

6.1 Probleemoplossen

Achtergrondinformatie

Kennisbasis en probleemoplosvaardigheden

Inleiding

“Nou heb ik het zo goed geleerd en dan bak ik er nog niks van,” of “Daar zit ik dan en ik heb geen idee wat ik moet doen.” Er zijn nogal wat leerlingen die in de les prima meedoen, altijd hun huiswerk maken, uren leren voor een toets en die dan toch aan de lopende band onvoldoendes halen. Dat is enorm demotiverend en het heeft ook een negatief effect op andere leerlingen die nog niet hard werken. Zij zien dan dat hard werken niet altijd een sleutel tot succes is. Waarom halen die hard werkende leerlingen onvoldoendes voor hun toetsen en wat kun je als leraar doen om die leerlingen daarmee te helpen? Dat zijn vragen waarop het antwoord niet eenvoudig te geven is. Bij de ene leerling kan dat een verkeerde huiswerktechniek zijn, bijvoorbeeld het uit het hoofd leren van alle gemaakte sommen. Bij een ander hangt het samen met de thuissituatie. En bij een derde staat een passieve en afwachtende houding succes in de weg. Weer andere leerlingen voelen zich in het geheel niet uitgedaagd door de aangeboden natuurkundeproblemen en kunnen er daardoor geen greep op krijgen. In dit stuk gaan we aan dergelijke oorzaken voorbij en beperken we ons tot enkele vakdidactische aspecten.

De vraag waar het om draait is: hoe kan de leraar een leerling helpen met het leren oplossen van natuurkundige vraagstukken? Een eerste voorwaarde is dat de leerling beschikt over de benodigde kennis en dat hij de essentiële begrippen beheerst. Dat probleemveld wordt meestal *begripsontwikkeling* genoemd (zie hoofdstuk 4 van dit handboek). Daarnaast moet de leerling ook beschikken over een *effectieve probleemaanpak*.

Hieronder komen eerst de begripsontwikkeling en de probleemoplosvaardigheden aan de orde. Daarna worden de gevolgen van die benaderingen voor de lessen besproken.

Problemen

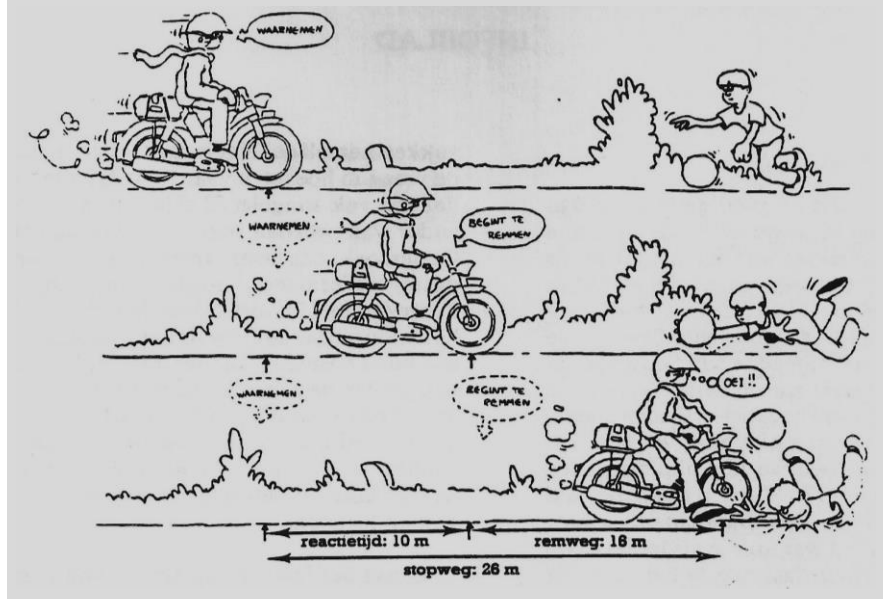
Als het gaat over ‘probleemoplossen’ is het goed vooraf na te denken over de vraag wat nu eigenlijk een probleem is. Is elk natuurkundig vraagstuk een probleem? Of bestaat er onderscheid tussen ‘vraagstukken’ en ‘problemen’? Daarover wordt verschillend gedacht. Sommigen vinden dat er alleen sprake is van een probleem als de leerling zelf meerdere denkstappen moet zetten. Dus: als hij of zij zelf een oplosstrategie moet bedenken. Het invullen van een formule is dan geen probleemoplossende activiteit. Het zal duidelijk zijn dat er hier geen scherpe lijn te trekken valt. In dit stuk maken we een onderscheid tussen standaardvraagstukken en problemen. Standaardvraagstukken zijn simpele één-stapsvragen die direct de theorie terugvragen. Een voorbeeld: na de behandeling van de valbeweging wordt er gevraagd hoe lang een steen doet over een val over een afstand van 5,0 m. Alle andere vraagstukken noemen we hier ‘problemen’. Een voorbeeld van zo’n probleem is weergegeven in figuur 1.

