

# Kennisbasis

Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, Techniek, Wiskunde

Lerarenopleiding voortgezet onderwijs



# **Kennisbasis**

**Biologie, Natuurkunde,  
Scheikunde, Techniek, Wiskunde  
voor de lerarenopleiding  
voortgezet onderwijs**

# Voorwoord

De kwaliteit van ons bachelor onderwijs moet goed zijn, dit is niet alleen belangrijk voor onze studenten en het afnemende werkveld maar ook voor de Nederlandse kenniseconomie in het algemeen. Goede docenten zijn hierbij cruciaal en van de lerarenopleidingen wordt dus ook veel verwacht. Het niveau van de lerarenopleiding moet omhoog en het leerklimaat uitdagender. Om deze ambitie te kunnen realiseren moet je bij de basis beginnen, het gewenste eindniveau moet worden vastgesteld. De lerarenopleidingen voor het primair en voortgezet onderwijs hebben deze boodschap goed begrepen en zijn vorig jaar gestart met het ambitieuze project 'Werken aan Kwaliteit'. Hierin werken zij aan de kwaliteit van de lerarenopleidingen door de vakinhoudelijke en vakdidactische kwaliteit van de lerarenopleidingen in kaart te brengen. Deze set van kennisbases garandeert de basiskwaliteit van de lerarenopleidingen.

Het afgelopen jaar is door alle lerarenopleidingen met veel enthousiasme hard gewerkt aan het beschrijven van de eerste set van kennisbases. Inhoudelijke experts, deskundigen op hun vakgebied, hebben de kennisbases die door de opleidingen aan hen zijn voorgelegd bestudeerd en daar waar zij dat nodig achtten nadere aanwijzingen gegeven. Het resultaat van deze arbeid ligt nu voor u. Dit is nog maar het begin van een traject waarin de kwaliteit van de opleidingen verder versterkt wordt door de implementatie van de kennisbases in de curricula van de opleidingen. Ook worden er kennistoetsen ingevoerd waarmee wordt gemeten of studenten de kennisbasis beheersen.

Zoals gezegd is 'Werken aan Kwaliteit' een groot en ambitieus project dat een bijzondere inspanning vergt van de sector. Velen uit de sector zijn op enigerlei wijze betrokken bij de uitvoering van het project. Door het harde werk en de grote betrokkenheid van al deze mensen zijn de eerste beschrijvingen van de kennisbases een groot succes te noemen en dit sterkt mij in het vertrouwen dat de lerarenopleidingen de overige kennisbases met dezelfde voortvarendheid en in nauwe samenwerking met externe deskundigen zullen beschrijven.

Ik dank allen die hieraan hebben bijgedragen.



Doekle Terpstra  
Voorzitter HBO-raad

# Inhoud



1. Toelichting en verantwoording	6
2. Kennisbasis Biologie	10
3. Kennisbasis Natuurkunde	37
4. Kennisbasis Scheikunde	62
5. Kennisbasis Techniek	76
6. Kennisbasis Wiskunde	102

# 1. Toelichting en verantwoording

## Inleiding

Voor u liggen de vakkennisbases voor de tweedegraads opleidingen van docenten voor de vakken Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, Techniek en Wiskunde. Deze zijn in het kader van het project Werken aan Kwaliteit ontwikkeld door redactieteams, samengesteld uit docenten van de gezamenlijke tweedegraads lerarenopleidingen. De vakkennisbases (kennis van het schoolvak) maken deel uit van de drieslag: kennis van de leerling, kennis van het onderwijzen en kennis van het schoolvak. De vakredacties hebben zich eerst gebogen over dat deel van de totale kennis, wat een docent uit het schoolvak minimaal aan vakkennis zou moeten bezitten om verantwoord en adequaat vakonderwijs in het vmbo, het mbo en in de onderbouw van havo/vwo te kunnen verzorgen.

De vakredacties hebben prioriteit gelegd bij de vakkennisbases vanwege het maatschappelijke belang van een grondige beschrijving daarvan en het principe dat kennisinhouden vooraf gaan aan de constructie van het onderwijs en van toetsen.

Elke kennisbasis is voorgelegd aan een panel, bestaande uit:

- twee vertegenwoordigers van de vakvereniging(en) van docenten in het onderhavige vak;
- twee à drie gezaghebbende wetenschappers in het onderhavige vakgebied;
- drie docenten die recent zijn afgestudeerd en thans werkzaam zijn in resp. vmbo, mbo en/of onderbouw havo/vwo.

De vijf kennisbases zijn door de panels uitvoerig bestudeerd, besproken, van commentaar en advies voorzien en op basis daarvan bijgesteld.

## De functies van de kennisbases

Aan het kennisniveau van iedereen in onze samenleving worden steeds hogere eisen gesteld. Dat geldt dus ook voor alle vormen van onderwijs waarmee mensen dat kennisniveau kunnen halen en behouden. Daarvoor is een versterking van de beroepsgroep docenten op alle niveaus, door innovatie en professionalisering van de onderwijsorganisaties, noodzakelijk. Dat vraagt om een onderlinge afstemming tussen alle betrokkenen en een planmatige aanpak met een duidelijke koers. Een gezamenlijk opgestelde en aanvaarde kennisbasis is daarbij het kompas.

De beroepskennis van leraren heeft wortels in twee wetenschappelijke domeinen. In de eerste plaats het domein van het vak en in de tweede plaats de kennis, die beschikbaar is over leren en onderwijzen. Die twee pijlers vormen samen het fundament onder de beroepskennis.

Het vermogen om zijn kennis op een doelmatige manier in de praktijk over te dragen, maakt iemand tot een goede leraar. De opbouw van beroepskennis begint tijdens de opleiding. De aldaar verworven kennis is een weldoordachte selectie uit het wetenschappelijke fundament, gerelateerd aan de actuele onderwijspraktijk. Deze selectie is de kennisbasis van de lerarenopleidingen. Die basis is vastgelegd in het curriculum van de opleidingen en in de bekwaamheidseisen. Deze eisen beschrijven het minimumniveau van kennis waarover de leraar moet beschikken om bekwaam verklaard te worden. Tijdens zijn loopbaan moet de leraar zijn kennis en vaardigheden, zowel op het gebied van zijn vak als van het ambt van leraar, via bij- en nascholing op peil houden. De beschrijving van de kennisbasis vormt de eerste schakel tussen theorie en praktijk. Samen met de nog te ontwikkelen elementen krijgt de startkwalificatie van de leraar vorm door:

1. een kennisbasis: de beschrijving van de kennis die de leraar aan het einde van zijn opleiding minimaal moet hebben om professioneel bekwaam en zelfstandig aan het werk te kunnen in het onderwijs;
2. een kennisbank: het dynamische systeem waarmee de lerarenopleidingen relevante kennis voor leraren toegankelijk maken;
3. kennistoetsen: het dynamische instrumentarium waarmee leraren in opleiding kunnen nagaan of zij de kennisbasis voldoende beheersen.

## Competentiegericht opleiden

Bij competentiegericht opleiden staat bekwaamheid centraal. Het gaat om professioneel en adequaat leren handelen. Binnen de lerarenopleidingen is het leren op de werkplek in toenemende mate sturend voor de inrichting van het curriculum. Studenten doen in de praktijk veel (contextspecifieke) kennis op. Er moet dus nadrukkelijk aandacht besteed worden aan de inbedding van de praktische kennis in het repertoire aan theoretische en methodische kennis en andersom. De dubbele rol van de docent als kennisoverdrager en als pedagoog wordt door de Stichting Beroepskwaliteit Leraren en ander onderwijspersoneel (SBL) gedefinieerd als 'het kunnen hanteren van de praktische opgaven van het beroep in de verschillende situaties waarin het beroep wordt uitgeoefend, met kennis van zaken en methodisch geïnstrumenteerd'.

De kernopgaven zijn samengevat in vier beroepsrollen. Samen met de kenmerkende situaties in vier typen beroepssituaties ontstaat een matrix. Daarin onderscheidt SBL zeven onderwijscompetenties.

	met leerlingen	met collega's	met omgeving	met mezelf
interpersoonlijk	1	5	6	7
pedagoog	2			
(vak)didacticus	3			
organisatorisch	4			

Figuur 1: de zeven SBL-onderwijscompetenties

1. Interpersoonlijk: een goede leraar gaat op een goede, professionele manier met leerlingen om.
2. Pedagogisch: een goede leraar biedt de leerlingen in een veilige werkomgeving houvast en structuur om zich sociaal-emotioneel en moreel te kunnen ontwikkelen.
3. Vakinhoudelijk en didactisch: een goede leraar helpt de leerlingen zich de inhoudelijke en culturele bagage eigen te maken die iedereen nodig heeft in de hedendaagse samenleving.
4. Organisatorisch: een goede leraar zorgt voor een overzichtelijke, ordelijke en taakgerichte sfeer in zijn groep of klas.
5. Collegiaal: een goede leraar levert een professionele bijdrage aan een goed pedagogisch en didactisch klimaat op school, aan een goede onderlinge samenwerking en aan een goede schoolorganisatie.
6. Samenwerking met de omgeving: een goede leraar communiceert op een professionele manier met ouders en andere betrokkenen bij de vorming en opleiding van zijn leerlingen.
7. Reflectie en ontwikkeling: een goede leraar denkt op een professionele manier na over zijn bekwaamheid en beroepsopvattingen. Hij ontwikkelt zijn professionaliteit en houdt deze bij.

Al deze rollen voert de leraar op een professionele wijze uit, met kennis van zaken en praktisch en methodisch verantwoord. De kennisbasis levert daarvoor de noodzakelijke bouwstenen.

Elke leraar moet de wetenschapsbeoefening kennen die bijdraagt aan de ontwikkeling van zijn beroepskennis. De relevante uitkomsten daarvan moet hij voor zijn professionele ontwikkeling voortdurend betrekken op zijn eigen werk. Er zijn inmiddels mooie voorbeelden van gevestigde wetenschappelijke programma's. Daarin werken wetenschappers en leraren samen en gaat de theorieontwikkeling hand in hand met het ontwerpen en verbeteren van de onderwijsaanpak.

### Kennis genereren en rubriceren

Op basis van het onderscheid tussen theoretische, methodische en praktische kennis enerzijds en het kennisperspectief van de leerling, leren en onderwijzen en leerinhouden anderzijds, ontstaat als matrix het negen-veldenmodel:

	Kennis van de leerling	Kennis van leren en onderwijzen	Kennis van leerinhouden
Theoretische kennis	Generiek	Generiek Vakspecifiek	Vakspecifiek
Methodische Kennis	Generiek	Generiek Vakspecifiek	Vakspecifiek
Praktische Kennis	Generiek	Generiek Vakspecifiek	Vakspecifiek

Figuur 2: Het negen velden-model om relevante kennis te genereren en te rubriceren

In deze beschrijving van de kennisbasis gaat het om de vakspecifieke componenten. In de tweede fase volgt een beschrijving van de generieke component. Naast de SBL-competenties bestaan er ook de Dublin descriptoren. Deze zijn leidend als eindtermen voor de bachelor- en masterstudies aan Europese hogescholen en universiteiten.

De descriptoren stellen dat de tweedegraads opgeleide leraar (op bachelorniveau):

- aantoonbaar kennis en inzicht heeft van een vakgebied;
- in de toepassing daarvan een professionele benadering van zijn werk toont en de problemen van zijn vakgebied beredeneerd oplost;
- in staat is om gegevens te verzamelen en te interpreteren en een oordeel te vormen, met afweging van relevante sociaal-maatschappelijke, wetenschappelijke en ethische aspecten;
- informatie, ideeën en oplossingen kan overdragen op anderen (zowel specialisten als niet-specialisten);
- de leervaardigheden bezit om op een hoog niveau van autonomie door te leren;
- zichzelf verantwoordt.

Het ligt voor de hand dat er overlap is tussen deze descriptoren en de SBL-competenties. Belangrijk is dat de leraar in opleiding uiteindelijk op deze verschillende gebieden zijn meesterproeven aflegt, die gemodelleerd zijn naar de realiteit. De lerarenopleidingen zelf ontwerpen deze meesterproeven. Op grond van de bekwaamheidseisen maken zij duidelijk welke kwaliteit het handelen van de leraar en zijn gebruik van kennis daarin moeten hebben. Maar die verantwoording houdt niet op na het afstuderen. Ook de school, waar de docent zijn beroep uitoefent, heeft een verplichting aan de samenleving om zich te verantwoorden voor de onderwijsinhoud en de professionaliteit van het personeel.



Permanente kwaliteitszorg is essentieel voor de maatschappelijke opdracht van iedere school. De kennisbasis levert de daarvoor noodzakelijke criteria (ijkpunten) aan. Hiermee is accreditatie en onderlinge benchmarking van scholen mogelijk gemaakt. Dit alles zal de transparantie aanzienlijk kunnen vergroten en ertoe bijdragen dat de kwaliteit van de leraar op het gewenste niveau blijft. De leraar kan aangesproken worden op de volgende minimale competenties:

- de leraar heeft op een praktisch niveau voldoende kennis van de onderwijshoudens, van de onderwijsmethoden (pedagogisch en didactisch), -organisatie en -materialen en van de leerling en diens leefwereld;
- de leraar kan onderwijs- en begeleidingsprogramma's beoordelen, aanpassen en ontwerpen. Hij heeft voldoende kennis van pedagogische en didactische methoden om onderwijs- en begeleidingsprogramma's te kunnen beoordelen op kwaliteit en geschiktheid voor zijn leerlingen. Hij kan onderdelen daarvan aanpassen en bijdragen aan het ontwerpen van nieuwe programmaonderdelen;
- de leraar ontwikkelt zich zelfstandig verder. Hij heeft overzicht van de belangrijkste wetenschappelijke kennisgebieden waarop hij voor zijn beroepsuitoefening kan terugvallen en vindt daarin zelfstandig zijn weg.

### **Leeswijzer: de opbouw van de kennisbasis**

Binnen het cluster exact zijn afspraken gemaakt over de vormgeving van de kennisbasis.

De opbouw omvat beschrijvingen van de volgende onderdelen:

1. Een hoofdindeling op thema's of domeinen.
2. Een onderverdeling van kernconcepten / categorieën binnen de domeinen.
3. Een omschrijving van het kernconcept / categorie.
4. Een niveauaanduiding in de vorm van een voorbeeldopgave, een opdracht of een verwijzing naar algemeen erkende vakliteratuur.

De voorbeelden (voorbeeldopgaven) die in de kennisbasis genoemd worden, zijn exemplarisch. Als alleen naar deze opgaven gekeken wordt, geeft dat dus beslist een onvolledig beeld van de kennisbasis die een tweedegraads leraar binnen het cluster zou moeten hebben. Ze zijn dan ook alleen bedoeld om het gewenste niveau aan te geven.

### **Bevoegdheden en bekwaamheden binnen het cluster exact**

Al enige tijd hebben scholen voortgezet onderwijs veel vrijheid bij het organiseren van het onderwijs in exacte vakken in de onderbouw. Zo bestaat sinds de invoering van de basisvorming het vak nask (natuur-scheikunde). Docenten met een tweedegraads bevoegdheid natuurkunde of scheikunde zijn bevoegd om dit vak te doceren. Op veel scholen is het vak gesplitst in nask 1 en nask 2, waarbij nask 1 veelal natuurkunde bevat en nask 2 veel scheikunde. Daarnaast zijn er scholen die kiezen voor het vak "science" in klas 1 en 2, of voor het leergebied "mens en natuur". Deze vakken kunnen door alle bevoegde docenten techniek, biologie, natuurkunde en scheikunde worden verzorgd.

Deze realiteit in het onderwijsveld betekent dat alle exacte kennisbases (met uitzondering van wiskunde) op eigen wijzen aandacht besteden aan de verwante of aanpalende vakken. Om die reden zal in een volgende versie van de kennisbasis meer nadruk liggen op een uniformere aanpak van dit onderdeel binnen het cluster, zonder voorbij te gaan aan de identiteit van het eigen vak.

## 2. Kennisbasis Biologie

### Inleiding

Voor u ligt de kennisbasis biologie voor de tweedegraads lerarenopleidingen (CROHO 35301). In deze preambule wordt de door de redactie gevolgde werkwijze beschreven.

Ook worden de gemaakte keuzen toegelicht en verantwoord.

Voor het formuleren van de kennisbasis is aangesloten bij de indeling en concepten die de CVBO (Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs) hanteert in de leerlijn biologie van 4-18 jaar<sup>1</sup>. Daarnaast is het door alle opleidingen gebruikte handboek "Biology" van Campbell & Reece<sup>2</sup> een belangrijk handvat voor de niveauaanduiding van concepten in deze kennisbasis.

### Naar een "leerlijn biologie van 4 tot 22 jaar"<sup>3</sup>

Allereerst introduceren we de leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar, waarbij opgemerkt moet worden dat deze paragraaf vaak letterlijk geënt is op de eerdergenoemde CVBO publicatie. Daarna beargumenteren we waarom deze leerlijn uitgebreid moet worden naar een leerlijn van 4-22 jaar. Daarmee wordt uitdrukkelijk niet bedoeld op een leerlijn voor studenten die na het vwo biologie gaan studeren, maar op een leerlijn van 18-22 jaar voor studenten aan een lerarenopleiding die een beroepsopleiding volgen en "schoolvakbekwaam" moeten zijn op het moment van diplomering. Op dat moment dienen zij namelijk te voldoen aan de eisen voor startbekwaamheid die gesteld worden in de Wet BIO (Wet Beroepen In het Onderwijs), vooral in termen van vakinhoudelijke en vakdidactische bekwaamheid.

### De leerlijn biologie van 4-18

In september 2003 verscheen het rapport *Biologieonderwijs: een vitaal belang*<sup>4</sup>. De Biologische Raad (KNAW), het Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI) en de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON) doen daarin aanbevelingen over vernieuwing van het biologieonderwijs. Op basis van deze aanbevelingen heeft de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap op 7 december 2004 de CVBO geïnstalleerd. Deze commissie kreeg de opdracht om examenprogramma's voor het vak biologie uit te werken voor havo en vwo en aanbevelingen te doen voor de onderbouw van havo en vwo. In 2006 publiceerde de CVBO het basisdocument *Vernieuwd biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar*<sup>5</sup>, waarin knelpunten in het huidige biologieonderwijs, zoals gebrek aan samenhang, overladenheid en geringe door leerlingen ervaren relevantie, worden beschreven en oplossingen worden voorgesteld met behulp van een concept-contextbenadering voor het biologieonderwijs.

---

1. Boersma, K. Th., M. van Graft, A. Hartevelde, E. de Hullu, A. de Knecht-van Eekelen, M. Mazereeuw, L. van den Oever & P.A.M. van der Zande. (2007). Leerlijn biologie van 4-18 jaar: Uitwerking van de concept context-benadering voor het biologieonderwijs. Utrecht: CVBO. Te downloaden via: <http://www.nibi.nl/files/documents/CVBO%20Biologie%20leerlijn%204-18.pdf>

2. Campbell, N.A., & Reece, J.B. (2008). Biology (8th Ed.). San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

3. Voor de leeftijd van 22 is gekozen vanuit het idee dat er al een leerlijn van 4-18 is en dat de 2<sup>e</sup> graadsopleiding nominaal vier jaar duurt. De leeftijd van 22 jaar is uiteraard geen weerspiegeling van een werkelijkheid waarin ook studenten ouder dan 22 jaar, bijvoorbeeld zij-instromers en herintreders, via diverse opleidingsvarianten (deeltijd, afstandsleren, etc.) studeren voor een bevoegdheid.

4. Biologische Raad (2003). *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Te downloaden via: <http://www.knaw.nl/publicaties/pdf/20031062.pdf>

5. Boersma, K. Th., M. van Graft, A. Hartevelde, E. de Hullu, L. van den Oever & P.A.M. van der Zande. (2006). *Biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar: Basisdocument van de Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs over ontwikkeling en invoering van samenhangend biologieonderwijs*. Te downloaden via: <http://www.nibi.nl/files/documents/Boekje CVBO 2006.pdf>

De leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar werkt de doelstellingen van het biologieonderwijs uit in concepten voor de hele leerlijn, vanaf basisonderwijs naar onderbouw vmbo en havo /vwo, bovenbouw vmbo (uitgewerkt naar leerwegen en sectoren), bovenbouw havo en bovenbouw vwo. De leerlijn 4-18 spitst zich toe op een beperkt aantal biologische concepten, die voldoen aan de volgende vier criteria:

1. De concepten representeren gezamenlijk de breedte van de levenswetenschappen.
2. De concepten kunnen verbonden worden met recente ontwikkelingen in de biologie.
3. De concepten maken het mogelijk biologische kennis voor leerlingen en studenten te structureren.
4. De concepten zijn leerbaar voor de desbetreffende groepen leerlingen en studenten.

Concepten die aan deze criteria voldoen hebben naar verwachting een lange levensduur. Om geschikte concepten te kunnen selecteren en presenteren is door de CVBO een systeemmatrix ontworpen. De systeemmatrix geeft verticaal de verschillende organisatieniveaus weer die in de biologie worden gehanteerd, en horizontaal de volgende systeemconcepten:

- Biologische eenheid;
- Zelfregulatie en zelforganisatie;
- Interactie;
- Reproductie;
- Evolutie.

Deze vijf systeemconcepten zelf zijn zo abstract en veelomvattend dat ze voor de meeste studenten niet meteen bruikbaar zijn. De onder de systeemconcepten liggende concepten moeten juist niet te veelomvattend zijn, omdat zij anders te weinig structuur aanbrengen. Om die reden is de matrix door de CVBO ingevuld met concepten die enerzijds voldoende omvatten en anderzijds voldoende afbakenen.

## De leerlijn biologie van 18-22

Geïnspireerd door de adviezen die tijdens een veldraadpleging op 1 juli 2009 werden gegeven gebruikt de vakredactie biologie een compilatie van de matrices voor vmbo, havo en vwo als startpunt om concepten voor de tweedegraads lerarenopleiding biologie te rangschikken. De door de CVBO ingezette leerlijn wordt dus voortgezet. Immers, de eerder genoemde vier criteria: (i) breedte, (ii) actualiteit, (iii) mogelijkheid om concepten te structureren in voor studenten relevante contexten en (iv) leerbaarheid, zijn evenzeer van belang voor leerlingen in het voortgezet onderwijs als voor studenten in het hbo die zich voorbereiden om deze leerlingen les te gaan geven. Door vanuit die gedachte de leerlijn 4-18 uit te bouwen is het aannemelijk dat de toekomstige beroepsbeoefenaars goed op hun toekomstige beroep worden voorbereid. De kennisbasis biologie is daarom in aansluiting op de leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar uitgewerkt en de ontwikkeling van de landelijke kennistoetsen zal volgens dezelfde lijn worden gecontinueerd.

De uitwerking van de concepten in een lerarenopleiding op Bachelor niveau dient wel diepgaander te zijn dan in het voortgezet onderwijs. De toekomstige docent kan dan vanuit een breder en dieper inzicht de vakinhoud vertalen naar goed onderwijs. Daarvoor wordt onder andere het internationaal in hoog aanzien staande handboek Biology van Campbell & Reece

door alle onder CROHO nummer 35301 geregistreerde opleidingen gebruikt. Daarnaast leert de student zowel de concepten als de bijbehorende vakdidactiek beheersen, zodat hij of zij ook leerlingen deze concepten op een goede manier kan laten leren. De keuze voor de CVBO benadering betekent ook dat studenten leren concepten wendbaar te gebruiken in diverse contexten.

### **Tot slot**

Door in een matrix te werken, die door zijn aard uit vakjes bestaat, kan het idee ontstaan dat concepten op zichzelf staan. Uiteraard is niets minder waar. Een belangrijk aspect van schoolvakbekwaam worden is dat een student dwarsverbanden leert zien door de rijen en kolommen van de matrix. Toepassing van concepten in diverse relevante contexten helpt om die verbindingen te leggen. Door aan te haken bij de leerlijn van 4-18 wordt voortgebouwd op het in het voortgezet onderwijs bereikte niveau. Dit niveau wordt op twee manieren verdiept. Enerzijds door dieper op de concepten in te gaan en er in de beroepspraktijk mee te werken tijdens leerwerktrajecten, anderzijds door concepten met elkaar te verbinden. De kennisbasis die u op de volgende bladzijden leest is een momentopname. Tijdens het gebruik zal er geëvalueerd worden. Op basis van die evaluaties vinden er van tijd tot tijd bijstellingen plaats.

CONCEPTEN VOOR DE 2E GRAADS LERARENOPLEIDING BIOLOGIE (CROHO 35301)					
Systeemconcept → Organisatieniveau ↓	Biologische eenheid	Zelfregulatie en organisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Genexpressie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA-replicatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mutatie</li> <li>Recombinatie</li> </ul>
Cel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport</li> <li>Metabolisme</li> <li>Celdifferentiatie</li> <li>Apoptose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Celcommunicatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Celcyclus</li> </ul>	
Orgaansysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weefsel</li> <li>Orgaan</li> <li>Orgaansysteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instandhouding en groei</li> <li>Gaswisseling</li> <li>Circulatie</li> <li>Spijvertering</li> <li>Uitscheiding</li> <li>Afweer</li> <li>Stevigheid en beweging</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zintuig</li> <li>Zenuwstelsel</li> <li>Hormoonhuishouding</li> </ul>		
Organisme	Drie Domeinen Systeem <ul style="list-style-type: none"> <li>Archaea</li> <li>Bacteria</li> <li>Eukaryota</li> <li>(Virales)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Homeostase</li> <li>Fotosynthese</li> <li>Voeding</li> <li>Levenscyclus</li> <li>Gezondheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gedrag</li> <li>Interactie met (a-) biotische factoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voortplanting</li> <li>Erfelijkheid</li> <li>Seksualiteit en relaties</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fossiel</li> </ul>
Populatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soort</li> <li>Populatie</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dynamiek</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Genetische variatie</li> <li>Natuurlijke selectie</li> <li>Soortvorming</li> </ul>
Ecosysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecosysteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiestroom</li> <li>Kringloop</li> <li>Dynamiek</li> <li>Evenwicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voedselrelaties</li> </ul>		
Aarde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biosfeer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Duurzame ontwikkeling</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Biodiversiteit</li> <li>Ontstaan van het leven</li> </ul>

## 2.1 Kennis van het schoolvak

### Domein 1: biologische eenheid

Een biologische eenheid is een levend systeem met een grens en een te omschrijven structuur. Binnen deze biologische eenheid is er sprake van zelforganisatie, zelfregulatie en reproductie, en is er interactie tussen componenten van de biologische eenheid en met de omgeving. In het kader van de zeven organisatieniveaus is DNA de kleinste biologische eenheid en de Aarde de grootste. Biologische eenheden kunnen met elkaar op een hoger niveau een nieuwe biologische eenheid vormen met een eigen organisatiestructuur. Zo vormen cellen met elkaar een organisme en kunnen verschillende populaties van organismen samen een ecosysteem vormen. Door deze opbouw maken biologische eenheden enerzijds deel uit van biologische eenheden van een hogere orde (organisatieniveau), anderzijds zijn binnen een biologische eenheid veelal eenheden van een lagere orde (organisatieniveau) te onderscheiden.

### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Biologische eenheden van verschillende orde herkennen en de kenmerken ervan beschrijven op het niveau van moleculen, cellen, organen, organismen, populaties, ecosystemen en de aarde;
- De samenhang en onderlinge afhankelijkheid van biologische eenheden in eenzelfde of een ander organisatieniveau herkennen en beargumenteren hoe de samenhang en afhankelijkheid zijn georganiseerd;
- Redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen <sup>1</sup> en verwijzing naar handboeken
Molecuul	DNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw en eigenschappen van DNA en RNA en de punten waarop deze macromoleculen van elkaar verschillen;</li> <li>• Sequencing als methode voor het bepalen van de nucleïnezuurvolgorde van DNA/RNA of de aminozuurvolgorde van eiwitten;</li> <li>• De functies van DNA, mRNA, tRNA, rRNA en de verschillende sRNA's en het verband tussen hun vorm en functie;</li> <li>• De primaire structuur van een eiwit is af te leiden uit de nucleotiden volgorde van het voor dat eiwit coderende gen (c.q. genen);</li> <li>• Eiwitten bepalen de bouw en werking van biologische eenheden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noem de belangrijkste componenten van een nucleotide en beschrijf hoe deze monomeren aan elkaar verbonden worden tot een nucleïnezuur</li> <li>• Beschrijf de driedimensionale structuur van DNA</li> </ul> <p><i>Biology</i><sup>2</sup> hoofdstuk 5, 16 en 19 <i>Life</i><sup>3</sup> - <i>The Science of Biology</i> hoofdstuk 4</p>

1. Voorbeelden van toetsvragen die een indicatie geven van het niveau waarop studenten met de concepten om kunnen gaan.

2. Als tweede manier van niveau aanduiding wordt per concept aangegeven in welk hoofdstuk van de door alle opleidingen voorgeschreven 8<sup>e</sup> editie van *Biology* (Campbell & Reece, 2008) het concept en de daaronder inbegrepen kennis te vinden is.

3. Als derde manier van niveauaanduiding wordt aangegeven in welk hoofdstuk of unit van de zojuist verschenen 9<sup>e</sup> editie van *Life - The Science of Biology* (Sadava, Hillis, Heller & Berenbaum, 2009) het concept en de daarbij inbegrepen kennis te vinden is.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Cel	Cel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De cel is de kleinste mogelijke zelfstandig functionerende eenheid van leven;</li> <li>• Celorganellen van eukaryote cellen (zowel plant als dier) en de functies van die organellen;</li> <li>• Meercellig leven bestaat uit een complex van (onderling afhankelijke) cellen;</li> <li>• Vorm en functie van cellen als onderdeel van een weefsel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welke organellen zijn nauw met elkaar verbonden in het endomembraansysteem?</li> </ul> <p><i>Biology</i> hoofdstuk 6, 35 en 40 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 5</p>
Orgaansysteem	Weefsel Orgaan Orgaanstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Groepen cellen oefenen door hun rangschikking in een weefsel, een orgaan of een orgaanstelsel een gezamenlijke functie uit;</li> <li>• Vorm en functie van organen en orgaanstelsels bij eukaryoten, zowel planten als dieren;</li> <li>• Vorm, opbouw en functie van orgaanstelsels voor circulatie, gaswisseling, vertering, uitscheiding, voortplanting, stevigheid, beweging, bescherming, afweer en regeling;</li> <li>• Samenhang tussen orgaanstelsels zowel bij planten als dieren.</li> </ul>	<i>Biology</i> unit 6 & 7 <i>Life - The Science of Biology</i> part 8 & 9
Organisme	Drie domeinen systeem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschiedenis van de systematiek als wetenschapsgebied en de invloed van de evolutietheorie en moleculaire genetica daarop;</li> <li>• Drie domeinen systeem van Woese et al. (1990) en de "Ring of Life" hypothese (Rivera &amp; Lake, 2004);</li> <li>• Classificatie en fylogenie van de drie domeinen.</li> </ul>	<i>Biology</i> unit 5 <i>Life - The Science of Biology</i> part 7
	Archaea & Bacteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenmerken, metabolische aanpassingen en levenscycli van Archaea en Bacteria;</li> <li>• De toepassing van bacteriën in de biotechnologie.</li> </ul>	
	Eukaryota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenmerken van eukaryote cellen;</li> <li>• Overwegingen op basis waarvan de Eukaryota worden ingedeeld in een aantal (hypothetische) supergroepen<sup>4</sup>;</li> <li>• Morfologie en levenscycli van een aantal binnen het schoolvak relevante eukaryotische taxa.</li> </ul>	
	Virales <sup>5</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De structuur, de levenscyclus en de taxonomie van virussen;</li> <li>• Het effect van virussen op de gastheercel, zowel bij planten als dieren;</li> <li>• Toepassing van virussen in de biotechnologie.</li> </ul>	

4. Zie onder andere: P. Keeling, G. Burger, D. Durnford, B. Lang, R. Lee, R. Pearlman, A. Roger and M. Gray, The tree of eukaryotes, *Trends Ecol. Evol.* **20** (2006), pp. 670-676 en <http://tolweb.org/Eukaryotes/3>.

5. Binnen de biologie bestaat de consensus dat een virus niet voldoet aan alle levenskenmerken en daarom eigenlijk niet als organisme beschouwd kan worden. Er zijn echter meer dan voldoende redenen om in het schoolvak en dus ook in de kennisbasis biologie toch aandacht te besteden aan virussen.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Populatie	Soort	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologisch soortbegrip en de criteria op basis waarvan soorten van elkaar worden onderscheiden en de problemen die zich daarbij kunnen voordoen;</li> <li>• Toepassingsregels voor hiërarchische classificatie op het niveau van domein, rijk, fylum, klasse, orde, familie, geslacht en soort.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 24 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
	Populatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populatie en de begrenzing van dat concept; de relatie tussen soorten en populaties;</li> <li>• Het modelmatig karakter van populaties;</li> <li>• Het onderscheid tussen een populatie en de individuele organismen daarin.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 23 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
Ecosysteem	Ecosysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecosysteem en de componenten die daar deel van uitmaken;</li> <li>• De relatie tussen levensgemeenschappen en ecosystemen;</li> <li>• Het modelmatig karakter van ecosystemen en het veelal discutabele karakter van systeemgrenzen;</li> <li>• Verschillen tussen ecosystemen op basis van verschillen in populaties, biotische en abiotische factoren;</li> <li>• Benoemen en kwantificeren van verbanden in ecosystemen.</li> </ul>	<i>Biology</i> Unit 8 <i>Life - The Science of Biology</i> Part 10
Aarde	Biosfeer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De biosfeer en de componenten die daar deel van uitmaken;</li> <li>• Benoemen en kwantificeren van componenten en relaties tussen componenten van de biosfeer.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 52 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58

## Domein 2: zelfregulatie en zelforganisatie

Biologische eenheden van klein (cellen) tot groot (ecosystemen) handhaven zich door het opnemen van stoffen c.q. energie uit hun omgeving, door het herstellen van opgelopen schade, door zich te verdedigen tegen belagers en schadelijke stoffen, door het vertonen van adequaat gedrag en door het aanpassen aan of het veranderen van de omgeving. Onderdelen van een biologische eenheid kunnen gespecialiseerd zijn voor een bepaalde functie. Deze specialisatie wordt aangetroffen op alle organisatieniveaus. Biologische eenheden vermenigvuldigen en ontwikkelen zich door replicatie, door deling, door toename van onderdelen van de biologische eenheid en door specialisatie. Door zelforganisatie kunnen nieuwe structuren (biologische eenheden) van een hogere orde ontstaan, die beschikken over emergente eigenschappen: het geheel is meer dan de som der delen.

### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Uitleggen dat biologische eenheden van cellulair niveau tot aan het niveau van de biosfeer, zichzelf reguleren en organiseren om zichzelf in stand te houden en te ontwikkelen;
- Beschrijven dat biologische eenheden op een hoger organisatieniveau nieuwe, emergente eigenschappen hebben vergeleken met de biologische eenheden van één of meer niveaus lager;
- Beschrijven hoe de steeds veranderende onderlinge relaties binnen en tussen biologische eenheden gereguleerd worden;
- Uitleggen dat er opname, verwerking en afgifte van energie en materie is en daarbij de relaties binnen en tussen biologische eenheden beschrijven.



Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Cel	Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selectief doorlaatbare membranen maken de cel tot een zelfstandig te reguleren en organiseren eenheid die in staat is tot interactie met de omgeving;</li> <li>• Passief transport, gefaciliteerde diffusie, actief transport en endocytose, gerelateerd aan de eigenschappen van getransporteerde stoffen en aan de bouw en eigenschappen van membranen (fluid mosaic model);</li> <li>• Het verschil in effect van osmose bij plantaardige en dierlijke cellen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 7 & 11 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 6 & 7
	Metabolisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactieschema's van assimilatie- en dissimilatieprocessen, inclusief deelreacties;</li> <li>• De plaats waar in een cel assimilatie en dissimilatie plaatsvindt en de voorwaarden waaronder dit gebeurt;</li> <li>• De wijze waarop enzymen reacties, zoals assimilatie- en dissimilatieprocessen, katalyseren en hoe pH en temperatuur de werking van enzymen beïnvloeden;</li> <li>• Stofwisselingsprocessen vinden plaats in een netwerk van voortdurend veranderende relaties, waarbij zelfregulatie door terugkoppeling optreedt;</li> <li>• Het metabolisme van micro-organismen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 8, 9 & 10 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 8, 9 & 10 (part 3)
	Celdifferentiatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Door differentiatie ontstaan cellen met een verschillende vorm en functie;</li> <li>• Celdifferentiatie komt tot stand door het aan- en/of uitschakelen van genen;</li> <li>• Specifieke eigenschappen van stamcellen en de doelen waarvoor stamcellen op grond van die eigenschappen gebruikt kunnen worden.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 11, 20 & 47 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 11, 16 & 19
	Apoptose	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een cel is in staat tot apoptose (geprogrammeerde celdood);</li> <li>• Apoptose speelt een cruciale rol tijdens de (embryonale) ontwikkeling van meercellige eukaryoten.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 11 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 11

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Orgaansysteem	Instandhouding en groei	<ul style="list-style-type: none"> <li>De relatie tussen de celcyclus en groei, ontwikkeling en instandhouding van organen;</li> <li>Het belang van DNA-herstel voor de instandhouding van cellen en organismen en de wijze waarop dit DNA-herstel plaatsvindt.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 47 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 44
	Gaswisseling	<ul style="list-style-type: none"> <li>De bouw, werking en functie van gaswisselingsorganen, in het bijzonder bij zoogdieren;</li> <li>De relatie tussen de bouw, functie en werking van gaswisselingsorganen;</li> <li>Wijzen en regeling van longventilatie;</li> <li>Opname, transport en afgifte van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> en de rol van hemoglobine;</li> <li>De relatie tussen gaswisseling, fotosynthese en dissimilatie bij planten.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 10, 36 & 42 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 10 & 49
	Circulatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>De bouw, werking en functie van de bloedsomloop met hart en bloedvaten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>De relatie tussen de bouw, functie en werking van hart en bloedvaten;</li> <li>Overeenkomsten en verschillen van de bloedsomloop voor en na de geboorte;</li> <li>Samenstelling van bloed en de functie en plaats(en) van vorming van bloedbestanddelen, weefselvloeistof en lymfe;</li> <li>Het verband tussen bloedvatenstelsel en lymfevatenstelsel;</li> <li>Functie en samenstelling van hemolymfe bij Arthropoda en Mollusca;</li> <li>De relatie tussen het transport in planten en fotosynthese, dissimilatie en opslag van stoffen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 36 & 42 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 35 & 50
	Spijvertering	<ul style="list-style-type: none"> <li>De bouw, werking en functie van de spijsverteringsorganen, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>De relatie tussen de bouw, functie en werking van spijsverteringsorganen;</li> <li>Plaats en wijze van vertering van voedingsstoffen en de randvoorwaarden (zoals pH) die daarop van invloed zijn;</li> <li>Enzymen die bij de spijsvertering betrokken zijn en de manier waarop zij afgescheiden worden.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 41 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 51
	Uitscheiding	<ul style="list-style-type: none"> <li>De bouw, werking en functie van uitscheidingsorganen, in het bijzonder bij zoogdieren;</li> <li>De relatie tussen de bouw, functie en werking van uitscheidingsorganen;</li> <li>De rol van de lever, nieren, longen en huid in uitscheidingprocessen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 44 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 52

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
	Afweer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van bij de afweer betrokken organen, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van bij afweer betrokken cellen en organen;</li> <li>• De werking van en verschillen tussen aspecifieke en specifieke afweer als reacties op lichaamsvreemde en lichaamseigen stoffen en cellen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 43 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 42
	Stevigheid en beweging	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van bij de beweging betrokken organen, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van bij de beweging betrokken organen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 48
Organisme	Homeostase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De principes van een regelkring: registratie, vergelijking met interne norm, reactie, handhaven van een dynamisch evenwicht;</li> <li>• Organismen handhaven zich door de gecoördineerde activiteiten van cellen, weefsels, organen en orgaanstelsels;</li> <li>• Het belang van de lever, longen, huid en nieren voor de homeostase bij zoogdieren;</li> <li>• De complexiteit van de regeling van lichaamsprocessen en de relatie met emoties en gezondheidstoestand (stress), in het bijzonder bij de mens.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 40 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 40
	Fotosynthese	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtenergie wordt tijdens de licht- en donkerreacties vastgelegd in organische stoffen;</li> <li>• Het belang van fotosynthese voor de (voortgezette) assimilatie en dissimilatie van de plant;</li> <li>• De verschillen tussen fotosynthese en chemosynthese.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 10 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 10
	Voeding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het belang van verschillende groepen voedingsstoffen voor de gezondheid en het welbevinden van de mens;</li> <li>• De voorwaarden waaraan een gezonde en evenwichtige voeding voldoet.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 41 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 51
	Levenscyclus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De ontwikkeling van een zoogdier van de zygote tot aan de geboorte;</li> <li>• De invloed van voeding, genotmiddelen en stress op de prenatale ontwikkeling;</li> <li>• De lichamelijke ontwikkeling van zoogdieren gedurende hun levensloop en de invloed van inwendige en uitwendige factoren daarop;</li> <li>• De fasen in de levenscyclus van eukaryoten, zowel planten als dieren.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 46 & 47 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 43 & 44

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
	Gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschillende interpretaties van het begrip gezondheid;</li> <li>• Oorzaken en gevolgen van verstoring van gezondheid;</li> <li>• Herstel van zelfregulerend vermogen;</li> <li>• Enkele erfelijke, besmettelijke en aangeboren ziekten, de wijze waarop ze ontstaan en hun wijze van behandeling;</li> <li>• Vanuit biologisch perspectief een aantal mogelijkheden tot voorkomen van verstoring van gezondheid en tot herstel van gezondheid.</li> </ul>	<i>Biology</i> en <i>Life - The Science of Biology</i> besteden niet specifiek aandacht aan "gezondheid", maar op het organisatieniveau "orgaan en orgaanstelsel" komen in de hoofdstukken over "dieren: vorm en functie" altijd wel verwijzingen naar gezondheidsaspecten voor.
Ecosysteem	Energiestroom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiestromen in een ecosysteem, factoren die daarop van invloed zijn en de oorzaken en gevolgen van verstoring;</li> <li>• De piramiden van biomassa en energie als model voor de energiestromen in een ecosysteem en de processen en organismen die daarin een rol spelen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 55 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58
	Kringloop	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kringlopen van chemische elementen in een ecosysteem, de factoren die daarop van invloed zijn en de oorzaken van verstoring van de kringloop;</li> <li>• De rol van producenten, consumenten en reducers in de koolstofkringloop en de stikstofkringloop.</li> </ul>	
	Dynamiek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abiotische en biotische factoren in een ecosysteem zijn veranderlijk;</li> <li>• Een ecosysteem is een dynamisch systeem;</li> <li>• Abiotische en biotische factoren spelen een rol bij de instandhouding en ontwikkeling van een ecosysteem;</li> <li>• De grootte van populaties varieert.</li> </ul>	
	Evenwicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een ecosysteem kan in meer evenwichtssituaties verkeren en van de ene evenwichtssituatie overgaan in de andere, via een periode waarin het ecosysteem niet in evenwicht is (chaos of chaotisch regime).</li> </ul>	
Aarde	Duurzame ontwikkeling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triple P: People - Planet - Prosperity;</li> <li>• De relatie tussen draagkracht van ecosystemen en duurzame ontwikkeling;</li> <li>• Milieuproblemen door menselijke activiteit en mogelijke oplossingen daarvoor;</li> <li>• Natuurbeheer en natuurbehoud.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 56 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58 & 59

### Domein 3: interactie

Biologische eenheden worden beïnvloed door hun omgeving, die zowel biotisch als abiotisch van aard kan zijn. Op deze beïnvloeding kunnen de biologische eenheden reageren door zich aan te passen, zich te verplaatsen of andere reacties te vertonen. Omgekeerd hebben biologische eenheden ook invloed op hun biotische en abiotische omgeving.

#### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Beargumenteren dat een biologische eenheid, van welk organisatieniveau dan ook, voortdurend in interactie is met de omgeving, waaronder andere biologische eenheden van hetzelfde organisatieniveau;
- Redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een biologische eenheid zijn voor die biologische eenheid en voor de hogere en lagere organisatieniveaus;
- Voor veranderingen van biologische eenheden een multicausale verklaring noemen;
- De complexiteit van relaties in en tussen biologische eenheden en van biologische eenheden met hun abiotisch milieu beschrijven.

Organisatieniveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Molecuul	Genexpressie	<ul style="list-style-type: none"><li>• De relatie tussen DNA en mRNA;</li><li>• Het proces van genexpressie tot en met eiwitsynthese;</li><li>• Genen komen afhankelijk van de omstandigheden tot expressie;</li><li>• Genexpressie is een dynamisch proces, dat geregeld wordt door verschillende factoren, waaronder epigenetische;</li><li>• Genexpressie resulteert in relaties binnen en tussen organisatieniveaus;</li><li>• De samenhang tussen genexpressie en het functioneren van een organisme.</li></ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 17, 18 & 20 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 14 & 16
Cel	Celcommunicatie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cellen communiceren met elkaar over korte en lange afstand via zenuwcellen en hormonen;</li><li>• Cellen ontvangen en verwerken signalen, reageren op signalen en relateren processen aan elkaar;</li><li>• Signalen leiden tot activiteit in het cytoplasma of tot genexpressie;</li><li>• In de verschillende fasen van de celcyclus staan verschillende stofwisselingsactiviteiten centraal;</li><li>• Celcommunicatie brengt effecten op andere organisatieniveaus teweeg.</li></ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 11 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 7

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Orgaansysteem	Zintuig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van zintuigen van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zintuigstelsel;</li> <li>• De relatie tussen het gebruik van zintuigen en het functioneren van een organisme;</li> <li>• De relaties tussen het zintuigstelsel en de spier-, zenuw- en hormoonstelsels.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 46
	Zenuwstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van het zenuwstelsel van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zenuwstelsel;</li> <li>• De relaties tussen het zenuwstelsel en de spier-, zintuig- en hormoonstelsels;</li> <li>• De verbanden tussen het functioneren van organen/ orgaansystemen van een organisme en de werking van het zenuwstelsel.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 48 & 49 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 45 & 47
	Hormoonhuishouding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De manieren waarop hormonen reacties tot stand kunnen brengen bij doelorganen;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het hormoonstelsel;</li> <li>• De werking van specifieke hormoonklieren, de hormonen die zij afscheiden en de reacties van de doelorganen op die hormonen;</li> <li>• De relatie van het hormoonstelsel met de zintuig-, spier- en zenuwstelsels;</li> <li>• Het verband tussen de productie van specifieke hormonen en het functioneren van een organisme (dier, plant).</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 39 & 45 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 37 & 41
Organisme	Gedrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proximale en ultieme verklaringen van gedrag met daaraan gekoppeld de vier vragen van Tinbergen;</li> <li>• Gedrag komt door interne en externe factoren tot stand;</li> <li>• Gedrag komt deels onder invloed van erfelijke factoren tot stand;</li> <li>• Gedrag is het resultaat van een dynamische relatie tussen het organisme en zijn omgeving;</li> <li>• Ethogram en protocol als instrumenten om in gedragsonderzoek geobserveerd gedrag vast te leggen;</li> <li>• Gedragsonderzoek kent toepassingen in diverse contexten.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 51 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 53
	Interactie met (a-) biotische factoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voedselrelaties tussen organismen;</li> <li>• Biotische en abiotische factoren die van invloed zijn op het gedrag en het functioneren van organismen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 51 & 52 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 53 & 54

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Populatie	Dynamiek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotische en abiotische interacties die van invloed zijn op de grootte van populaties;</li> <li>• Immigratie, emigratie en metapopulatie;</li> <li>• Sterftecijfer en geboortecijfer;</li> <li>• Exponentiële groei, logistische groei &amp; draagkracht.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 53 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 55
Ecosysteem	Voedselrelaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een voedselketen toont de relaties tussen trofische niveaus;</li> <li>• In een voedselweb zijn meerdere voedselketens te onderscheiden;</li> <li>• Accumulatie van toxische stoffen in een voedselketen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 54 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 57

#### Domein 4: reproductie

Biologische eenheden repliceren zich. Daarbij ontstaat een eenheid die op dezelfde wijze georganiseerd is als de oorspronkelijke eenheid. DNA kan repliceren. Een cel kan zich repliceren. Meercellige organismen kunnen via voortplanting (geslachtelijk of ongeslachtelijk) nieuwe biologische eenheden voortbrengen.

#### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Verbanden leggen tussen replicatie op de verschillende organisatieniveaus;
- Beargumenteren dat fouten of ingrepen die plaatsvinden bij replicatie op moleculair of celniveau, gevolgen kunnen hebben voor het functioneren van het organisme;
- Op basis van zijn of haar identiteitsontwikkeling bewust een eigen (ethische) positie innemen en verantwoorden in kwesties als relationele en seksuele ontwikkeling, gebruik van voorbehoedsmiddelen, prenatale diagnostiek en abortus;
- Een eigen, duidelijke set normen en waarden hanteren op het gebied van relaties en seksualiteit;
- Op basis van kennis, zelfvertrouwen en moreel gezag met leerlingen discussiëren over de betekenis van seksualiteit, erfelijkheid en voortplanting voor de mens.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Orgaansysteem	DNA-replicatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van zintuigen van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zintuigstelsel;</li> <li>• De relatie tussen het gebruik van zintuigen en het functioneren van een organisme;</li> <li>• De relaties tussen het zintuigstelsel en de spier-, zenuw- en hormoonstelsels.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 46
Cel	Celcyclus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van het zenuwstelsel van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zenuwstelsel;</li> <li>• De relaties tussen het zenuwstelsel en de spier-, zintuig- en hormoonstelsels;</li> <li>• De verbanden tussen het functioneren van organen/ orgaansystemen van een organisme en de werking van het zenuwstelsel.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 48 & 49 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 45 & 47
Organisme	Voortplanting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschillen tussen geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting en het effect van beide op de genetische variatie;</li> <li>• Bouw, vorming, ontwikkeling en functie van gameten en de zygote;</li> <li>• Mitose en meiose tijdens de levenscyclus van zoogdieren;</li> <li>• Bouw en werking van de voortplantingsorganen van zoogdieren en de functie van hormonen daarbij;</li> <li>• Mitose en meiose tijdens de levenscyclus van zaadplanten;</li> <li>• Technieken waarmee wordt ingegrepen in de reproductie en levenscyclus van mens, dier en plant en de normatieve keuzen die gemaakt moeten worden bij toepassing van deze technieken.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 30, 38 & 46 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 29, 38 & 43



Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
	Erfelijkheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De relatie tussen DNA en genotype inclusief de begrippen gen en allel;</li> <li>• De relatie tussen genexpressie, eiwitten en fenotype;</li> <li>• Een fenotype komt tot stand door genotype, milieu-factoren en epigenetische factoren;</li> <li>• Autosomen en geslachtschromosomen verschillen in die zin dat geslachtschromosomen betrokken zijn bij de totstandkoming van het geslacht van de nakomelingen;</li> <li>• Kansberekening van genotypen en fenotypen bij monohybride en dihybride kruisingen, zowel voor onafhankelijke als gekoppelde overerving, voor autosomale en X-chromosomale genen, zo nodig met gebruikmaking van stambomen;</li> <li>• Incomplete dominantie, codominantie, multi-pele allelen, pleiotropie, epistase en polygenie als mechanismen voor overerving van eigenschappen die niet (geheel en al) volgens de wetten van Mendel verlopen;</li> <li>• (Biologische) argumenten voor het ingrijpen van de mens in de erfelijkheid van mens, dier en plant om de kwaliteit van nakomelingen te bevorderen en de ethische aspecten daarvan.</li> </ul>	<p><i>Biology</i> hoofdstuk 13 t/m 17  <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 11 t/m 15</p>
	Seksualiteit en relaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De seksuele en relationele ontwikkeling van jongeren;</li> <li>• Aandachtspunten ten aanzien van seksuele en reproductieve gezondheid;</li> <li>• Middelen voor geboortebeperving en bescherming tegen SOA's;</li> <li>• Verklaringen voor risicogedrag op seksueel en relationeel gebied;</li> <li>• De rol van de media en andere sociale beïnvloedingsprocessen bij jongeren ten aanzien van seksualiteit;</li> <li>• Hulpverleningsmogelijkheden bij problemen op seksueel en relationeel gebied.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noem drie optimaal beschermende maatregelen die een meisje kan nemen ter preventie van een SOA;</li> <li>• Wat zijn de mogelijke effecten van een chlamydia infectie bij een man op de kansen van een vrouw om zwanger te worden;</li> </ul> <p><i>Biology</i> hoofdstuk 46 richt zich op de biologische aspecten van voortplanting en biedt zeer beperkte informatie die gebruikt kan worden als niveau-aanduiding bij dit concept.</p> <p>Een betere niveauaanduiding is dat de schoolvakbekwame docent gebruik kan maken van materialen die, bijvoorbeeld, de Rutgers Nisso Groep ter beschikking stelt <sup>6</sup>.</p>

6. Zie: [www.seksuelevorming.nl](http://www.seksuelevorming.nl)

## Domein 5: evolutie

Biologische eenheden zijn op alle organisatieniveaus met elkaar in interactie, beïnvloed door biotische en abiotische factoren. Daarbij is er competitie om onder andere ruimte, licht en/of voedsel. De kans om te overleven en nakomelingen te krijgen is het grootste voor biologische eenheden die het beste passen bij de omstandigheden, die de omstandigheden kunnen aanpassen of die de beste omstandigheden kunnen opzoeken. Evolutie laat zien hoe competitie, adaptatie en selectiedruk, mutatie en recombinatie hebben geleid tot de nu aanwezige biodiversiteit.

### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Toelichten hoe diversiteit van leven (volgens de evolutietheorie) ontstaan is;
- Toelichten dat het overeenkomstige systeem van erfelijke informatie van organismen opgevat wordt als een natuurwetenschappelijk argument voor een gemeenschappelijke oorsprong en verwantschap van al het leven;
- Redeneringen hanteren over de rol van adaptaties in biologische eenheden;
- Met voorbeelden uitleggen dat zowel een bepaalde identieke vorm als een bepaalde identieke functionaliteit bij verschillende taxa langs verschillende wegen tot stand kan komen;
- Toelichten hoe in de 19<sup>e</sup> eeuw de evolutietheorie tot stand is gekomen en wie daarbij de hoofdrolspelers waren;
- Persoonlijke standpunten over de evolutietheorie scheiden van het gebruik van de evolutietheorie als centraal paradigma in de moderne biologie.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Molecuul	Mutatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oorzaken en gevolgen van mutaties in het DNA;</li> <li>• Puntmutaties beïnvloeden de bouw van een eiwit en daarmee de bouw en het functioneren van het organisme;</li> <li>• Via DNA- en/of RNA-analyse kan op basis van het voorkomen van mutaties de mate van fylogenetische verwantschap tussen organismen worden bepaald.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 46
	Recombinatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De fasen van meiose;</li> <li>• De unieke combinatie van genen van een individu komt tot stand door recombinatie, zowel door hergroepering van chromosomen als ten gevolge van crossing-over tijdens meiose;</li> <li>• Epigenetische mechanismen spelen een rol bij de recombinatie van genen;</li> <li>• Wenselijke genencombinaties kunnen met behulp van biotechnologische technieken samengesteld worden.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 13, 15 & 21 <i>Life - The Science of Biology</i> part 5

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Organisme	Fossiel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fossielen zijn de versteende resten van organismen en worden gevonden in afzettingsgesteenten;</li> <li>De fylogenetische relatie tussen fossielen en thans levende organismen wordt in stambomen weergegeven;</li> <li>De geologische tijdschaal is gebaseerd op het voorkomen van gidsfossielen, in de praktijk zijn dit vaak microfossielen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 25 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 25
Populatie	Genetische variatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>In een populatie zit altijd een zekere genetische variatie;</li> <li>De genenpool binnen een populatie kan door veranderende omstandigheden van samenstelling veranderen;</li> <li>De frequenties van de genotypen in een populatie, die zich in een Hardy-Weinberg evenwicht bevindt, kunnen berekend worden;</li> <li>De betekenis van een afwijking van het verwachte Hardy-Weinberg evenwicht kan geduïd worden (dan is er sprake van evolutie).</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 13 & 23 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
	Natuurlijke selectie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Natuurlijke selectie, en seksuele selectie, is de belangrijkste drijvende kracht achter evolutionaire processen;</li> <li>Overeenkomsten en verschillen tussen natuurlijke en kunstmatige selectie;</li> <li>'Life-history theory' en variatie in 'life-history traits'.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 23 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 21
	Soortvorming	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nieuwe soorten ontstaan met name door natuurlijke selectie;</li> <li>Reproductieve isolatie kan leiden tot soortvorming;</li> <li>Adaptatie van populaties is een ander proces dan adaptatie van individuen;</li> <li>Co-evolutie.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 24 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
Aarde	Biodiversiteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Versillen in biodiversiteit tussen levensgemeenschappen kunnen verklaard worden met behulp van natuurlijke selectie;</li> <li>Het klimaat heeft invloed op de biodiversiteit;</li> <li>De mens heeft invloed op de biodiversiteit.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 56 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58 & 59
	Ontstaan van het leven	<ul style="list-style-type: none"> <li>De chemische evolutie stond aan de basis van het ontstaan van leven;</li> <li>Het belang van het ontstaan van de atmosfeer voor het ontstaan van het leven;</li> <li>De eukaryote cel is ontstaan door endosymbiose.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 22 & 28 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 21 & 27

## Kennis van aanpalende vakken

	De schoolvakbekwame leraar beheerst de volgende kennis uit aanpalende vakken:
Scheikunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basisbegrippen die in de scheikunde gebruikt worden (molecuul, atoom, verbinding, chemische reactie, chemische binding; ion; zout, zuur);</li> <li>• De begrippen oplossen, concentratie en dichtheid;</li> <li>• Verschillende eenheden voor gehalte zoals: massapercentage, volumepercentage, ppm, g·L<sup>-1</sup>, mol·L<sup>-1</sup>;</li> <li>• Factoren die van invloed zijn op evenwichtsreacties;</li> <li>• Bijzondere eigenschappen van water;</li> <li>• Polariteit (polair/apolair) en eigenschappen (hydrofoob/hydrofiel) van stoffen;</li> <li>• Het onderscheid tussen covalente binding en ionbinding en tussen polaire en apolaire bindingen, het begrip waterstofbrug;</li> <li>• Peptidegroep, peptidebinding;</li> <li>• Namen en formules van stoffen die in veel biologische processen een belangrijke rol spelen, zoals water, koolstofdioxide, methaan, stikstof, ammoniak, nitraat, nitriet, fosfaat;</li> <li>• De begrippen koolwaterstoffen, alcoholen en carbonzuren;</li> <li>• De begrippen: eiwitten, aminozuren, vetten, glycerol, verzadigde en onverzadigde vetzuren, ethanol, koolhydraten: mono-, di- en polysachariden;</li> <li>• Zetmeel, glycogeen, cellulose, eiwitten en nucleïnezuren zijn condensatiepolymeren.</li> </ul>
Natuurkunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massa en gewicht;</li> <li>• Kracht;</li> <li>• Molecuul;</li> <li>• Energie, energieomzetting;</li> <li>• Reflectie, breking, lenzen, zien;</li> <li>• Elektriciteit;</li> <li>• Geluidsgolven;</li> <li>• Radioactieve isotopen en ioniserende straling, halveringstijd, elektromagnetisch spectrum;</li> <li>• Soortelijke warmte, warmtecapaciteit, verbrandingswarmte.</li> </ul>
Wiskunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kansverdeling, bijvoorbeeld als onderdeel van de Mendelse genetica;</li> <li>• Functiebegrip, bijvoorbeeld de Michaelis-Menten vergelijking voor enzymkinetiek;</li> <li>• Differentiaalvergelijkingen, bijvoorbeeld exponentiële en logistische groei bij populaties.</li> </ul>
Gezondheidszorg en welzijn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschillende interpretaties van het begrip gezondheid;</li> <li>• Het ontstaan van erfelijke, besmettelijke en aangeboren ziekten;</li> <li>• Oorzaken en gevolgen van verstoring van gezondheid;</li> <li>• Mogelijkheden tot voorkomen van verstoring van gezondheid en tot herstel van gezondheid.</li> </ul>
Aardrijkskunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geogenese en geomorfologie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• geologische en geomorfologische verschijnselen en processen in heden en verleden als verklaring voor en onderdeel van natuurlijke systemen;</li> <li>• het ontstaan van de aarde in de huidige vorm vanuit de gedachte dat het heden de sleutel is tot het verleden.</li> </ul> </li> </ul>
Geschiedenis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tijdvak 1: Tijd van jagers en boeren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• De levenswijze van jagerverzamelaars.</li> </ul> </li> </ul>

## 2.2 Beroepskennis

### Domein 1: vakdidactische kennis

De indeling van domein 1 is geïnspireerd op de indeling van het *International Handbook of Science Education*<sup>7</sup> en wordt nader uitgewerkt in samenhang met de kennisbases voor de vakken scheikunde, natuurkunde, wiskunde en techniek.

#### 1.1 Biologie leren

- Begripsontwikkeling
- Leerstijlen
- Biologie methodes
- Didactische functie van contexten
- Biologisch onderzoek doen
- Leren van (complexe) vaardigheden
- Modeldenken
- Culturele aspecten
- Kritisch denken

#### 1.2 Het biologie curriculum

- Trends en veranderingen in het biologie curriculum
- Leergebied mens en natuur
- Vakoverstijgende projecten met biologie
- Centrale concepten
- Concept-context benadering
- Het PTA (programma van toetsing en afsluiting)
- Vragen maken voor het biologieonderwijs
- Toetsen maken voor het biologieonderwijs
- Praktische toetsen, vaardigheidstoetsen en toetsen in het veld

#### 1.3 De leeromgeving

- Het theorielokaal
- Het practicumlokaal (inclusief ARBO)
- ICT
- Veldwerk
- Gebruik van publieke faciliteiten zoals:
  - Waterzuivering
  - Kinderboerderij
  - Dierentuin
- Werkplekkenstructuur

7. Fraser, B. J. and Tobin, K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

## Domein 2: kennis over biologische kennis

Afgestudeerde, schoolvakbekwame leraren combineren vakmanschap met meesterschap.

Bij het vakmanschap hoort de conceptuele kennis van het schoolvak, die in paragraaf 2.1 van deze kennisbasis is uitgewerkt. Bij het verwerven van deze conceptuele kennis dient de student ook een beeld te krijgen van de manieren waarop biologische kennis tot stand komt en van de historische en huidige ontwikkeling van de biologie als wetenschap. Het is niet de bedoeling dat de student zich tot in detail verdiept in de geschiedenis van de natuurwetenschappen, wetenschapsfilosofie en epistemologie. Als gewenste niveau-aanduiding fungeert hoofdstuk 1 van zowel *Biology als Life - The Science of Biology*, met inbegrip van daar gehanteerde termen en hun definities. "Kennis over biologische kennis" wordt in onderstaande tabel uitgewerkt volgens drie methoden van biologisch onderzoek.

De schoolvakbekwame leraar kent drie methoden voor natuurwetenschappelijk onderzoek		
Methoden	Hij of zij onderscheidt daarbij dat:	Hij of zij kan of weet:
Ontdekkend empirisch onderzoek (Discovery Science)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het doel van beschrijvend onderzoek is het doen van zo objectief mogelijke waarnemingen over de levende natuur.</li> <li>• Resultaten van beschrijvend onderzoek worden zo objectief mogelijk vastgelegd door middel van o.a. beschrijvingen, tekeningen, foto's en filmbeelden.</li> <li>• Voor de 19<sup>e</sup> eeuw was bijna al het (biologisch) onderzoek beschrijvend van karakter;</li> <li>• De vooruitgang in de natuurwetenschappen is in hoge mate bepaald door het wereldbeeld van de grondleggers en beoefenaars.</li> <li>• Rond 1800 wordt biologie als een zelfstandige wetenschap beschouwd.</li> <li>• Binnen de biologie ontstaan in de 20<sup>e</sup> eeuw afzonderlijke disciplines, zoals celbiologie en ecologie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aangeven welke onderzoekstechniek past bij de verschillende specialisaties binnen de biologie;</li> <li>• Enkele veelgebruikte onderzoekstechnieken noemen en kunnen toepassen;</li> <li>• Een beeld geven van de ontwikkelingen in de natuurwetenschappen van de klassieke oudheid tot de Verlichting;</li> <li>• De historische ontwikkeling beschrijven van systeemconcepten zoals interactie, reproductie en evolutie.</li> </ul>
Toetsend empirisch onderzoek (Hypothesis-based science)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische kennis wordt op een systematische wijze volgens de empirische cyclus verworven;</li> <li>• Er wordt uitgegaan van een onderzoeksvraag en een hypothese;</li> <li>• Er wordt getracht slechts één variabele tegelijkertijd te laten variëren;</li> <li>• Doel van empirisch onderzoek is het falsificeren of verifiëren van de hypothese die getoetst wordt;</li> <li>• Er bestaat een enorme verscheidenheid aan technieken die bij natuurwetenschappelijk onderzoek gebruikt kunnen worden.</li> <li>• Bij het uitvoeren van onderzoek volgens de natuurwetenschappelijke methode is kennis van algemene biologische technieken nodig en vaardigheid in het toepassen daarvan.</li> <li>• Resultaten worden gepubliceerd volgens een algemeen gebruikt model van verslaglegging.</li> <li>• Bij een projectmatig onderzoek kan ook een procesverslag worden geschreven.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De juiste volgorde aangeven van de fasen in de empirische cyclus;</li> <li>• De redenen uitleggen voor het gebruik van modelorganismen, zoals <i>C. elegans</i> en <i>D. melanogaster</i>;</li> <li>• Motiveren waarom het soms onvermijdelijk is proefdieren te gebruiken;</li> <li>• Onderscheid maken tussen een labjournaal, een onderzoeksverslag en een procesverslag.</li> </ul>
Systeembiologie (Systems biology)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De essentie van systeembio is kwantitatief achterhalen hoe moleculen, cellen, organellen, organen en organismen, populaties en ecosystemen in tijd en ruimte samenwerken om biologische processen te laten verlopen.</li> <li>• Deze aanpak betekent een methodologische doorbraak omdat er van een holistische benadering wordt uitgegaan. Dit in tegenstelling tot de reductionistische benadering, die gebruikelijk is in de natuurwetenschappen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leerlingen uitleggen wat de essentie van het verschil is tussen systeembio en empirisch onderzoek;</li> <li>• Termen als genomics en metabonomics duiden en het belang daarvan benoemen voor bijvoorbeeld farmaceutisch onderzoek;</li> <li>• Uitleggen waarom een systeem meer is dan de som van de afzonderlijk te bestuderen delen.</li> </ul>

## Domein 3: biologische kennis in voor leerlingen relevante contexten

De kennisbasis voor dit domein kan als volgt verwoord worden:

### 1: De schoolvakbekwame leraar heeft kennis van voor leerlingen relevante contexten waarin de onder paragraaf 2.1 genoemde concepten uitgewerkt kunnen worden.

Het is belangrijk dat de schoolvakbekwame leraar weet welke contexten voor leerlingen relevant zijn en welke concepten binnen een context uitgewerkt kunnen worden. Door de CVBO worden drie categorieën contexten onderscheiden: leefwereld-, beroeps- en wetenschappelijke contexten. Een lerarenopleiding op hbo-Bachelor niveau leidt op voor een tweedegraads bevoegdheid, waarmee in de gehele onderbouw van het voortgezet onderwijs, de bovenbouw van het vmbo en het bve-velde lesgegeven mag worden. Voor deze leerlingenpopulatie zijn vooral de leefwereld- en beroepscontext van belang, zoals is aangegeven in de tabel op pagina 32, overgenomen van pagina 25 van de leerlijn biologie van 4-18 jaar.

De CVBO geeft de volgende richtlijnen voor de keuze van contexten:

- De leefwereldcontexten moeten contexten zijn waar leerlingen aan deelnemen, of waarop zij zich binnen afzienbare tijd oriënteren of op deelname voorbereiden;
- De beroepscontexten (en wetenschappelijke contexten) moeten gezamenlijk representatief zijn voor de contexten waarin zij in het aansluitende vervolgonderwijs voor kunnen worden opgeleid;
- In de contexten moeten één of meer van de voor de betreffende groep leerlingen geselecteerde biologische concepten kunnen worden uitgewerkt;
- Voorbeelden van contexten bevinden zich bij voorkeur dicht bij de school, zodat een regionale verankering mogelijk wordt;
- De contexten zijn zodanig te didactiseren dat de beoogde doelstellingen realiseerbaar zijn.

### 2: Het (her)kennen van criteria voor de keuze van contexten behoort tot de kennisbasis van de schoolvakbekwame biologieleeraar.

De uitwerking van domein 3 is vooral een opdracht voor materiaalontwikkelaars van de afzonderlijke lerarenopleidingen biologie. Zowel in de uitwerking van de vakinhoudelijke kennisbasis (kolom 3 van het 9-velden model) als in de vakdidactiek (kolom 2; Kennis van leren en onderwijzen) kunnen studenten zich het werken vanuit contexten eigen maken. Daarvoor zal een aanbod ontwikkeld moeten worden. Een eerste aanbod van door BOS-scholen ontwikkeld materiaal wordt momenteel door de CVBO aangeboden voor de verschillende vormen van voortgezet onderwijs (zie: <http://www.nibi.nl/articles/view/94>). Het ligt voor de hand dat studenten hiermee leren werken en hieraan wellicht ook bijdragen gaan leveren.

**Tabel 4.1**

**Typen contexten die van belang zijn voor leerlingen in de verschillende segmenten van de onderwijskolom.**

	Basis- onderwijs	Onderbouw vmbo	Onderbouw havo/vwo	Bovenbouw vmbo	Bovenbouw havo	Bovenbouw vwo
Leefwereldcontexten	X	X	X	X	X	X
Beroepscontexten						
• toepassingscontexten	0	0	0	X	X	x
• technologische contexten		0	0	x	X	X
Wetenschappelijke Contexten						
• toegepast wetenschappelijke contexten			0		x	X
• fundamenteel wetenschappelijke contexten			0			X

0 = een eerste oriëntatie, minder prioriteit

X = nadruk op deze contexten, noodzakelijk in leefwereld of bij vervolgopleiding

x = minder nadruk op deze contexten, minder noodzakelijk bij vervolgopleiding

## 2.3 Vaardigheden

Het vaardigheidendomein van de kennisbasis noemt de vaardigheden die essentieel zijn om te werken met de concepten die in paragraaf 2.1 zijn genoemd. Dit zijn generieke vakvaardigheden. Of, wanneer we aanhaken bij de Angelsaksische literatuur<sup>8</sup>, “procedural knowledge”. Het begrip “procedural knowledge” wordt daar naast het begrip “conceptual knowledge” geplaatst vanuit de idee dat alleen de combinatie van beide tot afgeronde kennis leidt. Een schoolvakbekwame leraar zal, zo redenerend, over conceptuele en procedurele kennis moeten beschikken om als vakbekwaam gekarakteriseerd te kunnen worden. In de onderstaande opsomming worden algemeen natuurwetenschappelijke vaardigheden onderscheiden die ook van belang zijn voor aanpalende vakken zoals natuurkunde en scheikunde, en biologische vakvaardigheden die alleen van belang zijn voor een leraar biologie.

8. Zie onder andere: Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9 (2), 207-249.

Roberts, R. & Gott, R. (2000). Procedural understanding in biology: how is it characterised in texts? *School Science Review* 82 (298), 83-91.



## Domein 1: natuurwetenschappelijke vaardigheden

### De schoolvakbekwame leraar kan een:

1. Vraagstelling in een specifieke context analyseren, gebruikmakend van relevante begrippen en theorie, deze vertalen in een te operationaliseren onderzoeksvraag, dat onderzoek uitvoeren en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken;
2. Consistente redenering opzetten van zowel inductief als deductief karakter met gegevens van natuurwetenschappelijke aard;
3. Beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten en persoonlijke uitgangspunten;
4. Aantal voor het vak relevante rekenkundige en wiskundige bewerkingen correct en geroutineerd toepassen.

## Domein 2: biologische vakvaardigheden

### De schoolvakbekwame leraar kan:

1. Gevoelens en betekenissen duidelijk maken die bij hem of haar worden opgeroepen tijdens het omgaan met biologische eenheden en aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen die leerlingen daarbij uiten;
2. Een keuze maken of een standpunt bepalen ten aanzien van met biologische kennis verworven mogelijkheden op basis van afweging en de daarmee samenhangende maatschappelijke en ethische consequenties;
3. Op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen;
4. Vakspecifieke taal en terminologie lezen, interpreteren en produceren, inclusief de daarbij inbegrepen formuletaal, conventies en notaties;
5. Redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom;
6. Redeneringen hanteren over de gevolgen van interne of externe veranderingen voor een levensgemeenschap of ecosysteem;
7. Redeneringen hanteren over de adaptieve voordelen van veranderingen die zich in de loop van de tijd hebben voorgedaan;
8. Onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zich in stand houden en ontwikkelen.

## BIJLAGE 1 - INHOUDSOPGAVE VAN DE 8<sup>E</sup> EDITIE VAN *BIOLOGY* (CAMPBELL & REECE, 2008)

### 1. INTRODUCTION: Themes in the Study of Life

#### Unit One: The Chemistry of Life

2. The Chemical Context of Life
3. Water and the Fitness of the Environment
4. Carbon and the Molecular Diversity of Life
5. The Structure and Function of Large Biological Molecules

#### Unit Two: The Cell

6. A Tour of the Cell
7. Membrane Structure and Function
8. An Introduction to Metabolism
9. Cellular Respiration: Harvesting Chemical Energy
10. Photosynthesis
11. Cell Communication
12. The Cell Cycle

#### Unit Three: Genetics

13. Meiosis and Sexual Life Cycles
14. Mendel and the Gene Idea
15. The Chromosomal Basis of Inheritance
16. The Molecular Basis of Inheritance
17. From Gene to Protein
18. Control of Gene Expression
19. Viruses
20. Biotechnology
21. Genomes and Their Evolution

#### Unit Four: Mechanisms of Evolution

22. Descent with Modification:  
A Darwinian View of Life
23. The Evolution of Populations
24. The Origin of Species
25. The History of Life on Earth

#### Unit Five: The Evolutionary History of Biological Diversity

26. Phylogeny and the Tree of Life
27. Bacteria and Archaea
28. Protists
29. Plant Diversity I: How Plants Colonized Land
30. Plant Diversity II: The Evolution of Seed Plants
31. Fungi

### 32. An Introduction to Animal Diversity

33. Invertebrates
34. Vertebrates

#### Unit Six: Plant Form and Function

35. Plant Structure, Growth, and Development
36. Transport in Vascular Plants
37. Soil and Plant Nutrition
38. Angiosperm Reproduction and Biotechnology
39. Plant Responses to Internal and External Signals

#### Unit Seven: Animal Form and Function

40. Basic Principles of Animal Form and Function
41. Animal Nutrition
42. Circulation and Gas Exchange
43. The Immune System
44. Osmoregulation and Excretion
45. Hormones and the Endocrine System
46. Animal Reproduction
47. Animal Development
48. Neurons, Synapses, and Signaling
49. Nervous Systems
50. Sensory and Motor Mechanisms
51. Animal Behavior

#### Unit Eight: Ecology

52. An Introduction to Ecology and the Biosphere
53. Population Ecology
54. Community Ecology
55. Ecosystems
56. Conservation Biology and Restoration Ecology

## BIJLAGE 2 - INHOUDSOPGAVE: 9<sup>E</sup> EDITIE VAN *LIFE - THE SCIENCE OF BIOLOGY* (SADAVA, HILLIS, HELLER & BERENBAUM, 2009)

### Part One: The Science of Life and Its Chemical Basis

1. Studying Life
2. Small Molecules and the Chemistry of Life
3. Proteins, Carbohydrates, and Lipids
4. Nucleic Acids and the Origin of Life

### Part Two: Cells

5. Cells: The Working Units of Life
6. Cell Membranes
7. Cell Signaling and Communication

### Part Three: Cells and Energy

8. Energy, Enzymes, and Metabolism
9. Pathways that Harvest Chemical Energy
10. Photosynthesis: Energy from Sunlight

### Part Four: Genes and Heredity

11. The Cell Cycle and Cell Division
12. Inheritance, Genes, and Chromosomes
13. DNA and Its Role in Heredity
14. From DNA to Protein: Gene Expression
15. Gene Mutation and Molecular Medicine
16. Regulation of Gene Expression

### Part Five: Genomes

17. Genomes
18. Biotechnology
19. Differential Gene Expression in Development
20. Development and Evolutionary Change

### Part Six: The Patterns and Processes of Evolution

21. Evidence and Mechanisms of Evolution
22. Reconstructing and Using Phylogenies
23. Species and Their Formation
24. Evolution of Genes and Genomes
25. The History of Life on Earth

### Part Seven: The Evolution of Diversity

26. Bacteria and Archaea: The Prokaryotic Domains
27. The Origin and Diversification of Eukaryotes
28. Plants without Seeds: From Water to Land
29. The Evolution of Seed Plants
30. Fungi: Recyclers, Pathogens, Parasites, and Plant Partners

31. Animal Origins and the Evolution of Body Plans
32. Protostome Animals
33. Deuterostome Animals

### Part Eight: Flowering Plants: Form and Function

34. The Plant Body
35. Transport in Plants
36. Plant Nutrition
37. Regulation of Plant Growth
38. Reproduction in Flowering Plants
39. Plant Responses to Environmental Challenges

### Part Nine: Animals: Form and Function

40. Physiology, Homeostasis, and Temperature Regulation
41. Animal Hormones
42. Immunology: Animal Defense Systems
43. Animal Reproduction
44. Animal Development
45. Neurons and Nervous Systems
46. Sensory Systems
47. The Mammalian Nervous System: Structure and Higher Function
48. Musculoskeletal Systems
49. Gas Exchange
50. Circulatory Systems
51. Nutrition, Digestion, and Absorption
52. Salt and Water Balance and Nitrogen Excretion
53. Animal Behavior

### Part Ten: Ecology

54. Ecology and the Distribution of Life
55. Population Ecology
56. Interaction Ecology
57. Community Ecology
58. Ecosystems and Global Ecology
59. Conservation Biology

## Samenstelling redactie en legitimeringspanel

Over deze kennisbasis hebben acht lerarenopleidingen meegepraat die in het Centraal Register Opleidingen Hoger Onderwijs (CROHO) onder nummer 35301 geregistreerd zijn. Van ieder van deze acht opleidingen kwam de inbreng van de direct verantwoordelijke voor de opleiding.

### Redactieteam:

René Almekinders (Christelijke Hogeschool Windesheim)

Gertjan Martens (Hogeschool van Amsterdam)

Kitty Walravens (Fontys lerarenopleiding Tilburg)

Wieneke Lutgerhorst (Hogeschool Rotterdam)

Jeroen den Hertog (Hogeschool Utrecht)

Jaap van der Veen (Hogeschool Arnhem/Nijmegen)

### Legitimeringspanel

Marcel Kamp (voorzitter vereniging didactiek van de biologie)

Prof. Dr. Kerst Boersma (vakdidacticus biologie; voorzitter CVBO)

Leen van den Oever (directeur Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI))

Jos van Koppen (sectievoorzitter Biologie, NVON)

Agnes van Diermen (docent)

Floor Vercauteren (docent; LWOO coördinator)

André Wubben (docent; sectie coördinator)

Joanne Kistemaker (docent LWOO)

Gijs van Andel (docent)

## Dankwoord

Deze kennisbasis is gelegitimeerd in twee rondes. De eerste ronde kreeg al snel het karakter van een veldraadpleging, waarbij recent afgestudeerde collega's die inmiddels ervaring hebben in het onderwijsveld, academici en vertegenwoordigers van de beroepsverenigingen NVON en NIBI ons voorzagen van waardevolle aanwijzingen. Wij willen hen daarvoor danken.

Deze aanwijzingen zijn verwerkt in de nu voorliggende kennisbasis en deze is op 15 oktober 2009 opnieuw gelegitimeerd. Tijdens die legitimering werden nog enkele aanbevelingen gedaan en spreekwoordelijke punten op de "i" gezet. Ook dit is verwerkt. Hierna heeft prof. dr. Boersma de resulterende kennisbasis nogmaals kritisch doorgelezen en voorzien van commentaar. Een aantal formuleringen is dankzij zijn kritische blik verder aangescherpt. De vakredactie kennisbasis biologie is dhr. Boersma daarvoor dankbaar.

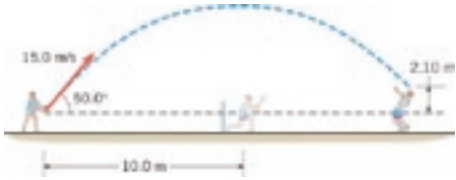
# 3. Kennisbasis Natuurkunde



## Inleiding

Voor de kennisbasis natuurkunde geldt dat de onderdelen “experimenteel werk” en “contexten”, die bij elk domein genoemd worden, zijn ingevuld met slechts enkele voorbeelden. Het redactieteam wil hiermee alleen benadrukken dat zowel experimenteel werk als toepassingen en contexten belangrijk zijn. De keuze voor specifieke experimenten en contexten kan veel breder zijn dan wat in de kennisbasis is omschreven.

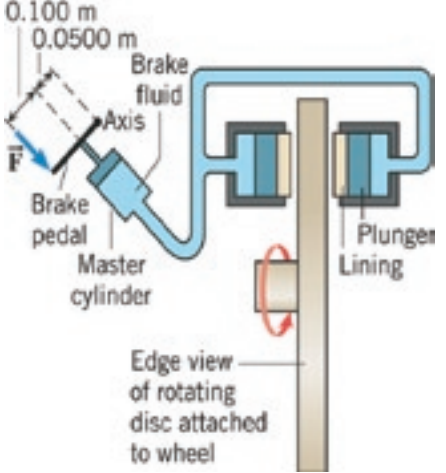
In domein 10 (Toegepaste natuurkunde) worden enkele onderwerpen genoemd die ook als contexten van andere domeinen kunnen dienen (bijv. weerkunde bij warmte en gassen). Volgens de redactiecommissie zijn deze onderwerpen dermate van belang dat het goed is om Toegepaste natuurkunde als apart domein te handhaven. Wel moet duidelijk zijn dat de genoemde onderwerpen slechts keuzen zijn en dat er andere geschikte onderwerpen denkbaar zijn (bijv. geofysica).

## Domein 1. Krachten en bewegingen

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Bewegingen	Gemiddelde en momentane snelheden en versnellingen (in 1 en 2 dimensies); hoek- en baansnelheid en versnelling, centripetale versnelling; (harmonische) trilling, kenmerken van een trilling. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties: kogelbanen, satellietbanen, trillingen.	Twee ballen worden verticaal omhoog gegooid; eerst de een en iets later de ander. Is het mogelijk dat beide ballen op HETZELFDE moment DEZELFDE maximale hoogte (hoogste punt) bereiken? Geef een sluitende redenering of berekening.	Bij een tenniswedstrijd is een lob een tactische zet als je tegenstander vlak bij het net staat. Stel je slaat een lobbal met een beginsnelheid van 15 m/s onder een hoek van 50° met de horizontaal. Je tegenstander bevindt zich op 10 m afstand. In de hoop de bal nog te halen, begint hij 0,30 s later van je af, richting achterlijn, te bewegen. Als hij de bal wil raken op het moment dat deze zich precies 2,10 meter hoger bevindt dan deze is weggeslagen, wat is dan de minimale gemiddelde snelheid waarmee hij naar zijn achterlijn moet rennen (of lopen)? 

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
2. Krachten	Aangrijpingspunt, werklijn; krachten optellen; ontbinden van krachten, massa, 3 wetten van Newton; free-body-diagram, zwaartekracht, algemene gravitatiewet, wet van Hooke, vervormingkrachten, wrijvingskrachten, centripetaalkracht, krachtmoment, koppel, evenwichtsvoorwaarden, gedwongen trilling, resonantie, pseudo-krachten; traagheidsmoment; mathematische slinger, fysische slinger. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties: hellend vlak, gewichtloosheid, hefbomen, overbrengingen.	Je kunt een slee duwen of trekken. Er is sprake van wrijving. Als de hoek $\theta$ met het horizontale vlak in beide gevallen gelijk is, is er dan een verschil in trekkracht of duwkracht? Geef een duidelijke uitleg. 	Een truck trekt een aanhanger over een horizontale weg. De massa van de truck is 8,5 ton en van de aanhanger 27 ton. De versnelling bedraagt $0,78 \text{ m/s}^2$ . Luchtweerstand en wrijving zijn verwaarloosbaar. Bereken zowel de kracht (D) die de truck aandrijft als de (span)kracht (T) in de stang tussen truck en aanhanger. 
3. Grootheden en behoudswetten	Arbeid, kinetische energie (lineair), conservatieve kracht, potentiële energie, behoud van mechanische energie, energie van trilling, vermogen; impuls, stoot, massamiddelpunt, botsingen, impulsbehoud (in 1 en 2 dimensies); kinetische energie (circulair), impulsmoment, behoud van impulsmoment (vaste as), precessie.	Een trapezeacrobaat A staat op een platform en zwaait via een rekstok naar beneden. Op het laagste punt laat hij de rekstok los en valt hij in het vangnet. Trapezeacrobaat B laat zich rechtreeks van hetzelfde platform in het vangnet vallen. Welke acrobaat komt met de hoogste snelheid in het vangnet terecht? Geef een duidelijke uitleg.	Een tol is gemaakt om snel rond zijn as te draaien (tollen). Hij wordt aan het draaien gebracht door aan een touwtje te trekken dat om de tol is gewikkeld. 64 cm van het touwtje is er omheen gewikkeld is en de diameter van de tol is 2 cm. Iemand trekt aan het touw en de tol krijgt daardoor een hoekversnelling van $12 \text{ rad/s}^2$ . Wat is de hoeksnelheid van de tol wanneer het touwtje helemaal is afgewonden?
4. Experimenteel werk	Tijdtikker, stroboscoop, diverse weegschalen, Newtonmeters/veerunsters, momentenarm, momentenschijf, katrollen, luchtkussenbaan, valbewegingen en kogelbanen, bepaling van de wrijvingscoëfficiënt, meten aan (tweedimensionale) botsingen, enz. Analyseren van bewegingen met videometingen en meten met de computer. Maken van simulatiemodellen en mathematische modellen met de computer. Proefjes met veren, houtjes/touwtjes, speelgoed en andere alledaagse producten.		
5. Contexten	Relatie met astronomie, fysiologie, ruimtevaart, bouwkunde, werking gereedschap, vervoer en verkeersveiligheid.		

## Domein 2. Vloeistoffen

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Vloeistof in rust	Drukverdeling, wet van Pascal, opwaartse kracht, wet van Archimedes, oppervlaktespanning, capillariteit.	<p>In een bakje dat drijft in schaal met water zit een ijzeren blokje en een houten blokje.</p> <p>a. Het houten blokje wordt uit het drijvende bakje gehaald en naast het bakje in de schaal met water gelegd. Het blijft drijven. Zal het waterniveau in de schaal stijgen, dalen of gelijk blijven? Leg uit.</p> <p>b. Het ijzeren blokje wordt ook uit het bakje gehaald en in de schaal met water gelegd. Het zinkt naar de bodem. Zal het water niveau in de schaal stijgen, dalen of gelijk blijven (t.o.v. A)?</p>	<p>In de figuur zie je een hydraulisch remsysteem. De kracht <math>F</math> is loodrecht op het rempedaal, dat roteert t.o.v. de aangegeven draaias (axis in de figuur). Het rempedaal oefent een kracht uit op de zuiger in de hoofdcilinder (straal = 9,50 mm). De hoofdcilinder is verbonden met de cilinders op de beide remblokjes (straal van elke cilinder = 19 mm). Als kracht <math>F = 9,0</math> N, hoe groot is dan de kracht die elk remblokje uitoefent op de remschijf?</p> 
2. Vloeistof in beweging	Kenmerken van vloeistoffen en stroming, turbulentie, continuïteitsvergelijking, vergelijking van Bernoulli, viscositeit.	Een met topspin geslagen tennisbal daalt achter het net sneller dan een bal die niet spint (roteert). Leg duidelijk uit hoe de bal roteert bij topspin en waarom dit tot gevolg heeft dat de bal sneller daalt.	Een vliegtuig heeft een effectief vleugeloppervlak van $16 \text{ m}^2$ . tijdens een horizontale vlucht bedraagt de lichtsnelheid langs de bovenkant $64 \text{ m/s}$ en langs de onderkant $54 \text{ m/s}$ . Wat is de massa van het vliegtuig?
3. Experimenteel werk	Manometers, windmachine, hydraulica en pneumatiek, bepalen van de viscositeit van een vloeistof. Proefjes met drijvende en ondergedompelde voorwerpen (bijvoorbeeld de wijze van drijven bij balkjes met een vierkante doorsnede van verschillende dichtheden).		
4. Contexten	Relaties met weerkunde, scheepvaart, luchtvaart, fysiologie, geneeskunde, hydraulische techniek.		

