

Tweedegraadslerarenopleiding

10  
voor  
de  
leraar



# Kennisbasis Natuurkunde

versie september 2017 | ingangsdatum studiejaar 2018-2019

# Voorwoord

Vanaf 2016 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de lerarenopleidingen in verschillende fasen met veel enthousiasme gewerkt aan de herijking van de 62 kennisbases die sinds 2008 ontwikkeld zijn. Voor u ligt het mooie resultaat van de gezamenlijke inspanningen.

De kennisbases zijn herijkt op zowel de inhoud, het niveau als de breedte van de vakkennis. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die een inhoudelijke en vakoverstijgende verwantschap kennen. De inhoud van elke kennisbasis is uiteindelijk gevalideerd door het werkveld en externe inhoudelijke deskundigen. Het resultaat is in overeenstemming met landelijke eisen.

De lerarenopleidingen kunnen tevreden terugkijken op een periode waarin zij veel hebben gediscussieerd, geschaafd en bijgesteld. Een periode waarin lerarenopleiders intensief hebben nagedacht over hun vak, de didactiek en het minimale niveau dat een startbekwame leerkracht moet beheersen. Met de inzet van zoveel betrokken mensen wordt dit eindresultaat breed gedragen.

Al deze activiteiten hebben ook nog iets anders opgeleverd. Het bracht collega's van diverse instellingen met elkaar in contact. Ze kregen gelegenheid om met vakgenoten te discussiëren en daarmee hun eigen expertise aan te scherpen. De samenwerking geeft een impuls aan de betrokkenheid van de lerarenopleiders bij de kwaliteitsverbetering en hun professionalisering.

Permanente kwaliteitszorg is essentieel voor de maatschappelijke opdracht. De kennisbases leveren daarvoor de ijkpunten aan. Het zijn geen statische documenten en blijven met enige regelmaat bijstelling nodig hebben vanwege vakinhoudelijke veranderingen, pedagogisch-didactische eisen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht. Dat houdt het gesprek over de inhoud van de lerarenopleidingen volop in leven en draagt daarmee bij aan de kwaliteitsslag die met het ontwikkelen van de kennisbases wordt beoogd.

De lerarenopleidingen weten elkaar beter te vinden en pakken uitdagingen gezamenlijk op. Hiermee dragen zij bij aan een goede opleiding voor de nieuwe generatie leraren en het onderwijs in Nederland.

Ik dank allen die hieraan hebben bijgedragen.



mr. Thom de Graaf,  
*voorzitter Vereniging Hogescholen*



# Inhoud

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Voorwoord</b>                                                                            | 2  |
| <b>1 Inleiding</b>                                                                          | 4  |
| <b>2 Ontwikkeling kennisbases</b>                                                           | 5  |
| 2.1 Versterken kenniscomponent                                                              | 5  |
| 2.2 Systeem van kennisborging                                                               | 5  |
| 2.3 Ontwikkeling en herijking kennisbases                                                   | 5  |
| <b>3 Toelichting en verantwoording kennisbasis tweedegraadslerarenopleiding Natuurkunde</b> | 7  |
| 3.1 Maatschappelijke context                                                                | 7  |
| 3.2 Relatie met andere kennisbases                                                          | 7  |
| 3.3 Verantwoording keuzes                                                                   | 8  |
| 3.4 Opbouw kennisdomeinen                                                                   | 13 |
| <b>4 Beschrijving kennisdomeinen</b>                                                        | 16 |
| 4.1 Basisdomeinen                                                                           | 16 |
| 4.2 Vakdidactische domeinen                                                                 | 33 |
| 4.3 Keuzedomeinen                                                                           | 40 |
| <b>5 Redactie en validering</b>                                                             | 43 |
| 5.1 Redactieteam                                                                            | 43 |
| 5.2 Valideringsgroep                                                                        | 43 |
| <b>Bijlage</b>                                                                              |    |
| Uitgangspunten kennisbases                                                                  | 44 |
| <b>Colofon</b>                                                                              | 47 |

# 1 Inleiding

Voor u ligt de herijkte kennisbasis van de tweedegraadslerarenopleiding Natuurkunde. Deze kennisbasis beschrijft wat minimaal van een startbekwame leraar aan vakinhoud, vakspecifieke kennis en het bijbehorende niveau mag worden verwacht, ongeacht de instelling waar de student is opgeleid. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van de inhoud van deze kennisbasis.

Deze herijkte kennisbasis is geldig met ingang van het studiejaar 2018-2019 en is in eerste instantie bedoeld voor de lerarenopleiders zelf, maar ook voor hun studenten of externe belanghebbenden.

De kennisbasis is als volgt opgebouwd:

## **Ontwikkeling kennisbases**

In het hoofdstuk *Ontwikkeling kennisbases* is algemene informatie opgenomen over de aanleiding, ontwikkeling, inhoud en herijking van de verschillende kennisbases.

## **Toelichting en verantwoording**

In het hoofdstuk *Toelichting en verantwoording* geeft het redactieteam van de kennisbasis een toelichting op de totstandkoming van de herijkte kennisbasis en legt het verantwoording af over de gemaakte keuzes.

## **Beschrijving kennisdomeinen**

In het hoofdstuk *Beschrijving kennisdomeinen* zijn de vakinhoudelijke en vakdidactische (sub)domeinen opgenomen evenals het minimale niveau waarop de student de (sub)domeinen moet beheersen.

## **Redactie en validering**

In het hoofdstuk *Redactie en validering* vindt u een overzicht van de redactie- en valideringsleden die betrokken zijn geweest bij de herijking van deze kennisbasis.

In de bijlage zijn de uitgangspunten bij het herijken van de kennisbases opgenomen.

## 2 Ontwikkeling kennisbases

### 2.1 Versterken kenniscomponent

In de eerste jaren van dit millennium stond met name de kwaliteit van de kenniscomponent van de lerarenopleidingen ter discussie. Als antwoord op de brede kritiek op de vakinhoudelijke en vakdidactische kwaliteit van de lerarenopleidingen presenteerde staatssecretaris Van Bijsterveldt in 2008 de nota *Krachtig meesterschap, kwaliteitsagenda voor het opleiden van leraren 2008-2011*. De Vereniging Hogescholen onderschreef de opgenomen doelstellingen die gericht zijn op een hogere kwaliteit van de lerarenopleidingen. Eén onderdeel van de kwaliteitsagenda betreft de verbetering van de vakinhoudelijke kwaliteit van de lerarenopleidingen. 'Het eindniveau van de opleidingen wordt duidelijk vastgelegd. Hiertoe ontwikkelen de opleidingen in samenwerking met het afnemende veld een gezamenlijke kennisbasis, eindtermen en examens'.

### 2.2 Systeem van kennisborging

De gezamenlijke lerarenopleidingen hebben met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap afspraken gemaakt over een systeem van borging gericht op de kenniscomponent binnen de opleiding. Gekozen is voor drie instrumenten: 1. Kennisbases 2. Landelijke kennistoetsen 3. Peer-review. De resultaten komen bottom-up en in eigen beheer met de lerarenopleider als centrale factor tot stand, maar wel met een stevig en onafhankelijk toezicht. Met als uiteindelijk doel dat elke startbekwame leerkracht minimaal dezelfde vakinhoudelijke kennis en vakspecifieke bekwaamheden heeft. Alle activiteiten voor de versterking van de kenniscomponent in lerarenopleidingen zijn ondergebracht in het programma *10voordeleraar*, onder de paraplu van de Vereniging Hogescholen. Het ministerie heeft voor de ontwikkeling en implementatie van de diverse instrumenten die *10voordeleraar* inzet om haar opdracht te verwezenlijken in de periode 2008-2017 een subsidie van € 25 miljoen beschikbaar gesteld.

