugen helpen.

Alle informatie van de zintuigen komt in het *zintuigelijk geheugen* (enkele seconden). Slechts een deel wordt verwerkt, de rest wordt vergeten. Als je leest zonder aandacht wordt het meeste vergeten. Daarom zijn pauzes van belang, en regelmatig even terugkijken op wat je gelezen hebt.

Alleen informatie waarop je de aandacht richt, wordt verwerkt en opgeslagen in het *werkgeheugen* (zo'n halve minuut). Het werkgeheugen heeft een beperkte opslag van circa zeven eenheden. Door aandacht en structureren kan meer opgeslagen worden. Hoe meer je herhaalt, des te meer kan worden opgeslagen in het *langetermijngeheugen*. De opslagcapaciteit is zo goed als onbegrensd, maar als je opgeslagen informatie niet gebruikt, kun je het niet meer terugvinden. Geheugensporen kun je begaanbaar houden door de informatie



Figuur 111 – Schema van de werking van het geheugen.

regelmatig te gebruiken. Nieuwe kennis kun je beter terugvinden als die gekoppeld is aan reeds goed opgeslagen voorkennis. Deze werking van het geheugen is schematisch samengevat in figuur 111.

Vanwege deze werking van het geheugen is bij het bestuderen van een tekst het leren effectiever door:

- vooruit te blikken en structuur te zien (niet alleen maar van begin tot eind lezen);
- actief te lezen met behulp van een richtvraag, een lijstje kernbegrippen, een *mind-map* en/of een stroomschema;
- terug te blikken met behulp van herhalen, samenvatten en actief begrijpen (door jezelf vragen te stellen, en die te beantwoorden).

Het is goed als leerlingen van deze leerstrategieën op de hoogte zijn en geleerd hebben om ze toe te passen. Bij dat leren toepassen kan de leraar een rol spelen door voordoen (samen met de leerlingen een tekst bestuderen) en door het specificeren van de huiswerkopdracht (zie hierboven onder 'Huiswerk voorbereiden').

3.3 Practicumles

Binnen de natuurwetenschappen neemt het experiment een centrale plaats in. Dat komt tot uitdrukking in de practicumlessen. Het practicum kan verschillende

Lespraktijk

Een leraar laat de klas een reageerbuis zien met zand en water. Hij schudt die flink door elkaar en kondigt aan dit mengsel te willen scheiden door filtreren. Hij laat zien hoe je van een rond filtreerpapiertje door twee keer vouwen een filter kunt maken dat in een trechter past. De trechter met filter zet hij op een lege reageerbuis en hij giet het mengsel van zand en water op het filter. Na het resultaat bekeken te hebben, gaan de leerlingen zelf verschillende mengsels filtreren.

Figuur 112 – Voorbeeld van een vaardigheidspracticum.

Lespraktijk

Een leraar laat een gelijkarmige balans zien. Als je aan beide kanten op gelijke afstand een gelijk gewicht hangt, is de balans in evenwicht. Kun je ook evenwicht maken met verschillende gewichten aan beide kanten? Leerlingen schrijven hun voorspelling op. Daarna gaan ze het practicum doen. Ze maken allerlei evenwichten met twee ongelijke gewichten, maar ook met drie gewichten. In de nabespreking worden de resultaten begrepen met de theorie van de momentenwet.

Figuur 113 – Voorbeeld van een begripspracticum.

Lespraktijk

Een leraar vertelt van de thee die hij die ochtend heeft gedronken. De suiker in de thee lost snel op, zeker als je roert. De leerlingen krijgen als vraag: waardoor lost suiker sneller op? Leerlingen schrijven in een werkplan op wat zij gaan onderzoeken en hoe zij het onderzoek eerlijk doen. Daarna proberen ze hun idee uit. Op de demonstratietafel staan verschillende soorten suiker, een waterkoker, plastic bekertjes en lepeltjes. In de nabespreking wordt samengevat dat de snelheid van oplossen afhangt van de temperatuur van het water, de grofheid van de suiker, wel of niet roeren. De hoeveelheid water bleek geen invloed te hebben.

Figuur 114 – Voorbeeld van een onderzoekspracticum.

leerdoelen hebben. Daarbij is onderscheid te maken tussen een *vaardigheidspracticum*, *begripspracticum*, *onderzoekspracticum* en *ontwerppracticum*. Het is belangrijk om bij een practicum te focussen op een beperkt aantal leerdoelen. Andere zaken die bij het doen van practicum een rol spelen zijn de opbouw van practicumlessen, de werkbladen die daarbij gebruikt worden, de practicumverslagen van de leerlingen en de veiligheid in het practicumlokaal.

Het kan voorkomen dat een practicum om uiteenlopende redenen niet mogelijk, maar wel wenselijk is. In dat geval kunnen leerlingen, gestuurd door een werkblad, aan de slag met een computersimulatie.

3.3.1 Practicumdoelen

De leerdoelen van een practicum hangen af van het soort practicum: een vaardigheids-, begrips-, onderzoeks- of ontwerppracticum. Die leerdoelen bepalen ook vaak het karakter van het practicum: *gesloten* of *open*. Bij een gesloten practicum – ook wel een ‘kookboekpracticum’ genoemd – werken de leerlingen aan de hand van een gedetailleerde reeks opdrachten in de vorm van ‘doe dit, noteer dat, bepaal zus en bereken zo’, gericht op het bereiken van het eindresultaat zoals het beheersen van een bepaalde vaardigheid of het vaststellen van het verband tussen twee grootheden. Bij een open practicum is vaak alleen een onderzoeks- of ontwerpvrage gegeven (en zelfs dat niet altijd), en is het aan de leerlingen om te bedenken hoe ze die vraag zullen gaan beantwoorden. Maar uiteraard kan een practicum ook een gemengd karakter hebben: deels gesloten en deels open.

Vaardigheidspracticum – In een vaardigheidspracticum zoals dat van figuur 112 staat de vaardigheid van de leerling centraal. Bij een vaardigheid kan het gaan om het bedienen van een apparaat (zoals een stroom- of spanningsmeter, een brander of een Coach-interface), het uitvoeren van een experimentele methode (zoals indampen, filtreren of een schakeling bouwen) of het gebruiken van de juiste verslagvormen (zoals een tabel gebruiken, een diagram tekenen of een helling berekenen). De bijbehorende leerdoelen zijn respectievelijk een apparaat kunnen bedienen, een experimentele methode kunnen uitvoeren en meetresultaten kunnen verwerken en weergeven.

Kenmerken van een vaardigheidspracticum zijn: korte duur, gesloten karakter, en uitvoering voorafgaand aan een ander practicum.

Begripspracticum – In een begripspracticum zoals dat van figuur 113 maakt een leerling kennis met een nieuw verschijnsel of bekijkt een bekend verschijnsel met behulp van nieuwe theorie. De waarnemingen aan het verschijnsel worden uiteindelijk begrepen vanuit nieuwe theorie. Daarbij kan het bijvoorbeeld gaan om evenwicht bij de balans, beeldvorming met lenzen, helderheid van lampjes in verschillende schakelingen, vallen van een massa en veer in een vacuümbuis, en geluid van een bel in een vacuüm klok. Het bijbehorende leerdoel is een verschijnsel kunnen beschrijven en met theorie kunnen begrijpen.

Bij dit soort practicum horen altijd voorspellingen: de leerlingen formuleren vooraf de eigen gedachten over het verschijnsel, en zijn daardoor gevoeliger voor observaties die daarmee conflicteren. Dat helpt hen bij hun begripsontwikkeling.

Kenmerken van een begripspracticum zijn: langere duur, (meestal) gesloten karakter, het verschijnsel staat centraal, vooraf voorspellingen doen, kwalitatief meten, en observaties vergelijken met de voorspellingen. Overigens is een begripspracticum vaak ook goed uitvoerbaar als demonstratie (zie paragraaf 2.5).

Onderzoekspracticum – In een onderzoekspracticum zoals dat van figuur 114 onderzoekt een leerling zelf een verschijnsel. De leerling werkt volgens een zelf opgesteld werkplan. Er is veel inbreng van de leerling bij het formuleren van de vraag, het maken van een opstelling, het controleren van de variabelen of het kiezen van de verslagvorm. Eerlijk onderzoeken door variabelen te controleren is van belang. Meestal wordt het werkplan eerst goedgekeurd door de leraar. Voorbeelden van een onderzoekspracticum zijn: oplosbaarheid van suiker, buigzaamheid van staafjes, en geleidbaarheid van materialen. Het bijbehorende leerdoel is verschijnselen eerlijk kunnen onderzoeken.

Kenmerken van een onderzoekspracticum zijn: lange duur, open karakter,

een eigen werkplan maken, veel vrije keuze voor de leerling, meerdere variabelen, verbanden onderzoeken en eerlijk experimenteren (zie de *onderzoekscyclus* in paragraaf 7.3).

Ontwerppracticum – In een ontwerppracticum ontwerpt, bouwt en test een leerling een prototype of model van een product zoals een inbraakbestendig fietsslot, een brug of toren van spaghetti, of een voertuig met muizenval- of ballon-aandrijving.

De kenmerken van een ontwerppracticum komen sterk overeen met die van het onderzoekspracticum, maar dan natuurlijk aangevuld met het zelf bouwen van een te testen prototype (zie de *ontwerpccyclus* in paragraaf 7.4).

Leren van practicum

Leerlingen blijken vaak weinig te leren van het practicum als het gaat om begripsontwikkeling. Een begripspracticum is vaak minder succesvol, omdat de benodigde vaardigheden nog niet voldoende worden beheerst en/of het practicum een te gesloten karakter heeft. Daardoor zijn leerlingen tijdens het practicum te veel gericht op *doen* en te weinig op *denken*.

Verbetering is te verwachten als leraren bij de na te streven leerdoelen een onderscheid maken tussen de drie genoemde soorten leerlingenpracticum, en daarbij eventueel zelfs de hierboven gegeven volgorde hanteren. De in figuur 115 geschetste lespraktijk van een practicum rond de wet van Ohm geeft als voorbeeld een combinatie van een vaardigheids- en begripspracticum.

Lespraktijk

Leerlingen hebben als huiswerk de practicuminstructie gelezen. In de klas staat een bekglas heet water met daarin een aantal reageerbuisjes met kaarsvet. Het kaarsvet is gesmolten. Leerlingen nemen een reageerbuis en meten met vaste tussenpozen de temperatuur van het afkoelende kaarsvet. De resultaten worden uitgezet in een temperatuur-tijd-diagram. Na het opruimen bespreekt de leraar met de leerlingen het resultaat. Het begrip stolpunt wordt geïntroduceerd om de metingen beter te begrijpen.

Figuur 116 – Voorbeeld van de opbouw van een practicumles.

Lespraktijk

Eerst leren de leerlingen in een vaardigheidspracticum het correcte gebruik van een spanningsbron en van een multimeter om stroomsterkte en spanning te meten. Aan bod komen in ieder geval het aansluiten van de verschillende instrumenten, het goed instellen ervan en het juist aflezen. In een eerder stadium bij een ander onderwerp hebben de leerlingen geleerd een grafiek te tekenen van een recht evenredig verband. Pas daarna doen de leerlingen een begripspracticum waarbij ze de spanning over en de stroomsterkte door een weerstand meten en deze metingen uitzetten in een grafiek. Van tevoren is de leerlingen gevraagd de vorm van de grafiek te voorspellen. Hetzelfde practicum wordt uitgevoerd met een gloeilampje. Ook nu hebben de leerlingen eerst een voorspelling gedaan. Bij het nabespreken legt de leraar de nadruk op verschillen tussen de voorspelling en de meetresultaten.

Figuur 115 – Voorbeeld van de combinatie van een vaardigheids- en begripspracticum rond de wet van Ohm.

3.3.2 Opbouw practicumles

Een practicumles is op verschillende manieren vorm te geven. De in figuur 116 geschetste lespraktijk geeft een voorbeeld van een veel gebruikte opbouw.

De uit het voorbeeld afgeleide opbouw van een practicumles zoals weergegeven in figuur 117 heeft de volgende kenmerken:

- het practicum heeft de omvang van één les;
- van leerlingen wordt 20 minuten huiswerk gevraagd, zowel bij de voorbereiding als bij de afronding van het practicum;
- het begin en het einde van de les zijn klassikaal.