## Domein 3. Warmte

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk												
1. Temperatuur	Thermisch evenwicht, O-de-hoofdwet, thermische expansie, gasthermometer, triplepunt, schalen Celsius en Kelvin, diverse thermometers.	Een glazen kwikthermometer wordt in kokend water gehouden. Leg uit waarom het kwikniveau in eerste instantie even daalt.	In een gasthermometer is de druk $5,00 \times 10^3$ Pa bij een temperatuur van $0^\circ\text{C}$ . De druk wordt isochoor verlaagd tot $2,00 \times 10^3$ Pa. Wat wordt dan de temperatuur van de gasthermometer?												
2. Warmte	Relatie tussen warmte en energie, warmtecapaciteit, soortelijke warmte, calorimeter.	Twee objecten zijn gemaakt van hetzelfde materiaal, maar hebben een verschillende massa en een andere temperatuur. De objecten worden met elkaar in warmtecontact gebracht. Welke van de twee zal de grootste temperatuurverandering ondergaan?	Een ideale calorimeter bestaat uit $0,15$ kg aluminium en bevat $0,20$ kg water. In het begin is de temperatuur van de calorimeter met inhoud $18,0^\circ\text{C}$ . Een massa van $0,040$ kg van een onbekend materiaal wordt verwarmd tot $97,0^\circ\text{C}$ . Vervolgens wordt deze massa in de calorimeter gebracht. Na enige tijd is de eindtemperatuur van de calorimeter met water en de onbekende massa $22,0^\circ\text{C}$ . Bereken de soortelijke warmte van de onbekende massa. Neem hierbij aan dat alleen de calorimeter met water en de onbekende massa warmte uitwisselen.												
3. Faseovergangen	Kenmerken faseovergang (macro- en microscopisch); fasediagram: trippelpunt en kritisch punt; damp, koken, relatieve vochtigheid, dauwpunt, hygrometer; bijzondere eigenschappen van water.	Is het mogelijk dat er op een dinsdagnacht dauw ontstaat en niet op een veel koudere maandagnacht? Gebruik hierbij het begrip dauwpunt.	Neem aan dat in je longen de temperatuur $37^\circ\text{C}$ is en de partiele waterdampspanning $5,5 \times 10^3$ Pa. Bereken de relatieve luchtvochtigheid in je longen.												
4. Warmtetransport	Geleiding, wamtegeleidingscoëfficiënt, stroming, straling, wet van Stefan-Boltzmann.	Wat koelt sneller af, een massieve hete kubus of dezelfde kubus maar nu in twee identieke stukken? Bespreek hierbij alle in aanmerking komende warmtetransportprocessen.	De ster Betelgeuze, een superreus, heeft een oppervlaktetemperatuur van ongeveer $2900$ K en het uitgestraalde vermogen is circa $4 \times 10^{30}$ W. Bereken de straal van deze ster onder de aanname dat Betelgeuze een perfecte zwarte straler is.												
5. Gastheorie	Algemene gaswet, kinetische gastheorie: relatie temperatuur en kinetische energie, snelheidsverdeling; diffusie.	De ionosfeer is het buitenste deel van de aardatmosfeer. De dichtheid is met ongeveer $10^{11}$ moleculen/ $\text{m}^3$ extreem laag. De temperatuur van het geïoniseerde gas in de ionosfeer is $1000$ K. Leg uit of een astronaut daar zal verbranden. Is het zinnig te praten over de temperatuur van 1 molecuul?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Vat A</th> <th>Vat B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Druk [Pa]</td> <td><math>5,0 \times 10^6</math></td> <td><math>2,0 \times 10^6</math></td> </tr> <tr> <td>Temperatuur [K]</td> <td>220</td> <td>580</td> </tr> <tr> <td>Volume [<math>\text{m}^3</math>]</td> <td>2,0</td> <td>5,8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Gegeven zijn twee thermisch geïsoleerde vaten A en B, beide gevuld met neongas. De vaten worden met elkaar verbonden, zodat het neongas gaat mengen en de druk in beide vaten gelijk wordt. Neem aan dat er alleen warmte-uitwisseling is tussen het neongas; de vaten zelf houden hun begintemperatuur. Bereken de eindtemperatuur en de einddruk van het neongas.</p>		Vat A	Vat B	Druk [Pa]	$5,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	Temperatuur [K]	220	580	Volume [ $\text{m}^3$ ]	2,0	5,8
	Vat A	Vat B													
Druk [Pa]	$5,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$													
Temperatuur [K]	220	580													
Volume [ $\text{m}^3$ ]	2,0	5,8													

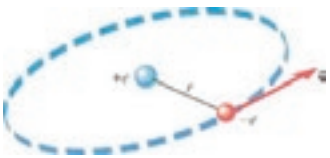
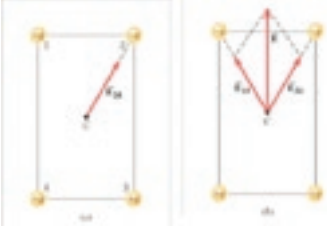
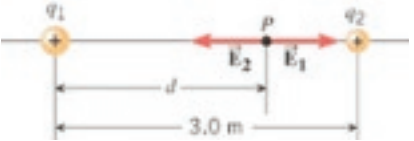


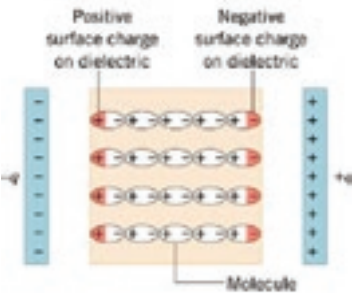
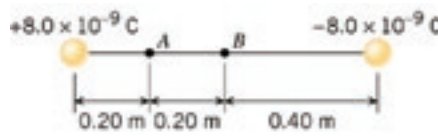
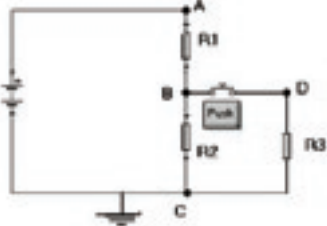
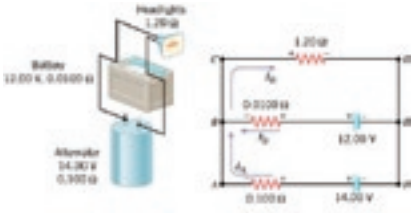
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Thermodynamica	Systeem, omgeving, 1 <sup>e</sup> hoofdwet, inwendige energie; processen: isobaar, isochor, isotherm, adiabatisch, reversibel; PV-diagrammen; inwendige energie en vrijheidsgraden, Cp en Cv voor ideaalgas; warmtemachines, rendement, Carnot-proces; 2e hoofdwet: grenzen aan rendement, entropie, microscopische verklaring.	Is het mogelijk dat de temperatuur van een ideaal gas toeneemt zonder warmtetoever uit de omgeving? Wanneer een ideaal gas warmte opneemt of afstaat, gaat dit dan altijd gepaard met temperatuurveranderingen? Licht je antwoorden toe met een redenering.	Beschouw drie warmtemachines die elk 1650 J aan warmte opnemen uit een warmtereservoir bij een constante temperatuur van 550 K. De drie machines staan ook weer warmte af aan een koudereservoir bij een constante temperatuur van 330 K. Dit gaat als volgt: machine I staat 1120 J af, machine II staat 990 J af en machine III staat 660 J af. Van deze drie machines werkt er een reversibel, de beide anderen werken irreversibel. Eén van de irreversibel werkende machines houdt zich niet aan de tweede wet van de thermodynamica en kan dus niet bestaan.  Welke machine werkt reversibel, welke irreversibel en welke machine kan niet bestaan?
7. Experimenteel werk	Calorimeter. Onderzoek de luchtdruk als functie van de hoogte. Maak een wiskundig model en maak een schatting van de luchtdrukgradiënt. Onderzoek experimenteel de verticale luchtdrukgradiënt. (zelfbouw) thermometers en hygrometers, thermische uitzetting, warmtetransport, koken onder lage en hoge druk, condens- en rijpvorming.		
8. Contexten	Weerkunde, stirlingmotor, koelkast, energiecentrale, perpetuum mobile		

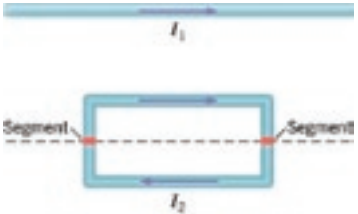
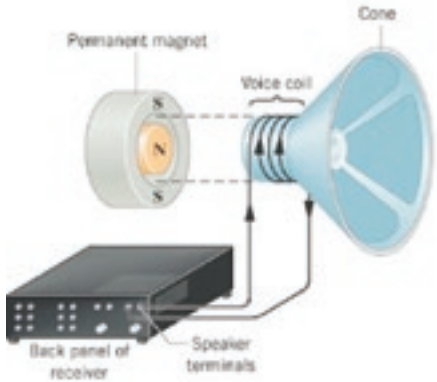
## Domein 4. Golven en geluid

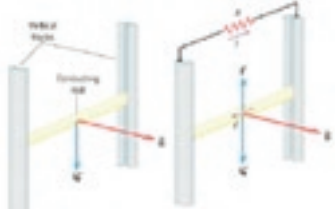
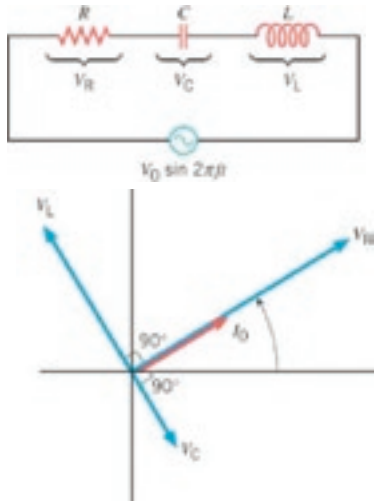
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Thermodynamica	Kenmerken van transversale en longitudinale golven, wiskundige beschrijving; voortplantingssnelheid in gas, vloeistof en vaste stof; dispersie, superpositie, reflectie, breking, buiging, interferentie; lopende en staande golven, watergolven	Een roeiboot drijft op het water. Onder de boot door passeert een golf die wordt veroorzaakt door een passerende motorboot. Beweegt de boot alleen omhoog en omlaag? Licht toe.	Een transversale golf reist door een snaar. De uitwijking $y$ van een deeltje ten opzichte van de evenwichtstand wordt gegeven door $y = (0,021 \text{ m}) \sin(25t - 2,0x)$ . Let op: de fasehoek $(25t - 2,0x)$ is in radialen, $t$ in seconde en $x$ in meter. De lineaire dichtheid van de snaar bedraagt $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}$ . Hoe groot is de spankracht in de snaar?
2. Geluid	Geluidsintensiteit, decibel, klankkleur, zweving, resonantie, dopplereffect, schokgolven; muziekinstrumenten, luidspreker, spectrum, gehoorgevoeligheid, isofonendiagram, lawaai-gevoeligheid, gewogen geluids-niveaus	Een luidspreker produceert een geluidsgolf. Neemt de golflengte van het geluid toe, af, of blijft die gelijk als de golf het water ingaat? Motiveer je antwoord. (Tip: de frequentie verandert niet bij de overgang van lucht naar water).	Een vliegdekschip heft een snelheid van 13,0 m/s ten opzichte van het water. Een vliegtuig wordt weggeschoten vanaf het vliegdek met behulp van een katapult en heeft een snelheid van 67,0 m/s ten opzichte van het water. De motoren produceren een geluid met een frequentie van 1550 Hz, terwijl de geluidssnelheid 343 m/s bedraagt. Welke frequentie hoort de bemanning van het schip?
3. Experimenteel werk	Golfbak, snaren, golfveren, dB-meter, resonerende luchtkolommen, stemvork, geluidssnelheid, geluidstimbres en golfvormen, Fouriersynthese.		
4. Contexten	Relaties met muziek, gezondheid en geluidshinder.		

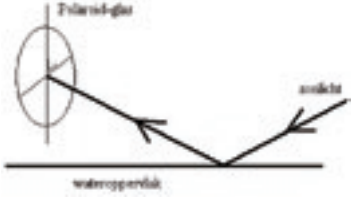
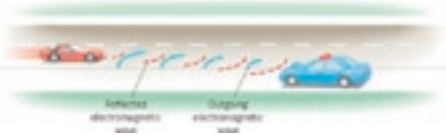
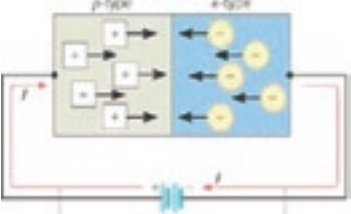
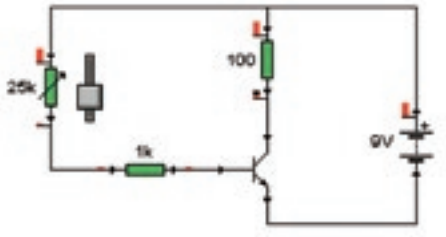
## Domein 5. Elektriciteit en magnetisme

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Lading	Wet van behoud van lading, elektrische geleiding, de elektroscop, inductie of influentie, wet van Coulomb, permittiviteit.	<p>Als een ongeladen elektroscop wordt genaderd door een geladen staaf - zonder dat lading kan overgaan naar de elektroscop - slaan de blaadjes van deze elektroscop uit. Bij verwijdering van de geladen staaf gaan de blaadjes weer slap hangen. Als er wel contact (<math>\rightarrow</math> ladingsoverdracht) was geweest zouden de blaadjes blijven uitstaan en is de elektroscop dus permanent geladen.</p> <p>Bedenk een manier om een elektroscop een permanente lading te geven zonder ladingsoverdracht door een geladen staaf.</p>	<p>In het Bohr model van het waterstofatoom beweegt het elektron in een baan rond een proton, met een baanstraal van <math>5,29 \times 10^{-11}</math> m. Bereken de baansnelheid van het elektron, aangenomen dat het een cirkelbaan is.</p> 
2. Elektrisch veld	Veldlijnen, veld van puntlading(en), dipool; homogeen veld, kracht op lading, koppel op dipool; wet van Gauss, veld van lijn, vlak, bolschil en bol; lading en veld bij geleider, kooi van Faraday .	<p>Hieronder zijn twee situaties weergegeven. Het gaat om puntladingen op de hoekpunten van een rechthoek. De ladingen zijn telkens even groot, maar qua teken zijn er verschillen.</p> <p>Beschouw de elektrische veldsterkte in het centrum van de rechthoeken.</p> <p>In welke situatie is dit veld het sterkst?</p> 	<p>Twee puntladingen (<math>q_1 = +16 \mu\text{C}</math> en <math>q_2 = +4,0 \mu\text{C}</math>) staan in vacuüm op 3,0 meter van elkaar opgesteld.</p> <p>a. Zoek uit waar op de lijn door deze twee punten het netto elektrische veld gelijk aan nul zal zijn.</p>  <p>b. Onderzoek dit opnieuw wanneer de lading van <math>q_1</math> negatief zou zijn en <math>q_2</math> dezelfde blijft.</p>



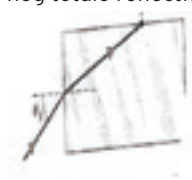
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
3. Elektrische potentiaal	<p>Potentiaalverschil, potentiaal bij puntlading(en), verband potentiaal en veld, equipotentiaalvlakken, evenwichtsladingsverdeling, Van de Graaff-generator, diëlektrische doorslag; condensator: capaciteit, diëlektrische constante, energie elektrisch veld, combinaties van capaciteiten.</p>	 <p>Een ongeladen condensator wordt verbonden met een batterij en laadt vervolgens op. Het contact met de batterij wordt daarna verbroken. Vervolgens wordt er een niet geleidend diëlektrisch materiaal tussen de platen geplaatst. Beredeneer wat er gebeurt met de spanning over de condensatorplaten: stijgt deze, daalt deze of blijft het gelijk?</p>	<p>Hieronder zijn twee puntladingen opgesteld. Er zijn twee locaties aangegeven: A en B. Bereken de spanning tussen A en B.</p> 
4. Elektrische stroom	<p>Stroomsterkte, microscopisch beeld, driftsnelheid; weerstand, wet van Ohm, soortelijke weerstand, supergeleiding, elektrisch vermogen; spanningsbronnen, inwendige weerstand; combinaties van weerstanden, regels van Kirchhoff; stroom-, spanning- en weerstandmeting, brug van Wheatstone; condensator op-/ontladen; huisinstallatie/veiligheid.</p>	 <p>Bekijk de situatie in de schakeling, waar punt B en D nog niet met elkaar verbonden zijn.</p> <p>Door het indrukken van de push-knop worden B en D weerstandsloos verbonden. Bespreek de mogelijke verandering voor de</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. potentialen in D en B en</li> <li>2. de stroomsterktes door R2 en R1.</li> </ol>	<p>Het onderstaande schema beschrijft het elektrische circuit voor de koplampverlichting van een auto.</p> <p>Bereken:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. De stroomsterkte door de koplamp(en).</li> <li>b. Het vermogen dat aan die koplamp(en) wordt geleverd.</li> </ol> 

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
5. Magnetisch veld	<p>Polen en veldlijnen, Lorentzkracht, magnetische veldsterkte, kracht op stroomdraad en deeltje, massaspectrometer, koppel op draadraam, stroomdraad, dipool, spoel; definitie van de Ampère, stroombalans, wet van Ampère; magnetisatie, magnetische influentie, magnetische susceptibiliteit, atomaire dipolen. (zie ook 8.4 vaste stoffysica)</p>	<p>Beschouw de onderstaande situatie met een stroomvoerende rechte draad in de buurt van een enkelvoudige stroomvoerende wikkeling.</p>  <p>a. Wordt die wikkeling aangetrokken of afgestoten door de draad? b. Leg uit of het mogelijk is om in deze situatie een netto magnetische veldsterkte van nul te kunnen krijgen in het centrum van de wikkeling. (De stroomsterktes en richtingen van de stromen mogen anders worden gekozen... alleen geen stroomsterkte van nul.)</p>	<p>Hieronder is schematisch de opbouw van een speaker weergegeven. De spoel en de conus vormen een geheel, waarvan het spoelgedeelte zich in de werkende situatie uiteraard in de uitsparing van de permanente magneet bevindt. De spoel en de conus hebben samen een massa van 0,0200 kg. De spoel heeft een diameter van 0,0025 meter en 55 wikkelingen. Het magnetische veld in de uitsparing van de magneet heeft een sterkte van 0,1 Tesla. De stroomsterkte door deze spoel is op zeker moment 2,0 A.</p>  <p>Bereken voor dat moment de grootte van de versnelling die de spoel ondervindt</p>

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Inductie en wisselstroom	Magnetische flux, wet van Faraday, wet van Lenz, wervelstromen, elektrische generator; zelfinductie, LR-gelijkstroomcircuit, energie magnetisch veld, transformator; rms-waarden, faseverschil tussen stroom en spanning, vermogensdissipatie, effect van condensator en spoel, fasordiagrammen, impedantie, serie LCR-circuits, resonantie.	<p>Een horizontaal opgestelde koperen staaf kan o.i.v. de gravitatiekracht wrijvingsloos naar beneden glijden tussen gleuven van de vertikaal opgestelde koperen geleiders. Tijdens die beweging is er voortdurend geleidend contact tussen staaf en geleiders en blijft de staaf horizontaal. Naast het gravitatieveld is er een magnetisch veld <math>B</math>. Het enige verschil tussen de weergegeven situaties (fig.a en fig.b) is dat er in fig.b sprake is van een geleidende verbinding aan de bovenkant, waarin ook een weerstand is opgenomen.</p>  <p>Men had in de situatie van fig.a ook een ideale voltmeter kunnen aansluiten op de verticale geleiders.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leg uit dat dit geen verschil had uitgemaakt voor de beweging van de horizontale staaf.</li> <li>Maak duidelijk welke van de verticale geleiders op de + ingang van de voltmeter had moeten worden aangesloten.</li> </ol> <p>Vergelijk nu de situaties in fig.a en fig.b met elkaar m.b.t.:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De versnelling waarmee de staaf omlaag beweegt.</li> <li>De energieomzetting na een daling over dezelfde afstand.</li> </ol>	<p>De spoel van een wisselstroommotor heeft een weerstand van 4,1 Ohm. De motor(spoel) wordt aangesloten op een spanning met een effectieve (rms-)waarde van 120 Volt. De motor laat vervolgens een zwaar wiel draaien. Wanneer dit wiel een constante draaisnelheid heeft bereikt, blijkt de motor een effectieve stroomsterkte van 0,49 A te 'trekken'.</p> <p>Bereken</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>De stroomsterkte die de motor trok bij het op gang komen van de draaiing.</li> <li>De inductiespanning die de spoel genereert wanneer de constante draaisnelheid is bereikt.</li> </ol> <p>Een elektrisch circuit wordt aangesloten op een wisselspanning. Men kan nu de spanningen over de verschillende componenten in een vectordiagram weergeven. Hierin worden de faseverschillen tussen deze vectoren zichtbaar. Zie het onderstaande circuit met bijbehorend diagram.</p>  <p>Er zijn de volgende gegevens bekend over de componenten in het circuit: <math>R = 150 \text{ Ohm}</math>, <math>C = 47 \text{ } \mu\text{F}</math>, <math>L = 0,10 \text{ H}</math>, <math>f = 250 \text{ Hz}</math> en de topspanningswaarde van de bron is <math>V_0 = 5,0 \text{ V}</math>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bereken de topwaarde voor de spanningen over <math>R</math>, <math>L</math> en <math>C</math>.</li> <li>Bereken het faseverschil tussen de bronspanning en de stroomsterkte.</li> <li>Bereken de frequentie waarbij het circuit gaat resoneren.</li> </ol>

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
7. Elektromagnetische golven	Werking antenne, voortplantings-snelheid, EM-spectrum, energie en intensiteit, dopplereffect; polarisatie, Wet van Malus, polarisatie door reflectie, wet van Brewster, polarisatie door verstrooiing, optische activiteit.	<p>Je hebt een polaroidbril en wilt controleren of het wel echt zonlicht polariseert. Als het dit doet wil je nagaan of dit glas correct in de bril is geplaatst, ofwel de polarisatie-richting vaststellen. Er doorheen kijkend in de richting van een glad en doorzichtig oppervlak, merk je op dat onder een bepaalde hoek de weerspiegeling of schittering van op het oppervlak vallend licht in ieder geval vanuit een bepaalde richting volkomen verdwenen is.</p>  <p>Leid hieruit af welke antwoorden gegeven kunnen worden op de gestelde vraag in de inleiding.</p>	<p>De snelheidsradar van een stilstaande politieauto zendt een elektromagnetische golf (trein) uit met een frequentie van <math>8,0 \times 10^9</math> Hz. Na weerkaatsing tegen een naderende auto meet de apparatuur in de politieauto ten opzichte van de uitgezonden golf een frequentieverhoging van 2100 Hz.</p>  <p>Bereken de snelheid van de auto ten opzichte van de weg.</p>
8. Elektronica	Halfgeleiders, pn-overgang, diode, gelijkrichting, zenderdiode, LED, transistor, IV-karakteristieken, belastingslijn, stroomversterking, schakelen met transistor, IC, NTC, PTC, LDR, zonnecel; filters en condensatoren.	 <p>De stroom in deze PN-diode heeft de in de figuur aangegeven richting.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Is dit de doorlaat- of de spersituatie?</li> <li>Leg uit wat er gebeurt met de ladingconcentraties in het barrièregebied en aan de contactuiteinden.</li> </ol>	 <p>In deze transistorschakeling staat over de CE (Collector - Emitter) een spanning van 4,23 V. Neem verder aan dat de transistor zodanig in geleiding is, dat de Basis ten opzichte van de Emitter in de buurt ligt van 0,7 V.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bereken de stroomversterkingsfactor van deze transistor.</li> <li>Bereken (bij benadering) vanaf welke variabele weerstand deze stroomversterking niet kan zijn wat je in a hebt berekend. <i>We spreken dan van een transistor in verzadiging.</i></li> </ol>
9. Experimenteel werk	Elektromotor, halleffect, multimeter, elektronische schakelingen, magnetische materialen en magnetische veldlijnen, stroombalans, inductiepulsen meten met Coach, effecten van inductiestromen op bewegende magneten, transformatoren.		
10. Contexten	Deeltjesversneller, huisinstallatie, computerapparatuur, milieuvriendelijk vervoer, schone energie, elektronenbuis, aardmagnetisme, zonnevlekken.		

## Domein 6. Licht

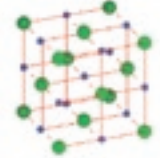
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Reflectie	Rechthoekige voortplanting, bundel, reflectie (spiegelend, diffuus), reflectiewet, gekleurde oppervlakken, additief/subtractief mengen van kleuren; constructiestralen, vergroting en beelden bij vlakke en sferische spiegels.	Soms gebruiken technici bij nieuwsrapportages een speciale microfoonopstelling om zwakke geluiden op te vangen. De tekening toont zo'n opstelling, die bestaat uit een holle schaal achter de microfoon. Deze schaal fungeert als spiegel voor de geluidsgolven. Leg uit hoe deze opstelling het eenvoudiger maakt om zwakke geluidssignalen op te nemen. 	In de tekening zie je een vierkante kamer in bovenaanzicht. Een muur ontbreekt en de andere drie zijn spiegels. Vanuit punt P in de open wand straalt een laser met de bedoeling om een klein doel te raken dat zich midden op een van de muren bevindt. Teken zes richtingen waarin de laser kan stralen en punt P raken. Neem aan dat het licht niet meer dan een keer een spiegel raakt. 
2. Breking	Brekingsindex, brekingswet, totale inwendige reflectie, kritische hoek; dispersie, prisma.	Stel dat je een regenboog wilt maken met behulp van fijne waterdruppeltjes in de lucht uit een tuinslang.  a. Waar moet je staan ten opzichte van het water en de zon om de regenboog te kunnen zien?  b. Waarom kun je nooit onder de regenboog lopen?	In de tekening (62E) zie je een rechthoekig blok van kwartsglas. Een lichtstraal gaat het blok binnen met een invalshoek van $34^\circ$ en gaat naar punt P. Het blok ligt in een vloeistof met een brekingsindex $n$ . Hoe groot is de maximale waarde van $n$ waarbij in punt P nog totale reflectie optreedt? 
3. lenzen	Eigenschappen van lenzen, constructiestralen, beelden (reëel, virtueel), lenzmakersformule, lenzenformule, lineaire vergroting, het oog, de bril, hoekvergroting, het vergrootglas, fotocamera, lenscombinaties, microscoop, telescoop lensfouten.	Twee lenzen met brandpuntsafstanden van respectievelijk 3,0 en 45 cm worden gebruikt om een telescoop te bouwen. Welke lens moeten we als objectief kiezen en waarom?	Een lenstelscoop heeft een hoekvergroting van $\times 83,0$ . De lengte van de telescoopbuis bedraagt 1,50 m. Bereken de brandpuntsafstanden van objectief en oculair.
4. Zien	Beeldvorming, gezichtsbedrog, kleurenleer, verlichtingstechniek, schaduw; bijziend, verziend, oudziend, accommodatie.	Je staat 2 meter voor een spiegel. Je fotografeert jezelf in de spiegel. Op welke afstand moet je de camera instellen?	
5. Licht als golfverschijnsel	Coherente lichtbronnen, dubbele spleet, dunne lagen, Michelson interferometer; Principe van Huygens; buiging, scheidend vermogen, interferentie, tralie spectroscopie; holografie; dopplereffect.	Kun je bij het twee-spletenexperiment van Young interferentiestrepen waarnemen als de golflengte van het gebruikte licht groter is dan de afstand tussen de spleten? Motiveer je antwoord.	Licht ( $\lambda = 651 \text{ nm}$ ) valt op een enkelvoudige spleet met een breedte van $5,47 \times 10^{-6} \text{ m}$ . Hoeveel donkere strepen verschijnen er aan elke kant van het centrale maximum?
6. Experimenteel werk	Optische bank (3D), lichtkastje met perspex voorwerpen en spiegels (2D), laser. interferentieproeven met de laser, spectroscopie.		
7. Contexten	Kleurenfilters, zonnecentrale, kijkers, oog, fotocamera.		

## Domein 7. Fundamentele Natuurkunde


Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Relativiteits-theorie	Inertiaalsystemen, de twee postulaten, tijdrek, eigentijd, tweelingparadox, ruimtekrimp, relativistische impuls, equivalentie van massa en energie, snelheden optellen, het ruimtetijd gezichtspunt, equivalentieprincipe, gravitatie als gekromde ruimtetijd.	Ans, Ben en Cor zijn een drieling. Ans blijft op aarde en Ben en Cor maken een ruimtereis, beide met een snelheid 50% van de lichtsnelheid t.o.v. de aarde (behalve in het keerpunt). Ben is, volgens Ans, na 10 jaar terug op aarde en Cor na 20 jaar. Zijn Ben en Cor, bij terugkeer van Cor, even oud? Geef uitleg.	1. Een deeltje A vervalt in twee deeltjes B en C. A is in rust en heeft een massa van $2000 \text{ MeV}/c^2$ , deeltje B heeft een massa van $200 \text{ MeV}/c^2$ en een energie van 500 MeV. a. Wat is de energie van deeltje C? b. Bepaal de grootte van de impuls van deeltje C. c. Wat is de massa van deeltje C? d. Verklaar het verschil tussen $m_B + m_C$ en $m_A$ .
2. Kwantummechanica	Planck's stralingskromme, Wien's verschuivingswet, foto-elektrisch effect, Compton-effect, golf-deeltje dualisme, relatie van De Broglie, onzekerheidsrelaties, golf functie, Schrödingervergelijking, deeltje in een put, tunneleffect; meetpostulaat, Bohr-Einstein discussie (Kopenhaagse interpretatie), non-lokaliteit.	Een mono-energetische bundel elektronen valt op een dubbele spleet. Op een detector achter de dubbele spleet vormt zich in 10 s een interferentiepatroon. Het experiment wordt drie keer in gewijzigde vorm herhaald. A. De intensiteit van de bundel wordt sterk verlaagd: hetzelfde aantal elektronen wordt nu gedetecteerd in 24 uur. De meting duurt ook 24 uur. B. Voor spleet 1 is een elektronen→detector geplaatst: hij telt de elektronen die daarna spleet 1 passeren. C. 10 s is alleen spleet 1 open en dan 10 s alleen spleet 2 open. Vergelijk de patronen die bij A t/m C ontstaan met het originele interferentiepatroon. Geef uitleg.	Het foto-elektrisch effect wordt onderzocht met een cel met een elektrode van cesium. Het gebruikte licht heeft een golflengte van 400 nm. a. Welke tegenspanning is minimaal nodig om de fotostroom tot 0 te reduceren? De spanning wordt omgepoold en verhoogd tot 5 V. De fotostroom is dan $1,00 \mu\text{A}$ . b. Bereken de fotostroom als we nu een andere lichtbron nemen: dezelfde intensiteit (in $\text{W}/\text{m}^2$ ), maar met een kleinere golflengte: 350 nm. c. Bereken de fotostroom als we nog een andere lichtbron nemen met een 5x zo grote intensiteit (in $\text{W}/\text{m}^2$ ) en een grotere golflengte van 500 nm.
3. Experimenteel werk	Bepaling van de constante van Planck via foto-elektrisch effect; de relatie van de Broglie onderzoeken met een elektronen diffractiebus.		
4. Contexten	GPS-systeem, science fiction, quantuminformatica.		






## Domein 8. De materie

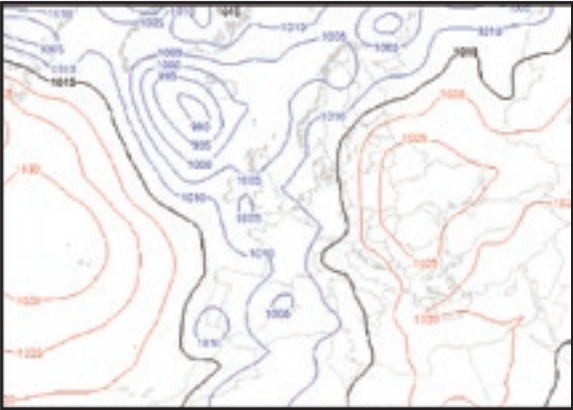
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Atoomfysica	experiment van Rutherford, lijnspectra, Bohrmodel, elektronen als staande golven, kwantummodel van waterstof, spin, Zeemaneffect, Pauli-principe, periodiek systeem, röntgenstraling, röntgendiffractie, relatie van Bragg, laser. kwantumgetallen.	Het natriumatoom (Z=11) heeft één elektron in zijn buitenste schil. Welke verklaring geeft de kwantummechanica hiervoor? Gebruik bij je antwoord de 4 atomaire kwantumgetallen en het Pauli-principe.	Een röntgenbuis heeft een anode van platina (Z=78). De buis moet in staat zijn om de straling van de $K\alpha$ -piek van het spectrum te produceren. Maak een beredeneerde schatting van de minimale spanning die moet worden aangesloten tussen de anode en kathode van deze buis.
2. Kernfysica	kernstructuur, isotoop, kernkracht, bindingsenergie, massadefect; radioactief verval, vervalschema, energiespectra, activiteit, halveringstijd, vervalsreeksen, dateringsmethoden, stralingsdetectoren, stralingsgrootheden, dracht, halveringsdikte, exponentiële verzwakking, foton-materiewisselwerking, achtergrondstraling, kernsplijting, kernreactors, kernafval, kernfusie, medische toepassingen.	Energie opwekken met behulp van atoomkernen kan op twee manieren: door kernsplijting en door kernfusie. Leg uit hoe het mogelijk is dat zowel door splijting als door fusie energie geproduceerd kan worden.	Er is koolstof in de atmosfeer aanwezig in de vorm van $\text{CO}_2$ . Voor dit koolstof geldt dat 1 op de $8,3 \cdot 10^{11}$ koolstofatomen een koolstof-14 atoom is. Koolstof-14 heeft een halfwaardetijd van 5730 jaar. Koolstof, dat afkomstig is van een veenlijk, heeft een activiteit van 0,121 Bq per gram. Bereken de ouderdom van het veenlijk door gebruik te maken van de bovenstaande gegevens.
3. Elementaire deeltjesfysica	elektron, proton, neutron, positron, neutrino, muon, pion; mesonen, baryonen, vreemde deeltjes, resonanties, hadronen, leptonen; behoudswetten, spiegelsymmetrie; wisselwerkingsdeeltjes, Feynman-diagrammen; standaardmodel; versnellers, detectoren; actueel onderzoek naar neutrino-oscillaties en Higgs-deeltje.	Onderzoek naar elementaire deeltjes vindt plaats met versnellers. Binnen detectoren laat men deeltjes met elkaar botsen. Zulke detectoren zijn grofweg opgebouwd in 3 lagen. De middelste laag bestaat uit zogenaamde <i>calorimeters</i> . (a) Beschrijf de <i>functies</i> van de binnenste en de buitenste laag. (b) Beschrijf de <i>opbouw en werking</i> van zo'n calorimeter.	Welke van de volgende vervalsreacties worden niet waargenomen? Noem telkens de behoudswet die het verval onmogelijk maakt. (a) $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e$ (b) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ (c) $\Omega^- \rightarrow \Lambda + K^+$ (d) $\bar{u} \rightarrow \bar{p} + e^- + \bar{\nu}_e$ (e) $\tau^- \rightarrow K^0 + \pi^0 + \nu_\tau$ (f) $\Lambda \rightarrow p + K^-$
4. Vaste stoffysica	Covalente binding, ionbinding, metaalbinding, vrij-elektronengas, kristallen; spectrum van molekuul (vibratie en rotatie-energie), Fermi-energie; Paramagnetisme, ferromagnetisme; eigenschappen van magnetische materialen; lage temperaturen (supergeleiding).	Schets in één diagram de hystereselussen van hard en zacht ferromagnetisch materiaal. Geef aan wat er langs de assen staat en beschrijf aan de hand van de 2 lussen de toepassingsmogelijkheden van harde en zachte ferromagnetische materialen.	Vast natriumchloride heeft een kubisch vlak-gecentreerd kristalrooster zoals getoond in de figuur. Bereken de afstand tussen het $\text{Na}^+$ -ion en het $\text{Cl}^-$ -ion uit de dichtheid en de molaire massa van keukenzout. 
5. Experimenteel werk	Optische spectra opmeten met een traliespectrometer; röntgendiffractie opmeten aan een zoutkristal; meten aan gammastraling met GM-buis en timer/counter, verzwakking via kwadratenwet opmeten, halfwaardedikte bepalen van materialen, halfwaardetijd bepalen van radon-220 via thorium 232 bron.		
6. Contexten	Milieu en gezondheid (kernafval en stralingsbelasting), geneeskunde (straling voor diagnose en behandeling), kernenergie, wereldvrede en kernwapens, technologische ontwikkeling, deeltjesversnellers, wereldbeeld (elementaire deeltjes en de ontwikkeling van het universum). De kleur van (bepaalde) organische kleurstoffen.		

## Domein 9. Het universum

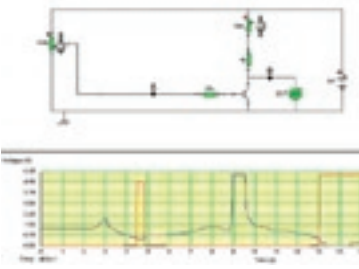
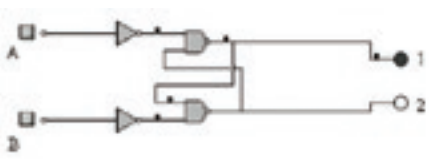
Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Zonnestelsel	Zon, maan (satellieten, schijn- gestalten), zon- en maansverduis- tering, getijdenwerking; planeten (massa, baan, kenmerken), wetten van Kepler, meetmethoden in zonnestelsel (o.a. parallax), ruimtevaart.	Hoe ontstaan de schijn- gestalten van de maan gezien vanaf Aarde?  	De derde wet van Kepler beschrijft de rela- tie tussen de omlooptijd T en de afstand R van planeten om de zon. Er geldt $R^3/T^2 = \text{constant}$ . Leidt deze relatie af, ervan uitgaande dat planeten in een eenparige cirkelbeweging om de Zon bewegen.
2. Sterren	Sterrenbeelden, tijdschalen, afstand- en massabepaling, meetinstrumenten, kenmerken en classificatie van sterren; energieproductie en nucleisyn- these; ontstaan en evolutie, Hertzsprung-Russell diagram; melkwegstelsels; dubbelsterren, quasars, zwarte gaten, gammaflitsers.	Een ster heeft een begeleider ster die wegens de grote afstand niet zichtbaar is in een telescoop. Toch kan de aanwezigheid van deze begeleider experimenteel aangetoond worden. Noem drie methoden waarmee dit kan en geef bij elke methode een beknopte uitleg.	Voor het uitgestraalde vermogen van de Zon geldt: $P_{\text{zon}} = 3,9 \times 10^{26} \text{ W}$ . Dit vermogen is afkomstig van kernfusiereacties, waarin waterstof wordt omgezet in helium: $4\text{}^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2\text{}^0_1\text{e} + 2\nu_e$  a. Bereken de vrijkomende energie per waterstofatoom (verwaarloos hierbij de energie van de neutrino's).  Alleen in het centrale gedeelte van de zon zijn temperatuur en druk hoog genoeg voor het optreden van kernfusiereacties; dit deel bevat naar schatting 12% van de totale massa van de zon. Neem verder aan dat deze massa oorspronkelijk voor 80% uit waterstof bestond.  b. Schat hieruit de totale levensduur van de zon dus hoe lang het duurt voor alle waterstof in de kern is opgebruikt. c. Men neemt aan dat ons zonnestelsel ongeveer 4,5 miljard jaar oud is; hoeveel tijd hebben we dus nog over?
3. Kosmologie	Structuur van het heelal, roodver- schuiving, Hubbleconstante, uitdijend heelal, ouderdom van het heelal, oerknalmodel, 3K achter- grondstraling, donkere materie.	Een belangrijk concept in de kos- mologie is de 'Big Bang' theorie. Wat verstaan we hieronder en op welke twee experimentele pijlers rust deze theorie?	Bereken de leeftijd en de afmetingen van het zichtbare heelal, uitgaande van een constante uitdijingsnelheid en een Hubble constante $H = 72 \pm 8 \text{ km/s/Mpc}$ . (1Mpc = 3,26 miljoen lichtjaar).

