

3.5 Didactische benaderingen

3.5.1 Formatieve toetsing en feedback

Achtergrondinformatie

Peer Instruction

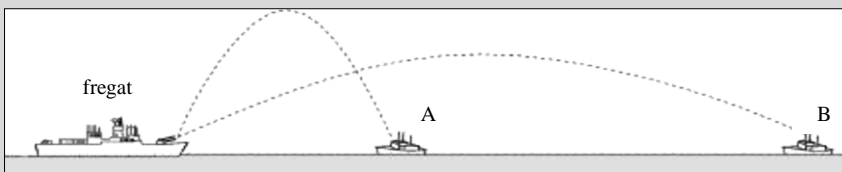
Inleiding

Met trefwoorden als *concept checks*, *concept cartoons* en *ranking tasks* is op internet veel informatie te vinden over het karakter en gebruik van dit soort vraagvormen voor het stimuleren van de begripsontwikkeling van leerlingen in het natuurkundeonderwijs. Vraagvormen als meerkeuzevragen, concept cartoons, open vragen en ordeningsvragen zijn bruikbaar in de methode van *peer instruction*, waarbij leerlingen – gestuurd door de leraar – aan elkaar ‘les geven’.

Meerkeuzevragen

Een belangrijk onderdeel van de door Eric Mazur aan de Harvard University ontwikkelde methode van *peer instruction* voor het gericht en effectief werken aan begripsontwikkeling tijdens de contacturen zijn zorgvuldig geconstrueerde *ConceptTests*, ofwel meerkeuzevragen (zie figuur 1).

1 Een fregat schiet tegelijkertijd twee kanonskogels af op twee vijandige schepen. De kogels volgen de baan die in het plaatje is te zien.



Welk schip wordt als eerste geraakt? Verwaarloos de luchtwrijving.

A schip A
 B schip B
 C beide tegelijkertijd
 D dat kun je niet weten

Figuur 1 – Meerkeuzevraag.

Mazur ontwikkelde zijn methode naar aanleiding van de tegenvallende resultaten van zijn eigen onderwijs wat betreft het begrip van zijn studenten van de door hem in een *lecture format* behandelde leerstof, anders dan het door de studenten kunnen invullen van formules.

De methode van *peer instruction* verloopt cyclisch in de volgende drie stappen:

- De uitleg van de leraar samen met eventuele demonstratie-experimenten tijdens het contactuur is opgedeeld in een aantal hoofdpunten. Elk hoofdpunt wordt – zo mogelijk – afgesloten met één of meer meerkeuzevragen.
- De meerkeuzevraag wordt aan de leerlingen voorgelegd op (bijvoorbeeld) een PowerPoint-dia. Ze krijgen kort de tijd om de vraag te lezen, en om individueel over hun antwoord na te denken en dit (eventueel) te noteren (tijdsduur: 2 minuten). Daarna wisselen de leerlingen hun antwoorden in groepen van minimaal drie uit, en proberen elkaar van de juistheid van hun (uiteenlopende) antwoorden te overtuigen (tijdsduur: 2 tot 3 minuten). Op basis van deze *peer instruction* kan een leerling individueel besluiten zijn of haar eerdere antwoord te herzien en dit (eventueel) te noteren. Bij handopsteken wordt nu door de leraar gepeild hoe de antwoordalternatieven in de klas als geheel ‘scoren’, gevolgd door een klassikale uitleg over het al dan niet juist zijn van de antwoordalter-

Stemmen

Stemmen voor het antwoord op een vraag kan met handopsteken per antwoordalternatief, kleurkaarten (met verschillende kleuren voor de antwoordalternatieven) of digitaal – zie paragraaf 3.5.1 in het handboek.



natieven. En dat laatste dan het liefst interactief – dus: ‘met medewerking’ van de leerlingen zelf.

- Na op deze manier de opeenvolgende hoofdpunten tijdens het contactuur te hebben ‘afgewerkt’, krijgen de leerlingen op de gebruikelijke manier verwerkingsvragen en oefenopgaven voorgelegd.

Volgens de ervaringen en onderzoeksresultaten heeft deze methode een duidelijk positieve invloed op de begripsontwikkeling en (dus) de studieresultaten van de leerlingen (Mazur, 1997). De toename in de score op bijvoorbeeld de *Force Concept Inventory* – een vragenlijst die speciaal ontwikkeld is voor het testen van de gebruikelijke mechanica pre- en misconcepties – tussen voor- en natest ligt bij *peer instruction* rond de 20%, tegen circa 8% voor het traditionele *lecture format*. Het ‘verlies’ aan tijd voor klassikale uitleg tijdens de contacturen weegt daar ruimschoots tegenop.