Huiswerk 20'	Vorbereiden practicum, bijvoorbeeld werkplan bestuderen of maken Bestuderen van de bijbehorende theorie	Oriënteren op de inhoud van en de werkwijze bij het practicum
Tijdsplanning	Onderwijsactiviteiten van de leraar Leeractiviteiten van de leerling	Functie voor het leren
5' KW	Starten (leraar): • lesprogramma geven • huiswerk opgeven • beginsituatie peilen	Zicht geven op leerproces: • overzicht geven van lesonderdelen • leerdoelen benoemen • voorkennis ophalen

5' KW	- terugkijken op de behandelde leerstof en vooruitkijken naar het (in deze les uit te voeren) practicum Instrueren (leraar): - instructie over opstelling en onderzoeksvraag - instructie over werkwijze - instructie over verwerken	- bekende of nieuwe leerstof koppelen aan het practicum Oriënteren: - voorbeeld-opstelling - onderzoeksvraag
25' ZW: D / G	Experimenteren (leerlingen): - spullen halen - proeven doen (begin maken met) verwerken - spullen opruimen	Leerstof verwerven en verwerken: - onderzoeken (opstelling en verschijnsel) - denken (geordende waarnemingen)
10' KW	Afronden (leraar en leerlingen): - samenvatten van de onderzoeksvraag en een kort antwoord daarop - terugblikken op het werken	Zicht geven op het leerproces
Huiswerk 20'	Verwerkingsvragen beantwoorden Verslag maken (eventueel)	Leerstof herhalen en verwerken

Figuur 117 – De mogelijke opbouw van een practicumles.

Practicuminstructie

De instructie die nodig is voor een practicum hangt af van de ervaring die leerlingen hebben met het doen van practicum: weten ze hoe ze spullen moeten ophalen en terugbrengen, kennen ze de regels in het practicumlokaal, kunnen ze handig en zuinig omgaan met de spullen?

In een practicuminstructie zijn de volgende drie aspecten te onderscheiden: *inhoud*, *materiaal* en *organisatie*.

Inhoud – Het is van belang dat leerlingen weten welk leerdoel het practicum heeft: waarover gaat het practicum, waarom is dat van belang om te doen, en op welke vraag gaat het practicum antwoord geven? Bij een vaardigheidspracticum hoort een vraag als “Hoe meet ik een stroomsterkte?” Bij een begripspracticum: “Hoe ziet een afbeelding met een bolle lens er uit?” En bij een onderzoekspracticum: “Waarvan hangt de doorbuiging van een lat af?”

Materiaal – Meestal is het goed om de spullen te laten zien die gebruikt gaan worden in het practicum. Dat zegt meer dan een lijst van benodigdheden. Soms is het nodig de kant-en-klare opstelling te laten zien, vooral als de opstelling ingewikkeld is. Soms is het nodig om voor te doen hoe je met de spullen omgaat. Daardoor kunnen de leerlingen sneller en gericht aan de slag. Maar je kunt ook – om het verschijnsel *hands-on, minds-off* tegen te gaan – meer dan alleen de benodigde materialen klaarleggen of de leerlingen zelf laten bedenken welke materialen ze voor het uitvoeren van het practicum nodig zullen hebben.

Organisatie – Leerlingen moeten weten hoe en met wie er gewerkt wordt: waar komen de spullen vandaan, waar moeten ze weer worden opgeborgen, met hoeveel leerlingen wordt er samengewerkt, waar zitten de groepjes, wordt er een verslag gemaakt en door wie?

Practicum begeleiden

Bij het begeleiden van practicum gaat het in grote lijnen om eerst iedereen aan het werk zetten, dan waar nodig hulp verlenen en af en toe bewust controleren of alles nog goed gaat – met daarbij de volgende aandachtspunten.

- Als je na de practicuminstructie even aan de kant van de klas gaat staan, op een punt waar je de klas kunt overzien, dan kun je controleren of iedere groep aan het werk gaat. Als veel groepen problemen hebben, kun je nog even klassikaal verduidelijken.
- Voor het goed slagen van een practicum is meestal een actieve begeleiding nodig: groepen langs lopen, kijken wat ze doen, vragen stellen, en hulp bieden. Zorg ervoor dat je niet te lang bij één groep blijft hangen, maar probeer overal te komen. Kijk tijdens het helpen van een groep regelmatig even op om de klas te overzien. Ga zo staan dat dat kan.

- Als je een groep hebt geholpen, ren dan niet meteen naar de volgende groep, maar overzie eerst de klas en maak je keuze welke groep jouw hulp het meeste nodig heeft. Zorg ervoor dat de andere groepen vast verder gaan met hun werk.
- Onderbreek het groepswork zo min mogelijk door klassikaal ingrijpen. Iedere keer dat je dat doet, stoort je de groepen in hun werk. Bovendien is het erg moeilijk de aandacht te trekken van de leerlingen als ze materiaal op hun bank hebben. Soms is echter klassikaal ingrijpen nodig, bijvoorbeeld bij ordeverstoringen of bij een tussenbespreking. Vraag leerlingen het materiaal neer te leggen met de belofte dat ze straks verder mogen werken.
- Als je leerlingen die naar je toe lopen helpt, staat er al snel een hele groep om je heen. Loop liever met een leerling terug naar zijn plaats en help hem daar.
- Als je belooft “Ik kom eraan” en je doet het niet, wachten de leerlingen voor niets. Zie je aankomen dat je voorlopig toch geen tijd voor die groep hebt, zeg dan liever: “Probeer het zelf uit te vinden” of “Ga maar vast verder met de volgende opdracht.”
- Als teveel leerlingen bij andere groepen gaan kijken, komt er van hun eigen werk vaak minder terecht. Verwijs eventueel naar de uitwisseling of de roulatie.
- Vermijd dat jij antwoord geeft op alle vragen. Probeer vragen van leerlingen om te buigen tot vragen waar ze zelf het antwoord op kunnen vinden door onderzoek te doen met het aanwezige materiaal. Dat is ‘activerend begeleiden’.
- Observeer wat leerlingen doen. Maak zo nodig notities. Hoe lossen ze problemen op? Doen ze bijzondere vindingen? Deze gegevens kun je gebruiken voor de nabespreking.
- Kondig het einde van het practicum een tijdje van te voren aan. Als je abrupt stopt, is het voor de leerlingen die lekker aan het werk waren erg moeilijk ineens het materiaal neer te leggen.
- Zorg voor het tijdig geven van extra opdrachten aan de snelle leerlingen.
- Sluit het practicum af met een nabespreking. Is het antwoord op de onderzoeksvraag gevonden? Wat hebben we geleerd?

Organisatievormen

Er zijn verschillende manieren om een practicum te organiseren: het *parallelpracticum*, *stationspracticum*, *keuzepracticum* en *veldwerk*.

Parallelpracticum – Het parallelpracticum is de meest voorkomende vorm van practicum: alle leerlingen doen tegelijk hetzelfde experiment. Het is overzichtelijk, eenvoudig te organiseren en gemakkelijk te beoordelen – maar vereist wel veel practicummateriaal.

Stationspracticum – Het stationspracticum (ook wel *cirkel-* of *carrouselpracticum* genoemd) is wat moeilijker te organiseren. In de klas staan daarbij opstellingen van verschillende (korte) experimenten die de leerlingen na elkaar doen. Het voordeel is dat je dan van elk experiment maar een of twee opstellingen nodig hebt. Sommige scholen eisen dat de leerlingen in een bepaalde periode zo’n practicumreeks afronden. Soms staan die experimenten in het kabinet of in een apart lokaal, en moeten de leerlingen het practicum buiten de les doen.

Keuzepracticum – Bij meer uitgebreide experimenten kunnen de leerlingen een keuze maken uit de verschillende beschikbare opstellingen.

Veldwerk – Bij dit soort practicum doen de leerlingen buitenexperimenten, zoals het vergelijken van de remkracht van verschillende soorten fietsremmen, meten van het energieverbruik van huishoudelijke apparaten, en meten van weergrootheden als temperatuur, luchtdruk en windsnelheid. Dit veldwerk kan ook in de vorm van huiswerkpracticum worden gedaan.

3.3.3 Practicumwerkbladen

Bij een practicum is het werkblad voor leerlingen een belangrijk houvast. Via het werkblad probeert de leraar ook het leren te sturen. Vanwege de beperkte tijd die per leerling of per groep beschikbaar is tijdens de begeleiding, is het van groot belang dat het werkblad doet waarvoor het ontworpen is: de leerling helpen het maximale leerrendement uit een practicum te halen.

Voor het ontwerpen van practicumwerkbladen geldt een aantal algemene aandachtspunten, zoals weergegeven in figuur 118. Die criteria zijn natuurlijk ook te gebruiken voor het beoordelen van bestaande practicumwerkbladen.

Onderdeel	Criteria
Inhoud	• Uitvoerbaar, natuurkundig juist en logisch in verband met leerstof. • Zinnige natuurkunde wat betreft leerstof en onderzoeksactiviteiten. • Informatief, maar niet alles voorkauwend (stimulerend). • Aansluitend bij de beleavingswereld van leerlingen (motiverend) en de doelgroep. • Effectief wat betreft tijdsbesteding en leereffect.
Indeling	• Pakkende titel, een prikkelende inleiding (bijvoorbeeld met praktijktoepassingen) en een duidelijke onderzoeksvraag. • Opdrachtendeel en verwerkingsdeel met toepassingen. • Puntsgewijze instructie, en niet teveel tegelijk in één opdracht.
Karakter	• Passend in een leerlijn vaardigheidsontwikkeling: van gemakkelijk naar moeilijk, van oriënterend naar gedetailleerd en van gesloten naar meer open.
Afwisseling	• Passend in een leerlijn vaardigheidsontwikkeling: afwisseling wat betreft de te onderzoeken verschijnselen, de soort onderzoeksactiviteiten, de manier van verslag geven en de samenwerking.
Materiaal	• Simpel, degelijk, goedkoop, veilig... en met veel onderzoeksmogelijkheden.
Organisatie	• Handige manier van klaarzetten, uitvoeren en opruimen.
Tekst en taal	• Kort en bondig, duidelijk en eenduidig, eenvoudige zinsbouw en simpele formulering (taalgebruik op het niveau van de leerlingen). • Correct Nederlands: spelling, zinsbouw/stijl, interpunctie. • Geen onnodig lange of korte zinnen, geen onnodig abstracte begrippen en moeilijke woorden.
Omvang	• Werk voor 'redelijke' tijd: niet te kort of te lang, passend in de les. • Evenwicht tussen tijd voor onderzoek en voor verwerking of verslag.
Lay-out	• Verzorgd, overzichtelijk en aantrekkelijk, een rustige bladspiegel (lettertype, regelafstand), een rustige vormgeving (niet te druk en bont), een uniforme stijl (consistent en consequent) en invulruimtes die groot genoeg zijn. • Duidelijke indeling met onderscheid tussen opgaven. • Visualisering (grafieken, tabellen en tekeningen in plaats van tekst), duidelijke koppeling tussen tekst en plaatjes of kaders.

Figuur 118 – Aandachtspunten bij het ontwerpen van practicumwerkbladen.

Leerproces sturen

Een practicumwerkblad stuurt het leerproces van de leerling. Dat vraagt om duidelijke keuzes van de ontwerper van het werkblad.

- Past de leerling in het practicum bekende theorie toe of moet de leerling door het practicum nieuwe verschijnselen ontdekken?
- Is een precies handelingsvoorschrift nodig zoals in een kookboek, of kun je volstaan met het aangeven van het onderzoeksdoel waarbij de leerling zelf de handelingen bedenkt?
- Kun je naar leerlingen toe duidelijk zijn zonder alles voor te kauwen?

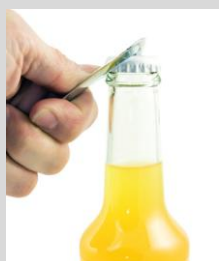
Hieronder staan twee werkbladen over evenwicht bij hefbomen, beide met een opdrachtenblad en een verslagblad. Ze laten een duidelijk verschil in sturing van het leerproces zien.