Problemen

Zonnecollector – Een woonhuis heeft op het dak een zonnecollector van $2,0 \text{ m}^2$. Deze zonnecollector voorziet het huis van warm water. Hoeveel water kan per uur met behulp van de zonnecollector verwarmd worden van 20°C tot 60°C als het rendement van de zonnecollector 80% is? De zon levert op zonnige dagen een stralingsintensiteit van 1000 W/m^2 .

Remvertraging – In Nederland moet de remvertraging van een bromfiets op een normaal wegdek minstens $3,86 \text{ m/s}^2$ bedragen. De bromfietser in de figuur hieronder rijdt met een snelheid van 40 km/h .

Ga met een berekening na of de remmen van de bromfiets aan de wettelijke voorschriften voldoen.



Figuur 1 – Enkele voorbeelden van problemen.

Een doelmatige kennisbasis

Wat moet een leerling in zijn mars hebben om een toets- of examenvraag op te lossen? Allereerst moet hij beschikken over de benodigde *basiskennis*. Voorbeelden daarvan zijn vragen als: wat is precies een brandpuntsafstand, onder welke voorwaarden mag een gas als ideaal beschouwd worden, voor welke situaties geldt de wet van Coulomb, hoe luidt de traagheidswet?

Naast kennis is ook *begrip* nodig: wat is nou eigenlijk momentane snelheid, wat is versnelling, hoe verloopt beeldvorming door een lens, en wat is het verschil tussen spanning en stroomsterkte? Leerlingen zeggen dan: “Ik kan dat maar niet onthouden.” Ze proberen dan te leren wat ze zouden moeten begrijpen. Soms kan dat, maar vaak ook niet. De grens tussen ‘kennis’ en ‘begrip’ is vaag, en eigenlijk zijn het beide slecht gedefinieerde begrippen. In de cognitieve psychologie wordt eerder gesproken over een *doelmatige kennisbasis*. Daarbij is volgens Taconis et al (1991) “naast de hoeveelheid kennis en de inhoud ervan ook de kwaliteit van de kennis van belang. Die kwaliteit wordt in hoge mate bepaald door de wijze waarop de kennis in het geheugen is gestructureerd. Hierbij gaat het om het bestaan van relaties tussen onderdelen van de leerstof in het geheugen, relaties tussen onderdelen van de leerstof met andere vakgebieden en de mate waarin de kennisstructuren overeenkomen met die van experts.”

Met dat laatste wordt bedoeld: de mate waarin de leerling er in geslaagd is zijn eigen ‘foutieve’ ideeën (ook vaak straatbeelden of misconcepties genoemd) te vervangen door de fysisch juiste(re) alternatieven of om die misconcepties buiten die natuurkunde-kennisbasis te houden. Bij een kennisbasis hoort bovendien een verzameling van passende *voorbeeldsituaties* en van een aantal *standaardvraagstukken*. Bij elk onderdeel van de natuurkunde is een aantal van dergelijke vraagstukken aan te wijzen. Voorbeelden daarvan zijn: hoe groot is de versnelling die een voorwerp van 8,0 kg krijgt als er een kracht van 5,0 N op wordt uitgeoefend? Of uit een ander gebied: hoe groot is de spanning over een weerstand van 8,0 Ω als er een stroom van 5,0 A door loopt? Of: hoe groot is de energie van een foton met een golflengte van 655 nm? Een leerling moet dergelijke vraagstukken snel kunnen oplossen.