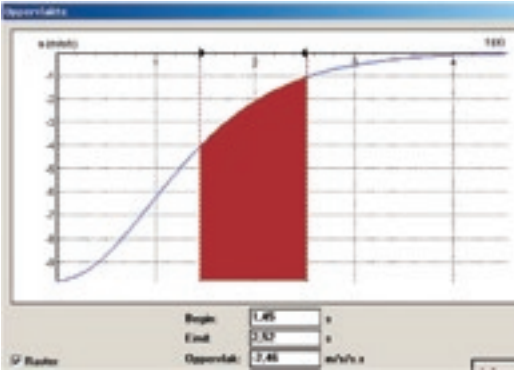
## Domein 10. Toegepaste Natuurkunde

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2
1. Hoe dingen werken	De natuurkunde van apparaten en processen uit de dagelijkse omgeving en de techniek.	<p>Hoe werkt een min-max thermometer?</p> 	<p>De uitvinder van de oorthermometer ontdekte dat de temperatuur van het binnenoor een goede maat is voor de lichaamstemperatuur en dat het oor zich gedraagt als een zwarte straler. In welk golflengtegebied moet de sensor dan gevoelig zijn?</p> 
2. Natuurkunde van het vrije veld	De natuurkunde in de vrije natuur (Minnaert deel 1 t/m 3).	<p>Bij eb blijft het strand vochtig achter. Overal waar je dan een stap zet zie je het om je voet wit worden. Kennelijk wordt het daar ineens droog. Wordt nu door de druk van je voet het zand samengeperst?</p>	<p>In de figuur zie je de zogenaamde horizontale kring. Het is de lichtgevende smalle band die door de zon van links naar rechts over de gehele foto loopt, evenwijdig met de horizon. Op de foto is de zon afgedekt met een zwarte cirkel. De horizontale kring is een zeldzaam lichtverschijnsel. Hij wordt veroorzaakt door de reflectie van zonlicht aan de vertikaal staande zijvlakken van ijskristallen.</p> <p>Je hebt de beschikking over een poppetje, een vlakke spiegel en net zoveel laserpennen als je maar nodig denkt te hebben. Leg nauwkeurig uit hoe je hiermee het verschijnsel kunt simuleren en zo het poppetje de horizontale kring kunt laten zien.</p> 

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2
3. Weerkunde	Temperatuur- en drukverdelingen, winden, fronten, vorming van neerslag.	Lucht stroomt in principe van een gebied van hoge luchtdruk naar een gebied van lagere luchtdruk. Toch is dat zowel voor horizontale als verticale luchtbewegingen op aarde niet het geval. Welke twee krachten veroorzaken deze afwijkingen?	<p>Zoek in de grondkaart een gebied op met (vrijwel) evenwijdige isobaren. Kies hierin een punt en geef met pijlen vanuit dit punt aan hoe de richtingen zijn van de drukgradiëntkracht, de corioliskracht en de (geostrofische) windsnelheid.</p> 
4. Biofysica	De natuurkunde van fysiologische en ecologische systemen en processen.	<p>Ontwerp een eenvoudige practicumproef waarbij je leerlingen uit de klas hun vermogen kunnen bepalen bij traplopen.</p> <p>a. Welke twee grootheden worden hierbij gemeten?</p> <p>b. Welke begrippen zijn hierbij nodig?</p>	<p>Tussen een fysische grootheid <math>I</math> en de waarde <math>S</math> die hieraan subjectief wordt toegekend door een proefpersoon zijn twee verschillende relaties gevonden:</p> <p>de wet van Weber-Fechner <math>S = c_1 \log I - c_2</math></p> <p>en de machtswet van Stevens <math>\log S = c_1 + c_2 \log I</math> ofwel <math>S = kI^n</math>.</p> <p>Bij de subjectieve indruk van de hoogte van een toon wordt bij een (denkbeeldige) proefpersoon het volgende gemeten (zie tabel).</p> <p>Onderzoek voor onderstaande metingen welke wet geldt.</p>
		$I$ frequentie [Hz]	55    110    220    440    880    1760    3520    7040
		$S$ subjectieve gewaarwording	1    2    3    4    5    6    7    8

## Domein 11. Fysische informatica

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Informatieverwerking	Invoer, verwerking, uitvoer; sensoren en actuatoren, hardware-software, analoog-digitaal, continu en discreet, signaalconditionering (versterking, filtering); codering. Meet-, stuur- en regelsysteem.	<p>In onderstaande schakeling (met o.a. een transistor) wordt bij A en B de potentiaal gemeten ten opzichte van de aarde, terwijl het sleepcontact bij de 100k weerstand wordt gevarieerd. Het gevolg van die variatie zie je in het diagram voor de gemeten potentiaalverschillen eronder.</p>  <p>a. Bereken welk verloop bij de meting aan punt B hoort.  b. Leg uit wat de functie is van de weerstand van 10k in de basisleiding van de transistor.  c. Leg uit dat hier twee kenmerkende aspecten van het transistorgedrag in logische schakelingen zichtbaar worden.</p>	<p><b>Systeemontwerp:</b>  In een productieproces kunnen de druk en de temperatuur in een bepaald vat variëren. Wanneer de druk langer dan 4 opeenvolgende klokpulsen hoger is dan een bepaalde grenswaarde treedt <b>alarmfase 1</b> in werking. Er gaat dan een LED branden, dat pas uitgaat wanneer de druk is gedaald beneden die grenswaarde en de gewaarschuwde procesoperator op een knop heeft gedrukt.  <b>Alarmfase 2</b> treedt in werking wanneer <b>ook</b> de temperatuur boven een bepaalde waarde uitkomt. Het is in dat geval niet van belang hoe lang de druk al hoog is. Er is dan een zodanig gevaarlijke situatie ontstaan dat het proces automatisch via een relais wordt stopgezet. Het alarm bestaat in dat geval uit een combinatie van LED en Zoemer, die beide uitgaan als zowel de druk als de temperatuur beneden de grenswaarden zijn gedaald.  <b>Maak hiervoor een ontwerp op een zelf in te richten systeembord.</b></p>
2. Digitale elektronica	Binair rekenen, digitale signalen, logische poorten, poortschakelingen: logische en fysische aspecten, optelschakeling, flipflop, teller, AD en DA-omzetting.	<p>d. Bereken of het gedrag van de transistor als logisch schakelement verbetert of verslechtert wanneer de weerstand in de collectorleiding sterk wordt verlaagd.</p>	<p>In de figuur wordt een logisch systeem weergegeven. De invoer gebeurt d.m.v. drukknoppen A en B, de uitvoer staat voor de LEDs 1 en 2. De gebruikte logische poorten zijn nandpoorten en invertors.</p>  <p>In de gegeven situatie (A en B beide 0) brandt alleen LED 1. Er kunnen nu na elkaar allerlei invoercombinaties worden uitgetoetst.  <b>Onderzoek systematisch dit logische systeem en beschrijf op basis daarvan de algemene werking en mogelijke toepassing.</b></p>

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
3. Programmeren	Uitdrukking en instructie, variabelen toekennen, operatoren, voorwaardelijke en herhaalde instructie, procedures en functies (bestaande en zelf definiëren); in- en uitvoer (digitaal, analoog en timer).	Hieronder worden modelregels gegeven voor een valbeweging, waarbij ook sprake is van wrijvingskracht.	
4. Dynamische modellen	Systeem, model, wiskundige beschrijving; analytische oplossingen, numerieke integratie, parameters fitten, model valideren.	 <p> <math>t=t+dt</math>  <math>F=-m \cdot g - c \cdot v \cdot \text{abs}(v)</math>  <math>a=F/m</math>  <math>v=v+a \cdot dt</math>  <math>y=y+v \cdot dt</math>  als <math>y \leq 0</math> dan stop eindals </p> <p>Hieronder de startwaarden:</p> <p> <math>t=0</math>  <math>dt=0,01</math>  <math>v=0</math>  <math>y=50</math>  <math>m=2</math>  <math>c=0,1</math>  <math>g=9,8</math> </p> <p>In de figuur wordt een resultaat van dit modelleren verder bewerkt. Het gaat om het diagram voor de versnelling als functie van de tijd. Tussen <math>t=1,5</math> en <math>t=2,5</math> is de rechtehoek door de grafiek opgedeeld in een bruin vlak en een niet gekleurd vlak. Een van deze (opper)vlakken staat voor de integratie die is uitgevoerd en de uitkomst hiervan kun je ook aflezen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Welke grootte wordt hiermee in feite bepaald?</li> <li>Bij welk (opper)vlak hoort de uitkomst, het bruine of het niet gekleurde gedeelte?</li> <li>In welke modelregel wordt deze integratie eigenlijk ook uitgevoerd?</li> </ol> <p>Stel dat het vallende object elastisch kan stuiten tegen de grond. Je wilt het hele proces beschrijven vanaf het punt waar het object wordt losgelaten, tot enige tijd na de stuit.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leg uit of daarvoor regel 2 van het model moet worden gewijzigd.</li> <li>Bedenk de noodzakelijke aanpassingen/aanvullingen in het bestaande model.</li> </ol>	
5. Experimenteel werk	Ontwerpen van logische schakelingen met het systeembord; meten, modelleren, simuleren met (o.a.) COACH.		
6. Contexten	Automatisering, informatica.		

## Domein 12. Scheikunde

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
1. Basisbegrippen	Ontleedbare en niet-ontleedbare stoffen, elementen, atomen, symbolen, atoomnummer, periodiek systeem, perioden en groepen, metalen en niet-metalen; moleculaire stoffen, zouten, mengsels; oplossingen: concentratie, molariteit, titratie, verdunnen: spectrometrie: Lambert-Beer; scheidingsmethoden: centrifugeren, filtreren, adsorberen, absorberen, zeven, herkristallisatie, sublimatie, vriesdrogen, destillatie.	Teken een blokschema van een eenvoudige colorimeter, benoem de onderdelen en hun functie.	Geconcentreerd salpeterzuur bevat 65% (m/m) $\text{HNO}_3$ . De dichtheid bedraagt 1,39 g/ml. Hoeveel ml $\text{HNO}_3$ moet worden afgemeten om 1,0 liter 4 M $\text{HNO}_3$ te bereiden?
2. Chemische reacties	Reactievergelijkingen, wet van behoud van massa, stoichiometrie, mol, getal van Avogadro, molaire massa; reactanten en producten; neerslagreacties: oplosbaarheid, oplosbaarheidstabel, common-ion effect, selectieve precipitatie; zuurbase reacties: neutralisatieconstante, pH-curves, equivalentiepunt, indicatoren kunnen kiezen, buffervergelijking, buffercapaciteit; redox reacties, titraties.	Gaat het in de volgende reacties om een zuurbase reactie of een redox reactie (motiveer je antwoord): <ul style="list-style-type: none"> <li>• magnesium reageert met verdund zwavelzuur;</li> <li>• ijzererts wordt m.b.v. koolstof omgezet in ijzer en koolstofdioxide;</li> <li>• waterstofbromide reageert met bariumhydroxide.</li> </ul>	Voor de bereiding van ijzersulfide ( $\text{FeS}$ ) wordt 14 gram ijzer en 10 gram zwavel gemengd. Het mengsel wordt tot reactie gebracht. Hoeveel gram van één van beide uitgangsstoffen is in overmaat aanwezig?
3. Thermochemie	Endo- en exotherm, enthalpie, wet van Hess, vormings- en reactie-enthalpie, eerste en tweede hoofdwet, spontaan verlopende reacties.	Geef aan wat het verschil is tussen de reactie-energie en de reactie-enthalpie.	Bereken de (grens)temperatuur voor de spontane ontleding van $\text{CaCO}_3$ .
4. Elektrochemie	Spontaan verlopende reacties, verkorte celnotatie, anode en kathode, standaard reductiepotentiaal, standaard bronspanning, vergelijking van Nernst, batterij, brandstofcel, elektrolytische cellen, ontledingsspanning, galvaniseren, wet van Faraday.	Voor de bereiding van natrium uit een pekelsmelt, $\text{NaCl}(s)$ , is veel minder energie nodig dan voor aluminium uit bauxiet. Noem daar de reden van.	Van de volgende twee halfcellen wordt een galvanische cel gebouwd: $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ en $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ . <ul style="list-style-type: none"> <li>• noteer de verkorte celnotatie;</li> <li>• bereken <math>\Delta V^\circ</math>;</li> <li>• bereken <math>\Delta V</math> als de concentratie van alle deelnemende stoffen 0,10 mol/l bedraagt.</li> </ul>
5. Organische chemie	Karakteristieke groepen, nomenclatuur, fysische eigenschappen, additie, substitutie, eliminatie, reactieve deeltjes, eiwitten, (essentiële) aminozuren, IEP, primaire t/m quaternaire structuur, enzymen, stereochemie, denaturatie.	Geef de structuurformule van het meest waarschijnlijke eliminatieproduct van 2-chloor-3-methylpentaan.	Een broek is bespat met gamma-hydroxybuterzuur (GABA; 4-hydroxybutaanuur). Welk oplosmiddel gebruik je om deze spatten GABA te verwijderen? Geef argumenten.


Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel	Voorbeeld: vraagstuk
6. Chemisch practicum	Nauwkeurigheid en onzekerheid, significantie; praktische vaardigheden: kwantitatieve analyse: zuurbase- en redox titraties, Uv-Vis spectroscopie; kwalitatieve analyse: IR-spectroscopie, elektroforese, dunne laag- en kolom chromatografie; veiligheid en aansprakelijkheid; inkoop en organisatie; milieu; schoolpracticum; ICT-toepassingen.		
7. Mogelijke toepassingen en voorbeeldsituaties:	Oplosmiddelen, reinigingsmiddelen, cosmetica en voedingsmiddelen. Soorten batterijen, brandstofcel, pH-meter, accu, corrosie. Huishoudzuren: azijn, cola, soda, wasmiddelen, etc. Verbrandingsprocessen.		
8. Contexten	Milieu en gezondheid; chemische industrie.		

### Domein 13. Wiskunde



Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: vraagstuk
1. Basisfuncties en -vaardigheden	Notaties, variabelen, veeltermen: ontbinden en vereenvoudigen; breuken; vergelijkingen: lineair, kwadratisch, met wortel, met absolute waarde, stelsel met 2 onbekenden, ongelijkheden; vectoren en oppervlakte/ inhoud formules. Gebruik van de basisfuncties van wiskundige software.	De verticale beweging van een modelraket wordt gegeven door $y(t) = 80t - 5t^2$ . Na hoeveel seconden bevindt de raket zich op 300 m hoogte?
2. Goniometrie	In de driehoek: sinusregel, cosinusregel; radialen, goniometrische functies: sin, cos, tan; goniometrische identiteiten, goniometrische vergelijkingen; periodieke functies.	Twee personenauto's hebben een constante snelheid van respectievelijk 60 en 100 km/h. Hun snelheden maken een hoek van $60^\circ$ met elkaar. Gebruik de cosinusregel om de grootte van de onderlinge snelheid te bepalen.
3. Functies	Algemene kenmerken van functies, functies samenstellen; de eigenschappen en grafieken kennen van: basisfuncties, goniometrische functies, machtsfuncties, gebroken functies, exponentiële functies en logaritmische functies; eenvoudige vergelijkingen en ongelijkheden met deze functies; asymptoten.	Een condensator met een capaciteit van 1,0 mF is opgeladen tot een spanning van 12 V. De condensator wordt ontladen over een weerstand van 0,47 k $\Omega$ . Hoe lang duurt het tot de spanning over de condensator is gedaald tot 1,0 V? Gebruik $V(t) = V_0 e^{-t/RC}$ .
4. Differentiaal-rekening	Differentiequotiënt, differentiaalquotiënt, afgeleide functie, regels voor differentiëren; afgeleiden van standaardfuncties; kettingregel; functieonderzoek: extreme waarden en buigpunten; differentievergelijkingen voor numerieke integratie.	Het stralingsvermogen van een zwarte straler met oppervlak A en absolute temperatuur T wordt gegeven door $P = \sigma AT^4$ met $\sigma$ als constante. Geven een onzekerheid van 5% in de temperatuur van een object. Gebruik differentiaalrekening om de procentuele onzekerheid in het uitgestraalde vermogen te berekenen.
5. Integraal-rekening	Onbepaalde integraal, primitieven van standaardfuncties, rekenregels, bepaalde integraal, oppervlak onder grafieken.	Bereken hoeveel arbeid er moet worden verricht om 5 mol gas isotherm bij een temperatuur van 300 K te comprimeren van 100 l naar 10 l. Voor het gas geldt de gaswet $pV = nRT$ en de arbeid wordt gegeven door $W = \int p dV$ .



## Domein 14. Vakverbreding (o.a. in kader van het leergebied mens en natuur)

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2
1. Scheikunde	Zie domein 12. Vanwege de vakken NaSk1 en NaSk2 (NaSk=natuur- en scheikunde) in het vmbo, is voor een startbekwame leraar natuurkunde de hoeveelheid scheikundekennis uitgebreider dan strikt noodzakelijk voor het leergebied mens en natuur.		
2. Techniek	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De rol van techniek in de samenleving en van de samenleving op de ontwikkelingen in de techniek.</li> <li>2. Werking van de belangrijkste technische producten en systemen in het dagelijkse leven.</li> <li>3. Ontwerpen en maken van eenvoudige producten.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek de vervuiling en emissies, uitputting van grondstoffen en energievoorraden ten gevolge van technologische ontwikkelingen.</li> <li>2. Geef drie varianten voor de overbrenging tussen motor en wielas bij een scooter. Beoordeel welke variant het beste toe te passen is. Gebruik hiervoor een wegingmethode.</li> <li>3. Ontwerp en maak een prototype van een "de stoep op" hulpje voor een rollator. Maak gebruik van de ontwerpcyclus.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek en beschrijf de evolutie van de auto en geef het belang en de consequenties van deze ontwikkeling aan in relatie tot de onderwerpen welvaart, wonen en werken. Schrijf hierover een verhandeling van 2000 woorden.</li> <li>2. Onderzoek de werking van diverse technische systemen in relatie tot energieomzettingen en constructies, bijvoorbeeld een cv-installatie.</li> </ol> 
3. Biologie en verzorging	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kennis over mensen, dieren en planten in wisselwerking met elkaar en hun omgeving (milieu). Bacteriën en virussen.</li> <li>2. Kennis m.b.t. de bouw en functie van het menselijk lichaam, verbanden met het bevorderen van lichamelijke en psychische gezondheid, en de eigen verantwoordelijkheid van het individu daar in.</li> <li>3. Kennis over zorg en de toepassing daarvan op het individu, anderen en de omgeving.</li> <li>4. Hoe is de veiligheid van individu en anderen in verschillende levensituaties (wonen, leren, werken, uitgaan, verkeer) positief te beïnvloeden.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek de onderlinge afhankelijkheid van mens, dier en plant. Mens en dier zijn voor de voeding afhankelijk van planten. Planten zijn afhankelijk van de zon.</li> <li>2. Maak een analyse van de verschillende levenskenmerken van de mens.</li> <li>3. Maak een berekening over ingaande en uitgaande energie in het lichaam en geef dan een advies over verantwoorde voeding.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vergelijk de wisselwerking tussen de mens en andere organismen in verschillende recreatiegebieden (bos/strand/ rivier/bergen).</li> <li>2. Maak een schematische tekening van het ademhalingsstelsel en geef aan uit welke onderdelen het ademhalingsstelsel bestaat.</li> <li>3. Verzamel informatie over aids (bijv. via internet) en maak een informatie poster voor pubers om besmetting met aids tegen te gaan.</li> </ol>
4. Natuur- en milieueducatie	Kennis van lucht, water en bodem, hergebruik en recycling enz. Processen uit het dagelijks leven herkennen als natuurwetenschappelijke processen. Samenwerking met natuur- en milieuorganisaties.	Bespreek de gevolgen van het opraken van energievoorraden, de toename van afvalstoffen, het dilemma van de keuze voor landbouw of natuur en de bedreiging van het uitsterven van soorten planten en dieren.	Zoek op wat bedoeld wordt met C2C en geef een duidelijke beschrijving van een product dat volgens dit principe geproduceerd is (wordt). (Minimaal 1000 woorden, maximaal 2000 woorden, tenminste één duidelijk plaatje).

## Domein 15. Onderzoek, technisch ontwerp en experimenteel werk

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld
1. Informatie	Verzamelen gegevens: mede met behulp van ICT informatie selecteren, verwerken, beoordelen en presenteren; gebruik maken van computermodellen. Analyseren: informatie en meetresultaten analyseren, schematiseren en structureren, mede met behulp van ICT; betrouwbaarheid van informatie.	Schrijf een webkwestie bij een onderwerp uit de natuurkunde waar leerlingen twee of meer lessen zelfstandig aan kunnen werken. Selecteer een aantal websites die je leerlingen gaan gebruiken bij de uitvoering van de webkwestie. Zet de webkwestie in een digitale vorm zodat het als een website te publiceren is. Schrijf de webkwestie voor leerlingen van een klas die je begeleidt in je stage. Vraag feedback op dit product van je begeleidende docent op de stageschool en van een of meer medestudenten. (Bron: <a href="http://www.webkwestie.nl">http://www.webkwestie.nl</a> ).
2. Instrumenten	Meten: meetinstrumenten, nauwkeurigheid, betrouwbaarheid, meetfouten, afronding, sensoren, ijken, dataverwerking met de computer, handleidingen. Veiligheid: Arbo-regelingen, aansprakelijkheid, inrichting practicumlokaal en kabinet. Gebruik van laser, kwik, hoogspanning, stroboscoop, hoge druk, onderdruk; milieu en gezondheid.	Ben ik als stagiair of leraar tijdens een practicum persoonlijk aansprakelijk bij een incident of ongeval in de klas? Ga op je stageschool na hoe de aansprakelijkheid daar is geregeld. Bron APS. ( <a href="http://www.aps.nl/APSite/Onderwijssectoren/Projecten/Natuur+en+Techniek/Onderbouw/Standaard+2.htm">http://www.aps.nl/APSite/Onderwijssectoren/Projecten/Natuur+en+Techniek/Onderbouw/Standaard+2.htm</a> ). ----- Bedenk en bouw en opstelling om de soortelijke weerstand van een metaaldraad te bepalen. Bepaal de soortelijke weerstand van ijzer en vergelijk die met die uit een tabellenboek.
3. Ontwerpen		Ontwerp en bouw een sorteeraapparaat voor munten. Maak gebruik van de ontwerpcyclus.
4. Onderzoeken		Neem één sliert ongekoekte spaghetti en buig de uiteinden langzaam naar elkaar, tot de pasta breekt. Zoek nu de stukken van de keukenvloer. Waarschijnlijk is de spaghetti niet keurig doormidden geknakt, maar in drie of vier stukken gebroken. Waarom breekt spaghetti niet netjes in tweeën? Een van de grootste wetenschappers aller tijden, fysicus Richard Feynman, grondlegger van de kwantumelektrodynamica, heeft zich al eens over dit probleem gebogen zonder een bevredigend antwoord te vinden. Onderzoek onder welke omstandigheden de verschillende manieren van breken voorkomen. Presenteer je resultaten. Ga te werk volgens de onderzoekscyclus.

## Domein 16. Historische, filosofische en maatschappelijke aspecten

Categorie/ kernconcept	Omschrijving van de categorie / het kernconcept	Voorbeeld: conceptueel
1. Historische aspecten	De grote lijn: de start in Griekenland en de Arabische wereld; de wetenschappelijke revolutie in Europa en de huidige dominantie van de Verenigde Staten. De groei en het ontstaan van de vakgebieden astronomie, optica, mechanica, warmteleer, elektriciteitsleer, atoom en kernfysica, vastestoffysica. De grote namen: van Ptolemeus tot Hubble.	Waarom kwam de iPhone zo laat? Een iPhone - hoe klein hij ook is - herbergt heel veel natuurkundig inzicht. Ga op zoek naar vijf essentiële onderdelen die gebaseerd zijn op vijf echt verschillende natuurkundige principes of ontdekkingen. Ga na welke naam en welk jaartal met dat principe verbonden is en beantwoord de vraag: had de iPhone (misschien iets minder klein) niet 100 jaar eerder op de markt kunnen komen?
2. Filosofische aspecten	Het onderwerp van natuurkunde, de afbakening en de relatie met andere wetenschappen. De natuurwetenschappelijke methode: de keuze voor de waarneming boven het dogma. De ontdekking van het universum: zijn omvang en ontwikkeling en de gevolgen hiervan voor het zelfbeeld van de mens. De speurtocht naar een 'theorie van alles' en de consequenties hiervan voor bijvoorbeeld het idee van de vrije wil.	Gerard 't Hooft kreeg in 1999 de Nobelprijs voor de natuurkunde. Hij is een van de meest vooraanstaande Nederlandse natuurkundigen. In interviews en publicaties geeft hij regelmatig zijn mening over de aard en de reikwijdte van natuurkundige wetten. Beschrijf in 500 woorden zijn mening over het bestaan van de menselijke geest - los van het lichaam en de hersenen. Achterhaal ten minste een originele publicatie (toevoegen als bijlage), geef een samenvatting van zijn argumentatie en geef aan in hoeverre je het met hem eens bent. Begin je artikel met een korte samenvatting van de geschiedenis van deze lichaam-geest discussie.
3. Maatschappelijke aspecten	De bijdragen van natuurkunde aan de ontwikkeling van de bouwkunde, de landbouw, de wapenwedloop, de industrialisatie, het vervoer, de communicatie en informatietechnologie, de geneeskunde, de energievoorziening en het milieubeleid. Morele aspecten: de persoonlijke verantwoordelijkheid van fysici en het belang van internationale solidariteit en samenwerking. Onderwijs in natuurkunde: het belang voor studie- en beroepskeuze en de mogelijke problemen als gevolg van de geringe populariteit van het vak.	De afgelopen tien jaar zijn er verschillende pogingen gedaan meer leerlingen te interesseren voor de exacte vakken en profielen op havo en vwo. Geef een overzicht van de initiatieven: wanneer, met welke kreet, welke activiteiten en met welk resultaat? Geef je mening over deze inspanningen en geef aan hoe dit probleem wellicht beter kan worden aangepakt.

## Samenstelling redactie en legitimeringspanel

### Vakredactie

Jan Rasenberg (Hogeschool Rotterdam)  
Chris de Jong (Fontys lerarenopleiding Tilburg)  
Gert de Goede (Hogeschool van Amsterdam)  
Meine Zandbergen (Hogeschool van Amsterdam)  
Freerk Dijkstra (Christelijke Hogeschool Windesheim)

### Legitimeringspanel

dr. H.J.Pol (TUT, vakdidactiek Natuurkunde ELAN)  
Dr. Ir.M.J. Vollebregt (Universiteit Utrecht, IVLOS/FI-sme)  
Wilfried Allaerts (lid algemeen bestuur NNV; docent)  
René Martens (Nederlandse vereniging voor onderwijs in Natuurwetenschappen)  
Jeroen Kleijn (docent vmbo)  
Sanne Steenbrink (docent mbo)  
Esther van der Steen (docent onderbouw havo/vwo)

## **BIJLAGE 1 - INHOUDSOPGAVE VAN DE 8<sup>E</sup> EDITIE VAN Introduction to Physics (Cutnell & Johnson, 2009)**

1. Introduction and Mathematical Concepts
2. Kinematics in One Dimension
3. Kinematics in Two Dimensions
4. Forces and Newton's Laws of Motion
5. Dynamics of Uniform Circular Motion
6. Work and Energy
7. Impulse and Momentum
8. Rotational Kinematics
9. Rotational Dynamics
10. Simple and Harmonic Motion and Elasticity
11. Fluids
12. Temperature and Heat
13. The Transfer of Heat
14. The Ideal Gas Law and Kinetic Theory
15. Thermodynamics
16. Waves and Sound
17. Principle of Linear Superposition and Interference Phenomena
18. Electric Forces and Electric Fields
19. Electric Potential Energy and the Electric Potential
20. Electric Circuits
21. Magnetic Forces and Magnetic Fields
22. Electromagnetic Induction
23. Alternating Current Circuits
24. Electromagnetic Waves
25. The Reflection of Light: Mirrors
26. The Refraction of Light: Lenses and Optical Instruments
27. Interference and the Wave Nature of Light
28. Special Relativity
29. Particles and Waves
30. The Nature of the Atom
31. Nuclear Physics and Radioactivity
32. Ionizing Radiation, Nuclear Energy and Elementary Particles

## 4. Kennisbasis Scheikunde

### inleiding

De kennisbasis scheikunde verwijst naar het geheel van kennisvereisten waarover een leraar scheikunde moet beschikken. Het beheersen van de kennisbasis scheikunde is voorwaardelijk voor het competent handelen van de afgestudeerde. De kennisbasis bevat een overzicht van de cognitieve kennis in twintig vakspecifieke domeinen die iedere startbekwame leraar voor het tweedegraads gebied tijdens zijn opleiding heeft doorlopen (kolom 1).

Voor het algemene chemische deel van het curriculum is de kennisbasis gebaseerd op het boek "Chemistry" van John McMurry & Robert C. Fay, 5th edition 2009. Daarmee is tevens het niveau vastgelegd (College Chemistry). Voor de onderwerpen waarvoor dit boek tekort schiet wordt andere literatuur vermeld.

Kolom 2 van de kennisbasis bevat een verdere verfijning van kernconcepten. Deze kernconcepten worden grofweg allemaal behandeld, maar de verschillende opleidingen hebben de vrijheid om accenten te leggen. Om het risico van oppervlakkigheid te voorkomen ('a mile wide and one inch deep') is het noodzakelijk om bij een selectie van concepten het beschreven niveau te overstijgen.

### Practicum

Geen scheikunde zonder practicum. In elk domein wordt aandacht besteed aan practica. Dit geldt ook voor domein 18, natuurkunde. Het redactieteam heeft echter geen specifieke practica vastgelegd in deze kennisbasis. De opleiding heeft de vrijheid om de juiste experimenten te kiezen. Wel is het chemisch practicum als apart domein (domein 20) opgenomen, waarin de kennis over en rondom het practicum scheikunde is vastgelegd.

### Contextrijke leeromgeving

De afgestudeerde bezit naast een gedegen vakkennis ook een goed beeld van de context- en conceptbenadering. Onder deze benadering wordt scheikundeonderwijs verstaan dat uitgaat van maatschappelijke, experimentele en theoretische contexten. De contexten fungeren als brug tussen de werkelijkheid en de scheikundige concepten die aan het vak ten grondslag liggen. Expliciet is dat niet in de kennisbasis aangegeven, maar veel van de leerinhouden staan in de context van toepassingen in het dagelijks leven.

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeeld-toets-items
	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door McMurry & Fay, Chemistry, 5th edition (hoofdstukken genoemd). Indien anders, staat de titel van een lesboek vermeld.	Deze vragen zijn exemplarisch en bedoeld als indicatie van het niveau waarop studenten met deze begrippen om moeten kunnen gaan.
<b>1. Basisbegrippen</b>	H1 en 2	
1.1 De discipline scheikunde	Het vak, natuurwetenschappen, materie, eigenschappen, processen, plaats in de samenleving en het dagelijkse leven.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Beschrijf aan de hand van tenminste drie voorbeelden de plaats de scheikunde in onze samenleving.</li> <li>Langs de weg van het experiment worden in de natuurwetenschappen regels en wetten gevonden. Beschrijf deze zogenaamde natuurwetenschappelijke methode.</li> </ol>
1.2 Stoffen en materialen, warenkennis	Elementen, atomen, symbolen, atoomnummer, periodiek systeem, perioden en groepen, moleculaire stoffen, zouten, mengsels.	<ol style="list-style-type: none"> <li>In welke groepen* van het periodiek systeem bevinden zich de halogenen, aardalkalimetalen, edelgassen, overgangsmetalen en alkalimetalen?</li> <li>Noteer het aantal protonen, elektronen en neutronen in de volgende atomen of ionen: <math>^{40}\text{Ca}^{2+}</math> <math>^{40}\text{Ar}</math> <math>^{35}\text{Cl}^-</math> <math>^{39}\text{K}^+</math></li> </ol>
1.3 Experimenteren en meten	Basisgrootheden en grondeenheden in het SI, afgeleide eenheden, nauwkeurigheid en onzekerheid, significantie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>De dichtheid van zwavelzuur bedraagt <math>1,84 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}</math>. Wat is de massa van 25 mL zwavelzuur (in gram)?</li> <li>De dichtheid <math>\rho</math> van een vloeistof wordt berekend uit de massa <math>m = 24,78 \pm 0,05</math> gram en het volume <math>V = 19,82 \pm 0,08</math> mL. Bereken <math>\rho</math> in <math>\text{g mL}^{-1}</math> met opgave van de onzekerheid in de berekende waarde.</li> </ol>
<b>2 Chemische reacties</b>	H3	
2.1 Reactievergelijkingen	Wet van behoud van massa, stoichiometrie, mol, getal van Avogadro, molaire massa.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Noteer de kloppende vergelijking van de reactie tussen kaliumchloraat (<math>\text{KClO}_3</math>) en glucose (<math>\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6</math>). Reactieproducten zijn <math>\text{KCl}</math>, <math>\text{CO}_2</math> en <math>\text{H}_2\text{O}</math>.</li> <li>De constante van Avogadro is het aantal deeltjes (ionen, atomen) per mol. Bereken de molaire massa van waterstofchloride (<math>\text{g mol}^{-1}</math>) als gegeven is dat 1 molecuul <math>\text{HCl}</math> 36,46 u weegt.</li> </ol>
2.2 Reactanten en producten	Elementenanalyse, massapercentage, empirische formule, molecuulformule.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Bereken het massapercentage koolstof in glucose (<math>\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6</math>).</li> <li>Voor de bereiding van ijzersulfide (<math>\text{FeS}</math>) wordt 14 gram ijzer en 10 gram zwavel gemengd. Het mengsel wordt tot reactie gebracht. Ga door berekening na welke stof in overmaat aanwezig is en hoeveel gram ervan.</li> </ol>
2.3 Oplossingen	Concentratie, molariteit, titratie, verdunnen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Geconcentreerd salpeterzuur bevat 65% (m/m) <math>\text{HNO}_3</math>. De dichtheid bedraagt <math>1,39 \text{ g mL}^{-1}</math>. Hoeveel mL <math>\text{HNO}_3</math> moet worden afgemeten om 1,0 liter 4 M <math>\text{HNO}_3</math> te bereiden?</li> <li>Bereken de concentratie <math>\text{NaCl}</math> in <math>\text{mol L}^{-1}</math> in een oplossing die 10,0% (m/m) <math>\text{NaCl}</math> bevat. De dichtheid van de oplossing bedraagt <math>1,07 \text{ kg L}^{-1}</math>.</li> </ol>
<b>3 Analytische Chemie</b>	H4 en 15	
3.1 Elektrolytoplossingen	Dissociatie, sterke en zwakke elektrolyten, moleculaire stoffen in oplossing.	<ol style="list-style-type: none"> <li>In welk van beide gevallen is de ionisatiegraad het hoogst: 0,1 M <math>\text{HAc}</math> of 0,1 M <math>\text{HCl}</math>. Motiveer je antwoord.</li> <li>Leg uit waarom een oplossing van glucose een elektrische stroom niet geleidt en die van keukenzout wel? Gebruik ook een reactie-vergelijking.</li> </ol>

<b>3 Analytische Chemie</b>	H4 en 15	
3.2 Chemische reacties	Neerslagreacties, zuurbase reacties, redox reacties, titraties.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ga na of een reactie optreedt als een oplossing van bariumchloride wordt toegevoegd aan een natriumsulfaat-oplossing.</li> <li>Gaat het in de volgende reacties om een zuurbase reactie of een redox reactie (motiveer je antwoord): <ul style="list-style-type: none"> <li>magnesium reageert met verdund zwavelzuur;</li> <li>ijzererts wordt m.b.v. koolstof omgezet in ijzer en koolstofdioxide;</li> <li>waterstofbromide reageert met bariumhydroxide.</li> </ul> </li> </ol>
3.3 Neutralisatiereacties	Zuren en basen, neutralisatieconstante, pH-curves, equivalentiepunt, indicatoren kiezen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Welke indicator kies je als een oplossing van azijnzuur titreert met natronloog? Motiveer je antwoord.</li> <li>Teken de titratiekromme voor titratie van een sodaoplossing met zoutzuur, beide 0,1 M sterk. Geef daarin de ligging van de equivalentiepunten aan.</li> </ol>
3.4 Neerslagreacties	Oplosbaarheid, oplosbaarheidstabel, commonion effect, selectieve precipitatie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Voor een verzadigde oplossing van <math>\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2</math> geldt <math>[\text{Ca}^{2+}] = 2,01 \times 10^{-8} \text{ M}</math> en <math>[\text{PO}_4^{3-}] = 1,6 \times 10^{-5} \text{ M}</math>. Bereken <math>K_s</math> van <math>\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2</math>.</li> <li>Bereken de molaire oplosbaarheid van magnesiumfluoride in 0,10 M <math>\text{MgCl}_2</math> (298K).</li> <li>Iemand wil <math>\text{Ag}^+</math>-ionen zo volledig mogelijk uit oplossing verwijderen m.b.v. 1 mol/L oplossingen van <math>\text{I}^-</math>, <math>\text{PO}_4^{3-}</math> of <math>\text{S}^{2-}</math>. Ga door berekening na welke van de drie het meest geschikt is.</li> </ol>
3.5 Complexvorming	Vormingsconstanten, complexometrische titratie, liganden.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Een complexometrische titratie wordt altijd uitgevoerd in gebufferd milieu. Waarom?</li> <li>Een complexometrische indicator vormt met het te bepalen metaalion een complex. Wat kun je zeggen over de stabiliteit van het metaal-EDTA complex vergeleken met die van het metaal-indicator complex?</li> </ol>
3.6 Bufferoplossingen	Zwak zuur en zijn geconjugeerde base, buffervergelijking, buffercapaciteit.	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>K_a</math> van azijnzuur bedraagt <math>1,8 \times 10^{-5}</math>. Laat door berekening zien hoe groot <math>K_b</math> van de geconjugeerde base is (298 K).</li> <li>Aan 50 mL 1,0 M azijnzuur-oplossing wordt 30 mL 1,0 M NaOH-oplossing toegevoegd. Bereken de pH van het ontstane buffermengsel.</li> </ol>
3.7 Berekeningen	Concentratie, molariteit, molaliteit, massa-%, volume-%, molfractie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Geef aan hoe je een 10% (w/w) KI-oplossing bereidt.</li> <li>Een oplossing van salpeterzuur (2,00 mol/L) heeft een dichtheid van 1,064 g/mL. Bereken de molaliteit van het salpeterzuur in mol/kg water.</li> <li>Wat is het voordeel van het gebruik van molaliteit tegenover molariteit? In welke gevallen is de molaliteit handiger?</li> </ol>
<b>4 Atoomstructuur</b>	H 5	
4.1 Atoombouw, denken in modellen	Elektronen, protonen, neutronen, atoomnummer, massagetal, isotopen, atoommassa, symbool, modellen door de geschiedenis heen: Dalton, Rutherford, Bohr en Schrödinger.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hoeveel elektronen, protonen en neutronen bevatten de isotopen <math>^{35}\text{Cl}</math> en <math>^{37}\text{Cl}</math> (Z=17)?</li> <li>Teken een atoom <math>^{12}\text{Mg}</math> volgens het atoommodel van Rutherford en volgens Bohr. Beschrijf de verschillen.</li> </ol>



<b>4 Atoomstructuur</b>	H 5	
4.2 Elektromagnetische straling	Kwanta, amplitude, energie, frequentie, golflengte, lichtsnelheid, constante van Planck.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deeltjes en golven zijn verschillende vormen van energie. Bereken de golflengte van een jongen van 60,0 kg.</li> <li>2. De uitkomst heeft geen fysische betekenis. Licht dat toe.</li> </ol>
4.3 Absorptie en emissie van straling	Energie-effecten, energieniveaus.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laat in een energieschema zien wat er gebeurt wanneer een atoom een foton absorbeert en de opgenomen energie afstaat als warmte door emissie van straling met 2 verschillende golflengten.</li> <li>2. Beschrijf wat het emissiespectrum van een atoom laat zien.</li> </ol>
4.4 Orbitalen	Elektronenconfiguratie, Aufbau principe, valentie-elektronen, periodiek systeem en eigenschappen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef de elektronenconfiguratie over de s, p, d en f-niveaus van een atoom <math>_{58}\text{Ce}</math>.</li> <li>2. Teken de elektronenconfiguratie in een energiediagram met blokjes van het oxide-ion.</li> </ol>
4.5 Kwantumgetallen	Hoofdkwantumgetal, s, p, d en f orbital, elektronspin, Pauli principe, regel van Hund.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef de elektronenconfiguratie van mangaan.</li> <li>2. Leg aan de hand van de elektronenconfiguratie van mangaan het voorkomen van veel ionen van mangaan uit.</li> </ol>
4.6 Nucleaire Chemie	Kernstructuur, kernkracht, massadefect radioactiviteit, kernsplijting en -fusie. Toepassingen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef het verschil in massadefect per nucleon aan tussen een kernsplijting van zware elementen en kernfusie van waterstof.</li> <li>2. Beschrijf een medische toepassing van isotoop koolstof 11.</li> </ol>
<b>5 Periodiek Systeem en elementen</b>	H 6, 18, 19, 20	
5.1 Elektronenconfiguratie	Ionen van hoofdgroepen en hun edelgasconfiguratie, octetregel.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wat is een edelgasconfiguratie?</li> <li>2. Verklaar aan de hand van de elektronenconfiguratie van <math>_{16}\text{S}</math> dat zowel het <math>\text{S}^{2-}</math>-ion als het <math>\text{SO}_4^{2-}</math>-ion stabiel is.</li> </ol>
5.2 Trends in het periodiek systeem	Ionstralen, ionisatie energieën, elektronenaffiniteit.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beschrijf waarom de ionisatie-energie toeneemt van links naar rechts in een periode.</li> <li>2. Beschrijf hoe de ionstraal verloopt van Cl, Br en I</li> </ol>
5.3 Alkalimetalen, aardalkalimetalen, Elementen groep 3, halogenen en edelgassen	Eigenschappen, voorkomen, productie, reacties.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verklaar de toename van reactiviteit van <math>\text{Li} &gt; \text{Na} &gt; \text{K}</math> aan de hand van de atoomstraal en ionisatie-energie.</li> <li>2. Strontium vindt toepassing in vuurwerk vanwege de fraaie kleuren. Wat is de atomaire verklaring van de kleuren?</li> </ol>
5.4 Kennis van elementen	Voorkomen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zwavel vormt onder meer de verbinding <math>\text{SF}_6</math>. Dit is een zesomringing in plaats van de veelvoorkomende vieromringing. Geef aan waardoor een zesomringing bij <math>\text{SF}_6</math> mogelijk is.</li> <li>2. In hemoglobine is het <math>\text{Fe}^{2+}</math> ion door liganden omringd en deels door zuurstof. Beschrijf de vorm van het hemoglobine.</li> </ol>
<b>6 Binding</b>	H6, 7, 21	
6.1 Chemische binding	Wat is binding (chemisch en fysisch binding)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leg het verschil uit tussen inter- en intramoleculaire krachten.</li> <li>2. Hoort een waterstofbrug tot de inter- of intramoleculaire kracht? Licht toe.</li> </ol>

<b>6 Binding</b>	H6, 7, 21	
6.2 Ionbinding	Ionbinding, roosterenergie.	1. Leg uit waarom de roosterenergie van MgO veel groter is dan die van NaCl. 2. Wat is het verschil tussen een ionbinding en een covalente binding?
6.3 Metaalbinding	(Half)geleiders, p, n-transistoren.	
6.4 Covalente binding	Sterkte van een covalente binding, elektronrelativiteit, elektronenaffiniteit. Polariteit van binding.	1. Wat is het meest elektronegatieve element? Leg uit. 2. Teken een molecuul methanol en geef de polariteit aan.
6.5 Structuur	Lewisstructuur, enkelvoudige- en meervoudige binding, resonantie/mesomerie, formele lading.	1. Teken de Lewisstructuur van azijnzuur. 2. Bereken de formele lading van elk atoom in $N_2O$ ( $N=N=O$ , let op niet NON).
6.6 Ruimtelijke modellen	VSEPR model, moleculaire geometrie, $sp^3$ , $sp^2$ en $sp$ hybridisatie. Pi- en sigmabindingen.	1. Teken een molecuul propane ruimtelijk en benoem de sigma- en pi-bindingen. 2. Waardoor is de hoek H-O-H in water kleiner dan de $109^\circ$ die je zou verwachten?
6.7 Moleculaire orbitalen	Waterstof en andere diatomige moleculen.	
<b>7 Thermochemie en thermodynamica</b>	H8, 16	
7.1 Calorimetrie	Energie, arbeid, eerste hoofdwet, kinetische en potentiële energie.	1. De warmte die vrijkomt bij de verbranding van 8,0 gram methanol wordt benut om 2,5 liter water te verwarmen. Wat is de maximale temperatuurstijging die mag worden verwacht? 2. In een calorimetrisch experiment wordt m.b.v. HCl- en NaOH-oplossingen de reactie-enthalpie van water bepaald. Deze bedraagt $-58 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Zoek in Binas de vormingsenthalpie van water op en verklaar het verschil.
7.2 Thermochemie	Endo- en exotherm, enthalpie, wet van Hess, vormings- en reactie-enthalpie.	1. Bereken met behulp van een enthalpiediagram de verbrandingsenthalpie van 1 mol etheen ( $C_2H_4$ ). $\Delta H_f$ bedraagt $51 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Noteer in het diagram de numerieke waarden van <u>alle</u> deelnemende stoffen. 2. Geef aan wat het verschil is tussen de reactie-energie en de reactie-enthalpie.
7.3 Entropie	Eerste en tweede hoofdwet, spontaan verlopende reacties.	1. Voor een evenwichtsreactie geldt onder standaardomstandigheden $\Delta H < 0$ en $\Delta S < 0$ . Wat gebeurt er met de evenwichtsconstante $K$ als de temperatuur van het reactiemengsel wordt verhoogd: wordt $K$ kleiner, groter of blijft hij gelijk? Motiveer je antwoord. 2. Bereken de (grens)temperatuur voor de spontane ontleding van $CaCO_3$ .
7.4 Vrije energie	Vrije reactie-energie onder standaardomstandigheden, vrije vormingsenergie, vrije energie en evenwicht.	1. Voor de volgende evenwichtsreactie: $A(g) \leftrightarrow B(g)$ geldt $\Delta G^\circ > 0$ . Bij evenwicht bedraagt de evenwichtsconstante $K = 0,20$ . Schets in een grafiek zo volledig mogelijk het verloop van de vrije energie tijdens de reactie (dus van 100% A tot 100% B). 2. $\Delta G_f^\circ$ voor de reactie $N_2O_4(g) \leftrightarrow 2NO_2(g)$ bedraagt onder standaardomstandigheden $4,73 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Is $K < 1$ of $> 1$ ? Motiveer je antwoord.