Het werkblad van figuur 119 over *Evenwicht bij hefbomen* voor 2 havo/vwo heeft duidelijke instructies. Voor de leerlingen is er echter weinig ruimte om zelf te experimenteren. De hefboomregel wordt al vooraf meegedeeld.

Het werkblad van figuur 120 over *Hefboom in evenwicht* voor dezelfde doelgroep heeft een duidelijke opbouw. De opdrachten zijn zo dat de leerling zelf veel kan uitproberen. De hefboomregel kan, uitgaande van de door de leerlingen in het practicum gevonden regels, in de nabespreking aan de orde komen.

Practicumwerkblad Evenwicht bij hefboomen Opdrachtenblad

Met een hefboom kun je een grote kracht uitoefenen. Bij hefboomen kun je denken aan een klauwhamer, flesopener, fietstrapper, moersleutel, arm, been, enzovoort. Hefboomen kunnen in evenwicht zijn of worden gebracht. Denk bijvoorbeeld maar aan een wip in de speeltuin en het verrijden van een handkar of kruiwagen. Waar je dan vanuit moet gaan, zullen we in dit practicum onderzoeken.

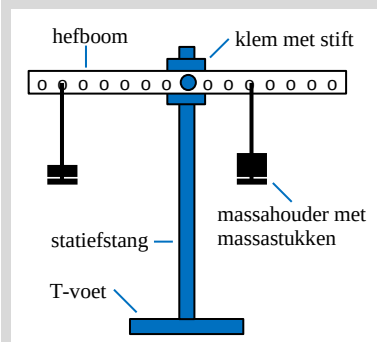


Benodigdheden

- statiefstang (lengte 50 cm) met T-voet en klem met stift
- hefboom (met verdeling 2,5 cm)
- twee massahouders van 10 g
- zes massastukken van 10 g
- tien massastukken van 50 g
- liniaal (lengte 30 cm)

LET OP

- Een massahouder heeft zelf een massa van 10 g. Deze massa dus steeds bij die van de massastukken optellen.



Controleer de aanwezigheid van alle benodigdheden. Als je iets mist of iets niet in orde is, dan moet je dit melden aan je leraar of lerares.

Opbouw

- 1 Zet de T-voet op tafel en klem de statiefstang erin vast. Maak de klem met stift op de statiefstang vast op ongeveer 3 cm van de bovenkant van de statiefstang. Schuif de hefboom op de stift.
- 2 De keuze van de te gebruiken massastukken staat bij de uitvoering hieronder. Deze massastukken kun je, van boven naar beneden, om de stang van de massahouder laten glijden.

Uitvoering

- 3 Hang drie massastukken van elk 10 g om één massahouder. De totale massa hiervan is nu 10 (houder) + 30 = 40 g.
- 4 Hang twee massastukken van elk 10 g en één massastuk van 50 g om de andere massahouder. De totale massa hiervan is nu 10 (houder) + 20 + 50 = 80 g.
- 5 Hang op 20 cm links van het draaipunt de massa van 40 g. Hou daarbij de hefboom met één hand horizontaal. Daar werkt dan een kracht van $40 \times 0,001 \times 10 = 0,40$ N. Het moment van die kracht is $\text{kracht} \times \text{arm} = 0,40 \text{ N} \times 20 \text{ cm} = 8,0 \text{ Ncm}$ linksdraaiend.
- 6 Hang op 10 cm rechts van het draaipunt de massa van 80 g. Hou de hefboom nog steeds met één hand horizontaal. Daar werkt dan een kracht van $80 \times 0,001 \times 10 = 0,80$ N. Het moment van die kracht is $\text{kracht} \times \text{arm} = 0,80 \text{ N} \times 10 \text{ cm} = 8,0 \text{ Ncm}$ rechtsdraaiend.
- 7 Laat de hefboom, los... en je merkt dat de hefboom uit zichzelf weer horizontaal in evenwicht is.
- 8 Kijk naar de tabel op het verslagblad. Je ziet dat de eerste rij is ingevuld met wat je zojuist hebt gedaan. Zorg ook voor evenwicht in de andere gevallen (de volgende rijen in de tabel). Kijk wel goed wat er gegeven is, en wees voorzichtig! Vul de tabel geheel in door ook de massa om te rekenen naar kg, de kracht uit te rekenen in N en het moment uit te rekenen in Ncm.
- 9 Vul de conclusie in op het verslagblad en lever dit in.
- 10 Hefboomen kunnen ook schematisch worden weergegeven. Op bladzijde 149 in je boek staat een voorbeeld. Maak als oefening opgave 2 en 3 van bladzijde 150 in je boek. Als je hiervoor in de les geen tijd meer hebt, doe dit dan thuis.

Practicumwerkblad Evenwicht bij hefboomen Verslagblad

Namen

.....

Nu kun je

- Massa in g omrekenen naar massa in kg.
- Massa in kg omrekenen naar kracht in N.
- Bij een hefboom het moment bepalen bij gegeven kracht en arm.
- Een hefboom, als bij het practicum, in evenwicht brengen.
- Berekenen of het rechtsdraaiend moment bij evenwicht gelijk is aan het linksdraaiend moment.

Tabel

linkerkant hefboom				rechterkant hefboom			
massa g	kracht N	arm cm	moment Ncm	massa g	kracht N	arm cm	moment Ncm
40	0,40	20	8,0	80	0,80	10	8,0
40		15		30			
90		20		80			
140		7,5		60			
240		2,5		30			

Conclusie

Als een hefboom in gebruik is werken er op.
Bij elk evenwicht is het linksdraaiend moment het rechtsdraaiend moment.

Figuur 119 – Practicumwerkblad *Evenwicht bij hefbomen*.

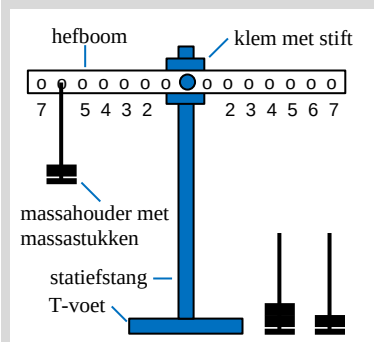
Practicumwerkblad Hefboom in evenwicht Opdrachtenblad

Benodigheden

- statiefstang met T-voet en klem met stift
- hefboom met gaatjes
- drie massahouders met massastukken

Opstelling

- Schuif de hefboom op de stift van de klem aan het statief.



- Ieder massastuk is 50 g.
- De massahouder is ook 50 g
- De gaatjes in de hefboom zijn genummerd vanaf de as. Dat nummer is de positie van de massahouder.

Een spoorboom en een hijskraan zijn in evenwicht. Toch zijn links en rechts de massa's niet gelijk. Om te weten te komen hoe dat zit, doe je in dit experiment onderzoek aan een hefboom.



Een hefboom is een latje met in het midden een as die in een statief is geklemd. In het latje zitten gaatjes om er massa's aan op te hangen.

Onderzoeksvraag

Welke regel geldt er voor een hefboom in evenwicht?

Uitvoering

- Links één massahouder met massastukken en rechts één massahouder met massastukken.
 - Hang links op de zesde positie een massahouder met één massastuk (samen 100 g).
 - Om de hefboom in evenwicht te krijgen moet je rechts ook een massahouder ophangen.
 - Onderzoek op welke posities dat lukt en hoeveel massa's je dan nodig hebt. Noteer het resultaat in de tabel op het verslagblad.
 - Formuleer een regel als geldt dat de hefboom in evenwicht is.
- Links één massahouder met massastukken en rechts twee massahouders met massastukken.
 - Hang links een massahouder. Kies zelf een positie en het aantal massastukken.
 - Om de hefboom in evenwicht te krijgen, hang je rechts op verschillende posities twee massahouders met massastukken.
 - Onderzoek wanneer de hefboom in evenwicht is. Noteer je resultaten in de tabel op het verslagblad.
 - Formuleer een regel die geldt als de hefboom in evenwicht is. Is die regel anders dan bij 1b?

Namen

Opdracht 1

a

links		rechts	
aantal massa's	positienummer	aantal massa's	positienummer
2	6	2	
2	6	3	
2	6	4	
2	6	6	

b

Opdracht 2

a

links		rechts			
aantal massa's	positie-nummer	aantal massa's	positie-nummer	aantal massa's	positie-nummer

b

Nu kun je

- De regel voor hefbomen in evenwicht uitleggen en toepassen op een eenvoudige hefboom.

Figuur 120 – Practicumwerkblad *Hefboom in evenwicht*.

Soorten opdrachten

Bij het leren van natuurkundige begrippen via practicum is de aandacht van de leerlingen vooral gericht op het materiaal waarmee de proef gedaan wordt en de directe waarnemingen en metingen daaraan. Maar voor het leren van begrippen moet de aandacht meestal gericht worden op de vastgelegde waarnemingen en metingen. Door het onderscheiden van voorspel-, doe-, waarneem- en denkopdrachten wordt rekening gehouden met deze noodzakelijke wisseling van aandacht.

Voorspellen – Een voorspelopdracht vraagt van de leerling om zijn verwachting vast te leggen. Het resultaat van het experiment zegt hem of haar daardoor meer.

Doen – Een doe-opdracht vraagt de leerling om een handeling uit te voeren met materialen en/of apparatuur.

Waarnemen – Een waarneemopdracht vraagt de leerling om waarnemingen en metingen te doen en deze weer te geven in een geschikte verslagvorm.

Denken – Een denkopdracht vraagt de leerling om de geordende waarnemingen en metingen nader te overdenken. De waarneemopdracht vormt daarmee de schakel tussen de doe-opdracht waarin de practicumspullen centraal staan en de denkopdracht waarin het gaat om de vastgelegde waarnemingen en metingen.

Het onderscheid in voorspel-, doe-, waarneem- en denkopdrachten maakt voor de leerlingen duidelijk welke aandacht gevraagd wordt, en dat practicum doen niet alleen het uitvoeren van handelingen is met het verstand op nul.

Opdrachtenblad

Het opdrachtenblad heeft de volgende onderdelen:

- titel met illustratie;
- korte inleiding, zo mogelijk in context;
- onderzoeksvraag;
- tekening van de opstelling met een lijst van benodigdheden;
- voorspel-, doe-, waarneem- en denkopdrachten, bijvoorbeeld onderscheiden door iconen.

Figuur 121 – Aandachtspunten bij het ontwerpen van een opdrachtenblad.

Verslagblad

Het verslagblad heeft de volgende kenmerken:

- voldoende ruimte voor verslaggeving van de waarnem- en denk-opdrachten;
- stimuleert de leerlingen tot het opschrijven van zinnen in plaats van kale gegevens of losse kreten;
- geeft zoveel structuur dat de leerlingen geholpen worden bij het verkrijgen van een geschikt object voor de denkopdrachten;
- geeft zo weinig structuur dat de leerlingen met hun eigen woorden en op hun eigen wijze verslag kunnen doen van hun bevindingen, overwegingen en conclusies;
- sluit af met een doelformulering van het practicum.

Figuur 122 – Aandachtspunten bij het ontwerpen van een verslagblad.

Opdrachtenblad en verslagblad

Een goede verslagvorm voor waarnemingen en metingen is noodzakelijk om begripsvorming door middel van denkopdrachten mogelijk te maken. Een verslagblad is daarvoor een geschikte manier. Bovendien worden op het verslagblad de antwoorden op de denkopdrachten geformuleerd.

De voorkeur gaat uit naar een afzonderlijk opdrachtenblad en verslagblad boven een werkblad waarin het opdrachten- en verslagblad zijn geïntegreerd. De redenen hiervoor zijn dat een verslagblad compacter is dan een werkblad, en dat bij eenzelfde opdrachtenblad verschillende verslagbladen gemaakt kunnen worden die verschillen in hoeveelheid structuur (van geheel bij het handje houden tot het schrijven van een eigen verslag). Daarnaast is een verslagblad (evenals een werkblad) een prima instrument om zicht te houden op het werk van de leerlingen en gedurende het practicum feedback te kunnen geven.

Aandachtspunten bij het ontwerpen van een opdrachtenblad en een verslagblad staan in figuur 121 en 122. Daarnaast moet bij het ontwerpen van opdrachten- en verslagbladen rekening worden gehouden met het soort practicum: een vaardigheids-, begrips- of onderzoekspracticum.