### 2.3 Ontwikkeling en herijking kennisbases

Een kennisbasis omvat de beschrijving van de vakinhoudelijke, (vak)didactische en pedagogische kennis en (vakspecifieke) vaardigheden die een student aan het eind van de opleiding moet hebben. Bij de tweedegraadslerarenopleidingen is dit verdeeld over twee kennisbases: een specifieke vakkennisbasis met bijbehorende vakdidactiek en een generieke kennisbasis. In deze laatste gaat het om de algemene pedagogisch-didactische kennis en vaardigheden. Het kader van de kennisbasis legt een brede en gemeenschappelijke basis vast, maar biedt ook de individuele instelling ruimte voor een eigen profilering.

In de periode 2008-2011 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de hbo-lerarenopleidingen gezamenlijk de kennisbases ontwikkeld. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk-deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van de inhoud. In totaal zijn 62 kennisbases opgesteld. De opleidingen hebben, na validatie van de kennisbasis, hun onderwijsprogramma aangepast.



Vakinhoudelijke veranderingen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht maken het wenselijk dat iedere kennisbasis met enige regelmaat wordt beoordeeld op de inhoud en waar nodig wordt aangepast. Dit maakt ook deel uit van de afspraken met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. In het studiejaar 2015-2016 is gestart met het herijken van de eerste kennisbases.

De kennisbases zijn door lerarenopleiders herijkt op zowel de inhoud, het niveau als de breedte van de vakkennis. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die inhoudelijk en vakoverstijgende verwantschap kennen. De inhoud van de kennisbases is uiteindelijk gevalideerd door het werkveld en door externe inhoudelijke deskundigen. Ze zijn daarmee in overeenstemming met landelijke eisen.

Het herijkingsproces is zodanig vormgegeven dat iedereen die betrokken is bij een vak of opleiding gevraagd of ongevraagd mee kon denken zodat er een breed draagvlak ontstaat. De kennisbasis is een weerslag van wat de lerarenopleidingen, het afnemende werkveld en het specifieke wetenschapsgebied verwacht aan inhoud en niveau van een startbekwame leraar.

Een kerngroep met lerarenopleiders van de verschillende instellingen is gestart met het inventariseren van de herijkingswensen. Deze wensen zijn samengesteld op basis van ideeën, wensen en ontwikkelingen die effect hebben op de nodige vak- en vakdidactische kennis van de aankomende leraar. De kerngroepen hebben als legitimatie collega-docenten uit de eigen instelling, de landelijke vakoverleggen, de constructieteams van de landelijke kennistoetsen en/of de peer-reviewgroepen, studenten en alumni geconsulteerd. De ervaring met de implementatie van de bestaande versie van de kennisbasis is hierbij een belangrijk referentiepunt geweest.

De herijkingswensen zijn vervolgens getoetst aan de laatste wetenschappelijke inzichten binnen het vak, aan de ontwikkelingen in het werkveld en aan veranderingen op het gebied van beleid. Het definitieve herijkingsvoorstel is vastgesteld door een vaststellingscommissie waarin onder andere het landelijk directeurenoverleg tweedegraadslerarenopleidingen (ADEF) en het afnemende werkveld is vertegenwoordigd. Hun specifieke taak was erop toe te zien dat de vastgestelde procedure juist is gevolgd. Zo hebben ze bijvoorbeeld bekeken of alle belanghebbenden afdoende zijn gehoord en of de gemaakte keuzes voldoende zijn toegelicht.

De schrijfgroep is na vaststelling van het herijkingsvoorstel door de vaststellingscommissie aan de slag gegaan met het herschrijven van de kennisbasis. Onder leiding van het landelijk directeurenoverleg tweedegraadslerarenopleidingen (ADEF) is het opgeleverde concept gevalideerd door vertegenwoordigers van het werkveld, van de wetenschap en van eventuele vakverenigingen. Voor een aantal kennisbases is ook het nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (SLO) geraadpleegd. Na verwerking van de opmerkingen zijn de herijkte kennisbases met een positief advies van het landelijk directeurenoverleg door de *Stuurgroep lerarenopleidingen* vastgesteld.

## 3 Toelichting en verantwoording kennisbasis tweedegraadslerarenopleiding Natuurkunde

### 3.1 Maatschappelijke context

De kennisbasis voor de tweedegraadslerarenopleiding Natuurkunde beschrijft de kennis van het vak en van de vakdidactiek die leraren natuurkunde nodig hebben om bekwaam verklaard te worden en om verantwoord en adequaat vakonderwijs in het (v)mbo en de onderbouw van het havo/vwo te kunnen verzorgen. De term *kennis* wordt hier opgevat als een verzamelbegrip voor theoretische, methodische en praktische kennis, dus zowel kennis als vaardigheden.

Het doel van de kennisbasis is te komen tot een landelijke minimumnorm voor de vakkennis en de beheersing van de vakdidactiek op tweedegraadsniveau. Elke instelling heeft daarbinnen de vrijheid om zich te profileren door onderwerpen uit de kennisbasis een meer of minder prominente rol in het curriculum te geven en door doelstellingen na te streven die niet in de kennisbasis zijn opgenomen.

### 3.2 Relatie met andere kennisbases

Het curriculum van de tweedegraadslerarenopleiding Natuurkunde is gebaseerd op twee kennisbases die samen het fundament voor goed leraarschap vormen. Naast de hier beschreven vakspecifieke kennisbasis Natuurkunde is in de generieke kennisbasis voor de tweedegraadslerarenopleidingen de conceptuele kennis vastgelegd die de startbekwame docent aan het einde van de opleiding moet hebben. Het gaat specifiek om 'het weten' met betrekking tot het leren en het zich verder kunnen ontwikkelen in het beroep van leraar: het meesterschap van de docent.

In het herijkingsproces van de kennisbasis heeft meerdere keren afstemming met de schrijfgroepen van de andere bètavakken plaatsgevonden. Onderwerpen daarbij waren onder andere het te gebruiken format, vakdidactiek, het inpassen van aspecten uit de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw van het vo (SLO), en de formuleringen van de onderwerpen die overlappen met scheikunde.

Binnen het onderwijs wordt van elke docent een inspanning gevraagd om bij te dragen aan de taalvaardigheid van de leerlingen. Taal speelt dan ook bij alle vakken op school een grote rol. Het geven van instructies en uitleg, het lezen van een tekst, samenwerken aan een opdracht - alles gebeurt met behulp van taal. Leerlingen zijn in vaklessen (vak)taal aan het verwerven. Hierbij gaan taalontwikkeling en begripsontwikkeling hand in hand. De didactische benadering die taal- en vakleren combineert, heet Taalgericht vakonderwijs (of Taalontwikkelen vakonderwijs). Hoewel niet specifiek aangegeven in deze kennisbasis moet elke leraar hier goed van doordrongen zijn. Bij Taalontwikkelen onderwijs komen de drie pijlers van taalgericht vakonderwijs naar voren: context, taalsteun, en interactie. De taalontwikkeling komt tijdens (vak)lessen in verschillende contexten naar voren; het betreft zowel Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid (DAT) als Cognitieve Academische



Taalvaardigheid (CAT), waarbij woordenschatontwikkeling en taalontwikkeling (vooral ook van vaktaal) vaak onbewust een impuls krijgt. Taalgericht lesgeven komt naar voren bij de gebruikte vakdidactische werkvormen en de taalgerichtheid van toetsen en beoordelen. Bij bewust taalgericht onderwijs worden de doelen van taalontwikkeling meegenomen en kunnen expliciet worden geformuleerd.