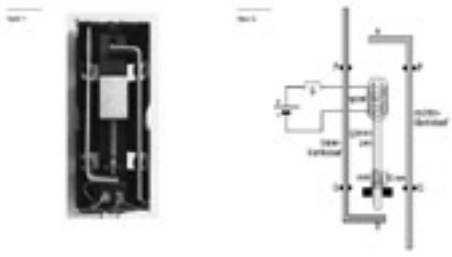
<b>8 Gassen, vloeistoffen en vaste stoffen</b>	H9, 10, 11	
8.1 Eigenschappen van gassen	Druk, volume, mol, temperatuur, wet van Avogadro, Boyle, Dalton en Charles, ideale gaswet.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bereken het volume van 26,00 gram stikstofgas onder omstandigheden waarbij 30,0 Liter zuurstofgas een massa van 26,0 gram heeft.</li> <li>2. In een gastank van 40 Liter bevindt zich, bij 20 °C, helium onder een druk van 18 kPa. Hoeveel kg helium bevindt zich in deze gastank?</li> </ol>
8.2 Gedrag van gassen	Kinetische energie, wet van Graham, temperatuur, massa, snelheid, diffusie, effusie, adiabatische expansie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rangschik de volgende gassen naar toenemende gemiddelde snelheid van de moleculen (alle gassen gelijke druk, volume en temperatuur). Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.</li> <li>2. Bereken de gemiddelde snelheid van een neonatoom onder standaardomstandigheden.</li> </ol>
8.3 Eigenschappen van vaste stoffen	Kristallijn, amorf, ion- en molecuul rooster, eenheidscel.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leg met behulp van de term 'rooster' uit welke allotropen van koolstof bekend zijn en wat het verschil tussen die allotropen is.</li> <li>2. Boornitride (BN) heeft een covalent netwerk met dezelfde structuur als grafiet. Schets een gedeelte van het BN-netwerk en geef hierin een eenheidscel aan.</li> </ol>
8.4 Eigenschappen van vloeistoffen	Vanderwaalsbinding, dipoolmoment, polair en apolair, dipoolinteractie, London interactie, Dampspanning	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leg uit waardoor ethanol en ammoniak goed oplossen in water en waarom ammoniak dat veel beter (meer) doet dan ethanol.</li> <li>2. In welke van de stoffen Xe, F<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub> en HCl heersen: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. de grootste dipool-dipool-interacties?</li> <li>b. de grootste London-dispersie-interacties?</li> </ol> </li> </ol>
8.5 Eigenschappen van oplossingen	Onverzadigd, verzadigd, oververzadigd, oplosbaarheid, wet van Henry, Intermoleculaire krachten, wet van Raoult. Kookpuntverhoging en vriespuntddaling (alleen conceptueel).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oplossing A heeft een glycerolconcentratie van 20 gram/L en oplossing B heeft een glycolconcentratie van 30 gram/L. Beredeneer welke van deze oplossingen de kleinste kookpuntverhoging heeft.</li> <li>2. Leg voor elke aggregatietoestand (vast, vloeibaar en gas) uit welk effect de druk heeft op de oplosbaarheid daarvan in een vloeistof.</li> </ol>
8.6 Fasen	Fase diagrammen, faseovergangen, smelt- en kookpunt, smelt- en verdampings-enthalpie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leg uit wat we verstaan onder de term 'tripelpunt'.</li> <li>2. Leg m.b.v. een fasediagram uit waarop de scheiding d.m.v. destillatie van een water-ethanol-mengsel berust.</li> </ol>
<b>9 Reactiekinetiek</b>	H 12	
9.1 Reactiesnelheid	Snelheidsvergelijkingen, snelheidsconstante, reactieorde, geïntegreerde snelheidsvergelijking, 0e, 1e en 2e orde reacties, halfwaardetijd.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De reactie A → B is eerste orde in A. Na een reactietijd van 10 seconden blijkt dat de beginconcentratie [A]<sub>0</sub> gehalveerd is. Na hoeveel seconden is [A] gezakt tot 1/3 van [A]<sub>0</sub>?</li> <li>2. In een kinetiek experiment blijkt dat de reactiesnelheid met een factor 2,8 toeneemt als de waarde van een component A wordt verdubbeld. Wat is de orde van de reactie in A?</li> </ol>
9.2 Invloed van de temperatuur	Arrheniusvergelijking, botsende deeltjes model, activeringsenergie, geactiveerd complex, energiediagrammen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teken het energiediagram van een exotherme reactie. Geef daarin aan de activeringsenergie E<sub>a</sub>, het geactiveerd complex en ΔH van de reactie. Teken in hetzelfde diagram het verloop van de gekatalyseerde reactie.</li> <li>2. In een kinetisch experiment wordt bij verschillende temperaturen de reactiesnelheid gemeten. Grafisch uitgezet levert het verband tussen ln k en 1/T (K<sup>-1</sup>) een rechte op met als helling -1,07 x 10<sup>4</sup> K. Bereken de activeringsenergie E<sub>a</sub> van de reactie.</li> </ol>

<b>9 Reactiekinetiek</b>	H 12	
9.3 Katalyse	Homogene en heterogene katalyse, reactie-intermediair, enzymkinetiek (alleen conceptueel), nieuwe trends in katalyse.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Het enzym urease katalyseert de omzetting van ureum in ammoniak en koolstofdioxide. De niet-gekatalyseerde reactie heeft een activeringsenergie <math>E_a = 125 \text{ kJ mol}^{-1}</math>, de gekatalyseerde reactie <math>E_a = 46 \text{ kJ mol}^{-1}</math>. Hoeveel maal sneller verloopt de gekatalyseerde reactie bij <math>21^\circ \text{C}</math>?</li> <li>Beschrijf twee nieuwe ontwikkelingen in de katalyse.</li> </ol>
9.4 Reactiemechanismen	Elementaire reacties, snelheidsbepalende stap.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Voor de reactie <math>\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{HI}(\text{g})</math> blijkt experimenteel <math>s = k[\text{H}_2][\text{I}_2]</math>. Ga na dat het volgende mechanisme van elementaire reacties voldoet aan deze snelheidsvergelijking:  <math>\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow \text{H} + \text{HI}_2</math> snel en reversibel  <math>\text{H} + \text{HI}_2 \leftrightarrow \text{HI} + \text{HI}</math> snelheidsbepalend</li> <li>Het mechanisme van de ontleding van ozon in zuurstof o.i.v. uv straling wordt voorgesteld door:  <math>\text{O}_3 \xrightarrow{h\nu} \text{O} + \text{O}_2</math> snel en reversibel  <math>\text{O} + \text{O}_3 \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{O}_2</math> snelheidsbepalend            Bepaal uit deze elementaire reacties de overall reactiesnelheidsvergelijking.</li> </ol>
<b>10 Chemisch evenwicht</b>	H 13	
10.1 Ligging van een evenwicht	Evenwichtsconstanten ( $K_p$ , $K_c$ , $Q$ ), temperatuur-afhankelijkheid.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Wat is het verschil tussen <math>K_c</math> en <math>Q_c</math>?; wat is het verband tussen <math>K_p</math> en <math>K_c</math>?</li> <li>Als een evenwicht verschuift in de richting van producten, wordt <math>K</math> dan groter of kleiner?</li> </ol>
10.2 Evenwichts-samenstelling	Evenwichtsvergelijkingen, evenwichtsconstante, concentratiebreuk $Q$ bij niet-evenwicht omstandigheden.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Noteer de evenwichtsconstante voor de vorming van ammoniak uit de elementen.</li> <li>Op <math>t = 0</math> bedraagt <math>[\text{NH}_3] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}</math>. Op <math>t = t</math> is er evenwicht en bedraagt <math>[\text{NH}_3] = 0,20 \text{ mol L}^{-1}</math>. Bereken <math>K_c</math> onder deze omstandigheden.</li> </ol>
10.3 Verschuiven van een evenwicht	Concentratie-, druk (volume) en temperatuur invloeden, regels van Van 't Hoff - Le Chatelier.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Voor een reactie geldt <math>\Delta H &lt; 0</math>. Beredeneer in welke richting het evenwicht verschuift bij temperatuurverhoging?</li> <li>Beredeneer wat er gebeurt met de evenwichtsligging als bij de reactie <math>\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})</math>, bij gelijkblijvende temperatuur, het volume wordt verkleind.</li> </ol>
<b>11 Zuren en basen</b>	H 14	
11.1 Donor- acceptor denken	Overeenkomst tussen zuurbase en redox.	
11.2 Brønstedtheorie	Protodonator, protonacceptor, oxoniumion, geconjugeerde zuurbase paren, zuurconstante, baseconstante.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Noteer de protolysereactie(s) van <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> in water.</li> <li>Wat is de geconjugeerde base van <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>? En wat het zuurrest-ion?</li> <li>Bereken de pH van           <ol style="list-style-type: none"> <li>2,5 L 0,20 M zoutzuur</li> <li>3,8 L 0,40 M azijnzuur</li> </ol> </li> <li>Een oplossing van aluminiumnitraat blijkt zuur te zijn.           <ol style="list-style-type: none"> <li>Noteer een reactievergelijking die dit verschijnsel verklaart.</li> <li>Onderstreep de geconjugeerde base in deze reactievergelijking.</li> <li>Geef in deze reactievergelijking met pijltjes de protonoverdracht aan.</li> </ol> </li> </ol>

<b>11 Zuren en basen</b>	H 14	
11.3 Lewis zuren en basen	Elektronenoverdracht, covalente binding.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IJzer(III)chloride reageert in water als een zuur. Het IJzer(III)ion is daarom op te vatten als een Lewiszuur. Leg aan de hand van het voorbeeld van ijzer(III)chloride uit wat we onder een Lewiszuur verstaan.</li> <li>2. Leg uit dat de volgende reactie: <math>\text{BeCl}_2 + 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{BeCl}_4^{2-}</math> is op te vatten als een zuur-base-reactie. Wat is hier het zuur?</li> </ol>
11.4 Water	Zure-, basische- en neutrale oplossingen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laat aan de hand van voorbeelden zien dat water een amfolyt is.</li> <li>2. Bij een afwijkende temperatuur bedraagt de dissociatieconstante van water <math>1 \cdot 10^{-16}</math>. Bereken de pH van zuiver water bij deze afwijkende temperatuur.</li> </ol>
<b>12 Elektrochemie</b>	H 17	
12.1 Redoxreacties	Elektronenoverdracht, standaard reductiepotentiaal, Nernst.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leid de wet van Nernst af, uitgaande van de betrekkingen <math>\Delta G_r = -nFE</math> en <math>\Delta G_r = \Delta G_r^0 + RT \ln Q</math></li> </ol>
12.2 Galvanische cellen	Spontaan verlopende reacties, verkorte celnotatie, anode en kathode, standaard bronspanning, (moderne) batterijen, brandstofcel.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kun je elke batterij opladen?</li> <li>2. Van de volgende twee halfcellen wordt een galvanische cel gebouwd: <math>\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}</math> en <math>\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}</math> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Noteer de verkorte celnotatie.</li> <li>b. Bereken <math>\Delta V^0</math>.</li> <li>c. Bereken <math>\Delta V</math> als de concentratie van alle deelnemende stoffen <math>0,10 \text{ mol L}^{-1}</math> bedraagt.</li> </ol> </li> </ol>
12.3 Elektrolytische cellen	Elektrolyse, anode en kathode, ontledingspanning, galvaniseren, wet van Faraday.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Voor de bereiding van natrium uit een pekelsmelt, <math>\text{NaCl(l)}</math>, is veel minder energie nodig dan voor aluminium uit bauxiet. Noem daar de reden van.</li> <li>2. Bij de elektrolyse van gesmolten pekkel ontstaan natrium en chloor (het Dow proces). Teken schematisch de opstelling voor elektrolyse en laat zien welke processen zich aan de anode en kathode afspelen.</li> </ol>
<b>13 Spectroscopie</b>	Scheikunde voor het laboratorium-onderwijs, instrumentele analyse (Thieme Meulenhoff).	
13.1 Algemene begrippen	Breking, Lambert-Beer, spectraallijnen, spectrometrie als analysemethode, wat voor soort problemen kun je hiermee oplossen?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teken een blokschema van een eenvoudige colorimeter, benoem de onderdelen en hun functie.</li> <li>2. Noem de 4 voorwaarden waaronder de wet van Lambert-Beer geldig is.</li> </ol>
13.2 Atoomspectroscopie	AAS, AES.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Waarin wijkt AES af van AAS?</li> <li>2. Welke fotometrische methode wordt gebruikt voor de analyse van o.m. natrium en kalium.</li> </ol>
13.3 Molecuulspectroscopie en structuuropheldering	IR, UV-VIS, NMR, MS, Röntgenspectroscopie (principe en toepassing kunnen beschrijven, geen spectra ophelderen).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Welke van de hiernaast genoemde spectroscopische technieken wordt gebruikt voor structuuropheldering van organische verbindingen en waarom?</li> <li>2. Beschrijf het principe en de toepassing van massa spectroscopie.</li> </ol>

<b>14 Scheidingsmethoden</b>	Altman, Scheikunde voor het mbo	
14.1 Klassieke en hedendaagse scheidingsmethoden	Centrifugeren, filtreren, adsorberen, zeven, herkristallisatie, sublimatie, vriesdrogen. Koppeling van scheidingsmethoden en spectrometrische methoden.	1. Noem van de hiernaast genoemde scheidingsmethoden het principe. 2. Noem van elke methode een toepassing uit het dagelijks leven.
14.2 Chromatografie	GLC, vloeistofchromatografie (papier), HPLC, DLC, kolomchromatografie. Chromatografie als analysemethode. Elektroforese. Ionenwisselingschromatografie.	1. Wat wordt onder de retentiefactor $R_f$ verstaan? 2. Zowel GLC als HPLC worden gebruikt voor kwantitatieve analyse. Daar wordt vaak de interne standaardmethode voor gebruikt. Leg uit hoe deze methode werkt.
14.3 Extractie	Continue extractie, vloeistof-vloeistof, vloeistof-vast.	1. In een meervoudig extractieproces wordt 100 mL waterige oplossing, die 2,00 mmol stof bevat, drie maal met 25 mL hexaan geëxtraheerd. Bereken het extractierendement als de verdelingscoëfficiënt 5,0 bedraagt. 2. Beschrijf het proces van continue extractie.
14.4 Destillatie	Standaard- en gefractioneerde destillatie, stoomdestillatie, azeotropie, destillatie onder verminderde druk.	1. Leg uit wat onder gefractioneerde destillatie wordt verstaan. 2. Wanneer wordt een destillatie bij verminderde druk uitgevoerd?
<b>15 Organische Chemie</b>	Fundamentals of Organic Chemistry. McMurry & Simanek	
15.1 Basiskennis van organische verbindingen	Karakteristieke groepen, nomenclatuur, fysische eigenschappen, additie, substitutie, eliminatie, reactieve deeltjes.	1. Geef de structuurformule van het meest waarschijnlijke eliminatieproduct van 2-chloor-3-methylpentaan. 2. Een broek is bespat met gamma-aminoboterzuur (GABA; 4-hydroxybutaanzuur). Bedenk met welk oplosmiddel je deze spatten GABA kunt verwijderen en beargumenteer je keuze.
15.2 Reacties en mechanismen van alkanen, alkenen, aromaten, halogeenalkanen, alcoholen, ethers, carbonylverbindingen, amines	$S_N1$ en $-2$ , radicaalmechanismen, kationische polymerisatie. Exemplarisch: elektrofiel aromatische substitutie, (anti-)Markovnikov, Diels-Alder, Grignard. Energiediagrammen.	1. Geef de structuurformules van de monochloor reactieproducten als je een equimolair mengsel van chloor en 2-methylbutaan bestraalt. Geef beargumenteerd aan welk product het meest ontstaat. 2. Geef het reactiemechanisme van de nucleofiele substitutie van 2-broom-3-methylbutaan in een oplossing van natriumhydroxide in water.
15.3 Stereochemie	Conventies, draaiing van het polarisatievlak, chiraliteit, scheiding van enantiomeren.	1. Bedenk en bespreek drie manieren om een mengsel van enantiomeren te scheiden. 2. Leg uit waarom er geen verband bestaat tussen de draaiing van het polarisatievlak (+) of (-) en de aanduiding D,L of R,S.
15.4 Polymeerchemie	Polyaddities, polycondensatie, kinetiek, molecuulmassaverdeling. Fysisch gedrag van polymeren.	1. Geef met een reactievergelijking het verschil aan tussen nylon 6,4 en nylon 4,6. 2. Verklaar hoe de molecuulmassaverdeling de macroscopische eigenschappen van polymeren beïnvloedt.
15.5 Toepassingen van de organische chemie	Kunststoffen, (materiaal)eigenschappen, toepassing, micro-macro-denken (structuur-eigenschapsrelatie), grondstoffen en productie.	1. Geef een moleculaire toelichting op de macroscopische eigenschappen van isotactische en syntactische polymeren. Wat is de rol van weekmakers in polymeren? Wat doen weekmakers als ze in je lichaam terecht komen? 2. Laat zien hoe synthetische verven via radicaalreacties met zuurstof uitharden tot een driedimensionaal netwerk.

<b>16 Biochemie</b>	Fundamentals of Organic Chemistry. McMurry & Simanek (H. 14-15-16-17)	
16.1 Eiwitten	(Essentiële) aminozuren, IEP, primaire t/m quaternaire structuur, enzymen, stereochemie, denaturatie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leg uit dat het IEP een wezenlijke rol speelt bij elektroforese.</li> <li>2. Geef aan welke inter- en intramoleculaire interacties de quaternaire structuur van een eiwit mede bepalen.</li> </ol>
16.2 Sachariden	Bouw, mono-, di- en polysachariden, derivaten, stereochemie, ringvorming.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef op moleculaire schaal het onderscheid weer tussen zetmeel en cellulose.</li> <li>2. Laat met behulp van de Newmann projectie zien dat in de glucosering alle hydroxylgroepen zich bij voorkeur in het equatoriale vlak bevinden.</li> </ol>
16.3 Vetten	Structuur, vetzuren, vet en olie, essentiële vetzuren, verzepen, hydrogeneren, steroïden, membranen, metabolisme van vetten.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frituurolie van onverzadigde vetten moet regelmatig worden vervangen. Welke polymerisatiereacties liggen ten grondslag aan de 'veroudering' van frituurolie?</li> <li>2. Licht de rol van vetten (lipiden) in de celmembranen op moleculaire schaal toe.</li> </ol>
16.4 Essentiële stoffen	Water- en vetoplosbare vitamines, terpenen, hormonen, enzymen, enzymactiviteit, inhibitie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef de isopreeneenheden in caroteen en in geraniol.</li> <li>2. Geef aan hoe ionen van zware metalen enzymactiviteit kunnen verstoren. Licht toe met doorslikken van vloeibaar kwik en drinken van een kwik(II)nitraatoplossing.</li> <li>3. Leg uit waarom, bij een gegeven enzymconcentratie, de activiteit van een enzym (V) haar maximum nadert bij stijgende substraatconcentratie ([S]). Geef een bijpassende schets.</li> </ol>
16.5 Metabolisme en cellulaire processen	Exemplarisch: cellulaire energiestromen, oxidatie, ATP, vertering, koolhydraatmetabolisme, citroenzuurcyclus, melkzuurcyclus, fermentatie, vetmetabolisme, acetyl-coenzym-A, eiwitmetabolisme, ureumcyclus, enzymwerking.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef een toelichting bij een van de stofwisselingscycli. Geef aan bij welke stappen sprake is van een redoxreactie (elektronenoverdracht) en bij welke stappen (enzymatische) hydrolyse een rol speelt.</li> <li>2. Licht drie variabelen toe die de enzymactiviteit beïnvloeden.</li> </ol>
16.6 Nucleïnezuren	Erfelijkheid, structuur en reproductie van DNA, RNA, genetische code, eiwitsynthese, mutaties, genetische modificaties.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geef aan hoe via genetische modificatie eigenschappen van het ene organisme in het andere overgebracht kunnen worden. Vind je dat de mens zo mag ingrijpen in natuurlijke processen? Licht toe.</li> <li>2. Schets de algemene synthesestappen van een eiwit (bijvoorbeeld insuline), uitgaande van het gen op het DNA dat voor insuline codeert.</li> </ol>
<b>17 Toegepaste wiskunde</b>	Basisboek Wiskunde, Van de Craats & Bosch	
17.1 Basisvaardigheden van de havo	Ontbinden en vergelijken, breuken bewerken, machten nemen, werken met logaritmen, goniometrische verhoudingen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los op de vergelijking <math>\log(x-3) + \log(2x-7) = \log 6</math></li> <li>2. In <math>\Delta ABC</math> is <math>b = 5</math>, <math>c = 6</math> en <math>\alpha = 70^\circ</math>. Bereken <math>a</math> en <math>\beta</math>.</li> </ol>
17.2 Lineaire functies	Lineaire functies, kwadratische functies, gebroken (lineaire) functies, goniometrische functies, wortelfuncties, exponentiële functies, logaritmische functies.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teken de grafiek van de volgende functie op <math>[0, 2\pi]</math> <math>y = 3 \cos(x-2)</math></li> <li>2. Los de volgende ongelijkheid grafisch op:  <math display="block">\begin{array}{ccc} x-1 &amp; -2 &amp; \\ \text{-----} &amp; &lt; &amp; \text{-----} \\ x-7 &amp; x-2 &amp; \end{array}</math> </li> </ol>
17.3 Veranderen	Differentiëren, basis van integreren.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bepaal de afgeleide van <math>y = s^2\sqrt{s} - s\sqrt{s}</math></li> <li>2. Bepaal <math>\int(x^2+5)dx</math></li> </ol>

18 Natuurkunde	Physics, 7th edition. Cutnell & Johnson	
18.1 Krachten en beweging/ mechanica	Snelheid, versnelling, krachten, wetten van Newton, momenten, traagheid, botsing, arbeid en energie.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Een verspringer verlaat de grond onder een hoek van <math>23^\circ</math>. Vervolgens legt hij een horizontale afstand van 8,7 m. af voor hij de grond weer raakt. Wat is zijn snelheid bij de afsprong?</li> <li>2. Een trapezeacrobaat A staat op een platform en swingt via een rekstok naar beneden. In het laagste punt laat hij de rekstok los en laat zich verder in het vangnet vallen. Trapeze acrobaat B laat zich rechtstreeks van hetzelfde platform vallen in hetzelfde vangnet. Welke acrobaat komt met de grootste snelheid in het vangnet terecht? Geef een duidelijke uitleg.</li> </ol>
18.2 Trillingen, golven en geluid	Harmonische trilling, voortplantingssnelheid, geluidssterkte/-intensiteit, Dopplereffect, buiging, interferentie, longitudinale en transversale golven.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Twee auto's rijden achter elkaar met dezelfde richting en dezelfde snelheid. Zullen de bestuurders de claxon van de ander bij een andere frequentie waarnemen dan wanneer beide auto's stilstaan? Motiveer je antwoord.</li> <li>2. Tijdens een vuurwerkdemonstratie explodeert een vuurpijl hoog in de lucht. Het geluid verspreidt zich uniform in alle richtingen. Op 120 m. afstand van de explosie is de geluidsintensiteit <math>2,0 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2</math>. Op welke afstand van de explosie zal de geluidsintensiteit <math>0,80 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2</math> zijn?</li> </ol>
18.3 Elektriciteit en magnetisme	Lading, elektrisch veld, elektrische stroom, en potentiaal, wet van Ohm, wetten van Kirchhoff, magnetisch veld, inductie, wisselstroom.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hieronder zie je een schematische tekening van een "ding-dong" die is aangesloten op een gelijkspanningsbron. S is de drukknop van de huisbel. Als je schakelaar S indrukt gaat de ijzeren pen in de spoel omhoog. Bij A botst hij tegen de rechterklankstaaf. Je hoort: 'ding'. Na het loslaten van S valt de pen weer omlaag en botst bij B tegen de linkerklankstaaf. Je hoort: 'dong'. Een veer zorgt ervoor dat de ijzeren pen weer terugkomt in de beginpositie.</li> </ol> <div style="text-align: center;">  </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leg uit hoe de staaf door het indrukken van de schakelaar omhoog wordt getrokken.</li> <li>Natuurkundig gezien zijn de volgende uitspraken niet juist. Verbeter de onderstreepte woorden. <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Een stopcontact staat onder <u>stroom</u>.</li> <li>b) Er loopt <u>spanning</u> door een brandend lampje.</li> <li>c) Een koelkast <u>verbruikt stroom</u>.</li> <li>d) Bij onweer zit er veel <u>elektriciteit</u> in de wolken</li> </ol> </li> </ol>
18.4 Licht	Reflectie, breking, lenzen, zien, kleurenleer.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Twee beelddragende mensen zijn aan het kamperen. De een is bijziend en de ander verziend. Wiens bril kun je gebruiken om een vuurtje te maken m.b.v. de zonnestralen? Verklaar je antwoord.</li> <li>2. Een prisma in de vorm van een gelijkzijdige driehoek is gemaakt van glas. Rood licht valt onder een hoek van <math>60^\circ</math> op het prisma. Bereken de brekingshoek waaronder de lichtstraal het prisma verlaat.</li> </ol>



<b>18 Natuurkunde</b>	Physics, 7th edition. Cutnell & Johnson	
18.5 Warmte	Soortelijke warmte, uitzetting, warmte-transport, geleiding, stroming, straling. Latente warmte (smeltwarmte, verdampingswarmte).	<p>1. Een koffiekop weegt 0,25 kg, is gemaakt van materiaal met een soortelijke warmte van <math>950 \text{ J/kg}^\circ\text{C}</math> en bevat 0,30 kg water. De koffiekop en het water hebben een temperatuur van <math>25^\circ\text{C}</math>. Om koffie te maken wordt er een dompelaar in het water gebracht. Deze brengt het water in twee minuten aan de kook. Bereken het minimale vermogen van de dompelaar wanneer je aanneemt dat de koffiekop en het water tijdens het verwarmen steeds dezelfde temperatuur hebben.</p> <p>2. Een samengesteld materiaal bestaat uit drie lagen: gipsplaat, steen en hout. De geleidbaarheidsconstante is respectievelijk <math>0,30 \text{ J/s}</math>, <math>0,60 \text{ J/s}</math> en <math>0,10 \text{ J/s}</math>. De binnentemperatuur is <math>27^\circ\text{C}</math> en de buitentemperatuur is <math>0^\circ\text{C}</math>. Bereken de temperatuur bij de overgang van gipsplaat naar steen en van steen naar hout.</p> <div data-bbox="842 801 1353 1025" style="text-align: center;"> <p>The diagram shows a cross-section of a composite material with three vertical layers. From left to right, they are labeled 'Gipsplaat' (grey), 'Steen' (orange), and 'Hout' (brown). On the far left, it says 'Binnenkant (27°C)' and on the far right, 'Buitenkant (0°C)'.</p> </div>

<b>19 Verbredende onderwerpen</b>	Physics, 7th edition. Cutnell & Johnson	
19.1 Industriële Chemie	Exemplarisch: energie-, massa en impulsbalans. opschalen. Voorbeelden uitwerken, (bv. aardolie, ammoniak, methanol, zwavelzuur...), geschiedenis. Ook farmacochemie hoort tot de mogelijkheden. Levensmiddelenchemie, bedrijfsbezoek.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. In de industriële chemie worden verschillende reactoren gebruikt. Voorbeelden zijn propstroom-, continu geroerde en batchreactoren. Beschrijf de principes van deze reactoren.</li> <li>2. Bij de ammoniak en- methanolsynthese (evenwichtsreacties) wordt onder hoge druk en temperatuur en worden katalysatoren gebruikt. Beschrijf de invloed van druk, temperatuur en het gebruik van een katalysator op bovengenoemde syntheses.</li> </ol>
19.2 Duurzaamheid	Milieu en natuur, processen in lucht water en bodem, hergebruik, recycling, kringlopen, normstelling, toxicologie, energieverbruik en duurzaamheid. Groene chemie. Ethiek.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Opslag van koolstofdioxide in lege gasvelden zou de opwarming van de aardse atmosfeer kunnen remmen. Geef op basis van chemische en fysische argumenten aan waardoor dit geen goede oplossing is. Laat de andere groep aangeven waardoor dit wel een goede oplossing is.</li> <li>2. Bewoners boven een leeg gasveld zijn tegen de opslag van koolstofdioxide. Mag de overheid de opslag toch uitvoeren?</li> </ol>
19.3 Geschiedenis van de natuurwetenschappen	Aristoteles tot Popper. Vier elementen, quintessence, alchemisten, Newton, Lavoisier, Nobelprijswinnaars.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antoine Lavoisier werd onthoofd. Wat heeft deze Fransman aan de ontwikkeling van de chemie bijgedragen?</li> <li>2. Newton zei: 'Ik sta op schouders van groten'. Op welke schouders staan de wetenschappers die de nanotechnologie hebben ontwikkeld?</li> </ol>
19.4 Wetenschapsfilosofie	Ontwikkelingen in denken. Falsificatie Stromingen in didactiek / kennisverwerving van chemie. Context - concept; micro-macro.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beschrijf de filosofie van de didactiek van TuE, Theorie uit Experimenten.</li> <li>2. Rond 1968 is de scheikundedidactiek grondig veranderd. Beschrijf die stroming en geef overeenkomsten en verschillen met context-concept-chemie.</li> <li>3. Omschrijf in je eigen woorden het verschil tussen verificatie en falsificatie van een hypothese.</li> <li>4. Waarom wordt falsificatie tegenwoordig als een betere manier gezien om de kwaliteit van een hypothese te onderzoeken?</li> </ol>
19.5 Oriëntatie op leergebieden	De positie van scheikunde in de leergebieden.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kies drie alledaagse beroepen en geef aan welke chemische kennis bij uitoefening van dit beroep noodzakelijk is.</li> <li>2. Kies drie beroepen binnen de (gemeentelijke, provinciale, rijks) overheid (wethouder,...) en geef aan wat deze ambtenaren en bestuurders aan noodzakelijke chemische kennis in huis moeten hebben.</li> </ol>
<b>20 Chemisch practicum</b>	Het chemisch practicum, Udo & Leene, 4 <sup>e</sup> druk, ThiemeMeulenhoff	Hieronder staan geen toetsitems. Het betreft een nadere uitwerking van kernconcepten uit kolom 2.
20.1 Praktische vaardigheden	Motoriek, nat chemische- en instrumentele analyse, scheidingsmethoden, synthese.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kwantitatieve analyse: zuurbase- en redox titraties, UV-VIS spectroscopie, GC en HPLC.</li> <li>2. Kwalitatieve analyse: IR-spectroscopie, elektroforese, dunnelaag- en kolomchromatografie, reactiekinetiek, calorimetrie, organische synthese.</li> </ol>
20.2 Veiligheid en aansprakelijkheid	Arbeidsomstandigheden in het natuurwetenschappelijk onderwijs; R&S-zinnen.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid.</li> <li>2. Werken met chemicaliën, veiligheidsmiddelen, EHBO, brandgevaar en blusstoffen.</li> </ol>
20.3 Inkoop en organisatie	Aansturing TOA, catalogi, markt van leveranciers en aanbieders.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Richtlijnen voor de inrichting van practicumlokalen.</li> <li>2. Bestelling van laboratoriumbenodigdheden en chemicaliën.</li> </ol>

<b>20 Chemisch practicum</b>	Het chemisch practicum, Udo & Leene, 4e druk, ThiemeMeulenhoff	Hieronder staan geen toetsitems. Het betreft een nadere uitwerking van kernconcepten uit kolom 2.
20.4 Milieu	Afvalverwerking, duurzaamheid, schaalgrootte van experimenten.	1. Afvoer van chemisch afval; normen KCA. 2. Keuze van hoeveelheden chemicaliën, experimenten op microschaal.
20.5 Schoolpracticum	Demonstraties, leerlingenpracticum, ICT toepassingen toepassingen.	1. Uitvoeren van demonstratieproeven. 2. Opzetten leerlingenpracticum, IP-coach experimenten.

## Samenstelling redactie en legitimeringspanel

### Vakredactie:

Ronald Udo (Hogeschool van Amsterdam)  
 Marco Nomes (Hogeschool Utrecht)  
 Pierre Heldens (Fontys lerarenopleiding Tilburg)  
 Gerard Stout (Noordelijke Hogeschool Leeuwarden)  
 Thom Somers (Hogeschool Arnhem/Nijmegen)  
 Erik Meij (Christelijke Hogeschool Windesheim)


### Legitimeringspanel

Dr. J. van Driel (Universiteit Leiden, Hoogleraar didactiek van de natuurwetenschappen)  
 Drs. A. Mast (vakvereniging C3)  
 Drs. Jan de Gruijter (eindredacteur vakvereniging scheikunde NVOX)  
 B. Hobrink (tweedegraads docent)  
 O. Tozak (tweedegraads docent)  
 J.F. Lens (eerstegraads docent)  
 W. Bolt (eerstegraads docent)

## 5. Kennisbasis Techniek

In de kennisbasis techniek wordt de vakinhoudelijke component beschreven volgens het in de Toelichting en verantwoording beschreven format. Het redactieteam benadrukt dat de voorbeelden bedoeld zijn om meer inzicht te verschaffen in de inhoud en diepgang van de opleiding. Soms is er met opzet voor gekozen om veel voorbeelden te geven om de diversiteit van het vakgebied techniek te illustreren. Om het niveau indien nodig meer specifiek te duiden, bevat de kennisbasis per domein of thema verwijzingen naar literatuur. De literatuurlijst is tevens als bijlage bij deze kennisbasis opgenomen.

### Domein 1: ontwerpen en maken van producten

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>1.1 Ontwerpmethodologie en strategie</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het boek Productontwerpen van Eger, e.a.	
<p>De startbekwame leraar heeft kennis van belangrijke ontwerpmethodieken.</p> <p>Hij (of zij) kan een bepaalde ontwerpmethodiek toepassen om zelf of in teamverband een ontwerp te realiseren als oplossing van een bepaalde technische probleemstelling.</p> <p>Hij is in staat om binnen een ontwerpteam te functioneren. Communicatie en rolverdeling spelen hierbij een belangrijke rol.</p>	<p><b>Ontwerpmethodieken:</b> Een vereenvoudigde ontwerpcyclus:</p>  <p>De meer complexe modellen van Van den Kroonenberg, Pahl en Beitz, Andreasen en Ullman.</p> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integraal ontwerpen</li> <li>• Modulair ontwerpen</li> <li>• Het iteratieve karakter van het ontwerpproces</li> <li>• Het beoordelen van varianten</li> <li>• Fasen in de levensduur van een product (ontwerp, productie, gebruik, afdanken)</li> <li>• De economische levenscyclus van een product en productinnovatie</li> <li>• Duurzaam ontwerpen</li> <li>• Duurzaam produceren, schone technologie</li> <li>• Afdanken, recycling</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: programma van eisen.</b> Welke aspecten spelen een rol bij het opstellen van een pakket van eisen?</p> <p><b>Voorbeeld: integraal ontwerpen.</b> Leg uit wat er wordt bedoeld met integraal ontwerpen.</p> <p><b>Voorbeeld: productinnovatie.</b> Leg de noodzaak uit van productinnovatie; bespreek een voorbeeld van productinnovatie.</p> <p><b>Voorbeeld: de stoep op.</b> Ontwerp en maak in teamverband een prototype van een 'de stoep op' hulpje voor een rollator.</p> <p><b>Voorbeeld: overbrenging.</b> Geef drie varianten voor de overbrenging tussen motor en wielas bij een scooter. Beoordeel welke variant het beste is toe te passen. Gebruik hiervoor een wegingmethode.</p> <p><b>Voorbeeld: cradle to cradle.</b> Bespreek de kerngedachte van het cradle-to-cradle concept en illustreer dit met een concreet voorbeeld. Wat heeft dit concept te maken met processen die zich in de natuur afspeelen?</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>1.2 Human Technology Interaction, ergonomie en vormgeving</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het "Basisboek Human Technology Interaction" van R. Valkenburg, e.a.	
<p>De startbekwame leraar kan uitleggen wat er met de begrippen ergonomie en vormgeving wordt bedoeld en het belang ervan met voorbeelden illustreren.</p> <p>Hij kan een technisch product onderzoeken op aspecten van ergonomie.</p> <p>Hij kan op basis van Human Technology Interaction een kleinschalig onderzoek opzetten en uitvoeren om de mening van gebruikers over een technisch product in kaart te brengen.</p> <p>Hij kan wensen van de klant vertalen in een productontwerp.</p> <p>Hij kan de vormgevingsgeschiedenis van een product of productcategorie onderzoeken en beschrijven.</p> <p>Hij kan zelf een ontwerp realiseren met inbegrip van ergonomische en vormgevingsaspecten.</p>	<p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebruikersgroepen: kenmerken, behoeften</li> <li>• Productinnovatie</li> <li>• Productdesign</li> <li>• Marktonderzoek</li> <li>• Productevaluatie</li> <li>• Gebruikskwaliteit</li> <li>• Ergonomie</li> <li>• Vormgeving</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: evalueren van een product.</b> Leg uit wat er wordt verstaan onder de gebruikskwaliteit van een product; op welke vragen zoekt men een antwoord bij het uitvoeren van een productevaluatie?</p> <p><b>Voorbeeld: opvouwbare strandstoel.</b> Ontwerp en maak een opvouwbare strandstoel die in een gangbare fietstas past.</p> <p><b>Voorbeeld: productverpakking.</b> De firma EkoLine wil een nieuwe verpakking voor zijn cosmeticajijn. Ontwerp en maak deze nieuwe lijn op basis van producteigenschappen, logistieke eisen en corporate design.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>1.3 Technisch schetsen en tekenen, prototyping en simulatie</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door Basisvaardigheden voor de productvormgever van J. Corremans en Vaktekenen Kernboek 1 van M. Evers	
<p>De startbekwame leraar kan uit de vrije hand een 2-dimensionale en een isometrische schets maken van een voorwerp.</p> <p>Hij kan een accurate technische tekening maken van een eigen ontwerp (van een voorwerp, model of systeem) conform de relevante NEN-normen.</p> <p>Hij kan met een 2D en 3D cadpakket een accurate technische tekening maken van een eigen ontwerp (van een voorwerp, model of systeem) conform de relevante NEN-normen.</p> <p>De startbekwame leraar kan uitleggen wat prototyping is en met voorbeelden aangeven hoe dit in de praktijk wordt gebruikt.</p> <p>Hij kan prototypen bouwen als onderdeel van een zelf uit te voeren ontwerpproces.</p> <p>Hij kan met hiervoor bestemde software simulatiemodellen bouwen en het gedrag daarvan onderzoeken.</p>	<p><b>Kernconcepten en begrippen bij technisch schetsen en tekenen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NEN en ISO-normen</li> <li>• Europese en Amerikaanse projectie</li> <li>• Isometrische tekening</li> <li>• Uitslagen</li> <li>• Solid modelling</li> </ul> <p>Het gaat om professionele pakketten, zoals Autocad of Solid Works.</p> <p><b>Kernconcepten en begrippen bij prototyping:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zichtconcept</li> <li>• Functioneel concept</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen bij simulatie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulatiesoftware</li> <li>• Systeemparameters</li> <li>• Systeemgedrag</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: presentatietekening.</b> Maak met behulp van een cad-programma een technische tekening van een ontworpen prototype.</p> <p><b>Voorbeeld: computersimulatie transmissiesysteem van een fiets.</b> Bestudeer met behulp van computersimulatie de overbrenging van krachten in het transmissiesysteem van een fiets met versnellingen: trapper-crank - tandwielenset achterwiel - contactpunt achterwiel met de grond. Bespreek de uitkomsten van deze simulatie en vergelijk deze met de theorie en met de werkelijkheid.</p> <p><b>Voorbeeld: prototype doseerapparaat.</b> Ontwerp een eenvoudig mechanisch werkend doseerapparaat. Het apparaat werkt met een voorraadmagazijn pillen, korrels of klontjes. Als het apparaat wordt bediend zal er steeds 1 pil, korrel of klontje aan de gebruiker worden aangeboden. Bouw een werkend prototype uit eenvoudige materialen waarover leerlingen kunnen beschikken.</p>


Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>1.4 Materialen bewerken, productiemethoden</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door Industriële productie van H.J.J. Kals e.a. en Inleiding Logistiek van W. Verwoerd</p>	
<p>De startbekwame leraar heeft brede materialenkennis en is op de hoogte van ontwikkelingen op materiaalgebied.</p> <p>Hij kan tijdens het ontwerpproces de juiste materialen kiezen op basis van materiaal-eigenschappen, bewerkingsmogelijkheden en duurzaamheidsoverwegingen.</p> <p>Hij kan belangrijke bewerkingsmethoden van verschillende categorieën materialen noemen, beschrijven en uitvoeren. Het gaat hierbij om het op accurate, veilige en juiste wijze bewerken van metalen, hout, textiel en kunststoffen (thermoharders en thermoplasten).</p> <p>Hij kan verschillende productiemethoden beschrijven en benoemen.</p> <p>Hij kan aangeven welke economische motieven een rol spelen bij het overschakelen op (flexibel) geautomatiseerde productie.</p> <p>Hij kent het belang van productdocumentatie en standaardisatie.</p> <p>Hij kan een beschrijving geven van de logistieke processen bij een productiemethode.</p> <p>Hij kan op basis van specificatie een eenvoudige productielijn ontwerpen, beschrijven wat men moet weten en kunnen om een product op de markt te zetten (bedrijfssimulatie) en verbanden leggen tussen productie, economie, maatschappij en milieu.</p> <p>Hij kan aangeven wat de functie is van werkvoorbereiding, calculatie en kostenberekening en dat in een eenvoudig voorbeeld uitvoeren.</p> <p>Hij kan een model, dat een onderdeel vormt van een geautomatiseerde productielijn, programmeren of met behulp van geschikte software simuleren.</p>	<p><b>Kernconcepten en begrippen bij materialenkennis:</b> Mechanische en fysieke eigenschappen van materialen zoals sterkte, spanning, slijtagecoëfficiënt, hardheid, dichtheid, corrosiebestendigheid, elektrische en thermische geleidbaarheid.</p> <p>Het gaat bij het bewerken van materialen onder meer om verspanen, vervormen, scheiden en verbinden met machinale en handgereedschappen.</p> <p><b>Kernconcepten en begrippen bij productiemethoden:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambachtelijke (stuksgewijze) productie</li> <li>• Serie- en massafabricage</li> <li>• Batchgewijze productie</li> <li>• Continue productie</li> <li>• Productiemachines, omsteltijd</li> <li>• Automatisering, robotisering</li> <li>• Flexibele automatisering</li> </ul> <p>Het gaat bij productdocumentatie en standaardisatie om normering, kwaliteitszorgsystemen / ISO-certificatie en het kunnen werken met polytechnische handboeken.</p> <p><b>Logistieke concepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marketing en logistiek</li> <li>• Inkoop, productie en logistiek</li> <li>• Materials handling</li> <li>• Just in time</li> <li>• Voorraadbeheer</li> <li>• Fysieke distributie</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: spuitgieten.</b> Beschrijf het spuitgietprocédé.</p> <p><b>Voorbeeld: vacuümvormen.</b> Maak een mal om een product vacuüm te vormen.</p> <p><b>Voorbeeld: logistiek.</b> Wat is het just in time principe? Noem twee belangrijke voordelen.</p> <p><b>Voorbeeld: taakverdeling bij een productieproces.</b> Maak voor een bestaand (eenvoudig) product en verdeling in taken per arbeidsstation.</p> <p><b>Voorbeeld: besturing productieproces.</b> Bij een productieproces worden twee modellen op een productielijn gemaakt. Op een bepaald moment moeten de modellen verder in een eigen traject afgebouwd worden. Schrijf een besturingsprogramma voor het selectieproces op de lopende band.</p> <p><b>Voorbeeld: kostenberekening.</b> Maak een kostenberekening voor een bestaand (eenvoudig) product en geef de prijsindicatie voor stuks-, serie- en massaproductie.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>1.5 Technieklokaal/werkplaats, gereedschappen en machines</b>		
<p>De startbekwame leraar kan zorgen voor een veilige en functionele inrichting van een technieklokaal.</p> <p>Hij kan zelf de gereedschappen en machines die wettelijk zijn toegestaan in het technieklokaal juist en veilig bedienen. Hij kan ervoor zorgen dat ook leerlingen (en anderen) dit doen.</p> <p>Hij kan een technieklokaal onderhouden en beheren.</p> <p>Hij kan duurzaam werken in het technieklokaal.</p>	<p><b>Het gaat bij de veilige en functionele inrichting om:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het beschrijven van het technieklokaal door middel van een tekening en een bijbehorende toelichting;</li> <li>• Het kritisch onderzoeken van een bestaande lokaalinrichting en daarvan bondig verslag doen;</li> <li>• Het beschrijven van de gebruikelijke inventaris van een technieklokaal;</li> <li>• Kennis van relevante veiligheidseisen en normen die zijn opgenomen in de Arbo-wet en waaraan de inrichting en arbeidsomstandigheden in het technieklokaal moeten voldoen;</li> <li>• Preventie van geluidsoverlast en gehoorschade.</li> </ul> <p><b>Het gaat bij het juist en veilig bedienen van gereedschappen en machines om:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het kunnen beschrijven en toepassen van het juiste en veilige gebruik van gereedschappen en machines;</li> <li>• Het geven van instructie en demonstratie omtrent het juiste en veilige gebruik van gereedschappen en machines aan leerlingen (en anderen);</li> <li>• Het opstellen en handhaven van veiligheidsvoorschriften conform Arbo-normen;</li> <li>• Het nemen van adequate maatregelen in relatie tot veiligheid en incidenten.</li> </ul> <p><b>Het gaat bij duurzaam werken in het technieklokaal om:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hergebruik en recycling van materialen;</li> <li>• Zuinig gebruik van materialen en grondstoffen;</li> <li>• Verantwoorde afvalverwerking.</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: gereedschapskast.</b> Geef een voorbeeld van de veilige inrichting van een gereedschapskast.</p> <p><b>Voorbeeld: gaten boren.</b> Met welke verschillende boren kun je een gat boren in PMMA?</p> <p><b>Voorbeeld: toerentalbepaling voor een boor.</b> Bepaal het juiste toerental voor een boor Ø15 mm in messing met behulp van een tabel.</p>




