

Docentenhanleiding Vacuümpomp

Errata:

Nog geen gevonden...

Overzicht.

Doelen:

- Kennismaking met de wetenschappelijke methode
- Leren kritisch te kijken naar experimenten
- Leren computermodellen bouwen bestaande uit meerdere formules
- Stap doen op weg naar een beter gegeneraliseerd variabele- en formulebegrip
- Werking van de vacuümpomp

Positie in de leerroute:

1. Vakinhoudelijk: molecuulmodel:
 - a. Voorgeschiedenis: hoofdstuk “Vast, vloeibaar en gasvormig”.
 - b. Toekomst: later in het jaar zullen modellen verder worden uitgebreid; daarbij zal het verschil tussen directe formules en Δ -formules aan de orde gaan komen.
 - c. Het huidige hoofdstuk was aanvankelijk een laatste paragraaf van “Vast, vloeibaar en gasvormig”. Het is hiervan losgemaakt, omdat het hoofdstuk aan de lange kant werd. Het raamwerk over de wetenschappelijke methode is toegevoegd om een beter geheel te krijgen. Het zat aanvankelijk in het hoofdstuk “vallen”. Dat zal nu iets kunnen worden ingekort op dit punt. In het huidige hoofdstuk is veel veranderd, om problemen van vorig jaar (vooral met formulebegrip, maar ook met de te gebrekkige reflectie, en als gevolg van fouten) te ondervangen.
2. Practicumvaardigheden
 - a. Ontwerpen van experimenten: inzicht in mogelijke foutoorzaken.
 - b. Interpretieren van grafieken
3. Formulebegrip
 - a. Eerste kennismaking met het verschil tussen een directe formule en een Δ -formule.
 - b. Introductie van het begrip variabele, als een grootheid in een formule waarvan de waarde kan variëren. Dit is een grote stap in abstractie: tot nu toe werden grootheden in formules slechts als “plaatshouders” gebruikt: ze stelden in wezen per ‘situatie’ slechts één getal voor. Daarnaast ook introductie van het begrip “constante”.
 - c. Een stap voor het zelf leren opstellen van formules, via voorbeeldsommen en tabellen.
 - d. Voorgeschiedenis: In 2MHV zijn al formules aan de orde geweest:
 - enkele directe relaties: ($m = \rho V$, $V = L \cdot b \cdot d$, $F_z = m \cdot 9,8$ en de hefboomwet), en
 - 2 differentievergelijkingen ($\Delta x = v_{gem} \cdot \Delta t$ en $\Delta E = (P_{in} - P_{uit}) \cdot \Delta t$) Δ -notatie is expliciet gebruikt, de termen ‘directe relatie’ en ‘differentievergelijking’ niet. Het onderscheid tussen beiden is belangrijk, met name vanuit modelleerogpunt.
4. Modelleer-leerlijn: vanwege de stap in de ontwikkeling in het formulebegrip, en met name het gebruik van Coach vormt de module een belangrijke schakel in de leerlijn modelleren. Behalve om het gebruik van formules in Coach gaat het ook om het construeren van formules, en de relatie tussen formules en grafische symbolen. Hierbij wordt de relatie tussen Δ -formules en voorraad-stroomschema's expliciet gemaakt, en

wordt kennisgemaakt met directe relatie in een model. Ook de manier waarop de computer rekt komt aan de orde.

Opbouw

§1: introductie wetenschappelijke methode, schema theorie-experiment-model-vergelijken. Samenvatting moelcuulmodel ('molecuultheorie'). Het schema in fig. 1.2 vormt een soort richtsnoer en komt in het hoofdstuk voortdurend terug.

