

**ONTWERP VAN EEN LESSENSERIE
OVER MATERIALEN WAARIN
SAMENWERKING CENTRAAL STAAT**
VERSLAG ONDERZOEK VAN ONDERWIJS (10 EC)
NATUURKUNDE

EVA KROLIS (S1848704)

20 SEPTEMBER 2022

BEGELEIDER: HENK POL
TWEEDE BEOORDELAAR: LEONTINE DE GRAAF

UNIVERSITY OF TWENTE.

1. SAMENVATTING

Het Erasmus in Almelo is een Technasiumschool die de intentie heeft om het Technasium-gedachtegoed in de breedte van het onderwijs uit te werken. Hierbij ligt de focus op het toepassen van het werken in teams. Het doel van dit onderzoek is het ontwerpen van een lessenserie voor de 4^e klas havo en vwo natuurkunde over het onderwerp materialen.

In het vooronderzoek is onderzocht hoe de didactische methode samenwerkend leren kan helpen de samenwerking in de lessenserie effectief te maken. Ook de andere didactische methodes contextueel leren en onderzoekend leren zijn onderzocht en er is bepaald welke aspecten een toevoeging konden leveren aan de lessenserie. Vervolgens zijn de deelonderwerpen en bijbehorende leerdoelen binnen het onderwerp materialen bepaald en ten slotte is onderzocht welke aspecten van het vak Onderzoeken & Ontwerpen de samenwerking in de lessenserie konden bevorderen. Op basis van dit literatuuronderzoek en gesprekken met het docententeam natuurkunde zijn de ontwerpeisen opgesteld en is de lessenserie vervolgens ontworpen. In de lessenserie van 7 lessen werken de leerlingen samen in groepjes van vier aan een aantal onderdelen, namelijk conceptuele vragen, toepassingsvragen en twee practica. Deze lessenserie is uitgevoerd in een 4^e klas havo en een 4^e klas vwo.

Na de uitvoering bleek dat de ontwerpeisen allen volledig of gedeeltelijk zijn behaald. De lessenserie was over het algemeen effectief in het aanleren van het verklaren, uitleggen en toepassen van concepten binnen materiaalkunde. De mate van samenwerking verschilde per groepje, maar het bleek dat de groepjes die effectief met elkaar samenwerkten de hoogste resultaten hebben behaald. Binnen de lessenserie was er geen verschil in hoe groepjes met Technasium- of reguliere natuurkunde leerlingen de samenwerking aanpakten. Er wordt aanbevolen om de samenwerking binnen alle groepjes te verbeteren door de docent een actievere rol te geven binnen het samenwerkend leren. Ook worden er verschillende aanbevelingen gegeven om andere werkvormen of opdrachten te gebruiken om misconcepten te verhelpen en de lessenserie afwisselender te maken.

2. INHOUDSOPGAVE

1.	Samenvatting	I
2.	Inhoudsopgave	II
3.	Inleiding	1
3.1	Deelvragen	1
4.	Theoretisch kader	3
4.1	Deelvraag 1: Samenwerkend leren	3
4.2	Deelvraag 2: Andere didactische benaderingen	6
4.3	Deelvraag 3: Het onderwerp Materialen binnen natuurkunde.....	11
4.4	Deelvraag 4: Samenwerking in het vak Onderzoeken & Ontwerpen	15
5.	Ontwerpeisen.....	17
6.	Ontwerp	19
6.1	Procedure ontwerpproces	19
6.2	Beschrijving ontwerp	19
6.3	Beschrijving respondenten	24
6.4	Beschrijving dataverzameling en koppeling ontwerpeisen.....	26
7.	Resultaten.....	28
7.1	Uitvoering havo.....	28
7.2	Uitvoering vwo	29
7.3	Evaluatie leerlingen en mededocent	30
7.4	Samenwerking in de lessenserie.....	31
7.5	Concepten en misconcepten	32
7.6	Toetsing ontwerpeisen	34
7.7	Deelvraag 6: Vergelijking samenwerking Technasium- en reguliere leerlingen	36
8.	Conclusie en discussie	37
8.1	Ontwerpdoel en deelvragen	37
8.2	Beperkingen ontwerp en onderzoek.....	39
8.3	Aanbevelingen voor verbeteringen van de lessenserie.....	41
8.4	Suggesties voor verder onderzoek.....	43
9.	Bibliografie	45
A.	Appendices	48
1.	Syllabus havo domein D1 Eigenschappen van stoffen en materialen	48
2.	Lessenserie: Planner havo	49
3.	Lessenserie: Planner vwo	52
4.	Lessenserie: Voorkennistest	55
5.	Lessenserie: Practicum soortelijke warmte van een onbekend metaal	57
6.	Lessenserie: Nakijkmodel practicum soortelijke warmte van een onbekend metaal	58
7.	Lessenserie: Practicum elasticiteit van een zure mat	59

8.	Lessenserie: Begrippenkaart havo	62
9.	Lessenserie: Begrippenkaart vwo	65
10.	Lessenserie: Logboek	69
11.	Lessenserie: Nakijkmodel havo	72
12.	Lessenserie: Nakijkmodel vwo	80
13.	Geschreven evaluatie leerlingen	88

3. INLEIDING

Het Erasmus in Almelo is een Technasiumschool. Ze geven actueel bètatechnisch projectonderwijs voor havo en vwo gericht op het bedrijfsleven. In teams werken leerlingen aan innovatieve oplossingen voor een betere en duurzame wereld (Het Erasmus, z.d.). Het Erasmus heeft nu de intentie om het Technasium-gedachtegoed in de breedte van het onderwijs, dus ook binnen andere vakken dan alleen Onderzoeken & Ontwerpen, uit te werken. Het vak natuurkunde is hier, vanwege de diverse inhoudelijke raakvlakken met O&O, uitermate geschikt voor.

Hierbij ligt de focus op het toepassen van het projectonderwijs waarbij de leerlingen werken in teams, op een natuurkundeonderwerp. Om ervoor te zorgen dat de leerlingen op effectieve wijze samenwerken moet er in het lesmateriaal en de rol van de docent aandacht worden besteed aan de didactische benadering samenwerkend leren. Als dit op de juiste wijze wordt gedaan kan samenwerkend leren zorgen voor hogere leerresultaten en motivatie van leerlingen (Ebbens & Ettekoven, 2005; Laal & Ghodsi, 2012).

Er is voor gekozen om een lessenserie te ontwerpen voor de 4^e klas havo en vwo voor het laatste natuurkundeonderwerp van het schooljaar 2021/2022. Dit onderwerp is materialen, of zoals omschreven in het examenprogramma havo: Eigenschappen van stoffen en materialen & Functionele materialen (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Vanwege lesuitvallen, deels door de coronapandemie, is er echter een beperkt aantal lessen over voor dit onderwerp. Hier moet in het ontwerp ook rekening mee worden gehouden. Dit leidt tot het volgende ontwerpdoel: **Het ontwerpen van een lessenserie voor de 4^e klas havo en vwo natuurkunde over het onderwerp materialen waarin samenwerking centraal staat.**

3.1 DEELVRAGEN

Om deze lessenserie te ontwerpen, uit te voeren en analyseren moet er een aantal deelvragen beantwoord worden. Ten eerste moet er een literatuuronderzoek verricht worden om te bepalen hoe samenwerkend leren de samenwerking en daarmee de leerresultaten en motivatie van leerlingen kan verbeteren. Dit leidt tot de eerste deelvraag: *1 Welke theoretische achtergrond is er bekend over samenwerkend leren en hoe kan dit toegepast worden op de lessenserie?*

Andere didactische methodes zouden ook kunnen bijdragen aan deze lessenserie. Om een gewogen oordeel te maken welke didactische methodes en welke aspecten hiervan toegepast zullen worden in de lessenserie zal hierover ook een literatuuronderzoek verricht worden voor de tweede deelvraag: *2 Op welke manieren kunnen andere didactische benaderingen, zoals contextueel leren en onderzoekend leren, bijdragen aan de lessenserie?*

Om het lesmateriaal zelf te kunnen onderwerpen moeten alle deelonderwerpen en bijbehorende leerdoelen binnen het onderwerp materialen duidelijk zijn. De derde deelvraag is dus: *3 Welke deelonderwerpen zijn er binnen het onderwerp materialen?*

Deze lessenserie volgt het werken in leerling-teams zoals in het Technasium wordt gedaan. Aspecten van samenwerking binnen het vak O&O zouden dus ook toegepast moeten worden in deze lessenserie. Hieruit volgt de vierde deelvraag: *4 Hoe past samenwerken binnen het vak Onderzoeken & Ontwerpen en hoe zouden aspecten hiervan de samenwerking in de lessenserie kunnen verbeteren?*

Met behulp van deze deelvragen en het contact met de school kunnen de ontwerpeisen opgesteld worden. Vervolgens zal de lessenserie ontworpen worden met behulp van het literatuuronderzoek, bestaand lesmateriaal en contact met de docenten op de school en de begeleider van de universiteit. De ontworpen lessenserie zal uitgevoerd worden in een 4^e klas havo en een 4^e klas vwo op Het Erasmus. Hier zullen verschillende vormen van dataverzameling, waaronder de resultaten van de leerlingen en dataverzameling gericht op samenwerking, gebruikt worden om de lessenserie te analyseren. Hieruit kan bepaald worden of de ontwerpeisen zijn behaald en hoe de lessenserie verbeterd zou kunnen worden. Dit geeft dan antwoord op de vijfde deelvraag: *5 Welke eisen worden er gesteld aan de lessenserie op basis van de antwoorden op de deelvragen en eisen vanuit de school en zijn deze eisen gehaald?*

Met behulp van de resultaten van de lessenserie kan ook bepaald worden of er verschillen bestaan in samenwerking tussen Technasium-leerlingen en reguliere natuurkundeleerlingen. Binnen het vak O&O is samenwerking een van de eindtermen (Schaik & Bruning, 2014) en Technasium-leerlingen hebben over het algemeen meer ervaring met het werken in teams. Zo kan er bepaald worden of Technasium-leerlingen de samenwerking binnen de lessenserie anders aanpakken: *6 Wat is het verschil in samenwerking tussen groepjes die volledig of gedeeltelijk bestaan uit Technasium-leerlingen groepjes met enkel reguliere natuurkundeleerlingen?*

4. THEORETISCH KADER

4.1 DEELVRAAG 1: SAMENWERKEND LEREN

Welke theoretische achtergrond is er bekend over samenwerkend leren en hoe kan dit toegepast worden op de lessenserie?

4.1.1 Theoretische achtergrond van samenwerkend leren

Samenwerkend leren (cooperative learning of collaborative learning in het Engels) wordt gezien als een van de krachtigste instructiestrategieën om het leren te verbeteren (Ebbens & Ettekoven, 2005). Elke docent maakt hier, in meer of mindere mate, gebruik van. Er is jarenlang onderzoek gedaan naar de effecten van samenwerkend leren op de resultaten van de leerlingen. Dit laat zien dat samenwerkend leren veel kan opleveren, mits aan een aantal voorwaarden wordt voldaan.

Voorwaarden voor samenwerkend leren

Er is een aantal voorwaarden waar samenwerkend leren aan moet voldoen om te zorgen voor effectieve samenwerking tussen leerlingen die leidt tot verbeteringen van het leren van alle leerlingen (Ebbens & Ettekoven, 2005; Laal & Ghodsi, 2012).

1. Positieve wederzijdse afhankelijkheid

Hieronder wordt verstaan dat leerlingen elkaar nodig hebben bij het doen van de samenwerkingsopdracht. De ene leerling kan niet zonder de andere en omgekeerd. Er zijn verschillende manieren om dit vorm te geven, bijvoorbeeld door de gekozen structuur, een gezamenlijk doel, een taakverdeling, eventueel met specifieke rollen, samenwerken met beperkt materialen, een gezamenlijke beloning, zoals een groepscijfer en/of door een gezamenlijke identiteit met bijvoorbeeld een groepsnaam.

2. Individuele aanspreekbaarheid

Dit betekent dat de docent of andere leerlingen iedere leerling kunnen aanspreken op zowel de eigen inbreng in de groep als op het eindresultaat van de groep. Dit maakt de kans groter dat iedere leerling weet hoe hij ervoor staat met betrekking tot de resultaten en ten tweede wordt iedere leerling gedwongen naar zichzelf te kijken in plaats van dat hij zich kan verschuilen achter het resultaat van de groep. Het is dus essentieel dat de docent van tevoren nadenkt over hoe de individuele aanspreekbaarheid vormgegeven kan worden.

3. Directe interactie

Het zijn de interactiepatronen en de (verbale) uitwisseling tussen leerlingen die zorgen voor positieve resultaten. Leerlingen moeten maximaal gestimuleerd worden om elkaar te helpen. Het belangrijkste aspect hiervan is een tafelindeling waarbij directe interactie plaats kan vinden. Daarnaast kunnen opdrachten die gesprekken stimuleren helpen of het gebruik van rollen.

4. Sociale vaardigheden

Dit zijn vaardigheden als: elkaar leren kennen en vertrouwen, helder en duidelijk communiceren en luisteren, elkaar accepteren en ondersteunen en problemen effectief oplossen. Deze vaardigheden moeten ook aangeleerd worden en moeten dus regelmatig op school geoefend worden.

5. Aandacht voor het groepsproces

Dit houdt in dat samenwerkingsopdrachten ook nabesproken moeten worden. Door deze reflectie worden de leerlingen zich meer bewust van hun eigen bijdrage en die van hun groepsleden aan het groepsproces.

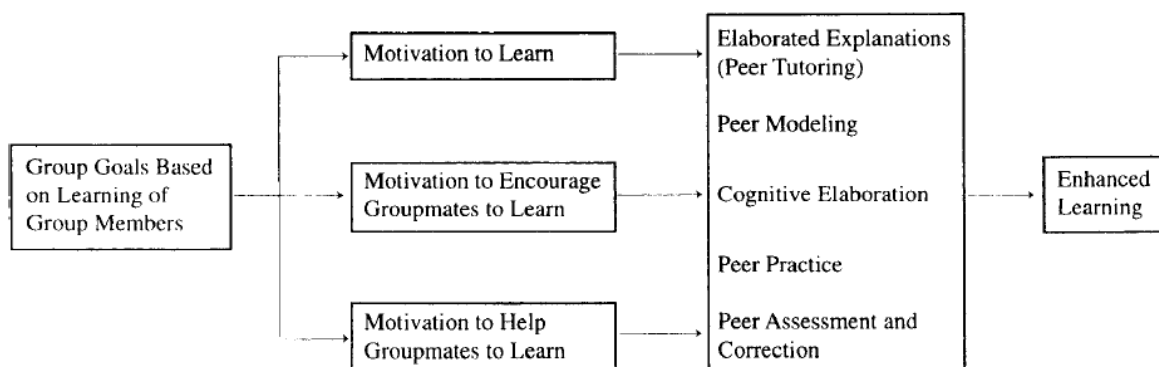
Invloed van samenwerkend leren

Als bovenstaande voorwaarden goed worden toegepast zijn er talrijke voordelen aan samenwerkend leren. De voordelen kunnen onderverdeeld worden in vier categorieën waarbij voor elk verschillende voorbeelden te vinden zijn. Deze voordelen zijn op:

- sociaal gebied: een positieve omgeving om samenwerken te oefenen;
- psychologisch gebied: leerling-gestuurde interactie verhoogt het zelfvertrouwen;
- academisch gebied: leerlingen halen betere resultaten en worden actief bij het leerproces betrokken
- het gebied van beoordeling: er zijn veel mogelijkheden voor alternatieve toetsing (Laal & Ghodsi, 2012).

Slavin (1996) geeft vier perspectieven op de effecten van samenwerkend leren. Deze perspectieven geven allen een verklaring voor de voordelen van samenwerkend leren, maar met name voor de verbeterde leerresultaten. Het eerste perspectief is een verbetering van motivatie. Dit perspectief hangt sterk samen met de voorwaarde van positieve wederzijdse afhankelijkheid. De leerlingen zijn gemotiveerd om de groepsgenoten te helpen en aan te moedigen, omdat hun eigen succes hier ook van afhangt. Een tweede perspectief op het succes van samenwerkend leren is de sociale cohesie. Dit perspectief hangt sterk samen met motivatie, maar het verschil is dat leerlingen hun groepsgenoten helpen, omdat ze om de groep geven en niet omdat het in het eigen belang van de leerling is. Het derde en vierde perspectief zijn niet gefocust op groepsnormen en interpersoonlijke invloed, maar zijn gericht op het verwerken van informatie. Het ontwikkelingsperspectief gaat uit van de veronderstelling dat interactie helpt om concepten te beheersen. Dit perspectief gaat vooral uit van jongere kinderen met eenvoudigere taken. Het vierde en laatste perspectief is gebaseerd op het principe dat, om informatie op te slaan, dit geoefend moet worden om het cognitief te herstructureren in het brein. Een van de meest effectieve manieren hiervoor is het uitleggen aan iemand anders.

Deze perspectieven kunnen gezien worden als aanvullingen op elkaar en geen losstaande tegensprekende theorieën. Slavin (1995) geeft een model om deze vier verschillende perspectieven samen te voegen. Dit model is gegeven in figuur 1. Het samen leren kan zo de cognitieve processen verbeteren (perspectief 3 en 4) door bijvoorbeeld elkaar concepten uit te leggen (cognitive elaboration) of samen te oefenen (peer practice). De groepsdoelen kunnen ook leiden tot samenhang in de groep wat de zorg voor de medeleerlingen verbeterd (perspectief 2). Ten slotte kan de motivatie verhoogd worden, omdat elk groepslid een inspanning moet leveren om een adequaat groepsresultaat te halen (perspectief 1).



Figuur 1: Model voor de perspectieven op samenwerkend leren (naar Slavin (1995))

Het SLO heeft als onderdeel van de 21^e -eeuwse vaardigheden een leerlijn samenwerken ontwikkeld waarin onder andere de kenmerken van goede samenwerking worden benoemd (SLO, 2020). Deze kenmerken van een goede samenwerking zijn een herkenbare eigen inbreng van iedere leerling waarbij er actief wordt geluisterd en feedback wordt gegeven en ontvangen. Bij een verschil van mening kan een groep samen een oplossing vinden. Dit uit zich in constructief overleg binnen de groep en een taakverdeling waar door de groep over na is gedacht zodat alle leerlingen een vergelijkbare, hoge inzet hebben voor het groepsresultaat (SLO, 2020).

Groeperen

De docent kan ervoor kiezen om zelf groepen te maken of de leerlingen dit zelf te laten doen. Zo ontstaan er homogene of heterogene groepen (Ebbens & Ettekoven, 2005). Homogeen groeperen wil zeggen dat leerlingen op een identiek kenmerk bij elkaar zijn geplaatst, bijvoorbeeld vriendschap. Als leerlingen zelf mogen kiezen ontstaan er meestal dan ook homogene groepen. In heterogeen groeperen wordt er bewust gezorgd voor verschillen. Dit kunnen verschillen zijn in niveau, geslacht, milieu of etnische afkomst. Onderzoeksresultaten pleiten vaak voor heterogeen samengestelde groepen op niveau om de groep effectief aan het leren te krijgen (Ebbens & Ettekoven, 2005). De leerlingen moeten dan echter wel voldoende sociale vaardigheden en aandacht voor het groepsproces hebben, zodat de sterkere leerlingen de zwakkere leerlingen goed bij kunnen staan. Als hieraan wordt voldaan leiden heterogene groepen tot een effectievere leeromgeving voor zowel sterke en gemiddelde leerlingen (Baer, 2003) als zwakkere leerlingen (Van der Laan, Smith & Spindle, 2007). Een methode om heterogeen op niveau van leerstof te groeperen is om de leerlingen op volgorde van cijfers te plaatsen en hieruit te nummeren. Dit systeem geeft de garantie voor een eerlijke verdeling van sterkere en zwakkere leerlingen over alle groepen. Op eenzelfde manier kan ook gegroepeerd worden op basis van andere kwaliteiten of ervaringen van de leerlingen.

Rol van de docent

Een duidelijke instructie is essentieel binnen samenwerkend leren. Leerlingen moeten weten wat er van hen wordt verwacht en hoe ze aan die verwachtingen kunnen voldoen. Om dat te realiseren moeten docenten een heldere volledige instructie geven. Als de leerlingen weinig ervaring hebben met samenwerkend leren is het noodzakelijk die instructie stapsgewijs te geven. Daarnaast kan procedurele steun op het bord daarbij helpen (Van Ast et al., 2020).

Ebbens en Ettekoven (2005) geven drie vuistregels bij begeleiding van het samenwerkend leren:

1. De docent doet niets wat de leerlingen zelf kunnen. Zo kan het helpen om de eerste 5 minuten (of langer) überhaupt niet te helpen. Ook moet de docent vooral vragend helpen.
2. De docent fungeert als coach en scheidsrechter. Als coach stelt de docent reflecterende vragen over het proces of de inhoud en bekrachtigt vooral gewenst positief gedrag. Daarnaast is de docent een scheidsrechter die ervoor zorgt dat zowel de sterkere als zwakkere leerlingen een bijdrage leveren aan het groepsproces. Om de groepsdynamiek te versterken helpt de docent enkel groepen en geen individuen.
3. De docent zoekt een goede balans tussen het begeleiden van sterkere en zwakkere groepjes. Hierbij past de docent de begeleiding aan aan het niveau van het groepje, dit kan verschillen van sterk gestructureerd tot open interactief.

4.1.2 Toepassing in de lessenserie

Het uitgangspunt van deze lessenserie is dat leerlingen in groepjes zelf het natuurkundeonderwerp Materialen behandelen. Hiervoor moeten zij dus samenwerken en samenwerkend leren is hierbij essentieel. Hiervoor moet zowel in het lesmateriaal als in de rol van de docent aandacht worden besteed aan samenwerkend leren. Uit het vooronderzoek kwam namelijk dat als dit op goede wijze

wordt gedaan samenwerkend leren kan zorgen voor hogere leerresultaten en motivatie van leerlingen (Laal & Ghodsi, 2012).

In het lesmateriaal moeten de vijf voorwaarden van samenwerkend leren (Ebbens & Ettekoen, 2005 en Laal & Ghodsi, 2012) aan bod komen. Hoe deze voorwaarden aan bod komen zal worden toegelicht in paragraaf 6.2.3. Daarnaast kwam uit het literatuuronderzoek dat heterogeen groeperen de voorkeur heeft boven homogeen groeperen. Zowel sterkere, gemiddelde als zwakkere leerlingen kunnen hierbij betere resultaten halen (Baer, 2003 en Van der Laan, Smith & Spindle, 2007). Er zal dus gekozen worden voor heterogene groepen. In dit onderzoek moeten deze heterogene groepen op de eerste plaats zijn op basis van ervaring in samenwerking, door te groeperen naar O&O ervaring. Op de tweede plaats kan gegroepeerd worden op het natuurkundeniveau. Dit moet echter wel duidelijk gebracht worden om discussies vanuit de leerlingen te voorkomen. Ten slotte heeft de docent in samenwerkend leren ook een andere rol dan in reguliere lessen. De vuistregels voor de docent binnen samenwerkend leren (Ebbens & Ettekoen, 2005) kunnen de docent helpen om leerlingen te begeleiden in hun leren. Daarnaast moet bij de start de instructie duidelijk en helder moeten gegeven en kan daarnaast nog op papier of het bord staan zodat duidelijk is wat er van de leerlingen wordt verwacht (Van Ast et al., 2020).

De samenwerking kan als effectief worden bevonden als er constructief overleg binnen de groep plaatsvindt en een taakverdeling waar door de groep over na is gedacht zodat alle leerlingen een vergelijkbare, hoge inzet hebben voor het groepsresultaat (SLO, 2020). Gedurende de lessenserie kan daarnaast worden gelet op de motivatie van de leerlingen en aspecten van samenwerken zoals het uitleggen aan medeleerlingen. Dit zijn volgens Slavin (1996) tekenen van effectief samenwerkend leren.

4.2 DEELVRAAG 2: ANDERE DIDACTISCHE BENADERINGEN

Op welke manieren kunnen andere didactische benaderingen, zoals contextueel leren en onderzoekend leren, bijdragen aan de lessenserie?

4.2.1 Contextueel leren

In 2013 zijn de syllabi van de eindexamenprogramma's havo en vwo aangepast. De kennisdomeinen zijn toen van naam veranderd van de oorspronkelijke natuurkundige begrippen, zoals 'mechanica' en 'optica' naar namen gericht op de context, zoals 'beweging en wisselwerking' en 'beeld- en geluidstechniek'. Ook wordt er regelmatig gesproken over: 'De leerling kan in context...' (College voor Toetsen en Examens, 2020a & College voor Toetsen en Examens, 2020b). Dit sluit aan bij de vernieuwing om het natuurkundeonderwijs meer te richten op contexten.

Het begrip context wordt door de bètavernieuwingscommissies gedefinieerd als: *de omgeving waarin leren plaatsvindt; een situatie of probleemstelling die voor leerlingen betekenis heeft of krijgt door de uit te voeren (leer)activiteiten* (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Contextueel leren is een methode waarin het natuurkundemateriaal in een real-life context wordt geplaatst. Redenen hiervoor zijn om het conceptueel begrip en probleemoplossende vaardigheden te verbeteren en om de motivatie te verhogen (Taasobshirazi & Carr, 2008). Een uitdaging van het contextueel leren is het wendbaar leren gebruiken van concepten in contexten. Het gevaar dreigt dat een leerling een concept goed kan toepassen binnen de context waarin het is geleerd, maar het concept lastig herkent in een alternatieve context (Putter, 2017).

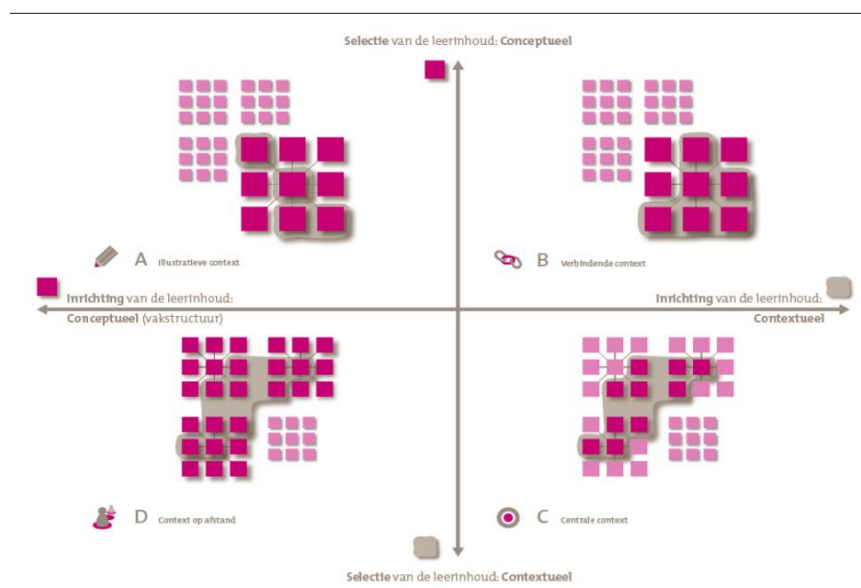
Vier soorten contexten

Het handboek natuurkundendidactiek (Putter, 2017) onderscheidt vier soorten contexten:

- Leefwereldcontexten. Deze contexten zijn afkomstig uit het dagelijks leven van de leerlingen, zoals mobiele telefoons en hun apps, scooters en uitgaan.
- Maatschappelijke contexten. Dit zijn contexten ontleend aan thema's die relevant zijn in het maatschappelijk leven en de samenleving, zoals milieuproblematiek en medische hulpmiddelen (zonnecellen, insulinepompjes).
- Beroepscontexten. Hiermee worden contexten bedoeld die afkomstig zijn uit de praktijk van mensen die beroepsmatig in aanraking komen met een bepaald vakgebied zoals dat van forensisch onderzoeker, civiel technicus en auto-ontwerper.
- Wetenschappelijke contexten. Hiermee worden contexten bedoeld die afkomstig zijn uit de praktijk van de wetenschap, zoals nieuwe ontdekkingen in de natuurkunde, onderzoeksmethoden en hun uitkomsten (gravitatiegolven, CERN, onderzoek naar rampen).

De wisselwerking tussen contexten en concepten

Bruning & Michels (2013) van het SLO geven verschillende manieren om aandacht te besteden aan de wisselwerking tussen concepten en contexten binnen lessenseries en lesmateriaal. Hierbij staan twee vragen centraal: Wat bepaalt de inhoudselectie van het materiaal en wat bepaalt de inrichting van het materiaal? Beide vragen kunnen beantwoord worden langs de conceptuele vakstructuur of door de context als rode draad te kiezen. Deze twee vragen met ieder twee antwoorden leveren vier verschillende uitwerkingen op voor de wisselwerking tussen contexten en concepten. Dit levert het concept-contextvenster op, gegeven in figuur 2.



Figuur 2: Concept-contextvenster (naar Bruning & Michels, 2013)

De vier uitwerkingen voor de wisselwerking van contexten en concepten zijn de illustratieve context, verbindende context, centrale context en context op afstand.

1. Illustratieve context

Hier bepaalt de conceptuele vakstructuur zowel de leerinhoud als de inrichting van het materiaal. Alle concepten hangen met elkaar samen en vormen een logisch geheel. Contexten worden gebruikt ter illustratie of om kennis en vaardigheden toe te passen. Typisch is dat er verschillende kleine contexten worden gebruikt die volgen uit de keuze van de concepten.

2. Verbindende context

De conceptuele vakstructuur bepaalt de leerinhoud, maar de inrichting van het materiaal wordt bepaald door de gekozen context. De verbindende context wordt zo gekozen dat de concepten die in het materiaal aan bod moeten komen, zoveel mogelijk binnen die context passen. Sommige concepten passen niet goed binnen deze context, maar komen aan bod omdat ze verbonden zijn met de conceptuele vakstructuur.