## Domein 2: Technische producten en systemen

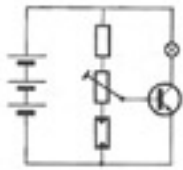
Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>2.1 Systemanalyse en systeemontwerp</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door de boeken <i>Methodisch ontwerpen</i> volgens Van den Kroonenberg van F. Siers en <i>Human Technology Interaction</i> van R. Valkenburg.	
<p>De startbekwame leraar kan methoden van systemanalyse noemen, beschrijven en toepassen op alledaagse gebruiksvorwerpen en technische systemen.</p> <p>Hij kan via de methodiek van reverse engineering een alledaags gebruiksuparaat analyseren.</p> <p>Hij kan op grond van deze analyse voorstellen doen voor het verbeteren van een ontwerp in een concrete situatie.</p> <p>Hij kan de keuze voor het gebruik van bepaalde materialen in een concreet ontwerp in verband brengen met fysische of chemische eigenschappen.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het bepalen van de functies en deelfuncties van een systeem (functieanalyse)</li> <li>• Het gebruiken van morfologische schema's voor het genereren van varianten.</li> <li>• Het opzetten en gebruiken van keuzetabellen</li> <li>• Het opstellen van een input-output schema</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeem, systeemgrens, subsysteem, component</li> <li>• Systeemconfiguratie</li> <li>• Functieblokschema</li> <li>• Principeschets</li> <li>• Energieblokschema</li> <li>• Morfologisch schema</li> <li>• Reverse engineering</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: hr-ketel.</b> Maak een functieanalyse en een blokschema of principeschets van een hr-ketel.</p> <p><b>Voorbeeld: koffie zetten.</b> Onderzoek een koffiezetmachine die werkt met behulp van koffie pads (bijv. Senseo).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Maak een functieboom van het apparaat op basis van hoofd- en deelfuncties.</li> <li>Ga na welke eisen aan het onderzochte product werden gesteld.</li> <li>Beschrijf de werking van het apparaat.</li> <li>Geef een gefundeerde theoretische (natuurkundige) onderbouwing.</li> <li>Maak een principeschets van het apparaat.</li> <li>Teken het stroomkringschema.</li> <li>Teken het energieblokschema</li> </ol> <p><b>Voorbeeld: systemanalyse van de auto.</b> Het systeem auto kent de volgende subsystemen: motor (met in- en uitlaatsysteem) / brandstofsysteem / koelsysteem / aandrijfsysteem / besturingssysteem en wielophanging / remsysteem / elektrisch systeem. Kies een van de bovenstaande subsystemen en onderzoek uit welke componenten en elementen dit subsysteem is opgebouwd door middel van een systemanalyse. Maak van het gekozen subsysteem tekeningen/schetsen en verklaar de werking van het subsysteem door het toepassen van natuurkundige wetten. Geef een PowerPoint presentatie van het geheel, waarin ook de relatie van het subsysteem tot het gehele systeem wordt belicht.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>2.2 Krachten en bewegingen</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan de technische principes van het overbrengen van krachten en bewegingen uitleggen aan de hand van concrete alledaagse gebruiksvoorwerpen, apparaten en machines.</p> <p>Hij kan deze principes toepassen in een zelf te bouwen mechanisch (didactisch) model of apparaat.</p> <p>Hij kan berekeningen uitvoeren voor deze overbrengingen.</p> <p>Hij kan voortstuwingsprincipes van voertuigen uitleggen en deze toepassen in een zelf te bouwen mechanisch (didactisch) model of apparaat.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soorten krachten en hun toepassing in alledaagse gebruiksvoorwerpen, apparaten en machines;</li> <li>• Soorten bewegingen van (onderdelen van) apparaten en machines;</li> <li>• Mechanische, hydraulische en pneumatische (kracht)werktuigen.</li> <li>• Transmissiesystemen voor kracht en beweging (overbrenging via tandwielen, ketting, snaar);</li> <li>• Het voortstuwingsprincipe en systeem van een voertuig of transportmiddel (fiets, auto, boot, vliegtuig, raket);</li> <li>• Methoden voor het minimaliseren of maximaliseren van wrijvingskrachten (bij schuiven, rollen of beweging door lucht of vloeistof) al naargelang de toepassing.</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soorten kracht</li> <li>• Kracht, krachtmoment, koppel</li> <li>• De drie wetten van Newton</li> <li>• Evenwichtsvoorwaarden</li> <li>• Kinematica en dynamica van translatie en rotatie</li> <li>• As en wiel, tandwielen, overbrengingen</li> <li>• katrollen, hefbomen</li> <li>• Wig, schroefdraad</li> <li>• Hydraulische en pneumatische systemen</li> <li>• Materiaaleigenschappen van belang voor het gedrag van mechanisch werkende systemen</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: zuigerpomp.</b> Beschrijf de werking van een eenvoudige zuigerpomp zoals die in derde wereld gebruikt wordt. Maak een principeschets en geef een verklaring voor de maximale opvoerhoogte van deze pomp.</p> <p><b>Voorbeeld: hijswerktuig.</b> We hijsen een piano naar de 1<sup>e</sup> verdieping van een woning.</p>  <p>a. Hoe heet het hier gebruikte hijsapparaat? b. De massa van de piano is 210 kg. Hoeveel spierkracht is nodig om hem op te hijsen? c. Hoeveel meter touw moet je inhalen om de piano 5 meter op te hijsen? d. Laat zien dat je met dit apparaat niet kunt besparen op de hoeveelheid arbeid die moet worden verricht om het blok 2 meter op te tillen.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
2.2 Krachten en bewegingen	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau.	
		<p><b>Voorbeeld: tillift.</b> In de gezondheidszorg worden tilliften gebruikt om het werk van verpleegkundigen te verlichten.</p> <p>Formuleer het programma van eisen voor zo'n tillift en bouw met geschikt constructiemateriaal een model.</p> <p><b>Voorbeeld: mountainbike.</b> Een mountainbike heeft veel versnellingen om allerlei soorten terrein te kunnen berijden. Op de trapas zijn drie tandwielen gemonteerd en op de achteras negen.</p> <p>a. We willen een steil heuveltje bedwingen. Met welke combinatie van tandwielen voor en achter gaat dat met de minste spierkracht?</p> <p>b. Leg dit uit en maak in je antwoord gebruik van de momentenstelling.</p> <p>c. Bereken de snelheid van de fiets als de pedalen 40 x per minuut rondgaan. Het voorste tandwiel heeft 32 tanden en het achterste 21. De diameter van de wielen bedraagt 0,85m.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>2.3 Constructies</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het boek Constructieleer van I. Nortier.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan de maatschappelijke betekenis van constructies vanuit technisch perspectief bespreken. Het gaat om constructies op kleine en op grote schaal en om de problemen en de (technische) oplossingen om bepaalde constructies te realiseren.</p> <p>Hij kan uitleggen via welke fasen de bouw van een woning of gebouw verloopt.</p> <p>Hij kan globaal uitleggen welke constructieprincipes hierbij worden toegepast.</p> <p>Hij kan maatregelen beschrijven waarmee een woning energiezuiniger kan worden gemaakt.</p> <p>Hij kan de krachten berekenen en tekenen die optreden in een constructie in een bepaalde belastingssituatie.</p> <p>Hij kan typen constructies noemen en beschrijven. Hij kan de optredende krachten in een constructie onder invloed van een mechanische belasting kwalitatief beschrijven. Hij kan dit krachtenspel demonstreren met een zelf te bouwen model.</p> <p>Hij kan belangrijke materiaaleigenschappen noemen en deze in verband brengen met hun toepassing in constructies. Hij kan eenvoudige berekeningen uitvoeren aan het mechanische gedrag van materialen.</p> <p>Hij kan met behulp van computersimulatie een constructie modelleren en evalueren.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constructieve eigenschappen van materialen die bij alledaagse constructies worden gebruikt;</li> <li>• Manieren om componenten van een constructie met elkaar te verbinden;</li> <li>• Krachten in constructies als gevolg van bepaalde typen belastingen en de daardoor veroorzaakte spanningen en vervormingen in (onderdelen van) de constructie;</li> <li>• Toepassing van de evenwichtsvoorwaarden bij het doorrekenen van een eenvoudige constructie;</li> <li>• Stijfheid van balken en constructies;</li> <li>• Thermische eigenschappen van constructies (materiaaldikte, spouwmuur, dubbel glas);</li> <li>• Geluidsisolerende eigenschappen van constructies;</li> <li>• Het globale bouwproces van een woonhuis (van idee tot oplevering) en de rol die de hierbij betrokken specialisten en vaklieden vervullen.</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kracht en krachtmoment</li> <li>• Wetten van Newton, evenwichtsvoorwaarden</li> <li>• Mechanische spanning en rek</li> <li>• Mechanisch gedrag van materialen bij verschillende soorten mechanische belasting (druk, trek, afschuiving, torsie)</li> <li>• Doorbuiging van een constructie</li> <li>• Warmtetransport en thermische eigenschappen van materialen en constructies</li> <li>• Transport van geluid door constructies, transmissie en absorptie van geluid</li> </ul> <p>Denk hierbij aan computersoftware als West Point Bridge Design en Interactive Physics.</p>	<p><b>Voorbeeld: bruggen bouwen.</b></p> <p>Aan bruggen worden tegenwoordig naast functionele eisen ook hoge esthetische eisen gesteld.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Onderzoek hoe men tegenwoordig te werk gaat bij de aanbesteding van een groot project zoals de bouw van een nieuwe brug.</li> <li>Verzamel hedendaagse voorbeelden van innovatieve bruggen.</li> <li>Maak een overzicht van de eisen die tegenwoordig aan nieuw te bouwen bruggen worden gesteld.</li> <li>Geef met voorbeelden aan hoe de hedendaagse vormgeving van bruggen is beïnvloed door de ontwikkeling van nieuwe constructiematerialen.</li> </ol> <p><b>Voorbeeld: energielabel voor woonhuizen.</b></p> <p>In Nederland is onlangs een energielabel voor woonhuizen ingevoerd. Ga na wat dit systeem precies inhoudt en welke categorieën woonhuizen er worden onderscheiden. Bespreek de technische maatregelen die genomen kunnen worden om een woonhuis op te waarderen naar een hogere categorie.</p> <p><b>Voorbeeld: isoleren.</b></p> <p>Verzamel 3 soorten isolatiematerialen en voer een onderzoek uit waarbij je de R-waarde van het materiaal bepaalt.</p> <p>Vooroorlogse huizen hebben vaak een isolatieprobleem en daardoor hoge kosten voor verwarming. Aan het oorspronkelijke ontwerp van deze woningen valt dus wel wat te verbeteren. Doe tenminste 4 verbetervoorstellen en maak daarbij globale berekeningen omtrent de mogelijke energiebesparing.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
2.3 Constructies	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het boek Constructieleer van I. Nortier.	<p data-bbox="1040 443 1528 712"><b>Voorbeeld: krachterspel in een vakwerkbrug.</b> Een brug is opgebouwd uit een eenvoudige vakwerkconstructie (zie onderstaande tekening). Elke staaf heeft een massa van 300 kg. Alle scherpe hoeken in deze constructie zijn 45 graden. De rechte hoeken zijn aangegeven. De lengte van staaf AD is 5,0 meter. In punt F werkt een extra belastende kracht van 20 kN. De afstand AF bedraagt 2,3 meter</p>  <p data-bbox="1040 958 1528 1205">a. Maak een schetsje en teken de werklijn van de netto zwaartekracht die op de constructie werkt. b. Bepaal de reactiekrachten in de oplegpunten A en C. c. Bepaal de staafkrachten AB, DB en DE in de vakwerkconstructie. Geef bij elke staaf aan of het een druk- of een trekstaaf is.</p> <p data-bbox="1040 1236 1528 1680"><b>Voorbeeld: het spanning-rek diagram.</b> a. Teken het globale verloop van het spanning-rek diagram van een materiaal met een vloeigrens. Geef in het diagram aan waar de vloeigrens en de breukgrens zich bevinden. b. Hoe luidt de wet van Hooke? Leg uit welke grootheden hierin voorkomen, hoe ze gedefinieerd zijn en wat de bijbehorende eenheden zijn. c. Wat verstaat men onder plastische vervorming? Schets wat er gebeurt in het spanning-rek diagram als er eerst een hele grote kracht op een proefstaaf werkt (waarbij dus plastische vervorming optreedt) en deze kracht vervolgens wordt weggenomen.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>2.4 Elektriciteit en elektronica</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau en het boek Elektronica echt niet moeilijk van A. Schommers.	
<p>De startbekwame leraar kan de technische principes en werking van de belangrijkste elektrische onderdelen van alledaagse apparaten uitleggen en demonstreren.</p> <p>Hij kan berekeningen uitvoeren over de werking van deze onderdelen.</p> <p>Hij kan de werking van een analoge of digitale elektronische schakeling uitleggen.</p> <p>Hij kan een dergelijke schakeling bouwen en testen op de juiste werking ervan.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gelijkstroommotor</li> <li>• Wisselstroommotor</li> <li>• Dynamo</li> <li>• Transformator</li> <li>• Adapter</li> <li>• Toerentalregeling</li> <li>• Relais</li> </ul> <p><b>Kennisaspecten van werking en toepassing:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische basiscomponenten (weerstand, spoel, condensator, diode)</li> <li>• Elektronische basiscomponenten (de diode, led, transistor)</li> <li>• Logische poorten (not, and, nand, or, nor)</li> <li>• Sensoren</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stroom, spanning, vermogen</li> <li>• Impedantie, reactantie, inductie, zelfinductie, capaciteit (condensator)</li> <li>• Elektromagnetische verschijnselen en de technische toepassingsmogelijkheden</li> <li>• Analooq en digitaal</li> <li>• Binaire codering</li> <li>• Materiaaleigenschappen van belang voor het gedrag van elektrisch werkende systemen.</li> </ul> <p><b>Het gaat hier om:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het bouwen van toepassingen met kant-en-klare basiscomponenten, zoals logische poorten en actuatoren.</li> <li>• Het gebruiken van kennis van elektriciteit en elektronica bij het bouwen van domotica-toepassingen.</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld:</b> maak een onderwijsleermodel van een seriewisselstroommotor waarin ook de fysische achtergronden duidelijk worden gemaakt</p> <p><b>Voorbeeld:</b> kan een stofzuigermotor (230V wissel) ook op een gelijkspanning lopen? Geef daarvoor een verklaring.</p> <p><b>Voorbeeld:</b> zelfbouw elektrische fiets. Je denkt erover om je fiets om te bouwen tot fiets met elektrisch aangedreven hulpmotor. Vraag technische documentatie aan bij verschillende fabrikanten van eventueel geschikte elektromotoren. Schrijf een rapport waarin je de opgegeven prestaties en eigenschappen van de verschillende motoren met elkaar vergelijkt en maak op basis daarvan een beredeneerde keuze.</p> <p><b>Voorbeeld:</b> maak een foutzoekboom van een föhn.</p> <p><b>Voorbeeld:</b> sensorschakeling. Bekijk onderstaande schakeling.</p>  <p>a. Neem de schakeling over en schrijf bij elke component de bijbehorende naam. b. Geef aan hoe de stroom in het circuit loopt. c. Beschrijf de werking van de schakeling. d. Wat is bij deze schakeling de basisspanning op de transistor? e. Verklaar deze werking op basis van het gedrag van de afzonderlijke componenten.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>2.4 Elektricititeit en elektronica</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau en het boek Elektronica echt niet moeilijk van A. Schommers.	
		<p><b>Voorbeeld: pillenalarm.</b></p> <p>Ontwerp en bouw een prototype van eenvoudig pillenalarm: een systeem dat iemand eraan herinnert om op tijd een pil in te nemen.</p> <p>Neem als voorbeeld een persoon die dagelijks 8 pillen moet slikken: bij het opstaan twee pillen tegelijkertijd, 1 pil bij het ontbijt, 2 pillen tegelijkertijd bij de warme maaltijd op het middaguur, 1 pil bij de avondmaaltijd en 2 pillen voor het slapen gaan.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>2.5 Meet- en regelsystemen, mechatronica</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau.	
De startbekwame leraar kan op basis van het universele model gebaseerd op de begrippen input, proces, output, open en gesloten meet- en regelsystemen beschrijven, ontwikkelen en toepassen.	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In het onderwijs gebruikte hard- en software (zoals Coach, het systeembord, RCX / NXT-eenheid)</li> <li>• De functie en werking van logische poorten</li> <li>• De koppeling van sensoren, logische poorten en actuatoren om een bepaald functioneel systeemgedrag te bereiken</li> <li>• De functie en werking van bepaalde algoritmen voor computerprogramma's (als...dan...; als...dan...anders...; herhaal, herhaal...totdat..., herhaal zolang...)</li> <li>• Het programmeren van de computer met geschikte software om een bepaald functioneel systeemgedrag te bereiken</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Input, proces, output</li> <li>• Meten, sturen, regelen</li> <li>• Open en gesloten regelsysteem,</li> <li>• Programmeren en algoritmen</li> <li>• Programmeeromgeving</li> <li>• Logische poorten</li> <li>• Geheugenelement</li> <li>• Sensor en actuator</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: besturingsprobleem.</b></p> <p>Bedenk en maak een model waarmee leerlingen een programmeeropdracht kunnen uitvoeren, waarbij een computer het model automatisch bestuurt. De leerling moet dus een besturingsprobleem oplossen door de computer een aantal handelingen uit te laten voeren. De leerling moet daarbij nadenken over:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de logische volgorde van de uit te voeren handelingen;</li> <li>• het realiseren van een repeteeropdracht (herhaal, als enz.);</li> <li>• de noodzakelijke variabele.</li> </ul> <p>Bij de oplossing van het besturingsprobleem moet gebruik worden gemaakt van:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. procedures met variabelen;</li> <li>2. functies (gebruik sensoren die de leerlingen kunnen testen);</li> <li>3. een gestructureerd menu met conditionele (lus)opdrachten.</li> </ol> <p><b>Voorbeeld: de logica van een combiketel.</b></p> <p>Ontwerp logische schakelingen die de gasklep en de driewegklep bedienen van een combiketel. Doorloop daarbij de onderstaande deelvragen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Geef de voorwaarde op waaronder de twee verschillende aansluitingen a en b (van de kamer en boilerthermostaat) wel spanning (1) of geen spanning (0) voeren.</li> <li>b) Beschrijf onder welke voorwaarde de driewegklep bediend moet worden en onder welke voorwaarde de gasklep.</li> <li>c) Maak naar aanleiding van bovenstaande twee waarheidstabellen. Een waarin de aansluitingen a en b en de gasklep voorkomt en een waarin de aansluitingen a en b en de driewegklep voorkomt.</li> <li>d) Haal uit de waarheidstabel de schakelformule en vereenvoudig deze indien nodig.</li> <li>e) Teken het logische schema (ofwel de logische structuur).</li> </ol> <p><b>Voorbeeld: slim voertuigje.</b></p> <p>Bouw met behulp van constructiemateriaal, sensoren en actuatoren een voertuig dat een zwarte lijn op een vlakke vloer volgt.</p>




Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>2.6 Informatie en communicatie</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het boek Datacommunicatie / Telecommunicatie 4MK-DK3402 (kernboek) van J. Stieger.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan de technische ontwikkelingen inzake (massa)communicatiemiddelen benoemen en de maatschappelijke gevolgen ervan met voorbeelden toelichten.</p> <p>Hij kan de basiscomponenten van een communicatiesysteem vaststellen en beschrijven.</p> <p>Hij kan belangrijke concepten voor de werking van communicatiemiddelen en systemen benoemen, uitleggen en hanteren.</p> <p>Hij kan de verschillende aspecten van communicatie systemen met elkaar vergelijken.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vormen van communicatie, communicatiemiddelen, toepassings- en gebruiksmogelijkheden en maatschappelijk belang (GSM, telefoon, -draadloze verbindingen, radio/tv, satelliet, internet/e-mail en GPS)</li> <li>• Informatiesignalen</li> <li>• Transportmedia</li> <li>• Modulatiemethoden</li> <li>• Draadloze informatieoverdracht</li> <li>• Satellietcommunicatie</li> <li>• Datacommunicatienetwerken</li> <li>• OSI-model</li> <li>• Seriële interfacing</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informatie, informatie-inhoud, informatiestroom</li> <li>• Analoge en digitale signalen</li> <li>• Coderen van informatie</li> <li>• Radiogolven</li> <li>• Bandbreedte</li> <li>• Modulatie</li> <li>• Transmissiesnelheid</li> <li>• Informatiesnelheid</li> <li>• Netwerken</li> <li>• OSI model en protocollen</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: altijd en overal bereikbaar?</b>          Wil je altijd en overal bereikbaar zijn, 24 uur per dag, voor vriend en vijand? Wat zijn de voor- en de nadelen? Schrijf op hoe jij hiermee omgaat.          Stel met een medestudent een enquête samen om de meningen van mensen over de voor- en nadelen van de moderne communicatiemiddelen en hun invloed op het persoonlijke leven te onderzoeken. Bespreek de enquête eerst met medestudenten en pas deze zo nodig aan. Formuleer jullie verwachtingen over de uitkomsten van de enquête en voer de enquête uit bij verschillende leeftijdsgroepen. Trek conclusies uit de uitkomsten en leg die naast jullie verwachtingen. Waar zitten de grote verschillen?</p> <p><b>Voorbeeld: communiceren met behulp van de computer.</b>          Maak een indeling van de communicatiemogelijkheden die de computer biedt en maak daarbij onderscheid in asynchrone en synchrone communicatie. Geef bij elke mogelijkheid minstens drie voorbeelden die laten zien hoe men er tegenwoordig gebruik van maakt en welke invloed dit heeft op onze samenleving. Maak hiervan een (digitale) presentatie.</p> <p><b>Voorbeeld: universeel communicatiemodel.</b>          Geef een weergave van het universele communicatiemodel en noem drie voorbeelden van gecodeerde transmissie.</p> <p><b>Voorbeeld: kapotte radio.</b>          Ontwerp en bouw een eenvoudige radio. Verklaar kwalitatief de werking. Je krijgt een defecte zelfgebouwde radio. Beschrijf hoe je het defect kunt opsporen en voer de reparatie uit.</p> <p><b>Voorbeeld: resonantiekring.</b>          Bestudeer het wisselstroomgedrag van een parallel geschakelde spoel en condensator. Bij welke frequentie is de kring in resonantie? Hoe zit het met de impedantie bij die resonantiefrequentie? Hoe maken we daar gebruik van in de afstemkring van een AM radio?</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>2.7 Huisinstallaties en domotica</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan de opbouw van een elektrische huisinstallatie bespreken evenals de werking en functie van de verschillende componenten.</p> <p>Hij kan de opbouw en werking van (onderdelen van) belangrijke huishoudelijke installaties uitleggen en demonstreren.</p> <p>Hij kan beschrijven wat er met het begrip domotica wordt bedoeld en kan daarvan voorbeelden noemen.</p> <p>Hij kan in een concrete situatie van een dergelijk systeem een globale beschrijving (de opbouw in componenten) geven en de functionaliteit(en) ervan beschrijven.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opbouw en werking van de elektrische huisinstallatie en belangrijke veiligheids-eisen conform NEN 1010</li> <li>• (Warm)water- en sanitaire voorzieningen in het woonhuis</li> <li>• Verwarmingsystemen voor het woonhuis</li> <li>• Domotica: systemen en toepassingen met speciale aandacht voor het zelfstandig wonen van ouderen en minder validen.</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centraaldoos en normaaldoos systeem</li> <li>• Aarding</li> <li>• Stroomkringschema</li> <li>• Faseverschuiving</li> <li>• Stromingleer en analogie elektrische stroom en gas/waterstroom</li> <li>• Afvalproducten zoals afvoergassen en afvalwater</li> <li>• Energiebalans</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: aardlekschakelaar.</b> Tekenen de onderdelen van een aardlekschakelaar en bespreek de werking ervan. Wat is de specifieke functie van de aardlekschakelaar?</p> <p><b>Voorbeeld: pompen.</b> Maak een inventarisatie van pompen die in en om huis gebruikt worden. Bedenk hierbij dat pompen vaak een essentieel onderdeel zijn van apparaten en machines. Geef aan wat de functie van de pomp is en om welk soort pomp het gaat. Kies een bepaalde pomp en onderzoek de opbouw en de werking ervan. Leg vervolgens de constructie en de werking uit en maak hierbij gebruik van zelfgemaakte foto's, exploded view afbeeldingen, schematische tekeningen en/of doorsnede tekeningen. Bij de beschrijving van de werking van de pomp mag een passende natuurkundige verklaring natuurlijk niet ontbreken.</p> <p><b>Voorbeeld: het zonnetje in huis.</b> Een 'intelligent' huis zorgt voor een aangenaam binnenklimaat. In de zomer worden daarom automatisch de zonneschermen bij de woonkamer neergelaten als er te veel zonlicht binnenvalt of als de temperatuur in deze kamer te hoog oploopt. Natuurlijk moet je de automatische regeling kunnen uitschakelen en handmatig de zonneschermen kunnen bedienen. Ontwerp een zo eenvoudig mogelijke schakeling met het computerprogramma Systeembord, door gebruik te maken van de juiste sensoren, logische poorten en 2 relais als actuator. We gaan ervan uit dat de zonneschermen worden neergelaten als een relais is bekrachtigd en weer worden opgehaald als het andere relais wordt bekrachtigd.</p> <p>Als het half bewolkt is en er regelmatig een wolkje voor de zon schuift gaan de schermen te vaak omhoog en omlaag. Verbeter de schakeling door een tijdsinterval in te stellen: alleen als de zon langer dan x seconden onafgebroken heeft geschinen, worden de schermen neergelaten. Hetzelfde geldt voor het weer ophalen van de schermen.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>2.7 Huisinstallaties en domotica</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau.	
		<p>Voorbeeld: domotica en zelfstandig blijven wonen van ouderen.</p> <p>Maak een schriftelijk verslag van 3000 woorden over de betekenis van domotica voor het zo lang mogelijk zelfstandig blijven wonen van ouderen. Besteed aandacht aan de ervaringen die tot nu toe zijn opgedaan. Breng zo volledig mogelijk in beeld welke systemen en oplossingen er nu zijn ontwikkeld en wat er in de nabije toekomst te verwachten valt.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>2.8 Energietechniek</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het boek Toegepaste energietechniek, deel 2: duurzame energie van J. Ouwehand, e.a.	
<p>De startbekwame leraar kan een aantal voorbeelden noemen van energiebronnen en daarbij aangeven hoe de energie wordt gewonnen, (eventueel) opgeslagen en gedistribueerd.</p> <p>Hij kan concrete voorbeelden geven van energieomzettingen en toepassingen daarvan.</p> <p>Hij kan aangeven of en in welke mate bepaalde energiebronnen duurzaam zijn.</p> <p>Hij kan berekeningen maken over het winnen van energie en energieomzettingen in concrete situaties.</p> <p>Hij kan op verschillende terreinen energiebesparende maatregelen en technieken noemen.</p> <p>Hij kan globaal de innovaties noemen en bespreken.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bronnen en methoden voor de winning van conventionele en duurzame energie</li> <li>• De werking van conventionele en duurzame energiecentrales</li> </ul> <p><b>Kennis van methoden en systemen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omzetten van energie</li> <li>• Opslaan van energie</li> <li>• Transport van energie</li> <li>• Distribueren van energie</li> <li>• Verbeteren van het rendement van een energie-installatie</li> <li>• Thermisch isoleren van een constructie</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie, arbeid en vermogen</li> <li>• Soorten energie</li> <li>• Duurzame energiebronnen</li> <li>• Energieverliezen, rendement en prestatiecoëfficiënt</li> <li>• pV-diagram en Carnot cyclus</li> <li>• Mogelijkheden voor energiebesparing</li> <li>• Warmte-kracht koppeling</li> <li>• Warmteweerstand en warmtegeleidingscoëfficiënt</li> <li>• Warmtepomp</li> <li>• Brandstofcel</li> <li>• Zonnecel</li> <li>• Windturbine</li> <li>• Stirlingmotor</li> <li>• Hybride aandrijving</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: brandstofcel.</b> Beschrijf de werking van een brandstofcel. Bouw een werkend model van een voertuig dat rijdt met behulp van een brandstofcel.</p> <p><b>Voorbeeld: de muizenvalwagen.</b> Gegeven een bestaande (of zelf te bouwen) muizenvalwagen. Analyseer (meet) krachten, aandrijfkoppel, energie-inhoud enz. Breng op grond van deze analyses verbeteringen aan. De cyclus moet twee keer worden doorlopen.</p> <p><b>Voorbeeld: de warmtepomp.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Beschrijf de werking van een warmtepomp.</li> <li>b. Wat is het rendement (COP) van een warmtepomp?</li> <li>c. Geef een aantal overwegingen om een warmtepomp in de civiele woningbouw toe te passen. Geef behalve technische en milieutechnische ook economische overwegingen.</li> </ol> <p><b>Voorbeeld: de windturbine.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Leg uit hoe een (twee- of driebladige) windturbine energie haalt uit de langsstromende lucht.</li> <li>b. Noem drie ontwerpfactoren die van grote invloed zijn op het theoretische vermogen van een windturbine.</li> <li>c. Natuurlijk waait het niet altijd even hard. Maak duidelijk welke gegevens nodig zijn om het over een jaar gemiddelde opgewekte vermogen van een windturbine te bepalen. Leg uit hoe deze berekening uitgevoerd moet worden.</li> </ol>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>2.9 Transportsystemen</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau, het boek Technology, engineering &amp; design van Brusic, Fales &amp; Kuetemeyer en het tijdschrift De ingenieur.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan de maatschappelijke betekenis van transport voor de samenleving vanuit een technisch perspectief bespreken.</p> <p>Hij kan modellen van vervoerssystemen bedenken, berekenen, ontwikkelen, maken en beoordelen.</p> <p>Hij kan de toepassing van energiebronnen, energieomzettingen en energietransport binnen de diverse aandrijvingsystemen beschrijven. Hij heeft inzicht in de constructie, de vormgeving en het materiaalgebruik in relatie tot de prestaties van transportsystemen ter land, te water, in de lucht en in de ruimte.</p> <p>Hij heeft kennis van het logistieke concept bij productieprocessen, zoals materials handling en fysieke distributie en kan de daarbij benodigde transportmiddelen benoemen en beoordelen.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De verbrandingsmotor, aandrijvings- en besturingsprincipes van (hybride)voertuigen</li> <li>• De mobiliteit van mensen en goederen op kleine en op grote schaal en de hiermee samenhangende bedrijvigheid</li> <li>• De problemen en de (technische) oplossingen rondom het handhaven of vergroten van de mobiliteit</li> <li>• Systemen voor transport van bagage</li> <li>• Transportsystemen als onderdeel van industriële productprocessen</li> <li>• Systemen voor vrachtafhandeling</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiliteit</li> <li>• Infrastructuur voor transport</li> <li>• Logistiek</li> <li>• Materials handling</li> <li>• Just in Time principe</li> <li>• Globalisering en wereldhandel</li> <li>• Assemblage</li> <li>• Vervoerscapaciteit</li> <li>• Verbrandingsmotor</li> <li>• Hybride systeem</li> <li>• Efficiëntie en brandstofverbruik</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: de verbrandingsmotor.</b> Bespreek de werking van de verbrandingsmotor volgens de 4-takt cyclus. Maak er 4 tekeningen bij. Geef de juiste benaming van elke fase in deze cyclus. Teken het energieblokschema. Wat wordt er verstaan onder het rendement van een dergelijke motor? Hoe groot is dat rendement ongeveer en waarom is het zo laag?</p> <p><b>Voorbeeld: in de file.</b> De auto is een succesvol technisch product: voor veel mensen is het bezit van een eigen auto bijzonder belangrijk. Nu dreigt de auto slachtoffer te worden van zijn eigen succes. Er zijn tegenwoordig zoveel voertuigen op de weg dat de mobiliteit juist afneemt als gevolg van de toenemende fileproblematiek. Werk zelf minstens 4 mogelijke oplossingen voor het fileprobleem uit en beschrijf de rol van techniek bij het realiseren van elke variant. Onderzoek welke maatregelen de overheid heeft genomen (of onderzoekt) om het fileprobleem te verminderen en welke rol techniek in deze maatregelen speelt. Je verhandeling telt 2500 tot 3000 woorden.</p> <p><b>Voorbeeld: goederenstromen over de hele wereld.</b> Veel goederen reizen tegenwoordig de hele wereld over. Zo worden Hollandse garnalen in Tanger (Marokko) gepeld en daarna teruggedreden naar Nederland. Geef vijf andere voorbeelden van dit soort goederenstromen over de wereld en breng dat in beeld. Geef bij elk voorbeeld aan van welk(e) transportmiddel(en) er gebruik wordt gemaakt. Geef ook bij elk voorbeeld aan welke technische eisen er worden gesteld aan het transport en hoe daarin wordt voorzien? Wat zijn de maatschappelijke voor- en nadelen van dit soort transporten?</p> <p><b>Voorbeeld: kies de juiste vervoersmodaliteit.</b> Congestie is een groot probleem op Europese snelwegen. Goederen die over zee aankomen in Rotterdam moeten tegen lage kosten en vaak snel afgeleverd worden op diverse plekken in Europa. Maak een overzicht van type goederen en adviseer daarbij welk transportmiddel je in zou willen zetten. Werk het uit voor de volgende transporten: Kleding voor Berlijn Steenkool voor Essen Elektronica voor Parijs Auto's voor Luxemburg</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>2.10 Bio-gerelateerde techniek</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door een natuurkundemethode op vwo bovenbouw niveau, het boek "Technology, engineering &amp; design" van Brusic, Fales &amp; Kuetemeyer en het tijdschrift "de ingenieur".</p>	
<p>De startbekwame leraar kan uitleggen wat er wordt bedoeld met bio-gerelateerde techniek en biotechnologie en hij kan de ontwikkelingen op deze gebieden globaal beschrijven.</p> <p>Hij kan met voorbeelden aangeven welke rol techniek speelt in bio-gerelateerde techniek en de biotechnologische sector, zoals de land- en tuinbouw en visserijsector, de industriële voedselbereiding, bereiding van biobrandstoffen.</p>	<p>Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotechnologie</li> <li>• Bionica</li> <li>• Biometrie</li> <li>• Ontwerpen naar analogie van levende organismen</li> </ul>	<p>Voorbeeld: <b>biotechnologie en ons voedsel.</b> Beschrijf het gebruik en de invloed van biotechnologie in de voedingsindustrie. Draagt dit bij aan de continuïteit en de veiligheid van onze voedselvoorziening en aan onze gezondheid? Onderzoek en bespreek het gebruik van micro-organismen bij het maken van voedsel.</p> <p>Voorbeeld: <b>ontwerpen naar de natuur, het lotusblad.</b></p>  <p>Bekijk de video Lotus uit de serie Dat willen wij ook. Beschrijf het onderzoek van prof. W. Bartlott van de universiteit van Bonn naar de eigenschappen van het lotusblad. Geef aan welke producten hij heeft ontwikkeld en welke toepassingsmogelijkheden hij ziet. Doe aanvullend onderzoek via internet.</p> <p>Voorbeeld: <b>onderzoek naar manieren van lopen.</b> Voer een onderzoek uit naar looppatronen van mensen door middel van een zelf te bouwen drukschakelaar. Met deze drukschakelaar in combinatie met een computer als meet-systeem doe je metingen aan de staptijd en voetafwikkeling tijdens het lopen. Maak de resultaten grafisch zichtbaar.</p>

## Domein 3: Techniek, natuurwetenschap en samenleving

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>3.1 Ontwikkeling van techniek</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door het boek "Made in Holland" van H. Lintsen.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan met voorbeelden aangeven langs welke lijnen belangrijke hedendaagse technische ontwikkelingen zijn verlopen.</p> <p>Hij kan de wisselwerking tussen techniek en natuurwetenschap en tussen techniek en samenleving beschrijven en toelichten aan de hand van concrete voorbeelden.</p> <p>Hij kan aan de hand van concrete voorbeelden laten zien welke rol techniek speelt in het dagelijkse leven van mensen.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het proces van industrialisatie;</li> <li>• De ontwikkelingsgeschiedenis van belangrijke technische producten of vindingen;</li> <li>• De ontwikkelingen in belangrijke maatschappelijke sectoren: gezondheidszorg, verkeer en vervoer, voedselproductie, communicatie en energievoorziening;</li> <li>• De betekenis van techniek voor het dagelijks leven van mensen (wonen, werken, vrije tijd);</li> <li>• Maatschappelijke effecten als gevolg van technologische ontwikkelingen.</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrialisatie</li> <li>• Technology Assessment</li> <li>• Technische innovatie</li> <li>• Infrastructuur</li> <li>• Consumer lifestyle</li> <li>• Emancipatie &amp; techniek</li> <li>• Biotechnologie</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: groenteteelt in Nederland.</b> Onderzoek de geschiedenis van de groenteteelt in Nederland. Welke overeenkomsten en verschillen zijn er met de huidige derdewereldlanden? Wat is de rol van de Landbouwuniversiteit in Wageningen in deze sector?</p> <p><b>Voorbeeld: vrije tijd en techniek.</b> We beschikken tegenwoordig over veel vrije tijd en we besteden deze vrije tijd steeds intensiever. Maak een overzicht van 10 vormen van vrijetijdsbesteding, geef bij iedere vorm aan welke rol techniek hierbij speelt. Zoek zelf geschikt bronmateriaal en vermeld de gebruikte bronnen.</p> <p><b>Voorbeeld: sportattributen.</b> Bij veel sporten spelen sportattributen een belangrijke rol. Technisch specialisten en onderzoekers zorgen er in samenspraak met atleten voor dat sportattributen verbeteren. Opdracht: kies een sport en onderzoek hoe het bijbehorende attribuut in de loop der jaren is ontwikkeld en hoe het de geleverde sportprestaties heeft verbeterd. Besteed aandacht aan de rol die de wetenschap en de techniek hierbij hebben gespeeld en aan de wijze waarop toegepast onderzoek plaatsvond.</p> <p><b>Voorbeeld: lifestyle en techniek.</b> Lifestyle producten zoals de nieuwste iPod, een geavanceerde mobiele telefoon, een laptop en modetrends in kleding, schoeisel, accessoires en cosmetica zijn voor veel mensen erg belangrijk. Onderzoek aan de hand van deze voorbeelden het verband tussen de levensstijl van (groepen) mensen en het gebruik van technologie. Je bevindingen presenteer je met behulp van multimedia.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>3.2 Filosofie en ethiek van de techniek</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door de boeken <i>Made in Holland</i> van H. Lintsen en <i>Denken, ontwerpen, maken: basisboek techniekfilosofie</i> van Verkerk, e.a.	
<p>De startbekwame leraar kan de weerslag van de technische ontwikkelingen op de individuele mens en de huidige maatschappij bespreken en aan de hand van concrete voorbeelden toelichten.</p> <p>Hij kan met voorbeelden onze afhankelijkheid van techniek illustreren. Hij kan een keuze verantwoorden en een standpunt innemen en verdedigen.</p> <p>Hij kan met voorbeelden aangeven dat er verschillende visies op techniek bestaan.</p>	<p><b>Het gaat hierbij om:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethische vragen bij het ontwerpen van technische producten en systemen;</li> <li>• De relatie tussen de mens en de door hem geschapen artefacten (zoals robots, kunstmatige intelligentie, virtuele werelden) en de invloed daarvan op de menselijke psyche en zijn werkelijkheidsbeleving;</li> <li>• Techniek als cultureel verschijnsel;</li> <li>• Het duale karakter van techniek: zegen versus zorg; het maken van afwegingen;</li> <li>• Grenzen van de technologische samenleving;</li> <li>• Sociale en politieke dimensies van techniek.</li> </ul> <p><b>Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welvaart en welzijn</li> <li>• Consumptiemaatschappij</li> <li>• Cybernetica, artificial intelligence, robotisering, nanotechnologie</li> <li>• Virtual reality</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: maakt techniek gelukkig?</b>            Ons technisch kunnen lijkt onbegrensd: als we iets willen kunnen we dat met onze technische kennis meestal realiseren. Nu echter komt steeds meer de vraag aan de orde of wij wel moeten willen wat er allemaal kan. Geef jouw mening over de stelling dat techniek gelukkig maakt. Onderbouw je betoog met 5 gezaghebbende literatuurbronnen waarin de pro's en contra's van techniek worden besproken.</p> <p><b>Voorbeeld: lang zullen we leven?</b>            Met technologie zijn we in staat mensen in leven te houden. Onderzoek om welke technologie dat gaat. Waar ligt wat jou betreft de grens?</p> <p><b>Voorbeeld: cameratoezicht.</b>            Op straten en pleinen hangen steeds meer camera's. De wetgever vindt dit noodzakelijk voor handhaving van de openbare orde. Tegenstanders zeggen dat hiermee inbreuk wordt gemaakt op de privacy. Schrijf een opstel over deze kwestie en neem hierin een genuanceerd persoonlijk standpunt in.</p> <p><b>Voorbeeld: cyborg.</b>            Bespreek het thema van de film "A.I." van Steven Spielberg en Stanley Kubrick. Doe hiervoor onderzoek naar de ideeën van beide regisseurs die ten grondslag hebben gelegen aan deze film. Schrijf ook een persoonlijke recensie en probeer daarbij de vraag te beantwoorden "wat een mens tot mens maakt".</p>



Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<p><b>3.3 Techniek in beroepen</b></p>	<p>Een indicatie van het niveau wordt gegeven door publicatie 63 van de Stichting toekomstverkenningen over techniek en samenleving: Reflectie op economie, technologie en arbeid van R.M. Weehuizen.</p>	
<p>De startbekwame leraar kan aangeven welke rol techniek in het verleden, nu en in de nabije toekomst speelt in beroepen, bedrijven en arbeidssituaties in de verschillende maatschappelijke en industriële sectoren. Opmerking: het gaat hierbij niet alleen om de technische beroepen. Techniek speelt vrijwel altijd een belangrijke rol, ook bij ogenschijnlijk niet technische beroepen, bedrijven en arbeidssituaties.</p> <p>Hij kan aan de hand van voorbeelden aangeven in welke mate en in welke sectoren er sprake is van industriële productie in Nederland.</p> <p>Hij kan aan de hand van voorbeelden de relatie van industriële productie en globalisering (designed in Holland, made in China) beschrijven.</p>	<p><b>Kennisaspecten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De aard van de werkzaamheden die samenhangen met een bepaald technisch beroep of discipline;</li> <li>• Veranderingen in arbeidsprocessen (bijvoorbeeld als gevolg van globalisering en automatisering);</li> <li>• Loopbaanperspectieven van hoger, middelbaar en lager technisch geschoold personeel;</li> <li>• De vakinhouden in de bovenbouw vmbo: metalectro, voertuigtechniek, bouw, installatietechniek en grafimedia.</li> </ul> <p><b>Kernconcepten en begrippen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organigram van een bedrijf</li> <li>• Technische disciplines en beroepen</li> <li>• Factoren die het loopbaanperspectief bepalen</li> <li>• Projectorganisatie</li> <li>• Loopbaanoriëntatie van middelbare scholieren</li> <li>• Beroepsbeeld van jongeren</li> <li>• Assemblage-industrie</li> <li>• Globalisering</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: de beroepenbeurs voor jongeren.</b> Bezoek een beroepenbeurs voor jongeren. Schrijf hierover een verslag waarbij je ingaat op de kwaliteit van de beurs als het gaat om beroepenoriëntatie. Geef daarbij goede en minder goede voorbeelden. Interview tenminste drie bezoekende jongeren en verwerk dat in je verslag.</p> <p><b>Voorbeeld: werken in de bouwsector.</b> Doe onderzoek naar de verschillende beroepen en functies in de bouwsector. Zoek uit welke werkzaamheden samenhangen met een bepaalde functie of beroep. Zoek ook uit op welke wijze en in welke fase deze mensen bij een bouwproject betrokken zijn.</p> <p><b>Voorbeeld: bedrijfsbezoek.</b> Bezoek een bedrijf en vorm je een beeld van de organisatiestructuur, de bedrijfsprocessen en de (technische) disciplines die er een rol spelen. Besteed ook aandacht aan de beroeps-kwalificaties van de (groepen) mensen die er werken. Doe hiervan schriftelijk verslag. Maak hierbij een overzichtelijk organigram van het bedrijf en duidelijke schema's om de volgorde van - en relaties tussen - de verschillende bedrijfsprocessen in beeld te brengen.</p>

Domeinen/thema's	Kernconcept/Omschrijving	Voorbeelden
<b>3.4 Techniek, milieu en duurzaamheid</b>	Een indicatie van het niveau wordt gegeven door de boeken: Human Technology interaction van Valkenburg e.a.; Wederzijdse beïnvloeding van technologie en maatschappij van Smit, e.a. en Denken, ontwerpen, maken: basisboek techniekfilosofie van Verkerk, e.a.	
De startbekwame leraar heeft kennis van de relatie tussen techniek, milieu en duurzaamheid en kan dit met concrete voorbeelden toelichten.	<p>Het gaat hierbij om kennis van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De relatie tussen techniek, milieu en gezondheid van mens, plant en dier</li> <li>• Bronnen en oorzaken van milieuvuiling</li> <li>• Duurzame productietechnieken</li> <li>• Schoonmaaktechnologieën</li> </ul> <p>Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecologische voetafdruk</li> <li>• Milieuvuiling</li> <li>• Duurzaamheid</li> <li>• Recycling</li> </ul>	<p><b>Voorbeeld: je ecologische voetafdruk.</b> Techniek speelt een grote rol in ons leven en is van invloed op onze levensstijl. Geef de aspecten die een belangrijke rol spelen in de relaties tussen jouw levensstijl, techniek en jouw ecologische voetafdruk weer in een mind map.</p> <p><b>Voorbeeld: schoner produceren van kleding.</b> Zoek uit waarom de productie van katoen zeer belastend voor het milieu is. Maak een vergelijking met de productieprocessen van biologisch afbreekbare stoffen en kleding.</p>

## Domein 4: leergebied 'mens en natuur' en wiskunde

### 4.1 Wiskunde en techniek

Wiskunde speelt een rol bij het beoefenen van techniek: bij sommige probleemstellingen moeten immers berekeningen worden gemaakt en/of moet er met gegevensverzamelingen worden gewerkt. Het uitgangspunt is dat de startbekwame leraar techniek het vak wiskunde op Havo-niveau kan gebruiken bij het oplossen van technische problemen, het uitvoeren van ontwerp opdrachten, het uitleggen van technische principes en processen en het uitvoeren van kwaliteitsanalyses en analyseren van enquêtes. Het gaat om de volgende kennis en vaardigheden:

- Rekenen, meten, schatten, gebruik rekenmachine, uitkomsten controleren op orde van grootte; rekenen met verhoudingen, met schaal, vergroten of verkleinen;
- Het lezen van vlakke afbeeldingen van ruimtelijke figuren, ruimtelijke afbeeldingen in perspectief, het uitvoeren van transformaties, het aangeven en gebruiken van congruentie, symmetrie, berekeningen kunnen uitvoeren aan meetkundige en stereometrische figuren, hoekberekeningen kunnen uitvoeren met behulp van goniometrische betrekkingen;
- Het gebruik van tabellen, grafieken en andere visualiseringen van informatie, het gebruik van functies en vergelijkingen bij wiskundige modelberekeningen aan technische problemen;
- Statistiek, steekproef, frequentieverdeling, normaalverdeling, gemiddelde, spreiding en standaardafwijking.