Vaardigheidspracticum

In figuur 123 is als voorbeeld het opdrachten- en verslagblad van een vaardigheidspracticum weergegeven, in dit geval over het meten van het energieverbruik van een elektrisch apparaat met een kWh-meter. Op dat opdrachtenblad zijn de voorspel-, doe-, waarnem- en denkopdrachten onderscheiden door iconen.

Practicumwerkblad

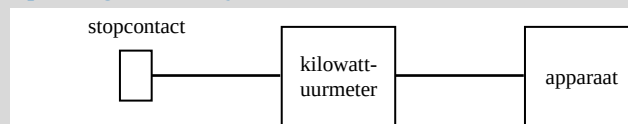
Vermogen van een elektrisch apparaat meten Opdrachtenblad

Apparaten zoals een elektrische kachel of wasmachine verbruiken veel elektrische energie. Maar de hoeveelheid hangt af van het soort apparaat. In dit experiment ga je met een kWh-meter meten hoeveel elektrische energie een elektrisch apparaat verbruikt.

Onderzoeksvraag

Hoe meet je het energieverbruik van een elektrisch apparaat?

Opstelling en werkwijze



Je sluit een apparaat aan op de kWh-meter. Daarna steek je de stekker van de kWh-meter in het stopcontact. Het energieverbruik van het apparaat lees je af op de kWh-meter.

Voorspelling

- 1 Zet de apparaten op een volgorde van laag naar hoog energiegebruik.

Onderzoek

- 2 Sluit een apparaat aan op de kWh-meter en steek de stekker van de kWh-meter in het stopcontact. Meet de tijd die nodig is voor vijf rondjes.
- 3 Op de kWh-meter staat het aantal rondjes dat overeenkomt met 1 kWh. Bereken het energieverbruik (in kWh) bij vijf rondjes. Noteer je resultaten in de tabel op het verslagblad.
- 4 Bereken het elektrisch vermogen van het apparaat.
- 5 Op het apparaat zit een plaatje met informatie. Kijk daarop hoe groot het vermogen van het apparaat is, en noteer dat in de tabel. Klopt dit met je meting?
- 6 Doe opdracht 2 tot en met 5 voor minstens nog drie apparaten, waaronder in elk geval een gloeilamp en een spaarlamp.

Inzicht

- 7 Klopt je voorspelling van de volgorde van het energieverbruik?
- 8 Klopt je meting van het vermogen met het getal op het plaatje?
- 9 Wat is het verschil in energieverbruik tussen gloeilampen en spaarlampen?
- 10 Geef antwoord op de onderzoeksvraag.

Benodigdheden

- kilowattuurmeter (kWh-meter)
- apparaten, zoals een kacheltje, een gloeilamp en een spaarlamp
- tijdmeter (stopwatch, horloge of telefoon)



Practicumwerkblad
Vermogen van een elektrisch apparaat meten
Verslagblad

Namen

Voorspelling

- 1 Apparaten in volgorde van laag naar hoog energiegebruik:

Onderzoekresultaten

Op de kWh-meter staat: 1 kWh = rondjes.

Apparaat	Tijd voor vijf rondjes (s)	Energieverbruik (kWh)	Berekende vermogen (W)	Vermogen op informatieplaatje

Inzicht

- 7 De volgorde die we bedacht hadden klopt wel / niet met de metingen. Het verschil is dat
- 8 De metingen van het vermogen kloppen wel / ongeveer / niet met wat er op het plaatje staat. Als er een verschil is komt dat volgens ons door
- 9 Het verschil in energieverbruik tussen een gloeilamp en een spaarlamp is
- 10 Het energieverbruik van een elektrisch apparaat meet je als volgt:

Je kunt nu

- Het verbruik van een elektrisch apparaat meten met een kWh-meter.

Figuur 123 – Opdrachten- en verslagblad voor het vaardigheidspracticum *Vermogen van een elektrisch apparaat meten*.

In paragraaf 2.3.3 is een fasering voor het aanleren van een vaardigheid gegeven: oriënteren, voordoen, nadoen en zelf doen. De rol die het opdrachtenblad daarin speelt is weergegeven in de in figuur 124 geschetste lespraktijk.

Lespraktijk

Oriënteren – De leraar laat de opstelling zien waarmee je het energieverbruik van een apparaat kunt meten. Hij vertelt dat een overeenkomstige meter aanwezig is in de meeste huizen. Met die meter kan bepaald worden hoeveel ieder huishouden voor het verbruik van elektrische energie moet betalen.

Voordoen – De leraar doet voor hoe je met de energiemeter het verbruik kunt meten: hij sluit een apparaat aan op de kWh-meter die in het stopcontact zit, hij meet de tijdsduur van vijf rondjes, hij leest de energie per rondje af op de meter, hij berekent het energieverbruik in kWh en het vermogen in W, hij leest op het typeplaatje af wat het vermogen van het apparaat is, hij vergelijkt beide waarden, en hij noteert tijdens het meten de gevonden waarden in de tabel.

Nadoen – Met behulp van het opdrachtenblad voert de leerling metingen uit met andere apparaten.

Zelf doen – De leerling gebruikt deze vaardigheid bij nieuwe experimenten.

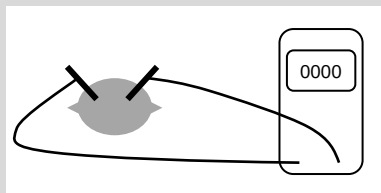
Figuur 124 – De fasering bij een vaardigheidspracticum, met een rol voor het opdrachtenblad in de derde fase (nadoen).

Begripspracticum

In figuur 125 is als voorbeeld het opdrachten- en verslagblad van een begripspracticum weergegeven, in dit geval over het maken van een spanningsbron met een citroen.

Practicumwerkblad Fruit als spanningsbron Opdrachtenblad

Met een stuk fruit – bijvoorbeeld een citroen – en wat stukjes metaal kun je een spanningsbron maken.



Benodigdheden

- citroenen
- aluminiumfolie
- koperen munt
- twee snoeren
- twee krokodillenklemmen
- spanningsmeter

Onderzoeksvraag

Hoe maak je met citroenen een spanningsbron? Kun je daar een lampje op laten branden?

Opstelling en werkwijze

Snij voorzichtig twee gleufjes in de citroen. Stop in de ene gleuf een koperen munt en in de andere een stukje aluminiumfolie. Zorg ervoor dat een flink stuk aluminiumfolie buiten de citroen uitsteekt. De spanningsbron is nu klaar!

Voorspelling

- 1 De citroenbatterij is een spanningsbron. Denk je dat daar een lampje op kan branden?

Onderzoek

- 2 Sluit de stroomkring door de folie en munt tegen je tong te houden. Wat neem je waar?
- 3 Neem een spanningsmeter en verbind deze met behulp van krokodillenklemmen met de beide polen van de citroenbatterij. Meet de spanning.
- 4 Probeer of je een lampje kunt laten branden op een citroenbatterij.
- 5 Wat zou je kunnen veranderen om wel een lampje te laten branden? Probeer het uit.

Inzicht

- 6 Welke onderdelen heeft de stroomkring als je de citroenbatterij tegen je tong houdt?
- 7 Brandt een lampje beter op een citroenbatterij van twee citroenen achter elkaar of op een citroenbatterij van twee citroenen naast elkaar?

Practicumwerkblad Fruit als spanningsbron Verslagblad

Namen

.....

Voorspelling

- 1 Ik denk dat een lampje wel / niet op de citroenbatterij kan branden, want

Onderzoeksresultaten

Als ik de citroenbatterij tegen mijn tong hou, voel ik

De spanning van de citroenbatterij is V.

Verandering	Spanning (in V)	Lampje brandt wel/niet

Inzicht

- 6 Als je tong tintelt, is er een stroomkring bestaande uit:
- 7 De lamp brandt wel / niet beter op een citroenbatterij van twee citroenen achter elkaar dan op een citroenbatterij van twee citroenen naast elkaar, want:

Je kunt nu

- Uitleggen hoe je een citroenbatterij maakt.

Figuur 125 – Opdrachten- en verslagblad voor het begripspracticum *Fruit als spanningsbron*.

Een begripspracticum heeft als doel kennis te maken met een nieuw verschijnsel of meer te leren over een bekend verschijnsel. Het practicum biedt daarmee een ervaringsbasis voor begripsleren: een concrete ervaring die geabstraheerd kan worden tot begrippen.

Het begripspracticum gaat over een verschijnsel dat de leerlingen nog niet of nog onvolledig kennen. De inleiding en de onderzoeksvraag geven aan wat er geleerd gaat worden. Een voorspelling laat de leerlingen nadenken over wat er zou kunnen gebeuren. Door hun voorspelling vast te leggen, is er grotere betrokkenheid bij het resultaat. De opdrachten van een begripspracticum hebben vaak in het eerste deel een kookboekachtig karakter. Door het precies uitvoeren van de opdrachten kan het verschijnsel goed worden waargenomen. Voor begripsvorming is wezenlijk dat de waarnemingen goed worden vastgelegd. Door na te denken over de vastgelegde waarnemingen kan inzicht ontstaan. Bij de citroenbatterij is de waarneming: de citroenbatterij bestaat uit koper, citroen en aluminium. Het in de nabespreking te verwerven begrip is dat een batterij uit twee verschillende onedele metalen en een zure vloeistof bestaat.

Onderzoekspracticum

In figuur 126 is als voorbeeld het opdrachten- en verslagblad van een onderzoekspracticum weergegeven, in dit geval over de spanningzoeker.

Practicumwerkblad Spanningzoeker Opdrachtenblad	
	Met een spanningzoeker kun je testen of er spanning staat op een stopcontact. Maar de ene keer brandt het lampje in de spanningzoeker veel feller dan de andere keer. Onderzoeksvraag Hoe kun je de felheid waarmee het lampje in de spanningzoeker brandt beïnvloeden? Opstelling en werkwijze Met een spanningzoeker kun je nagaan welke opening van het stopcontact onder spanning staat. Je houdt je vinger tegen de achterkant van de spanningzoeker en steekt de spanningzoeker in het stopcontact. Als het lampje gaat branden, is dit de spanningskant. Het lampje in de spanningzoeker brandt omdat er een stroomkring is met een kleine stroom die door je lichaam gaat. Voorspelling 1 Bedenk hoe je de felheid waarmee het lampje van de spanningzoeker brandt zou kunnen beïnvloeden. Onderzoek 2 Bedenk hoe je het lampje feller of minder fel kunt laten branden. Zet dit in het verslagblad onder veranderingen in de stroomkring. 3 Probeer deze veranderingen uit en zet het resultaat in de tabel. 4 Heb je nog meer ideeën? Voer ze uit, en zet het resultaat in de tabel. Inzicht 5 Geef aan welke onderdelen in de stroomkring zitten als het lampje brandt. 6 Leg uit wanneer het lampje minder fel brandt. 7 Leg uit wanneer het lampje feller brandt.
	Benodigdheden • spanningzoeker • eventueel een tweede spanningzoeker
Practicumwerkblad Spanningzoeker Verslagblad	
Namen Voorspelling 1 Het lampje gaat feller branden als ik	

Onderzoeksresultaten

Verandering in de stroomkring	Voorspelling	Resultaat	Opmerkingen

Inzicht

5 In een stroomkring met de spanningzoeker zitten de volgende onderdelen:

6 Het lampje brandt minder fel als

7 Het lampje brandt feller als

Je kunt nu

- Uitleggen hoe je de stroomkring bij een spanningzoeker kunt beïnvloeden.

Figuur 126 – Opdrachten- en verslagblad voor het onderzoekspracticum *Spanningzoeker*.

In het werkblad van figuur 126 is ruimte voor leerlingen om zelf uit te zoeken hoe je het lampje van de spanningzoeker wel/niet en harder/zachter kunt laten branden. Ze hoeven geen werkplan te maken, want dat zit al in het werkblad ingebouwd. Er is er veel te onderzoeken, want er zijn veel variabelen die invloed hebben op het verschijnsel.