Deze vakspecifieke kennisbasis zorgt, daar waar dat van toepassing is, ook voor doorlopende leerlijnen. Hier geldt dat specifiek voor de kennisbasis van de vakmaster Natuurkunde.

### 3.3 Verantwoording keuzes

De kerngroep is werkzaam geweest in de periode van oktober 2015 tot mei 2016. De kerngroep (Peter Duifhuis, Karel Langendonck, Maurice Smeets en Wouter Spaan) heeft het herijkingsvoorstel opgesteld. De input naar aanleiding van dit voorstel vanuit het *Landelijk vakoverleg Natuurkunde* van maart 2016 is meegenomen in het definitieve voorstel herijking kennisbasis Natuurkunde.

De schrijfgroep (Karel Langendonck, Hans Poorthuis en Shyro van Nieuwenhuijsen) is gestart in het najaar van 2016 met het uitwerken van de voorstellen tot de nieuwe kennisbasis. De vernieuwde kennisbasis is voorgelegd aan het landelijk vakoverleg op 10 februari 2017. Aanvullingen en aanbevelingen vanuit dit gremium zijn meegenomen in de definitieve kennisbasis.

Daarna heeft in maart de validering plaatsgevonden en is de vernieuwde kennisbasis opgeleverd in juni 2017. De valideringsgroep heeft bestaan uit collega-leraren-opleiders van hogescholen en het werkveld en uit een vertegenwoordiging vanuit universitaire lerarenopleidingen natuurkunde.

De niveaubeschrijving is opgesteld met de input van een lector bètadidactiek (de heer dr. R. (Rutger) van de Sande, Fontys Lerarenopleiding Tilburg).

#### **Schoolvakkennis, vakdidactiek en vakkennis**

In de basisdomeinen uit de kennisbasis Natuurkunde wordt onderscheid gemaakt in schoolvakkennis, vakdidactiek en vakkennis. In deze subparagraaf worden deze vormen van kennis nader toegelicht.

De schoolvakkennis bestaat uit die kennis en vaardigheden die behoren tot de leerstof van de natuurkunde in het vmbo en de onderbouw van havo/vwo, het onderwijsgebied waarvoor de student van de tweedegraadslerarenopleiding wordt opgeleid. De startbekwame docent kan onder andere zonder nadere voorbereiding:

- De schoolvakkennis wendbaar toepassen in bekende en onbekende contexten.
- Uitleg geven van de leerstof op verschillende manieren, waarbij hij rekening houdt met veel voorkomende begripsproblemen, valkuilen en misconcepten bij leerlingen.
- Moeilijke begrippen eenvoudig verwoorden met aansprekende praktijk- en practicumvoorbeelden.
- Karakteristieke opgaven, zoals examenopgaven, van de doelgroep nagenoeg foutloos maken.





- Een correctievoorschrift opstellen dat geschikt is als nakijkmodel voor leerlingen.
- Practica inhoudelijk correct ontwerpen en/of aanpassen.
- Een conceptuele analyse maken van de begrippen uit de schoolnatuurkunde, waaronder inzicht hebben in begripsproblemen en het remediëren van deze begripsproblemen.

De schoolvakkennis is niet los te zien van de vakdidactiek en de vakkennis. Pas als de schoolvakkennis en de vakdidactiek gecombineerd worden, ontstaat een volledig beeld van het vakdidactisch handelen van de natuurkundedocent. De schoolvakkennis is in de volle breedte voorwaardelijk voor de beheersing van de kennis. De beschreven vakkennis biedt kennis en vaardigheden die een verdieping vormen op de natuurkunde in het vmbo en de onderbouw havo/vwo en ligt boven vwo-eindniveau.

De student kan op basis van deze kennisbasis na voorbereiding en met gebruikmaking van adequate bronnen:

- De vakkennis toepassen in bekende en onbekende contexten.
- Karakteristieke opgaven maken met tenminste een voldoende beoordeling.
- Practica inhoudelijk correct uitvoeren.
- Vragen van leerlingen die uitstijgen boven de schoolvakkennis beantwoorden.
- Beargumenteerde keuzes maken voor de leerstof uit het schoolvak.
- Zich zelfstandig nieuwe schoolvakkennis eigen maken.
- Een inhoudelijk correcte bijdrage leveren aan onderwijsontwikkeling.

### **Niveaubeschrijving**

De beschrijving van het eindniveau van de opleiding is als volgt. In de kennisbasis wordt de vakinhoudelijke en vakdidactische kennis beschreven die een leraar natuurkunde in het vmbo, mbo en de onderbouw van havo/vwo nodig heeft om op bachelorniveau als leraar natuurkunde te kunnen functioneren in de dagelijkse onderwijspraktijk zoals deze zich nu voordoet.

Daarenboven bevat de kennisbasis voldoende verbreding en verdieping om vakinhoudelijk en vakdidactisch te kunnen meebewegen met veranderingen in die praktijken zoals die zich gedurende de loopbaan van afgestudeerden voordoen, bijvoorbeeld als gevolg van een curriculumherziening, veranderende onderwijscontext en steeds sterker wordende verbinding met het bedrijfsleven en niet-onderwijsinstellingen.

Als standaardwerk gebruiken de instellingen Introduction to Physics (Cutnell & Johnson) en/of Physics (Giancoli). Deze bronnen vormen een hulpmiddel in het bieden van onderwijs op het juiste niveau. De in deze kennisbasis bij de domeinen opgenomen voorbeelden zijn voornamelijk afkomstig uit deze boeken en geven daarmee een concrete indicatie van het niveau van de afgestudeerde tweedegraadsleraar natuurkunde met betrekking tot de noodzakelijke conceptuele natuurkundekennis.

## Moeilijkheidsgraad in relatie tot de context-conceptbenadering

Natuurkunde is gericht op het begrijpen van contexten met behulp van aangeleerde concepten. De moeilijkheidsgraad van dit begrijpen wordt bepaald door kenmerken van het concept, de context en de correspondentie tussen concept en context. In tabel 1 worden enkele kenmerken beschreven.

| Kenmerken van de context                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Kenmerken van de verbinding tussen context en concept                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kenmerken van het concept                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen context</li> <li>- bekendheid van de context</li> <li>- beschrijving van de context (taal of visueel)</li> <li>- complexiteit van de context</li> <li>- aantal informatiebronnen</li> <li>- complexiteit van de informatiebronnen</li> <li>- variatie in bronnen (grafieken, tekst, typen bronnen)</li> <li>- hoeveelheid op te zoeken informatie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- bekendheid van de denkstappen (standaard of nieuw)</li> <li>- aantal denkstappen</li> <li>- soort denkstappen</li> <li>- toe te passen wiskundige vaardigheden</li> <li>- kwalitatief of kwantitatief (beredeneren of berekenen)</li> <li>- verbinden herkenbaar geoefend</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- één of meer domeinen</li> <li>- abstractie van het concept</li> <li>- complexiteit van het concept</li> <li>- misconcepten in relatie tot het concept</li> </ul> |

*Analysemode voor het bepalen van de moeilijkheidsgraad en het beheersingsniveau in relatie tot de context-conceptbenadering.*

Omdat er geen eenduidig algoritme bestaat om vanuit het analysemodel van tabel 1 te komen tot een bepaling van de moeilijkheidsgraad en het beheersingsniveau, zijn in de kennisbasis voorbeeldopgaven opgenomen. Deze verzameling van voorbeeldopgaven, samen met het analysemodel, geeft een adequaat inzicht in de beoogde moeilijkheidsgraad en het beoogde beheersingsniveau.