Bij de methode van *peer instruction* zoals uitgewerkt door Mazur zijn nog wel enkele kanttekeningen te maken.

De methode gaat uit van de volgende volgorde: kennisverwerving (theorie) > kennistoepassing (begripstoetsing door middel van de meerkeuzevragen) > verwerking en oefening. De meerkeuzevragen kunnen echter ook op een andere manier worden ingezet. Daarbij wordt de volgorde van theorie en begripstoetsing omgekeerd. De start met één of meer meerkeuzevragen levert dan een beeld van de intuïtieve ideeën van leerlingen, met (waarschijnlijk) een grotere spreiding in de scores van de antwoordalternatieven. In dit geval is het niet de bedoeling om direct over te gaan op een klassikale uitleg over het al dan niet juist zijn van de antwoordalternatieven. De geconstateerde ‘meningsverschillen’ tussen leerlingen vormen een opgeroepen kennisbehoefte, waaraan tegemoet kan worden gekomen door behandeling van de bijbehorende theorie. Daarna kunnen dezelfde meerkeuzevragen nog een keer terug komen, nu om na te gaan of de behandelde theorie inderdaad leidt tot ‘het juiste antwoord’. Bij dit alternatieve gebruik van de meerkeuzevragen is dus de volgorde: oproepen kennisbehoefte (door middel van de meerkeuzevragen) > kennisverwerving (theorie) > kennistoepassing (begripstoetsing door middel van de meerkeuzevragen) > verwerking en oefening.

Beide varianten van de methode kunnen waar mogelijk worden gecombineerd met geschikte demonstratie-experimenten (of zelfs leerling-practica). In de eerste variant kan een demonstratie-experiment worden ingezet ter ondersteuning van de klassikale bespreking van de antwoordalternatieven. In de tweede variant kan een demonstratie-experiment worden ingevoegd na het inventariseren van de scores op de antwoordalternatieven om te laten zien welk antwoordalternatief juist is en de vraag op te roepen naar een ‘verklaring’ daarvan.

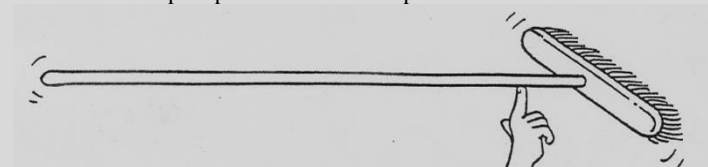
In het kader hieronder staat een voorbeeld van het gebruik van dezelfde meerkeuzevraag in de beide varianten, in dit geval gecombineerd met een demonstratie-experiment.

Bezem in balans

Variante 1 – Na behandeling van de momentenstelling (beperkt tot één links- en één rechtsdraaiend krachtmoment) wordt de leerlingen de volgende probleemsituatie voorgelegd.

Probleemsituatie

Hieronder zie je hoe je een bezem op één vinger kunt laten balanceren. Nu zagen we de bezem door op de plaats van het steunpunt.



Welk stuk is het zwaarst?

- A** Het stuk links (het grootste deel van de steel).

- B Het stuk rechts (het stukje steel met het veeggedeelte).
- C Beide stukken zijn even zwaar.

De leerlingen krijgen de volgende instructie: “Zorg ervoor dat je je antwoord mondeling kunt uitleggen, en gebruik daarbij een tekening van de bezem in balans.” Het is de bedoeling dat de leerlingen de opgave in stilte maken en hun antwoord opschrijven. Daarna vergelijken ze in groepen van drie of vier hun antwoorden en uitleg, proberen overeenstemming te bereiken, zetten hun tekening op het bord en geven voor de klas uitleg bij hun tekening.

De leraar vergelijkt de tekeningen, vraagt om uitleg en verheldering, voert het experiment uit en identificeert verschillende goede oplossingen (of laat dat de leerlingen doen). Dus: de oplossingen waarin de uitleg van de leerlingen gebruikt maakt van krachtmomenten en momentenevenwicht.

Variant 2 – Voorafgaand aan de behandeling van de momentenstelling krijgen de leerlingen de probleemsituatie van hierboven voorgelegd samen met een demonstratie van het balanceren.