3. Centrale context

Hier bepaalt de context zowel de leerinhoud als de inrichting. De concepten die aan bod komen hangen niet zozeer met elkaar samen, maar volgen allemaal uit de centrale context. Concepten komen uit verschillende deelgebieden van een vak of zelfs uit verschillende vakgebieden.

4. Context op afstand

De context bepaalt hier de leerinhoud, maar het lesmateriaal is vormgegeven langs de conceptuele vakstructuur. De context bepaalt welke concepten aan bod komen, maar het materiaal gaat vervolgens vooral over deze concepten. De meeste concepten hangen groepsgewijs met elkaar samen en er komen concepten uit verschillende deelgebieden of vakgebieden aan bod. Er kunnen ook concepten aan bod komen die niet direct aan de context gerelateerd zijn door de conceptuele inrichting en er kunnen ook verschillende kleinere contexten aan bod komen.

Invloed van contextueel leren

Taasobshirazi & Carr (2008) vergelijken in hun review study verschillende artikelen over de invloed van contextueel leren op de leerresultaten van natuurkundeleerlingen. Daarbij verdelen ze de artikelen op in twee types, namelijk onderzoeken die traditionele natuurkundeopdrachten ombouwen tot context-based opdrachten en onderzoeken die daarnaast ook gebruik maken van instructie gebaseerd op contexten. De resultaten van de onderzoeken met enkel opdrachten gebaseerd op contexten duidt wel op verbeterde leerresultaten, maar geeft zeker geen solide bewijs.

Ook de onderzoeken waarin instructie gebaseerd op contexten wordt gebruikt geven geen duidelijke conclusies over de invloed op de leerresultaten. Veel onderzoeken hebben methodologische problemen en door het gebruik van groepswork is het onduidelijk of verbeterde leerresultaten daadwerkelijk het gevolg zijn van het contextueel leren of andere redenen hebben. Kortom, contextueel leren heeft een positief resultaat op de motivatie van leerlingen, maar om te bepalen of contextueel leren de leerresultaten ook verbetert is meer onderzoek nodig in deze onderzoeksrichting.

4.2.2 Onderzoekend leren

Doelen van onderzoekend leren

Onderzoekend leren heeft verschillende doelen, ten eerste het aanleren van natuurkundige kennis, begrippen en concepten. Door zelf op onderzoekende wijze met de stof bezig te zijn, bijvoorbeeld door voorspellingen te doen, moet de leerling de uitkomst een plek geven in zijn of haar bestaande kennis. Hierdoor kan een beter conceptueel netwerk van kennis en begrip zich vormen. Echter, dit werkt alleen als leerlingen de onderzoeksvaardigheden, waaronder vragen stellen, voorspellingen doen, observeren, interpreteren, communiceren en reflecteren op zijn minst in zekere mate beheerst. Dit roept echter de vraag op of de leerling al moet kunnen onderzoeken om onderzoekend leren winstgevend te maken. Het leren onderzoeken en het ontwikkelen van een onderzoekende houding is namelijk een doel op zich van onderzoekend leren. Dit is direct een van de moeilijkheden:

er zijn veel leerdoelen die vaak niet scherp zijn omschreven (Pol, 2017). Dit is vergelijkbaar voor begripspractica binnen natuurkunde. Hier is het ook belangrijk dat de docent de leerdoelen duidelijk voor zichzelf formuleert, het practicum hierop instelt en vooral niet te veel leerdoelen opstelt. Een begripspracticum is alleen effectief als de leerling de benodigde vaardigheden beheerst en het practicum niet een te gesloten karakter heeft. Dan is de leerling te veel gericht op doen en te weinig op denken (Kortland et al., 2017). Dit kan doorgetrokken worden naar onderzoekend leren: er moeten niet te veel leerdoelen zijn, de leerling moet de benodigde onderzoeksvaardigheden beheersen en het leren moet een (deels) open karakter hebben.

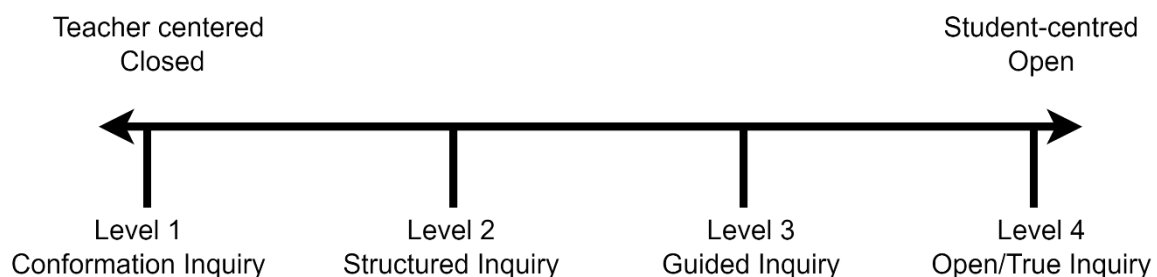
Invloed van onderzoekend leren

PRIMAS was een internationaal project van de Europese Unie dat staat voor Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education across Europe. Veertien universiteiten uit twaalf landen hebben samengewerkt om onderzoekend leren in wiskunde en de natuurwetenschappen te implementeren. PRIMAS omschrijft onderzoekend leren als een manier van lesgeven en leren waarin leerlingen werken op de manier van echte onderzoekers (PRIMAS, 2013). Deze definitie sluit aan bij een ander doel van onderzoekend leren, namelijk het aanleren van de nature of science. Door het aanleren van een kritische, onderzoekende houding leren leerlingen de aard van de natuurwetenschappen beter kennen. Er is een aantal voordelen van onderzoekend leren, zoals een hogere motivatie, het beter kunnen toepassen van kennis in nieuwe situaties en het beter onthouden en begrijpen van kennis. Er wordt echter wel aangeraden om onderzoekend leren geleidelijk toe te passen. Door in stappen de leerlingen meer vrij te laten kunnen leerlingen (en docenten) wennen aan deze manier van werken. Daarbij is onderzoekend leren het productiefst wanneer leerlingen samenwerken in groepjes, waardoor de voordelen en moeilijkheden van samenwerkend leren ook voor onderzoekend leren toepasbaar zijn (PRIMAS, 2013; Bell et al., 2010).

Onderzoekend leren in de theorieles

Het klinkt voor de hand liggend om onderzoekend leren enkel in practicum-lessen te gebruiken. In theorielessen kan dit echter ook aan bod komen. Dit kan in verschillende gradaties. Tafuya et al. (1980) heeft hier een classificatie in gemaakt (figuur 3). Deze classificatie definieert vier types van leren, van docent-gestuurd en gesloten naar leerling-gestuurd en open. Deze vier types zijn:

- Confirmation Inquiry: de docent geeft les over de concepten, maakt de vragen en is de baas over het proces.
- Structured Inquiry: de docent maakt de initiële vragen deelt de procedures. Daarna helpt hij de leerlingen met het verkrijgen en analyseren van data en het trekken van conclusies.
- Guided Inquiry: de docent verstrekt de onderzoeksvraag en de leerlingen doen hun eigen onderzoek. Mogelijkheden hiervoor zijn gedachte-experimenten, een klassikale demonstratie of het gebruik van concept cartoons.
- Open/True Inquiry: de leerlingen formuleren hun eigen vragen, ontwerpen hun onderzoek, verkrijgen eigen data en presenteren wat ze hebben gevonden.



Figuur 3: Types van onderzoekend leren (Naar Tafuya et al., 1980)

Het gebruik van onderzoekend leren in theorielessen kan dus op verschillende niveaus. Bij de keuze van het niveau moet rekening gehouden worden met de onderzoeksvaardigheden van de leerlingen, maar ook met de planning, leerling-gestuurd leren kost over het algemeen meer tijd dan docent-gestuurd leren. Als een docent onderzoekend leren wil toepassen in een theorieles moet het lesmateriaal hier ook op aangepast worden. Hierbij zou een opdracht gemaakt kunnen worden die leerlingen de ruimte biedt om eigen ideeën te onderzoeken door een hypothese op te stellen en/of een onderzoek te ontwerpen.

Rol van de docent

Onderzoekend leren vraagt een andere benadering van de docent. De rol verschuift van informatieverstrekker naar begeleider van het leerproces. Dit betekent niet dat de docent enkel passief de leerlingen volgt. De leraar doet mee aan het proces door vragen te stellen en leerlingen uit te dagen om hun beredenering uit te leggen. Daarbij is het belangrijk dat de docent tijdens het leerproces het kennis- en begripsniveau van de leerlingen in de gaten houdt. Formatief toetsen kan hierbij helpen zodat de docent in kan spelen op het niveau van de leerlingen (Abril et al., 2013; Pol, 2017).

4.2.3 Analyse didactische benaderingen

In het literatuuronderzoek zijn de leermethoden samenwerkend leren, onderzoekend leren en contextueel leren besproken. Er is een aantal overeenkomsten tussen deze instructiestrategieën. Samenwerkend leren en onderzoekend leren zijn beide meer leerling-gestuurd. Er gebeurt minder klassikaal dan in een 'reguliere les' en de docent krijgt dus meer een begeleidende rol. De rol van de docent in deze twee leermethoden is dus redelijk vergelijkbaar. Contextueel leren kan ingezet worden in zowel leerling-gestuurd als docent-gestuurd onderwijs. Met contextueel leren zijn echter weer overeenkomsten met onderzoekend leren. In beide strategieën moet de leerling de natuurkundige concepten relateren aan de wereld om zich heen. Bij onderzoekend leren wordt dit gedaan door middel van een klein of groot onderzoek, terwijl er bij contextueel leren veel verschijningsvormen mogelijk zijn.

Deze didactische methodes kunnen alle drie gebruikt worden in het ontwerp van de lessenserie en combinaties zijn dus goed mogelijk. Echter hoeft dit niet per se wenselijk te zijn. In hoofdstuk 4.1 is aangegeven op welke manier samenwerkend leren zal worden toegepast in de lessenserie. Hieronder zal er een onderbouwde keuze worden gemaakt of contextueel leren en onderzoekend leren ook toegepast zullen worden en welke aspecten hiervan dan naar voren zullen komen.

Contextueel leren

Uit het literatuuronderzoek kwam dat contextueel leren de motivatie bij leerlingen verhoogt, maar dat er nog onduidelijk is of het ook de leerresultaten verbeterd (Taasoobshirazi & Carr, 2008). Een verhoogde motivatie is echter al een goede reden om contextueel leren te gebruiken in de lesmodule. Daarnaast moeten de leerlingen hun conceptuele kennis in het examen ook in verschillende contexten toe kunnen passen (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Hierbij is het wenselijk om verschillende soorten contexten te gebruiken om de interesses van verschillende leerlingen aan te spreken. Welke manier van contextueel leren, passend in een van de kwadranten van het concept-contextvenster (Bruning & Michels, 2013), gebruikt zal worden moet worden bepaald in de ontwerpfase van dit onderzoek. Dit zal besproken worden in paragraaf 5.2.4.

Onderzoekend leren

Er wordt voor gekozen om onderzoekend leren niet of vrijwel niet terug te laten komen in de te ontwerpen lessenserie. Hier zijn verschillende redenen voor. Het doel van deze lessenserie is om de leerlingen de concepten binnen het onderwerp materialen te laten verklaren, uitleggen en toepassen. Echter lopen binnen onderzoekend leren de leerdoelen vaak door elkaar. Doordat er aandacht besteed moet worden aan onderzoekende vaardigheden en nature of science kunnen de inhoudelijke leerdoelen naar de achtergrond vallen (Pol, 2017 en Kortland et al, 2017). Daarnaast kan het lastig zijn om te bepalen of de leerlingen de inhoudelijke leerdoelen hebben gehaald. Verder wordt er bij onderzoekend leren vaak dieper op een deelonderwerp ingegaan, terwijl het belangrijk is dat de leerlingen alle deelonderwerpen behandelen, omdat materialen een onderdeel is van het Centraal Eindexamen van de havo. Ten slotte kost onderzoekend leren vaak meer tijd dan andere didactische methodes (Tafoya et al., 1980). Voor deze lessenserie is echter maar een beperkte tijd beschikbaar. Echter, bij het onderwerp materialen is het wenselijk om wel een practicum te doen, aangezien hiermee de concepten gekoppeld kunnen worden aan de praktijk. In een practicum is er aandacht voor enkele onderzoeksvaardigheden, al moet er dan rekening mee gehouden worden dat de leerlingen geen 'kookboekpracticum' uitvoeren. Hierin kan onderzoekend leren dus naar voren komen, al zal dit niet als eis worden gesteld.

4.3 DEELVRAAG 3: HET ONDERWERP MATERIALEN BINNEN NATUURKUNDE *Welke deelonderwerpen zijn er binnen het onderwerp Materialen?*

In 2015 is het eindexamenprogramma natuurkunde voor de havo aangepast (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, 2010). Hierbij zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd, waarbij onder andere het domein D Materialen is toegevoegd. Materialen is dus een onderwerp dat nog maar relatief kort onderdeel is van het CE van de havo. In vwo is het onderwerp materialen onderdeel van het schoolexamen en niet het centraal examen. In dit hoofdstuk zal op de deelonderwerpen binnen materiaalkunde worden ingegaan. Hier wordt uitgegaan van de stof voor de havo. Voor het vwo zijn de deelonderwerpen vergelijkbaar, maar iets vrijer vanwege het feit dat materialen in het vwo enkel een schoolexamenonderdeel is (Paus, 2013). Daarna zullen de afgelopen drie eindexamens worden geanalyseerd voor dit domein. Het doel hiervan is bijvoorbeeld om te bepalen welke deelonderwerpen veel terugkomen in het eindexamen en of er deelonderwerpen zijn die moeilijker worden bevonden waar in de lessenserie meer aandacht aan besteed moet worden.

4.3.1 Deelonderwerpen binnen het domein materialen

Het Domein D Materialen bestaat uit 2 subdomeinen. In het examenprogramma worden deze subdomeinen als volgt omschreven:

“Subdomein D1: Eigenschappen van stoffen en materialen

De kandidaat kan in contexten fysische eigenschappen van stoffen en materialen beschrijven en verklaren met behulp van atomaire en moleculaire modellen.

Subdomein D2: Functionele materialen

De kandidaat kan in de context van de ontwikkeling van functionele materialen fysische begrippen gebruiken en de mogelijke toepassingen van deze materialen toelichten en verklaren.” (College voor Toetsen en Examens, 2020a)

Hierbij is subdomein D1 onderdeel van het centraal examen en subdomein D2 van het schoolexamen voor de havo. In het vwo valt het subdomein E1 *Eigenschappen van stoffen en materialen* onder het

domein E *Straling en materie*. In het vwo hoort dit subdomein enkel bij het schoolexamen en is er geen subdomein *Functionele materialen* aanwezig (College voor Toetsen en Examens, 2020b).

In de syllabus van de havo (College voor Toetsen en Examens, 2020a) wordt een toelichting gegeven op het Centraal Examen. Hierbij worden onder andere de verschillende domeinen die getoetst worden in het Centraal Examen toegelicht. Voor elk domein wordt er aangegeven welke voorkennis er bekend verondersteld wordt, er wordt een uitgesplitste specificatie gegeven met vakbegrippen en de formules worden genoemd. Het subdomein *D1. Eigenschappen van stoffen en materialen* bestaat uit 6 onderdelen. In bijlage A1 is de syllabus voor dit domein gegeven. Hieronder zullen de onderdelen kort worden benoemd.

Het onderwerp dichtheid met de bijbehorende formule en de begrippen molecuul en atoom horen bij de voorkennis van dit domein. Verder worden de volgende deelonderwerpen gespecificeerd (geformuleerd in leerdoelen):

“De kandidaat kan:

- 1. het moleculaire model van materie gebruiken bij het verklaren van fasen en faseovergangen,*
- 2. warmtetransport verklaren met behulp van materiemodellen,*
- 3. temperatuurveranderingen van een stof beschrijven als gevolg van het toe- of afvoeren van warmte,*
- 4. het verband tussen de dichtheid en de soortelijke warmte bij metalen beschrijven en verklaren,*
- 5. het verband tussen de warmtegeleiding en elektrische geleiding bij metalen beschrijven en verklaren,*
- 6. spanning-rekdiagrammen interpreteren in termen van elastische en plastische vervorming en berekeningen maken aan elastische vervormingen.”* (College voor Toetsen en Examens, 2020a)

4.3.2 Analyse eindexamens 2018, 2019, 2021

De CITO maakt vanaf het eindexamen van 2018 op overzichtelijke wijze bekend hoe goed de vragen uit het eindexamen gemaakt worden (Cito, z.d.). Zo geven ze aan wat de P-waarde is van elke vraag. Deze data kunnen gebruikt worden om te bepalen welke onderdelen veel terug komen in het eindexamen en waar veel of weinig punten worden behaald. Hiervoor zijn de eindexamens van het eerste tijdvak van 2018, 2019 en 2021 geanalyseerd. De resultaten zijn te vinden in tabel 1 t/m 3. Hier is voor elke vraag aangegeven bij welke specificatie binnen Materialen de vraag past en wat het type vraag is. Ook is aangegeven of de vraag valt onder Reproductie, Toepassing 1, Toepassing 2 of Inzicht, zoals in het RTTI-systeem (SLO, 2021). Ten slotte zijn het maximale aantal punten, het gemiddeld behaalde aantal punten en de P-waarde gegeven. Ook is voor elk eindexamen aangegeven wat de P-waarde was van het volledige examen en de gemiddelde P-waarde van de punten te behalen binnen het domein materialen.

2021 eerste tijdvak (College voor Toetsen en Examens, 2021 en Cito, z.d.)

P-waarde examens: 52.10

Gemiddelde P-waarde Domein D: 55.83

Vraag examens	Specificatie deelonderwerp (zie leerdoelen blz. 12)	Type vraag	RTTI	Maximale aantal punten	Gemiddeld behaalde aantal punten	P-waarde
1	1 molecuulmodel	Meerkeuze	R	1	0.83	83
3	3 soortelijke warmte, domein G1 elektriciteit	Bereken	T2	5	1.77	35
6	1 molecuulmodel, 3 soortelijke warmte, 5 warmtegeleiding	Waar/niet waar	I	2	1.09	54
7	6 elasticiteit	Bereken	T1	2	1.36	68
24	6 elasticiteit, domein C1 krachten	Aangeven in tabel	R	2	1.65	83

Tabel 1: Resultaten havo-examen Domein D1 2021 eerste tijdvak

2019 eerste tijdvak (College voor Toetsen en Examens, 2019 en Cito, z.d.)

P-waarde examens: 57.07

Gemiddelde P-waarde Domein D: 58.42

Vraag examens	Specificatie deelonderwerp (zie leerdoelen blz. 12)	Type vraag	RTTI	Maximale aantal punten	Gemiddeld behaalde aantal punten	P-waarde
14	3 soortelijke warmte	Bereken	T2	4	1.78	44
15	3 soortelijke warmte	Leg uit	T2	2	0.9	45
16	2 warmtetransport	Aangeven in tabel	R	3	2.42	81
17	2 warmtetransport	Bereken	T1	3	1.91	64

Tabel 2: Resultaten havo-examen Domein D1 2019 eerste tijdvak

2018 eerste tijdvak (College voor Toetsen en Examens, 2018 en Cito, z.d.)

P-waarde examens: 63.41

Gemiddelde P-waarde Domein D: 69.27

Vraag examens	Specificatie deelonderwerp (zie leerdoelen blz. 12)	Type vraag	RTTI	Maximale aantal punten	Gemiddeld behaalde aantal punten	P-waarde
8	Voorkennis dichtheid	Bereken	T1	3	2.06	69
9	4 metalen, G1 elektriciteit	Bepaal/bereken	T2	4	2.66	66
26	6 elasticiteit	Bereken	T2	4	2.9	72

Tabel 3: Resultaten havo-examen Domein D1 2018 eerste tijdvak

Bij enkele vragen wordt ook een ander domein getoetst zoals het subdomein *Gebruik van elektriciteit* bij vraag 3 van 2021 en vraag 9 van 2019 en het domein *Kracht en beweging* bij vraag 24 van 2021. De meeste vragen toetsen 1 enkele specificatie binnen materialen. De uitzondering is de inzichtsvraag 6 uit 2021 die past binnen verschillende specificaties.

Er is een duidelijke tendens te zien binnen de RTTI-classificatie en de P-waarde. R en T1 vragen behalen over het algemeen een hogere P-waarde en worden dus beter gemaakt dan T2 en I-vragen. Voor alle 3 de examens is de gemiddelde P-waarde voor Domein D iets hoger dan de gemiddelde P-

waarde van het totale examen. De vragen over materialen worden in deze eindexamens gemiddeld over alle leerlingen dus iets beter gemaakt dan de rest van het examen.

Specificatie deelonderwerp	Punten in examens	Behaalde punten	P-waarde
Voorkennis: dichtheid	3	2.06	69
1: molecuulmodel	3	1.92	64
2: warmtetransport	6	4.33	72
3: soortelijke warmte	13	5.54	43
4: metalen	4	2.66	67
5: warmtegeleiding	2	1.09	55
6: elasticiteit	6	4.55	76

Tabel 4: Uitsplitsing havo-examenresultaten per specificatie binnen het domein D1

In tabel 4 is een uitsplitsing per deelonderwerp gegeven, voor de bijbehorende leerdoelen, zie blz. 12. Hiervoor zijn de punten die te behalen waren voor 1 specificatie van alle 3 de examens opgeteld, dit staat onder 'Punten in examens'. Het gemiddelde behaalde aantal punten is daarnaast gegeven en hier is de P-waarde van uitgerekend. Hierbij is het opvallend dat specificatie 3 over soortelijke warmte veruit het meest voorkwam in de examens van 2018, 2019 en 2021. Daarnaast is voor deze specificatie ook de laagste P-waarde gehaald, dit is de enige P-waarde onder de 50. Hier moet wel de kanttekening bij gemaakt worden dat dit onderdeel in de examens enkel voorkwam als T2 en I-vragen die in de regel minder goed gemaakt worden.

Uit de analyse van de eindexamens kan onder andere geconcludeerd worden dat de vragen voor materialen de afgelopen jaren op het eindexamen gemiddeld beter werden gemaakt dan de rest van het examen. Dit maakt dit onderwerp geschikt om een lessenserie voor te ontwerpen waarbij leerlingen meer zelfstandigheid krijgen om zelf met het onderwerp bezig te gaan.

Over de moeilijkheid van de deelonderwerpen binnen Materialen zijn lastig conclusies te trekken, omdat sommige onderwerpen minder terug zijn gekomen in de examens. Ook hangt de moeilijkheid van de vraag sterk af van het type vraag (zoals in het RTTI-systeem). Uit deze analyse is wel duidelijk geworden dat er in de lessenserie voldoende aandacht besteed moet worden aan deelonderwerp 3 over soortelijke warmte aangezien dit veel terug is gekomen in de afgelopen examens.

In deze analyse zijn enkel de examens van havo subdomein D1 geanalyseerd. Subdomein D2 is dus niet meegenomen, aangezien dit geen eindexamenonderdeel is. De analyse overspant dus niet het volledige domein, echter is subdomein D1 veruit het grootste deel van domein D. Subdomein D2 is erg klein. In schoolboeken wordt subdomein D2 meestal in 1 enkele paragraaf behandeld. Daarom denk ik dat uit deze analyse toch conclusies getrokken zouden kunnen worden over domein D in de havo.

Voor het vwo zou deze analyse echter niet klakkeloos gebruikt kunnen worden. Het niveau van de stof van vwo-leerlingen is wezenlijk anders dan de stof voor havoleerlingen. De diepgang in zowel de stof als de type vragen is heel anders en hierdoor kunnen vwo-leerlingen andere onderdelen lastig vinden. De onderdelen die havoleerlingen lastig vinden geven een indicatie van wat vwo-leerlingen lastig kunnen vinden, maar dit is geen garantie.

4.4 DEELVRAAG 4: SAMENWERKING IN HET VAK ONDERZOEKEN & ONTWERPEN

Hoe past samenwerken binnen het vak Onderzoeken & Ontwerpen en hoe zouden aspecten hiervan de samenwerking in de lessenserie kunnen verbeteren?

Sinds 2004 wordt in het Nederlands voortgezet onderwijs voor havo en vwo het vak Onderzoeken & Ontwerpen (O&O) gegeven op Technasia. Deze Technasium-scholen zijn aangesloten bij Stichting Technasium. Stichting Technasium heeft als uitgangspunt het bevorderen en ontwikkelen van onderwijs in de (technische) bètawetenschappen op het vwo en de havo, zodat leerlingen klaargestoomd worden tot nieuwsgierige en succesvolle studenten van bèta-technische vervolgopleidingen (Stichting Technasium, z.d.-a). In het schooljaar 2020-2021 bereikte het Technasium de mijlpaal van 100 scholen. (Stichting Technasium, z.d.-a) Het vak O&O bestaat voornamelijk uit projectonderwijs waarbij leerlingen samenwerken in een team, waarbij altijd sprake is van een echte opdrachtgever. Deze wil voor een technisch vraagstuk een resultaat waar hij of zij ook echt iets mee kan. Technasium-leerlingen ontwikkelen verschillende competenties. Zo leren ze communicatief, ondernemend, creatief en zelfsturend te zijn. Ze leren projectmatig werken en samenwerken en er komen specifieke technische vaardigheden aan bod, zoals onderzoeken, ontwerpen en modelvormen. (Stichting Technasium, z.d.-b)

Het Technasium is een onderwijsstroom. Veel scholen hebben echter de intentie om het Technasium-gedachtengoed in de breedte van het onderwijs, dus ook binnen andere vakken, uit te werken. Voor de algemene Technasium-vaardigheden, waaronder communiceren, informatievaardigheden, waarderen & oordelen en samenwerken, is inmiddels steeds meer aandacht in andere vakken. Het is waardevol om een leerlijn voor deze vaardigheden schoolbreed samen te stellen, waarbij de ontwikkelingen binnen O&O als een basis genomen zouden kunnen worden (Woldhuis, 2021).

In 2012 heeft het SLO in samenwerking met Stichting Technasium een handreiking ontwikkeld voor het vak Onderzoeken & Ontwerpen in de Tweede Fase (Schaik & Bruning, 2014). Hierbij zijn de visie en doelstellingen van het vak uitgewerkt in eindtermen en een examenprogramma. In domein A worden vaardigheden beschreven die een algemeen, vakoverstijgend karakter hebben, maar ook van essentieel belang zijn voor het vak O&O. In het subdomein A4 wordt uitgewerkt wat de leerling moet kunnen bij het samenwerken. Voor de havo geldt:

“Subdomein A4. Samenwerken

De kandidaat kan in projecten samenwerken met anderen, daarbij actief luisteren naar de inbreng van groepsleden, feedback aan groepsleden geven en van hen ontvangen en een herkenbare eigen inbreng hebben bij het tot stand komen van het eindresultaat. De kandidaat kan bij verschil van mening of opvatting samen met teamleden een oplossing vinden.” (Schaik & Bruning, 2014)

Dit wordt verder nog getypeerd met dat er sprake is van een gezamenlijk doel en een gezamenlijke verantwoordelijkheid. Samenwerken betekent dus overleggen, afspraken maken, plannen en elkaar feedback geven. Deze aspecten van samenwerken zijn ook essentieel in deze lessenserie.

De handreiking geeft een aantal suggesties voor het verbeteren van de samenwerking. Een suggestie voor het stimuleren van een actieve inbreng van iedere leerling is het laten tijdschrijven en activiteiten bijhouden in een logboek. Daarnaast kunnen de leerlingen de samenwerking beschrijven in het eindverslag, waarbij bijvoorbeeld aandacht wordt besteed aan rollen en taken, projectoverleg

en/of het geven en ontvangen van feedback. Deze activiteiten die doorgaans bij het vak O&O worden uitgevoerd zouden ook de samenwerking in de te ontwerpen lessenserie kunnen verbeteren.

5. ONTWERPEISEN

Voor het ontwerp van deze lessenserie is een aantal eisen opgesteld. Deze eisen zijn opgesteld op basis van de antwoorden op de eerste vier deelvragen, zoals beantwoord in het theoretisch kader, en de eisen vanuit de school en het docententeam natuurkunde. De eerste vier eisen sluiten vooral aan op de deelvragen en eis 5 tot en met 8 zijn vooral de eisen vanuit de school en het docententeam natuurkunde. De eisen zullen hieronder worden benoemd met een toelichting.

1. De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde verklaren en uitleggen op eindexamenniveau.

Deze lessenserie moet de leerlingen alle deelonderwerpen binnen het onderwerp Materialen aanleren om de concepten te kunnen verklaren en uitleggen. Welke deelonderwerpen dit zijn is onderzocht in de derde deelvraag met behulp van de syllabus (College voor Toetsen en Examens, 2020a), hier moet subdomein D2 over functionele materialen nog aan toegevoegd worden. Daarnaast is er na het analyseren van de eindexamens een goed beeld van het gewenste niveau. Er moet aan de lessenserie vragen worden toegevoegd die misconcepties testen. Vanwege het samenwerkende karakter van de lessenserie zijn mogelijke leerlingdenkbeelden namelijk lastiger door de docent waar te nemen en te verhelpen gedurende de lessen. In het lesmateriaal zelf moet er dus aandacht besteed worden aan misconcepties.

2. De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde toepassen in een andere context, vergelijkbaar met het eindexamen.