Een kennisbasis voor een bepaald leerstofgebied bestaat dus uit een aantal elementen – definities, wetten, geldigheidsgebieden, voorbeeldsituaties en standaardvraagstukken – en een netwerk van relaties tussen die elementen, waarbij dat netwerk bovendien verbindingen heeft met relevante kennis uit andere leerstof-

gebieden. De elementen worden meestal ‘kennis’ genoemd, terwijl ‘begrip’ het resultaat is van de kwaliteit van het netwerk en van de mate waarin de leerling daarmee kan omgaan.

Probleemoplosvaardigheden

Een tweede aspect is dat de leerling die kennisbasis moet kunnen gebruiken om een wat complexer probleem op te lossen: hij moet beschikken over *probleemoplosvaardigheden*. Experts zijn het redelijk eens over de effectiviteit van de volgende oplosstrategie.

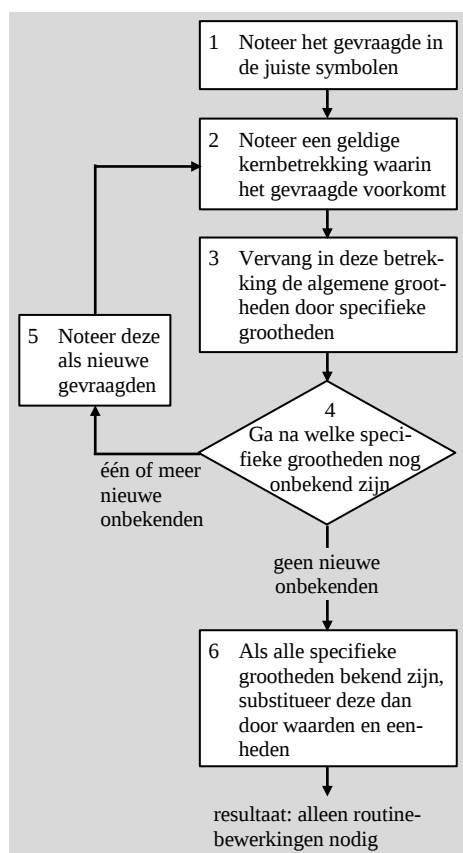
Analyse – De oplosser bestudeert het probleem, ‘vertaalt’ het zo nodig in fysische termen, lokaliseert de relevante stukken natuurkunde en maakt een overzicht van het geheel. In die fase zal een leerling de tekst actief lezen, een tekening maken van de probleemsituatie en de gegevens en het gevraagde op een rij zetten.

Planning – De oplosser kijkt naar het gevraagde en naar zijn analyse, en ontwerpt een oplossingsplan. Daarbij gaat hij ook na of het plan tot de gewenste uitkomst leidt.

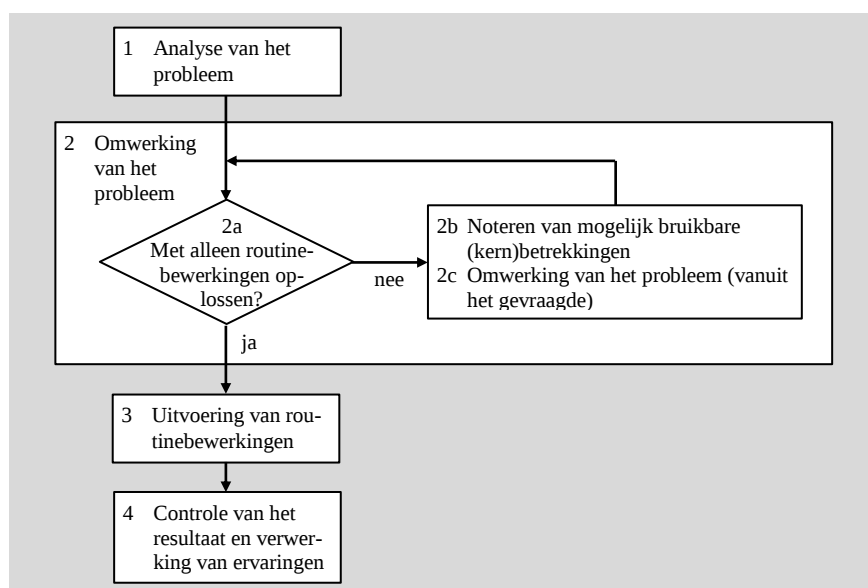
Uitwerking – Het plan wordt uitgevoerd en het resultaat wordt met het juiste aantal significante cijfers en met de juiste eenheid genoteerd.

Controle – De oplosser gaat na of het resultaat in overeenstemming is met het probleem.