In een onderzoekspracticum gaat een leerling een verschijnsel onderzoeken, volgens een zelf opgesteld werkplan. Er is veel inbreng van de leerling bij het formuleren van de vraag, het maken van een opstelling, het controleren van de variabelen en het kiezen van de verslagvorm. Eerlijk onderzoeken door variabelen te controleren is van belang. Meestal wordt het werkplan eerst goedgekeurd door de leraar.

Het leren onderzoeken door de leerling door middel van onderzoekspractica wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 7 over vaardigheidsontwikkeling. Daar staan meer voorbeelden van onderzoekspractica en wordt ingegaan op een mogelijke leerlijn voor onderzoeken.

Ontwerppracticum

In figuur 127 is als voorbeeld het opdrachten- en verslagblad van een ontwerp-practicum weergegeven, in dit geval over het bouwen van een brug. Als ‘extra’ zit er in dit practicum een wedstrijdelement ingebouwd. Daarmee is dit ontwerp-practicum ook een voorbeeld van *gamification* (zie paragraaf 4.2.1).

Practicumwerkblad

Bruggen bouwen

Opdrachtenblad

Benodigdheden

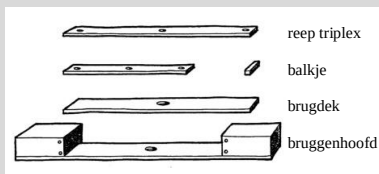
- triplex brugdek van 50 x 10 cm
- drie balkjes van 1 x 1 x 11 cm
- vier smalle repen triplex van twee verschillende lengtes
- twee bruggenhoofden, met elkaar verbonden door de ‘bodem’ van het water
- touw
- fotokarton
- afgezaagde spijkertjes die in de voorgeboorde gaten passen

Welke groep bouwt de sterkste brug? Het wordt een eerlijke wedstrijd. Dus werkt elke groep met dezelfde materialen. En krijgen alle bruggen dezelfde lengte en breedte. Hiernaast zie je welke materialen je krijgt. Met deze materialen kun je verschillende soorten bruggen bouwen, zoals de bruggen van figuur 2: een plaatbrug, tuibrug, hangbrug of vakwerkbrug.

De winnende groep is de groep die de brug zo sterk en zo licht mogelijk heeft gemaakt. Een voorbeeld: een brug van 150 g die hoogstens 30 kg kan houden wint het van een brug van 200 g die 38 kg kan houden. Want: naar verhouding kan de eerste brug meer houden. Dat zie je aan de *brugverhouding*:

$$\text{brugverhouding} = \frac{\text{maximale belasting}}{\text{eigen gewicht}}$$

Voor de eerste brug is die brugverhouding $30/0,150 = 200$. En voor de tweede brug: $38/0,200 = 190$. De eerste brug heeft dus een grotere brugverhouding... en wint de wedstrijd.



Figuur 1 – Materialen voor de brugbouwwedstrijd.



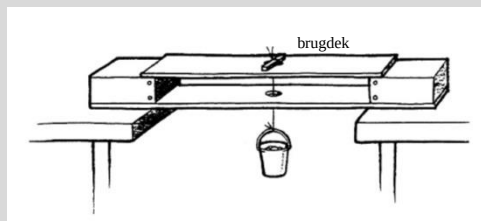
Figuur 2 – Vanaf linksboven met de klok mee: plaatbrug, tuibrug, hangbrug en vakwerkbrug.

Ontwerpvraag

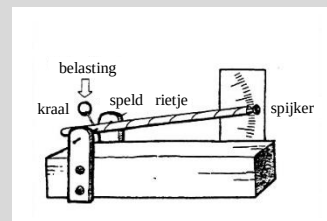
Hoe bouw je een zo sterk mogelijke brug met zo weinig mogelijk materiaal?

Brug ontwerpen, bouwen en testen

- 1 Maak een nauwkeurige tekening van de brug die je gaat maken. Zet erbij welke onderdelen je nodig hebt.
- 2 Zoek de spullen bij elkaar, en bouw de brug die je hebt getekend. Misschien is het nodig om tijdens het bouwen veranderingen aan te brengen. Maak daarvan dan aantekeningen: schrijf op of teken wat je verandert, en waarom je dat doet.
- 3 Het is de vraag of je brug nu al sterk genoeg is. Er zijn misschien verbeteringen mogelijk. Daarom moet je de zwakke plekken van je brug te weten komen. Belast daarvoor je brug op de manier van figuur 3. Maak de belasting niet te groot: de brug moet heel blijven.
Kijk goed wat er bij het belasten gebeurt en waar de zwakke plekken van de brug zitten.
- 4 Bedenk verbeteringen van je brug. Met de doorbuigingsmeter van figuur 4 kun je controleren of je verandering de brug ook echt sterker maakt. Hoe kleiner de doorbuiging bij een bepaalde belasting is, des te sterker is de brug. Een verandering die de doorbuiging kleiner maakt betekent dus een sterkere brug. Maar let op: meestal maakt een verbetering van de sterkte de brug ook zwaarder. Bedenk dus steeds of een verbetering van de sterkte ook een verbetering van de *brugverhouding* is.
Maak aantekeningen van de verbeteringen die je bedacht en uitgeprobeerd hebt. En schrijf erbij wat het resultaat van die verbeteringen is.



Figuur 3 – De brug belasten.



Figuur 4 – Doorbuigingsmeter.

Bruggen vergelijken

- 5 De brug mag niet kapot gaan. Om verschillende bruggen te vergelijken wordt de doorbuigingsmeter gebruikt. Van alle bruggen wordt gemeten bij welke belasting de brug een vastgestelde doorbuiging krijgt. Die belasting wordt in de brugverhouding ingevuld. En dan volgt de uitslag...

Practicumwerkblad

Bruggen bouwen

Verslagblad

Namen

.....

Brug ontwerpen, bouwen en testen

- 1 Ontwerp
- 2 Veranderingen in het ontwerp
- 3 Zwakke plekken in het ontwerp
- 4 Verbeteringen in het ontwerp

Bruggen vergelijken

- 5 Belasting voor vastgestelde doorbuiging:
Eigen gewicht van de brug:
Brugverhouding van onze brug:

Figuur 127 – Opdrachten- en verslagblad voor het ontwerp practicum *Bruggen bouwen*.

In het werkblad van figuur 127 is ruimte voor leerlingen om zelf uit te zoeken hoe ze een naar hun idee zo sterk mogelijke brug bouwen. Ze hoeven geen werkplan te maken, want dat zit al in het werkblad ingebouwd. Een voorwaarde is wel dat de leerlingen in de voorafgaande lessen kennis hebben gemaakt met de verschillende brugvormen, zoals de plaat-, tui-, hang- en vakwerkbrug. En dat ze weten hoe je constructies kunt verstevigen, bijvoorbeeld door het opdelen van vierkante vormen in driehoeken en door de vorm van het profiel van balken.

Bij dit ontwerp practicum is het uitgangspunt dat de gebouwde bruggen bij het belasten niet kapot gaan, zodat het materiaal ook voor een volgend ontwerp practicum (in een andere klas en/of een volgend cursusjaar) nog steeds bruikbaar is. Vandaar die in het werkblad genoemde belasting voor een vastgestelde doorbuiging. Dat maakt de wedstrijd echter wel wat minder spectaculair en minder spannend: het is voor de leerlingen natuurlijk het mooist als de bruggen belast gaan worden tot ze instorten.

Het leren ontwerpen door de leerling door middel van ontwerp practica wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 7 over vaardigheidsontwikkeling. Daar staan meer voorbeelden van ontwerp practica en wordt ingegaan op een mogelijke leerlijn voor ontwerpen.

Computersimulatie

Als een practicum door bijvoorbeeld het ontbreken van voldoende practicum-materiaal niet mogelijk is, kunnen leerlingen ook met computersimulaties of applets aan de slag (zie paragraaf 2.5). In dat geval wordt de interactie tussen de simulatie en de leerlingen vaak gestuurd door een werkblad dat in veel opzichten vergelijkbaar is met een practicumwerkblad.

Kleuren mengen

In dit hoofdstuk zijn we bezig met licht. In deze opdracht gaan we kijken naar het mengen van verschillende kleuren licht. Voor deze opdracht moet je eerst de vragen van paragraaf 4.2 beantwoord hebben.

De tijd die je nodig hebt: 45 minuten.

Deze opdracht voer je in tweetallen uit op een computer met internetverbinding.

- Ga naar de beginpagina van de applet 'Kleuren mengen' op de ELO.
- Ga met je cursor op 'Optica' staan. Er verschijnt een aantal woorden.
- Ga nu met je cursor op 'Kleurmenging' staan. Er verschijnt weer een aantal woorden.
- Klik nu op 'Mengen van kleuren'. Er opent een nieuw scherm met twee animaties.
- Lees de instructies goed en beantwoord de volgende vragen door de kleuren te verschuiven met je cursor.

- 1 Welke kleuren ontstaan er als je de volgende kleuren mengt:

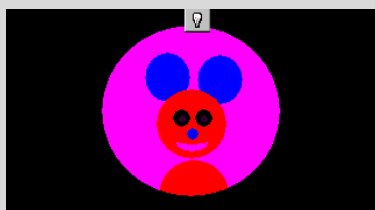
Mengen met licht		Mengen met verf	
rood en blauw		geel en lichtblauw	
rood en groen		geel en paars	
blauw en groen		lichtblauw en paars	

- 2 Verplaats de kleuren nu zo dat je het maximale aantal kleuren krijgt. Hoeveel kleuren zijn dat? Welke kleuren zijn dat?

.....

- 3 Als je nu 'Mengen met licht' en 'Mengen met verf' met elkaar vergelijkt, wat valt je dan op?

.....



Plaatje 1



Plaatje 2

- Ga terug naar de beginpagina van de applet 'Kleuren mengen'.
 - Herhaal de stappen zoals in het begin van de opdracht. Ga nu niet naar 'Mengen van kleuren', maar naar 'Kleurmenging – flash'.
 - Je ziet nu een animatie. In het begainscherm zie je een tekening. Als je daarna op het lampje drukt, gaat het licht uit. Je kunt nu drie kleuren licht op de tekening laten schijnen door de blokjes onderaan de tekening aan te klikken.
- 4 Schijn met het rode licht op de muis. Welke kleuren worden weerkaatst?
.....
 - 5 Schijn met het groene en blauwe licht op de muis. Welke kleuren zie je nu?
.....
 - 6 Kijk naar de twee plaatjes hiernaast. Zonder het uit te proberen in de animatie: welke kleuren licht zijn er gebruikt? Hoe weet je dat?
Plaatje 1:
Plaatje 2:
 - 7 Controleer het door het zelf uit te proberen. Klopt het?
.....
 - 8 Maak de volgende zin af:
Een voorwerp kaatst alleen de kleur licht terug. De andere kleuren worden door het voorwerp.

Figuur 128 – Werkblad voor de internetopdracht *Kleuren mengen*.

Benodigdheden

- computer met internet en Java

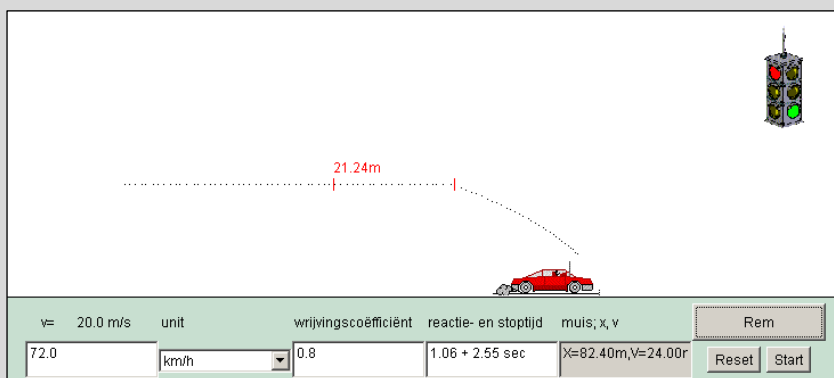
Remweg van een auto

Wanneer je in de auto of op de fiets zit, moet je soms plotseling remmen. Denk maar aan een stoplicht dat op rood springt of iemand die ineens oversteekt. Voordat je stilstaat, leg je heel wat meters af. Dit noem je de remweg.