Zoals in het eindexamen moet deze lessenserie de leerlingen aanleren alle deelonderwerpen toe te kunnen passen. Welke deelonderwerpen dit zijn is onderzocht in de derde deelvraag met behulp van de syllabus (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Daarnaast is er na het analyseren van de eindexamens een goed beeld van het gewenste niveau. De didactische benadering contextueel leren hierbij helpen. Zoals besproken in het antwoord op de tweede deelvraag moet in de ontwerpfase bepaald worden welke soort contexten (Putter, 2017 en Bruning & Michels, 2013) in deze lessenserie gebruikt zullen worden. Een practicum kan ook helpen om de leerling de toepassing van de leerstof te laten zien.

3. De leerlingen zijn in deze lessenserie effectief aan het samenwerken.

Zoals in de inleiding is genoemd wordt deze lessenserie een samenwerkingsproject. In deelvraag 1 is uitgezocht hoe samenwerkend leren effectief ingezet kan worden. Dit kan door aan de vijf voorwaarden van samenwerkend leren te voldoen (Ebbens & Ettekoven, 2005 en Laal & Ghodsi, 2012), heterogene groepen te maken (Baer, 2003 en Van der Laan, Smith & Spindle, 2017) en als docent de drie vuistregels te volgen (Ebbens & Ettekoven, 2005). Daarnaast kan, zoals vanuit het vak Onderzoeken & Ontwerpen, een actieve inbreng gestimuleerd worden met een logboek en/of een reflectieverslag (Schaik & Bruning, 2014). In een goede samenwerking geeft iedere leerling eigen inbreng waarbij er effectief wordt geluisterd en feedback gegeven en ontvangen. Dit uit zich in constructief overleg binnen de groep en een eerlijke taakverdeling (SLO, 2020).

4. De lessenserie moet de leerlingen motiveren en enthousiasmeren.

Mijn eigen visie is dat leerlingen gemotiveerd moeten zijn en enthousiast over het materiaal zodat ze zich inzetten voor de leerstof. In effectief samenwerkend leren steekt het enthousiasme van leerlingen elkaar aan (Laal & Ghodsi, 2012 en Slavin, 1996). Daarnaast kunnen contexten helpen om aan te sluiten bij de interesses van leerlingen (Putter, 2017).

Daarnaast moet het lesmateriaal afwisselend zijn met verschillende werkvormen en moet de docent het leren bevorderen met een enthousiaste houding.

5. De lessenserie moet passen in 7 lessen van 50 minuten.

Dit is het aantal lessen voor de zomervakantie dat nog over is voor het onderwerp Materialen.

6. De lessenserie moet de natuurkundemethode Polaris als basis hebben.

Dit is een eis vanuit het docententeam. Polaris (Buil et al, 2021a en Buil et al. 2021b) is namelijk de natuurkundemethode die de school sinds dit schooljaar gebruikt. Het docententeam wil graag weten of deze methode meer mogelijkheden biedt dan het reguliere lesgeven en vraagt daarom om dit boek als basis te nemen van de te ontwikkelen lessenserie.

7. De lessenserie moet (met een aantal aanpassingen) uit te voeren zijn in zowel de 4^e klas havo als de 4^e klas vwo.

Zowel de 4^e klas havo als vwo sluit dit schooljaar af met het hoofdstuk materialen en deze lessenserie zal dus in beide klassen uitgevoerd worden. Om de tijd voor het ontwerpen van de lessenserie te beperken zal de lessenserie met geringe aanpassingen in beide klassen gegeven moeten kunnen worden. Deze aanpassingen zijn dan bijvoorbeeld in de moeilijkheid van opdrachten of de hoeveelheid werk. De methode Polaris kan hierbij al helpen, omdat er verschillende boeken zijn voor de verschillende niveaus.

8. De lessenserie moet ook uitgevoerd kunnen worden door een andere docent.

Op het Erasmus zijn er twee 4^e klassen havo en twee 4^e klassen vwo. De docent van de parallelklassen zal de lessenserie in hetzelfde tijdspad ook uitvoeren in zijn klassen. Dat wil zeggen dat de lessenserie begrijpelijk moet zijn om uit te voeren door een andere docent. Daarnaast zal de lessenserie, mits deze bevalt, ook in latere jaren gebruikt worden in 4^e klassen natuurkunde.

6. ONTWERP

6.1 PROCEDURE ONTWERPPROCES

Dit ontwerp startte met de aanleiding zoals beschreven in de inleiding. Vervolgens heeft er een gesprek plaatsgevonden met de vakcoach om de eisen voor de lessenserie vanuit de school en het docententeam te bepalen. Dit zijn de eisen 5 t/m 8 in hoofdstuk 5. Met behulp van gesprekken met de begeleider van de universiteit zijn vervolgens de 6 deelvragen opgesteld. Naar aanleiding van deze deelvragen is er literatuuronderzoek uitgevoerd waarin de eerste 4 deelvragen werden beantwoord. Met deze kennis werden de eerste vier eisen met toelichting opgesteld en kon er een raamwerk gemaakt worden voor de lessenserie. Dit raamwerk bestond uit de verschillende onderwerpen en werkvormen die in de lessenserie behandeld en gebruikt zouden worden. Hierbij is regelmatig gekeken naar de opgestelde eisen. Dit raamwerk is besproken met de vakcoach en de begeleider van de universiteit en de feedback is verwerkt.

Toen de ruwe vorm van de lessenserie duidelijk was werden de lesactiviteiten zelf ontworpen. Dat wil zeggen dat de opdrachten werden uitgekozen en bedacht, er werd een voorkennistest gemaakt en de practica werden ontworpen. Hierbij werd de didactische en inhoudelijke kennis opgedaan in het literatuuronderzoek toegepast. Daarnaast was er in dit stadium regelmatig (informeel) overleg met verschillende vakdocenten natuurkunde op het Erasmus. Voor de voorkennistest zijn bijvoorbeeld derde klas natuurkundeboeken gebruikt en heb ik overlegd met docenten die lesgeven aan de derde klas. Ook voor het ontwerp van de twee practica is er veel overleg geweest, zowel in de beginfase bij het bedenken van de onderwerpen van de practica als tijdens het ontwerpen van het tweede practicum. Ten slotte is al het lesmateriaal op aantrekkelijke wijze op papier gezet.

Dit lesmateriaal is vervolgens gestuurd naar de vakcoach en de docent van de parallelklassen natuurkunde die beide feedback hebben gegeven op het materiaal. Ook is het lesmateriaal besproken met de begeleider van de universiteit. De feedback op dit lesmateriaal is verwerkt en vervolgens was het tijd voor de uitvoering van de lessenserie. De beschrijving van de dataverzameling voor, tijdens en na de lessenserie is beschreven in hoofdstuk 6.4.

6.2 BESCHRIJVING ONTWERP

In dit hoofdstuk zal de ontworpen lessenserie worden omschreven. Al het ontwikkelde lesmateriaal is te vinden in de appendices A2 t/m A11.

6.2.1 Globaal overzicht lessenserie

In de ontworpen lessenserie zijn de leerlingen minimaal 7 lesuren aan het werk in groepjes van ongeveer 4 leerlingen. De leerlingen krijgen bij de start van de lessenserie uitleg over de procedure en het lesmateriaal. Vervolgens krijgen zij al het lesmateriaal en verdelen zij de activiteiten binnen hun groepje, maar er is wel een aanbevolen lesplanning om te bepalen of ze op schema liggen. Dit betekent dat elk lesuur, afgezien van het eerste lesuur, er dus hetzelfde uitziet: De docent start de les op en zorgt ervoor dat de leerlingen in hun groepjes zitten. De leerlingen overleggen wie welke activiteit gaat doen en gaan aan het werk. Zij mogen zelf bepalen hoe ze de activiteiten verdelen, dat betekent dat ze lesactiviteiten zowel individueel kunnen maken als in duo's. Voor de practica wordt sowieso aanbevolen om dit in tweetallen te doen. De docent moedigt daarnaast bij een hulpvraag eerst aan om in het groepje te overleggen, dit wordt verder toegelicht in paragraaf 6.2.2. Aan het einde van het lesuur vullen de leerlingen hun logboek in en sluit de docent de les af.

De lessenserie start met een voorkennistest gebaseerd op de inhoud van het onderwerp Materialen in de derde klas. Dit is een test in het programma Socrative bestaande uit acht vragen. De voorkennistest is gemaakt met als basis de natuurkundeboeken uit de derde klas havo en vwo. Ook is

er overlegd met natuurkundedocenten die lesgeven aan de derde klas havo en vwo. Uit het boek is een aantal vragen genomen die de leerlingen na het hoofdstuk over Materialen zouden moeten kunnen beantwoorden. De acht vragen in de voorkennistest zijn ook in te delen in de bovengenoemde specificaties. Er zijn twee vragen over het deeltjesmodel, twee vragen over soortelijke warmte, 1 vraag over warmtegeleiding en 3 vragen over dichtheid. De voorkennistest is meerkeuze en wordt gegeven in het programma Socrative. Het voordeel van deze website is dat een leerling geen extra punten krijgt voor snel antwoorden, het gaat enkel om het geven van het juiste antwoord. Er wordt dezelfde voorkennistest gebruikt in havo en vwo. Dit is gedaan in overleg met de docenten die lesgeven aan de derde klassen havo en vwo die aangaven dat er minimale verschillen zitten tussen de lesstof van havo en vwo in de derde klas over dit onderwerp. De voorkennistest is te vinden in appendix A4.

De lessenserie bestaat dan uit vijf deelonderwerpen, zijnde de paragrafen in de natuurkundemethode Polaris (Buil et al., 2021a en Buil et al., 2021b). Elk deelonderwerp start met een relevante context, dit is losstaand van maar wel passend bij de stof van Polaris, dit wordt verderop in dit verslag toegelicht in paragraaf 6.2.4. Voor elke deelonderwerp moet het groepje een aantal verplichte opgaven maken uit het boek. Deze opdrachten moeten afgetekend worden bij de docent. De leerlingen kunnen zelf de antwoorden van de opgaven inzien en deze opgaven dienen voor het oefenen en aanleren van de concepten en formules binnen het deelonderwerp. Daarnaast moet het groepje een aantal conceptuele vragen beantwoorden. Ten eerste is dat een begrippenkaart waar ze in eigen woorden concepten passend bij het deelonderwerp moeten omschrijven. Dit is om de leerlingen kennis te laten maken met de concepten en ze hierover aan het denken te zetten. Dit onderdeel moeten ze inleveren, maar dit zal niet becijferd worden, omdat dit lastig is voor de nakijkende docent. Daarnaast moeten ze enkele conceptuele vragen beantwoorden die te maken hebben met de theorie van het deelonderwerp, minstens een van deze vragen heeft betrekking tot de context van het deelonderwerp. De conceptuele vragen zijn gemodificeerd van vragen uit de natuurkundemethode Polaris en oude toetsen. Deze vragen zijn door drie verschillende docenten bekeken, hier is feedback op gegeven en verwerkt. Voor enkele vragen moeten de leerlingen zelf informatie op internet opzoeken.

Vervolgens moet het groepje hun opgedane kennis over het deelonderwerp toepassen in een opgave. Dit zijn gemodificeerde oude examenopgaven die in de methode Polaris staan. Voor vwo zijn er geen oude examenopgaven. Hiervoor heeft Polaris opgaven gemaakt op vergelijkbaar niveau als het vwo-eindexamen met als onderwerp Materialen. Deze opgaven moeten ze, net als de conceptuele vragen, inleveren. Daarnaast zijn er in totaal twee practica die de leerlingen moeten uitvoeren en waar ze een verslag over moeten schrijven. Het schrijven van een practicumverslag is een vaardigheid die de leerlingen beheersen van eerdere practica. Ten slotte leveren de groepjes aan het eind van elke les een logboek in, waarin ze aangeven wat elke leerling gedurende de les heeft gedaan en schrijven ze aan het eind van de lessenserie in hun verslag een evaluatie over wat ze vonden van de lessenserie en de samenwerking. Het groepje krijgt een gezamenlijk cijfer dat het gemiddelde is van het cijfer op de leervragen, examenopgaven en de twee practica.

De lesactiviteiten voor havo en vwo zijn gelijk. Echter, zijn er natuurlijk verschillen. Een leidraad voor de verschillen is de methode Polaris. Door het volgen van deze methode ontstaat er direct een extra moeilijkheidsgraad in de kennis die de vwo'ers moeten weten en de opdrachten die ze moeten beheersen ten opzichte van de havo'ers. Vier van de vijf deelonderwerpen zijn gelijk, waarbij in het vwo dus dieper ingegaan wordt op de stof en lastigere opdrachten worden gemaakt. Dit geldt voor zowel de verplichte opgaven als de examenopgaven. Daarnaast zijn er in de vwo-versie lastigere

conceptuele leervragen toegevoegd. Deze vragen zijn gebaseerd op oude toetsen en lesmethodes met het onderwerp Materialen. Een van de deelonderwerpen is voor havo en vwo niet gelijk. Havo heeft als deelonderwerp vervorming, specificatie 6 van de syllabus (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Vwo heeft als deelonderwerp halfgeleiders. Dit onderwerp fungeert als een opstapje voor het onderwerp kwantummechanica dat in vwo 6 behandeld zal worden.

6.2.2 Rol van de docent

Zoals besproken in de vorige paragraaf zien alle lessen er ongeveer hetzelfde uit. De leerlingen bepalen in hun groepje de lesactiviteiten die ze gaan doen (verschillende soorten opdrachten maken of een practicum). De rol van de docent is dus ook telkens vergelijkbaar. In de eerste les moet de docent wel de procedure van de lessenserie duidelijk uitleggen. In het vooronderzoek in hoofdstuk 4.1 is namelijk gevonden dat duidelijke instructie essentieel is binnen samenwerkend leren. Leerlingen moeten weten wat er van hen wordt verwacht en hoe ze aan die verwachtingen kunnen voldoen (Ebbens & Ettehoven, 2005 en Van Ast et al., 2020). Ook aan het begin van de volgende les(sen) is het belangrijk om terug te komen op wat er van de leerlingen wordt verwacht. Aan het einde van de les is een duidelijke afsluiting belangrijk waarbij de docent aangeeft hoe ver de groepjes met de opdrachten horen te zijn om op schema te lopen zodat de leerlingen wat houvast hebben.

Terwijl de leerlingen aan het werk zijn moet de rol van de docent passend zijn bij het samenwerkend leren, zoals de vuistregels bij begeleiding van samenwerkend leren uit hoofdstuk 4.1. Dit houdt in dat de docent vooral groepen helpt en geen individuen. Dat betekent dat als er een vraag wordt gesteld, de docent eerst vraagt of dit al binnen het groepje is overlegd. Daarbij helpt de docent door vooral vragen te stellen waar binnen het groepje over overlegd kan worden zodat ze samen tot juiste ingevingen komen, zo nodig zijn de vragen van sturende aard. Daarnaast fungeert de docent als coach en scheidsrechter (Ebbens & Ettehoven, 2005). Als coach stelt de docent reflecterende vragen over het proces of de inhoud en bekrachtigt vooral gewenst gedrag. Als scheidsrechter zorgt de docent ervoor dat iedere leerling een bijdrage levert aan het groepswork. Hier moet de docent echter eerst een afwachtende houding aannemen, zodat leerlingen elkaar eerst zelf kunnen corrigeren om de sociale vaardigheden van de leerlingen te bevorderen. Ten slotte moet de docent een balans vinden in de begeleiding. De docent moet namelijk de begeleiding aanpassen aan het niveau van de groepjes, het is dus mogelijk dat bij een groepje de open interactieve benadering minder goed werkt en een gestructureerde benadering nodig is om de leerlingen aan het leren te krijgen. Er moet echter altijd gerefereerd worden aan de eigen verantwoordelijkheid van de leerlingen.

6.2.3 Voorwaarden voor samenwerkend leren

In hoofdstuk 4.1 is gevonden dat er een aantal voorwaarden is waar samenwerkend leren aan moet voldoen om te zorgen voor effectieve samenwerking tussen leerlingen die leidt tot verbeteringen van het leren van alle leerlingen (Ebbens & Ettehoven, 2005 en Laal & Ghodsi, 2012). Hieronder zal toegelicht worden hoe de vijf voorwaarden terugkomen in deze lessenserie.

1. **Positieve wederzijdse afhankelijkheid**
De leerlingen hebben elkaar nodig bij de opdracht. De leerlingen werken namelijk samen met het gezamenlijke doel om alle lesactiviteiten af te ronden. Hier krijgen ze een groepscijfer voor. Het lesmateriaal is zo ingericht dat er vier leerlingen die doorwerken voor nodig zijn om het in de beoogde tijd af te ronden.
2. **Individuele aanspreekbaarheid**
De leerlingen moeten voor elke les een logboek invullen, zoals ook vaak wordt gedaan in het vak Onderzoeken & Ontwerpen. Hieruit wordt duidelijk wat elke leerling heeft gedaan en kan

een individu worden aangesproken op zijn of haar inzet. Ook gedurende de les kan dit goed, aangezien het erg duidelijk is wanneer een leerling niet aan het werk is. De docent kan een leerling hierop aanspreken, maar groepsgenoten kunnen dit ook doen.

3. Directe interactie

De leerlingen zitten gedurende alle lessen in hun eigen groepje. Daarnaast moedigt de docent aan het begin van de les overleg aan. Ook de rol van de docent helpt directe interactie te bevorderen door bij hulp eerst te vragen of de leerling het probleem al binnen het groepje heeft overlegd.

4. Sociale vaardigheden

Deze vaardigheden hebben de leerlingen zeker nodig bij deze lessenserie om zowel de taken te verdelen als de opdrachten en practica samen te maken. Als er problemen in de samenwerking voorkomen zijn deze sociale vaardigheden essentieel om ze op te lossen.

5. Aandacht voor het groepsproces

De leerlingen leveren aan het eind van iedere les een logboek in waarin ze aangeven wat elk groepslid in die les heeft gedaan. Ook leveren ze aan het eind van de lessenserie in het verslag een evaluatie in over de lessenserie en de samenwerking. Daarnaast stelt de docent tijdens de lessenserie vragen om de leerlingen aan het denken te zetten over het groepsproces.

De leerlingen worden heterogeen gegroepeerd in viertallen. De heterogeniteit is gebaseerd op het gemiddelde natuurkundecijfer in de vierde klas, waarbij leerlingen met verschillende gemiddeldes bij elkaar worden geplaatst. Daarnaast worden de groepjes, ten behoeve van dit onderzoek, zo verdeeld dat er 1 groepje is met veel O&O-ervaring, 1 groepje zonder O&O-ervaring en enkele gemengde groepjes. Zo kan bepaald worden of de ervaringen van samenwerken binnen het Technasium invloed heeft op het succes van die groepjes in de lessenserie.

6.2.4 Deelonderwerpen en contexten

Uit de analyse in het vooronderzoek in paragraaf 4.2.3 is gekomen dat het terug laten komen van contexten de motivatie van leerlingen kan verhogen (Taasobshirazi & Carr, 2008) en aansluit bij het examenprogramma (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Dit hoort bij eis 2 van de ontwerpeisen zodat de leerlingen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde kunnen toepassen in een andere context. Hiervoor moest nog wel gekozen worden welke soort concept-contextbenadering uit het concept-contextvenster (Bruning & Michels, 2013) het best paste bij deze lessenserie. Er is gekozen voor de illustratieve context waarbij alle concepten met elkaar samenhangen en de contexten worden gebruikt ter illustratie of om kennis of vaardigheden toe te passen. Typisch is dat er verschillende kleine contexten worden gebruikt die volgen uit de keuze van de concepten. De reden hiervoor is dat in deze lessenserie de natuurkundemethode Polaris gebruikt moest worden (ontwerpeis 6). Dit boek is wat betreft inhoudselectie en inrichting conceptueel gericht en hier past de illustratieve context het best bij. Dit betekent dat elk deelonderwerp (paragraaf in Polaris) start met een eigen context.

Er is zoveel mogelijk geprobeerd om verschillende soorten contexten te gebruiken om zoveel mogelijk verschillende leerlingen aan te spreken. In tabel 5 is toegelicht welke specificaties uit de havo syllabus (College voor Toetsen en Examens, 2020a) aan bod komen in welk deelonderwerp. De specificaties waarnaar gerefereerd worden staan in paragraaf 4.3.1 en in appendix A1. Ook is de soort context gegeven, waarbij gebruik is gemaakt van de indeling van Putter (2017). Echter passen de meeste contexten bij verschillende soorten contexten binnen deze indeling.

Deelonderwerp	Specificatie	Soort context
1. Warmte en temperatuur	Voorkennis, specificatie 1 en 3	Leefwereldcontext/ Wetenschappelijke context
2. Warmtetransport	Specificatie 2	Leefwereldcontext
3. Metalen	Specificatie 4 en 5	Beroepscontext/ Wetenschappelijke context
4. Vervorming (havo)	Specificatie 6	Beroepscontext/ Leefwereldcontext
4. Halfgeleiders (vwo)	Opstap naar kwantummechanica	Leefwereldcontext/ Maatschappelijke context
5. Functionele materialen	Subdomein D2	Wetenschappelijke context

Tabel 5: Deelonderwerpen binnen de lessenserie met de behandelde specificaties en soort contexten

6.2.5 Practicum 1: Soortelijke warmte bepalen van een onbekend metaal

In overleg met het natuurkundedocententeam op de school is ervoor gekozen om twee practica onderdeel te maken van de lessenserie. Op deze manier kunnen de leerlingen de theorie ook met eigen ogen in de praktijk waarnemen. Vanwege het minimale aantal lessen beschikbaar voor de lessenserie was het belangrijk dat het practicum in 1 lesuur zou passen wanneer uitgevoerd door twee leerlingen.

Uit de analyse van de eindexamens in paragraaf 4.3.2 kwam dat specificatie 3 over soortelijke warmte vaak voorkomt in de afgelopen eindexamens. Daarom leek het mij, de toa en het docententeam belangrijk om hier extra aandacht aan te besteden door middel van een practicum. Er is gekozen om hiervoor een bestaand practicum te gebruiken wat eerder werd uitgevoerd in de derde klassen vwo van het Erasmus. Het doel van dit practicum is om te bepalen van welk materiaal een bout is gemaakt door de soortelijke warmte van dit metaal te bepalen. De leerlingen moeten zelf een plan van aanpak schrijven en dit laten goedkeuren door de docent voor ze dit practicum mogen uitvoeren. Daarna moeten ze een verslag schrijven waarbij ze aandacht besteden aan een uitgebreide bespreking van de proef en meetresultaten.

In de havo-groep wordt in de tweede les van de lessenserie klassikaal aandacht besteed aan hoe de soortelijke warmte bepaald zou kunnen worden. De reden hiervoor is dat de havoleerlingen op dat moment nog geen ervaring hebben met het zelf maken van een plan van aanpak. In de vwo-groep wordt dit niet gedaan, van hen wordt verwacht dat ze in hun groepje zelf een plan van aanpak kunnen maken. Hier heeft de vwo-klas in eerdere practica en praktische opdrachten op geoefend. Mocht blijken dat de leerlingen hier moeite mee hebben kan het plan van aanpak ook klassikaal worden gemaakt onder leiding van de docent. Ook wordt er in het nakijkmodel meer aandacht besteed aan nauwkeurigheid in het stappenplan en de berekeningen, aan het trekken van een logische conclusie en aan de bespreking. Het practicumvoorschrift en het nakijkmodel van het practicum over soortelijke warmte staat in appendix A5 en A6.

6.2.6 Practicum 2: Elasticiteit van een zure mat

Het onderwerp van het tweede practicum moest genoeg verschillen van het eerste practicum. Toen viel het oog al vrij snel op de onderwerpen functionele materialen en elastische vervorming. Na overleg met de toa bleek echter al snel dat voor functionele materialen relatief dure spullen nodig waren en daarom werd het onderwerp elasticiteit. Het idee van het bepalen van de elasticiteitsmodulus van een zure mat kwam van een mededocent op het Erasmus en hier heb ik een practicum voor ontworpen. Dit ontwerpen van het practicum is tevens gedaan voor de vrije opdracht

van het vak Natuurkundendidactiek 2. In deze opdracht is het ontwerpproces van het practicum uitgebreid besproken.

De opzet van dit practicum is het hetzelfde als het practicum over soortelijke warmte. Opnieuw moeten de leerlingen starten met het maken van een plan van aanpak. Als dit plan is goedgekeurd mogen ze het practicum uitvoeren waarbij ze eerst de trekspanning en relatieve rek bepalen om dan de elasticiteitsmodulus uit te rekenen. Ten slotte geven ze een conclusie en een bespreking waarin ze verbeteringen voor de proef voorstellen. In het nakijken wordt er aandacht besteed aan de compleetheid van het stappenplan en of de leerlingen de berekeningen hebben gesnapt en, net als in het andere practicum, aan de bespreking. In het vwo-practicum is een component toegevoegd, namelijk het maken van een spanning-rekdiagram. De vwo'ers hebben dus meer meetresultaten nodig en moeten aandacht besteden aan hoe ze verwachten dat een spanning-rekdiagram eruitziet. Echter, het onderwerp vervorming zit niet in de vwo-versie van het Polarisboek en dus niet in de opdrachten van de lessenserie. Daarom kreeg de vwo-groep kopieën van het havo-boek om toch een soortgelijk practicum in beide groepen uit te kunnen voeren. Het practicumvoorschrift en de rubric van het practicum over de elasticiteit van een zure mat staat in appendix A7.

6.3 BESCHRIJVING RESPONDENTEN

Het onderzoek zal uitgevoerd worden in een 4^e klas havo en een 4^e klas vwo van Het Erasmus in Almelo. De lessenserie zal ook uitgevoerd worden in een andere 4^e klas havo en 4^e klas vwo onder leiding van een andere docent. In beide klassen zullen heterogene groepjes worden gemaakt van ongeveer vier leerlingen, omdat uit het vooronderzoek is gebleken dat heterogene groepering leidt tot een effectievere leeromgeving voor alle leerlingen (Baer, 2003 & Van der Laan, Smith & Spindle, 2007). Deze heterogene groepering zal voornamelijk op basis van cijfers gedaan worden. Hiervoor wordt het gemiddelde natuurkundecijfer van de vierde klas genomen en wordt genummerd op volgorde. Hierdoor volgt een eerlijke verdeling van sterkere en zwakkere leerlingen over alle groepen.

Daarnaast is er rekening gehouden met het aantal Technasium-leerlingen in elk groepje. Beide klassen bestaan uit reguliere leerlingen en Technasium-leerlingen en met de groepering is er rekening gehouden met het maken van groepjes met enkel Technasium-leerlingen, enkel reguliere leerlingen en gemixte groepjes. Zo kan bepaald worden of Technasium-leerlingen, die gemiddeld gezien meer ervaring hebben met samenwerkingsprojecten, de samenwerking anders aanpakken. Ten slotte is er rekening gehouden met vriendschappen waarbij vriendengroepen niet samen in een groepje zijn geplaatst om homogene groepjes op basis van vriendschap tegen te gaan.

6.3.1 4^e klas havo

De 4^e klas havo bestaat uit 21 leerlingen. Van deze klas weten 3 leerlingen al dat ze niet overgaan naar het volgende jaar. 2 van deze leerlingen volgen daarom een ander programma en hebben deze lessenserie dus niet gevolgd. De derde leerling heeft de lessenserie wel vol meegedaan. Dat betekent dus dat 19 leerlingen de lessenserie hebben gevolgd, waarvan 6 jongens en 13 meiden. Het gemiddelde cijfer van de klas is een 6.2. Van deze leerlingen komen 5 leerlingen vanaf het vmbo-t, 1 leerling was vorig jaar blijven zitten in 4 havo en 13 leerlingen komen vanuit de 3^e klas havo.

In tabel 6 staan de geanonimiseerde groepjes voor de lessenserie. In de tabel is het gemiddelde natuurkundecijfer in de 4^e klas aangegeven en of de leerling Technasium doet. Er zijn vier groepjes van 4 leerlingen en een groepje van 3 leerlingen. Zoals hierboven beschreven zijn er heterogene groepjes gemaakt op basis van cijfer en is er 1 groepje met enkel Technasium-leerlingen en 1 groepje met enkel reguliere leerlingen. In deze klas volgen alle leerlingen die in de onderbouw O&O hebben

gevolgd het vak in de bovenbouw ook. Het gemiddelde natuurkundecijfer van elk groepje ligt dichtbij elkaar, namelijk tussen een 6.1 en een 6.3.

Tabel 7: Indeling van de groepjes in de vwo-klas

Groepje 1			Groepje 2			Groepje 3		
Leerling	Cijfer	O&O?	Leerling	Cijfer	O&O?	Leerling	Cijfer	O&O
1	7.6	Ja	1	7.8	Nee	1	7.1	Ja
2	6.2	Ja	2	6.3	Nee	2	6.3	Nee
3	6.0	Ja	3	5.6	Ja	3	5.9	Nee
4	4.5	Ja	4	5.2	Nee	4	5.3	Nee
Gemiddelde	6.1		Gemiddelde	6.2		Gemiddelde	6.2	

Groepje 4			Groepje 5		
Leerling	Cijfer	O&O?	Leerling	Cijfer	O&O?
1	6.9	Nee	1	6.7	Nee
2	6.5	Ja	2	6.7	Nee
3	5.4	Ja	3	6.0	Nee
			4	4.9	Nee
Gemiddelde	6.3		Gemiddelde	6.1	

Tabel 6: Indeling van de groepjes in de havo-klas

6.3.2 4^e klas vwo

De 4^e klas vwo bestaat uit 17 leerlingen, waarvan 10 jongens en 7 meiden. Het gemiddelde cijfer van de klas is een 6.9. In deze klas zitten 4 versnellers. Dit zijn excellente leerlingen uit de 3^e klas die natuurkunde volgen in de 4^e klas. Ze zijn hier halverwege het dit schooljaar mee begonnen. Ze volgen telkens de natuurkundelessen van een jaar hoger en doen dus ook in hun 5^e leerjaar eindexamen voor natuurkunde. Dit is het eerste jaar dat het versnel-systeem is ingevoerd en deze leerlingen worden dus nauw in de gaten gehouden. Van de 17 leerlingen zijn er dus 4 leerlingen versnellers, er is 1 leerling blijven zitten en 12 leerlingen komen vanuit de 3^e klas vwo.