Deze fasen van een systematische probleemaanpak zijn – in iets andere bewoordingen – weergegeven in het schema van figuur 2. In dat schema is (bij stap 2c) ook sprake van ‘omwerking van het probleem (vanuit het gevraagde)’. Dat laatste is weergegeven in het schema van figuur 3.



Figuur 3 – De fasering van ‘werken vanuit het gevraagde’ (Kramers-Pals & Pilot, zd).



Figuur 2 – De fasering van een systematische probleemaanpak (Kramers-Pals & Pilot, zd).

Het schema van figuur 2 is ontstaan na analyse van de oplosmethoden van experts (zoals bijvoorbeeld leraren natuurkunde) en van niet-experts (zoals leerlingen). Op basis van zo’n model is na te gaan of er een verschil bestaat tussen de aanpak van een ‘goede’ en die van een ‘slechte’ leerling bij het oplossen van problemen.

In het kader hieronder zijn de belangrijkste bronnen van fouten van leerlingen opgenomen. Eén van de belangrijkste verschillen tussen goede en slechte probleemoplossers blijkt dan te liggen in de uitgebreidheid van de analyse-fase: slechte probleemoplossers slaan die fase vrijwel over. Die leerlingen zien de analyse veelal als zonde van de tijd: “Je ziet het of je ziet het niet.” Ze wachten op een ‘flits’ en proberen die tamelijk chaotisch op te roepen. Door het gebrek aan analyse kennen ze de situatie onvoldoende en weten ze vaak nauwelijks wat er gevraagd wordt. Een goede analyse vergroot de kans op het optreden van die ‘flits’

Probleemoplosstrategie

Hieronder staan de belangrijkste strategische fouten van slechte probleemoplossers.

Analyse – Het begrijpen van een vraagstuk of opgave:

- ze slaan gegevens over,
- ze beginnen te snel,
- ze hebben geen goed beeld van het probleem.

Planning – Het ontwerpen van een oplossingsplan:

- ze doen maar wat, werken niet systematisch,
- ze kennen de vakinhoud niet voldoende,
- ze kunnen het probleem en de vakinhoud niet koppelen.

Uitwerking – De uitvoering van het oplossingsplan:

- ze maken veel reken- en slordigheidsfouten.

Controle – De controle van het resultaat (evaluatie, interpretatie):

- ze controleren hun antwoorden niet.

Figuur 4 – De belangrijkste strategische fouten van slechte probleemoplossers.

aanzienlijk. Een ander duidelijk verschil is te vinden in de laatste fase: slechte probleemoplossers slaan die over.

In het onderwijs zijn er nu twee invalshoeken van belang. Ten eerste is het de vraag hoe het onderwijs in te richten zodat zoveel mogelijk leerlingen leren hoe een natuurkundig probleem efficiënt aangepakt kan worden. Globaal kunnen we in Nederland daarin twee didactische ‘scholen’ onderscheiden. De ene school zoekt de oorzaken van falen van leerlingen vooral in het ontbreken van een doelmatige kennisbasis, en richt zich dus op mogelijkheden om die te verbeteren. De andere school richt zich vooral op het verbeteren van de probleemaanpak van de leerlingen. Overigens is dit niet een absoluut onderscheid maar meer een accentverschil, dat echter belangrijke gevolgen heeft voor de inrichting van het onderwijs. Ten tweede is er de individuele aanpak als een leerling onvoldoende presteert. Dat kan allerlei oorzaken hebben, zoals te weinig capaciteiten, negatieve faalangst, problemen thuis enzovoort. Hier beperken we ons tot oorzaken die gerelateerd zijn aan de vakdidactiek. De tweede vraag wordt dan ook: waarom lukt het die leerling niet (diagnose), en wat kun je daaraan doen (therapie)?

Klassikale aanpak

Traditioneel wordt er in het Nederlandse natuurkundeonderwijs veel tijd besteed aan het maken van vraagstukken – in de verwachting dat door veel oefenen de leerlingen vertrouwd raken met de natuurkundige begrippen en die beter leren beheersen. In bovenstaande termen betekent dit dat de leerlingen door het maken van veel vraagstukken een juiste en goede kennisbasis opbouwen en dat ze leren daarvan efficiënt gebruik te maken door een goede oplosstrategie te ontwikkelen. Beide ‘scholen’ leveren kritiek op deze opvatting.