### 4.2 Wiskunde en techniek

Natuurkunde is een belangrijk steunvak voor techniek, het vak scheikunde speelt een veel bescheidener rol. Zoals blijkt uit de beschrijving van domein 2 komt de voor techniek relevante natuurkunde aan bod op vwo-bovenbouw niveau. Dit kennisniveau is voor de leraar techniek ruimschoots voldoende om binnen het leergebied 'mens en natuur' te kunnen samenwerken met zijn collega's voor de vakgebieden natuur- en scheikunde. De startbekwame leraar kan kennis van natuurkunde en scheikunde gebruiken bij het oplossen van technische problemen en het uitvoeren van technische activiteiten. Het gaat vooral om de onderwerpen:

- Stoffen en materialen in het dagelijks leven: bouw van de materie, anorganische stoffen en materialen, organische stoffen en materialen;
- Elektriciteit, magnetisme en elektronica (gelijk en wisselstroom, opwekking en transport van elektriciteit, werking van elektromotoren, werking van elektrische en elektronische schakelingen, gebruik van materiaaleigenschappen);
- Opwekken en omzetten van energie en warmte (motoren, warmtetransport, koelsystemen);
- Geluid (akoestiek, geluidsbron, voortplanting van geluid in lucht, frequentie, amplitude, geluidsterkte, gehoorgrens, decibelmeter);
- Licht (optica, lenzen, optische apparaten);
- Mechanica: sterkteleer, statica, translatie en rotatiebewegingen;
- Hydrostatica, stromingsleer (gassen en vloeistoffen);
- Fysische en chemische methoden voor het winnen van grondstoffen;
- Fysische en chemische eigenschappen van metaal, hout, kunststoffen, lijmsorten, afwerkings- en onderhoudsmiddelen.

### 4.3 Kennis van het leergebied "mens en natuur"

De startbekwame leraar techniek moet kunnen samenwerken met zijn collega's van de andere vakken binnen het leergebied "mens en natuur". Hij moet samen met zijn collega's vorm kunnen geven aan het onderwijs in dit leergebied volgens de verschillende scenario's die scholen kunnen kiezen.

De hierboven beschreven kennis van de vakken natuur- en scheikunde is ruim voldoende voor het functioneren van de leraar techniek binnen het leergebied "mens en natuur" op dit terrein. Voor de vakken biologie en verzorging gaat het om de kennisaspecten:

- Mensen, dieren en planten in wisselwerking met elkaar en hun omgeving (milieu);
- Bouw en functie van het menselijk lichaam, verbanden met het bevorderen van lichamelijke en psychische gezondheid en de eigen verantwoordelijkheid van het individu;
- Zorg en de toepassing daarvan op het individu, anderen en de omgeving. Hoe is de veiligheid van het individu en anderen in verschillende leefsituaties (wonen, leren, werken, uitgaan, verkeer) positief te beïnvloeden?

## Bijlage: literatuurverwijzingen bij kennisbasis techniek

### Domein 1: ontwerpen en maken van producten

Titel	Auteur	Uitgeverij	ISBN	jaar
Productontwerpen	Eger, e.a.	Lemma	9789059312493 3 <sup>e</sup> druk	2008
Basisboek Human Technology Interaction	R. Valkenburg, e.a.	Noordhoff	9789001702519	2008
Basisvaardigheden voor de productvormgever	J. Corremans	Lemma	9789059310568	2008
Vaktekenen Kernboek 1	M. Evers	Nijgh Versluys	9789042503205	1998
Industriële productie, het voortbrengen van mechanische producten	H.J.J. Kals e.a.	Academic Service	9789039525296	2007
Inleiding Logistiek	W. Verwoerd	Boom Onderwijs	9789085062981	2006

### Domein 1: ontwerpen en maken van producten

Titel	Auteur	Uitgeverij	ISBN	jaar
Methodisch Ontwerpen, volgens van den Kroonenberg	F. Siers	Noordhoff	9789001509019	2004
Basisboek Human Technology Interaction	R. Valkenburg, e.a.	Noordhoff	9789001702519	2008
Algemene constructie voor bouw- en waterbouwkundigen	I. Nortier	Educaboek, Stam technische boeken		1978
Elektronica echt niet moeilijk	A. Schommers	Elektuur	9789053810286	2003
Datacommunicatie / telecommunicatie deel 4MK-DK3402 (kernboek)	J. Stieger	Nijgh Versluys B.V.	9789042511729	1999
Toegepaste energietechniek, deel 2: duurzame energie" van	J. Ouwehand, e.a.	Sdu Uitgevers	9789039523049 3 <sup>e</sup> editie	2005
Technology, engineering & design	Brusic, Fales & Kuetemeyer	McGraw-Hill	9780078768095	2007
Tijdschrift "de ingenieur"		Veen Magazines BV & KIVI NIRIA.		

### Domein 3: Techniek, natuurwetenschap en samenleving

Titel	Auteur	Uitgeverij	ISBN	jaar
Made in Holland	H. Lintsen	Walburg	9789057303494	2005
Denken, ontwerpen, maken: basisboek techniekfilosofie	M.J. Verkerk, e.a.	Boom	9789085063957	2007
Reflectie op economie, technologie en arbeid (samenvatting van publicatie 63)	R.M. Weehuizen	Stichting toekomstbeeld der techniek	Samenvatting te downloaden op: <a href="http://www.stt.nl">http://www.stt.nl</a>	
Basisboek Human Technology Interaction	R. Valkenburg, e.a.	Noordhoff	9789001702519	2008
Wederzijdse beïnvloeding van technologie en maatschappij, een Technology Assessment-benadering	W.A. Smit, e.a.	Coutinho	9062831699	1999

### Samenstelling redactie en legitimeringspanel

#### Vakredactie:

Jos Smits (Fontys lerarenopleiding Sittard)  
Willem Buil (Hogeschool Utrecht)  
Frank Rosema (Hogeschool Rotterdam)  
Pieter Gruntjens (Fontys lerarenopleiding Tilburg)  
Theo Last (Christelijke Hogeschool Windesheim)

#### Legitimeringspanel:

Dr. M. de Vries (TU Delft)  
Drs. I. Frederik (vakdidacticus natuurkunde en techniek, TU Delft)  
Dr. H. Huijs (voorzitter vakvereniging VeDoTech)  
N. Freericks (secretaris vakvereniging VeDoTech)  
Monique Noorbergen (tweedegraads docent)  
Ben Uffen (tweedegraads docent)  
Anita Janssen (tweedegraads docent)  
Gijs Rolloos (tweedegraads docent)

## 6. Kennisbasis Wiskunde

Dit rapport bevat een eindtermenontwerp als detaillering van het vakmatige deel van de kennisbasis wiskunde. Daarnaast bevat de kennisbasis wiskunde een vakdidactisch deel en een generiek deel.

### Uitgangspunten voor de werkwijze

Voor de legitimering van deze kennisbasis heeft het legitimeringspanel de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De subdomeinen van de vakdomeinen (1 analyse, 2 meetkunde, 3 algebra, 4 kansrekening en statistiek en 5 wiskunde algemeen) zijn gedetailleerd uitgewerkt in eindtermen met voorbeeldtoetsen;
- De eindtermen zijn ten behoeve van gemeenschappelijke toetsing beschreven in termen van “De startbekwame docent kan ... “. Daarnaast wordt met “De startbekwame docent kent en begrijpt...” de belangrijkste onderliggende conceptuele kennis benoemd;
- De voorbeeldtoetsen zijn compacte, niet al te omvangrijke en vrijwel contextloze opgaven, die vooral zicht geven op beheersing van vakkennis;
- Er is geen onderscheid gemaakt tussen propedeuse en hoofdfase. Voor de verwerving van vakinhoud is dat geen relevant onderscheid;
- Het domein O (wiskundige (vak)competenties) is beschreven in globale eindtermen. Deze worden niet geïllustreerd met opgaven, omdat toetsing voornamelijk via complexe opdrachten zal plaatsvinden;
- Er worden capita selecta gegeven. Dit zijn aanbevolen onderwerpen waaruit de opleidingen vanuit eigen opleidingsvisie en samenhang keuzen maken;
- De capita selecta zijn niet gedetailleerd uitgewerkt.

### Uitgangspunten voor legitimering van het communale deel

- Het dient een basis en achtergrond te bieden voor onderwerpen in de schoolwiskunde van het onderwijsveld, waarvoor de tweedegraads lerarenopleiding opleidt;
- Het dient achtergrond te bieden aan denkbare toekomstige inhouden van schoolwiskunde (gezien de fluctuaties in de afgelopen 25 jaar);
- Beheersing van de wiskundeleerstof van de gehele bovenbouw van vwo;
- Wiskunde wordt als vakgebied in de breedte (o.a. geschiedenis, toepassingen) en diepte (o.a. de logische opbouw) gekend.

Voor achtergronden voor vakmatige doelstellingen en werkwijze van de lerarenopleidingen verwijzen we naar:

- *PML-rapport (Procesmanagement Lerarenopleidingen) van februari 1998.*  
Daarin zijn ook voorbeelduitwerkingen van leerinhouden toegevoegd die gestalte kunnen geven aan domein O van de KW.
- *Wiskunde vakbekwaam, WiVa,*  
NvW (Nederlandse Vereniging voor Wiskundeleraren), FI (Freudenthal Instituut) en SBL (Stichting Beroepskwaliteit Leraren), 2008, een beschrijving van de beroepsstandaard voor de wiskundedocent. In het bijzonder Bijlage 3 Wiskundige competenties, Onderdeel 1.

## Domein 0: Wiskundige vakcompetenties

### Categorie 1: Denken en redeneren

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- zichzelf en anderen wiskundige vragen stellen;
- een diversiteit aan antwoorden op een wiskundige vraagstelling geven;
- onderscheid maken tussen definitie, stelling, vermoeden enz.

### Categorie 2: Argumenteren

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- diverse bewijsvoeringen leveren;
- onderscheid maken tussen aannemelijk maken en bewijzen;
- een deductieve structuur hanteren.

### Categorie 3: Communiceren

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- zich schriftelijk en mondeling helder uitdrukken;
- wiskunde uitleggen voor specifieke doelgroepen m.b.v. (non-) voorbeelden, goede vragen (controleerende, stimulerende, kritische) en adequaat taalgebruik;
- vragen en reacties op gestelde vragen adequaat beantwoorden;
- wiskunde presenteren in een contextrijke omgeving m.b.v. foto's, tekeningen, modellen, simulaties, ICT; daarbij interactie organiseren.

### Categorie 4: Modelleren

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- een situatie structureren;
- horizontaal (de-)mathematiseren;
- het model toetsen en reflecteren op beperkingen.

### **Categorie 5: Probleem formuleren en oplossen**

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- problemen formuleren vanuit een situatie;
- problemen oplossen;
- heuristieken en algoritmen gebruiken;
- het vier-fasenmodel van Polya herkennen en hanteren.

### **Categorie 6: Representatie**

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- verschillende representatievormen van wiskundige objecten (de-)coderen, vertalen en interpreteren;
- representatievormen kiezen en afwisselen.

### **Categorie 7: Gebruik van symbolen, formele en technische taal en bewerkingen**

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- formele uitdrukkingen vertalen naar dagelijks taalgebruik en omgekeerd;
- bewerkingen en uitdrukkingen met symbolen en formules hanteren;
- symbolen en formules op diverse abstractieniveaus gebruiken.

### **Categorie 8: Gebruik van wiskundige hulpmiddelen en gereedschappen**

#### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- gebruik maken van (grafische) rekenmachines en relevante wiskundige software;
- simulaties ontwerpen en uitvoeren;
- gebruik maken van concrete materialen;
- op verantwoorde wijze internet als hulpbron gebruiken;
- de beperkingen van deze hulpmiddelen aangeven.



## Categorie 9: Onderzoeken

### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- onderwerpen uit de wiskunde zelfstandig bestuderen;
- informatiebronnen raadplegen en zich verdiepen in de ontstaansgeschiedenis van het vakgebied;
- met behulp van (grafische) rekenmachines en relevante wiskundige software eigenschappen van functies, meetkundige figuren, e.d. ontdekken en daarover vermoedens formuleren;
- logische en relevante relaties leggen tussen probleemstelling, gegevens, beweringen en resultaten;
- bij een probleemstelling een passende aanpak kiezen;
- uitkomsten van onderzoek en de gevolgde werkwijze kritisch analyseren;
- het gebruik van wiskunde in kranten, boeken enz. kritisch beoordelen.

## Categorie 10: Toepassen

### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- wiskunde in andere schoolvakken en vakgebieden (natuurkunde, scheikunde, biologie, economie enz.) opsporen, kritisch beoordelen en gebruiken;
- het gebruik van wiskunde in dagelijkse situaties herkennen.

## Categorie 11: Omgaan met concepten

### Omschrijving

De startbekwame docent kan:

- van de wiskundige concepten in elke categorie van de vijf domeinen uit de Kennisbasis
  - hun betekenis in de wiskunde omschrijven;
  - een voorbeeld geven;
  - hun relevantie duiden voor de wiskunde in het voortgezet onderwijs en bve.

## Domein 1: Analyse

### Categorie 1: Functiebegrip

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: (afhankelijke en onafhankelijke) variabele, functie, inverse functie, grafiek, asymptoot, parameter, niveaulijn, extremen, injectie en bijjectie.

#### De startbekwame docent kan:

T.a.v. lineaire, machts- en veeltermfuncties, exponentiële, logaritmische en periodieke functies:

- grafieken tekenen van machtsfuncties met rationale exponenten, van functies van het type  $f(x) = a^x$  en hun inverse functies  $f(x) = \log_a x$ , en van de goniometrische functies  $f(x) = \sin x$ ,  $f(x) = \cos x$  en  $f(x) = \tan x$ ;
- bij bovenstaande functies de begrippen domein, bereik, stijgen, dalen, symmetrie en asymptotisch gedrag hanteren;
- een in de context beschreven samenhang vertalen in een functievoorschrift;
- op grafieken transformaties uitvoeren (zoals verschuiven en rekken) en de samenhang met de bijbehorende verandering van het functievoorschrift beschrijven;
- functies combineren (optellen, aftrekken, schakelen) en de samenhang met de bijbehorende grafieken beschrijven;
- vergelijkingen en ongelijkheden oplossen met numerieke, grafische of elementair-algebraïsche methoden;
- de rekenregels voor machten en logaritmen (inclusief grondtalverandering) gebruiken;
- gebruik maken van logaritmische schaalverdelingen;
- het begrip absolute waarde hanteren.

#### T.a.v. periodieke functies en parameterkrommen:

- eenparige cirkelbeweging en de harmonische beweging in verband brengen met de functies sinus en cosinus;
- gebruik maken van de begrippen periode, amplitude, evenwichtstand, faseverschil en frequentie bij het tekenen van een sinusoïde of het beschrijven van een periodiek verschijnsel;
- bij een gegeven sinusoïde een passende formule opstellen;
- vergelijkingen oplossen van het type  $\sin a = \sin b$  en  $\cos a = \cos b$  waarbij a en b lineaire functies van x zijn en hierbij de periodiciteit gebruiken voor het vinden van alle oplossingen;
- de formules waarin  $\sin(t \pm \pi)$ ,  $\cos(t \pm \pi)$ ,  $\cos(t \pm \frac{\pi}{2})$ ,  $\sin(t \pm \frac{\pi}{2})$ ,  $\sin(-t)$ ,  $\cos(-t)$ ,  $\sin(2t)$  en  $\cos(2t)$  worden uitgedrukt in  $\sin t$  en/of  $\cos t$ , gebruiken bij het herleiden van formules en het oplossen van vergelijkingen;
- de formules  $\sin^2(t) + \cos^2(t) = 1$  en  $\sin t / \cos t = \tan t$ , gebruiken bij het herleiden van formules;
- de formules voor  $\sin(t \pm u)$ ,  $\cos(t \pm u)$ ,  $\sin t \pm \sin u$ ,  $\cos t \pm \cos u$  gebruiken bij het verklaren van samengestelde trillingspatronen en bij het herleiden van formules;
- bij een gegeven parametervoorstelling de grafiek tekenen en domein, bereik en extremen bepalen.

### T.a.v. functies van twee variabelen:

- eenvoudige functies grafisch weergegeven m.b.v. niveaulijnen;
- vergelijkingen van vlakken en bollen koppelen aan functies van twee variabelen en weergegeven in een driedimensionaal assenstelsel;
- lokale extremen en andere stationaire punten bepalen m.b.v. niveaulijnen en driedimensionale grafieken.

### Capita selecta

- poolkrommen;
- richtingsafgeleiden, partiële afgeleiden en extremen van functies van twee variabelen.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

a) De functie  $f$  is voor iedere reële  $x$  gegeven door  $f(x) = \frac{4x}{x^2 + 1}$ .

Toon aan dat  $f(x) - f(1/x)$  een constante is mits  $x \neq 0$ .

b) Los op:  $e^{-2x} + e^{2x} = 1$ .

#### Opgave 2

Een punt beweegt in het Oxy-vlak volgens de vergelijkingen:

$$\begin{cases} x(t) = \cos t \\ y(t) = \cos(2t) \end{cases}$$

a) De grafiek die het punt beschrijft is een gedeelte van een parabool. Toon dit aan.

b) Bepaal de vergelijking van de raaklijn aan de grafiek in het punt waarvoor geldt  $t = \pi/6$ .

## Categorie 2: Differentiaalrekening

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: limiet, differentie - en differentiaalquotiënt, continuïteit, snelheid van verandering, raaklijn, hellingfunctie, extremen.

De startbekwame docent kan:

- $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  en  $\lim_{x \rightarrow a} f'(x)$  berekenen met behulp van standaardlimieten en de rekenregels van limieten (som- en verschilregel, productregel, quotiëntregel en regel voor samenstelling);
- met limietberekeningen horizontale en verticale asymptoten van een functie bepalen;
- differentiequotienten berekenen en deze interpreteren als gemiddelde verandering op een interval;
- bij afnemende stapgrootte differentiequotienten interpreteren als benadering van de helling in een bepaald punt;

- met behulp van de limietberekening het differentiaalquotiënt berekenen van elementaire functies zoals  $x^3$ ,  $x^2$ ,  $1/x$ ;
- in verschillende contexten de waarde van het differentiaalquotiënt interpreteren als verandering op één moment;
- de afgeleide van de inverse functie in verband brengen met de afgeleide van de functie, bijvoorbeeld bij de functie  $\sin x$  en de inverse functie  $\arcsin x$ ;
- het getal van Euler  $e$  in relatie brengen met het begrip differentiaalquotiënt; hij kent tevens de afgeleide van de functies  $e^x$ ,  $\ln x$ ,  $a^x$ ,  $^a \log x$ ;
- bepalen in welke punten een functie continu en differentieerbaar is;
- de eerste en hogere afgeleide van een willekeurige functie bepalen met behulp van de standaardafgeleiden en de rekenregels (scalarregel, som- en verschilregel, productregel, quotiëntregel en kettingregel);
- vergelijkingen van raaklijnen opstellen;
- bepalen op welke intervallen de grafiek van een functie stijgt of daalt en wat de extremen zijn;
- bepalen op welke intervallen de grafiek van een functie convex of concaaf is en wat de buigpunten zijn;
- met technieken uit de differentiaalrekening optimaliseringsvraagstukken oplossen.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

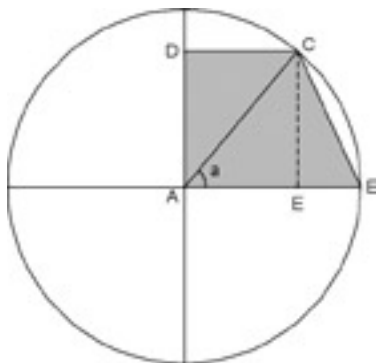
Bepaal m.b.v. de rekenregels van het differentiëren en de standaardafgeleiden een voorschrift van de afgeleiden van de volgende functies. Vereenvoudig het antwoord zoveel mogelijk.

- a)  $f(x) = x^2 \cdot \sin(3x^2)$       b)  $f(x) = \frac{e^{2x}}{\cos x}$
- c)  $f(x) = \sin^2(x + \pi) + 2 \cdot \ln x$       d)  $f(x) = {}^4 \log(16^x)$

#### Opgave 2

Gegeven is de eenheidscirkel met daarin getekend trapezium ABCD. Diagonaal AC van dit trapezium maakt hoek  $\alpha$  met lijnstuk AB. Er geldt  $0 < \alpha < \frac{1}{2}\pi$

- a) Laat zien dat de oppervlakte van het trapezium berekend kan worden met  $\text{opp} = \frac{1}{2} \sin \alpha \cdot (1 + \cos \alpha)$
- b) Bereken bij welke  $\alpha$  de oppervlakte van het trapezium maximaal is.



### Categorie 3: Integraalrekening

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: Riemansom, oppervlaktebegrip en primitieve functie.

#### De startbekwame docent kan:

- de oppervlakte onder de grafiek van een functie tussen de lijnen  $x = a$  en  $x = b$  benaderen met een Riemannondersom- en/of -bovensom;
- het verband leggen tussen oppervlakte, Riemansom en integraal;
- het gemiddelde van een functie op een interval berekenen;
- met de rekenregels en de hoofdstelling van de integraalrekening oppervlakten berekenen;
- primitieve functies bepalen met de technieken breuksplitsen, partieel integreren en substitutie;
- eigenlijke en oneigenlijk integralen berekenen;
- de lengten van krommen en inhoud van omwentelingslichamen berekenen;
- integraalrekening toepassen in contexten.

#### Voorbeelden

##### Opgave 1

Gegeven is de functie  $f(x) = 3x^2$ , op het interval  $[0, 2]$ .

a) Laat zien dat de ondersom gelijk is aan  $\sum_{k=1}^{n-1} \left( 24 \cdot \frac{k^2}{n^3} \right)$  voor willekeurige  $n \in \mathbb{N}$ .

b) Bepaal met de GR de ondersom voor  $n = 999$ . Rond af op 2 decimalen.

Je kunt de oppervlakte met behulp van een ondersom ook exact bepalen.

Daarbij zul je gebruik moeten maken van de sommatie:

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + (k-1)^2 + k^2 = \frac{k \cdot (k+1) \cdot (2k+1)}{6}$$

c) Laat zien hoe je de oppervlakte met een ondersom exact bepaalt.

d) Bepaal de exacte oppervlakte ook met behulp van primitiveren.

##### Opgave 2

Bereken of bepaal:

a)  $\int \sin(2\pi t) dt$  b)  $\int_0^1 x \cdot \sqrt{1+x^2} dx$  c)  $\int \frac{x+1}{x^2-1} dx$  d)  $\int_0^{\infty} x \cdot e^{-x} dx$  e)  $\int \sin^3 x dx$

## Categorie 4: Rijen en reeksen

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: rij als functie van N naar R, meetkundige en rekenkundige rij, somrij, convergentie, discreet en continu, limiet, recursie.

De startbekwame docent kan:

- bij een probleem gegeven in een context het voorschrift voor een rij opstellen met behulp van een directe formule en/of een recursieve betrekking;
- de eigenschappen van een meetkundige en een rekenkundige rij benoemen;
- de termen en de som van een meetkundige of rekenkundige rij berekenen;
- een formule voor de termen van de verschilrij opstellen;
- rijen weergeven en bestuderen met tijd- en webgrafieken;
- de begrippen monotoon stijgende rij, monotoon dalende rij, begrensde rij, convergente rij en divergente rij herkennen en bepalen welk van deze eigenschappen een rij bezit;
- rekenregels voor limieten toepassen bij het berekenen van een limiet;
- de limiet van diverse rijen bepalen;
- met behulp van de insluitstelling de convergentie van een rij bepalen;
- webgrafieken inzetten om te onderzoeken of een rij convergeert;
- de contractiestelling gebruiken en dekpunten bepalen;
- de standaardlimieten  $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ ,  $\lim_{x \rightarrow \infty} \sqrt[x]{a}$  en  $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{n^k}{a^n}$  herkennen en met behulp van

deze standaardlimieten andere limieten berekenen.

### Capita selecta

- convergentieonderzoek met behulp van diverse convergentiecriteria, zoals absolute waarde kenmerk, d'Alembert, Cauchy en Leibnitz;
- Taylorreeksen, convergentiegebied en foutafschatting.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

Van een rekenkundige rij  $u_n$  is de eerste term  $u_1$  gelijk aan 5. Het verschil tussen de 6<sup>e</sup> en de 10<sup>e</sup> term is 28.

- Geef een rangnummerformule voor  $u_n$ .
- Bereken  $s_{30}$ .
- Bereken n als gegeven is dat  $s_n = 3861$ .

#### Opgave 2

Bereken de volgende limieten met behulp van standaardlimieten en rekenregels:

$$\text{a) } \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\sin^4 n}{n}\right) \quad \text{b) } \lim_{n \rightarrow \infty} (n-3) \cdot \frac{2n}{n^2-9} \quad \text{c) } \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{4}{5n}\right)^{2n}$$

## Categorie 5: Differentiaalvergelijkingen

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: een differentiaalvergelijking als verband tussen grootheid en verandering, continu en discreet model, richtingsveld en beginvoorwaarde.

### De startbekwame docent kan:

- bij een daartoe geschikt probleem een discreet model opstellen en verklaren;
- bij een daartoe geschikt probleem een continu model opstellen en verklaren;
- zo nodig het continue model afleiden uit een discreet model door verkleining van de stapgrootte, in het bijzonder bij de exponentiële, asymptotische en logistische modellen (concrete voorbeelden: griepepidemie, afkoelproces, populatiegroei);
- een differentiaalvergelijking oplossen met de methode 'scheiden van variabelen';
- uit de algemene oplossing van een differentiaalvergelijking de oplossing afleiden die past bij de randvoorwaarde;
- controleren door substitutie of een gegeven kromme de oplossingskromme is van een differentiaalvergelijking;
- een richtingsveld tekenen;
- van het richtingsveld de betekenis en het verband met de oplossingskrommen duiden;
- gebruik maken van geschikte ICT-hulpmiddelen om modellen door te rekenen en eigenschappen van uitkomsten en oplossingen te onderzoeken.

### Capita selecta

- integratiefactor;
- isoclinen en orthogonale trajectorieën;
- stelsels differentie- en differentiaalvergelijkingen, tijdgrafieken en fasegrafiek;
- tweede-orde differentiaalvergelijkingen;
- uniciteit en existentie.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

Gegeven is de differentiaalvergelijking  $\frac{dy}{dx} = 2xy^2$ .

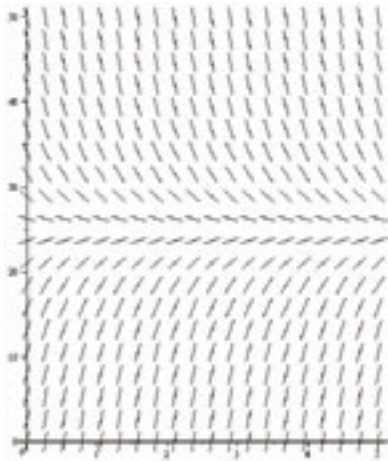
- Toon door substitutie aan dat  $y = \frac{-1}{x^2}$  een oplossing is van de gegeven differentiaalvergelijking.
- Zijn de lijnen met vergelijking  $x = 0$  en  $y = 0$  oplossingen van de differentiaalvergelijking?
- Leid de algemene oplossing af van de differentiaalvergelijking. Bepaal vervolgens de oplossing bij randvoorwaarde  $y(0) = 1$ .

## Opgave 2

Iemand bevindt zich op grote hoogte boven het aardoppervlak en laat daar een voorwerp los. Het voorwerp valt recht naar beneden. De snelheid van het vallende voorwerp voldoet aan

de differentiaalvergelijking  $\frac{dv}{dt} = 50 - 2v$

Hierin is  $t$  de tijd in seconden vanaf het moment dat het voorwerp wordt losgelaten en  $v$  de snelheid in meter per seconde. De vastsnelheid op  $t = \infty$  is 0 m/s. Hiernaast is een gedeelte van het bijbehorende richtingsveld afgebeeld.



- a) Ga na of uit bovenstaand richtingsveld kan worden opgemaakt of de volgende uitspraken waar zijn:
- 1) De snelheid van het voorwerp blijft toenemen, tot het voorwerp op de grond komt.
  - 2) De snelheid van het voorwerp, vlak voordat het op de aardbodem neerkomt, is ca. 25 m/s.
- b) Bepaal de oplossing van de differentiaalvergelijking en ga na of daaruit volgt dat de twee uitspraken, genoemd in a) waar zijn.

## Categorie 6: Complexe getallen

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: complex getal, complexe functie en de hoofdstelling van de algebra.

### De startbekwame docent kan:

- complexe getallen weergeven in Cartesische vorm, in poolvorm en als e-macht;
- rekenen met complexe getallen;
- representaties in het vlak tekenen;
- tweede- en hogeregraads vergelijkingen oplossen met complexe en reële oplossingen;
- meetkundige transformaties, zoals spiegeling, rotatie en translatie, beschrijven met complexe functies;
- met de formule van Euler berekeningen uitvoeren;
- de stelling van De Moivre toepassen;
- eigenschappen van complexe functies zoals  $f(z) = z^2$ ,  $f(z) = \sqrt{z}$  en  $f(z) = az + b$  onderzoeken.



### Capita selecta

- inversie;
- hoofdstelling van de algebra, complex ontbinden.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

Gegeven zijn de complexe getallen  $z_1 = 3 + 4j$  en  $z_2 = -2 + 2j$ .

a) Bereken  $\overline{z_1}$ ,  $\overline{z_2}$ ,  $\frac{1}{z_1}$  en  $\frac{1}{z_2}$ .

b) Hoe is de ligging van 0,  $z_1$  en  $\frac{1}{z_2}$  ten opzichte van elkaar in het complexe vlak en wat kun

je zeggen van de ligging van 0,  $z_2$  en  $\frac{1}{z_1}$ ?

#### Opgave 2

A is de verzameling complexe waarvoor geldt  $1 \leq |z| \leq 2$  en  $0 \leq \text{Arg}(z) \leq \frac{1}{3}\pi$ .

- Teken de verzameling A.
- Teken het beeld van A onder de functie  $f(z) = z^3$ .
- Beschrijf de beeldverzameling uit b) in woorden.

---

## Domein 2: Meetkunde

### Categorie 1: Vlakke meetkunde

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: constructie, gelijkvormigheid, puntverzamelingen, kegelsnede, congruentie en meetkundige plaats.

#### De startbekwame docent kan:

t.a.v. construeren en bewijzen:

- aan de hand van de gegevens van een driehoek nagaan of deze te construeren is;
- van twee driehoeken aantonen of ze gelijkvormig of congruent zijn;
- aantonen dat twee verschillende definities hetzelfde type vierhoek vastleggen;
- driehoeken en vierhoeken (en bijzondere lijnen daarin) construeren met geschikte software;
- stellingen bewijzen waarin middelloodlijnen, deellijnen en cirkels een rol spelen;
- puntverzamelingen construeren die aan zekere voorwaarden voldoen;
- stellingen over verschillende soorten hoeken die in een cirkel voorkomen benoemen;
- stellingen over koordenvierhoeken benoemen en bewijzen;
- meetkundige plaatsen opsporen en construeren met behulp van geschikte software.

t.a.v. gebieden en grenslijnen:

- bij eenvoudige gebieden iso-afstandslijnen tekenen;
- de vorm van de iso-afstandslijn afleiden uit de vorm van het gebied;
- de eigenschappen van raaklijnvierhoeken benoemen;
- de meetkundige plaats vinden van punten die een gelijke afstand hebben tot twee gebieden;
- een conflictlijn puntsgewijs of stuksgewijs construeren.

t.a.v. de meetkundige interpretatie van kegelsneden:

- de meetkundige definities van parabolen, hyperbolen en ellipsen benoemen en ermee werken;
- cirkels, parabolen, ellipsen en hyperbolen beschouwen als kegelsneden;
- raaklijnen construeren aan kegelsneden, zowel in een punt van de kegelsnede als vanuit een punt daarbuiten;
- de raaklijneigenschappen van kegelsneden gebruiken, met name in verband met spiegels en golffronten;
- met geschikte software eigenschappen van kegelsneden ontdekken.

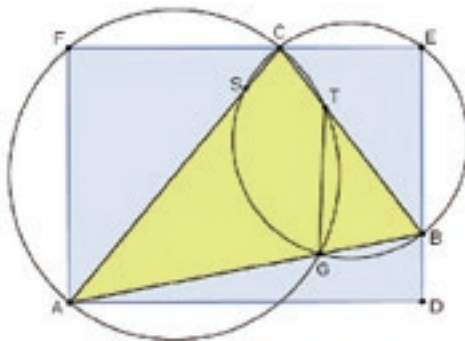
#### Capita Selecta

- niet-euclidische meetkunde.

#### Voorbeelden

Opgave 1

Om  $\triangle ABC$  is een rechthoek ADEF getekend, zoals in de figuur hiernaast. De omgeschreven cirkel van  $\triangle ACF$  heeft middelpunt M en de omgeschreven cirkel van  $\triangle BCE$  heeft middelpunt N. De cirkels snijden elkaar in C en G. De omgeschreven cirkel van  $\triangle ACF$  snijdt BC in punt T. Noem  $\angle BAC = \alpha$ .



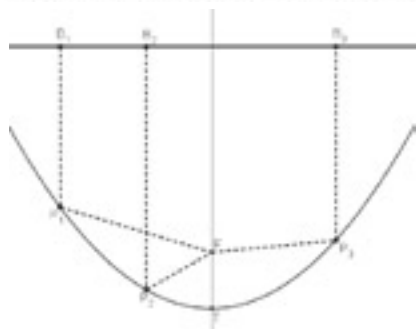
- Bewijs:  $\angle AGC = 90^\circ$ .
- Bewijs: A, G en B liggen op één lijn.
- Bewijs:  $\triangle TGB$  is gelijkvormig met  $\triangle ABC$ .

## Opgave 2

Hieronder staat een parabool met brandpunt F. De symmetrieas is ook getekend; deze staat loodrecht op de richtlijn. Sommige spiegels, zoals een koplamp van een fiets en schotelantennes hebben een oppervlak dat ontstaat door een parabool om te wentelen. Hiernaast staat een signaal van een verre bron getekend, de lijnen  $B_1P_1$ ,  $B_2P_2$  enz. zijn evenwijdig aan de symmetrie-as.

Bewijs dat alle signalen tegelijk in het brandpunt aankomen, dus dat geldt:

$$|B_1P_1| + |P_1F| = |B_2P_2| + |P_2F| = |B_3P_3| + |P_3F|$$



## Categorie 2: Ruimte meetkunde

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: doorsnede, parallelprojectie, afstand, snijden en kruisen, (parallel- en centrale) projectie, perspectief.

### De startbekwame docent kan:

t.a.v. de onderlinge ligging van punten, lijnen, vlakken in concrete situaties:

- lengten van lijnstukken berekenen;
- argumenteren door gebruik te maken van incidentie-relaties tussen punten, lijnen en vlakken;
- constructies uitvoeren door gebruik te maken van argumenten betreffende incidentie-relaties.

t.a.v. afstanden en hoeken in concrete situaties:

- goniometrische berekeningen in een driehoek uitvoeren;
- afstanden en hoeken tussen twee objecten in de ruimte aangeven en berekenen.

t.a.v. fragmenttekeningen van ruimtelijke objecten:

- aanzichten in verschillende kijkrichtingen tekenen en interpreteren;
- uitslagen tekenen en interpreteren;
- in een gegeven voorstelling van een ruimtelijk object een vlakke doorsnede tekenen en doorsneden op ware grootte tekenen;
- uit een serie parallelle doorsneden van een ruimtelijk object een conclusie trekken over de vorm en de inhoud van het object.

t.a.v. perspectiefleer:

- bij twee gegeven aanzichten van orthogonale projectie het derde aanzicht construeren;
- bij een gegeven een afbeelding in het grondvlak, oogpunt en tafereel horizon, verdwijnpunten en afbeelding in perspectief construeren;
- bij gegeven boven- en zijaanzicht, met daarin een object, tafereel en oogpunt, alsmede een afbeelding in perspectief construeren;
- in perspectieftekeningen verdwijnpunten en verdwijnrechten construeren en met behulp daarvan de tekening uitbreiden;
- lijnstukken in perspectief in gelijke stukken verdelen;
- perspectieftekeningen maken;
- een-, twee- en driepuntsperspectief herkennen op schilderijen, tekeningen en foto's, alsmede de vluchtpunten construeren die de schilder of tekenaar heeft gebruikt.

t.a.v. regelmatige veelvlakken en de polyederformule van Euler:

- in regelmatige veelvlakken berekeningen uitvoeren aan lengten, hoeken, oppervlakte, inhoud, ingeschreven en omgeschreven bollen;
- voor regelmatige veelvlakken formules van samenhang tussen diverse grootheden (zoals het aantal ribben per hoekpunt) opstellen en gebruiken;
- grafen tekenen bij gegevens over veelvlakken om daarmee uitspraken te doen over het al dan niet bestaan van het veelvlak, het bepalen van aantallen zijvlakken, eigenschappen van duale figuren.

t.a.v. computergebruik bovengenoemde onderwerpen onderzoeken met geschikte software.

#### Capita selecta

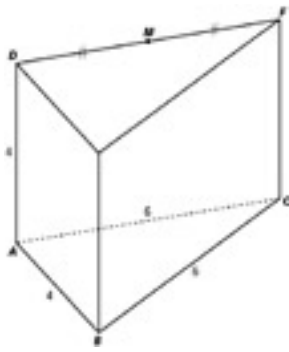
- veelvlakken ontwerpen en bouwen;
- bouwplaten uit één stuk;
- anamorfosen;
- bovengenoemde punten met betrekking tot halfregelmatige veelvlakken, deltaveelvlakken en sterren.

#### Voorbeelden

opgave 1

Gegeven is het prisma ABC.DEF met  $AB = AD = 4$  en  $AC = BC = 6$ . Punt M is het midden van ribbe DF.

- Bereken de lengte van BM.
- Bereken in hele graden  $\angle BMC$ .
- Bereken de afstand van de lijnen BM en CF.
- Construeer het snijpunt van de rechte door M en midden van het vierkant ABED en het grondvlak ABC.



opgave 2

Een blok ABCD.EFGH is in perspectief gegeven. Het grondvlak ABCD is een vierkant. Gegeven zijn tevens de punten P en R die op DCGH en DHAE liggen.

