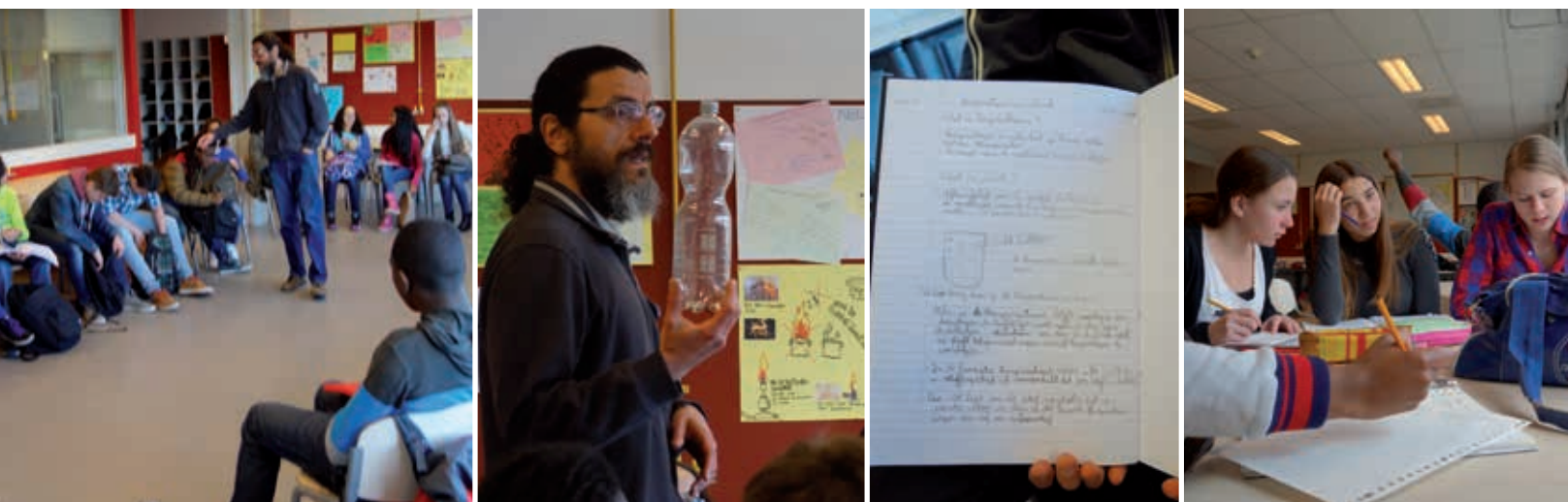


Een onderbouwles

Deeltjes (4): als bolletjes ste langzamer bewegen ...



De kring van de 3-hv-groep sluit zich. Een leerling wurmt zich er met zijn stoel nog snel tussen.
 “Goedemorgen allemaal, doen jullie de jassen daar!”

De docent wijst naar de kapstok in het gangetje, een stuk of vijf leerlingen staan op en hangen hun jas weg.

“Wat was het huiswerk?”

“Verklaar waarom een plastic fles overgoten met heet water hard wordt.”

“Klopt, een afgesloten plastic fles met alleen lucht erin ... pak je verklaringen erbij en laat me zien wat je opgeschreven hebt.”

De docent loopt de kring rond en noteert, wie wel en wie niet iets op papier heeft.”

“Als ik zeg ... verklaar of leg uit ... moet je het opschrijven ... niet er alleen maar over nadenken ... negen van jullie hebben niets in je schrift staan ... 3-havo/vwo ... denkstapen maken is nu zo belangrijk ... daar leer je veel van ... ook al blijkt zo’n idee later niet of niet helemaal goed te zijn ... aan het eind van de les krijg je weer huiswerk ... en dan controleer ik het de volgende keer weer ...

je doet dat huiswerk niet voor mij ... ik werk dan ook niet met strafmaatregelen ... je bent zo langzamerhand oud en wijs genoeg ...”

Hij pakt de fles van de vorige les en houdt hem omhoog.

“Waarom is die fles harder geworden door er heet water overheen te gieten?”

“Als de temperatuur stijgt, gaan de bolletjes kapot ... een reactie ... je krijgt dus meer bolletjes en meer botsingen tegen de wand ... die wordt dan harder.”

“Bas ... heb je reactieverschijnselen waargenomen? ...het is volgens mij nog steeds lucht wat er in zit ... en de dop bleef erop, dus nog evenveel bolletjes erin ... maar meer botsingen tegen de wand ... zou kunnen.”

“Ze gaan sneller bewegen, meester, dus meer botsingen ... eh ... van dezelfde bolletjes ...”

“Klinkt logisch ... wat kan je van de botsingen zeggen als ze sneller bewegen?”

Hij gaat met leerlingen in de kring bewegen ... eerst langzaam en dan sneller ... iedereen ziet en snapt dat er dan meer botsingen en

hardere botsingen plaatsvinden.

“Maken die bolletjes een soort druk op de fles?”

“Horen jullie wat Rayzel zegt ... een soort druk op de fles ... de bolletjes bewegen sneller, botsen vaker en harder ... oefenen een grotere kracht uit op elkaar en en ook op de wand!”