De leerlingen denken individueel over hun antwoord na en wisselen hun antwoorden uit in twee- of drietalen. Daarna peilt de leraar klassikaal de meningen. Op basis van de intuïtieve ideeën van leerlingen over evenwicht valt te verwachten dat er een grote voorkeur bestaat voor antwoordalternatief C. Daarna zaagt de leraar de bezem door op de plaats van het steunpunt, laat leerlingen de zwaarte van de twee stukken vergelijken (of weegt beide stukken met een weegschaal) en identificeert het juiste antwoordalternatief (of laat leerlingen dat doen). Het verschil tussen het juiste en het door de leerlingen in meerderheid gekozen antwoordalternatief vormt een aanleiding om eens goed te gaan kijken hoe het nu precies zit met dit soort evenwichtssituaties. Dus: aanleiding voor de behandeling van krachtmomenten en de momentenstelling, met uiteindelijk als afsluiting daarvan de uitleg van de gepresenteerde probleemsituatie.

Demonstratiebezem – De demonstratie in beide varianten kost veel bezems. Dat is te voorkomen met een geprepareerde bezem: zaag de bezem vooraf door in het zwaartepunt en zet de beide delen weer aan elkaar vast met een stuk schroefdraad.

Figuur 2 – Twee verschillende manieren van *peer instruction* bij dezelfde probleemsituatie.

De methode van *peer instruction* is niet alleen uit te voeren met meerkeuzevragen, maar ook met *concept cartoons*, open vragen en rangschikvragen.

Concept cartoons

De door Brenda Keogh & Stuart Naylor ontwikkelde *concept cartoons* (zie figuur 3) zijn eigenlijk niet meer dan *ConceptTests* of meerkeuzevragen in de vorm van een paar *talking heads*. Ook dit is een middel om in de klas een conceptuele discussie te kunnen aanzwengelen (Keogh & Naylor, 2002), een discussie die eventueel kan leiden tot een gericht experiment om nog resterende meningsverschillen te beslechten of tot een door de leerlingen zelf bedacht onderzoek (Van den Berg et al, 2015; Kruit et al, 2013).

Open vragen

In plaats van meerkeuzevragen en *concept cartoons* kunnen bij *peer instruction* ook open begripsvragen zoals die van Paul G. Hewitt (zie figuur 4) (Hewitt, 1998) worden gebruikt, al is dat minder gebruikelijk doordat de antwoorden van leerlingen dan vaak lastiger snel te inventariseren zijn. Open begripsvragen kunnen dan ook meestal beter in de vorm van een werkblad aan de leerlingen worden gepresenteerd, als aanvulling op de vragen in de gebruikte lesmethode (als dat soort vragen daarin (nog) niet voorkomen).



Figuur 3 – Concept cartoon.

- 2 Leg uit welk materiaal röntgenstraling sterker absorbeert: een materiaal met een grote of met een kleine halveringsdikte.
- 3 Leg uit welk materiaal de grootste halveringsdikte voor röntgenstraling heeft: zacht weefsel of bot.
- 4 Een loodplaat met een bepaalde dikte laat 80% van de invallende röntgenstraling door. De intensiteit van de doorgelaten straling is dus 80% van de intensiteit van de invallende straling.

- a** Leg uit of de dikte van de loodplaat groter dan, even groot als of kleiner dan de halveringsdikte van lood voor röntgenstraling is
- b** Geef je commentaar op de volgende uitspraak: “Als de dikte van deze loodplaat tweemaal zo groot wordt gemaakt, is de intensiteit van de doorgelaten straling tweemaal zo klein: 40% van de intensiteit van de invallende straling.

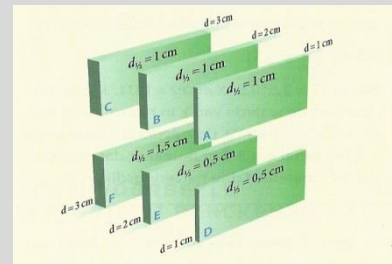
Figuur 4 – Open vragen.