Kennisbasis – Voor het ontwikkelen van een kwalitatief goede kennisbasis is het maken van een groot aantal opgaven niet voldoende. Het is beter enkele zorgvuldig uitgezochte vraagstukken te gebruiken naast klassendiscussies, demonstratie-experimenten en practicum. Bij de vraagstukken zullen ook kwalitatieve vragen een belangrijke rol spelen en het practicum moet zorgvuldig op zijn begripsbevorderende kwaliteiten geselecteerd worden. De leraar zal de leerling laten zien dat er zo’n kennisbasis bestaat, bijvoorbeeld door het (laten) maken van een samenvatting of van een ‘conceptmap’. Met een conceptmap wordt een schema bedoeld waarin de kernbegrippen en hun onderlinge relaties zijn opgenomen (zie paragraaf 3.5). Soms horen daar ook tekeningen bij van standaardsituaties zoals bijvoorbeeld de breking van licht op het grensvlak water-lucht. De leraar zal aandacht besteden aan de preconcepties van de leerlingen, bijvoorbeeld door die tijdens de introductieles naar voren te laten komen en zo de leerlingen bewust te maken van het bestaan van dergelijke ideeën. Hij zal een lijst maken van de standaardproblemen en er bij de leerlingen op aandringen dat ze die goed moeten kennen. **Probleemoplosvaardigheden** – Als de nadruk valt op het probleemoplosproces zal de leraar de opgaven niet alleen bespreken, maar ook stap voor stap de aanpak laten zien om leerlingen bewust te maken van het bestaan van een dergelijke aanpak.

Al eerder werd aangegeven dat de analyse-fase vaak slecht door de leerlingen gedaan wordt. De leraar kan dat laten oefenen door alleen de analyse te laten maken en die na te kijken. Dat kost heel weinig tijd. Ook kan hij leerlingen die de opgave niet konden maken, helpen door de analyse op het bord te maken en hen daarna te vragen het probleem op te lossen. In veel gevallen gaat dat daarna vrij gemakkelijk.

Klassikale probleemanalyse

Iedere leraar kent het. Hij vraagt een leerling naar de oplossing van een vraagstuk, en krijgt als antwoord: “Ik kon hem niet.” Dan kan de volgende methode bruikbaar zijn.

- Ga na of veel leerlingen problemen hadden met die opgave, zodat het klassikaal bespreken de moeite waard is.
- Vraag de leerling de opgave voor te lezen. Zeg na elk gegeven: “Stop.” Verwerk de gegevens in een tekening. Vraag dan aan de leerling of hij dat ook gedaan heeft. Bijna

zeker zal hij dan zeggen: “Nee.”

- Vraag waar de opgave over gaat: “Wat is er gevraagd?” Zet dat op het bord, en vraag de leerling of hij een oplossing ziet. Zo niet, vraag dan of hij een formule kent waarin het gegeven voorkomt enzovoort. De leerling zal zo de opgave kunnen oplossen.
- Vraag ten slotte waarom hij het nou zelf niet kon.

Figuur 5 – Een klassikale aanpak bij probleemoplossen.

Klassikaal bespreken – Zowel voor het ontwikkelen van een kennisbasis als voor het aanleren van probleemoplosvaardigheden geldt dat het langdurig klassikaal bespreken van opgaven weinig effectief is. Toch besteden leraren vaak veel tijd aan deze werkvorm, zelfs al weten ze dat het niet de meest effectieve manier is. De druk vanuit de leerlingen om veel, zo niet alles, te bespreken is hoog en ook voor de leraar is de verleiding groot omdat hij dan het gevoel heeft het leren van de leerlingen onder controle te hebben. Helaas blijkt toch telkens weer dat de leeropbrengst ervan niet zo groot is.

Uitwerkingen gebruiken – Toch willen de meeste leraren en leerlingen zeker weten dat de uitwerkingen goed in het schrift staan. Een alternatief kan dan zijn: gebruik maken van de vraagstukuitwerkingen die de meeste educatieve uitgeverij bij hun boeken leveren. De leerlingen kijken dan zelf de opgaven na. Ze zijn er daardoor actiever mee bezig. Het is dan wel aan te bevelen leerlingen eerst hun uitwerkingen te laten vergelijken met die van de andere leerlingen. Pas als ze het niet eens worden, kunnen ze in de uitwerkingenboek kijken. In elke klas zijn er ook wel enkele leerlingen die uit onzekerheid onmiddellijk naar het uitwerkingenboek grijpen, en meteen alle opgaven gaan overschrijven. “Dan weet ik zeker dat het er goed in staat,” zeggen ze dan. De leraar kan dan niet anders doen dan telkens maar weer uitleggen dat hij die behoefte wel begrijpt, maar dat hun aanpak niet effectief is.