§2: uitleg van de werking van de handvacuümpomp. Introductie van de gelegheidsbegrippen 'pompslag' en 'terugslag'. Opdracht 2.1, voorspelling doen van de vorm van de grafiek, is belangrijk om te zorgen dat leerlingen met een meer conceptuele blik naar het experiment gaan kijken. De opgaven zijn bedoeld om kritisch te leren kijken naar het experiment. In de vorige versie hadden de opgaven een meer open karakter, maar daar konden Bovendien zaten de opgaven aanvankelijk bij de meetopdracht, maar dat interfereerde negatief met de aandacht voor het meetproces zelf. Daarom zijn de opgaven naar momenten eerder én later (vooral reflectie) in de lijn geplaatst. Het is daarom wel heel belangrijk dat leerlingen de opgaven maken voordat ze aan de metingen beginnen.

§3 is het experiment, gevolgd door reflectie-opdrachten en opgaven. Reflectie na afloop is nodig omdat anders er te weinig beklijft. Laat leerlingen niet aan het experiment beginnen voordat §2 helemaal af is.

In §4 stellen we het rekenmodel op. Daarvoor rekenen we in opdracht 4.1 eerst enkele slagen met de hand door. Met wat uitleg bleek dat vorig jaar goed te doen. In de paragraaf gaan we op verschillende momenten in op denkfouten die vorig jaar gemaakt werden. Vorig jaar werkten we met een iets simpeler pomp, waarbij rekenen met procenten voor de hand lag. Dat bleek echter nieuwe problemen op te leveren: leerlingen maakten merkwaardige rekenfouten: bijv.: "5% nemen betekent delen door 5".), die we nu proberen te vermijden door niet met percentages te werken.

De volgende stap bleek moeilijker: het omzetten van de rekenstap in formules. Daarom besteden we hier veel aandacht aan. Belangrijk is dat leerlingen zelf betrokken worden bij het proces van het opstellen van de formules, het gaat in wezen niet om de formules zelf. Ze moeten niet uit het hoofd geleerd worden. Daarom staan ze ook nergens omkaderd. Een belangrijk conceptueel probleem is het variërende karakter van N_p en N_{tot} . Ze stellen niet één getal voor, maar het zijn variabelen, die voortdurend van waarde veranderen. Hiervoor moeten leerlingen een stap maken op het punt van variabelebegrip.

Typisch gesprek tussen leerling en docent:

Ll.: schrijft $N_p = 0,12 \cdot 500$

D.: $0,12 \cdot 500$, is dat een formule of een sommetje?

Ll.: een sommetje

D.: N_p , is dat een constante of een variabele? of: $0,12 \cdot 500$ is dus eigenlijk een constante.

Ll....

De conclusie moet worden: N_p is een variabele en MOET dus door een formule gedefinieerd worden.

N.B.: voor de pompfactor stellen we bewust geen formule op, omdat de focus op het verband tussen N_p en N_{tot} moet liggen, en op het cyclische karakter. De formule voor de pompfactor zou overigens wel een goed voorbeeld zijn van een formule waarin geen variabelen maar constanten staan (pompfactor = $V_{pompruimte}/V_{tot}$)

In §5 wordt de relatie tussen Δ -formules en voorraad-stroomschema's gelegd en de rekenmethode van de computer geïntroduceerd, eerst aan de hand van tabellen bij een constante stroomvariabele (snelheid $v = \text{constant}$), vervolgens bij een variabele stroomvariabele (v aflezen uit meetgegevens), en tenslotte voor de vacuümpomp, met N_p als stroomvariabele die wordt gedefinieerd door middel van een (directe) formule. Vervolgens worden de rekenstappen geformaliseerd. **Dit deel van de paragraaf is nieuw, en dus nog niet eerder getest!**

Er wordt teruggerepen op stof uit 2MHV. Bedenk wel, dat veel zal zijn weggezakt, en sommige leerlingen te weinig aan het energiehoofdstuk hebben gewerkt. Zie dat hoofdstuk, en herhaal zondig delen er van.