In tabel 7 staan de geanonimiseerde groepjes voor de lessenserie. Er zijn drie groepjes van 4 leerlingen en een groepje van 5 leerlingen. Zoals hierboven beschreven zijn er heterogene groepjes gemaakt op basis van cijfer en is er 1 groepje met enkel Technasium-leerlingen en 1 groepje met enkel reguliere leerlingen. Ook zijn de versnellers in verschillende groepjes geplaatst. Voor de versnellers geldt dat het cijfer alleen gebaseerd is op de tijd dat ze lessen in de 4^e klas hebben gevolgd, dit zijn dus maar enkele cijfers. Er zijn leerlingen die enkel in de onderbouw O&O hebben gevolgd en er daarna mee zijn gestopt. De cijfers van de leerlingen in deze klas liggen dichtbij elkaar op een paar leerlingen na, er is een uitschieter omhoog (9.4) en twee uitschieters omlaag (4.2 en 3.7). Hierdoor liggen de gemiddelde natuurkundecijfers van de groepjes verder uit elkaar, namelijk tussen een 6.6 en 7.6.

Groepje 1				Groepje 2			
Leerling	Cijfer	O&O?	Versneller?	Leerling	Cijfer	O&O?	Versneller?
1	9.4	Ja	Ja	1	7.9	Onder- bouw	Nee
2	7.3	Ja	Nee	2	7.5	Ja	Ja
3	6.9	Ja	Nee	3	7.2	Nee	Nee
4	6.7	Ja	Nee	4	3.7	Onder- bouw	Nee
Gemiddelde	7.6			Gemiddelde	6.6		

Groepje 3				Groepje 4			
Leerling	Cijfer	O&O?	Versneller?	Leerling	Cijfer	O&O?	Versneller?
1	8.0	Ja	Ja	1	7.8	Onder- bouw	Nee
2	7.4	Ja	Nee	2	7.5	Nee	Ja
3	7.2	Onder- bouw	Nee	3	7.4	Nee	Nee
4	5.9	Nee	Nee	4	6.0	Nee	Nee
				5	4.2	Nee	Nee
Gemiddelde	7.1			Gemiddelde	6.6		

Tabel 7: Indeling van de groepjes in de havo-klas

6.4 BESCHRIJVING DATAVERZAMELING EN KOPPELING ONTWERPEISEN

Deze lessenserie wordt uitgevoerd in twee klassen door mijzelf en in 2 klassen door een andere docent. De ontworpen lessenserie zal kwalitatief getest worden. Er zullen daarbij diverse vormen van dataverzameling plaatsvinden. Deze vormen van data zijn voornamelijk de verschillende onderdelen van de lessenserie. Daarnaast zal ik gedurende de lessenserie aantekeningen maken met betrekking tot de samenwerking en werkhouding van de groepjes. Er zal hierbij gelet worden op de kenmerken van goede samenwerking zoals opgesteld door het SLO (2020). Hier wordt er op gelet dat alle leerlingen een eigen inbreng hebben waarbij er actief wordt geluisterd en feedback wordt gegeven en ontvangen. Verder wordt er gekeken naar of er constructief overleg plaatsvindt en er een taakverdeling wordt gemaakt en uitgevoerd waarbij alle leerlingen een vergelijkbare, hoge inzet hebben voor het groepsresultaat. Ten slotte zal zowel mededocent die de parallelklassen lesgeeft en verschillende leerlingen om hun mening en verbeterpunten worden gevraagd.

Deze onderdelen zullen afzonderlijk beoordeeld worden en daarna gecombineerd om de ontwerpeisen te toetsen. De verschillende onderdelen zijn in paragraaf 6.2.1 en hierboven toegelicht. Deze verschillende onderdelen zijn:

1. Individuele voorkennistest
2. Conceptuele vragen
3. Toepassingsvragen (oude examenvragen)
4. Practicumverslagen
5. Logboek
6. Geschreven en mondelinge evaluatie van leerlingen
7. Gemiddeld natuurkundecijfer 4^e klas
8. Aantekeningen ontwikkelaar
9. Mening mededocent

Deze acht methodes van dataverzameling kunnen de lijst met eisen toetsen. In tabel 8 is weergegeven welke data welke eisen toetsen. Deze data worden hierbij gecombineerd om te bepalen in hoeverre de ontwerpeis behaald. Voor bijvoorbeeld de eerste eis kan eerst worden bepaald wat het startniveau van een groepje is door middel van de voorkennistest en de gemiddelde cijfers, waarna hun ingeleverde antwoorden op de conceptuele vragen aangeeft hoeveel vooruitgang ze hebben geboekt tijdens de lessenserie.

Eis	Data
De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde verklaren en uitleggen op eindexamenniveau.	Individuele voorkennistest, gemiddeld natuurkundecijfer 4 ^e klas en conceptuele vragen
De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde toepassen in een andere context, vergelijkbaar met het eindexamen.	Gemiddeld natuurkundecijfer 4 ^e klas, toepassingsvragen en practicumverslagen
De leerlingen zijn in deze lessenserie effectief aan het samenwerken.	Logboek, geschreven en mondelinge evaluatie van leerlingen en aantekeningen ontwikkelaar
De lessenserie moet de leerlingen motiveren en enthousiasmeren.	Geschreven en mondelinge evaluatie van leerlingen en aantekeningen ontwikkelaar
De lessenserie moet passen in 7 lessen van 50 minuten.	Logboek, geschreven en mondelinge evaluatie van leerlingen en aantekeningen ontwikkelaar
De lessenserie moet de natuurkundemethode Polaris als basis hebben.	Ontwerper en mededocenten
De lessenserie moet (met een aantal aanpassingen) uit te voeren zijn in zowel de 4e klas havo als de 4e klas vwo.	Geschreven evaluatie van leerlingen en aantekeningen ontwikkelaar
De lessenserie moet ook uitgevoerd kunnen worden door een andere docent.	Mening mededocent

Tabel 8: Dataverzameling gekoppeld aan ontwerpeisen

Ten slotte moet er nog antwoord gegeven worden op de zesde deelvraag: ‘Wat is het verschil in samenwerking tussen groepjes die volledig of gedeeltelijk bestaan uit Technasium-leerlingen en groepjes met enkel reguliere leerlingen?’ Om hierop antwoord te geven zullen de resultaten op basis van samenwerking, namelijk het logboek, de geschreven evaluatie van leerlingen en de aantekeningen van de ontwikkelaar vergeleken worden voor de groepjes bestaande uit enkel O&O-leerlingen, zowel O&O-leerlingen als reguliere leerlingen en enkel reguliere leerlingen.

7. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de lessenserie besproken. In hoofdstuk 7.1 en 7.2 worden eerst een samenvattingen gegeven van de uitvoering in beide klassen. Deze samenvatting bestaat uit een beschrijving van de volledige klas en de verschillende groepjes met een tabel met de behaalde resultaten. Vervolgens volgt in hoofdstuk 6.3 de evaluatie van zowel de leerlingen als de docent. In de overige hoofdstukken worden deze resultaten geïnterpreteerd. Eerst wordt in hoofdstuk 6.3 de effectiviteit van samenwerking besproken en in hoofdstuk 6.4 wordt gekeken naar of de leerlingen nog misconcepten hebben na afloop van de lessenserie gebaseerd op hun antwoorden op de conceptuele vragen. In hoofdstuk 6.5 wordt bepaald in hoeverre de ontwerpeisen zijn behaald en de resultatensectie eindigt met een antwoord op deelvraag 6 over de vergelijking van samenwerking van Technasium- en reguliere leerlingen.

7.1 UITVOERING HAVO

De leerlingen moesten de eerste les erg wennen aan de werkvorm in de lessenserie. Ze waren er niet blij mee dat de groepjes al ingedeeld waren en bij de start vonden ze alles overweldigend. Hierdoor was het volledige eerste lesuur eigenlijk niet effectief. Toen de leerlingen aan het idee gewend waren gingen ze toch aan het werk. Tussen de groepjes zaten grote verschillen in hoeveel er werd samengewerkt. Het was opvallend dat bij de groepjes waar er veel werd overlegd, de werkhouding van individuele leerlingen beter was. In groepjes waar meer individueel werd gewerkt waren leerlingen vaker afgeleid. Hieronder is per groepje te lezen hoe zij de lessenserie hebben aangepakt. Dit is een samenvatting van de aantekeningen van de docent met de resultaten van de voorkennistest en de verschillende componenten van de lessenserie. Deze resultaten zijn ook te zien in tabel 9.

Groepje 1

Het groepje heeft laag gescoord op de voorkennistest. Tijdens de eerste les werd er een taakverdeling gemaakt waar ze het snel over eens werden. In de verdere lessen werd er weinig overlegd en ook weinig samengewerkt. De leerlingen werkten vooral individueel aan opdrachten. In dit groepje zit een leerling met in de lessen altijd een zeer lage motivatie. Het was opvallend dat zij de eerste lessen van de lessenserie wel hard haar best deed, naar eigen zeggen deed ze dat 'voor haar groepje'. In de latere lessen viel ze weer in haar oude patroon, maar haar groepje sprak haar ook niet aan op haar werkhouding. Dit groepje heeft de conceptuele vragen niet goed gemaakt, maar de examenvragen en practica een stuk beter. Hun eindcijfer van de lessenserie is met een 6.2 ongeveer gelijk aan het gemiddelde cijfer van de 4^e klas.

Groepje 2

De voorkennistest hadden deze leerlingen gemiddeld gemaakt. De leerlingen in dit groepje overleggen veel over zowel een taakverdeling als de opdrachten zelf. Een deel van de opdrachten en allebei de practica maken ze in tweetallen waarbij ze elkaar controleren. Als ze zelfstandig werken vragen ze vaak eerst de rest van hun groepje waarna ze de docent vragen als ze er niet uitkomen. De concepten en de practica vonden ze lastig om te begrijpen, maar ze stelden veel vragen en met wat hulp van de docent kwamen ze hier wel uit. Uiteindelijk hebben zij alle drie de onderdelen hebben bovengemiddeld gemaakt en zo scoren zij een 8.1 op de lessenserie.

Groepje 3

Dit groepje heeft de voorkennistest het best gemaakt. De leerlingen kunnen het bij de start van de lessenserie niet zo goed met elkaar vinden en hebben weinig zin in samenwerken. Dit is gedurende de hele lessenserie gebleven. Ze werkten individueel en waren veel afgeleid. Twee van de leerlingen

stelden wel veel vragen aan de docent, maar er vond weinig overleg binnen de groep plaats. Vooral de toepassingsvragen waren niet goed, daarvan hebben ze een groot deel ook niet gemaakt en ingeleverd. De practica en conceptuele vragen waren ook niet zo goed gemaakt en ze hebben de lessenserie afgerond met een 5.0.

Groepje 4

De voorkennistest van dit groepje was gemiddeld gemaakt. Deze leerlingen hebben helemaal geen zin in de lessenserie. Ze zijn wel tevreden met hun groepje en kunnen het goed met elkaar vinden, maar voeren tijdens de lessenserie eigenlijk heel weinig uit. Gedurende de hele lessenserie is de werkhouding van dit groepje laag en na de deadline hebben ze nog niets ingeleverd. Ze zeiden dat ze het te druk hebben en dat het te veel werk is. De leerlingen hebben uiteindelijk geen verslag ingeleverd.

Groepje 5

Dit groepje heeft de voorkennistest gemiddeld gemaakt. De leerlingen overleggen over de taakverdeling en werken veel in tweetallen. Ze stellen elkaar vragen en, als ze er niet uitkomen, stellen ze de vragen aan de docent. Bij een van de leerlingen valt het op dat zij als ze in tweetallen werkt wel effectief werkt, maar op andere momenten veel afgeleid is en een mindere werkhouding heeft. De rest van het groepje corrigeert haar er niet op. Het groepje heeft de examenvragen en practica erg goed gemaakt, op de conceptuele vragen scoorden ze iets minder, maar niet slecht. Ze hebben de lessenserie afgesloten met een 7.0.

Onderdelen	Groepje 1	Groepje 2	Groepje 3	Groepje 4	Groepje 5
Voorkennistest	44%	54%	63%	50%	50%
Gemiddeld cijfer 4 ^e klas	6.1	6.2	6.2	6.3	6.1
Conceptuele vragen	4.7	7.5	5.7		6.0
Toepassingsvragen	6.7	9.3	3.6		7.4
Practica	7.3	7.6	5.8		7.6
Gemiddeld eindcijfer lessenserie	6.2	8.1	5.0		7.0
Samenwerking	+/-	+	-	-	+

Tabel 9: Resultaten havo

7.2 UITVOERING VWO

De leerlingen keken wel uit naar de lessenserie, maar veel leerlingen vonden het vervelend dat ze niet zelf de groepjes mochten maken. Hier waren ze echter wel snel aan gewend. Tijdens de lessenserie was de gemiddelde werkhouding in de klas hoog, beter dan in reguliere lessen. Dit was ook de vakcoach en parallel docent opgevallen. Ook in deze klas waren grote verschillen in hoeveel er werd samengewerkt. Hieronder is per groepje te lezen hoe zij de lessenserie hebben gedaan. Dit is een samenvatting van de aantekeningen van de docent met de resultaten van de voorkennistest en de verschillende componenten van de lessenserie. Deze resultaten zijn ook te zien in tabel 10.

Groepje 1

Dit groepje heeft de voorkennistest niet zo goed gemaakt. In dit groepje ontstaan snel twee duo's die gedurende de hele lessenserie samenwerken. Tussen de duo's is waar nodig ook overleg. Als er iemand vastloopt wordt er binnen het groepje goed geholpen. Tijdens een les waarbij een van de leerlingen veel afgeleid is wordt dit binnen het groepje gecorrigeerd waar ook naar geluisterd wordt. Hier komt de docent niet aan te pas. De conceptuele vragen en de practica hebben ze goed gedaan,

maar de toepassingsvragen iets minder. Ze ronden de lessenserie af met een 6.6. Dit is lager dan hun gemiddelde cijfer in de 4^e klas, maar hoger dan de voorkennistest.

Groepje 2

Dit groepje heeft de voorkennistest erg goed gemaakt. De mate van samenwerking binnen dit groepje verschilt per les. Sommige lesuren zijn ze effectief aan het overleggen en met goede werkhouding bezig. Andere lesuren wordt er niet eens overlegd over de taakverdeling en ontstaan er zo miscommunicaties. De leerlingen zijn dan vooral bezig met hun eigen onderdeel, waardoor ze elkaar niet controleren. Op deze manier hebben ze de conceptuele vragen en examenvragen best redelijk gemaakt, maar hebben ze een heel laag cijfer op de practica. Beide practica waren niet op de juiste manier uitgevoerd en er ontbraken grote onderdelen. Ze ronden de lessenserie af met een 5.5, lager dan zowel hun voorkennistest als hun gemiddelde cijfer in de 4^e klas.

Groepje 3

De scores op de voorkennistest waren redelijk laag. Dit groepje heeft heel snel een taakverdeling gemaakt en gaat hard aan het werk. Ook een leerling die tijdens reguliere lessen een slechte werkhouding heeft is nu hard bezig. Er wordt echter vrijwel niet overlegd binnen het groepje. Ook na aansporingen van de docent komt er geen inhoudelijke samenwerking aan te pas. Iedereen werkt hard, maar erg individueel. Ook aan de docent worden weinig vragen gesteld. Uiteindelijk blijkt dat ze de conceptuele vragen en de practica goed hebben gesnapt, maar de toepassingsvragen hebben ze niet goed gemaakt. Ze ronden de lessenserie af met een 6.2.

Groepje 4

Ook dit groepje heeft de voorkennistest niet zo goed gemaakt. Het valt op dat ze bij het maken van een taakverdeling en planning iedereen aan het woord laten en naar elkaar luisteren. Tijdens de twee practica wordt er veel samengewerkt en wordt ervoor gezorgd dat iedereen het practicum snapt. Tijdens het maken van de opdrachten zijn de leerlingen vooral individueel bezig. Bij vragen heeft de docent telkens de rest van het groepje er ook bij betrokken. Na deze aanmoedigingen gingen de leerlingen in de latere lesuren van de lessenserie steeds meer uit zichzelf met elkaar overleggen. Alle drie de onderdelen van de lessenserie hebben ze goed gemaakt en ze sluiten de lessenserie af met een 8.1.

Onderdelen	Groepje 1	Groepje 2	Groepje 3	Groepje 4
Voorkennistest	50%	72%	54%	59%
Gemiddeld cijfer 4 ^e klas	7.6	6.6	7.1	6.6
Conceptuele vragen	7.2	6.6	7.5	8.4
Toepassingsvragen	5.8	6.4	4.6	7.7
Practica	6.7	3.4	6.5	8.3
Gemiddeld eindcijfer lessenserie	6.6	5.5	6.2	8.1
Samenwerking	+	+/-	-	+

Tabel 10: Resultaten vwo

7.3 EVALUATIE LEERLINGEN EN MEDEDOCENT

Evaluatie leerlingen

Alle groepjes hebben een evaluatie geschreven en ook heeft de ontwikkelaar individuele leerlingen mondeling gevraagd naar hun mening over de lessenserie. De geschreven evaluaties zijn te vinden in appendix A13. De meeste groepjes geven aan dat ze het fijn vonden om in een groepje te werken,

omdat ze de taken konden verdelen, maar tegelijk ook konden overleggen. Verschillende leerlingen gaven aan dat ze meer motivatie hadden dan in reguliere lessen en productiever waren om de rest van hun groepje niet teleur te stellen. Dit gold met name voor de leerlingen die in reguliere lessen snel afgeleid zijn. Ook zeiden leerlingen dat het maken van de opgaven waar de antwoorden van beschikbaar waren goed hielp als voorbereiding voor de toepassingsvragen. Ten slotte gaven verschillende leerlingen aan dat ze het leuk vonden om zelf door het boek en op internet te zoeken naar de antwoorden op de vragen, omdat je op die manier meer zelf bezig bent in plaats van te luisteren.

Het is opvallend dat in de geschreven evaluaties van de vwo-klas herhaaldelijk staat dat ze de lessenserie erg veel werk vonden voor de tijd die ervoor stond, terwijl de meeste groepjes in de havo-klas in hun evaluatie aangaven dat het prima te doen was. Het aantal opdrachten voor vwo en havo was ongeveer gelijk, enkel de moeilijkheidsgraad verschilde. Mogelijk is de tijdsnood van de vwo'ers eraan te wijden dat vwo-leerlingen vaak meer perfectionistisch zijn (Speirs Neumeister, 2007) en daardoor meer tijd besteden aan het maken van de opgaven en het controleren van het werk van de rest van het groepje. Ook was het duidelijk dat de vwo-groepjes meer tijd hadden besteed aan het netjes maken van het eindverslag. Na een kort vraaggesprek met enkele vwo-leerlingen bleek echter dat zij thuis ongeveer evenveel tijd aan het eindverslag hadden besteed als ze normaal moeten leren voor een reguliere toets. Zij vonden echter dat de lessenserie enkel in de lessen (zonder huiswerk) te doen zou moeten zijn, maar dit was niet de intentie van de lessenserie. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de lessenserie te doen was in de beoogde tijd, maar dat bij de start van de lessenserie duidelijk gemaakt moet worden dat de leerlingen ook thuis aan de slag moeten. Mogelijk is deze instructie in de havo-klas duidelijker gegeven dan in de vwo-klas.

Verder gaven een aantal leerlingen, voornamelijk in de vwo-klas, aan dat ze liever een toets maken, omdat dat voor hun minder tijd kost. Dit geldt dus voornamelijk voor de sterke leerlingen. Ten slotte gaven meerdere leerlingen aan dat de lessenserie soms eentonig was. Vooral in de lessen waarin het groepje geen practicum uitvoert zijn de leerlingen alleen de conceptuele vragen en de toepassingsvragen aan het maken. Een volledig lesuur (of zelfs een blokuur) alleen opdrachten maken is inderdaad eentonig.

Evaluatie docent parallelklassen

De paralleldocent was erg te spreken over de lessenserie. Hij vond het lesmateriaal gemakkelijk in gebruik en had geen vragen of extra uitleg nodig. Ook het correctiemateriaal was duidelijk op een paar kleine foutjes na die er direct uit zijn gehaald. Hij zei dat de leerlingen in zijn klas uit zichzelf aan de slag gingen en dat hij minder orde hoefde te houden dan in reguliere lessen. De werkhouding van de leerlingen was hoger, dit viel ook op in de lessen van de ontwikkelaar. De docent zei dat enkele leerlingen aangaven dat de lessenserie veel of te veel werk was. Hij was het daar zelf echter niet mee eens. Ook was de docent positief over de practica en de opdrachten waarbij de leerlingen zelf antwoorden op internet moesten zoeken. Hij had verder geen aandachtspunten. Jammer genoeg is het niet gelukt om de resultaten van de parallelklassen te vergelijken met de resultaten van de klassen in dit onderzoek. Vanwege praktische zaken (de docent kon zijn verslagen pas later nakijken vanwege zijn bruiloft en toen was de ontwerper al op vakantie) was dit niet mogelijk.

7.4 SAMENWERKING IN DE LESSENSERIE

Er zijn verschillende groepjes waarbij voornamelijk uit de aantekeningen van de docent, maar ook uit het logboek en de geschreven evaluatie bleek dat de samenwerking duidelijk effectief was. De logboeken zijn hier vooral gebruikt om te bepalen of er een taakverdeling is gemaakt waarbij alle

leerlingen een vergelijkbare, hoge inzet hebben voor het groepsresultaat. Dit is een van de kenmerken van goede samenwerking, zoals opgesteld door het SLO (2020). De samenwerking was effectief bij groepje 2 en 5 van de havo-klas en groepje 1 en 4 van de vwo-klas. In hoofdstuk 7.1 en 7.2 is te lezen dat er in deze groepjes veel werd overlegd waarbij actief werd geluisterd. Ook hadden deze leerlingen een taakverdeling met vergelijkbare, hoge inzet voor het groepsresultaat. In groepje 1 van het vwo werd ook binnen het groepje ongewenst gedrag gecorrigeerd en hier werd positief op gereageerd. Dit zijn allen kenmerken van effectieve samenwerking (SLO, 2020). Er waren echter ook groepjes waarbij de samenwerking niet effectief was. Dit gold voor groepje 3 en 4 van de havo-klas en groepje 3 van de vwo-klas. In deze groepjes werd er vooral individueel gewerkt en vond er weinig overleg plaats. Ook werd het werk van elkaar amper gecontroleerd. Groepje 4 van de havo voerde zelfs zo weinig uit dat ze hun werk niet hebben ingeleverd. Binnen de andere groepjes was de effectiviteit van de samenwerking wisselend. De ene les werd er overlegd en naar elkaar geluisterd, terwijl in een andere les de groepsleden werden genegeerd.

Uit de eindcijfers wordt duidelijk dat de groepjes met goede samenwerking de hoogste resultaten hebben behaald, zoals te zien in tabel 9 en 10. De groepjes zonder effectieve samenwerking hebben beduidend lagere resultaten. Het blijkt dus dat samenwerken helpt om hogere leerresultaten te behalen. In sommige onderdelen van de lessenserie was het duidelijk dat de leerlingen werden aangezet tot samenwerken. Bij deze onderdelen werd er in alle groepjes samengewerkt, al verschilde de mate van overleg en coöperatie. Dit gold voornamelijk voor de practica. In alle groepjes werd van tevoren overlegd over de aanpak en werd de uitvoering ook met minstens twee leerlingen gedaan. Over de toepassingsvragen werd vaak overlegd, maar niet in alle groepjes. Dit waren lastige vragen waar leerlingen snel op vastliepen. Door de houding van de docent waarin aangegeven werd om het eerst binnen het groepje te proberen op te lossen werd samenwerkend leren hier ook vaak toegepast. De conceptuele vragen en de begrippenkaart zetten niet aan tot samenwerking. Dit zijn onderdelen die de leerlingen goed kunnen verdelen en die door 1 leerling gemaakt kunnen worden. Dit werd in alle groepjes dus gedaan. Bij enkele groepjes werden de antwoorden nog gecontroleerd, maar dit was niet overal het geval.

7.5 CONCEPTEN EN MISCONCEPTEN

De eerste ontwerpeis van deze lessenserie was dat leerlingen na deze lessenserie de concepten over materialen kunnen uitleggen en verklaren. Echter door de werkvorm van het samenwerkend leren in groepjes zijn mogelijke leerlingdenkbeelden lastiger door de docent waar te nemen gedurende de lessen. Hierdoor kan de docent minder acties uitvoeren om misconcepten te verhelpen. In de conceptuele vragen zijn enkele vragen gesteld waar mogelijke leerlingdenkbeelden zichtbaar kunnen worden. Uit de antwoorden van leerlingen bleek dat in de meeste gevallen de leerlingen de leerstof voldoende hebben begrepen. Vooral in het vwo zijn de conceptuele vragen goed gemaakt (71% goed). In de havo is gemiddeld 55% van de conceptuele vragen goed gemaakt. Echter, er zijn in de havo vooral punten verloren door een incomplete uitleg. De leerlingen gaven dan maar antwoord op een deel van de vraag of gaven een onvolledige uitleg. Een voorbeeld van een dergelijke vraag is hieronder gegeven. Deze vraag gaat over het deeltjesmodel (specificatie 1). De leerlingen kijken een filmpje en krijgen dan de vraag waarom de ballon krimpt als het in vloeibaar stikstof wordt gehouden. Deze vraag is door 3 vwo-groepjes en 2 havo-groepjes goed beantwoord, 1 vwo-groepje en 2 havo-groepjes gaven een incompleet antwoord (1 van 2 punten). Hieronder wordt eerst de vraag met antwoordmodel gegeven en vervolgens een incompleet antwoord van een havo-groepje en twee goede antwoorden van een havo en een vwo-groepje.

Ballon in vloeibaar stikstof

Leg uit waarom de ballon zoveel krimpt als hij in vloeibaar stikstof wordt gehouden. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: de lucht in de ballon wordt kouder. Daardoor gaan de moleculen dichter op elkaar zitten/minder snel bewegen en hebben ze minder ruimte nodig.

Voorbeeld van een ander antwoord: de stikstof in de lucht gaat van gasvormig naar vloeibaar. De moleculen nemen dan een veel kleinere ruimte in, omdat ze dichter op elkaar zitten.

- *de lucht in de ballon wordt veel kouder/de stikstof wordt vloeibaar* 1
- *de moleculen zitten dan dichter op elkaar en nemen een kleinere ruimte in* 1

Incompleet antwoord van een havo-groepje, 1 van 2 punten

Stikstof wordt alleen vloeibaar onder de temperatuur -195 graden Celsius. Lucht is de ballon is aannemelijk rond de 20 graden. Zodra deze dus in het vloeibaar stikstof wordt gehouden koelt de temperatuur van de lucht af en krimpt hierdoor. Daardoor wordt de ballon ook kleiner

Goed antwoord van een havo-groepje, 2 punten

De ballon krimpt zoveel wanneer het in vloeibaar stikstof wordt gehouden omdat de vloeibaar stikstof heel koud is. Doordat het stikstof zo koud is gaan de lucht moleculen afkoelen en mindersnel bewegen. Hierdoor neemt het minder ruimte in en krimpt de ballon.

Goed antwoord van een vwo-groepje, 2 punten

In zijn normale staat bewegen de moleculen heel veel, waardoor de ballon best groot is. Zodra de ballon heel koud wordt doordat hij in vloeibaar stikstof wordt gehouden, gaan deze moleculen veel langzamer bewegen, waardoor de moleculen minder ruimte gebruiken en de ballon krimpt.

Er waren enkele vragen waar veel groepjes wel de mist in gingen. Een voorbeeld van een vraag waar duidelijk een misconcept naar voren komt is hieronder gegeven. Deze vraag gaat over warmtegeleiding, specificatie 2. Er wordt gevraagd welk materiaal je het beste kan gebruiken om een materiaal koud te houden in een warme omgeving: wol, dik metaal of dun metaal. Veel leerlingen hebben nog het misconcept dat wol, met een kleine warmtegeleidingscoëfficiënt en dus goede isolatie, alleen gebruikt kan worden om iets warm te houden, zo werkt een wollen trui ten slotte ook. Zoals een van de groepjes formuleerde: een wollen deken houdt warmte vast. Deze vraag is door alle havo-groepjes en drie van de vier vwo-groepjes fout beantwoord. Een van de vwo-groepjes had de vraag wel goed. Hieronder zijn de vraag met antwoordmodel gegeven en vervolgens 3 voorbeelden van foute antwoorden van 2 havo-groepjes en 1 vwo-groepje en 1 goed antwoord van een vwo-groepje.

Ijsjes koud houden

Het is hoogzomer en spreekt af met je vrienden. Je wilt ijsjes meenemen, maar je hebt geen goede manier om ze koud te houden. Wat kun je het best gebruiken? Wikkel jij een wollen deken om de ijsjes, gebruik je een metalen bakje met dunne wand of een metalen bakje met dikke wand? Leg uit. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Wollen deken, want daarvan is de warmtegeleidingscoëfficiënt kleiner/betere isolatie waardoor de ijsjes kouder blijven.