- Construeer de doorsnede door het blok die gaat door P en R en evenwijdig is aan BC.
- Construeer de verdwijnrechte van die doorsnede.

### Categorie 3: Analytische meetkunde

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: vector, vectorvoorstelling, snijden en kruisen, inproduct, hoek, kegelsnede en meetkundige plaats.

De startbekwame docent kan:

- de mogelijke ligging van twee lijnen en twee vlakken onderscheiden;
- lijnen beschrijven met een vergelijking en met een vectorvoorstelling;
- de hoek berekenen tussen lijnen en/of vlakken;
- stelsels vergelijkingen oplossen, zowel handmatig als met geschikte software;
- de afstand tussen punten, lijnen en/of vlakken berekenen;
- het inwendig product berekenen en gebruiken bij het omzetten van een vergelijking in een vectorvoorstelling en andersom;
- de standaardvergelijkingen bij lijnen, vlakken, cirkels en bollen geven;
- de verzameling punten die een gelijke afstand hebben tot twee lijnen of twee vlakken bepalen;
- berekenen of twee lijnen of twee vlakken loodrecht op elkaar staan;
- parabool, ellips en hyperbool omschrijven als meetkundige plaatsen met een zekere eigenschap (conflictlijnen);
- van een parabool, een ellips en een hyperbool vergelijkingen opstellen;
- top, brandpunt en richtlijn van een parabool bepalen;
- de toppen en brandpunten van een ellips en hyperbool bepalen;
- met geschikte software diverse kegelsneden onderzoeken.

### Capita selecta

- uitproduct;
- raaklijnen en poollijnen;
- algemene kwadratische vergelijking voor kegelsneden.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

Gegeven zijn het vlak  $V$  met vergelijking  $3x - y + z = 5$  en

het vlak  $W$  met vectorvoorstelling 
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 \\ 2 \\ 7 \end{pmatrix} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix} + \mu \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 7 \\ -2 \end{pmatrix}$$

- Laat met een berekening zien dat de vlakken  $V$  en  $W$  evenwijdig zijn.
- Geef een vergelijking van het vlak  $W$ .
- Een lijn  $m$  snijdt de vlakken  $V$  en  $W$  loodrecht en gaat door het punt  $(12, 6, 8)$ .  
Geef een vectorvoorstelling van  $m$ .
- Bereken de afstand tussen de vlakken  $V$  en  $W$ .

#### Opgave 2

De punten  $F_1(-6, 0)$  en  $F_2(6, 0)$  zijn de brandpunten van een hyperbool. De lijn met vergelijking  $y = 2x$  is één van de asymptoten.

- Geef de vergelijking van de andere asymptoot.
- Construeer de toppen van de hyperbool met de cirkel door  $F_1$  en  $F_2$ .
- Geef de vergelijking van de hyperbool.

## Categorie 4: Gonio-/trigonometrie

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: goniometrische verhouding, periodiciteit en de eenheidscirkel.

#### De startbekwame docent kan:

- met behulp van de goniometrische verhoudingen sinus, cosinus en tangens hoeken en lengten van lijnstukken berekenen;
- met behulp van de sinus- en de cosinusregel lengtes van lijnstukken en hoeken berekenen in het platte vlak en in de ruimte;
- een afleiding geven van formules voor de dubbele hoek.

### Capita selecta

- landmeetkunde;
- bolmeetkunde;
- kaartprojecties.

## Voorbeelden

### Opgave 1

Op de rechthoek ABCD zijn punten P op DC en Q op BC zo gekozen dat  $\angle AQP = 90^\circ$  en  $AP = 1$ .

We noemen  $\angle BAQ = \alpha$  en  $\angle QAP = \beta$ .

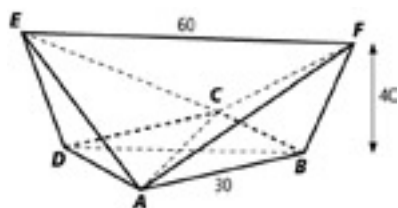
a) Leg uit dat  $\angle APD = \alpha + \beta$ .

b) Toon aan:  $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta$ .

### Opgave 2

Het hieronder getekende lichaam heeft een vierkant grondvlak. De bovenste ribbe EF is evenwijdig aan de diagonaal BD van het grondvlak. De opstaande ribben BF en ED zijn even lang. In de tekening zijn de benodigde afmetingen te vinden.

- Teken een bovenaanzicht van dit lichaam.
- Bereken de lengte van ribbe AF.
- Bereken in hele graden de hoek die het vlak AFE met het grondvlak maakt.
- Bereken  $\angle ABF$  in hele graden nauwkeurig.



---

## Domein 3: Algebra

### Categorie 1: Elementaire algebra

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: variabele, algebraïsche expressie, term, factor, formule, vergelijking, equivalentie, algebraïsch verband, macht, wortel, exponent en logaritme.

#### De startbekwame docent kan:

T.a.v. voorkennis:

- lineaire vergelijkingen en ongelijkheden oplossen;
- stelsels vergelijkingen en ongelijkheden oplossen en grafisch weergeven;
- op diverse manieren vergelijkingen oplossen, o.a. met tweedegraadstermen, wortelvormen en absolute waarde;
- karakteristieke eigenschappen benoemen van de functies  $x^2$ ,  $x^3$ ,  $1/x$ ,  $1/x^2$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $e^x$ ,  $\ln x$ ;
- translaties uitvoeren (horizontaal, verticaal, vermenigvuldiging t.o.v. x-as en vermenigvuldiging t.o.v. y-as).

T.a.v. formulemanipulatie:

- de volgende herleidingen uitvoeren met breukvormen:

- $\frac{A}{B} + C = \frac{A+B \cdot C}{B}$
- $\frac{A}{B} + \frac{C}{D} = \frac{A \cdot D + B \cdot C}{B \cdot D}$
- $A \cdot \frac{B}{C} = \frac{A \cdot B}{C} = \frac{A}{C} \cdot B = A \cdot B \cdot \frac{1}{C}$
- $\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D}$
- $\frac{A}{\frac{B}{C}} = A \cdot \frac{C}{B} = \frac{A \cdot C}{B}$

- de volgende herleidingen uitvoeren met wortelvormen:

- $\sqrt{A} = B \Rightarrow A = B^2 \quad (B \geq 0)$
- $\sqrt{A \cdot B} = \sqrt{A} \cdot \sqrt{B} \quad (A, B \geq 0)$
- $\sqrt{\frac{A}{B}} = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{B}} \quad (A, B \geq 0)$

- de volgende herleidingen uitvoeren met bijzondere producten:

- $A^2 \pm 2A \cdot B + B^2 = (A \pm B)^2$
- $A^2 - B^2 = (A+B) \cdot (A-B)$

- de volgende regels van machten gebruiken:

- $a^0 = 1$
- $a^{p+q} = a^p \cdot a^q$
- $(a^p)^q = a^{p \cdot q}$
- $a^{-p} = \frac{1}{a^p}$
- $a^{p-q} = \frac{a^p}{a^q}$
- $(a \cdot b)^p = a^p \cdot b^p$
- $a^{\frac{p}{q}} = \sqrt[q]{a^p}$



- de volgende regels van logaritmen gebruiken:
  - ${}^x \log(a \cdot b) = {}^x \log(a) + {}^x \log(b)$
  - ${}^x \log\left(\frac{a}{b}\right) = {}^x \log(a) - {}^x \log(b)$
  - ${}^x \log(a^n) = n \cdot {}^x \log(a)$
  - ${}^x \log(a) = \frac{{}^b \log(a)}{{}^b \log(x)}$
- vergelijkingen oplossen met behulp van de algemene vormen:
  - $A \cdot B = 0 \Leftrightarrow A = 0 \vee B = 0$
  - $A \cdot B = A \cdot C \Leftrightarrow A = 0 \vee B = C$
  - $\frac{A}{B} = C \Leftrightarrow A = B \cdot C \wedge B \neq 0$
  - $\frac{A}{B} = \frac{C}{D} \Leftrightarrow A \cdot D = B \cdot C \wedge B \neq 0 \wedge D \neq 0$
  - $A^2 = B^2 \Leftrightarrow A = B \vee A = -B$
- bovengenoemde herleidingen gecombineerd uitvoeren.

T.a.v. verzamelingen:

- de volgende begrippen uit de verzamelingenleer interpreteren en hanteren: verzamelingen, deelverzameling, element, doorsnede, vereniging, complementverzameling, disjunct, lege verzameling, verschilverzameling, machtsverzameling en symmetrisch verschil;
- de symbolen voor de begrippen uit de verzamelingenleer hanteren;
- het verschil en het product van twee verzamelingen bepalen en de symbolen van die bewerkingen hanteren;
- de gelijkheid van twee verzamelingen aantonen.

T.a.v. rekenen zonder rekenmachine:

- hoofdrekenen (tafels, kwadraten van de getallen 1 t/m 30, machten van 2 en 3 die kleiner zijn dan 1000);
- 'handig' rekenen, verschillende methoden\*;
- schattend rekenen;
- cijferen (optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen) op papier;
- berekeningen uitvoeren met procenten, breuken en decimale schrijfwijzen;
- verhoudingstabellen gebruiken;
- het metriek stelsel toepassen;
- de volgorde van bewerkingen toelichten en uitvoeren.

\* Voorbeelden van 'handig' rekenen zijn:

- $49 \cdot 51 = (50 - 1) \cdot (50 + 1) = 50 \cdot 50 - 1 \cdot 1 = 2499$
- $67 \cdot 63 = 70 \cdot 60 + 7 \cdot 3 = 4221$
- $426 / 0,5 = 426 \cdot 2 = 852$
- $14 \cdot 28 = 2 \cdot 14 \cdot 14 = 2 \cdot 196 = 392$
- $8000 / 25 = 8000 / 100 \cdot 4 = 80 \cdot 4 = 320$
- $2,5 / 125 = (250 / 125) / 100 = 2 / 100 = 0,02$

### Voorbeelden

Opgave 1

$$\frac{a-b}{a+b} - \frac{a+b}{a-b}$$

a) breng  $\frac{a-b}{a+b} - \frac{a+b}{a-b}$  onder een noemer, werk alle haakjes uit en vereenvoudig.

b) schrijf  $16u^3 - 4uv^4$  als het product van drie factoren.

$$\frac{5\sqrt{3}}{\sqrt{18}}$$

c) Schrijf  $\frac{5\sqrt{3}}{\sqrt{18}}$  in de vorm  $a\sqrt{b}$  waarin de wortel onvereenvoudigbaar is.

d) Schrijf  $(ab^2c^{-1})^3 \cdot \left(\frac{b^5c}{a}\right)^2$  zo eenvoudig mogelijk als een macht of een product van machten.

e) Schrijf  $y$  als functie van  $x$  als gegeven is dat  $x + 3y + 2xy = y$ .

Opgave 2

Bepaal alle oplossingen van de onderstaande vergelijkingen.

a)  $(3x+1) \cdot (3x-1) = 8$ .

b)  $x^3 + x = x^2$ .

c)  ${}^3\log(x^2 + 2) = 1 + {}^3\log x$ .

## Categorie 2: Getalverzamelingen

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: getal, verzameling, priemgetal, congruenties, ggd, rationaal en irrationaal.

De startbekwame docent kan:

- de getalverzamelingen  $\mathbb{N}, \mathbb{Z}, \mathbb{Q}, \mathbb{R}, \mathbb{C}$  onderscheiden en bewerkingen uitvoeren in die getalverzamelingen;
- eigenschappen van commutativiteit, associativiteit en distributiviteit hanteren;
- delers en priemfactoren van een getal bepalen;
- de grootste gemene deler van twee getallen bepalen, onder andere met het algoritme van Euclides;
- het belang van priemgetallen voor de wiskunde benoemen, bijvoorbeeld in de hoofdstelling van de rekenkunde;
- modulo-rekenen;
- rekenen met binaire getallen;
- lineaire Diophantische vergelijkingen oplossen;
- bewijzen dat er getallen bestaan die wel in  $\mathbb{R}$  zitten, maar niet in  $\mathbb{Q}$ ;
- bewijzen dat rationale getallen zijn weer te geven als repeterende decimale breuk en omgekeerd.

### Capita selecta

- lineaire congruentievergelijkingen;
- stellingen van Fermat en Euler.

### Voorbeelden

Opgave 1

Bewijs dat:

a)  $\sqrt{2} \notin \mathbb{Q}$

b)  $3 + \sqrt{2} \notin \mathbb{Q}$

Opgave 2

Beschouw de lineaire Diophantische vergelijking:  $49x + 37y = 2000$ .

- Bepaal alle geheeltallige oplossingen  $x, y$  van de gegeven vergelijking.
- Bepaal het *aantal* geheeltallige, *positieve*, oplossingen  $x, y$  van de gegeven vergelijking.

## Categorie 3: Bewijstechnieken

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: contrapositie, volledige inductie, bewijs uit ongerijmde, universele en existentiële beweringen, (bi-)implicatie en logische operatoren.

De startbekwame docent kan:

- vermoedens formuleren op basis van voorbeelden;
- bewijzen leveren met de volgende technieken: waarheidstabel, contrapositie, bewijs met volledige inductie, Pigeonhole-principe, bewijs uit het ongerijmde en het geven van een tegenvoorbeeld;
- bi-implicaties bewijzen, bijvoorbeeld door een splitsing te maken in twee implicaties;
- onderscheid maken tussen existentie- en constructiebewijzen en deze uitvoeren;
- de wetten van De Morgan en de dubbele ontkenning gebruiken in een bewijs;
- samengestelde beweringen bewijzen uit enkele beweringen;
- bewijzen opschrijven met behulp van geschikte wiskundige symbolen, zoals getalverzamelingen, (bi-)implicaties, existentiële en universele kwantor.

### Voorbeelden

Opgave 1

Bewijs:

a) Elk oneven getal  $m$  groter dan 1 is het verschil van twee kwadraten.

b) Gegeven is de bewering

$$\forall_{n \in \mathbb{N}} |n| > 2 \Rightarrow (n+2)(n^2 - 2n + 1) \neq 0$$

Schrijf de contrapositie van deze bewering op en bewijs vervolgens de gegeven bewering.

Opgave 2

Bewijs met volledige inductie dat voor alle niet-negatieve gehele getallen  $n$  geldt:

$$\sum_{i=0}^n (4i + 2) = 2(n+1)^2$$

## Categorie 4: Matrixrekenen

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: matrix, stelsels, inverse matrix en determinant.

De startbekwame docent kan:

- een lineair stelsel vergelijkingen oplossen met de eliminatiemethode van Gauss;
- een lineair stelsel vergelijkingen weergeven in matrixnotatie;
- rekenen met matrices;
- een probleem gegeven in een context vertalen naar een matrixmodel;
- het limietgedrag van een matrixmodel onderzoeken en stabiele toestanden bepalen m.b.v. ICT;
- de inverse en de determinant van een matrix bepalen en daarmee stelsels oplossen;
- matrixrekening in verband brengen met meetkundige afbeeldingen en afbeeldingsmatrices opstellen.

### Capita selecta

- basis, lineaire (deel-)ruimte;
- kern- en beeldruimte;
- eigenwaarden en eigenvectoren, limietgedrag Leslie- en Markovmatrices;
- lineaire afbeelding;
- toepassingen van lineaire algebra, bijv. in de coderingstheorie of bij kleinste-kwadratenkrommen.

### Voorbeelden

Opgave 1

Gegeven is de matrix  $A = \begin{pmatrix} 1 & -3 & 1 \\ 0 & 3 & -1 \\ 0 & -4 & 1 \end{pmatrix}$  en de vector  $\underline{b} = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \\ -4 \end{pmatrix}$ .

- Bepaal de determinant van A.
- Bepaal de inverse matrix  $A^{-1}$  van matrix A.
- Bepaal de vectoren  $\underline{x}$  waarvoor geldt:  $A\underline{x} = \underline{b}$ .

## Opgave 2

In een grote vijver zijn Japanse goudvissen uitgezet. Deze vissen hebben natuurlijke vijanden zoals padden en reigers. De populatie-voorspellingsmatrix staat hieronder. De gegevens zijn gebaseerd op jaarlijkse tellingen in de maand dat de jonge visjes geboren worden. In een nieuwe vijver zijn 100 nuljarige vissen uitgezet en 50 eenjarige.

- Bereken de leeftijdsopbouw van de volgende drie generaties.
- Onderzoek of na verloop van tijd een stabiele situatie ontstaat.

		van				
		0	1	2	3	$\geq 4$
naar	0	0	0	5	25	0
	1	0,2	0	0	0	0
	2	0	0,3	0	0	0
	3	0	0	0,4	0	0
	$\geq 4$	0	0	0	0,4	0,5

---

## Domein 4: Statistiek

### Categorie 1: Beschrijvende statistiek

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: steekproef, cumulatief, frequentieverdeling, centrummaat, spreidingsmaat, regressie- en correlatie, discreet en continu, representativiteit van steekproef en populatie.

#### De startbekwame docent kan:

- de betekenis geven van basisbegrippen uit de statistiek: steekproef, populatie, non-respons, continue- en discrete variabele, meetschalen (nominaal, ordinaal, interval- en ratioschaal), klasse-indeling, klassemidden, frequentieverdeling, correlatiecoëfficiënt en regressiekromme;
- de juiste meetschaal van een statistische variabele vaststellen;
- een verzameling meetwaarden classificeren en weergeven in een frequentieverdeling;
- op basis van een aantal meetwaarden de centrummaten gemiddelde, modus en mediaan en de spreidingsmaten range, interkwartielafstand en standaarddeviatie berekenen;
- het gemiddelde, de mediaan, de modale klasse en de standaardafwijking bepalen van een geclassificeerde variabele;
- meetwaarden weergeven in een diagram, tabel of grafiek (onder andere cirkeldiagram, histogram, boxplot, cumulatief frequentiepolygoon en kruistabel);
- de vuistregels van de normale verdeling gebruiken;
- meetwaarden uitzetten op normaal-waarschijnlijkheidspapier om na te gaan of meetwaarden normaal verdeeld zijn;
- de correlatie tussen twee reeksen meetwaarden bepalen door de correlatiecoëfficiënt uit te rekenen;

- het voorschrift van de lineaire regressielijn opstellen en kan met dat voorschrift voorspellingen geven;
- meetwaarden verwerken met geschikte software;
- een eenvoudig statistisch onderzoek opzetten en uitvoeren.

#### Capita selecta

- voorschriften van niet-lineaire regressiekrommen bepalen met geschikte software;
- correlatiematen van niet-lineaire regressiemodellen bepalen en interpreteren.

#### Voorbeelden

##### Opgave 1

Hieronder zie je geboorte en sterftcijfers per jaar van de laatste acht jaar voor de stad Breda over de jaren 2000 t/m 2007. We willen onderzoeken of we op grond van deze gegevens een goede voorspelling kunnen maken voor het aantal inwoners van Breda in de komende jaren. Omdat er geen gegevens bekend zijn over het aantal personen dat per jaar door verhuizing uit de gemeente vertrekt, mag je aannemen dat hun aantal gelijk is aan het aantal mensen dat zich er vestigt.

Jaar	Geboorten	Overledenen
2000	2013	1545
2001	2086	1528
2002	2083	1580
2003	2040	1318
2004	1815	1384
2005	2146	1309
2006	2110	1358
2007	2192	1340

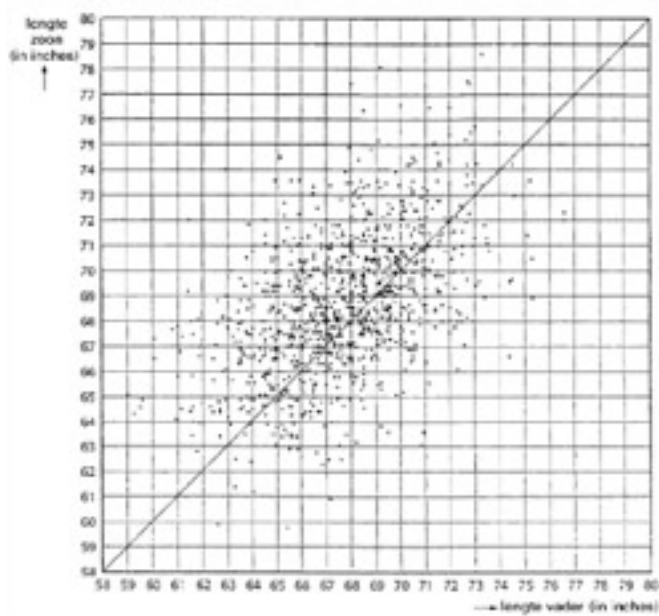
- Geef de bevolkingsgroei per jaar weer in een spreidingsdiagram.
- Bepaal de vergelijking van de lineaire regressielijn.
- Bepaal de correlatiecoëfficiënt. Wat kun je hier uit afleiden over de bevolkingsgroei?
- Aan het einde van het jaar 2007 had Breda 170 495 inwoners. Hoeveel inwoners voorspel je dat Breda aan het einde van 2008 heeft?
- In welk jaar zal (volgens je model) het aantal inwoners van Breda voor het eerst boven de 175 000 uitkomen? Toon dit aan met een berekening.

##### Opgave 2

De Engelsman Karl Pearson was een van de grondleggers van de moderne statistiek en paste dit vaak toe op biologische onderwerpen. Ongeveer een eeuw geleden onderzocht hij of in Engeland zonen gemiddeld langer zijn dan hun ouders. Hij vergeleek in dat onderzoek de lengtes van 1064 zonen en hun vaders. De zonen studeerden allen aan een Londense universiteit.

a) Deze steekproef is niet aselect. Geef minstens twee concrete redenen waarom.

In de figuur hieronder zie je een overzicht van de resultaten. Elke stip stelt een vader-zoonpaar voor. De lengtes van de vader staan op de horizontale as, de lengte van de zoon op de verticale as. De lengtes zijn in inches (1 inch is 2,54 cm).



In de figuur is een lijn getekend. Als een stip op deze lijn ligt, dan zijn vader en zoon precies even lang. We noemen een vader en zijn zoon ongeveer even lang als ze minder dan 2 inch in lengte verschillen.

- b) Teken in de figuur het gebied waarin de punten liggen die horen bij vaders en zonen die ongeveer even lang zijn.
- c) Kun je met behulp van het getekende gebied in onderdeel b) concluderen dat de zonen **gemiddeld** langer zijn dan hun vaders?

In de figuur hieronder zie je een simpele boxplot bij de lengtes van de 1064 vaders uit het onderzoek van Pearson. Onder de boxplot staan vijf kenmerkende getallen.



- d) Wat stellen die vijf getallen voor?
- e) De volgende uitspraak is gebaseerd op de boxplot, is deze uitspraak waar? Het aantal vaders met een lengte tussen 67,7 en 69,6 inch is groter dan het aantal vaders met een lengte 66,3 en 67,7 inch.

## Categorie 2: Combinatoriek en kansrekening

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: tellen, driehoek van Pascal, kans, voorwaardelijke kans, kansdefinitie van Laplace, experimentele wet van de grote aantallen en onafhankelijke gebeurtenis.

De startbekwame docent kan:

- telproblemen oplossen met behulp van combinaties, variaties, permutaties en samenstellingen daarvan;
- rekenen met binomiaalcoëfficiënten en kent de relatie met het binomium van Newton en de driehoek van Pascal;
- de kansregels (somregel, complementregel, productregel, regel voorwaardelijke kans) toepassen;
- kansproblemen inzichtelijk maken met een kansboom, vaasmodel of rooster.

### Voorbeelden

Opgave 1

- a) Hoeveel 4-cijferige getallen zijn er, die alleen bestaan uit de cijfers 1, 2, 3, 4 en 5, die even zijn, geen dubbele cijfers bevatten en beginnen met een 4 of kleiner?

Gegeven is het woord HERTENTAMEN.

- b) Hoeveel verschillende 'woorden' zijn er mogelijk met alle letters van dat woord?  
c) Hoeveel van die 'woorden' beginnen met een T?  
d) In hoeveel 'woorden' staan de letters H en de A **niet** naast elkaar?

Opgave 2

In een vaas bevinden zich 9 eerlijke dobbelstenen en een oneerlijke dobbelsteen.

De kans dat je met die oneerlijke dobbelsteen een 6 gooit is  $1/2$ . Iemand neemt willekeurig een dobbelsteen uit de vaas en gooit vervolgens drie keer met die dobbelsteen. Resultaat: drie zessen. Bereken de kans dat de getrokken dobbelsteen de oneerlijke dobbelsteen is.



### Categorie 3: Kansverdelingen

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: kansverdeling, verwachtingswaarde, variantie, centrale limietstelling, kansvariabele of stochast, discreet en continu.

#### De startbekwame docent kan:

- voor een kansvariabele met gegeven kansverdeling de verwachtingswaarde en variantie berekenen;
- bij een binomiale, hypergeometrische, Poisson en normale verdeling kansen en grenswaarden berekenen en de verwachting en de standaardafwijking van een binomiaal verdeelde kansvariabele berekenen;
- bij een binomiale, hypergeometrische, Poisson en normaal verdeelde kansvariabele de verwachtingswaarde, variantie en standaardafwijking bepalen;
- De samenhang benoemen tussen de hypergeometrische, binomiale en Poissonverdeling, en daarvan gebruik maken bij het oplossen van kansvraagstukken;
- regels voor verwachtingswaarde en variantie bij optelling van kansvariabelen toepassen, in het bijzonder de standaardafwijking van de som van onafhankelijke toevalsvariabelen berekenen en in samenhang daarmee de  $\sqrt{n}$ -wet gebruiken;
- beoordelen of een verdeling mag worden benaderd met een normale verdeling;
- een discrete verdeling benaderen met een normale verdeling, al dan niet met een continuïteitscorrectie.

#### Capita selecta

- negatief-exponentiële verdeling en gamma-verdeling;
- Chi-kwadraat-verdeling.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

- a) Een multiple choice-tentamen telt 20 vragen, elk met 4 mogelijke antwoorden, waarvan er één juist is. Indien een student naar willekeur aankruist, hoe groot is dan de kans op meer dan 10 goede antwoorden?
- b) Een handelaar koopt 1500 LED-lampen in bij een fabriek. Bekend is dat 0,5% van de lampen een fabricagefout bevat. Bereken met een Poissonbenadering hoe groot de kans is dat de handelaar 12 of meer lampen met een fabricagefout koopt.

#### Opgave 2

Een instituut onderzoekt de prestaties van studenten voor een economietentamen. Voor studenten met wiskunde in hun vwo-examen geldt dat hun scores beschouwd kunnen worden als een normaal verdeelde variabele  $x$  met  $\mu = 68,4$  punten en  $\sigma = 5,2$  punten. Voor studenten zonder wiskunde in hun vwo-pakket is dit een normaal verdeelde variabele  $y$  met  $\mu = 61,3$  en  $\sigma = 6,4$ .

- a) Benader de kans dat 6 studenten met wiskunde in het vwo-examen een gemiddelde score behalen die hoger is dan 70,0 punten.

Van een groep van 6 studenten met wiskunde en van een groep van 8 studenten zonder wiskunde in het vwo-examen wordt de gemiddelde score bepaald.

- b) Benader de kans dat het verschil tussen de gemiddelde scores van deze groepen meer dan 10 bedraagt.

## Categorie 4: Verklarende statistiek

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: steekproefgrootte, betrouwbaarheidsinterval, kritieke gebied, significantieniveau, onderscheidingsvermogen, nulhypothese, alternatieve hypothese, eenzijdig en tweezijdig toetsen en overschrijdingskans.

### De startbekwame docent kan:

T.a.v. schatten:

- bij een normale verdeling en een Poissonverdeling een betrouwbaarheidsinterval bepalen voor de verwachtingswaarde;
- bij een binomiale verdeling een betrouwbaarheidsinterval bepalen voor de kans op succes;
- de minimale steekproefomvang bepalen bij een gegeven nauwkeurigheid van een betrouwbaarheidsinterval.

T.a.v. het toetsen van hypothesen:

- uit een context een geschikte toets destilleren;
- werken met nulhypothese, alternatieve hypothese, significantieniveau, kritieke gebied, overschrijdingskans, toegelaten gebied, een- en tweezijdige toets, onderscheidend vermogen en kansen op fouten van de eerste en de tweede soort;
- één- en tweezijdige toetsen uitvoeren bij een normale verdeling, een binomiale verdeling, een Poissonverdeling;
- de uitkomst van een toets beschrijven in termen van de context.

#### Capita selecta

- $t$ -toets en chi-kwadraat-toets;
- ongepaarde en gepaarde verschiltoetsen;
- uitgebreid statistisch onderzoek;
- verdelingsvrije en non-parametrische toets.

#### Voorbeelden

##### Opgave 1

Tussen 1975 en 2007 hebben Europese luchtvaartmaatschappijen samen 55,2 miljoen vluchten uitgevoerd. Er vonden 46 ongelukken ongelukken plaats waarbij één of meer mensen om het leven kwamen.

- a) Bepaal met behulp van bovenstaande gegevens het 90%-betrouwbaarheidsinterval voor de kans dat er minimaal één persoon omkomt tijdens een willekeurige vlucht met een Europese maatschappij.

In de periode 2007 tot heden voerden dezelfde maatschappijen samen 7,8 miljoen vluchten uit, waarbij drie ongelukken met dodelijke afloop te betreuren waren.

- b) Toets met  $\alpha = 0,05$  of het aantal ongelukken in de periode 2007 - heden is afgenomen ten opzichte van de periode 1975 tot 2007.

##### Opgave 2

Voor de montage van een apparaat is een busje nodig met een diameter van 15 mm. We beschouwen de diameter als een normaal verdeelde kansvariabele  $\underline{x}$  met verwachting  $\mu$  en bekende variantie. Om de productie te controleren worden regelmatig steekproeven genomen van omvang  $n$ . Van de  $n$  gemeten diameters wordt het gemiddelde berekend. Met dit gemiddelde wordt de hypothese  $\mu = 15$  getoetst. Men gebruikt daarbij het kritieke gebied  $[0 ; 14,7>$ . Er wordt dus linkseenzijdig getoetst. De onbetrouwbaarheid is 0,04. Bereken het onderscheidend vermogen als  $\mu = 14,5$ , aannemende dat de variantie gelijk is aan de variantie in de normale situatie, waarbij  $\mu = 15$ .

## Domein 5: Wiskunde overig

### Categorie 1: Grafentheorie

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: graaf, Euler- en Hamiltongraaf, isomorfie, kleurbaarheid, kortste pad, opspannende boom en algoritme.

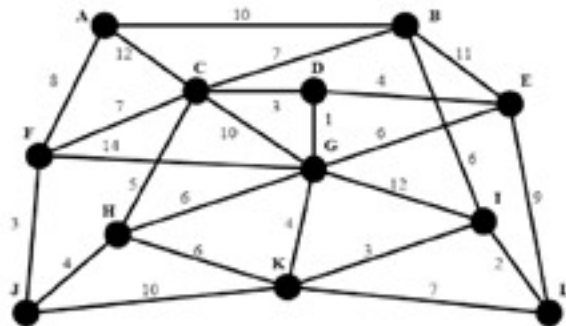
#### De startbekwame docent kan:

- een daartoe geschikt praktisch probleem herformuleren naar een probleem over grafen;
- bij grafen verbindingsmatrices opstellen en daarmee verbondenheid tussen punten bepalen;
- bepalen of een gegeven graaf tweedelig, volledig, regelmatig of platonisch is;
- bepalen of grafen onderling isomorf zijn;
- bepalen of een graaf Eulers of Hamiltons is;
- met het kortste-buur algoritme en uitwisselingsalgoritmen kortste handelsrouten benaderen;
- minimale of maximale opspannende bomen en kortste paden met behulp van de algoritmen van Prim, Kruskal en Dijkstra bepalen;
- het chromatische getal van een graaf bepalen.

#### Voorbeelden

##### opgave 1

Een provinciebestuur wil twaalf steden met elkaar verbinden door een supersnel wegenetwerk. De wegen moeten zodanig worden aangelegd dat elke stad (eventueel via een andere stad) te bereiken is. De kosten van het aanleggen van een supersnelle weg tussen twee steden staan gegeven in onderstaande gewogen graaf.



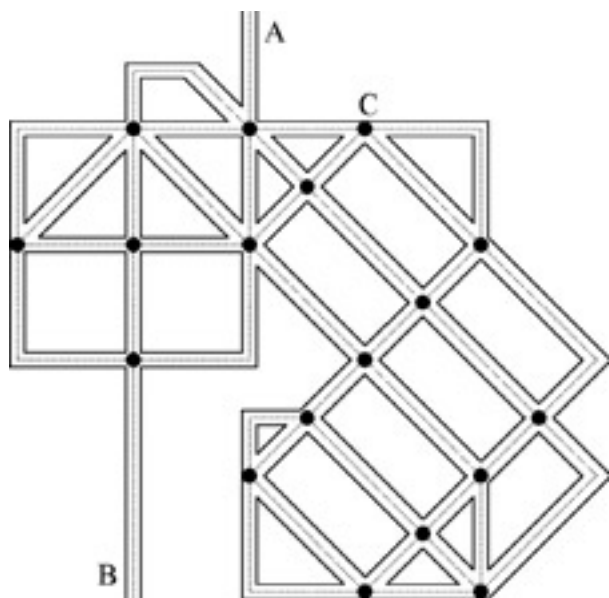
- Welke wegen moet het provinciebestuur laten aanleggen om de totale kosten zo laag mogelijk te houden? Geef je oplossing weer op het werkblad.
- Het budget van het provinciebestuur is niet toereikend om alle wegen aan te leggen. Uit nader onderzoek blijkt tevens dat de trajecten tussen stad L en H en tussen stad H en E dagelijks het meeste verkeer te verwerken krijgen. Daarom besluit het provinciebestuur om alleen tussen de steden L en H en tussen de steden H en E supersnelle wegen aan te leggen. Welke wegen moet het provinciebestuur laten aanleggen als zij de aanlegkosten wil minimaliseren? Geef je oplossing weer op het werkblad.

opgave 2

Hieronder is een plattegrond getekend van een stad. Alleen de hoofdwegen zijn getekend.

Op elke hoofdweg worden in opdracht van de lokale overheid middenstrepen geschilderd met een speciale auto, die automatisch de strepen trekt.

De provinciale overheid is geïnteresseerd in het volgende probleem:



Is het mogelijk om met de auto zonder onderbreking elke streep precies één keer te trekken, beginnend in punt A, en eindigend in punt B?

- Vertaal het probleem van de provinciale overheid in termen van grafentheorie.
- Geef een oplossing voor het probleem van de provinciale overheid. Gebruik daarvoor eventueel het bijgevoegde werkblad.

Op de plattegrond zijn alle kruisingen en splitsingen met dikke punten aangegeven. Deze worden door een medewerker van de gemeente wit geschilderd. Deze medewerker vertrekt vanuit kruispunt C bij de gemeentewerf. Daar haalt hij de schilderbenodigdheden op. Na de schilderwerkzaamheden levert hij de benodigdheden bij dezelfde werf in. De medewerker is geïnteresseerd in het volgende probleem:

Is het mogelijk om een wandeling te maken, beginnend in C en eindigend in C, waarbij elke kruising en splitsing precies één keer wordt aangedaan.

- Vertaal het probleem van de medewerker in termen van grafentheorie.
- Geef een oplossing voor het probleem van de medewerker.

## Categorie 2: Lineair programmeren

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: doelfunctie, hoekpuntenstelling, optimaliseren, schaduwprijs, modelcyclus en optimaliseren.

De startbekwame docent kan:

- onderkennen of een probleem met lineair programmeren kan worden opgelost;
- de gegevens van een lineair programmeringsprobleem overzichtelijk weergeven met behulp van een graaf, een matrix of een andere geschikte representatievorm;
- uit een tekst beslissingsvariabelen vaststellen, een formule voor de doelfunctie opstellen, beperkende voorwaarden distilleren en vertalen in ongelijkheden of vergelijkingen;
- een lp-probleem met twee beslissingsvariabelen grafisch oplossen;
- bij een lp-probleem met meer dan twee beslissingsvariabelen op adequate wijze gebruik maken van een computerprogramma (zoals Orstat 2000, Maple, de oplosser in Excel of Geocadabra);
- het resultaat van een lp-probleem interpreteren in termen van de context, inclusief het interpreteren van een gegeven gevoeligheidsanalyse in termen van schaduwprijs en gereduceerde kosten.

Capita selecta

- bij een gegeven lineair programmeringsmodel met behulp van de Simplexmethode de optimale oplossing berekenen en een gevoeligheidsanalyse uitvoeren.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

In een meubelfabriek worden onder andere stoelen en banken gemaakt. Het productieproces van beide artikelen bestaat uit 3 onderdelen, het in elkaar zetten van de meubels op de constructieafdeling, het bekleden van de meubels op de stofferingsafdeling en de eindcontrole en het verpakken van de meubels op de controleafdeling. De winst per stoel is € 320, en op een bank wordt € 280, winst gemaakt. In de tabel hieronder zie je de benodigde arbeid per stoel en per bank. Ook staat hierin het beschikbare aantal manuren per dag.

	stoel	bank	aantal manuren per dag
<b>constructieafdeling</b>	6 uur	3 uur	96 uur
<b>stofferingsafdeling</b>	2 uur	6 uur	72 uur
<b>controleafdeling</b>	1 uur	1 uur	18 uur

- Bepaal geschikte beslissingsvariabelen en stel een lineair programmeringsmodel op.
- Bepaal met de grafische methode van lineair programmeren de maximale winst per dag.
- Stel dat er 10 extra manuren per dag beschikbaar komen. Ga na hoe je deze uren over de afdelingen moet verdelen om de winst zo veel mogelijk te laten stijgen.

### Opgave 2

Een fabriek maakt drie producten: X, Y en Z. de winst per eenheid product is resp. 5, 12 en 5. Er zijn drie verschillende grondstoffen A, B en C nodig, waarvan resp. 96, 60 en 42 eenheden beschikbaar zijn. Per eenheid X is nodig: 2 eenheid van A, 2 van B en 1 van C. voor Y is nodig: 8 van A, 4 van B en 3 van C. Voor Z is nodig: 4 van A, 1 van B en 2 van C. De fabriek streeft maximale winst na. Het model dat dit probleem beschrijft staat hieronder.

$$\max W = 5x + 12y + 5z$$

voorwaarden:

$$2x + 8y + 4z \leq 96 \quad \text{grondstof A}$$

$$2x + 4y + z \leq 60 \quad \text{grondstof B}$$

$$x + 3y + 2z \leq 42 \quad \text{grondstof C}$$

- Los dit lp-probleem handmatig op.
- Maak met behulp van een computerprogramma een tekening van het toegestane gebied en een tabel met de hoekpunten en de waarde van W. Geef ook de weg van de randwandelmethode vanuit de oorsprong naar de optimale oplossing.

## Categorie 3: Geschiedenis van de wiskunde

### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: rekenen in oude culturen, relatie wiskunde en maatschappij en wiskunde als menselijke activiteit.

De startbekwame docent kan:

- een diversiteit aan voorbeelden geven uit de ontwikkeling van de wiskunde als menselijke activiteit (personen/culturen);
- opgaven oplossen met betrekking tot talstelsels in diverse oude culturen, bijvoorbeeld die van de Egyptenaren, de Babyloniërs, de Grieken, de Romeinen en de Arabieren;
- onderdelen van de wiskunde in de tijd plaatsen en verbanden leggen met mondiale ontwikkelingen van die tijd.

### Voorbeelden

#### Opgave 1

- Schrijf het getal dat wij uitspreken als tweehonderdvierenzestig in de volgende getalsystemen: Babylonisch, Egyptisch, Romeins.
- Verklaar kort de verschillen van de bij a) genoemde getalsystemen en beschrijf de voor- en de nadelen. Wat is de reden dat wij het nu schrijven zoals we doen?
- Bereken op z'n Egyptisch:  $19 \cdot 28$ ,  $19:24$  en  $49:15$ .

- d) De Egyptenaren gebruikten een bepaalde benadering van  $\pi$ , zoals hieronder blijkt uit een stukje uit 'Van Ahmes tot Euclides'. Bepaal uit dit stukje wat die benadering was. Hoe hebben de Grieken uiteindelijk bijgedragen tot een betere benadering van  $\pi$  en hoe ging die in zijn werk?

Voor de oppervlakte van de cirkel nam men als grove benadering  $3r^2$ , hetgeen dus neerkomt op  $\pi = 3$ . Men kende echter een veel betere benadering voor de oppervlakte van de cirkel, nl.:  $(\frac{25}{8}d)^2$ , waarin  $d$  de middellijn voorstelt. De afleiding hiervan zou men zich als volgt kunnen denken.

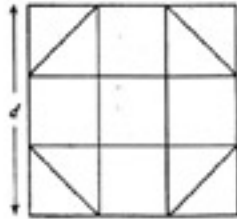


fig. 1

Zeven vierkantjes in nevenstaande figuur geven bij benadering de oppervlakte van de cirkel met  $d$  als middellijn. De oppervlakte ervan is dan  $7 \times \frac{1}{9}d^2$ , dus  $\frac{7}{9}d^2$ .

Nemen we hiervoor  $\frac{25}{8}d^2$ , dan zijn we niet zo ver mis, en deze breuk heeft het praktische voordeel een kwadraat te zijn, nl. van  $\frac{5}{8}d$ .

#### Opgave 2

Stelling I,20 van Euclides luidt:

In een willekeurige driehoek zijn twee willekeurig gekozen zijden samen groter dan de derde zijde. Bewijs deze stelling met behulp van de verlenging van een zijde met een lijnstuk dat zo groot is als de andere zijde, de stellingen I,5b en I,19 (zie hieronder) en algemeen inzicht.

Stelling I,5b: De basishoeken van een gelijkbenige driehoek zijn congruent.

Stelling I,19: Als in een driehoek de ene hoek groter is dan een andere is de zijde tegenover die ene hoek groter dan de zijde tegenover die andere.

### Categorie 4: Abstracte structuren

#### Omschrijving

De startbekwame docent kent en begrijpt de volgende concepten: axioma, deductieve opbouw en bewijs.

#### De startbekwame docent kan

- redeneren vanuit deductieve structuren en elementaire eigenschappen voortkomend uit deze structuren onderzoeken, bewijzen en toepassen.



De opleiding kiest ten minste één van onderstaande onderwerpen:

#### Capita selecta

- verzamelingenleer;
- groepen;
- axiomatische opbouw van getalverzamelingen;
- lineaire algebra;
- ringen en lichamen;
- logica;
- Boolese algebra;
- transformatiemeetkunde.

#### Voorbeelden

Omdat dit onderdeel in de capita selecta is opgenomen worden hier geen voorbeelden genoemd. Een lijst met voorbeeldopgaven kan desgewenst worden verstrekt.

## Samenstelling redactie en legitimeringspanel

#### Vakredactie

Michel van Ast (Hogeschool Utrecht)  
Jan Essers (Fontys lerarenopleiding Tilburg)  
Cornelia Wallien (Hogeschool Rotterdam)  
Ton Konings (Hogeschool Arnhem/Nijmegen)  
E. Bruinsma (Christelijke Hogeschool Windesheim)  
Frans Leynse (Hogeschool van Amsterdam)

#### Legitimeringspanel

De heer Hans van der Lijcke (docent MBO)  
De heer Swier Garst (docent)  
De heer Lennart de Jonge (docent)  
Mevrouw M. Lambriex (NVvW)  
H. van de Kooij (NVvW)  
De heer Paul Drijvers (Freudenthal Instituut)  
De heer Hans Sterk (TU/E)  
De heer Jos Tolboom (Rijksuniversiteit Groningen)  
Mevrouw Joke Daemen (Freudenthal Instituut)

## Colofon

**Kennisbasis, Biologie, Natuurkunde,  
Scheikunde, Techniek, Wiskunde**

### Eindredactie

De Tekstgroep, Delft

### Fotografie

Hester Blankestijn

### Vormgeving

Elan Strategie & Creatie, Delft

### Drukwerk

Quantes, Rijswijk

December 2009