### Denkstappen bij probleemoplossing

De moeilijkheidsgraad van een kwantitatieve (bereken)opgave wordt mede bepaald door het aantal zelf te nemen denkstappen. Hieronder staan voorbeelden van denkstappen bij een kwantitatieve opgave. Deze zijn geordend volgens de fasen van een systematische probleemaanpak. Zowel de denkstappen als de fasen van probleemoplossing zijn voorbeeldmatig.

#### *Fase 1. Probleem analyseren*

- De gegevens en het gevraagde overzichtelijk met de juiste symbolen en eenheden noteren.
- Benodigde gegevens uit afbeeldingen zoals diagrammen, schematische tekeningen en foto's noteren.
- De probleemsituatie weergeven in een overzichtelijke tekening of schema met daarin de gegevens en het gevraagde.
- Natuurkundige concepten benoemen die van toepassing zijn op de probleemsituatie.
- Natuurkundige formules noteren die relevant zijn voor de opgave.
- Aanvullende gegevens uit een tabellenboekje noteren.

#### *Fase 2. Aanpak bepalen*

- Een schematisch stappenplan maken van gegevens via formules naar het gevraagde.

#### *Fase 3. Berekeningen uitvoeren*

- Eén of meer formules voor de gegeven probleemsituatie specificeren.
- Tussenantwoorden vaststellen die nodig zijn voor vervolgberekeningen.



- Formules combineren.
- Basisbewerkingen uitvoeren, zoals optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen, rekenen met machten, logaritmen en exponenten, sinus, cosinus en tangens, rekenen met haakjes, oplossen van twee vergelijkingen met twee onbekenden, en dit alles in de juiste nauwkeurigheid.

#### *Fase 4. Nabewerking*

- Het antwoord geven op de gestelde vraag.
- Het antwoord geven in de juiste significantie en eenheid zoals volgt uit de gegevens en de vraag.
- Het antwoord vergelijken met een schatting van de juiste orde van grootte.

### **Uitgangspunten**

Voor de kennisbasis Natuurkunde gelden de onderstaande uitgangspunten:

#### *1. Format en indeling*

De domeinen in de kennisbasis zijn onderverdeeld in basisdomeinen, het vakdidactisch domein en keuzedomeinen. De basisdomeinen zijn verplicht voor alle opleidingen. Uit het keuzedomein kiest elke instelling er minimaal vier, waarvan minimaal twee uit de gegeven keuzedomeinen. Een instelling heeft dus de vrijheid zelf keuzedomeinen toe te voegen, waarbij de instelling zelf een beschrijving maakt van de niet omschreven keuzedomeinen.

#### *2. Schoolvakkennis, vakdidactiek en vakkennis*

De kennis en vaardigheden uit de basisdomeinen worden gesplitst in schoolvakkennis en vakkennis. De kennis en vaardigheden uit de keuzedomeinen vormen vakkennis en worden beknopt beschreven. De bijbehorende vakdidactiek wordt apart beschreven.

#### *3. Beschrijvingen basisdomeinen*

Per basisdomein worden voorbeelden van contexten, experimenten en opgaven gepresenteerd. Aan deze voorbeelden zijn geen verplichtingen verbonden, zij vormen slechts een handreiking.

#### *4. Voorbeeldopgaven*

De voorbeeldopgaven uit de schoolvakkennis zijn opgaven voor leerlingen uit de doelgroep. Deze voorbeeldopgaven uit de schoolvakkennis zijn voorbeeldmatig voor het niveau van het lesgeven in het schoolvak. De voorbeeldopgaven uit de vakkennis zijn opgaven op vwo(-plus)-niveau, zoals beschreven in de standaardwerken van Cutnell & Johnson en Giancoli. De voorbeeldopgaven zijn verder onderverdeeld in begripsopgaven, die direct gekoppeld zijn aan een concept, en toepassingsopgaven, die gekoppeld zijn aan het begrijpen van een context.

#### *5. Formuleboekje*

Formules zijn niet opgenomen in de kennisbasis. Het formuleboekje dat ontwikkeld is voor de landelijke kennistoets volstaat voor de basisdomeinen. In dit boekje worden zowel de formules uit de schoolvakkennis als de formules uit de vakkennis opgenomen. De wijzigingen in de kennisbasis hebben tot gevolg dat ook het formuleboekje aangepast zal worden aan de vernieuwde kennisbasis.



### 6. Wiskunde

Wiskunde is een apart basisdomein. Het is aan de individuele instellingen om de wiskunde te koppelen aan de fysische context. Een groot deel van de vaardigheden (onder andere differentiëren en integreren) zal zijn plaats vinden in de vakkennis.

### 7. Scheikunde

Het basisdomein scheikunde bevat de schoolvakkennis en vakkennis die nodig zijn om de exameneenheid 'Stoffen en materialen' van de doelgroep te kunnen verzorgen. Ook binnen dit basisdomein wordt onderscheid gemaakt in schoolvakkennis en vakkennis. Daarnaast is er een keuzedomein scheikunde ter verbreding of als mogelijke opstap naar een tweede bevoegdheid in het vak scheikunde.

### 8. Vakdidactiek

De kennisbasis bevat een apart verplicht vakdidactisch domein, dat onderverdeeld is in vijf subdomeinen. De subdomeinen zijn ingedeeld in drie kolommen: de categorieën van het subdomein met de betreffende eindterm, voorbeelden van kennis en vaardigheden, en kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school. Dit domein is afgestemd met scheikunde.

### 9. Mbo

Binnen de bachelor is er een oriëntatie op het mbo, bijvoorbeeld met betrekking tot bouwkunde ('constructies') en elektrotechniek ('fysische informatica'). Het is echter niet mogelijk om alle schoolvakkennis en vakkennis voor het mbo aan te bieden. Wel wordt een zodanige oriëntatie op het mbo gegeven, dat een startbekwame leraar in staat is met zijn collega's gezamenlijk het onderwijsprogramma van het mbo te ontwerpen, te verzorgen en te begeleiden. Dit geschiedt door één of enkele basis- en/of keuzedomeinen binnen de opleiding vorm te geven met een mbo-karakter. Deze oriëntatie is tevens zinvol voor aankomende docenten op het vmbo.

10. *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo*  
SLO heeft de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie ontwikkeld voor het vmbo en de onderbouw van havo/vwo. Het basisdomein 10 beschrijft vaardigheden en karakteristieke werkwijzen, zoals probleemoplossing, onderzoeken en ontwerpen. Daarnaast is er een apart keuzedomein gericht op karakteristieke denkwijzen. Vakoverstijgend werken is ook te realiseren via de keuzedomeinen. Het is te verwachten dat de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw een prominentere plaats kan innemen in een volgende versie van de kennisbasis voor de bachelor, als de status van het document, de praktische implicaties en een bijbehorend curriculum duidelijker geworden zijn.