Rayzel glimt en de docent loopt naar het bord.

“Druk is het eerste belangrijke begrip van deze les ... bij een open fles is de druk binnen en buiten gelijk ... en als we een dichte fles verwarmen wordt de druk groter ... het tweede begrip is temperatuur ... het weerbericht zegt dat het vannacht min zes was en morgen tien tot twaalf graden boven nul wordt ... wat is temperatuur?”

“Temperatuur is toch een eenheid, net als lengte, meter, kilometers ...?”

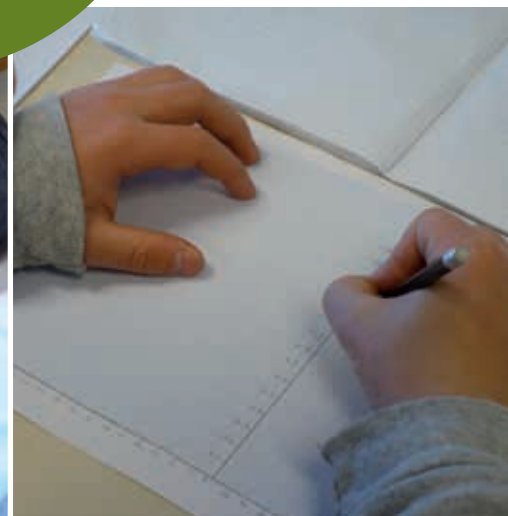
Rayzel kijkt hem vragend aan.

“De temperatuur kan je meten in graden ... wat je kunt meten is een grootte en waarin je het meet de eenheid.”

“Meester, wat is het verschil tussen warmte

eds

De docent kondigt een **historisch experiment** aan



en temperatuur?"

"Goeie vraag, Bas ... de temperatuur kan hoger en lager worden, van warmte heb je meer of minder ... we hebben verleden jaar geleerd dat de temperatuur datgene is wat je op de thermometer afleest en nu blijkt dat hoe warmer het is des te sneller de bolletjes bewegen ... en omgekeerd hoe sneller de bolletjes bewegen hoe warmer het is ... dus de temperatuur is een maat voor de snelheid van de bolletjes ... in 5- of 6-vwo krijgen jullie daar een formule voor!"

Hij geeft aan dat ze aan de tafels kunnen gaan zitten en met hun bolletjesmodel de begrippen druk en temperatuur moeten beschrijven. Na een paar minuten vraagt hij weer de aandacht:

"Jullie gaan in de tafelgroep nadenken over de volgende twee vragen: als we gaan afkoelen gaan de bolletjes dus langzamer bewegen ... vraag 1 ... Kun je de temperatuur eindeloos verlagen of is er een grens? ... en vraag 2 ... Als er een grens is, is die grenstemperatuur voor alle soorten bolletjes ... voor alle stoffen hetzelfde? ... oké ... een minuut

of drie ... probeer tot consensus te komen."

Ze gaan aan de slag en de docent haalt een andere kar met practicummateriaal uit het magazijn.

"Is er iemand die vindt dat er geen minimale temperatuur is? ... nee? ... oké ... de bolletjes zullen uiteindelijk stilstaan ... Dennis, wat wil je zeggen?"

"Een andere stof heeft andere bolletjes, dus die staan bij een andere temperatuur stil ..."

"Stel je voor een mengsel van twee stoffen ... kan het zo zijn dat de bolletjes van de ene stof stilstaan als de andere bolletjes nog bewegen ... ze botsen toch tegen elkaar ...?"

Dennis knikt en de docent gaat op zijn stoel zitten naast de kar en kondigt een historisch experiment aan:

"We gaan de druk en de temperatuur van de lucht meten in een erlenmeyer ... in bar ... als we de lucht verwarmen ... en zetten de metingen in een grafiek ... en dan gaan we de grafiek extrapoleren naar 0 bar ... dit hebben ze driehonderd jaar geleden ook al gedaan ... de temperatuurgrens bepalen."

Hij loopt naar het digibord, tekent een as-

senstelsel ... zet er wat mogelijke punten van waarnemingen in ... trekt daar een rechte lijn door en extrapoleert die naar 0 bar. Daarna laat hij zien hoe ze de opstelling in elkaar moeten zetten.

"Zorg dat de stop de erlenmeyer goed afsluit, we verwarmen niet rechtstreeks maar in een bekersglas met water ... als de temperatuur 5 graden hoger is, meet je de druk ... je krijgt een opdrachtenblad ... lees dat goed en plak het in je schrift ... daarna kun je de spullen pakken ... we werken in zes groepen van vier ... verwarmen tot negentig graden ... niet verder!"

Hij deelt de opdrachtbladen uit en ze gaan aan de slag. Ze kunnen pas de spullen pakken als het blad is ingeplakt en krijgen pas lucifers om de brander aan te steken als hij de opstelling gecontroleerd heeft.

De ene groep is eerder klaar dan de andere en gaat al vast aan de grafiek werken, ze krijgen de opdracht de grafiek als huiswerk (af) te maken.

Wordt vervolgd. ●