Orderingsvragen

Een van de manieren om de begripsontwikkeling bij leerlingen te stimuleren en/of te toetsen is het gebruik van *ranking tasks*, in 1987 geïntroduceerd door David P. Maloney. Een *ranking task* – of ordeningsvraag – is een conceptueel vraagstuk waarbij de leerlingen op basis van het vergelijken van situaties aangeven in welke volgorde deze situaties geplaatst moeten worden. De situaties vertonen onderling veel overeenkomsten, maar verschillen in één of twee factoren van de andere (zie figuur 5) (O’Kuma et al, 2004). Door het op volgorde plaatsen geeft de leerling aan wat het effect is van elk van deze factoren. De meeste ordeningsvragen bestaan uit zes items, maar meer of minder is natuurlijk ook mogelijk.

- 5** In de figuur hiernaast zie je van zes verschillende metalen platen de dikte d en de halveringsdikte $d_{1/2}$ van dat metaal voor röntgenstraling. De intensiteit van de doorgelaten röntgenstraling is voor alle platen hetzelfde.

Zet, zoveel mogelijk door te redeneren, de zes platen op volgorde op basis van de intensiteit van de invallende röntgenstraling. Begin met de plaat waarbij de intensiteit van de invallende röntgenstraling het grootst is. Als er twee of meer platen gelijk ‘scoren’, komen die platen op dezelfde plaats in jouw volgorde te staan. Geef dat bijvoorbeeld aan door ze te omcirkelen. Leg ten slotte de redenering achter jouw volgorde uit.



Figuur 5 – Orderingsvraag.

Ervaringen met het gebruik van ordeningsvragen laten zien dat zij aanzetten tot inhoudelijke discussie en in veel mindere mate tot het gebruik van formules, dus tot nadenken en begrijpen wat er gebeurt zonder al te veel gereken of klakkeloos invullen van formules (Vonk, 2010). De leerlingen moeten wel gestimuleerd worden om op zoek te gaan naar manieren om de eerste drie of vier items in een goede volgorde te zetten zonder rekenwerk en pas daarna, voor de laatste items te gaan rekenen. En in sommige gevallen is er helemaal geen rekenwerk nodig.

Orderingsvragen zijn klassikaal en voor groepswork te gebruiken, zowel voor diagnose als voor oefening en toetsing (Van den Berg & Vonk, 2010). Bij de methode van *peer instruction* is de ordeningsvraag een alternatief voor de meer gebruikelijke meerkeuzevraag. Maar de ordeningsvragen kunnen ook in de vorm van een werkblad aan de leerlingen worden gepresenteerd, als aanvulling op de vragen in de gebruikte lesmethode (als dat soort vragen daarin (nog) niet voorkomen).

Bij beide manieren van presenteren kan de volgende aanpak worden gehanteerd:

- De leerlingen zetten individueel enkele items (bijvoorbeeld drie of vier van de zes) waar ze zeker van zijn op volgorde.
- De leerlingen bespreken hun volgordes onderling in een kleine groep (twee- of drietalen) en proberen tot overeenstemming te komen.
- De antwoorden van de groepen over de volgorde van de eerste drie of vier items worden klassikaal uitgewisseld en besproken, met de nadruk op de manier van redeneren.
- De ordeningsvraag wordt ten slotte in dezelfde kleine groepen en/of klassikaal afgemaakt.

Naarmate de leerlingen meer ervaring hebben met het oplossen van ordeningsvragen over een bepaald leerstofonderdeel kan de klassikale bespreking verder naar achteren verschuiven of zelfs geheel komen te vervallen.

Literatuur

- Hewitt, P.G. (1998). *Conceptual Physics* (8th Edition). Reading, MA: Addison Wesley Longman
- Keogh, B. & Naylor, S. (2002). *Concept cartoons in science education*. Utrecht: WND, Verslag WND-conferentie 2001.
- Kruit, P., Wu, F. & Van den Berg, E. (2013). Kinderen aan het experimenteren zetten via concept cartoons. *TDβ* 30(1 & 2), 27-48.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction – A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- O'Kuma, T.L., Maloney, D.P. & Hieggelke, C.J. (2004). *Ranking Task Exercises in Physics*. London: Pearson Education.
- Van den Berg, E. & Vonk, R. (2010). Meer ordeningsvraagstukken. *NVOX* 35(6), 264-266.
- Van den Berg, E., Kruit, P. & Van der Veen, A. (2015). Concept cartoons als opstap naar onderzoek. *NVOX* 40(2), 94-95.
- Vonk, R. (2010). Ranking tasks in de natuurkundeles – Werken aan de ontwikkeling van concepten. *NVOX* 35(2), 62-63.