## 3.4 Opbouw kennisdomeinen

### Indeling

De domeinen in de kennisbasis zijn onderverdeeld in basisdomeinen, het vakdidactisch domein en keuzedomeinen. In het onderstaande overzicht zijn deze domeinen weergegeven.

### Basisdomeinen

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| <b>Domein B1: Mechanica</b>                           |
| 1.1 Bewegingen                                        |
| 1.2 Krachten                                          |
| 1.3 Behoudswetten                                     |
| 1.4 Stromingsleer                                     |
| <b>Domein B2: Warmteleer en thermodynamica</b>        |
| 2.1 Temperatuur                                       |
| 2.2 Fasen                                             |
| 2.3 Warmte                                            |
| 2.4 Gastheorie                                        |
| 2.5 Thermodynamica                                    |
| <b>Domein B3: Trillingen en golven</b>                |
| 3.1 Trillingen en golven                              |
| 3.2 Geluid                                            |
| <b>Domein B4: Elektriciteit en magnetisme</b>         |
| 4.1 Lading                                            |
| 4.2 Elektrisch veld                                   |
| 4.3 Elektrische potentiaal                            |
| 4.4 Elektrische stroom                                |
| 4.5 Magnetisch veld                                   |
| 4.6 Inductie en wisselstroom                          |
| 4.7 Elektromagnetische golven                         |
| <b>Domein B5: Optica</b>                              |
| 5.1 Geometrische optica                               |
| 5.2 Golfoptica                                        |
| 5.3 Zien en optische instrumenten                     |
| <b>Domein B6: Moderne natuurkunde</b>                 |
| 6.1 Atoomfysica                                       |
| 6.2 Kernfysica en ioniserende straling                |
| 6.3 Kwantummechanica                                  |
| 6.4 Speciale relativiteitstheorie                     |
| <b>Domein B7: Fysische informatica en elektronica</b> |
| 7.1 Informatieverwerking                              |
| 7.2 Componenten en schakeling                         |
| <b>Domein B8: Wiskunde</b>                            |
| 8.1 Rekenen met formules                              |
| 8.2 Functieleer                                       |
| 8.3 Goniometrie                                       |
| 8.4 Differentiaalrekening                             |
| 8.5 Integraalrekening                                 |

| <b>Domein B9: Basisscheikunde</b>                           |
|-------------------------------------------------------------|
| 9.1 Basisbegrippen                                          |
| 9.2 Verbranden                                              |
| 9.3 Chemische reacties                                      |
| 9.4 Elektrochemie                                           |
| <b>Domein B10: Vaardigheden en werkwijzen</b>               |
| 10.1 Informatie verzamelen en analyseren                    |
| 10.2 Basisrekenvaardigheden binnen de natuurkunde toepassen |
| 10.3 Instrumenten hanteren en veilig werken                 |
| 10.4 Probleemoplossing                                      |
| 10.5 Onderzoeken                                            |
| 10.6 Ontwerpen                                              |
| 10.7 Modelleren                                             |
| 10.8 Oordeel vormen en waarderen                            |

## Vakdidactische domeinen

| <b>Domein V11: Natuurkunde leren: inzicht in hoe leerlingen natuurkunde leren en sturen van het leerproces</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11.1 Natuurkundige begrippen leren                                                                             |
| 11.2 Reken- en wiskundige vaardigheden                                                                         |
| 11.3 Practicum                                                                                                 |
| 11.4 Aard van de natuurkunde                                                                                   |
| 11.5 Natuurkundige praktijktoepassingen leren                                                                  |
| 11.6 Motivatie (nut en noodzaak)                                                                               |
| 11.7 Vaktaal en taalgebruik                                                                                    |
| 11.8 De persoon van de leerling                                                                                |
| <b>Domein V12: Natuurkundeonderwijs voor leerlingen vormgeven</b>                                              |
| 12.1 Begrippen aanleren                                                                                        |
| 12.2 Instrueren en uitleggen                                                                                   |
| 12.3 Denkwijzen                                                                                                |
| 12.4 Werkwijzen                                                                                                |
| 12.5 Begeleiden                                                                                                |
| 12.6 Praktisch werken                                                                                          |
| 12.7 Ontwikkelen en arrangeren van lesmateriaal vanuit een eigen onderwijsvisie                                |
| 12.8 Vakdidactisch onderzoek                                                                                   |
| <b>Domein V13: Schoolvak: natuurkunde en didactische middelen</b>                                              |
| 13.1 Natuurkunde curriculum                                                                                    |
| 13.2 Verwante vakken                                                                                           |
| 13.3 Schoolboeken                                                                                              |
| 13.4 Leermiddelen                                                                                              |
| 13.5 Examenprogramma's en eindtermen                                                                           |
| 13.6 Verder studeren                                                                                           |
| <b>Domein V14: Leeromgeving</b>                                                                                |
| 14.1 Theorie- en practicumlokaal                                                                               |
| 14.2 Veldwerk en beroepenveld                                                                                  |
| 14.3 Natuurkundeonderwijs en ict                                                                               |



|                                           |
|-------------------------------------------|
| <b>Domein V15: Toetsing en evaluatie</b>  |
| 15.1 Ontwerpen en toetsen maken           |
| 15.2 Beoordeling van de leerlingprestatie |
| 15.3 Analyse en evaluatie                 |

## Keuzedomeinen

|                                                              |
|--------------------------------------------------------------|
| <b>Domein K16: Elementaire deeltjesfysica</b>                |
| <b>Domein K17: Vaste stoffysica</b>                          |
| <b>Domein K18: Nanofysica</b>                                |
| <b>Domein K19: Astronomie</b>                                |
| <b>Domein K20: Biofysica</b>                                 |
| <b>Domein K21: Weerkunde</b>                                 |
| <b>Domein K22: Fysische geografie</b>                        |
| <b>Domein K23: Bouwfysica</b>                                |
| <b>Domein K24: Programmeren</b>                              |
| <b>Domein K25: Natuurkunde van het vrije veld</b>            |
| <b>Domein K26: Historische aspecten van natuurkunde</b>      |
| <b>Domein K27: Filosofische aspecten van natuurkunde</b>     |
| <b>Domein K28: Maatschappelijke aspecten van natuurkunde</b> |
| <b>Domein K29: Vakverbreding scheikunde</b>                  |
| <b>Domein K30: Vakverbreding techniek</b>                    |
| <b>Domein K31: Vakverbreding biologie</b>                    |
| <b>Domein K32: Vakverbreding duurzaamheid</b>                |
| <b>Domein K33: Karakteristieke denkwijzen</b>                |

*\* Aan de keuzedomeinen kan elke individuele instelling domeinen toevoegen. Deze domeinen werkt de betreffende opleiding zelf uit.*