- *Wollen deken* 1
- *Kleinere warmtegeleidingscoëfficiënt/betere isolatie* 1

Fout antwoord van een havo-groepje, 0 punten

Het dikke metalen bakje zal beter isoleren dan het dunnere bakje. Omdat het dikke wand beter isoleert dan een dunnere wand. Het wollendeken is niet geschikt voor het koud houden van ijs want

het houdt warmte vast, dus het ijs zou alleen maar warmer worden. Het beste keuze is het metalen bakje met het dikke wand

Fout antwoord van een havo-groepje, 0 punten

Een metalen bakje met een dunne wand is het beste, omdat dit de warmte van buiten niet naar binnen laat, maar opneemt. Een dunne wand is beter dan een dikke, omdat als je een dikke wand hebt, het meer warmte opneemt en de ijsjes dus warmer worden

Fout antwoord van een vwo-groepje, 0 punten

Ik gebruik geen wollen deken, omdat ik weet dat een schaap geschoren moet worden als het zomer wordt, om oververhitting te voorkomen. Tussen een ijzeren bakje met dikke wand en een ijzeren bakje met smalle wand zou ik kiezen voor het ijzeren bakje met een dikke wand, omdat deze waarschijnlijk meer isolerend is dan die met de dunne wand.

Goed antwoord van een vwo-groepje, 2 punten

Je kunt het best een wollen deken gebruiken, omdat deze de kleinste warmtegeleidingscoëfficiënt heeft. En hoe kleiner, hoe minder warmteverlies er is. Hierdoor is het bakje goed geïsoleerd en blijft het binnenin koel

7.6 TOETSING ONTWERPEISEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten gebruikt om te toetsen of de ontwerpeisen zijn gehaald. In hoofdstuk 6.4 is beschreven welke methoden van dataverzameling gebruikt worden om de eis te toetsen. Er is hieronder aangegeven met een vinkje als een ontwerpeis is gehaald en een kruisje als de eis niet is gehaald. Als er zowel een vinkje als een kruisje staat is de ontwerpeis deels gehaald en is er ruimte voor significante verbetering voor deze eis.

- De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde verklaren en uitleggen op eindexamenniveau.**

In de havo-klas hebben drie groepjes de conceptuele vragen voldoende gemaakt, 1 groepje onvoldoende en 1 groepje heeft hun werk niet ingeleverd. In de vwo-klas hebben alle groepjes de conceptuele vragen voldoende gemaakt. De hoogste cijfers van een 7.5 in de havo-klas en een 8.4 in de vwo-klas geven aan dat deze lessenserie effectief kan zijn in het aanleren van het verklaren en uitleggen van concepten binnen materialen. De meeste fouten in de conceptuele vragen werden gemaakt door incomplete antwoorden te geven. Er waren echter nog enkele misconcepten aanwezig, bleek uit de antwoorden van leerlingen. Dit geldt voor de onderwerpen warmtegeleiding in havo en vwo, soortelijke warmte in havo en halfgeleiders in vwo. Hier kan nog vooruitgang worden geboekt.

- De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde toepassen in een andere context, vergelijkbaar met het eindexamen.**

In zowel de havo- als de vwo-klas hebben drie groepjes de toepassingsvragen voldoende gemaakt en 1 groepje onvoldoende. In de havo-klas heeft 1 groepje hun werk niet ingeleverd. De practica zijn in de havo-klas door 4 groepjes voldoende gemaakt en 1 groepje heeft niets ingeleverd. In de vwo-klas zijn de practica door 3 groepjes voldoende gemaakt en door 1 groepje onvoldoende. De hoogste cijfers van een 9.3 voor de examenvragen en een 7.6 voor de practica in de havo-klas en een 7.7 voor de examenvragen en een 8.3 voor de practica geven aan dat deze lessenserie effectief kan zijn in het aanleren van het toepassen van materiaalkunde in een andere context. De groepjes die de toepassingsvragen

onvoldoende hebben gemaakt hebben beiden een deel van de opdrachten niet gemaakt, naar eigen zeggen omdat ze te druk waren met de toetsweek. Daarnaast gaven de leerlingen aan dat het maken van de opgaven waar antwoorden bij waren hielp om te oefenen voor de examenvraag.

De leerlingen zijn in deze lessenserie effectief aan het samenwerken.

Zoals beschreven in hoofdstuk 7.4 zijn er in beide klassen twee groepjes die duidelijk effectief samenwerkten. Echter, er waren twee groepjes in de havo-klas en 1 groepje in de vwo-klas die de kenmerken van effectieve samenwerking helemaal niet vertoonden. Dit betekent dat effectieve samenwerking binnen deze lessenserie zeker mogelijk is, maar dat er nog wel verbeteringen aangebracht kunnen worden om ervoor te zorgen dat zoveel mogelijk groepjes samenwerken, mede omdat de groepjes die effectief samenwerkten de hoogste resultaten hebben behaald. Ook zetten sommige onderdelen van de lessenserie meer aan tot samenwerken dan andere onderdelen.

De lessenserie moet de leerlingen motiveren en enthousiasmeren.

In de geschreven evaluatie van de groepjes zijn de leerlingen overwegend positief over de lessenserie. Ook was het zeer opvallend dat de gemiddelde werkhouding van de leerlingen gedurende de lessenserie hoger was dan in reguliere lessen, dit merkte de docent van de parallelklassen ook op. De leerlingen zagen de lessenserie verder als een welkome afwisseling van alle toetsen. Echter, gaven meerdere leerlingen aan dat het werk, vooral in de lessen waarin het groepje geen practicum uitvoert, eentonig was. Uit dit alles kan geconcludeerd worden dat de basis van de lessenserie inderdaad helpt om de leerlingen te motiveren en enthousiasmeren, maar dat er ruimte is voor verbetering door de opdrachten of werkvormen afwisselender te maken.

De lessenserie moet passen in 7 lessen van 50 minuten.

In de vwo-klas gaven bijna alle groepjes aan dat het lastig was om al het werk in de beoogde tijd af te maken, maar uiteindelijk bleek dat ze thuis ongeveer evenveel tijd hadden besteed aan het eindverslag als ze aan de voorbereiding voor een reguliere toets besteden. In de havo-klas hadden de leerlingen weinig feedback over te veel werk. Er was 1 groepje dat hun werk niet had ingeleverd, maar zij hebben tijdens de lessen ook heel weinig gedaan.

De lessenserie moet de natuurkundemethode Polaris als basis hebben.

De lessenserie maakt gebruik van teksten en opdrachten uit de methode Polaris.

De lessenserie moet (met een aantal aanpassingen) uit te voeren zijn in zowel de 4^e klas havo als de 4^e klas vwo.

In het ontwerp zijn de moeilijkheidsgraad van de verschillende onderdelen aangepast. Er zijn lastigere conceptuele vragen toegevoegd, de toepassingsvragen zijn van hoger niveau (waarbij de methode Polaris werd gevolgd) en de practica vergden extra vaardigheden en inzicht. Dit zijn enkel kleine aanpassingen. Het gemiddelde cijfer van zowel de havo-klas als de vwo-klas is allebei een 6.6. Dit geeft aan dat het niveau van de lessenserie adequaat is aangepast.

De lessenserie moet ook uitgevoerd kunnen worden door een andere docent.

De docent van de parallelklassen heeft de lessenserie ook uitgevoerd met vergelijkbare resultaten. Hij vond het lesmateriaal en correctiemateriaal gemakkelijk in gebruik, was

positief over de practica en de opdrachten waarbij leerlingen zelf antwoorden op internet moesten opzoeken en was te spreken over de werkhouding van de leerlingen gedurende de lessenserie.

7.7 DEELVRAAG 6: VERGELIJKING SAMENWERKING TECHNASIUM- EN REGULIERE LEERLINGEN

Wat is het verschil in samenwerking tussen groepjes die volledig of gedeeltelijk bestaan uit Technasium-leerlingen en groepjes met enkel reguliere leerlingen?

In deelvraag 6 wordt de vraag gesteld wat het verschil in samenwerking is tussen groepjes die volledig of gedeeltelijk bestaan uit Technasium-leerlingen en groepjes met enkel reguliere leerlingen. Hierbij is de hypothese dat in groepjes met Technasium-leerlingen de samenwerking effectiever is, omdat de leerling meer ervaring hebben opgedaan met samenwerking in het vak Onderzoeken & Ontwerpen (Schaik & Bruning, 2014). Zoals uitgelegd in hoofdstuk 6.3 bestaan groepje 1 uit de havo-klas en groepje 1 uit de vwo-klas volledig uit Technasium-leerlingen. Groepje 5 uit de havo-klas en groepje 4 uit de vwo-klas bestaan (vrijwel) volledig uit reguliere leerlingen. De overige groepjes hebben een mix van reguliere en Technasium-leerlingen.

In hoofdstuk 7.4 is de samenwerking in de lessenserie besproken. Hieruit bleek dat de groepjes 2 en 5 uit de havo-klas en groepjes 1 en 4 uit de vwo-klas effectief samenwerkten volgens de kenmerken van het SLO (2020). Er waren ook groepjes die niet effectief samenwerkten, waarbij er vrijwel geen overleg plaatsvond. Dit waren de groepjes 3 en 4 uit de havo-klas en groepje 3 uit de vwo-klas. Binnen de andere groepjes was de effectiviteit van de samenwerking wisselend. Dit betekent dat in de vwo-klas het Technasium-groepje wel als een van de beste groepjes samenwerkte, maar in het Technasium-groepje in de havo-klas werd er weinig overlegd en vooral individueel gewerkt. De groepjes met enkel reguliere leerlingen in beide klassen waren juist groepjes met effectieve samenwerking. Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat binnen deze lessenserie er ofwel geen verschil was in samenwerking tussen Technasium- en reguliere leerlingen ofwel dit niet waar te nemen was in de instrumenten die gebruikt zijn in dit onderzoek. Het is lastig om hier een verklaring voor te geven. Het zou kunnen dat de samenwerking in Technasium niet genoeg is aangeleerd of dat ze hun vaardigheden die ze daar gebruiken niet toepassen in de natuurkundeles. De motivatie zou ook een factor kunnen zijn. De docent heeft namelijk de groepjes gemaakt, het waren de laatste lessen voor de zomervakantie, enkele leerlingen wisten al dat ze toch wel goed stonden voor natuurkunde en ook wilden leerlingen liever hun tijd steken in andere vakken waar ze nog een toets voor moesten maken.

8. CONCLUSIE EN DISCUSSIE

8.1 ONTWERPDOEL EN DEELVRAGEN

Het doel van dit project was om een lessenserie voor de 4^e klas natuurkunde havo en vwo te ontwerpen over het onderwerp materialen waarin samenwerking centraal staat. Deze lessenserie is ontworpen en uitgevoerd in een 4^e klas havo en vwo. Deze lessenserie was over het algemeen effectief in het aanleren van het verklaren, uitleggen en toepassen van concepten binnen materiaalkunde. De mate van samenwerking verschilde per groepje. Er kan gesteld worden dat het ontwerpdoel is gehaald, aanbevelingen voor verbetering van de lessenserie worden gegeven in hoofdstuk 8.3.

Wat opvallend was, is dat de groepjes die goed samenwerkten de hoogste cijfers in de lessenserie hebben gehaald. De groepjes met effectieve samenwerking, zoals uitgelegd in hoofdstuk 7.4, hebben een 8.1 en 7.0 gehaald in de havo-klas en een 6.6 en 8.1 in de vwo-klas. Dit zijn in beide klassen de hoogste cijfers. Daarnaast hadden deze groepjes gedurende bijna alle lessen in de lessenserie een goede werkhouding. Verschillende leerlingen uit deze groepjes gaven aan dat ze gemotiveerder aan de slag gingen dan in reguliere lessen om hun groepje vooruit te helpen. Dit is passend bij de eerste en tweede perspectieven op de effecten van samenwerkend leren van Slavin (1996).

Dit kan een bevestiging zijn dat samenwerkend leren het leren verbetert, zoals ook was gevonden in het literatuuronderzoek (Ebbens & Ettekovén, 2005 en Laal & Ghodsi, 2012). Hier is echter een kanttekening bij te plaatsen. Het is uit deze resultaten niet duidelijk of de hogere cijfers enkel komen vanuit het gegeven dat deze groepjes effectief met elkaar samenwerken. Het is ook mogelijk dat enkele leerlingen uit het groepje de lessenserie al starten met een positievere instelling en daarmee een hogere werkhouding overdragen op het groepje. Deze verhoogde inzet leidt dan tot hogere cijfers. Dat zou betekenen dat samenwerkend leren effectiever is bij groepjes die 'zin hebben in' samenwerken. Er is echter wel te stellen dat het waardevol is om in de lessenserie effectieve samenwerking in alle groepjes te bevorderen.

Hieronder worden de deelvragen in het kort beantwoord.

8.1.1 Welke theoretische achtergrond is er bekend over samenwerkend leren en hoe kan dit toegepast worden in de lessenserie?

Deze deelvraag is beantwoord in hoofdstuk 4.1. Als samenwerkend leren juist wordt toegepast helpt dit het leren van alle leerlingen te verbeteren (Ebbens & Ettekovén, 2005 en Laal & Ghodsi, 2012). Naast verhoogde leerresultaten helpt het leerlingen ook op onder andere sociaal en psychologisch gebied (Laal & Ghodsi, 2012 en Slavin, 2020). Een goede samenwerking kenmerkt zich door een herkenbare eigen inbreng van iedere leerling waarbij er actief wordt geluisterd en een taakverdeling waarbij iedere leerling een vergelijkbare, hoge inzet heeft voor het groepsresultaat (SLO, 2020).

Om deze effectieve samenwerking te bereiken moet aan de vijf voorwaarden van samenwerkend leren worden voldaan: positieve wederzijdse afhankelijkheid, individuele aanspreekbaarheid, directe interactie, sociale vaardigheden en aandacht voor het groepsproces (Ebbens & Ettekovén, 2015). Daarnaast leidt heterogeen groeperen tot een effectievere leeromgeving voor zowel sterke en gemiddelde leerlingen (Baer, 2003) als zwakkere leerlingen (Van der Laan, Smith & Spindle, 2007). De docent moet een duidelijke instructie geven (Van Ast et al., 2020) en vooral inhoudelijke en reflecterende vragen stellen om ervoor te zorgen dat iedere leerling een bijdrage levert aan het groepsproces. De begeleiding moet aangepast worden aan het groepje, al moet er altijd gerefereerd worden aan de eigen verantwoordelijkheid van de leerlingen (Ebbens & Ettekovén, 2015).

8.1.2 Op welke manieren kunnen andere didactische benaderingen, zoals contextueel leren en onderzoekend leren, bijdragen aan de lessenserie?

Deze deelvraag is beantwoord in hoofdstuk 4.2. Uit het literatuuronderzoek kwam dat contextueel leren de motivatie bij leerlingen verhoogd, maar dat het nog onduidelijk is of het ook de leerresultaten verbeterd (Taasobshirazi & Carr, 2008). Een verhoogde motivatie is echter al een goede reden om contextueel leren te gebruiken in de lesmodule. Daarnaast moeten de leerlingen hun conceptuele kennis in het examen ook in verschillende contexten toe kunnen passen (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Hierbij is het wenselijk om verschillende soorten contexten te gebruiken om de interesses van verschillende leerlingen aan te spreken. Gedurende de ontwerpfase, besproken in paragraaf 6.2.4 van het onderzoek is besloten om de illustratieve context (Bruning & Michels, 2013) te gebruiken.

Er is voor gekozen om onderzoekend leren niet terug te laten komen in de lessenserie vanwege het feit dat inhoudelijke leerdoelen in onderzoekend leren vaak naar de achtergrond verdwijnen (Pol, 2017 en Kortland et al., 2017). Daarnaast is het belangrijk dat de leerlingen alle deelonderwerpen behandelen, terwijl onderzoekend leren zich vaak focust op een deelonderwerp. Ten slotte is onderzoekend leren vaak tijdrovend (Tafoya et al., 1980) dat niet past binnen de ontwerpeisen.

8.1.3 Welke deelonderwerpen zijn er binnen het onderwerp Materialen?

Deze deelvraag is beantwoord in hoofdstuk 4.3. De verschillende deelonderwerpen zijn in het kort: het molecuulmodel, warmtetransport, soortelijke warmte, dichtheid, warmte- en elektrische geleiding, elastische en plastische vervorming en functionele materialen (College voor Toetsen en Examens, 2020a). Daarnaast is er een analyse gedaan van de eindexamens van het eerste tijdvak van 2018, 2019 en 2021. Hieruit bleek dat de vragen over materialen gemiddeld beter werden gemaakt dan de rest van het examen en dat soortelijke warmte veel terugkwam in de afgelopen examens.

8.1.4 Hoe past samenwerken binnen het vak Onderzoeken & Ontwerpen en hoe zouden aspecten hiervan de samenwerking in de lessenserie kunnen verbeteren?

Deze deelvraag is beantwoord in hoofdstuk 4.4. In het vak Onderzoeken & Ontwerpen werken leerling samen in een team voor een echte opdrachtgever. Samenwerken is dus een essentiële vaardigheid binnen O&O. De handreiking O&O voor de Tweede Fase (Schaik & Bruning, 2014) geeft een aantal suggesties voor het verbeteren van de samenwerking, zoals het laten tijdschrijven en activiteiten bijhouden in een logboek en het beschrijven van de samenwerking in het eindverslag. Deze aspecten zijn ook in de lessenserie toegepast.

8.1.5 Welke eisen worden er gesteld aan de lessenserie op basis van de antwoorden op de deelvragen en eisen uit de school en zijn deze eisen gehaald?

De opgestelde eisen zijn toegelicht in hoofdstuk 5 en getoetst in hoofdstuk 7.5. De volgende eisen zijn allen gehaald:

- De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde toepassen in een andere context, vergelijkbaar met het eindexamen.
- De lessenserie moet passen in 7 lessen van 50 minuten.
- De lessenserie moet de natuurkundemethode Polaris als basis hebben.
- De lessenserie moet (met een aantal aanpassingen) uit te voeren zijn in zowel de 4^e klas havo als de 4^e klas vwo.
- De lessenserie moet ook uitgevoerd kunnen worden door een andere docent.

Drie eisen zijn deels gehaald:

- De leerlingen kunnen na deze lessenserie de concepten binnen materiaalkunde verklaren en uitleggen op eindexamenniveau.

- De leerlingen zijn in deze lessenserie effectief aan het samenwerken.
- De lessenserie moet de leerlingen motiveren en enthousiasmeren.

Een deel van de concepten hebben de leerlingen goed begrepen, er waren echter nog wat misconcepten aanwezig. Er zouden andere opdrachten of werkvormen gebruikt kunnen worden om meer aandacht aan leerlingdenkbeelden te besteden. Ook zouden er meer vragen gericht op misconcepten aan de conceptuele vragen toegevoegd kunnen worden.

Voor het samenwerken geldt dat een deel van de groepjes effectief samenwerkte en daarmee de hoogste resultaten van de klas haalden. Echter waren er ook groepjes die de kenmerken van samenwerking niet vertoonden. Dit betekent dat effectieve samenwerking binnen deze lessenserie zeker mogelijk is, maar dat er nog wel verbeteringen aangebracht kunnen worden om ervoor te zorgen dat zoveel mogelijk groepjes samenwerken, mede omdat de groepjes die effectief samenwerkten de hoogste resultaten hebben behaald.

Voor het motiveren en enthousiasmeren geldt dat de leerlingen overwegend positief waren over de lessenserie en over het algemeen een hoge werkhouding vertoonden. Er is echter ruimte voor verbetering door de opdrachten en werkvormen afwisselender te maken.

8.1.6 Wat is het verschil in samenwerking tussen groepjes die volledig of gedeeltelijk bestaan uit Technasium-leerlingen en groepjes met enkel reguliere natuurkundeleerlingen?

Deze deelvraag wordt beantwoord in hoofdstuk 7.6. In de vwo-klas werkte het groepje met enkel Technasium-leerlingen als een van de beste groepjes samen, maar in het Technasium-groepje in de havo-klas werd er weinig overlegd en vooral individueel gewerkt. De groepjes met enkel reguliere leerlingen in beide klassen waren juist groepjes met effectieve samenwerking. Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat binnen deze lessenserie er geen verschil was in samenwerking tussen Technasium- en reguliere leerlingen.

8.2 BEPERKINGEN ONTWERP EN ONDERZOEK

8.2.1 Beperkingen totstandkoming ontwerp

Een beperking binnen de totstandkoming van het ontwerp is dat een groot deel van de lessenserie zelf bedacht is door de ontwikkelaar en niet door een ontwerpsteam met professionals. Deze beperking geldt het sterkst voor de voorkennistest. Voor deze test is er een havo natuurkundemethode van de derde klas gebruikt en heeft er overleg plaatsgevonden met docenten die aan de derde klas lesgeven. Echter heeft de ontwikkelaar weinig ervaring met lesgeven aan de derde klas en was het daarom lastig om het niveau te bepalen. Uiteindelijk waren de verschillen in de voorkennistest tussen de groepjes klein en is ervoor gekozen om de voorkennistest weinig mee te nemen in de analyse.

Voor de overige onderdelen van de lessenserie geldt dat de conceptuele vragen zijn gemodificeerd van vragen uit de natuurkundemethode Polaris en oude toetsen. Deze vragen zijn door drie verschillende docenten bekeken en hier is feedback op gegeven dat is verwerkt. Zij vonden de vragen allen passend om te gebruiken in de lessenserie. Echter, achteraf gezien focussen deze vragen veel op theoretische kennis die te vinden is in het boek en weinig op mogelijke leerlingdenkbeelden. Hier hadden meer vragen over toegevoegd kunnen worden. De vragen waarbij leerlingen zelf informatie op internet moesten opzoeken vielen erg in de smaak bij zowel de leerlingen als de docenten. Het eerste practicum is al jaren in gebruik op het Erasmus. Het tweede practicum is zelf ontwikkeld door de ontwikkelaar en ook dit practicum is door drie docenten en een technisch onderwijsassistent bekeken en ook hier is feedback op gegeven en verwerkt. De toepassingsvragen staan in de

natuurkundemethode Polaris en zijn gemodificeerde vragen van oude eindexamens of vragen die ontwikkeld zijn op hetzelfde niveau als eindexamens. Er is dus zoveel mogelijk aan gedaan om de lessenserie door middel van feedback van docenten en passende bronnen op het gewenste niveau te krijgen.

Ten slotte is er in het theoretisch kader geen onderzoek gedaan naar mogelijke misconcepties binnen het onderwerp Materialen. Dit was achteraf gezien een logische toevoeging van het vooronderzoek geweest. Door de werkvorm samenwerkend leren zijn mogelijke leerlingdenkbeelden lastiger door de docent waar te nemen gedurende de lessen en kan de docent minder acties ondernemen om deze te verhelpen. Door in het vooronderzoek te bepalen welke misconcepties er mogelijk zijn en hier in het lesmateriaal actief aandacht aan te besteden kan dit de leerlingen veel helpen in hun begrip van de leerstof.

8.2.2 Beperkingen analyse ontwerp

In de analyse van het ontwerp zijn een aantal beperkingen. Ten eerste is de onderzoeksgroep klein. In de havo-klas hebben 19 leerlingen de lessenserie gevolgd en in de vwo-klas 17 leerlingen. Dit waren in totaal 9 groepjes. Dat betekent dat de analyse van het ontwerp niet representatief is voor alle scholen. Om deze reden is er voornamelijk een kwalitatieve analyse van het ontwerp plaatsgevonden met behulp van onder andere aantekeningen van de ontwikkelaar, evaluaties van leerlingen en de cijfers en antwoorden op de specifieke onderdelen van de lessenserie.

Een volgende beperking is dat er geen enquêtes of interviews zijn afgenomen. Deze manieren van dataverzameling hadden een betrouwbaarder resultaat kunnen geven, omdat de leerlingen hier individueel op antwoorden. De vragen van de enquête of het interview hadden dan kunnen aansluiten bij de ontwerpdoelen om te bepalen of deze zijn gehaald. Dit is echter niet gedaan vanwege de tijd die het kost om een valide enquête te maken en de resultaten te analyseren en om interviewvragen te maken, af te nemen en te analyseren. Het ontwerpen van de lessenserie kostte zoveel tijd dat dit project ver over de 10EC zou gaan als deze manieren van dataverzameling toegevoegd zouden worden. Ik heb echter wel, naast de geschreven evaluatie, informele en individuele gesprekken gehouden met verschillende leerlingen om hun te vragen naar hun ervaringen met de lessenserie. Dit was zowel gedurende de lessenserie als erna. De uitkomsten hiervan zijn opgenomen in de evaluatie beschreven in hoofdstuk 7.3.

Een toevoeging voor de analyse van het ontwerp is nog om de resultaten te vergelijken met de resultaten van vorig jaar of jaren. Hier zullen dan kanttekeningen geplaatst bij moeten worden, omdat toen een ander boek werd gebruikt, een andere docent voor de klas stond en er natuurlijk andere leerlingen in de klas zaten. Dan zou echter wel bepaald kunnen worden of er hogere, lagere of vergelijkbare resultaten worden behaald bij een toets

Ten slotte was er gepland om een interview te houden met de docent van de parallelklassen na afloop van de lessenserie om hem naar zijn ervaringen met de lessenserie te vragen. Dit interview had gebruikt kunnen worden om de materialen van de lessenserie te verbeteren. Echter, de docent ging direct na de lessenserie met verlof voor zijn bruiloft en huwelijksreis waardoor het niet mogelijk was om een interview in te plannen. Daarom bestaat de evaluatie van de docent van de parallelklassen enkel uit informele gesprekken tijdens de lessenserie en enkele vragen gesteld via Microsoft Teams. Daarnaast was het ook de intentie om de resultaten van de parallelklassen te vergelijken met de klassen in dit onderzoek. Dit is echter ook niet gelukt, omdat, toen de docent terug kwam van verlof en de verslagen had nagekeken, de ontwerper al op vakantie was.

8.3 AANBEVELINGEN VOOR VERBETERINGEN VAN DE LESSENSERIE

8.3.1 Effectieve samenwerking stimuleren

In deze lessenserie hebben de groepjes die het effectiefst samenwerkten met het meeste overleg de hoogste resultaten gehaald. Het is nuttig om de samenwerking nog meer te stimuleren. Tijdens de lessenserie heb ik de groepjes veel losgelaten om zo te bepalen hoe ze met het lesmateriaal om zouden gaan. Het is echter aanbevolen om als docent een actievare rol aan te nemen die past bij samenwerkend leren, zoals besproken in paragraaf 6.2.2. Dit houdt in dat de docent het samenwerken stimuleert door bijvoorbeeld telkens te vragen of problemen al binnen het groepje zijn besproken om overleg te stimuleren. Ook kan de docent leerlingen die niet actief aan het werk zijn bij het groepje betrekken. In deze lessenserie heb ik dit niet actief gedaan om te bepalen of het groepje hier zelf iets van zou zeggen.

8.3.2 Misconcepten verhelpen

Bij een paar deelonderwerpen waren nog misconcepten aanwezig na afloop van de lessenserie. Ook was een deel van de conceptuele vragen meer gericht op theoretische kennis uit het boek en minder op leerlingdenkbeelden. Het is dus aanbevolen om meer vragen over leerlingdenkbeelden toe te voegen. Daarnaast zijn er verschillende manieren om het lesmateriaal en lesverloop aan te passen om te proberen de misconcepten te verhelpen. Voor drie deelonderwerpen zal ik drie verschillende voorbeelden geven die zouden kunnen helpen bij de leerlingdenkbeelden. Dit zijn overigens niet alle methoden die gebruikt kunnen worden. Daarnaast zouden de methoden ook toegepast kunnen worden in andere onderwerpen.

Halfgeleiders

In het vwo was halfgeleiders een lastig onderwerp en uit de antwoorden bleek dat niet alle leerlingen hebben begrepen wat er gebeurt in een halfgeleider. Ik had al verwacht dat de leerlingen dit lastig zouden vinden en daarom heb ik bij de start van dit onderwerp een uitlegfilmpje (Veritasium, 2013) laten zien, een link naar dit filmpje staat ook in het lesmateriaal in appendix A3. Als toevoeging had ik na dit filmpje ik ook een klassendiscussie kunnen houden over de stof in het filmpje. Zo had ik vragen kunnen stellen waarna de leerlingen in hun groepje konden overleggen en elk groepje een eigen antwoord kon geven. Op deze manier overleggen de leerlingen over de stof en kan ik bepalen welke groepjes extra aandacht nodig hebben tijdens de rest van de les. Leerlingdenkbeelden benaderen in een groepsdiscussie kan helpen misconcepten te verhelpen. Hierbij moet er rekening gehouden worden met dat de docent aanwezig is om vragen te beantwoorden en dat de groepjes goed met elkaar kunnen samenwerken (Benckert & Pettersson, 2008).

Warmtegeleiding

Zoals besproken in hoofdstuk 7.5 was er zowel in havo als vwo bij veel groepjes nog het misconcept aanwezig dat een wollen deken warmte binnenhoudt en daardoor een koud voorwerp dus opwarmt. Deze vraag zou ook aangepakt kunnen worden als een kort practicum. De groepjes moeten dan aan het begin van het lesuur een hypothese opstellen, vergelijkbaar met de antwoorden die ze nu hebben gegeven. Vervolgens pakken ze een ijsje in een wollen deken en in 1 of 2 metalen bakjes. Aan het eind van het lesuur kunnen ze zelf zien welke van de ijsjes het meest is gesmolten en bepalen of hun hypothese is bevestigd of dat ze een andere verklaring moeten bedenken. De leerlingen geven van tevoren een voorspelling en zijn zo gevoeliger voor observaties die daarmee conflicteren (Kortland et al., 2017). Dit kan misconcepties verhelpen. Hierbij is het belangrijk dat de docent een actieve rol speelt door de juiste vragen aan de groepjes te stellen om zo te helpen hun misconcepten te verhelpen. Natuurlijk moet van tevoren het practicum ook getest worden om te bepalen of het

verschil in de twee situaties groot genoeg is dat de leerlingen zien dat het ene ijsje meer is gesmolten dan het andere.