§6 bevat het eigenlijke practicum. Na het voorafgaande zal dit een relatief kort practicum zijn. Leerlingen hoeven in feite alleen de formule en een beginwaarde in te vullen. Ze doen dit twee keer: eerst voor de 'vereenvoudigde pomp' uit opdracht 4.1, waarvoor ze al enkele rijen handmatig hebben doorgerekend. Vorig jaar bleek dit goed te werken: leerlingen herkenden de getallen en kregen daardoor meer vertrouwen.

Daarna wordt het model gemaakt voor de echte pomp. Hiervoor hoeven in feite alleen wat getallen te worden aangepast. De geschatte pompfactor blijkt te groot, de grafiek volgens het model daalt sneller dan de meetgegevens waarmee het model vergeleken wordt. De pompfactor moet dus worden geoptimaliseerd.

Tijdens het practicum is er vooral aandacht voor het proces, de reflectie vindt na het practicum plaats, in de theorie en de opgaven.

§7 gaat over een renteberekeningsmodel. Het is toegevoegd om drie redenen:

- herhalen van het in §6 geleerde over het gebruiken van formules in een model; een geld-model is voor sommige leerlingen bovendien begrijpelijker
- bevorderen van transfer
- laten zien dat datgene wat bij natuurkunde geleerd wordt buiten de natuurkunde toegepast kan worden.

Lesopbouw

De onderlinge afhankelijkheid van de paragrafen in dit hoofdstuk is groot. Het is belangrijk dat de leerlingen zoveel mogelijk de volgorde van het boek volgen.

Omdat de lessen verschillende lengtes hebben is het niet mogelijk een opbouw per les te geven. In plaats daarvan kan de tabel hieronder worden gebruikt, waarbij een tijdschema is aangegeven. Elke 40^e minuut is er een dikke lijn getrokken. Er komen nakijkkaarten voor bij het schriftelijk werk, al staat al het nakijkmateriaal ook op de computer.

Afkortingen: K = klassikaal; G = groepswerk; D = demo, L = leerlingen lezen, S = leerlingen schriftelijk werk, CP = computerpracticum, kP = klein practicum.

Tijd cum. (min.)	Δt (min.)		Materiaal	Werkvorm	Aandachtspunten
9	9	§1 theorie		K of L	- Thema's: wetenschappelijke methode, herhaling molecuulmodel ('-theorie')
11	2	Opg. 1.1		S	