# 4 Beschrijving kennisdomeinen

## 4.1 Basisdomeinen

| Domein B1: Mechanica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Subdomein 1.1: Bewegingen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- gemiddelde en momentane snelheid (in één dimensie)</li> <li>- (s,t)- en (v,t)-diagrammen van bewegingen</li> <li>- gemiddelde en momentane versnelling (in één dimensie)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- gemiddelde en momentane snelheid (in twee dimensies)</li> <li>- gemiddelde en momentane versnelling (in twee dimensies)</li> <li>- baan- en hoeksnelheid</li> <li>- hoekversnelling</li> <li>- middelpuntzoekende versnelling bij een (niet-)eenparige cirkelbeweging</li> <li>- kogelbanen</li> </ul> |
| <b>Subdomein 1.2: Krachten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- grootte, aangrijpingspunt, werklijn van een kracht, massamiddelpunt</li> <li>- soorten krachten zoals zwaartekracht, veerkracht, wrijvingskracht, spankracht, normaalkracht</li> <li>- krachten bij evenwicht</li> <li>- krachten samenstellen en ontbinden</li> <li>- krachtwerking in relatie tot beweging</li> <li>- wetten van Newton</li> <li>- wet van Hooke</li> <li>- krachtmoment, evenwichtsvoorwaarden, hefboomwet</li> <li>- druk op de ondergrond, kracht en oppervlak</li> <li>- traagheid</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- gewichtloosheid</li> <li>- gravitatiewet</li> <li>- kenmerken van wrijvingskrachten</li> <li>- resulterende kracht bij een (niet-)eenparige cirkelbeweging</li> <li>- traagheidsmoment</li> </ul>                                                                                                      |
| <b>Subdomein 1.3: Behoudswetten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- soorten energie, zoals zwaarte-energie, kinetische energie, veerenergie</li> <li>- arbeid, energie en warmte</li> <li>- vermogen</li> <li>- behoud van mechanische energie</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- stoot en impuls</li> <li>- impulsbehoud (in één en twee dimensie(s))</li> <li>- impulsmoment</li> <li>- behoud van impulsmoment (vaste as)</li> <li>- rotatie-energie</li> </ul>                                                                                                                       |
| <b>Subdomein 1.4: Stromingsleer</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- debiet</li> <li>- dichtheid</li> <li>- zinken, zweven, drijven</li> <li>- opwaartse kracht en de wet van Archimedes</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- drukverdeling</li> <li>- wet van Pascal</li> <li>- stroming en turbulentie</li> <li>- continuïteitsvergelijking</li> <li>- wet van Bernoulli</li> <li>- viscositeit</li> <li>- oppervlaktespanning</li> <li>- capillariteit</li> </ul>                                                                 |

| Domein B1: Mechanica (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| tijdtikker, valbewegingen, stroboscoop, diverse weegschalen, newtonmeters/veerunsters, momentenarm, momentenschijf, katrollen luchtkussenbaan, analyseren van bewegingen met videometingen, experimenten met drijvende en ondergedompelde voorwerpen, experimenten met veren, houtjes/touwtjes, speelgoed en andere alledaagse producten | kogelbanen, bepaling van de wrijvingscoëfficiënt, meten aan (tweedimensionale) botsingen, analyseren van bewegingen met videometingen en andere metingen met de computer, maken van simulatiemodellen en mathematische modellen met de computer (ook in het domein Wiskunde), manometers, windmachine, hydraulica en pneumatiek, bepalen van de viscositeit van een vloeistof |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| constructies, werking van gereedschap, vervoer en verkeersveiligheid                                                                                                                                                                                                                                                                     | relatie met astronomie, fysiologie, ruimtevaart, bouwkunde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



| Domein B1: Mechanica (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | vervolg |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |
| Een fietser rijdt met een constante snelheid. Teken de krachten die op de fietser werken.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Een trapeze-acrobaat 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 een vangnet. Trapeze-acrobaat B laat zich rechtstreeks van hetzelfde platform in het vangnet vallen.<br>Leg uit welke acrobaat met de grootste snelheid in het vangnet terecht komt.                                                                                       |         |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |
| <p>In Engeland is een manier bedacht om hard rijden tegen te gaan. Door bomen steeds dichter bij elkaar te planten, lijkt het of je snelheid toeneemt. Zie onderstaande figuur. Daardoor ga je langzamer rijden.</p>  <p>Ver buiten het dorp staan de bomen 20 m uit elkaar. Vlakbij het dorp staan de bomen nog maar 17 m uit elkaar. De tijd waarin een auto de afstand tussen twee bomen aflegt, blijft 1,4 s. De snelheid van de auto neemt dus af. Bereken deze snelheidsafname in km/h.</p> | Een tol is gemaakt om snel rond zijn as te draaien (tollen) en wordt aan het draaien gebracht door aan een touwtje te trekken dat om de tol is gewikkeld. De lengte van dit touw bedraagt 64 cm. De diameter van de tol is 2 cm. Iemand trekt aan het touw en de tol krijgt daardoor een hoekversnelling van $12 \text{ rad/s}^2$ . Bereken de hoeksnelheid van de tol op het moment dat het touw volledig is afgewikkeld. |         |

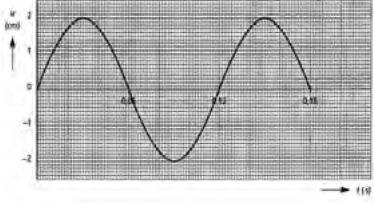
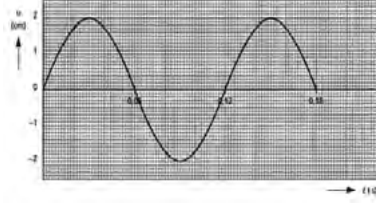


| Domein B2: Warmteleer en thermodynamica                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                    | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Subdomein 2.1: Temperatuur</b>                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- temperatuurschalen (Celsius en Kelvin)</li> <li>- diverse thermometers</li> <li>- thermische expansie</li> <li>- absolute nulpunt</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- thermisch evenwicht</li> <li>- nulde hoofdwet van de thermodynamica</li> </ul>                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Subdomein 2.2: Fasen</b>                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- kenmerken van faseovergangen (macro- en microscopisch)</li> <li>- fase-driehoek en fase-diagram</li> <li>- smelt- en stoltraject</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- fase-diagram (triple punt en kritisch punt)</li> <li>- hygrometer</li> <li>- latente warmte</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
| <b>Subdomein 2.3: Warmte</b>                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- relatie tussen warmte en temperatuur</li> <li>- warmtetransport (geleiding, stroming en straling)</li> <li>- warmtecapaciteit</li> <li>- soortelijke warmte</li> <li>- geleiders en isolatoren</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- relatie tussen warmte en energie</li> <li>- warmtegeleidingscoëfficiënt</li> <li>- wet van Stefan-Boltzmann</li> </ul>                                                                                                                                                               |
| <b>Subdomein 2.4: Gastheorie</b>                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- gasdruk</li> <li>- relatie temperatuur en kinetische energie van de moleculen</li> <li>- diffusie</li> <li>- Brownse beweging</li> </ul>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- algemene gaswet (gasconstante en getal van Avogadro)</li> <li>- kinetische gastheorie</li> <li>- Maxwell-Boltzmann-verdeling</li> </ul>                                                                                                                                              |
| <b>Subdomein 2.5: Thermodynamica</b>                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- rendement</li> </ul>                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- hoofdwetten van de thermodynamica</li> <li>- thermische processen (isobaar, isochoor, isotherm, adiabatisch en reversibel)</li> <li>- diagrammen (druk, volume en/of temperatuur)</li> <li>- vrijheidsgraden</li> <li>- soortelijke warmte bij gassen</li> <li>- entropie</li> </ul> |