Soortelijke warmte

Uit de antwoorden van de havo-groepjes bleek dat wat soortelijke warmte precies is nog niet bij iedereen duidelijk was. De vwo-leerlingen hadden dit concept beter begrepen. Een mogelijke manier om leerlingen hierbij te helpen is het gebruik van concept cartoons. Hierbij wordt gevraagd aan leerlingen om een mogelijk standpunt in te nemen. De discussie binnen het groepje laat de leerlingen hun ideeën verwoorden en deze toetsen aan anderen. Een mogelijke vraag van zo'n concept cartoon over soortelijke warmte is een vraag uit de voorkennistest, zoals gegeven hieronder. De leerlingen zouden dan in hun groepje kunnen discussiëren over het juiste antwoord, waarbij de docent eventueel een duwtje in de goede richting kan geven. Overigens is deze vraag in de conceptuele vragen niet meer gebruikt, enkel in de voorkennistest. Dit was achteraf gezien een goede toevoeging geweest om te zien of de leerlingen na de lessenserie dit concept beter hadden gesnapt.

Twee gelijke hoeveelheden water van 20 en 40 graden leveren gemengd een eindtemperatuur van 30 graden. Als je het water van 40 graden vervangt door even zwaar zand van 40 graden, dan wordt de eindtemperatuur...

- A. Hoger, door de hogere massa van zand.*
- B. Lager, door de hogere massa van zand.*
- C. Hoger, door de lagere soortelijke warmte van zand.*
- D. Lager, door de lagere soortelijke warmte van zand.***
- E. Gelijk, want je start met 40 graden.*

8.3.3 De lessenserie afwisselender maken

De leerlingen hadden aangegeven dat de lessenserie soms wat eentonig was. In hun feedback zeiden ze dat de lessen over paragraaf 1 (deeltjesmodel en soortelijke warmte) en 4 van de havo (elasticiteit) wel leuk waren, omdat hier de practica bij hoorden. Vooral het practicum over de elasticiteit van zure matten viel (letterlijk) in de smaak. De laatste paragraaf (functionele materialen) vonden de meeste leerlingen ook interessant, omdat ze hier veel in het internet op mochten om informatie op te zoeken over onbekende materialen. Ze zeiden dat er wel meer van soortgelijke vragen gesteld mochten worden.

De paragrafen 2 (warmtegeleiding), 3 (metalen) en 4 van het vwo (halfgeleiders) waren volgens de leerlingen wel eentonig. Er zouden verschillende aspecten veranderd of toegevoegd kunnen worden om deze aspecten van de lessenserie afwisselender te maken. Ten eerste zou in alle lessen de opstart van de les uitgebreid kunnen worden. Hierbij kan de docent verschillende groepjes vragen naar hun manier van werken, zoals op welke manier en hoeveel ze overleggen of hoe ze de taken verdelen. Dit maakt leerlingen bewust dat er aandacht aan hen wordt besteed en denken ze na over hoe ze de lessenserie aanmaken. Tevens kan dit helpen voor het samenwerken, omdat groepjes van elkaar kunnen leren hoe zij de lessenserie benaderen.

Daarnaast zijn hierboven al verschillende opties genoemd om de lessenserie afwisselender te maken. Gedurende paragraaf 2 zouden de leerlingen een practicum uit kunnen voeren waarbij ze bepalen welk materiaal het best hun ijsjes koud kan houden. Een uitgebreider practicum is ook mogelijk, bijvoorbeeld door leerlingen zelf isolatiemateriaal te laten kiezen om een materiaal koud of warm te houden. Ook het deelonderwerp halfgeleiders wordt afwisselender als de bovengenoemde

klassendiscussie toegevoegd wordt. Hier kan de docent zelf bepalen hoeveel tijd hieraan wordt besteed, afhankelijk van de antwoorden die de leerlingen geven. Een andere optie hiervoor is flipping the classroom. Dan bekijken de leerlingen voor de les het filmpje en vindt enkel de discussie in de klas plaats.

Naast de hierboven genoemde manieren, namelijk een uitgebreidere opstart, meer practica, filmpjes en klassendiscussie, eventueel met behulp van flipping the classroom, en discussies met behulp van concept cartoons zijn er nog veel andere manieren om de lessen gevarieerder te maken. Voorbeelden van andere werkvormen zijn demonstraties met vragen die de groepjes moeten beantwoorden, gamification en activerende werkvormen, zoals de expertmethode. Hierbij zouden leerlingen uit de groepjes bijvoorbeeld bepaalde leerstof kunnen presenteren. Er moet in alle gevallen echter goed over nagedacht worden over wat de werkvorm toevoegt aan de les en of de leerlingen met behulp van deze werkvorm effectief leren. Ook moet de lessenserie niet onnodig ingewikkeld gemaakt worden voor zowel de docent als de leerlingen met veel verschillende aspecten. Het wordt dus niet aanbevolen om al deze werkvormen toe te passen, maar een selectie kan helpen om de lessenserie afwisselender te maken en misconcepties te verhelpen.

8.4 SUGGESTIES VOOR VERDER ONDERZOEK

Het ontwerpdoel van deze lessenserie is behaald en alle ontwerpeisen zijn gehaald of deels gehaald. De volgende stap is om de lessenserie in meer klassen uit te voeren, idealiter een aangepaste versie van de lessenserie met de hierboven genoemde aanbevelingen doorgevoerd. Op het moment van schrijven is het nog onduidelijk of de lessenserie komend schooljaar opnieuw uitgevoerd zal worden op het Erasmus. Dit is dan alleen het gebruik van de lessenserie, hier zal geen onderzoek aan gekoppeld worden.

Uit de resultaten was het niet bewezen dat samenwerkend leren het leren van alle leerlingen verbetert, zoals gevonden in het literatuuronderzoek (Ebbens & Ettekoven, 2005 en Laal & Ghodsi, 2012). Groepjes die effectief samenwerkten haalden wel hogere resultaten, maar het was niet duidelijk of de hogere cijfers enkel kwamen vanuit het gegeven dat deze groepjes effectief met elkaar samenwerkten of dat het kwam doordat deze groepjes leerlingen bevatten die meer zin hadden in deze lessenserie. Dit kan verder onderzocht worden door voor de start van de lessenserie een enquête bij de leerlingen af te nemen waarin onder andere gevraagd wordt of ze samenwerken leuk vinden, het vak natuurkunde leuk vinden en hoeveel ze zich in reguliere lessen inzetten voor natuurkunde. Met behulp van deze resultaten kan aan het eind van de lessenserie bepaald worden of groepjes met leerlingen met hogere inzet ook beter samenwerken en daarmee hogere cijfers halen. Daarnaast kan de aangepaste vorm van de lessenserie gebruikt worden waarin de intentie is dat het effectief samenwerken van alle groepjes wordt bevorderd.

Samenwerkend leren kan in meer lessenseries toegepast worden met verschillende onderwerpen en ook in verschillende schoolvakken. Daarnaast wordt samenwerkend leren ook veel gebruikt in projectonderwijs. Er zijn zelfs schooltypes die projectonderwijs, voornamelijk in de onderbouw, als basis nemen van het volledige onderwijs, dit is passend bij Montessorionderwijs. Twee voorbeelden van scholen die dit doen zijn de Montessori mavo/havo Neuhuyskade in Den Haag (Voortgezet Leren, 2021 en Haags Montessori Lyceum, z.d.) en de Montessori Mavo in Rotterdam (Montessori Mavo Rotterdam, z.d.). Op deze scholen wordt contextrijk projectonderwijs aangeboden waarin de schoolvakken gecombineerd worden en samenwerkend centraal staat. Samenwerkend leren kan echter ook op veel kleinere schaal gebruikt worden. Er zijn verschillende werkvormen waarin samenwerken belangrijk is en als de voorwaarden van samenwerkend leren en de rol van de docent

(Ebbens & Ettekoven, 2005 en Van Ast et al., 2020) hierin goed worden toegepast zijn deze werkvormen nog effectiever. Voorbeelden zijn denken-delen-uitwisselen en checken in duo's. Dit zijn korte werkvormen waarbij leerlingen vooral in tweetallen samenwerken. Door soortgelijke werkvormen regelmatig in lessen toe te passen leren de leerlingen naast de stof beter samen te werken.

Ten slotte kan er meer onderzoek gedaan worden naar samenwerking binnen het Technasium. Binnen deze lessenserie was er geen verschil in samenwerking tussen Technasium- en reguliere leerlingen. Samenwerken is echter wel een vaardigheid die hoort bij de doelstellingen van het vak O&O (Schaik & Bruning, 2014). Zo zou er een onderzoek gedaan kunnen worden waarin de samenwerking van Technasium- en reguliere leerlingen in hun examenjaar worden vergeleken in een lessenserie buiten het vak O&O. Deze lessenserie zou meer gericht kunnen zijn op de werkzaamheden binnen O&O, zoals het ontwerpen van een product. Op deze manier kan er bepaald worden of Technasium-leerlingen de vaardigheden voor samenwerken die ze leren bij O&O ook in andere vakken inzetten en zo effectiever kunnen samenwerken.

9. BIBLIOGRAFIE

- Abril et al. (2013). *Inquiry-based learning in maths and science classes: What it is and how it works – examples – experiences*. PRIMAS. Geraadpleegd op 12 april 2022, van https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/primas_final_publication.pdf
- Baer, J. (2003). *Grouping and Achievement in Cooperative Learning*. *College Teaching*, 51(4), 169-175.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S. & Ploetzner, R. (2010). *Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges*. *International Journal of Science Education*. 3 (1): 349–377.
- Benckert, S. & Pettersson, S. (2008). *Learning Physics in Small-Group Discussions – Three Examples*. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(2).
- Bruning, L. & Michels B. (2013). *Concept-contextvenster: Zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs*. SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling). Geraadpleegd op 22 maart 2022, van <https://www.slo.nl/publish/pages/2803/concept-contextvenster.pdf>
- Buil, S., Eijkelkamp, M., Hoogeveen, F., Koopmans, P., Mies, M., Van de Poppe, D.-J., Staal, D. & Wielemaker, A. (2021a). *POLARIS Natuurkunde havo 4*. Boom Voortgezet Onderwijs.
- Buil, S., Eijkelkamp, M., Hoogeveen, F., Koopmans, P., Mies, M., Van de Poppe, D.-J., Staal, D. & Wielemaker, A. (2021b). *POLARIS Natuurkunde vwo 4*. Boom Voortgezet Onderwijs.
- Cito (z.d.). *Examens 2021 - 2019 - 2018 havo*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van <https://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet-onderwijs/centrale-examens-voortgezet-onderwijs/examenvoorbereiding/examenmateriaal/havo-2021-2019-2018>
- College voor Toetsen en Examens (2018). *Examen Havo 2018 natuurkunde tijdvak 1*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van <https://www.examenblad.nl/examendocument/2018/cse-1/natuurkunde-havo/opgaven/2018/havo/f=/HA-1023-a-18-1-o.pdf>
- College voor Toetsen en Examens (2019). *Examen Havo 2019 natuurkunde tijdvak 1*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van <https://www.examenblad.nl/examendocument/2019/cse-1/natuurkunde-havo/opgaven/2019/havo/f=/HA-1023-a-19-1-o.pdf>
- College voor Toetsen en Examens (2020a). *Natuurkunde havo: Syllabus centraal examen 2022 (Versie 2)*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van https://www.examenblad.nl/examenstof/syllabus-2022-natuurkunde-havo/2022/havo/f=/natuurkunde_havo_2_versie_2022.pdf
- College voor Toetsen en Examens (2020b). *Natuurkunde vwo: Syllabus centraal examen 2022 (Versie 2)*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van https://www.examenblad.nl/examenstof/syllabus-2022-natuurkunde-vwo/2022/vwo/f=/natuurkunde_2_versie_vwo_2022.pdf
- College voor Toetsen en Examens (2021). *Examen Havo 2021 natuurkunde tijdvak 1*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van <https://www.examenblad.nl/examendocument/2021/cse-1/natuurkunde-havo/opgaven/2021/havo/f=/HA-1023-a-21-1-o.pdf>
- Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo (2010). *Nieuwe natuurkunde, advies-examenprogramma's voor havo en vwo*. Amsterdam: Nederlandse Natuurkundige Vereniging.
- Ebbens, S., & Ettekoven, S. (2005). *Samenwerkend leren (2nd ed.)*. Noordhoff.

- Haags Montessori Lyceum (z.d.). *Montessori mavo/havo Neuhuyskade*. Geraadpleegd op 19 september 2022, van <https://hml.nl/montessori-mavo-havo-neuhuyskade/>
- Het Erasmus (z.d.). *Innovatieve types vind je op het Technasium*. Geraadpleegd op 20 september 2022, van <https://www.het-erasmus.nl/ons-bijzondere-aanbod/technasium>
- Kortland, K., Poorthuis, P. & Verhagen, P. (2017). Practica. In Kortland, K., Mooldijk, A., & Poorthuis, H., *Handboek natuurkundedidactiek* (pp. 88-96). Epsilon Uitgaven.
- Laal, M., & Ghodsi, S. M. (2012). *Benefits of collaborative learning*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 486–490.
- Montessori Mavo Rotterdam (z.d.). *Onderwijs*. Geraadpleegd op 19 september 2022, van <https://www.montessorimavorotterdam.nl/onderwijs/>
- Paus, J. (2013). *Handreiking schoolexamen natuurkunde havo/vwo*. SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling).
- Pol, H. (2017). Onderzoekend leren. In Kortland, K., Mooldijk, A., & Poorthuis, H., *Handboek natuurkundedidactiek* (pp. 53-59). Epsilon Uitgaven.
- PRIMAS (2013). *Guide for professional development providers*. Geraadpleegd op 12 april 2022, van https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/FINAL_WP4_Guide_PD_providers_licence_150708.pdf
- Putter, L. de (2017). Leren in context. In Kortland, K., Mooldijk, A., & Poorthuis, H., *Handboek natuurkundedidactiek* (pp. 46-53). Epsilon Uitgaven.
- Schaik, H. & Bruning L. (2014). *Handreiking schoolexamen Onderzoek & ontwerpen in de tweede fase*. SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling). Geraadpleegd op 22 maart 2022, van <https://www.slo.nl/publish/pages/2866/handreiking-schoolexamen-onderzoek-en-ontwerpen-havo-vwo.pdf>
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative learning: Theory, research, and practice (2nd ed.)*. Boston: Allyn & Bacon.
- Slavin, R. E. (1996). *Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know*. *Contemporary Educational Psychology*, 21(1), 43-69.
- SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling) (2020). *Samenwerken*. Geraadpleegd op 30 augustus 2022, van https://www.slo.nl/publish/pages/11499/leerlijn_samenwerken_maart_2020.pdf
- SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling) (2021). *RTTI*. Geraadpleegd op 29 augustus 2022, van <https://www.slo.nl/handreikingen/havo-vwo/handreiking-se-bio-hv/toetsen-schoolexamen/artikel/rtti/>
- Speirs Neumeister, K. (2007). *Perfectionism in Gifted Students: An Overview of Current Research*. *Gifted Education International*, 23(3), 254–263.
- Stichting Technasium. (z.d.-a). *Stichting Technasium*. Geraadpleegd op 22 maart 2022, van <https://www.technasium.nl/over-de-netwerkorganisatie/stichting-technasium/>
- Stichting Technasium. (z.d.-b). *Alles over Technasium*. Geraadpleegd op 22 maart 2022, van <https://www.technasium.nl/alles-over-technasium/>

Taasobshirazi, G., & Carr, M. (2008). *A review and critique of context-based physics instruction and assessment*. *Educational Research Review*, 3(2), 155–167.

Tafoya, E., Sunal, D. W., & Knecht, P. (1980). *Assessing Inquiry Potential: A Tool For Curriculum Decision Makers*. *School Science and Mathematics*, 80(1), 43–48.

Van Ast, M., De Loor, O., Spijkerboer, L. C., Ebbens, S. O., & Ettekoven, S. (2020). *Effectief leren (5th ed.)*. Noordhoff.

Van der Laan Smith, J., & Spindle, R. M. (2007). *The impact of group formation in a cooperative learning environment*. *Journal of Accounting Education*, 25(4), 153–167.

Veritasium (2013). *How Does a Transistor Work? [Video]*. YouTube. Geraadpleegd op 10 mei 2022, van <https://www.youtube.com/watch?v=lcrBqCFLHIY>

Voortgezet Leren (2021). *Ambitieuze doeners zelfstandiger door vakoverstijgend onderwijs*. Geraadpleegd op 19 september 2022, van <https://www.voortgezetleren.nl/post/ambitieuze-doeners-zelfstandiger-door-vakoverstijgend-onderwijs>

Woldhuis, E. (2021). *Vernieuwing examenprogramma's havo en vwo*. Geraadpleegd op 22 maart 2022, van <https://www.slo.nl/thema/vakspecifieke-thema/natuur-techniek/vernieuwing/>

A. APPENDICES

1. SYLLABUS HAVO DOMEIN D1 EIGENSCHAPPEN VAN STOFFEN EN MATERIALEN

Bekend verondersteld:

De kandidaat kan:

1. eenvoudige berekeningen maken met de volgende formule: $\rho = \frac{m}{V}$

De kandidaat kent:

2. de volgende vakbegrippen: molecuul, atoom.

Subdomein D1. Eigenschappen van stoffen en materialen

Eindterm

De kandidaat kan in contexten fysische eigenschappen van stoffen en materialen beschrijven en verklaren met behulp van atomaire en moleculaire modellen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. het moleculaire model van materie gebruiken bij het verklaren van fasen en faseovergangen,
 - vakbegrippen: gas, vloeistof, vaste stof, smelten, stollen, verdampen, condenseren, sublimeren;
2. warmtetransport verklaren met behulp van materiële modellen,
 - het verband tussen de warmtestroom en de thermische geleidbaarheid van een stof uitleggen en eenvoudige berekeningen aan de warmtestroom maken;
 - vakbegrippen: geleiding, stroming, straling;
 - minimaal in de context: energiebesparing door isolatie;
3. temperatuurveranderingen van een stof beschrijven als gevolg van het toe- of afvoeren van warmte,
 - temperatuur beschrijven in termen van beweging van deeltjes en uitleggen dat er een absoluut nulpunt bestaat;
 - soortelijke warmte als stoffeigenschap;
 - omrekenen van graden celsius naar kelvin en omgekeerd;
4. het verband tussen de dichtheid en de soortelijke warmte bij metalen beschrijven en verklaren,
 - vakbegrip: atomaire massa;
5. het verband tussen de warmtegeleiding en elektrische geleiding bij metalen beschrijven en verklaren,
 - vakbegrip: geleidingselectron;
6. spanning-rekdiagrammen interpreteren in termen van elastische en plastische vervorming en berekeningen maken aan elastische vervormingen,
 - vakbegrip: treksterkte (de maximale spanning waarbij nog geen breuk optreedt).

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$Q = cm\Delta T$$

$$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

2. LESSENSERIE: PLANNER HAVO

H6 Materialen

4H 2022

Werk aan de hand van deze planner hoofdstuk 6 uit Polaris over Materialen door met je groepje. Studiematerialen zoals de begrippenkaart, powerpoints, practica en filmpjes zijn te vinden op It's Learning.

De theorievragen hieronder moeten worden uitgewerkt in een **verslag**. Daarnaast maak je de **examentraining-opgaven uit het boek** en doe je **2 practica**. Dit verslag, de examentraining-opgaven en de practicumverslagen leveren jullie als groepje in en worden becijferd. De deadline voor inleveren is **vrijdag 24 juni**. Het eindcijfer is het gemiddelde van de cijfers voor het verslag, de examentraining-opgaven en de 2 practica:

$$cijfer = \frac{cijfer\ verslag + cijfer\ examentraining\ opgaven + cijfer\ practica}{3}$$

De **verplichte opgaven** moeten allemaal gemaakt worden en afgetekend bij de docent. Het antwoordenboek hiervoor staat op ItsLearning. Daarnaast leveren jullie aan het eind van elke les een **logboek** in, waarin jullie aangeven wat iedereen gedurende de les heeft gedaan. Op de verplichte opgaven en het logboek krijgen jullie geen cijfer, maar deze moeten wel afgetekend en ingeleverd worden om een eindcijfer te krijgen!

Lesplanning		
Les	Datum	Lesinhoud
1	8 juni	Voorkennistest & par. 1
2	13 juni	Par. 1 & practicum soortelijke warmte
3	13 juni	Par. 2
4	15 juni	Par. 3
5	20 juni	Par. 4 & voorbereiding practicum elasticiteit
6	20 juni	Uitvoering practicum elasticiteit & par. 5
7	22 juni	Par. 5 & afronden

Paragraaf 6.1: Warmte en temperatuur

De lucht om ons heen bestaat voor 79% uit stikstof. Normaal gesproken is dit gasvormig, maar als je stikstof genoeg afkoelt wordt het vloeibaar. Vloeibaar stikstof is -196°C. Dat kan heel gevaarlijk zijn, want als je dit op je huid krijgt, kan je door het grote temperatuurverschil brandwonden krijgen! Je kan er ook leuke proefjes mee doen, deze man stopt een ballon in vloeibaar stikstof:

https://www.youtube.com/watch?v=DIVtflUWEdA&ab_channel=LastechniekwinkelM.vanVeenendaaIBV

Leervragen:

1. Vul de begrippenkaart t/m soortelijke warmte in.
2. Leg uit wat er op microniveau gebeurt bij het absolute nulpunt. Waarom kan het niet kouder worden? (1 punt)
3. Leg uit waarom de ballon zoveel krimpt als hij in vloeibaar stikstof wordt gehouden. (2 punten)
4. Maak examentraining opgave 16

Opgaven om af te laten tekenen: 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15

Paragraaf 6.2: Warmtetransport

Het is winter. Je wordt 's ochtends wakker, maar het is heel koud in je kamer. Het is windstil, maar je raam stond nog open (1)! Brrrr. Je doet het raam dicht en zet de thermostaat hoger. De verwarming wordt al snel warmer (2) en jij voelt de warmte gelukkig ook (3). Je maakt snel ontbijt, even knakworstjes opwarmen op de inductiekookplaat (4) en dan is het tijd om naar buiten te gaan. Gelukkig is het zonnetje net doorgebroken, het voelt alsof het lente wordt (5)!

Leervragen:

1. Vul de begrippenkaart t/m warmtegeleidingscoëfficiënt in.
2. In het verhaal hierboven komen verschillende soorten warmtetransport voor. Geef bij elk nummer aan welke vorm van warmtetransport een rol speelt (dit kunnen ook meerdere zijn). (2 punten)
3. Het is hoogzomer en spreekt af met je vrienden. Je wilt ijsjes meenemen, maar je hebt geen goede manier om ze koud te houden. Wat kun je het best gebruiken? Wikkel jij een wollen deken om de ijsjes, gebruik je een metalen bakje met dunne wand of een metalen bakje met dikke wand? Leg uit. (2 punten)
4. Leg uit wat het verschil is tussen warmte en temperatuur. (2 punten)
5. Maak examentraining opgave 29

Opgaven om af te laten tekenen: 18, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 28

Paragraaf 6.3: Metalen

GLARE (oftewel GLass REinforced aluminium) is een materiaal dat veel wordt gebruikt in vliegtuigen, bijvoorbeeld in de Airbus A380. GLARE bestaat uit hele dunne laagjes aluminium met glasvezels ertussen. GLARE heeft een aantal grote voordelen voor vliegtuigbouwers en het materiaal is bedacht door Nederlandse wetenschappers!



Leervragen:

1. Vul de begrippenkaart t/m atomaire massa in.

2. Wanneer is een elektron een 'vrij' elektron (of geleidingselektron)? (1 punt)
3. Wat gebeurt er op microniveau als een materiaal warmer is? (1 punt)
4. Zoek op internet minstens 2 materiaaleigenschappen op die GLARE geschikt maken om vliegtuigen van te bouwen. Leg uit waarom deze materiaaleigenschappen belangrijk zijn. (2 punten)
5. Maak examentraining opgave 40

Opgaven om af te laten tekenen: 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39

Paragraaf 6.4: Vervorming

Als een fietsenmaker een spaak in een wiel monteert, wordt de spaak gespannen. Dit wordt voorspannen genoemd. Tijdens het fietsen verandert telkens de spanning op de spaken, hierdoor kan het metaal zwakker worden en uiteindelijk breken. Als je spaak dan breekt is het beter om er meteen een nieuwe in te zetten, want anders kun je een slag in je wiel krijgen.



Leervragen:

1. Vul de begrippenkaart t/m spanning-rekdiagram in.
2. Aan twee kabels hangt elk een blok met massa m . Beide kabels zijn van hetzelfde materiaal gemaakt, hebben dezelfde lengte, maar hebben een andere diameter. Vergelijk de trekspanning, de relatieve rek en de elasticiteitsmodulus in de kabels. (3 punten)
3. Beschrijf wat een relatieve rek van 0,20 betekent. (1 punt)
4. De fietsenmaker zet de roestvrijstalen spaak onder een trekspanning van 190 MPa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). De doorsnede van de spaak is 2.63 mm^2 .
 - a. Bereken de spankracht in de voorgespannen spaak. (3 punten)
 - b. Bereken hoeveel procent de voorgespannen spaak is uitgerekt. (2 punten)
5. Maak examentraining opgave 52

Opgaven om af te laten tekenen: 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51

Paragraaf 6.5: Functionele materialen

Er wordt veel onderzoek gedaan naar 2D materialen. Dit zijn materialen die bestaan uit maar 1 enkele laag atomen. Ze zouden gebruikt kunnen worden om computerchips te maken die zuiniger zijn, om flexibele zonnepanelen van te maken en ze kunnen zelfs in de medische wereld gebruikt worden. Het is niet giftig en er kunnen medicijnen aan vastgemaakt worden die precies op de juiste plek in het lichaam afgeleverd kunnen worden. Een voorbeeld van een 2D materiaal is grafeen. Grafeen maken uit grafiet is eigenlijk niet heel lastig, dat laat deze onderzoeker van de TU Delft zien: https://www.youtube.com/watch?v=VKpfDG8SPAc&ab_channel=UniversiteitvanVlaanderen

Leervragen:

1. Vul de begrippenkaart helemaal in.
2. In het filmpje zegt de onderzoeker van de TU Delft dat je maar 1 laagje grafeen wilt hebben. Hier zijn verschillende redenen voor, geef er 2. (2 punten)
3. In vraag 57 wordt een allotroop van koolstof genoemd: het nanobuisje. Zoek op internet op in welke toepassing dit nanobuisje gebruikt zou kunnen worden en geef aan welke eigenschap(pen) dit nanobuisje zo geschikt maken voor die toepassing. (3 punten)
4. Maak examentraining opgave 62
5. Schrijf een kort stukje (±5 regels) over wat jullie vonden van deze manier van in groepjes werken en hoe de samenwerking bij jullie ging. (2 punten als aanwezig)

Opgaven om af te laten tekenen: 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61

3. LESSENSERIE: PLANNER VWO

H6 Materialen

4V 2022

Werk aan de hand van deze planner hoofdstuk 6 uit Polaris over Materialen door met je groepje. Studiematerialen zoals de begrippenkaart, powerpoints, practica en filmpjes zijn te vinden op It's Learning.

De theorievragen hieronder moeten worden uitgewerkt in een **verslag**. Daarnaast maak je de **examentraining-opgaven uit het boek** en doe je **2 practica**. Dit verslag, de examentraining-opgaven en de practicumverslagen leveren jullie als groepje in en worden becijferd. De deadline voor inleveren is **vrijdag 24 juni**. Het eindcijfer is het gemiddelde van de cijfers voor het verslag, de examentraining-opgaven en de 2 practica:

$$cijfer = \frac{cijfer\ verslag + cijfer\ examentraining\ opgaven + cijfer\ practica}{3}$$

De **verplichte opgaven** moeten allemaal gemaakt worden en afgetekend bij de docent. Het antwoordenboek hiervoor staat op ItsLearning. Daarnaast leveren jullie aan het eind van elke les een **logboek** in, waarin jullie aangeven wat iedereen gedurende de les heeft gedaan. Op de verplichte opgaven en het logboek krijgen jullie geen cijfer, maar deze moeten wel afgetekend en ingeleverd worden om een eindcijfer te krijgen!

Lesplanning		
Les	Datum	Lesinhoud
1	1 juni	Voorkennistest & par. 1

2	1 juni	Par. 1 & voorbereiding practicum soortelijke warmte
3	8 juni	Uitvoering practicum soortelijke warmte & par. 2
4	8 juni	Par. 2 & par. 3
5	13 juni	Par. 3 & voorbereiding practicum elasticiteit
6	15 juni	Uitvoering practicum elasticiteit & par. 4
7	15 juni	Par. 4 & par. 5
8	20 juni	Par. 5 & afronden

Paragraaf 6.1: Het molecuulmodel

De lucht om ons heen bestaat voor 79% uit stikstof. Normaal gesproken is dit gasvormig, maar als je stikstof genoeg afkoelt wordt het vloeibaar. Vloeibaar stikstof is -196°C . Dat kan heel gevaarlijk zijn, want als je dit op je huid krijgt, kan je door het grote temperatuurverschil brandwonden krijgen! Je kan er ook leuke proefjes mee doen, deze man stopt een ballon in vloeibaar stikstof:

https://www.youtube.com/watch?v=DIVtflUWEdA&ab_channel=LastechniekwinkelM.vanVeenendaalBV

Theorievragen:

5. Vul de begrippenkaart t/m dichtheid in.
6. Leg uit wat er wordt bedoeld met het molecuulmodel. Waarom wordt dit model gebruikt? (2 punten)
7. Leg uit wat er op microniveau gebeurt bij het absolute nulpunt. Waarom kan het niet kouder worden? (1 punt)
8. Leg uit waarom de ballon zoveel krimpt als hij in vloeibaar stikstof wordt gehouden. (2 punten)
9. Waarom kun je bij vloeistoffen de lineaire uitzettingscoëfficiënt niet gebruiken? (1 punt)
10. Maak examentraining opgave 11 (5 punten (3+2))

Opgaven om af te laten tekenen: 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10

Paragraaf 6.2: Warmte

Het is winter. Je wordt 's ochtends wakker, maar het is heel koud in je kamer. Het is windstil, maar je raam stond nog open (1)! Brrrr. Je doet het raam dicht en zet de thermostaat hoger. De verwarming wordt al snel warmer (2) en jij voelt de warmte gelukkig ook (3). Je maakt snel ontbijt, even knakworstjes opwarmen op de inductiekookplaat (4) en dan is het tijd om naar buiten te gaan. Gelukkig is het zonnetje net doorgebroken, het voelt alsof het lente wordt (5)!