Onderzoeksvraag

In deze opdracht is de onderzoeksvraag: Waarvan hangt de remweg van een auto af?

- Ga naar de beginpagina van de computersimulatie 'Kracht en beweging' op de ELO.
- Kies 'Verkeerssituaties' en daarna 'Remweg'.



Rechts in beeld kun je aanvullende uitleg lezen bij deze simulatie. Hier staan ook de wrijvingscoëfficiënten van verschillende wegdekken. Onderaan kun je de waarden van de instellingen veranderen.

Reactietijd

- Stel de snelheid in op 60 km/h en de wrijvingscoëfficiënt op 1.0.
- Druk op start en vervolgens op rem als het stoplicht op rood springt.
- Noteer in de tabel hiernaast je reactietijd. Herhaal deze meting drie keer.
- Bereken je gemiddelde reactietijd en noteer deze in de tabel.

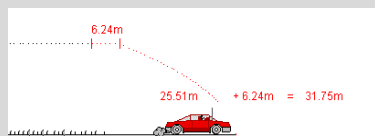
Remweg bij verschillende wegdekken

Je kunt de remweg op de volgende manier berekenen: remweg = reactieafstand + stopafstand (zie de figuur hiernaast).

- Stel de snelheid in op 60 km/h en het wrijvingscoëfficiënt op 1.0.

- 1 Met welk soort wegdek komt deze wrijvingscoëfficiënt overeen?
.....

meting 1	
meting 2	
meting 3	
gemiddelde reactietijd	



- Druk op start en vervolgens op rem als het stoplicht op rood springt.
- Noteer in de tabel hieronder de reactieafstand en de stopafstand. Geef ook aan bij welk soort wegdek deze meting hoort.
- Bereken de remweg en noteer deze in de tabel.

soort wegdek	wrijvingscoëfficiënt	reactieafstand (m)	stopafstand (m)	remweg (m)
	1.0			

- Meet nu voor nog drie andere wegdekken de reactieafstand en stopafstand. Bereken telkens de remweg. Noteer je resultaten in de tabel.

2 Wat is de invloed van het soort wegdek op de remweg van de auto?

.....

.....

3 Waarom heeft het soort wegdek geen invloed op de reactieafstand?

.....

.....

Remweg bij verschillende snelheden

- Stel de snelheid in op 20 km/h en de wrijvingscoëfficiënt op 1.0.
- Druk op start en vervolgens op rem als het stoplicht op rood springt.
- Noteer in de tabel hieronder de reactieafstand en de stopafstand.
- Bereken de remweg en noteer deze in de tabel.

snelheid (km/h)	reactieafstand (m)	stopafstand (m)	remweg (m)
20			

- Meet nu voor nog drie andere snelheden de reactieafstand en stopafstand. Bereken telkens de remweg. Noteer je resultaten in de tabel.

4 Wat is de invloed van de snelheid op de remweg van de auto?

.....

.....

Figuur 129 – Werkblad voor de internetopdracht *Remweg van een auto*.

De voorbeelden van figuur 128 en 129 laten zien dat het in een natuurkundige computersimulatie meestal gaat om een experiment. Bij zo'n experiment kun je leerdoelen en een onderzoeksvraag opstellen en uitwerken tot een werkblad, net als bij een practicum.

Het werkblad voor een internetopdracht heeft de volgende onderdelen: titel (het onderwerp van de applet), inleiding, bediening applet, verkenning applet, opdrachten, verdieping of uitdaging, en terugkijken.

Inleiding – Leerlingen moeten er zin in krijgen om de opdracht te doen, het moet betekenis voor hen hebben. Zorg voor een motiverende start. Koppel het onderwerp aan een context, en benoem de voorkennis. Bedenk wat een leerling na de opdrachten op het werkblad geleerd moet hebben. Benoem deze leerdoelen (in het lessenplan) en formuleer voor de leerlingen een onderzoeksvraag, waarop ze een antwoord gaan vinden in de opdracht.

Bediening – Geef aan waar de applet te vinden is (zo nodig via een link naar een website). Maak een afbeelding van de applet en plak die in het werkblad, zodat de leerlingen weten dat ze de goede pagina hebben. Maak een combinatie van uitleg en opdrachten zodat leerlingen de applet leren bedienen (de juiste knoppen kunnen vinden) en de juiste gegevens kunnen aflezen.

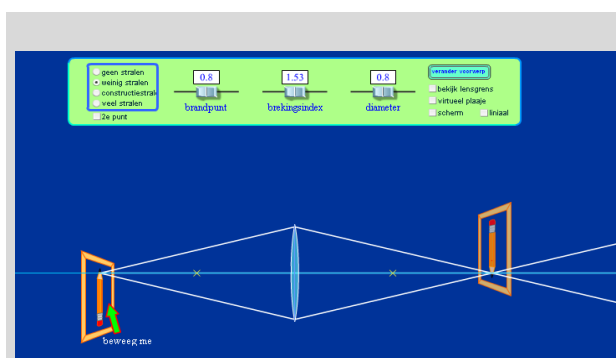
Verkenning – Geef een aantal opdrachten zodat de leerlingen de applet kunnen uitproberen. Ze begrijpen na deze oefeningen hoe de applet werkt.

Opdrachten – De opdrachten zorgen ervoor dat de leerlingen met de applet een aantal metingen uitvoeren. De metingen moeten op het werkblad overzichtelijk genoteerd kunnen worden (bijvoorbeeld in een tabel). De opdrachten staan in een logische volgorde en vereisen denkstappen die horen bij het niveau van de leerlingen. Door het uitvoeren van de opdrachten moeten de leerdoelen bereikt worden.

Verdieping of uitdaging – Dit onderdeel is voor snelle of slimme leerlingen. Er kan een andere functie van de applet worden onderzocht, een extra lastige vraag worden gesteld, of een toepassing in een nieuwe situatie worden bekeken.

Terugkijken – In dit onderdeel controleer je of de leerlingen de leerdoelen hebben bereikt. Dat kun je doen door vragen te stellen, een conclusie te laten formuleren, een samenvatting te laten maken enzovoort.

Opdrachten voor het werken met simulaties kunnen op de methodesite of op de vakwebsite of elektronische leeromgeving (ELO) van de sectie natuurkunde staan. Van belang zijn dan een goede opbouw en beknopte teksten: een scherm-afdruk van de simulatie, een beschrijving van de situatie en de instellingen, een eerste opdracht (uitzoeken welke veranderingen optreden als je de instellingen verandert), enkele gerichte uitprobeeropdrachten, en ten slotte enkele inzicht- of verwerkingsopdrachten. In figuur 130 en 131 staan twee voorbeelden.



Beeldvorming

Hiernaast zie je dat een bolle lens van het potlood een afbeelding maakt op een scherm.

In de simulatie kun je de volgende instellingen veranderen:

- de plaats van het voorwerp
- het aantal lichtstralen
- de soort lens (drie knopjes)
- de afbeelding op het scherm

Je gaat uitzoeken hoe de afbeelding verandert als je de instellingen verandert.

Ga naar de simulatie 'Beeldvorming' op de ELO en zoek dit uit.

Kies de juiste antwoorden

- Vink *constructiestralen* aan.
- Verschuif het voorwerp naar de lens toe.

Hoe verandert de afbeelding als de voorwerpsafstand steeds kleiner wordt?

- De beeldafstand wordt kleiner / blijft even groot / wordt groter.
- Het beeld wordt kleiner / blijft even groot / wordt groter.
- De vergroting wordt kleiner / blijft even groot / wordt groter.

Kies de juiste antwoorden

- Laat *constructiestralen* aangevinkt.
- Plaats het voorwerp midden op de hoofdas.
- Verander de diameter van de lens.

Wat gebeurt er met de afbeelding als de diameter steeds kleiner wordt?

- A De constructiestralen veranderen niet.
- B Sommige constructiestralen vallen naast de lens.
- C De grootte van het beeld verandert.
- D De lichtsterkte van het beeld verandert.
- E De plaats van het beeld verandert.

Kies de juiste antwoorden

- Laat *constructiestralen* aangevinkt.
- Verander de sterkte van de lens door f te veranderen.

Hoe verandert de afbeelding als de brandpuntsafstand steeds groter wordt?

- De beeldafstand wordt kleiner / blijft even groot / wordt groter.
- Het beeld wordt kleiner / blijft even groot / wordt groter.
- De vergroting wordt kleiner / blijft even groot / wordt groter.

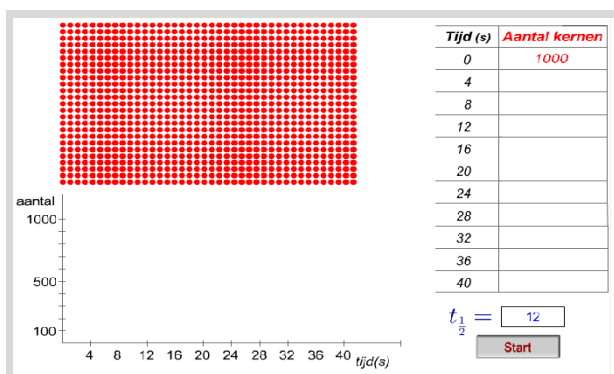
Kies het juiste antwoord

- Laat *constructiestralen* aangevinkt.
- Verschuif de potloodpunt naar de hoofdas.

Je ziet nu geen constructiestralen meer. Wat is hier aan de hand?

- A Er zijn geen constructiestralen.
- B De constructiestralen zijn onzichtbaar.
- C De constructiestralen vallen samen met de hoofdas.

Figuur 130 – Voorbeeld van een simulatie-opdracht over beeldvorming met een bolle lens op de vakwebsite.



Radioactief verval

In de simulatie stelt elk rood stipje een radioactief atoom voor. Als je op de knop 'start' drukt, beginnen de atomen te vervallen. Ze worden dan groen gekleurd.

In de tabel en het diagram staat het aantal atomen dat nog niet is vervallen.

Je kunt de halveringstijd veranderen door een ander getal in het venster te zetten.

Open de simulatie 'Radioactief verval' op de ELO, klik op start en probeer uit wat er gebeurt als je andere halveringstijden kiest.

Onderzoek

- Stel de halveringstijd in op 16 s (radioactieve stof 1).
- Voorspel hoeveel radioactieve atomen er dan over zullen zijn na 16 s en na 32 s.
- Controleer je voorspellingen met de simulatie. Maak een schermafdruck.
- Stel de halveringstijd in op 8 s (radioactieve stof 2).
- Voorspel hoeveel radioactieve atomen er dan over zullen zijn na 16 s en na 32 s.
- Controleer je voorspellingen met de simulatie. Maak een schermafdruck.

Inzicht

De activiteit van een radioactieve stof is het aantal radioactieve atoomkernen dat per seconde vervalt.

Gebruik de bij het onderzoek gemaakte schermafdrucken voor het beantwoorden van de volgende vragen:

- Welke radioactieve stof heeft op het tijdstip $t = 0$ s de grootste activiteit: stof 1 / stof 2.
- Welke radioactieve stof heeft op het tijdstip $t = 32$ s de grootste activiteit: stof 1 / stof 2.
- Welke invloed heeft de halveringstijd van een radioactieve stof op de activiteit in het begin, en op het tempo waarmee die activiteit daarna afneemt?

Figuur 131 – Voorbeeld van een simulatie-opdracht over radioactief verval op de vakwebsite.

3.3.4 Practicumverslag

Binnen wetenschappelijk onderzoek is verslag geven vanzelfsprekend en onmisbaar. Want wat heb je aan allerlei onderzoek als het niet wereldkundig gemaakt wordt? Een onderzoek is pas afgerond als het verslag geschreven is. Het schrijven van een verslag van practicumproeven is hiervan een afspiegeling. Het leren schrijven van een verslag betekent: leren communiceren en leren informatie over te dragen. Dat is ook buiten de natuurkundeles bruikbaar.

Doelen

In het onderwijs is het laten maken van verslagen vaker middel dan doel. Het schrijven van een verslag helpt de leerlingen bij verwerking en verdieping. Het verslag zelf vormt voor hen een samenvatting en naslagmogelijkheid. Voor de leraar kan het verslag een middel zijn voor begeleiding, diagnose, controle en toetsing.