Een twee-stapsaanpak is wellicht nog effectiever: eerst een *aanwijzing* en dan pas de *uitwerking*. In sommige methodes worden die aanwijzingen zelfs meegeleverd.

Soms wordt ook gebruik gemaakt van voorgedrukte probleemoplosformulieren. Daarop staan de verschillende fasen van het oplosproces aangegeven, en wordt de leerling gedwongen die na elkaar te doorlopen. Dat blijkt alleen effect te hebben als het lang achtereen wordt gedaan. Het is een bij de leerlingen weinig populaire aanpak.

Individuele aanpak

De tweede vraag luidde: waarom lukt het een bepaalde leerling niet om de vraagstukken te maken en wat kun je daaraan doen?

Daarbij moeten we allereerst opmerken dat de mogelijkheden tot individuele begeleiding zeer beperkt zijn door de geringe hoeveelheid tijd die een leraar daarvoor beschikbaar heeft. Gelukkig kan met een goed ontworpen toets al in veel gevallen een diagnose gesteld worden. Hieronder zullen we proberen stap voor stap na te gaan welke oorzaken er kunnen zijn voor een slecht presteren van een leerling.

Kenniselementen – Als we willen nagaan waarom een leerling onvoldoende presteert, ligt het voor de hand eerst na te gaan of de benodigde kennis wel aanwezig is. Bij een toets kun je dat nagaan door te vragen naar de elementen van de kennisbasis, zoals wetten, definities, geldigheidsgebieden enzovoort. Kortom, zaken die gewoon uit het hoofd te leren zijn. Bij vrij veel leerlingen gaat het hier meteen al mis. Ze zijn veel tijd en aandacht kwijt met het ophalen van die kennis en maken daarbij veel fouten, zoals bijvoorbeeld het noemen van een goede formule maar op de verkeerde plaats. Een deel van die leerlingen maakt zijn huiswerk niet en doet dat na enkele onvoldoende toetsen nog steeds niet. Er is dan meestal sprake van een persoonlijk probleem, en de aanpak daarvan valt buiten het bereik van dit stuk. Anderen maken hun huiswerk wel, maar op de verkeerde manier. Ze verwarren ‘leren’ met ‘lezen’ of kunnen niet de hoofdzaken uit de tekst halen. De therapie lijkt vaak simpel: huiswerk op een andere manier leren, bijvoorbeeld door zelf een samenvatting te maken.

Begrip – Leerlingen waarbij de kennis in orde is, struikelen daarna vaak over de vragen die begrip toetsen: vragen waarbij het gaat om relaties tussen begrippen, of vragen waarbij ze hun kennis moeten gebruiken in een nieuwe situatie. Er doet zich hier overigens een taalkundig probleem voor: voor het ‘begrip’ van de leerling hanteert onze taal hetzelfde woord als voor een natuurkundig ‘begrip’. Voor dat laatste zullen we verder het woord ‘concept’ gebruiken.

Bij deze leerlingen zit het probleem dieper: ze begrijpen de basisconcepten niet goed genoeg, bijvoorbeeld omdat ze het verschil tussen stroomsterkte en spanning niet kennen. Anders gezegd: ze hebben wel de definitie van spanning uit hun hoofd geleerd, maar zien de relatie met energie niet – of ze hebben te weinig greep op het energie-concept, waardoor ze ook de relatie met spanning niet duidelijk zien. De mogelijkheden voor de leraar om daar achteraf iets aan te doen zijn klein. Begripsvorming verloopt met vallen en opstaan en vereist praten, klasdiscussies, onderwijsleergesprekken, practicum en achteraf bijles.