Theorievragen:

6. Vul de begrippenkaart t/m rendement in.
7. In het verhaal hierboven komen verschillende soorten warmtetransport voor. Geef bij elk nummer aan welke vorm van warmtetransport een rol speelt (dit kunnen ook meerdere zijn). (2 punten)
8. Leg uit wat het verschil is tussen warmte en temperatuur. (2 punten)
9. Maak examentraining opgave 25 (10 punten (3+2+2+2+1))

Opgaven om af te laten tekenen: 13, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24

Paragraaf 6.3: Elektrische warmtegeleiding

GLARE (oftewel GLass REinforced aluminium) is een materiaal dat veel wordt gebruikt in vliegtuigen, bijvoorbeeld in de Airbus A380. GLARE bestaat uit hele dunne laagjes aluminium met glasvezels ertussen. GLARE heeft een aantal grote voordelen voor vliegtuigbouwers en het materiaal is bedacht door Nederlandse wetenschappers!



Theorievragen:

6. Vul de begrippenkaart t/m warmtegeleidingscoëfficiënt in.
7. Wanneer is een elektron een 'vrij' elektron? (1 punt)
8. Wat is op microniveau het verschil tussen warmtegeleiding en elektrische geleiding? (2 punten)
9. Het is hoogzomer en spreekt af met je vrienden. Je wilt ijsjes meenemen, maar je hebt geen goede manier om ze koud te houden. Wat kun je het best gebruiken? Wikkel jij een wollen deken om de ijsjes, gebruik je een metalen bakje met dunne wand of een metalen bakje met dikke wand? Leg uit. (2 punten)
10. Zoek op internet minstens 2 materiaaleigenschappen op die GLARE geschikt maken om vliegtuigen van te bouwen. Leg uit waarom deze materiaaleigenschappen belangrijk zijn. (2 punten)
11. Maak examentraining opgave 34 (10 punten (1+2+2+3+2))

Opgaven om af te laten tekenen: 27, 28, 29, 30, 31, 33

Paragraaf 6.4: Halfgeleiders

De meest gebruikte toepassing van halfgeleiders zijn transistoren. Er zitten miljoenen transistoren in je laptop en zonder de kennis over halfgeleiders hadden er nooit rekenmachines, satellieten, televisies, mobieltjes of computers gemaakt kunnen worden. In dit filmpje wordt uitgelegd hoe transistoren werken. https://www.youtube.com/watch?v=lcrBqCFLHIY&ab_channel=Veritasium Tip: je kan de Nederlandse ondertiteling bij het filmpje aanzetten. Gebruik dit filmpje samen met het boek voor het beantwoorden van de vragen.

Theorievragen:

6. Vul de begrippenkaart t/m sperrichting diode in.
7. Leg in eigen woorden uit je een n-type halfgeleider maakt. Gebruik hierbij het woord doping (zie filmpje). (2 punten)
8. Leg uit hoe een gat zich door een p-type halfgeleider kan bewegen. (1 punt)
9. Leg in eigen woorden uit waarom er een stroom gaat lopen in een diode als je er een spanning hoger dan de drempelspanning over zet. (2 punten)
10. Maak examentraining opgave 46 (11 punten (4+3+4))

Opgaven om af te laten tekenen: 37, 38, 40, 42, 43, 44, 45

Paragraaf 6.5: Functionele materialen

Er wordt veel onderzoek gedaan naar 2D materialen. Dit zijn materialen die bestaan uit maar 1 enkele laag atomen. Ze zouden gebruikt kunnen worden om computerchips te maken die zuiniger zijn, om flexibele zonnepanelen van te maken en ze kunnen zelfs in de medische wereld gebruikt worden. Het is niet giftig en er kunnen medicijnen aan vastgemaakt worden die precies op de juiste plek in het lichaam afgeleverd kunnen worden. Een voorbeeld van een 2D materiaal is grafeen. Grafeen maken uit grafiet is eigenlijk niet heel lastig, dat laat deze onderzoeker van de TU Delft zien: https://www.youtube.com/watch?v=VKpfdG8SPAc&ab_channel=UniversiteitvanVlaanderen

Theorievragen:

6. Vul de begrippenkaart helemaal in.
7. In het filmpje zegt de onderzoeker van de TU Delft dat je maar 1 laagje grafeen wilt hebben, waarom? (2 punten)
8. In vraag 50 wordt een allotroop van koolstof genoemd: het nanobuisje. Zoek op internet op in welke toepassing dit nanobuisje gebruikt zou kunnen worden en geef aan welke eigenschap(pen) dit nanobuisje zo geschikt maken voor die toepassing. (3 punten)
9. Maak examentraining opgave 55 (10 punten (3+4+3))
10. Schrijf een kort stukje (± 5 regels) over wat jullie vonden van deze manier van in groepjes werken en hoe de samenwerking bij jullie ging. (2 punten als aanwezig)

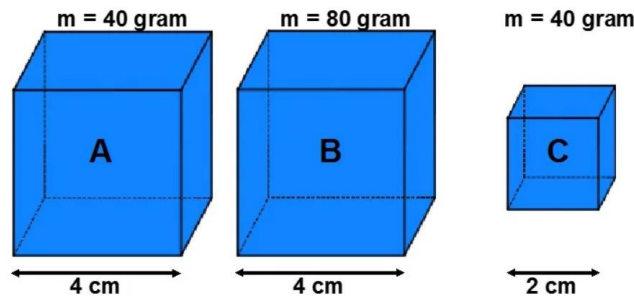
Opgaven om af te laten tekenen: 48, 49, 51, 52, 54

4. LESSENSERIE: VOORKENNISTEST

Deze voorkennistest staat in het programma Socrative. Het juiste antwoord is hier dikgedrukt gegeven. Nadat de leerling de vraag heeft beantwoord krijg hij of zij de uitleg bij 'i' te lezen.

2. In welke fase bewegen moleculen het snelst?
 - A. Vast
 - B. Vloeibaar
 - C. Gas**
 - i. In de gasfase zijn de moleculen vrij om te bewegen.
3. Kies het FOUTE antwoord. Een stof zet uit, omdat...
 - A. De temperatuur toeneemt
 - B. De afstand tussen de moleculen toeneemt
 - C. De moleculen uitzetten**
 - D. De moleculen sneller bewegen

- i. Het molecuulmodel zegt dat op een hogere temperatuur de moleculen sneller bewegen en verder van elkaar af staan. De moleculen kunnen zelf niet groter worden.
4. Hoe bereken je de dichtheid?
- Massa/volume**
 - Volume/massa
 - Massa*volume
 - Volume + massa
- i. De formule is $\rho = \frac{m}{V}$ en de eenheid is kg/m^3
5. Wat heeft de grootste dichtheid op de maan? Een kilo lood of een kilo veren?
- Gelijk, want beide wegen veel minder op de maan.
 - Lood, want de dichtheid is op de maan hetzelfde als op de aarde.**
 - Veren, doordat de zwaartekracht op de maan veel minder is.
 - Geen van deze uitspraken is juist.
- i. De zwaartekracht is op de maan kleiner, maar de massa is gelijk. Het volume blijft ook gelijk, dus de dichtheid is nog hetzelfde als op de aarde: lood heeft een hogere dichtheid.
6. Welke kubus heeft de grootste dichtheid?
- A
 - B
 - C**
 - B en C hebben dezelfde dichtheid, groter dan A.
- i. Dit kun je beredeneren door te bedenken dat het volume is $2^3 = 8$ keer kleiner wordt als de afmetingen van het blokje halveren. De dichtheid wordt dus 8 keer groter. Je kunt het ook berekenen:
- Kubus A: $V = 0,04 * 0,04 * 0,04 = 6,4 * 10^{-5} m^3$
- $$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,040}{6,4 * 10^{-5}} = 625 kg/m^3$$
- Kubus B: $V = 0,04 * 0,04 * 0,04 = 6,4 * 10^{-5} m^3$
- $$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,080}{6,4 * 10^{-5}} = 1250 kg/m^3$$
- Kubus A: $V = 0,02 * 0,02 * 0,02 = 0,8 * 10^{-5} m^3$
- $$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,040}{0,8 * 10^{-5}} = 5000 kg/m^3$$



7. Als een stof een hogere soortelijke warmte heeft kost het minder energie om het te verwarmen.
- Waar
 - Niet waar**
- i. De soortelijke warmte is de energie die het kost om 1 kg van een stof 1 graad op te warmen. Bij een hogere soortelijke warmte kost het opwarmen dus meer energie.
8. Waarom blijft de temperatuur in een thermosfles constant?
- De aluminium coating geleidt de warmte snel weg.
 - De lucht tussen de binnen- en buitenwand geleidt slecht warmte.**
 - De coating geleidt de warmte naar binnen, zodat de temperatuur hoog blijft.
- i. Iets behoudt alleen zijn temperatuur als het geen warmte met de omgeving uitwisselt.
9. Twee gelijke hoeveelheden water van 20 en 40 graden leveren gemengd een eindtemperatuur van 30 graden. Als je het water van 40 graden vervangt door even zwaar zand van 40 graden, dan wordt de eindtemperatuur...
- Hoger, door de hogere massa van zand.
 - Lager, door de hogere massa van zand.
 - Hoger, door de lagere soortelijke warmte van zand.
 - Lager, door de lagere soortelijke warmte van zand.**
 - Gelijk, want je start met 40 graden.
- i. Een lagere soortelijke warmte betekent makkelijker op te warmen of af te koelen. Doordat zand makkelijker is af te koelen komt de eindtemperatuur dichterbij die van water te liggen, dus lager.

5. LESSENSERIE: PRACTICUM SOORTELIJKE WARMTE VAN EEN ONBEKEND METAAL

Inleiding

In deze onderzoeksopdracht bepaal je de soortelijke warmte van een onbekende metaalsoort. De *soortelijke warmte* van een stof is volgens paragraaf 1 van hoofdstuk 6 de hoeveelheid energie die het kost om 1 kg van die stof 1 °C op te warmen. Dit geldt echter ook omgekeerd: de hoeveelheid energie die vrijkomt per kilogram stof per graad afkoeling.

Onderzoeksvragen

- Op welke manier kun je de soortelijke warmte van een onbekend metaal bepalen?
- Hoe groot is de soortelijke warmte van het onbekende metaal?
- Wat is het onbekende metaal?

Benodigheden

Voor dit experiment zijn beschikbaar:

Materiaal

- Joulemeter
- Kroezentang
- Vloeistofthermometer
- Weegschaal

Stof

- Water
- Onbekend metaal in de vorm van een bout

Werkwijze

Voordat je de proef gaat uitvoeren schrijf je een Plan van Aanpak (PvA). Hierin vermeld je stapsgewijs hoe je te werk gaat met de beschikbare materialen en stoffen. Ook bevat het PvA een theoretische onderbouwing van de uitwerking die je maakt aan de hand van de gevonden meetwaarden en welke aannames je daarbij maakt.

Verwerking

Je verwerkt het geheel in een verslag dat voldoet aan het voorschrift dat binnen het vak natuurkunde geldt voor verslagen. Besteed daarbij aandacht aan een uitgebreide discussie van de meetwaarden: hoe kan deze proef nauwkeuriger uitgevoerd worden?

6. LESSENSERIE: NAKIJKMODEL PRACTICUM SOORTELIJKE WARMTE VAN EEN ONBEKEND METAAL

Onderdeel	Inhoud	Punten
<i>Algemene gegevens</i>	Namen, datum van uitvoering	1
<i>Onderzoeksvraag</i>	Goed geformuleerde onderzoeksvraag	1
<i>Benodigheden</i>	Beknopte opsomming van de benodigheden	1
<i>Werkwijze</i>	- Puntsgewijs, logisch omschreven werkplan	1
	- Opstelling	1
	- Welke grootheden worden gemeten	1
	- Hoe worden deze grootheden gemeten	1
	- Welke grootheden blijven/zijn constant	1
	- Benodigde Theorie/formules voor verwerking meetwaarden (niet puntsgewijs, wel plan 2 pt en 1 pt voor opstelling)	1
<i>Meetresultaten</i>	Meetresultaten in een net overzicht:	
	- Begin en eindtemperatuur $\rightarrow \Delta T$ water ($^{\circ}\text{C}$) en ΔT bout ($^{\circ}\text{C}$)	1
	- m water (g) en m bout (g)	1
<i>Uitwerkingen</i>	Soortelijke warmte van bout bepalen	
	- Bereken warmte opgenomen door water. $Q_w = m \cdot c \cdot \Delta T_w$ in Joule	1
		1

	<ul style="list-style-type: none"> - Bepaling warmte afgestaan door bout $Q_b=Q_w$ - Bereken soortelijke warmte bout. $c= Q_b/(m*\Delta T_b)$ In J/kg*°C - Bijbehorend metaal genoemd met theoretische soortelijke warmte van dat metaal 	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
<i>Conclusie</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Antwoord op onderzoeksvraag - Soortelijke warmte juist bepaald ja/nee. - Waarom wel/niet 	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
<i>Discussie</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Benoemd waar meetfouten door ontstaan (minstens 2) - Tip: hoe kan proef nauwkeuriger. 	<p>2</p> <p>1</p>

$$\text{Cijfer} = X/24*9+1$$

7. LESSENSERIE: PRACTICUM ELASTICITEIT VAN EEN ZURE MAT

Hieronder is het practicum voor vwo weergegeven. Het practicum voor havo is bijna gelijk, het enige verschil is dat in vwo de leerlingen een spanning-rekdiagram moeten maken. De toevoegingen voor vwo zijn in grijs weergegeven. Het cijfer is te bepalen met behulp van de rubric op de laatste pagina.

Practicum: elasticiteit van zure matten V4

Inleiding

Vervorming is een onderdeel van natuurkunde dat veel in het dagelijks leven terug te vinden is. Een hele lekkere plek waar je dit terug ziet is in zure matten. In dit practicum gaan jullie meten aan de elasticiteit van zure matten.



Bij dit practicum moeten jullie twee dingen bepalen:

1. Jullie moeten een spanning-rekdiagram maken voor de zure mat. Hier staat op de y-as de trekspanning en op de x-as de relatieve rek. Deze grafiek mag je maken op papier of in Excel.
2. De elasticiteitsmodulus. Dit is een materiaaleigenschap van de zure mat.

Onderzoeksvragen

1. Hoe ziet een spanning-rekdiagram van een zure mat eruit?
2. Wat is de elasticiteitsmodulus van een zure mat?

Benodigheden

Voor dit practicum kunnen jullie de reguliere practicummaterialen gebruiken, zoals statiefmateriaal, schijfmassaset, weegschaal, schuifmaat, meetlint enz.

Werkwijze

Voordat je het practicum gaat uitvoeren schrijf je een Plan van Aanpak (PvA), bestaande uit de benodigheden en werkwijze. Ook bevat het PvA een theoretische onderbouwing van de uitwerking die je maakt aan de hand van de gevonden meetwaarden en welke aannames je daarbij maakt. Dit PvA laat je aftekenen bij je docent en je mag het practicum pas beginnen als je werkplan is goedgekeurd.

Een tip om te starten met je Plan van Aanpak:

1. Bepaal welke grootheden jullie moeten gaan meten, let daarvoor op de formules in jullie boek.
2. Bepaal voor elke grootheid hoe jullie die gaan meten of berekenen.
3. Maak nu jullie werkplan. Een tip is om te starten met de werkwijze. Als jullie de stappen op een rijtje hebben kunnen jullie daarna de benodigdheden bepalen.

Verwerking

Werk dit practicum uit in een verslag zoals beschreven in 'Verslagvoorschrift bovenbouw'. Let hierbij op de rubric op de volgende pagina. Jullie cijfer voor dit practicum wordt bepaald aan de hand van de rubric met de formule $cijfer = \frac{aantal\ punten}{18} * 9 + 1$

Punten	2	1	0
Titel/algemene gegevens/ onderzoeksvraag/ hypothese	Alle onderdelen zijn aanwezig	1 van de onderdelen mist	2 of meer van de onderdelen missen
Benodigdheden/ opstelling	Alle benodigdheden zijn genoemd en de tekening/foto van de opstelling is duidelijk.	Er missen benodigdheden of de tekening/foto van de opstelling is onduidelijk.	Er missen benodigdheden en de tekening/foto van de opstelling is onduidelijk.
Werkwijze	Alle stappen zijn aanwezig.	Er mist 1 stap in de werkwijze.	Er missen meerdere stappen in de werkwijze.
Meetresultaten	Alle meetresultaten zijn op een overzichtelijke manier opgeschreven.	De meetresultaten zijn onoverzichtelijk óf er missen enkele resultaten.	De meetresultaten zijn onoverzichtelijk én er missen enkele resultaten. Of er missen veel resultaten.
Uitwerking trekspanning en relatieve rek	De berekeningen van de trekspanning en relatieve rek zijn compleet en zonder fouten.	De berekening zijn incompleet.	Er zitten foutjes in de berekeningen.
Spanning-rekdiagram	Het spanning-rekdiagram is netjes en compleet.	Er mist een onderdeel in het diagram of het diagram is niet netjes.	Er missen meerdere onderdelen in het diagram.
Elasticiteitsmodulus	De berekening van de elasticiteitsmodulus is compleet en zonder fouten.	De berekening is incompleet.	Er zitten foutjes in de berekening.
Conclusie	Er wordt een antwoord gegeven op de onderzoeksvragen. De conclusie is compleet en er staat geen nieuwe informatie in.	Er wordt een antwoord gegeven op de onderzoeksvragen, maar de conclusie is incompleet of er staat nieuwe informatie in.	Er wordt geen antwoord gegeven op de onderzoeksvragen of er staan fouten in de conclusie.
Bespreking	Er wordt besproken of de meetresultaten bruikbaar zijn en er worden minstens 2 verbeteringen voor de proef voorgesteld.	Er wordt besproken of de meetresultaten bruikbaar zijn en er wordt 1 verbetering voor de proef voorgesteld.	Er worden geen verbeteringen voor de proef voorgesteld.

8. LESSENSERIE: BEGRIPPENKAART HAVO

Polaris hst. 6 Materialen: Begrippenkaart

In de tabel hieronder staat in de eerste kolom een aantal belangrijke begrippen uit dit hoofdstuk.

- Geef van elk begrip een omschrijving in je eigen woorden.
- Noteer eventuele grootheden en eenheden die bij het begrip horen.
- Noteer eventueel één of meer formules waarin het begrip voorkomt.

Begrip	Omschrijving	Grootheden en eenheden	Formule(s)
Molecuul			
Molecuulmodel			
Vanderwaalskracht			
Fase			
Faseovergangen			

Dichtheid			
Absolute nulpunt			
Soortelijke warmte			
Infrarode straling			
Geleiding			
Isolatoren			
Warmtestroom			
Warmtegeleidings- coëfficiënt			

Metaalrooster			
Geleidingselektron			
Atomaire massa			
Trekspanning			
Relatieve rek			
Elasticiteitsmodulus			
Elastische vervorming			
Plastische vervorming			

Treksterkte			
Spanning- rekdiagram			
Grafiet			
Piëzo-elektrisch effect			

9. LESSENSERIE: BEGRIPPENKAART VWO

Polaris hst. 6 Materialen: Begrippenkaart

In de tabel hieronder staat in de eerste kolom een aantal belangrijke begrippen uit dit hoofdstuk.

- Geef van elk begrip een omschrijving in je eigen woorden.
- Noteer eventuele grootheden en eenheden die bij het begrip horen.
- Noteer eventueel één of meer formules waarin het begrip voorkomt.

Begrip	Omschrijving	Grootheden en eenheden	Formule(s)
Molecuul			

Molecuulmodel			
Vanderwaalskracht			
Fase			
Faseovergangen			
Absolute nulpunt			
Lineaire uitzettingscoëfficiënt			
Kubieke uitzettingscoëfficiënt			
Dichtheid			

Infrarode straling			
Soortelijke warmte			
Warmtecapaciteit			
Vermogen			
Rendement			
Warmtegeleiding			
Elektrische geleiding			
Metaalrooster			

Warmtestroom			
Warmtegeleidings- coëfficiënt			
Halfgeleider			
Atoombinding			
N-type halfgeleider			
P-type halfgeleider			
Diode			
Drempelspanning diode			

Sperrichtung diode			
Grafiet			
Piëzo-elektrisch effect			

10. LESSENSERIE: LOGBOEK

	Naam:	Naam:	Naam:	Naam:
Les 1: 8 juni				
Les 2: 13 juni				
Les 3: 13 juni				
Les 4: 15 juni				

	Naam:	Naam:	Naam:	Naam:
Les 5: 20 juni				
Les 6: 20 juni				
Les 7: 22 juni				

11. LESSENSERIE: NAKIJKMODEL HAVO

H6 Materialen

4H 2022

29 punten voor de leervragen

$$\text{cijfer theorie} = \frac{\text{punten}}{29} * 9 + 1$$

Paragraaf 6.1: Warmte en temperatuur (3 punten)

11. Vul de begrippenkaart t/m soortelijke warmte in.
12. Leg uit wat er op microniveau gebeurt bij het absolute nulpunt. Waarom kan het niet kouder worden? (1 punt)
Voorbeeld van een antwoord: Bij het absolute nulpunt staan de moleculen stil. Daarom kan het ook niet kouder worden.
- *moleculen staan stil/bewegingsenergie is nul* 1
13. Leg uit waarom de ballon zoveel krimpt als hij in vloeibaar stikstof wordt gehouden. (2 punten)
Voorbeeld van een antwoord: de lucht in de ballon wordt kouder. Daardoor gaan de moleculen dichter op elkaar zitten en hebben ze minder ruimte nodig.
Voorbeeld van een ander antwoord: de stikstof in de lucht gaat van gasvormig naar vloeibaar. De moleculen nemen dan een veel kleinere ruimte in, omdat ze dichter op elkaar zitten.
- *de lucht in de ballon wordt veel kouder/de stikstof wordt vloeibaar* 1
 - *de moleculen zitten dan dichter op elkaar en nemen een kleinere ruimte in* 1

Paragraaf 6.2: Warmtetransport (6 punten)

10. Vul de begrippenkaart t/m warmtegeleidingscoëfficiënt in.
11. In het verhaal hierboven komen verschillende soorten warmtetransport voor. Geef bij elk nummer aan welke vorm van warmtetransport een rol speelt (dit kunnen ook meerdere zijn). (2 punten)
2 punten als alles goed, 1 punt als 1 fout, 0 punten als meer fout
- (1) *Stroming*
(2) *Stroming & geleiding*
(3) *Straling*
(4) *Geleiding*
(5) *Straling*
12. Het is hoogzomer en spreekt af met je vrienden. Je wilt ijsjes meenemen, maar je hebt geen goede manier om ze koud te houden. Wat kun je het best gebruiken? Wikkel jij een wollen deken om de ijsjes, gebruik je een metalen bakje met dunne wand of een metalen bakje met dikke wand? Leg uit. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Wollen deken, want daarvan is de warmtegeleidingscoëfficiënt kleiner/betere isolatie waardoor de ijsjes kouder blijven.

- *Wollen deken* 1
- *Kleinere warmtegeleidingscoëfficiënt/betere isolatie* 1

13. Leg uit wat het verschil is tussen warmte en temperatuur. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Temperatuur wordt bepaald door de gemiddelde snelheid van de moleculen, Warmte is de totale energie van die moleculen.

- *gemiddelde snelheid van de moleculen bepaalt de temperatuur* 1
- *totale energie van de moleculen bepaalt de warmte* 1

Paragraaf 6.3: Metalen (4 punten)

12. Vul de begrippenkaart t/m atomaire massa in.

13. Wanneer is een elektron een 'vrij' elektron (of geleidingselectron)? (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: Als een elektron uit de buitenste schil vrij voor het metaalrooster kan bewegen.

- *elektron kan vrij door het metaalrooster bewegen* 1

14. Wat gebeurt er op microniveau als een materiaal warmer is? (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: Dan bewegen de moleculen sneller/de bewegingsenergie is hoger.

- *moleculen bewegen sneller/bewegingsenergie is hoger* 1

15. Zoek op internet minstens 2 materiaaleigenschappen op die GLARE geschikt maken om vliegtuigen van te bouwen. Leg uit waarom deze materiaaleigenschappen belangrijk zijn. (2 punten)

1 punt per materiaaleigenschap met duidelijke uitleg

Voorbeelden van antwoorden:

Lage dichtheid. Dit is belangrijk, omdat een licht vliegtuig minder kracht nodig heeft om op te stijgen.

Sterk materiaal. Dit is belangrijk, omdat een vliegtuig veel weerstand moet verduren.

Weerstand tegen vermoeiing. Dit is belangrijk, omdat als er een scheurtje ontstaat dit niet verder uitscheurt. Het vliegtuig kan dus langer meegaan.

Goed bestand tegen brand. Als er een brand uitbreekt hebben de passagiers meer tijd om het vliegtuig te verlaten.

Paragraaf 6.4: Vervorming (9 punten)

11. Vul de begrippenkaart t/m spanning-rekdiagram in.

12. Aan twee kabels hangt elk een blok met massa m . Beide kabels zijn van hetzelfde materiaal gemaakt, hebben dezelfde lengte, maar hebben een de diameter van kabel 1 is twee keer zo groot als de diameter van kabel 2. Vergelijk de trekspanning, de relatieve rek en de elasticiteitsmodulus in de kabels. (3 punten)

- *de trekspanning van kabel 1 is 4 keer zo klein als de trekspanning van kabel 2 bij dezelfde kracht* 1

- *de relatieve rek is gelijk* 1
- *de elasticiteitsmodulus van kabel 1 is 4 keer zo klein als de trekspanning van kabel 2 bij dezelfde kracht* 1
let op: als de trekspanning verkeerd is beredeneerd en hierdoor de elasticiteitsmodulus ook, dan maar 1 punt aftrekken

13. Beschrijf wat een relatieve rek van 0,20 betekent. (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: een relatieve rek van 0,20 betekent dat de kabel 1,2 keer zo groot is als hij de kabel in rust is.

- *1,2 keer zo groot/120%/20 cm bij een kabel van 1 meter*
1

14. De fietsenmaker zet de roestvrijstalen spaak onder een trekspanning van 190 MPa (1 Pa = 1 N/m²). De doorsnede van de spaak is 2.63 mm².

a. Bereken de spankracht in de voorgespannen spaak. (3 punten)

$$\sigma = 190 \text{ MPa} = 190 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$d = 2.63 \text{ mm}^2 = 2.63 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$r = \frac{2.63 * 10^{-6}}{2} = 1.315 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2 = \pi * (1.315 * 10^{-6})^2 = 5.504 * 10^{-13} \text{ m}^2$$

$$F = \sigma * A = 190 * 10^6 * 5.504 * 10^{-13} = 1.0 * 10^{-4} \text{ N} = 0.10 \text{ mN}$$

- *Omrekenen trekspanning en doorsnede* 1
- *Berekenen oppervlakte* 1
- *Berekenen spankracht* 1

b. Bereken hoeveel procent de voorgespannen spaak is uitgerekt. (2 punten)

*Voorbeeld van een berekening: elasticiteitsmodulus van roestvrijstaal is 0,20 * 10¹² N/m²*

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{190 * 10^6}{0,20 * 10^{12}} = 9.5 * 10^{-4} = 0,095\%$$

- *Opzoeken elasticiteitsmodulus roestvrij staal* 1
- *Berekenen relatieve rek in procenten* 1

Paragraaf 6.5: Functionele materialen (7 punten)

11. Vul de begrippenkaart helemaal in.

12. In het filmpje zegt de onderzoeker van de TU Delft dat je maar 1 laagje grafeen wilt hebben.

Hier zijn verschillende redenen voor, geef er 2. (2 punten)

1 punt per reden

Voorbeelden van antwoorden: omdat de elektrische geleiding maar in 1 richting moet plaatsvinden

omdat het grafeen flexibel moet zijn

omdat het grafeen doorzichtig moet zijn

omdat het grafeen dun moet zijn

13. In vraag 57 wordt een allotroop van koolstof genoemd: het nanobuisje. Zoek op internet op in welke toepassing dit nanobuisje gebruikt zou kunnen worden en geef aan welke eigenschap(en) dit nano-buisje zo geschikt maken voor die toepassing. (3 punten)

1 punt voor een toepassing, 1 punt voor de eigenschappen , 1 punt voor de uitleg

Voorbeelden van antwoorden:

Toepassing: Nano-elektronica voor het maken van nog kleinere chips. De goede elektrische geleiding maakt nano-buisjes heel geschikt omdat dit nodig is voor transistoren en de kleine schaal, omdat er zo nog kleinere chips gemaakt kunnen worden.

Toepassing: Nano-sensor om bijvoorbeeld in het bloed kleine concentraties eiwitten te detecteren. De gevoeligheid van de nanobuisjes maakt ze heel geschikt, omdat als er een deeltje vastplakt dit direct de geleidbaarheid beïnvloed. Ook de kleine schaal is belangrijk, omdat ze klein genoeg zijn om in bloed op te lossen.