| Domein B2: Warmteleer en thermodynamica (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| warmtetransport, condens- en rijpvorming, een thermometer ijken, smelt- en stoltrajecten opstellen, het dauwpunt bepalen, isolatie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | calorimeter, koken onder lage en hoge druk, een thermometer ontwerpen, de uitzettingscoëfficiënt bepalen, het absolute nulpunt bepalen, opstellen van een model voor de verticale luchtdrukgradiënt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| energiecentrale, zonneboilers, weerkunde, brandweer, eenvoudige toepassingen in de bouwtechniek, duurzame energiebronnen, energielabels, warmte-isolerende maatregelen in huis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | stirlingmotor, koelkast, warmtepomp, perpetuum mobile, supergeleiding                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Leg uit wat sneller afkoelt: een massieve hete kubus of dezelfde kubus maar nu in twee identieke stukken gebroken. Gebruik in je antwoord de in aanmerking komende processen voor warmtetransport.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Leg uit of het mogelijk is dat de temperatuur van een ideaal gas toeneemt zonder warmtetoevoer uit de omgeving.<br>Leg uit of er bij de opname of onttrekking van warmte door of aan een ideaal gas er altijd temperatuurveranderingen aan de orde zullen zijn.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 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 °C. Een massa van 0,040 kg van een onbekend materiaal wordt verwarmd tot 97,0 °C. Vervolgens wordt deze massa in de calorimeter gebracht. Na enige tijd is de eindtemperatuur van de calorimeter met water en onbekende massa 22,0 °C. Bereken de soortelijke warmte van de onbekende massa. Neem hierbij aan dat alleen de calorimeter met water en de onbekende massa warmte uitwisselen. | Gegeven zijn twee thermisch geïsoleerde vaten A en B, beide gevuld met neongas. Vat A heeft een druk van $5,0 \cdot 10^6$ Pa, een temperatuur van 220 K en een volume van 2,0 m <sup>3</sup> . Vat B heeft een druk van $2,0 \cdot 10^6$ Pa, een temperatuur van 580 K en een volume van 5,8 m <sup>3</sup> . 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 plaatsvindt tussen het neongas uit vat A en B, de vaten zelf houden hun begintemperatuur. Bereken de eindtemperatuur en de einddruk van het neongas. |



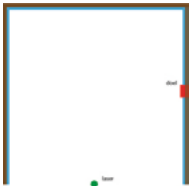
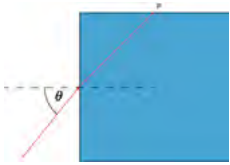
| Domein B3: Trillingen en golven                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Subdomein 3.1: Trillingen en golven</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- kenmerken van trillingen</li> <li>- mathematische slinger</li> <li>- kenmerken van transversale en longitudinale golven</li> <li>- reflectie</li> <li>- buiging</li> <li>- (harmonische) trilling</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- harmonische trillingen</li> <li>- wiskundige beschrijving van een harmonische trilling</li> <li>- krachtwerking bij harmonisch trillende objecten</li> <li>- energie(behoud) bij harmonisch trillende objecten</li> <li>- mathematische slinger</li> <li>- fysische slinger</li> <li>- massa-veersysteem</li> <li>- wiskundige beschrijving van transversale en longitudinale golven</li> <li>- lopende golven</li> <li>- breking</li> <li>- dispersie</li> <li>- superpositie van golven</li> <li>- interferentie</li> <li>- beginsel van Huygens</li> <li>- staande golven in snaren</li> <li>- staande golven in luchtkolommen</li> <li>- gedwongen trilling en resonantie</li> </ul> |
| <b>Subdomein 3.2: Geluid</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- geluidsintensiteit (kwalitatief)</li> <li>- geluidsniveau (kwalitatief)</li> <li>- decibelschaal</li> <li>- gewogen geluidsniveau</li> <li>- resonantie</li> <li>- geluidsproductie</li> <li>- geluidsproductie in muziekinstrumenten</li> <li>- werking van de luidspreker</li> <li>- werking van de microfoon</li> <li>- geluidsspectrum</li> <li>- gehoorgevoeligheid en isofonendiagram</li> <li>- methoden voor geluidsreductie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- geluidsintensiteit (kwantitatief)</li> <li>- geluidsniveau (kwantitatief)</li> <li>- voortplantingssnelheid van geluid in gassen, vloeistoffen en vaste stoffen</li> <li>- klankkleur</li> <li>- zweving</li> <li>- dopplereffect</li> <li>- staande golven in muziekinstrumenten (snaar- en blaasinstrumenten)</li> <li>- frequentieanalyse</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| Domein B3: Trillingen en golven (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| basale experimenten met (harmonische) trillingen, slinger, kwalitatieve experimenten met lopende golven, demonstratie-experimenten met de golfbak, werking van de oscilloscoop, decibelmeter, demonstratie-experimenten met resonantie, demonstratie-experimenten met luidspreker en/of microfoon, experimenten voor het bepalen van de gehoorgevoeligheid | experimenten aan (harmonische) trillingen, fysische slinger, massa-veersysteem, kwantitatieve experimenten met lopende golven, experimenten met een golfbak (o.a. breking, interferentie en het beginsel van Huygens), experiment van Melde, experimenten met staande golven in een luchtkolom, bepaling van de voortplantingssnelheid van geluid in gassen/vloeistoffen/vaste stoffen, frequentieanalyse met behulp van meetsoftware en toepassingen hiervan |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| mechanische trillingen, voorbeelden van resonantie, muziekinstrumenten, het spraakorgaan, het gehoororgaan, geluidshinder, geluidsofname en geluidswaergeving, echo                                                                                                                                                                                        | mechanische trillingen, voorbeelden van lopende golven (bijvoorbeeld watergolven), voorbeelden van resonantie, muziekinstrumenten, frequentieanalyse                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Gegeven is onderstaand (u,t)-diagram.</p>  <p>Teken in het diagram de grafiek van een trilling waarbij sprake is van een hardere toon met een hogere frequentie.</p>                                                                                                  | <p>Gegeven is onderstaand (u,t)-diagram.</p>  <p>Stel de functie op van deze harmonische trilling en bepaal aan de hand van deze functie de maximale snelheid van het trillende object.</p>                                                                                                                                                                                |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Een koor bestaat uit 60 personen. Alle personen zingen even hard en produceren gezamenlijk een geluidsniveau van 90 dB. Op een bepaald moment stoppen een aantal koorleden met zingen en wordt er een geluidsniveau gemeten van 81 dB.</p> <p>Bereken het aantal personen dat gestopt is met zingen.</p>                                                | <p>Een vioolsnaar heeft een lengte van 48,0 cm. De snaar wordt aangestoken met behulp van een strijkstok. In de snaar ontstaat dan een staande golf met drie buiken. De voortgebrachte toon heeft een frequentie van 780 Hz.</p> <p>Bereken de frequentie van de eerste boventoon.</p>                                                                                                                                                                        |