Standaardvraagstukken – Het niet kunnen maken van de standaardvraagstukken is zelden het probleem. Als de leerling dat niet kan, is er eigenlijk sprake van een gebrek aan kennis. In het onderwijs worden de standaardvraagstukken in het algemeen te weinig door de leraar benadrukt. Bij een samenvatting mogen ze eigenlijk niet ontbreken. Als voorbereiding op de toets is het snel moeten maken van een verzameling van dergelijke vraagstukken zeer effectief. In het kader hieronder is als voorbeeld een aantal van dergelijke standaardvraagstukken opgenomen.

Standaardvraagstukken

- In een stortbak op een hoogte van 2,8 m boven de grond zit 3,00 liter water. Bereken de zwaarte-energie van het water in de stortbak.
- Een lamp van 80 W brandt gedurende 2,0 uur. Hoeveel energie (in J) is er verbruikt?
- Een foton heeft een energie van 5,2 eV. Bereken de frequentie en de golflengte van de straling.
- Een voorwerp trilt met een trillingstijd T van 3,0 s en een amplitude A van 5,0 cm. Bereken de maximale snelheid en versnelling van dat voorwerp.
- Een lamp van 40 W is aangesloten op het stopcontact, dat een spanning van 230 V levert. Hoe groot is de stroomsterkte door de lamp?
- Hoe groot is de grensgolflengte van koper?
- Beschrijf de samenstelling van een ${}^{69}_{30}\text{Zn}$ atoom.
- Een voorwerp draait eenparig in een cirkelbaan met een snelheid van 3,0 m/s. De middelpuntzoekende versnelling is $3,2 \text{ m/s}^2$. Bereken de straal van de baan van het voorwerp.
- Een auto met een massa van 900 kg rijdt met een snelheid van 100 km/h. Bereken de kinetische energie van de auto.
- Geef drie verschillende manieren waarop elektronen uit een metaal vrijgemaakt kunnen worden.
- Geef de vervalvergelijking van ${}^{31}_{14}\text{Si}$.
- Een elektron beweegt met een snelheid van $2,0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ in een magnetisch veld met een veldsterkte B van 0,080 T, loodrecht op de veldrichting. Bereken de straal van de cirkelbaan van het elektron.
- Een proton wordt versneld door een spanning van 10^6 V . Bereken de eindsnelheid van het proton.

Figuur 6 – Enkele voorbeelden van standaardvraagstukken.

Oplosproces – En als de leerling het nu goed geleerd heeft (hij begrijpt de basisbegrippen redelijk en kan de standaardvraagstukken maken), maar toch een onvolgende haalt? Dan zou je kunnen zeggen dat de leerling wel de gereedschappen heeft, maar ze niet kan gebruiken. Zijn probleemoplosvaardigheden zijn dan het knelpunt. Het lukt de leerling niet zijn kennis en begrip te gebruiken om de natuurkunde problemen terug te brengen tot één of meer standaardvraagstukken – want daar gaat het om bij probleemoplossen.

Het verbeteren van zijn probleemoplosvaardigheden is niet eenvoudig. De leerling heeft in zijn leven al heel wat problemen opgelost en heeft daarvoor een bepaalde persoonlijke strategie ontwikkeld. Meestal heeft zo’n leerling dan moeite met systematisch werken, en dat is een probleem dat zich ook in andere situaties

zal voordoen. Het is veelal geworteld in de persoonlijkheidsstructuur van de leerling, en die blijkt dan voor natuurkundeproblemen niet zo erg effectief te zijn. Het aanleren van een effectieve strategie kan alleen met persoonlijke en deskundige begeleiding of door langdurig oefenen, liefst binnen probleemgeoriënteerd onderwijs. Een leraar heeft echter in het algemeen niet voldoende tijd beschikbaar om individuele leerlingen te helpen hun oplosstrategie te veranderen.

Overigens kan een zwakte op het ene punt gecompenseerd worden door kracht op een ander punt. Een zwak begrip kan binnen bepaalde grenzen gecompenseerd worden door een grondige kennis en een goede oplosstrategie. Iemand die weinig geleerd heeft maar het allemaal wel snapt en die over goede oplostechnieken beschikt, komt er meestal ook wel uit. Sommige leerlingen zien de oplossing meestal in een flits – voor hen is het niet nodig om op papier al die stappen te zetten. Voor de wat minder begenadigde leerlingen is de kans op het optreden van die flits groter als ze het probleem systematisch benaderen.

Het voorbeeld in het kader hieronder laat zien dat het veranderen van de oplosstrategie niet zo eenvoudig is.