Verwerking en verdieping – Het uitvoeren van een proef levert veel informatie. Overzicht en ordening krijg je pas door het op te schrijven. Vervelend genoeg merk je dan wat er aan je proef ontbreekt. Door alles zelf overzichtelijk op te schrijven, ga je beter begrijpen hoe de proef in elkaar zit.

Samenvatting en naslagmogelijkheid – Als een proef net is uitgevoerd, weet je nog wel waar het over ging. Maar hoe is dat een tijdje later? Een goed verslag geeft de mogelijkheid om nog eens na te kijken waar de proef ook alweer over ging. Dat is van belang voor toetsen en voor het uitvoeren van nieuwe proeven.

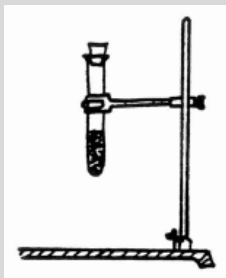
Begeleiding, diagnose en controle – Je laten begeleiden in het doen van proeven gaat voor een deel via het laten lezen van verslagen en daar commentaar op krijgen. Voor de leraar zijn verslagen een belangrijk hulpmiddel om zicht te houden op het werk van leerlingen.

Toetsing – Verslagen worden vaak gebruikt als middel om de prestaties van leerlingen te toetsen. Wat je precies beoordeelt met een verslag is niet altijd duidelijk: gaat het om de kwaliteit van het verslag of gaat het om de kwaliteit van de uitvoering van de proef?

Voorbeelden van door leerlingen gemaakte practicumverslagen zijn weergegeven in figuur 132 en 133. De eerste twee verslagen horen bij een proef die gericht is op goed waarnemen. Daarbij wordt vast butanol in een reageerbuisje door de leerlingen met de hand verwarmd, waardoor het butanol verandert. De opdracht is om een verslag te schrijven met daarin alle waarnemingen. De volgende twee verslagen horen bij een meetproef, waarbij water wordt verwarmd en de temperatuur wordt gemeten tot voorbij het kookpunt.

Het smelten van butanol

- 1 Opstelling
Zie de figuur: statief, reageerbuis, kurk, vaste butanol en een warmtebron (hand).
- 2 Doel
Het smelten van butanol.
- 3 Theorie
Butanol smelt bij 25 °C.
- 4 Waarneming
De vaste butanol smelt.
- 5 Conclusie
Vaste butanol is gesmolten.



Het smelten van butanol

Als je het warm maakt wordt het vloeistof en gaat het prikkelen net als koolzuur. Het is net water.

Als het begint te smelten zit het niet meer vast aan het buisje. Het draait rond, net een aardbol. Als je het op je hand krijgt is het niet nat, maar droog. Je voelt niks. Het stuk butanol lijkt voor het gesmolten is op ijs en het laatste stukje blijft drijven.

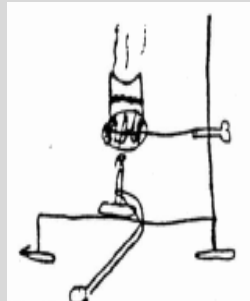
Als je afkoelt blijft het vloeistof en in één keer komen er bloemen. Maar er is nog wel vloeistof binnen die bloemen. Nu trekken de bloemen ook naar boven omdat ik hem schuin heb gehouden. Hij stolt sneller als je hem heen en weer beweegt. Hij is nu gestold en er zit helemaal een gat in naar de diepte.



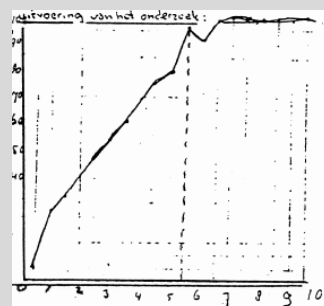
Figuur 132 – Twee practicumverslagen van de waarneemproof over het smelten van butanol.

Water koken

Opstelling



Uitvoering



Conclusies / Opmerkingen

In het begin komt er damp op het glas, dat later weer wegtrekt. Daarna wordt het water steeds warmer, bij 75° – 85° gaat het water koken. Je ziet dan dat er waterdamp omhoog gaat. Als je het vlammetje van de brander wat lager doet, blijft het water toch even warm.

Als je het potje met water ergens neer wil zetten moet je wel even wachten, want anders zegt het glas 'pang'. Als je het potje hebt neergezet wordt het water langzamerhand weer kouder.

Water koken

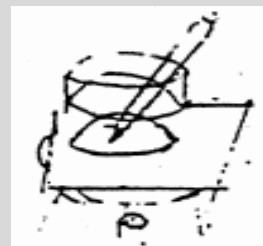
Wat heb je nodig

Brander, driepoot met gaasje, bekerglas, thermometer, ijs, chronometer of een klokje met secondewijzer.

Opstelling

Beschrijving

Vul het bekerglas met water. Zet de thermometer in het water en meet om de 30 seconde de temperatuur. Als het kookt nog twee minuten door gaan met meten.



Meetresultaten

tijd	temp	tijd	temp
0 min	22 °C	2,0	52 °C
0,5 min	33 °C	2,5	61 °C
1,0 min	38 °C	3,0	67 °C
1,5 min	45 °C	3,5	71 °C
tijd	temp	tijd	temp
4,0	80 °C	0,5	91 °C
4,5	83 °C	1,0	93 °C
5,0	87 °C	1,5	96 °C
kookt		2,0	100 °C

Conclusie

Doordat het water stijgt wordt het water steeds warmer. Maar doordat de temperatuur stijgt gaat de temperatuur steeds langzamer.

Figuur 133 – Twee practicumverslagen van de meetproef over het verwarmen van water.

Het eerste verslag van de waarneemproof (zie figuur 132) heeft veel opgelegde structuur, maar geen inhoud. Moedig de leerling aan meer waarnemingen te beschrijven. Geef de leerlingen geen overbodige of een niet bij de proef passende structuur. Het tweede verslag over dezelfde proef heeft veel inhoud, maar is zon-

der structuur. Je kunt de leerling complimenteren met de uitgebreide en gedetailleerde waarnemingen.

In het eerste verslag van de meetproef (zie figuur 132) zie je dat de leerling moeite heeft om de waarnemingen in het juiste vak van het verslagschema te plaatsen: de grafiek staat bij uitvoering. Er is nog wel het een en ander na te bespreken: het tekenen van een vloeiende lijn en het koken bij 75 °C tot 85 °C. In het tweede verslag van dezelfde proef zie je een onduidelijke tekening van de opstelling en ontbreekt het diagram. Kennelijk kookt het water vanaf 87 °C en loopt de temperatuur daarna nog op tot 100 °C. En op dat punt houden de metingen nu net op.

Werkblad, verslagblad of verslag

Het schrijven van een practicumverslag is veel werk, het nakijken ook. Daarom wordt veel gebruik gemaakt van werk- of verslagbladen.

Op een werkblad staan zowel de opdrachten als de ruimtes om verslag te geven. Een andere mogelijkheid is een opdrachtenblad met een verslagblad. Zo'n verslagblad kan meer of minder structuur bieden, afhankelijk van wat passend is voor de doelgroep. Het opdrachtenblad is ook zonder verslagblad te gebruiken. In dat geval is er sprake van het laten schrijven van een verslag. Om werk te besparen kan gekozen worden voor een wisselende verslaggever per groep.

Hieronder staat in figuur 134 een leerling-instructie voor het schrijven van een verslag in drie delen. Sommige onderdelen kunnen de leerlingen letterlijk overnemen uit het practicumwerkblad. Een voorbeeld van een practicumverslag volgens deze instructie staat in figuur 135.

Verslag van een natuurkunde-experiment

Een volledig verslag van een natuurkunde-experiment bestaat uit drie bladzijden in je verslagschrift.

Bladzijde 1

Dit deel van je verslag schrijf je voordat je het experiment uitvoert: het grootste deel van je voorbereiding van het experiment thuis.

Experiment

Samen met

Onderzoeksvraag

Hier schrijf je de vraag op waar het experiment een antwoord op geeft.

Manier van werken

Hier schrijf je op hoe je het experiment gaat aanpakken. Je vult het aan met hoe je het experiment werkelijk hebt aangepakt. Je maakt altijd een tekening van de opstelling en een spullenlijst.

Bladzijde 2

Dit deel van het verslag schrijf je tijdens het doen van het experiment: vaak heb je al van te voren tabellen of diagrammen getekend.

Resultaten

Zet hier je waarnemingen, metingen, berekeningen en verklaringen, zo nodig in de vorm van tabellen en grafieken als resultaat van de opdrachten.

Bladzijde 3

Dit deel van het verslag schrijf je na het doen van het experiment: gedeeltelijk in de les, gedeeltelijk als huiswerk.

Vragen

Schrijf hier de antwoorden op de vragen. Verwijs naar de resultaten of de conclusie als daar het antwoord staat.

Conclusie

Formuleer hier een kort antwoord op de onderzoeksvraag.

Figuur 134 – Voorbeeld van een verslaginstructie.

Experiment

Hardlopen

Samen met

De hele klas

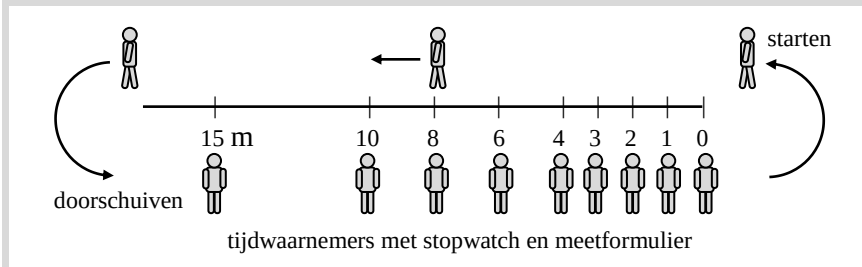
Onderzoeksvraag

Hoe verloopt het afstand-tijd-diagram bij hardlopen?

- a als je met constante snelheid loopt
- b als je versneld loopt

Manier van werken

We meten op welke tijd de hardloper de verschillende plaatsen passeert. Een keer voor lopen met een constante snelheid en een keer voor versneld lopen. De resultaten worden op de meetformulieren geschreven.



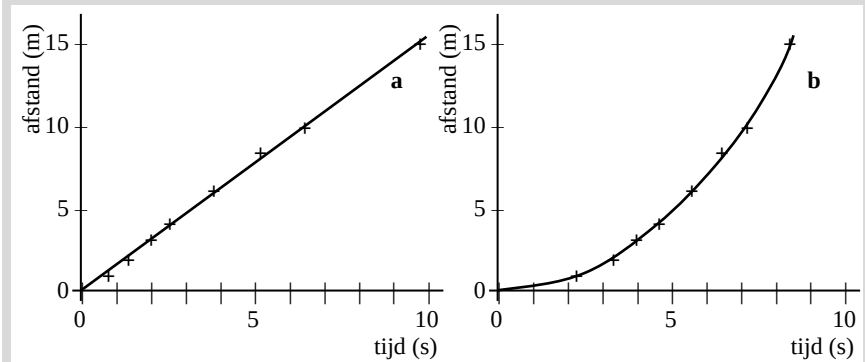
Resultaten

a constante snelheid

afstand (m)	0	1	2	3	4	6	8	10	15
tijd (s)	0	0,8	1,3	2,0	2,6	3,8	5,2	6,4	9,8

b versneld

afstand (m)	0	1	2	3	4	6	8	10	15
tijd (s)	0	2,2	3,3	4,0	4,7	5,7	6,5	7,2	8,3



Conclusie

Bij hardlopen is het afstand-tijd-diagram:

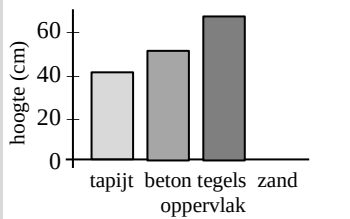
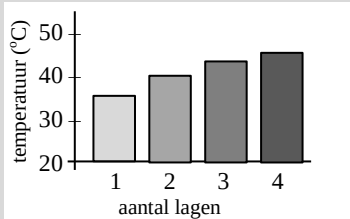
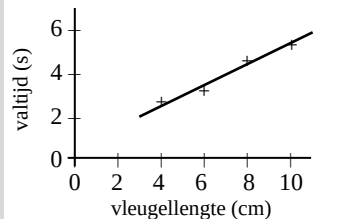
- een schuine rechte lijn bij constante snelheid.
- een oplopende kromme lijn met een bocht bij versneld lopen.