(17)	(6)	B Opg. 1.2			
17 (23)	6	§2 theorie		K, K of L	- uitleg werking vacuümpomp - randvoorwaarden: volume en temperatuur moeten constant blijven - demonstreer de handvacuümpomp voor de klas
22 (28)	5	Opdracht 2.1		S	- Voorspelling grafiekvorm moet er voor zorgen dat de leerlingen met een meer conceptuele blik naar het experiment gaan kijken.
24 (30)	2	Opg. 2.2		S	- lekken kleppen
28 (34)	4	Opg. 2.3			- barometer aflezen
30 (36)	2	Opg. 2.4			- incomplete slagen
34 (40)	4	Opg. 2.5			- effect lekken kleppen
36 (42)	2	Opg. 2.6			- effect warmtetoever van buiten
66 (72)	30?	Practicum 3.1	- Vacuümklok met handvacuümpomp - Coach , liefst al tijdens de metingen.	P+CP, G	- Leerlingen mogen niet aan dit practicum beginnen voordat het voorafgaande schriftelijk werk gemaakt en nagekeken is! - Practicum kan niet klassikaal, er is maar een beperkt aantal opstellingen. Plan zorgvuldig. Laat leerlingen intekenen bij TOA voor keuze-uren. - Spreek van tevoren assistentie door TOA af - Laat leerlingen zonodig van te voren lap-tops reserveren. - Op moodle staat de Coach-instelling al klaar. - Practicum komt terug in de toets.
90 (96)	24	Opdracht 3.2		S	- Reflectie op experiment
94 (100)	4	Opg. 3.3		S	- effect lek op grafiek
100 (106)	6	Opg. 3.4			- effect telfout op grafiek
108 (114)	8	§4 theorie		K of L	- met de hand doorrekenen, vervolgens formaliseren. De laatste stap is moeilijk. - introductie van variabelebegrip. - introductie van N_p , N_{tot} , pompfactor en loops. - reflectie op gemaakte aannames.
136 (142)	28	Opdracht 4.1		S	- cruciale opdracht: handmatig doorrekenen van het pompproces voor een vereenvoudigde pomp. De uitkomst zal moeten worden gebruikt voor generalisatie.
138 (144)	2	Opg. 4.2		S	- remediërend
142 (148)	6	Opg. 4.3			
150 (156)	8	Opg. 4.4			- oefeningen pompfactor, reflectie, resultaat wordt gebruikt bij practicum
158 (164)	8	Opg. 4.5			- rekenoefening, reflectie
162 (168)	4	Opg. 4.6			- variabelebegrip
164 (170)	2	Opg. 4.7			- formulebegrip
172 (178)	8	Opg. 4.8			- opstellen van formules, transfer
176 (182)	4	Opg. 4.9			- onderscheid model - werkelijkheid
182 (188)	6	Opg. 4.10			- grenzen van het model, onderscheid model – werkelijkheid.
(196)	(8)	B. Opg. 4.11			S
198 (212)	16	§5 theorie		K of (L)	- thema's: - relatie Δ -formule \leftrightarrow voorraad-stroomschema; - de loops van de computer rekent; - de rekenstappen tijdens de loops. - Er wordt teruggegrepen op stof uit 2MHV. Bedenk wel, dat veel zal zijn weggezaakt, en sommige leerlingen te weinig aan het

					energiehoofdstuk hebben gewerkt. Zie dat hoofdstuk, en herhaal zonodig delen er van. - het koppelen van een tabel aan het model is niet eerder aan de orde geweest - dit is bovendien de eerste keer dat het rekenschema besproken wordt.
210 (224)	12	Opg. 5.1		S	- relatie Δ -formule \leftrightarrow grafisch model
214 (228)	4	Opg. 5.2			
224 (238)	10	Opg. 5.3			- Rekenschema handmatig doorlopen
244 (258)	20?	Opdracht 6.1	- Coach	CP,G	- reserveer lap-tops - Leerlingen moeten hun boek en schrift er bij houden. - de voorafgaande paragraaf moet af zijn. - als de voorafgaande stof begrepen is, hoeft het practicum niet lang te duren. - reflectie gebeurt na afloop.
247 (261)	3	§6 theorie		L	- foutenoorzaken en reflectie (vergelijken model \leftrightarrow experiment)
255 (269)	8	Opg. 6.2		S	- Reflectie op computerpracticum
257 (271)	2	Opg. 6.3a			- Interpretatie van grafieken
(277)	(2-6)	B Opg. 6.3b			- Reflectie
263 (283)	6	Opg. 6.4		S of K	- Reflectie op wetenschappelijke methode;
267 (287)	4	Opg. 6.5			- Kan ook goed als discussievraag
279 (299)	12?	Opg. 6.6		S of K	- Terugblik: aannames?
282 (302)	3	§7 theorie ¹		K of L	- introductie van een probleem dat met een computermodel op te lossen is. - transfer - N.B.: risico is, dat bij wiskunde bij berekeningen bij 3% vaak een factor 1,03 gebruikt wordt. Wij werken dan met een factor 0,03.
322 (342)	40	Opdracht 7.1	- Coach	CP, G	

Tot: 8 × 40 minuten → (minder dan) 3 lesweken

¹ Par. 7 is in de meest recente versie er uit gehaald en vervangen door een minder moeilijke opgave op het eind van par. 6; dit is nog niet in deze handleiding verwerkt.