Toepassing: tennisrackets. De lage dichtheid is belangrijk, omdat dit de rackets heel licht maakt en ook hoe sterk het materiaal is, want hierdoor gaan de rackets lang mee.

14. Schrijf een kort stukje (~5 regels) over wat jullie vonden van deze manier van in groepjes werken en hoe de samenwerking bij jullie ging. (2 punten als aanwezig)

1 punt voor bespreken manier van werken & 1 punt voor bespreken samenwerking

Examentraining opgaven

49 punten voor examentraining opgaven

$$\text{cijfer examentraining} = \frac{\text{punten}}{49} * 9 + 1$$

Opgave 16 (9 punten)

Als bij deze vraag is gerekend met $V = 0,85 \text{ m}^3$, dit niet aanrekenen (fout in het boek).

A (4 punten)

Uitkomst: $m = 1,6 \text{ kg}$

Voorbeeld van een berekening: $m_{\text{graniet}} = \rho V = 2700 * 0,85 * 10^{-3} = 2,295 \text{ kg}$

$$Q_{\text{graniet}} = c m \Delta T = 820 * 2,295 * (384 - 100) = 5,34 * 10^5 \text{ J}$$

$$Q_{\text{graniet}} = Q_{\text{water}} = c m \Delta T$$

$$m_{\text{water}} = \frac{Q_{\text{graniet}}}{c \Delta T} = \frac{5,34 * 10^5}{4180 * (100 - 18)} = 1,6 \text{ kg}$$

- Berekenen massa graniet 1
- Gebruik $Q = c m \Delta T$ 1
- Inzicht dat $Q_{\text{graniet}} = Q_{\text{water}}$ 1
- Completeren berekening 1

B (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Basalt heeft een grotere soortelijke warmte. Er is dus een kleinere massa basalt nodig om dezelfde hoeveelheid water op te warmen.

- inzicht dat basalt een grotere soortelijke warmte heeft 1
- consequente conclusie 1

C (3 punten)

Uitkomst: $\Delta T_{\text{pot}} = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{pot}} = 0,2 * Q_{\text{graniet}} = 0,2 * 5,34 * 10^5 = 1,07 * 10^5 \text{ J}$$

$$\Delta T = \frac{Q_{\text{pot}}}{c m} = \frac{1,07 * 10^5}{2400 * 4,5} = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Gebruik $Q_{\text{pot}} = 0,2 * Q_{\text{graniet}}$
- Gebruik $Q = c m \Delta T$
- Completeren

Opgave 29 (11 punten)

A (2 punt)

Voorbeeld van een uitleg: Het temperatuurverschil met de omgeving (ΔT) is veel kleiner, dus de warmtestroom is veel kleiner.

- Inzicht dat het temperatuurverschil veel kleiner is 1
- Uitleg completeren

B (2 punten)

Uitkomst: $m_{vet} = 28 \text{ mg}$

Voorbeeld van een berekening: $m_{vet} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{verbrandingswarmte}} = \frac{1,1 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^7} = 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ kg} = 28 \text{ mg}$

- Inzicht dat $m_{vet} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{verbrandingswarmte}}$ 1
- Completeren 1

C (2 punt)

Voorbeeld van een uitleg: Het vacht en de vetlaag zijn verbonden, alle warmte door het vet moet ook door de vacht.

- Inzicht dat alle warmte door het vet ook door de vacht moet 1
- Uitleg completeren 1

D (3 punten)

Voorbeeld van een berekening: $P_{vet} = P_{vacht} \rightarrow \left(\frac{\lambda A \Delta T}{d}\right)_{vet} = \left(\frac{\lambda A \Delta T}{d}\right)_{vacht}$

$$\frac{\lambda_{vet}}{\lambda_{vacht}} = \frac{d_{vet} \Delta T_{vacht}}{d_{vacht} \Delta T_{vet}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} (35,6 - 5,0)}{7,0 \cdot 10^{-3} (37 - 35,6)} = 6,2$$

- Gebruik $P = \frac{\lambda A \Delta T}{d}$ 1
- Aflezen ΔT_{vacht} en ΔT_{vet} 1
- Completeren 1

E (2 punten)

Uitkomst: $d = 43 \text{ mm}$

Voorbeeld van een antwoord: $\lambda_{vet} = 6,2 \lambda_{vacht}$ dus d_{vacht} moet 6,2 keer zo groot zijn om dezelfde geleiding te geven. $d = 6,2 \cdot 7,0 = 43 \text{ mm}$

- Inzicht dat dikte 6,2 keer zo groot moet zijn 1
- Completeren van de uitleg 1

Opgave 40 (12 punten)

A (2 punten)

De stof met de kleinste warmtegeleidingscoëfficiënt, dus zink.

- Inzicht dat kleinste warmtegeleidingscoëfficiënt gekozen moet worden 1
- Uitleg completeren met bijbehorende stof 1

B (2 punten)

De stof met de kleinste soortelijke weerstand, dus koper.

- Inzicht dat kleinste soortelijke weerstand gekozen moet worden 1

- Uitleg completeren met bijbehorende stof 1

C (2 punten)

De stof met de grootste soortelijke warmte, dus magnesium.

- Inzicht dat grootste soortelijke warmte gekozen moet worden 1
- Uitleg completeren met bijbehorende stof 1

D (3 punten)

Goud heeft een grote dichtheid en dus een grote atomaire massa. Daardoor zitten er minder atomen in een kg. Het kost minder energie om deze atomen te laten trillen, waardoor de soortelijke warmte lager is.

- Inzicht dat er minder atomen in een kilogram zitten 1
- Inzicht dat het minder energie kost om ze te laten trillen 1
- Completeren uitleg 1

E (3 punten)

Uitkomst: $1,32 \cdot 10^{25}$ geleidingselektronen

Zink heeft 2 geleidingselektronen. 1 cm^3 heeft een massa van 7,2 gram. Er zijn dus $7,2 \cdot 9,2 \cdot 10^{23} \cdot 2 = 1,32 \cdot 10^{25}$ geleidingselektronen.

- Inzicht dat zink 2 geleidingselektronen heeft 1
- Omrekenen 1 cm^3 naar gram of gram naar cm^3 1
- Completeren 1

Opgave 52 (8 punten)

A (2 punten)

I Elastisch

II Plastisch

III Plastisch

- Indien 3 antwoorden juist 2
- Indien 2 antwoorden juist 1
- Indien 1 of 0 antwoorden juist 0

B (3 punten)

Uitkomst: $1,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ (met een marge van $0,1 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$)

De elasticiteitsmodulus is de steilheid van de grafiek tot een relatieve rek van 0,40, dus:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{6,4 \cdot 10^3}{0,40} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

- Gebruik van $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ 1
- Inzicht dat de grafiek van gebied I gebruikt moet worden 1
- Completeren van de bepaling 1

C (3 punten)

Uitkomst: $5,8 * 10^{-3} N$

$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow F = \sigma A = 3,2 * 10^3 * 1,8 * 10^{-6} = 5,8 * 10^{-3} N$$

- Gebruik van $\sigma = \frac{F}{A}$ 1
- Bepalen van σ bij $\epsilon = 0,20$ (of berekening met E van vorige vraag) met een marge van $0,1 kN/m^2$ 1
- Completeren van de bepaling 1

Opgave 62 (9 punten)

A (3 punten)

Uitkomst: 70 kg

Het volume van de gipsplaat is $V = 3,0 * 1,0 * 0,010 = 0,030 m^3$. De dichtheid van gips is $2,32 * 10^3 \frac{kg}{m^3}$. De gipsplaat heeft een massa van $m = \rho V = 2,32 * 10^3 * 0,030 = 70 kg$

- Berekenen van het volume van de gipsplaat 1
- Gebruik van $\rho = \frac{m}{V}$ met $\rho = 2,32 * 10^3 kg/m^3$ 1
- Completeren van de berekening 1

B (3 punten)

Uitkomst: $4,7 * 10^3 W$

$$\lambda = 0,020 \frac{W}{mK}; A = 3,0 m^2; \Delta T = 833 - 53 = 780 K/^{\circ}C; d = 0,010 m$$

$$P = \frac{\lambda A \Delta T}{d} = 0,020 * 3,0 * \frac{780}{0,010} = 4,7 * 10^3 W$$

- Gebruik van $P = \frac{\lambda A \Delta T}{d}$ met $\lambda = 0,020 \frac{W}{mK}$ 1
- Gebruik van $\Delta T = 780 K$ en $d = 0,010 m$ 1
- Completeren van de berekening 1

C (3 punten)

1 Waar, 2 Niet waar, 3 Niet waar, 4 Niet waar

- Indien 4 antwoorden juist 3
- Indien 3 antwoorden juist 2
- Indien 2 antwoorden juist 1
- Indien 1 of 0 antwoorden juist 0

12. LESSENSERIE: NAKIJKMODEL VWO

H6 Materialen

4V 2022

29 punten voor theorievragen

$$\text{cijfer theorie} = \frac{\text{punten}}{29} * 9 + 1$$

Paragraaf 6.1: Het molecuulmodel (6 punten)

14. Vul de begrippenkaart t/m dichtheid in.

15. Leg uit wat er wordt bedoeld met het molecuulmodel. Waarom wordt dit model gebruikt? (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: In het molecuulmodel worden moleculen op microniveau voorgesteld als harde bolletjes die bewegen en tegen elkaar botsen. Dit is niet echt hoe ze eruit zien, maar dit wordt gebruikt zodat verschijnselen op macroniveau, zoals fasen en warmte, verklaard kunnen worden.

- *in het molecuulmodel worden moleculen voorgesteld als harde bolletjes*
1
- *om verschijnselen op grote schaal te verklaren* 1

16. Leg uit wat er op microniveau gebeurt bij het absolute nulpunt. Waarom kan het niet kouder worden? (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: Bij het absolute nulpunt staan de moleculen stil. Daarom kan het ook niet kouder worden.

- *moleculen staan stil/bewegingsenergie is nul* 1

17. Leg uit waarom de ballon zoveel krimpt als hij in vloeibaar stikstof wordt gehouden. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: de lucht in de ballon wordt kouder. Daardoor gaan de moleculen dichter op elkaar zitten en hebben ze minder ruimte nodig.

Voorbeeld van een ander antwoord: de stikstof in de lucht gaat van gasvormig naar vloeibaar. De moleculen nemen dan een veel kleinere ruimte in, omdat ze dichter op elkaar zitten.

- *de lucht in de ballon wordt veel kouder/de stikstof wordt vloeibaar* 1
- *de moleculen zitten dan dichter op elkaar en nemen een kleinere ruimte in* 1

18. Waarom kun je bij vloeistoffen de lineaire uitzettingscoëfficiënt niet gebruiken? (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: Vloeistoffen nemen de vorm aan waar ze in zit/er is bij een vloeistof niet te bepalen in welke richting je moet meten.

- *vloeistof neemt vorm aan/geen richting te bepalen* 1

Paragraaf 6.2: Warmte (4 punten)

14. Vul de begrippenkaart t/m rendement in.

15. In het verhaal hierboven komen verschillende soorten warmtetransport voor. Geef bij elk nummer aan welke vorm van warmtetransport een rol speelt (dit kunnen ook meerdere zijn). (2 punten)

2 punten als alles goed, 1 punt als 1 fout, 0 punten als meer fout

(1) *Stroming*

(2) *Stroming & geleiding*

(3) *Straling*

(4) *Geleiding (eventueel +straling en stroming)*

(5) *Straling*

16. Leg uit wat het verschil is tussen warmte en temperatuur. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Temperatuur wordt bepaald door de gemiddelde snelheid van de moleculen, Warmte is de totale energie van die moleculen.

- *gemiddelde snelheid van de moleculen bepaalt de temperatuur* 1
- *totale energie van de moleculen bepaalt de warmte* 1

Paragraaf 6.3: Elektrische en warmtegeleiding (7 punten)

16. Vul de begrippenkaart t/m warmtegeleidingscoëfficiënt in.

17. Wanneer is een elektron een 'vrij' elektron? (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: Als een elektron uit de buitenste schil vrij voor het metaalrooster kan bewegen.

- *elektron kan vrij door het metaalrooster bewegen* 1

18. Wat is op microniveau het verschil tussen warmtegeleiding en elektrische geleiding? (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Bij warmtegeleiding wordt de bewegingsenergie van de atomen doorgegeven en bij elektrische geleiding zijn het de elektronen die zich door het metaal verplaatsen.

- *Bij warmtegeleiding wordt de bewegingsenergie van atomen doorgegeven* 1
- *Bij elektrische geleiding bewegen elektronen zich door het metaal* 1

19. Het is hoogzomer en spreekt af met je vrienden. Je wilt ijsjes meenemen, maar je hebt geen goede manier om ze koud te houden. Wat kun je het best gebruiken? Wikkel jij een wollen deken om de ijsjes, gebruik je een metalen bakje met dunne wand of een metalen bakje met dikke wand? Leg uit. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Wollen deken, want daarvan is de warmtegeleidingscoëfficiënt kleiner/betere isolatie waardoor de ijsjes kouder blijven.

- *Wollen deken* 1
- *Kleinere warmtegeleidingscoëfficiënt/betere isolatie* 1

20. Zoek op internet minstens 2 materiaaleigenschappen op die GLARE geschikt maken om vliegtuigen van te bouwen. Leg uit waarom deze materiaaleigenschappen belangrijk zijn. (2 punten)

1 punt per materiaaleigenschap met duidelijke uitleg

Voorbeelden van antwoorden:

Lage dichtheid. Dit is belangrijk, omdat een licht vliegtuig minder kracht nodig heeft om op te stijgen.

Sterk materiaal. Dit is belangrijk, omdat een vliegtuig veel weerstand moet verduren.

Weerstand tegen vermoeiing. Dit is belangrijk, omdat als er een scheurtje ontstaat dit niet verder uitscheurt. Het vliegtuig kan dus langer meegaan.

Goed bestand tegen brand. Als er een brand uitbreekt hebben de passagiers meer tijd om het vliegtuig te verlaten.

Paragraaf 6.4: Halfgeleiders (5 punten)

15. Vul de begrippenkaart t/m sperrichting diode in.

16. Leg in eigen woorden uit je een n-type halfgeleider maakt. Gebruik hierbij het woord doping (zie filmpje). (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Er worden andere atomen aan het metaalrooster toegevoegd, dit is doping. In het geval van een n-type halfgeleider wordt er een atoom toegevoegd met meer bindingselektronen. Dit zorgt voor extra vrije elektronen.

- *ander atoom wordt toegevoegd aan metaalrooster (doping) 1*
- *dat atoom heeft meer bindingselektronen waardoor er meer vrije elektronen zijn 1*

17. Leg uit hoe een gat zich door een p-type halfgeleider kan bewegen. (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: In een p-type halfgeleider zijn er atomen toegevoegd met minder bindingselektronen, hierdoor ontstaan er gaten. Een gat kan een elektron opnemen, waardoor het gat verplaatst. Zo kan een gat zich door een metaalrooster verplaatsen.

- *een gat neemt een elektron op waardoor het gat verplaatst 1*

18. Leg in eigen woorden uit waarom er een stroom gaat lopen in een diode als je er een spanning hoger dan de drempelspanning over zet. (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Als er een spanning over de diode wordt gezet, worden elektronen vanuit het n-type materiaal naar het p-type materiaal geduwd. Hierdoor wordt de grenslaag kleiner. Boven de drempelspanning verdwijnt de grenslaag en gaat er een stroom lopen.

- *als er een spanning over de diode wordt gezet, worden elektronen vanuit het n-type materiaal naar het p-type materiaal geduwd. 1*
- *de grenslaag wordt hierdoor kleiner en verdwijnt boven de drempelspanning 1*

Paragraaf 6.5: Functionele materialen (7 punten)

15. Vul de begrippenkaart helemaal in.

16. In het filmpje zegt de onderzoeker van de TU Delft dat je maar 1 laagje grafeen wilt hebben. Hier zijn verschillende redenen voor, geef er 2. (2 punten)

1 punt per reden

Voorbeelden van antwoorden: omdat de elektrische geleiding maar in 1 richting moet plaatsvinden

omdat het grafeen flexibel moet zijn

*omdat het grafeen doorzichtig moet zijn
omdat het grafeen dun moet zijn*

17. In vraag 50 wordt een allotroop van koolstof genoemd: het nanobuisje. Zoek op internet op 1 toepassing waarin dit nanobuisje gebruikt zou kunnen worden en geef aan welke eigenschap(pen) dit nano-buisje zo geschikt maken voor die toepassing. (3 punten)

1 punt voor een toepassing, 1 punt voor de eigenschappen, 1 punt voor completeren van de uitleg

Voorbeelden van antwoorden:

Toepassing: Nano-elektronica voor het maken van nog kleinere chips. De goede elektrische geleiding maakt nano-buisjes heel geschikt omdat dit nodig is voor transistoren en de kleine schaal, omdat er zo nog kleinere chips gemaakt kunnen worden.

Toepassing: Nano-sensor om bijvoorbeeld in het bloed kleine concentraties eiwitten te detecteren. De gevoeligheid van de nanobuisjes maakt ze heel geschikt, omdat als er een deeltje vastplakt dit direct de geleidbaarheid beïnvloed. Ook de kleine schaal is belangrijk, omdat ze klein genoeg zijn om in bloed op te lossen.

Toepassing: tennisrackets. De lage dichtheid is belangrijk, omdat dit de rackets heel licht maakt en ook hoe sterk het materiaal is, want hierdoor gaan de rackets lang mee.

18. Schrijf een kort stukje (~5 regels) over wat jullie vonden van deze manier van in groepjes werken en hoe de samenwerking bij jullie ging. (2 punten als aanwezig)

1 punt voor bespreken manier van werken & 1 punt voor bespreken samenwerking

Examentraining opgaven

47 punten voor examentraining opgaven

$$\text{cijfer examenopgaven} = \frac{\text{punten}}{47} * 9 + 1$$

Opgave 11 (5 punten)

A (3 punten)

Uitkomst: $\rho = 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Voorbeeld van een berekening: $V = A \cdot l = 3,85 \cdot 10^{-9} \cdot 8,8 \cdot 10^3 = 3,388 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{47 \cdot 10^{-3}}{3,388 \cdot 10^{-5}} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

- Omrekenen oppervlakte, lengte en massa 1
- Gebruik $V = A l$ 1
- Gebruik $\rho = \frac{m}{V}$ en completeren 1

B (2 punten)

Uitkomst: $\alpha = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

Voorbeeld van een berekening: $l = l_0(1 + \alpha\Delta T)$

$$2,00054 = 2,0(1 + \alpha(37 - 20)) \rightarrow 34\alpha = 0,00054 \rightarrow \alpha = 1,59 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

- Gebruik $l = l_0(1 + \alpha\Delta T)$ 1
- Completeren 1

Opgave 25 (10 punten)

A (3 punten)

Uitkomst:

Voorbeeld van een berekening: $c_{\text{water}} = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$

$$Q = mc\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{23000}{10 \cdot 4180} = 0,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 4,2 - 0,55 = 3,65 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Opzoeken soortelijke warmte water 1
- Gebruik $Q = mc\Delta T$ 1
- Completeren 1

B (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Bij 1000 gram ammoniak komt er 1370 kJ vrij, dus bij 14,7 gram komt er $1370 \cdot 14,7 / 1000 = 20,1$ kJ vrij.

- Inzicht dat er met verhoudingen gerekend moet worden 1
- Completeren 1

C (2 punten)

Voorbeeld van een antwoord: Nuttig vermogen bestaat uit de warmte die geleverd wordt, dus $20,1 \text{ kJ/s} = 20,1 \cdot 10^3 \text{ W}$. Het toegevoerde vermogen is het elektrisch vermogen: $P = 380 \cdot 18 = 6840 \text{ W}$.

- Inzicht dat het nuttig vermogen bestaat uit de geleverde warmte 1
- Inzicht dat het toegevoerde vermogen bestaat uit het elektrisch vermogen 1

D (2 punten)

Uitkomst: $\eta = 3,0$

$$\eta = \frac{P_{uit}}{P_{in}} = \frac{20,1}{6,8} = 2,9$$

- Gebruik $\eta = \frac{P_{uit}}{P_{in}}$ 1
- Completeren 1

E (1 punt)

Voorbeeld van een antwoord: Nee, want er wordt warmte onttrokken aan de omgeving.

- Inzicht dat er warmte wordt onttrokken aan de omgeving 1

Opgave 34 (11 punten)

A (2 punten)

Voorbeeld van een uitleg: Het temperatuurverschil met de omgeving (ΔT) is veel kleiner, dus de warmtestroom is veel kleiner.

- Inzicht dat het temperatuurverschil veel kleiner is 1
- Uitleg completeren 1

B (2 punten)

Uitkomst: $m_{vet} = 28 \text{ mg}$

Voorbeeld van een berekening: $m_{vet} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{verbrandingswarmte}} = \frac{1,1 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^7} = 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ kg} = 28 \text{ mg}$

- Inzicht dat $m_{vet} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{verbrandingswarmte}}$ 1
- Completeren 1

C (2 punt)

Voorbeeld van een uitleg: Het vacht en de vetlaag zijn verbonden, alle warmte door het vet moet ook door de vacht.

- Inzicht dat alle warmte door het vet ook door de vacht moet 1
- Uitleg completeren 1

D (3 punten)

Voorbeeld van een berekening: $P_{vet} = P_{vacht} \rightarrow \left(\frac{\lambda A \Delta T}{d}\right)_{vet} = \left(\frac{\lambda A \Delta T}{d}\right)_{vacht}$

$$\frac{\lambda_{vet}}{\lambda_{vacht}} = \frac{d_{vet} \Delta T_{vacht}}{d_{vacht} \Delta T_{vet}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} (35,6 - 5,0)}{7,0 \cdot 10^{-3} (37 - 35,6)} = 6,2$$

- Gebruik $P = \frac{\lambda A \Delta T}{d}$ 1
- Aflezen ΔT_{vacht} en ΔT_{vet} 1
- Completeren 1

E (2 punten)

Uitkomst: $d = 43 \text{ mm}$

Voorbeeld van een antwoord: $\lambda_{vet} = 6,2 \lambda_{vacht}$ dus d_{vacht} moet 6,2 keer zo groot zijn om dezelfde geleiding te geven. $d = 6,2 \cdot 7,0 = 43 \text{ mm}$

- Inzicht dat dikte 6,2 keer zo groot moet zijn 1
- Completeren 1

Opgave 46 (11 punten)

A (4 punten)

Voorbeeld van een uitleg: Bij een lage temperatuur is de weerstand van de NTC groot. Hierdoor is de spanning over de NTC groot en de spanning over de LED dus klein. Als de spanning over de LED kleiner is dan 1,5 V brandt de LED niet. (Bij een hogere temperatuur brandt de LED dus wel.)

- Inzicht dat bij een lage temperatuur R_{NTC} groot is 1
- Inzicht dat U_{NTC} groot is als R_{NTC} groot is 1
- Inzicht dat U_{LED} klein is als U_{NTC} groot is 1
- Completeren van de uitleg 1

B (3 punten)

Voorbeeld van een uitleg: Hoe hoger de temperatuur, hoe makkelijker de elektronen bewegen, hoe meer gaten er opgevuld worden. Het aantal gaten en elektronen neemt dus af bij toenemende temperatuur en dus is de weerstand lager.

- Inzicht dat elektronen sneller bewegen bij een hogere temperatuur 1
- Inzicht dat er dan meer gaten opgevuld worden
1
- Inzicht dat het aantal gaten en elektronen dus kleiner is en completeren
1

C (4 punten)

Uitkomst: $R = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$

Voorbeeld van een antwoord: Aflezen in figuur H: bij 20°C geldt $R_{NTC} = 590 \Omega$

Aflezen in figuur G: bij 1,0 mA geldt $U_{LED} = 1,5 \text{ V} \rightarrow U_{NTC} = 5,0 - 1,5 = 3,5 \text{ V}$

$$I_{NTC} = \frac{U}{R} = \frac{3,5}{590} = 5,93 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{LED} = 1,0 \text{ mA} \rightarrow I_R = 5,93 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-3} = 4,93 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5}{4,93 \cdot 10^{-3}} = 3,0 \cdot 10^2 \Omega$$

- Aflezen R_{NTC} 1
- Aflezen U_{LED} 1

- Berekenen I_{NTC}
1
- Berekenen R en completeren 1

Opgave 55 (10 punten)

A (3 punten)

Voorbeeld van een uitleg: Als de β -deeltjes in het koperplaatje terechtkomen, wordt dit negatief geladen. Door het uitzenden van de elektronen is het plaatje met nikkel positief geladen. Plus- en minladingen trekken elkaar aan, waardoor het koperplaatje op het trilplaatje in de richting van het plaatje met nikkel beweegt. Als het koperplaatje het plaatje met nikkel raakt, worden beide ontladen en het koperplaatje veert weer terug. (Dit proces herhaalt zich voortdurend).

- Inzicht dat het koperplaatje negatief wordt geladen en het nikkel plaatje positief
1
- Inzicht dat de positieve en negatieve ladingen elkaar aantrekken
1
- Inzicht dat als het de plaatjes elkaar raken ze ontladen en het koperplaatje terugveert en completeren 1

B (4 punten)

Uitkomst: $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$

Voorbeeld van een berekening: De halveringstijd van Ni-63 is 100 jaar, dit is $100 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,15 \cdot 10^9 \text{ s}$.

$$N = \frac{t_{1/2} A}{0,693} = \frac{3,15 \cdot 10^9 \cdot 5,0 \cdot 10^{10}}{0,693} = 2,28 \cdot 10^{20} \text{ atoomkernen}$$

$$\text{massa van 1 nikkel atoom: } 62,9 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,04 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

$$\text{De totale massa is dus } 2,28 \cdot 10^{20} \cdot 1,04 \cdot 10^{-25} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

- Opzoeken halveringstijd en omrekenen naar seconde 1
- Berekenen aantal atomen 1
- Berekenen massa 1 atoom 1
- Completeren 1

C (3 punten)

Uitkomst:

$$\text{Voorbeeld van een berekening: } P_{kern} = E A = 9,92 \cdot 10^{-15} \cdot 5,0 \cdot 10^{10} = 4,96 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

$$P_{el} = \eta P_{kern} = 0,04 \cdot 4,96 \cdot 10^{-4} = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

- Gebruik $P_{kern} = E A$ 1
- (Impliciet) Gebruik $\eta = \frac{P_{el}}{P_{kern}}$ 1
- Completeren 1

13. GESCHREVEN EVALUATIE LEERLINGEN

Hieronder volgen de geschreven evaluaties van de groepjes.

Havo

- Het samenwerken ging goed. We hadden de taken verdeeld en iedereen wist wat hij/zij moest doen. We konden elkaar ook helpen als iemand ergens niet uitkwam. Dat de indeling van de groepjes al waren gemaakt vonden we jammer. De opdrachten die we moesten maken was erg leerzaam. We hebben veel geleerd en het was fijn om zelf door het boek en op internet te zoeken naar de antwoorden op de vragen. Omdat je op deze manier meer zelf bezig bent in een les, dan wanneer je uitleg krijgt en dat moet onthouden.
- De samenwerking ging goed, iedereen had een eigen taak. De taakverdeling ging ook goed want iedereen deed waar diegene goed in was, en zo hadden we het ook vrij snel af. Iedereen deed ongeveer dezelfde hoeveelheid aan werk, zo bleef het ook eerlijk. De manier van in groepjes werken was dus ook prima.
- Het was een erg groot verslag dat in ons groepje prima te doen was, aangezien we ook met z'n vieren waren. Door taakverdeling en zelfgemaakte deadlines verliep de samenwerking erg goed. We vonden het leerzaam om hoofdstuk 6 op deze manier te leren en we zouden het allemaal voor in de toekomst vaker willen doen!
- We vonden het wel leuk om in groepjes te werken om dat het een echt teamgevoel gaf alleen het was voor ons best wel stressvol, want er moesten veel opdrachten gemaakt worden naast twee verslagen en twee mensen uit ons groepje waren de gehele opdracht afwezig waardoor er best wel veel druk onze schouders lag en op het laatste moment kregen we ook een nieuw lid.

Vwo

- Wij vonden dit wel een leuk project, we vonden het wel leuk om een keer wat anders te hebben dan gewoon een toets. Ook vonden wij het wel leuk dat we samen konden werken met andere mensen dan normaal. Ook was het wel fijn, want ivm de toetsweek was het wel fijn dat wij niet nog een toets hadden. Wel vonden wij het een vrij groot project voor de tijd die wij hadden. Al met al was het ook een leuke manier om te leren.
- Wij vonden in een groepje werken prima, maar het was in de laatste weken van het schooljaar en we vonden het nog een best grote opdracht, voor het kleine aantal weken dat we ervoor kregen. Verder is het beter dan een normaal hoofdstuk met een proefwerk.
- Het werken in groepjes ging goed, de samenwerking in ons groepje ging ook goed. We hebben de taken goed onder ons kunnen verdelen. Zo had iedereen elke les iets te doen. We hadden wel wat minder overleg, maar over het algemeen liep het wel prima. Het was wel erg druk elke les, samen met de verslagen en practica is het eigenlijk iets te veel voor de gegeven lestijd. De manier waarop de opdrachten opgebouwd zijn, is ook helder en zorgt ervoor dat we alles goed kunnen verdelen.
- We waren het erover eens dat de samenwerking erg goed ging. De opdrachten waren netjes verdeeld en alles ging volgens de planning. Door in een groepje te moeten werken werden we ook allemaal wat productiever/ kregen we wat meer motivatie tijdens de lessen. Over het algemeen zijn er geen bezwaren.