Figuur 135 – Voorbeeld van een verslag volgens de verslaginstructie.

Tabellen en diagrammen

Een belangrijk hulpmiddel voor het vastleggen van waarnemingen en metingen zijn tabellen en diagrammen. Veel daarvan is bekend vanuit de wiskunde, maar er zijn ook enkele belangrijke verschillen. Meestal moet het maken van een diagram speciaal worden aangeleerd en geoefend. Een schema als dat van figuur 136 kan de leerlingen daarbij helpen.

Wat ik verander	Wat ik meet of beoordeel	Soort tabel		Soort grafiek
Woorden, bijvoorbeeld soort voedsel (in een afgesloten vat)	Woorden, bijvoorbeeld hoe bedorven na vier weken	Soort voedsel	Bederf	Geen grafiek
		sinaasappel	blauw-groene schimmel	
		beschuit	geen verandering	
		brood	grijze schimmel	

Woorden, bijvoorbeeld soort oppervlakte	Getallen, bijvoorbeeld hoe hoog de bal terug- stuitert	Soort oppervlak	Opspringhoogte	
		tapijt	41 cm	
		beton	53 cm	
		tegels	64 cm	
Getallen, bijvoorbeeld lengte elastiek	Woorden, bijvoorbeeld soort geluid	zand	0 cm	
		Lengte elastiek	Soort geluid	Geen grafiek
		10 cm	laag	
		8 cm	vrij laag	
Hele getallen, bijvoor- beeld lagen isolatie	Getallen, bijvoorbeeld temperatuur van water na 10 minuten verwar- men	6 cm	gemiddeld	
		4 cm	hoog	
		Aantal lagen	Temperatuur	
		1	36 °C	
Getallen, bijvoorbeeld lengte van vliegtuig- vleugel	Getallen, bijvoorbeeld tijd om 3 m te vallen	2	40 °C	
		3	43 °C	
		4	45 °C	
		Vleugellengte	Valtijd	
		10 cm	5,5 s	
		8 cm	4,6 s	
		6 cm	3,4 s	
		4 cm	2,8 s	

Figuur 136 – Hulpmiddel voor leerlingen bij het weergeven van meetresultaten in tabellen en diagrammen: welke tabel en grafiek moet ik gebruiken?

3.3.5 Practicumveiligheid

Practicum is een leuk en belangrijk onderdeel van de natuur- en scheikundeles. Het uitvoeren van practicum brengt voor leraren, leerlingen en toa's risico's met zich mee. Het is voor een leraar van groot belang om te weten hoe deze risico's geminimaliseerd kunnen worden, en waar de wettelijke aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid ligt. Want als het mis gaat tijdens het practicum, dan kunnen de gevolgen ernstig zijn: zie de artikelen van figuur 137 en 138.

17 maart 2009

Schoolgebouw adequaat en snel ontruimd

Op 17 maart 2009, omstreeks 13.00 uur, heeft een kleine explosie plaatsgevonden in de zuurkast van het scheikundelokaal, waarbij natriumdampen vrijgekomen zijn. Er is niemand gewond geraakt en er heeft niemand gevaarlijke stoffen ingeademd.

Waarschijnlijke oorzaak is een chemische reactie van natrium met water, waardoor er explosief natriumoxide vrijgekomen is. De technisch onderwijsassistent heeft het voorval direct gemeld. De school heeft vervolgens 112 gebeld en de school ontruimd met behulp van het ontruimingsplan. De ontruiming verliep goed en vlot, bijkomend voordeel was dat veel leerlingen net de school hadden verlaten omdat er rapport-vergaderingen van start zouden gaan.

Zoals gebruikelijk bij incidenten met gevaarlijke stoffen zijn uit voorzorg brandweerwagens, ambulance en politie opgeroepen. Er is echter geen moment geweest waarbij leerlingen of collega's in gevaar waren. De brandweer complimenteerde de school voor het adequaat handelen en de wijze waarop de ontruiming van de school heeft plaatsgevonden.

De schade aan de zuurkast en afzuiging is aanzienlijk. Het bericht dat er ten gevolge van de explosie een gaslek zou zijn, bleek later ongegrond. Een gespecialiseerd

Explosie in schoolgebouw

Door een foutje van een onderwijs-assistent, waarbij deze per ongeluk water morste in een pot natrium, werd de plaatselijke scholengemeenschap in rep en roer gebracht. Brandweer-, ambulance- en politiewagens vlogen dinsdag 17 maart 2009 met gillende sirenes door de straten op weg naar de school.

Ter plaatse aangekomen werd de school ontruimd: in een scheikundelokaal was een gevaarlijke situatie ontstaan. Een van de dienstdoende agenten liet weten: "Natrium is met water in aanraking gekomen en hierdoor is dampvorming ontstaan die giftig kan zijn." Waarom deze verbinding zo gevaarlijk is, leert een snel scheikundelesje: "Wanneer water met natrium in aanraking komt, ontstaat een kleurloze oplossing. Natriummetaal wordt heet en kan ontvlammen en met een karakteristieke oranje vlam branden. Het vrijkomende waterstofgas reageert explosief met zuurstof uit de lucht. Een aantal natriumverbindingen reageert daarentegen niet zo heftig met water, maar zijn goed oplosbaar in water."

Figuur 138 – Artikel in het plaatselijk weekblad.

ruimingsbedrijf heeft nog een groot deel van de middag de resten van de schadelijke stoffen en glasresten in het scheikundelokaal en het aangrenzende kabinet opgeruimd.

Figuur 137 – Mededeling op de website van de school.

ARBO-wet

De verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid met betrekking tot veiligheid op het werk zijn opgenomen in de Arbeidsomstandighedenwet (ARBO-wet). Volgens deze wet moeten scholen zorgen voor maximale veiligheid en optimale bescherming van de gezondheid van medewerkers en leerlingen. De wet regelt onder andere de rechten, plichten en strafrechtelijke aansprakelijkheid van het bevoegd gezag (directie) en de personeelsleden.

De ARBO-wet wordt praktisch uitwerkt via veiligheidsvoorschriften voor het werken met chemicaliën, veiligheidsmiddelen en het practicumreglement, brandgevaar en blusmiddelen, richtlijnen voor de inrichting van het practicumlokaal en de verwerking van chemisch afval. Hieronder beperken we ons tot het practicumreglement en blusmiddelen. Informatie over de andere aspecten van veiligheid tijdens het practicum staat op de website van dit praktijkboek.

Practicumreglement – Het practicumreglement geeft een aantal regels waaraan de leraar/toa en de leerlingen zich moeten houden voor een veilig en ordelijk verloop van het practicum. Een voorbeeld van zo'n practicumreglement staat in figuur 139.

Practicumreglement

- 1 Ga nooit zonder toestemming het chemielokaal binnen. Toestemming krijg je van je leraar. Practicum mag bovendien alleen uitgevoerd worden wanneer er twee of meer leerlingen en een leraar of toa in het lokaal aanwezig zijn.
- 2 Bij scheikundepracticum is het dragen van een veiligheidsbril altijd verplicht, ook bij proefjes waarvan je denkt dat zij geen gevaar kunnen leveren.
- 3 Tijdens het practicum is het dragen van een 100% katoenen laboratoriumjas (witte jas) verplicht. Tassen moeten aan de zijkant.
- 4 Ga er bij alle stoffen waarmee je zult werken vanuit dat ze giftig zijn.
- 5 Werk altijd netjes.
- 6 Voorkom morsen van water of chemicaliën op boeken of meubels. Ruim gemorste stoffen (ook water) onmiddellijk op en was ALTIJD je handen na het practicum.
- 7 Eten, drinken en kauwgum is ten strengste VERBODEN.

Figuur 139 – Voorbeeld van een practicumreglement.

Een leraar zal leerlingen veilig gedrag moeten aanleren. Dat lukt alleen als je als leraar het goede voorbeeld geeft. Draag dus zelf een bril en jas, en eet en drink niet in het practicumlokaal.

Bij veilig werken hoort ook ordelijk werken. Tassen en jassen staan op een veilige plaats, bijvoorbeeld aan de zijkant van het lokaal. Er staan geen overbodige spullen op de bank. Een opstelling zit overzichtelijk en stevig in elkaar.

Blusmiddelen – Voor een veilig verloop van een practicum is het eveneens belangrijk dat de leraar en toa kennis hebben van de blusmiddelen die in het lokaal aanwezig zijn. Praktijkervaring met deze blusmiddelen via bijvoorbeeld een cursus 'kleine blusmiddelen' is eveneens essentieel. Een brand kan ontstaan door een combinatie van de volgende drie factoren: brandstof, zuurstof en een temperatuur boven de ontstekings temperatuur. Bij het bestrijden van een brand wordt één van deze factoren wegenomen. In een practicumlokaal zijn over het algemeen een brandslang, brandblusser, branddeken, branddouches en oogdouches aanwezig. Er zijn verschillende typen brandblussers (CO₂-, poeder- en schuimblussers), die geschikt zijn voor verschillende soorten branden. Welke blusser voor welke brand geschikt is, staat op de blusser aangegeven met een letter.

3.4 Afsluiting

De centrale vraag voor dit hoofdstuk was: hoe combineer je de verschillende lesonderdelen op een verantwoorde manier tot theorie- en practicumlessen?

In grote lijnen bestaat een les uit vier fasen: de introductie, de (inhoudelijke) kern van de les, de afronding en het huiswerk. Voor een theorieles bestaat de kern van de les uit het aanbieden van leerstof door de leraar en het verwerken van die leerstof in de vorm van het maken van opgaven door de leerlingen. Over het aanbieden en verwerken van de leerstof is in hoofdstuk 2 al veel te vinden. Wat dit hoofdstuk daaraan heeft toegevoegd is het maken van een leerstofanalyse als voorbereiding op de les of lessenserie. Dat kan door uit te gaan van het aanbod in het leerboek en/of van ‘grote ideeën’ in de natuur- en scheikunde. Dat laatste is meer werk, maar leidt vaak tot een meer doordacht ontwerp van de lessen. Het huiswerk voor de leerlingen heeft daarbij een dubbele functie: enerzijds het verwerken van de in de les aangeboden leerstof, en anderzijds het voorbereiden op de in de volgende les aan te bieden nieuwe leerstof.

Een practicumles heeft een vergelijkbare globale indeling, maar nu bestaat de inhoudelijke kern uit het uitvoeren van het practicum door de leerlingen en het huiswerk uit (het afmaken van) de verwerking van de meetresultaten, al dan niet in de vorm van een practicumverslag. De voorbereiding op zo’n practicumles bestaat uit het ontwerpen van een werkblad (bijvoorbeeld in de vorm van een opdrachten- en verslagblad) dat past bij het doel van het practicum: een vaardigheids-, begrips-, onderzoeks- of ontwerp practicum. Een algemeen aandachtspunt bij die voorbereiding is het analyseren van de risico’s van het practicum en het nadenken over de vereiste veiligheidsmaatregelen. Een alternatief voor het practicum is een door een werkblad gestuurde uitvoering van een internetopdracht rond een computersimulatie of applet.

Van belang bij vooral de theorielessen is het activeren van de leerlingen en het afwisselen van de onderwijsleeractiviteiten. Activeer leerlingen door bijvoorbeeld vragen stellen bij het aanbieden van leerstof, bij demonstraties en bij het bespreken van opgaven. En zorg voor voldoende afwisseling in werkvormen door variatie van klassikaal en zelfstandig werken en door het gebruik van verschillende vormen van samenwerkend leren. Dit laatste kun je zien als een aanvulling op het in paragraaf 2.8 genoemde vijftal *leerprincipes* uit de leerpsychologie: *afwisselen*.

Afwisselen – Laat de kennisverwerving van de leerlingen plaatsvinden in een samenhangende reeks van onderwijsleeractiviteiten met voldoende afwisseling tussen klassikaal, zelfstandig en samenwerkend werken en leren.