Opticaproblemen

Bij het behandelen van de optica in 3-vwo komen de lensformule en de formules voor de vergroting aan de orde. De leraar weet uit ervaring dat veel leerlingen dat moeilijk vinden. Hij ontwerpt de volgende reeks stappen waarmee alle opticaproblemen van zijn lessen aangepakt kunnen worden:

- Maak een tekening van de situatie en zet de gegevens daarin.
- Ga na wat er gevraagd is.
- Zoek een formule waarin het gevraagde voorkomt.
- Kun je het probleem nu oplossen?
- Zo niet, zoek een andere formule met het gevraagde.
- Bereken het gevraagde.

Hij bespreekt in de lessen alle vraagstukken volgens dit schema. Tijdens de toets staat het schema op het bord. Alle vragen van de toets kunnen zo opgelost worden. Toch haalt 23% van de leerlingen een onvoldoende.

Los van de vraag of een dergelijke training in 3-vwo gewenst is, is het de vraag waarom die 23% er niet in slaagt de opgaven te maken. Dit zijn misschien wel de leerlingen die zich niet in zo'n keurslijf laten dringen, en die proberen op eigen kracht het probleem op te lossen. Ze lopen ze dan vast door tekorten in hun kennisbasis of door een te rommelige aanpak.

De leraar trok de conclusie dat een vaardigheidstraining weinig zin heeft als er geen sprake is van een goede kennisbasis. Hij besloot het jaar daarna meer met kwalitatieve vragen te werken, om de leerlingen zo te dwingen hun kennisbasis te gebruiken en te verbeteren. Het gebruik maken van een gegeven oplosprocedure vereist denken op een niveau hoger dan de opgave zelf (denken over denken, ofwel: metacognitie) – en juist dat is moeilijk voor leerlingen die moeite hebben met natuurkunde.

Figuur 7 – Praktijkvoorbeeld rond de inzet van een oplosstrategie.

De leraar

Van een leraar wordt verwacht dat hij kan aangeven waarom een leerling onvoldoendes haalt. Collega's en schoolleiding verwachten dat op rapportvergaderingen, ouders stellen die eis op ouderavonden en leerlingen met een onvoldoende verwachten van de leraar dat deze kan aangeven wat ze moeten doen om wel een voldoende te halen. De leraar moet zich daarbij vooral baseren op de aanpak van zijn toetsing en de resultaten daarvan.

Een goede toets omvat de volgende vier onderdelen: kennisvragen, begripsvragen (meestal kwalitatief), standaardvraagstukken en op te lossen problemen. Tijdens het corrigeren worden dan de zwakke punten van een leerling vaak wel duidelijk. Om die informatie niet verloren te laten gaan, is het aan te bevelen een codering in het cijferboekje te gebruiken. Voorbeelden daarvan zijn: '5K' voor een leerling met een 5 die het niet goed genoeg geleerd heeft, of '4B' als de leerling een 4 haalt, het goed geleerd heeft maar er niet veel van begrijpt. Die aantekening

gen kunnen dan een grote steun zijn bij rapportvergaderingen, ouderavonden enzovoort.

Eén van de vele dingen die een leraar moet kunnen is het combineren van werkvormen om te komen tot een optimale opbouw van de kennisbasis. Met andere woorden: wanneer houdt de leraar op met het klassikaal opbouwen en verfijnen van de kennisbasis (door middel van gesprekken, demonstratie-experimenten, practica enzovoort) en stapt hij over op het laten maken van vraagstukken. Met dat laatste traint elke leerling individueel zijn kennisbasis en zijn probleemoplosvaardigheden. Een goede leraar kent dan ook niet alleen de valkuilen en knelpunten bij de opbouw van een kennisbasis bij elk onderwerp, maar is zich ook bewust van de fasen van het probleemoplosproces en maakt van al die kennis gebruik in zijn lessen.

Literatuur

Kramers-Pals, H. & Pilot, A. (zd). Een systematische aanpak van verklaringsproblemen en vraagstukken bij scheikunde.

Taconis, R., Van Beekhoven, M. & Verkerk, G. (1991). Probleemoplossen: nuttige fysica-bagage voor de leerlingen. *NVON-Maandblad* 16(9), 398-402.

Bron

Verhagen, P.A.J. (1993). *Probleemoplossen*. Utrecht: CDβ.