| <b>Domein B4: Elektriciteit en magnetisme</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schoolvakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Subdomein 4.1: Lading</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- wet van behoud van lading</li> <li>- elektrische geleiding</li> <li>- influentie</li> <li>- krachtwerking tussen geladen objecten (kwalitatief)</li> <li>- geleiders en isolatoren</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- wet van Coulomb</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Subdomein 4.2: Elektrisch veld</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- veldlijnen (lijn, bolschil, bol, geleider en isolator)</li> <li>- kracht op lading of dipool</li> <li>- wet van Gauss</li> <li>- energie in een elektrisch veld</li> <li>- elektrische permittiviteit</li> </ul>                                                                                                                                                                  |
| <b>Subdomein 4.3: Elektrische potentiaal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- verband tussen potentiaal en veld (puntladingen en vlakken)</li> <li>- equipotentiaalvlakken</li> <li>- permittiviteit</li> <li>- dielektricum (dielektrische constante en doorslag)</li> <li>- condensator</li> </ul>                                                                                                                                                            |
| <b>Subdomein 4.4: Elektrische stroom</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- microscopisch beeld van een elektrische stroom</li> <li>- stroomsterkte</li> <li>- stroom- en spanningsbronnen</li> <li>- weerstand en geleidbaarheid</li> <li>- soortelijke weerstand en geleidbaarheid</li> <li>- wet van Ohm</li> <li>- combinaties van weerstanden, serie- en parallelschakelingen</li> <li>- elektrisch vermogen en energie</li> <li>- huisinstallatie en veiligheid</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- driftsnelheid van elektronen</li> <li>- inwendige weerstand</li> <li>- wetten van Kirchhoff</li> <li>- stroombrug van Wheatstone</li> <li>- combinaties van condensatoren</li> <li>- supergeleiding</li> </ul>                                                                                                                                                                    |
| <b>Subdomein 4.5: Magnetisch veld</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnetisatie</li> <li>- magnetische influentie</li> <li>- polen en magnetische veldlijnen</li> <li>- ferromagnetisme</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnetische veldsterkte</li> <li>- Lorentzkracht (op stroomdraad en geladen deeltje)</li> <li>- koppel op stroomdraad, draadraam en spoel</li> <li>- magnetische permeabiliteit en susceptibiliteit</li> <li>- wet van Ampère</li> <li>- paramagnetisme en diamagnetisme</li> </ul>                                                                                               |
| <b>Subdomein 4.6: Inductie en wisselstroom</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- transformator</li> <li>- dynamo</li> <li>- elektrische generator</li> <li>- elektromotor</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnetische flux</li> <li>- wet van Faraday</li> <li>- wet van Lenz</li> <li>- inductie en zelfinductie</li> <li>- energie in een magnetisch veld</li> <li>- effectieve waarde van wisselspanning en wisselstroom</li> <li>- faseverschil tussen stroom en spanning</li> <li>- vermogensdissipatie</li> <li>- LCR-circuits</li> <li>- impedantie</li> <li>- resonantie</li> </ul> |
| <b>Subdomein 4.7: Elektromagnetische golven</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- voortplantingssnelheid</li> <li>- elektromagnetisch spectrum</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- energie en intensiteit</li> <li>- dopplereffect</li> <li>- polarisatie</li> <li>- wet van Malus</li> <li>- polarisatie door reflectie</li> <li>- wet van Brewster</li> <li>- polarisatie door verstrooiing</li> <li>- optische activiteit</li> </ul>                                                                                                                              |

| Domein B4: Elektriciteit en magnetisme (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| de elektroscop, van der Graaff-generator, multimeter, transformator, wet van Ohm, bepaling van de soortelijke weerstand, black-boxweerstand, bewegende magneten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | elektromotor, Halleffect, magnetische materialen en magnetische veldlijnen, stroombalans, massaspectrometer, magnetisatie (hysterese curve opstellen), inductiepuls meten met meetsoftware, effecten van inductiestromen op het ontladen van een condensator, elektronenbuis                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| draadloos opladen, huisinstallatie (aardlekschakelaar en zekeringen), milieuvriendelijk vervoer en apparaten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | werking van de antenne, deeltjesversneller, elektronenbuis, aardmagnetisme, zonnevlekken, elektromagnetische afscherming                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Als een ongeladen elektroscop wordt genaderd door een geladen staaf, zonder dat daarbij 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 (ladingsoverdracht) was geweest, zouden de blaadjes blijven uitstaan en is de elektroscop dus permanent geladen. Bedenk een manier om een elektroscop een permanente lading te geven zonder ladingsoverdracht door een geladen staaf. | 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. Bereken de spanning over de condensatorplaten zal stijgen, zal dalen of gelijk zal blijven.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Het onderstaande schema beschrijft het elektrische circuit voor de koplampverlichting van een auto. De voorlamp heeft een vermogen van 55 W en de achterlamp een vermogen van 5 W.</p>  <p>a. Bereken de stroomsterkte door de koplamp(en).<br/>b. Bereken de totale weerstand.</p>                                                                                                                                      | <p>De spoel van een wisselstroommotor heeft een weerstand van <math>4,1 \Omega</math>. De motor (spoel) wordt aangesloten op een spanning met een effectieve waarde van 120 V. 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>a. Bereken de stroomsterkte die de motor trok bij het op gang komen van de draaiing.<br/>b. Bereken de inductiespanning die de spoel genereert wanneer er een constante draaisnelheid is bereikt.</p> |

| Domein B5: Optica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Subdomein 5.1: Geometrische optica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- rechte lijnige voortplanting</li> <li>- lichtbundel (convergent, divergent en evenwijdig)</li> <li>- schaduwvorming</li> <li>- reflectie (spiegelend en diffuus)</li> <li>- spiegelwet</li> <li>- lichtsnelheid</li> <li>- breking</li> <li>- wet van Snellius</li> <li>- grenshoek en totale inwendige reflectie</li> <li>- constructiestralen</li> <li>- beeldkenmerken van lenzen (convex en concaaf)</li> <li>- (dunne) lenzenformule</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- beeldkenmerken van spiegels (convex, concaaf en vlak)</li> <li>- lenscombinaties</li> </ul>                                                                                                                                                                              |
| <b>Subdomein 5.2: Golfoptica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektromagnetisch spectrum</li> <li>- dispersie</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- intensiteit</li> <li>- coherente lichtbronnen</li> <li>- beginsel van Huygens bij lichtgolven</li> <li>- diffractie</li> <li>- interferentie (enkele spleet, dubbele spleet en tralie)</li> <li>- dunne lagen</li> <li>- polarisatie</li> <li>- wet van Malus</li> </ul> |
| <b>Subdomein 5.3: Zien en optische instrumenten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- het menselijk oog (pupil, ooglens)</li> <li>- accommodatie</li> <li>- bijziend, verziend en oudziend</li> <li>- kleuren zien</li> <li>- additief en subtractief mengen van kleuren</li> <li>- vergrootglas</li> <li>- fotocamera</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- hoekvergroting</li> <li>- microscoop en telescoop</li> <li>- beeld- en lensfouten</li> <li>- scheidend vermogen</li> </ul>                                                                                                                                               |

| Domein B5: Optica (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| lichtkastje met perspex voorwerpen en spiegels (tweedimensionaal), optische bank (driedimensionaal), kleurenspectrum                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | interferentieproeven met de laser, spectroscopie, lenzenmakersformule, Michelson-interferometer                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| podiumverlichting, camera obscura, opticien, brillen en contactlenzen, beamers                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | zonnecentrale, optische instrumenten, lasersnijder, holografie                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Voor een bolle lens wordt een voorwerp geplaatst. Het voorwerp staat op een voorwerpsafstand tussen $f$ en $2f$ (waarbij $f$ de brandpuntsafstand is). Beschrijf de beeldkenmerken van het uiteindelijke beeld.                                                                                                                                                                                                        | Leg uit of je bij het tweespletenexperiment van Young een interferentiepatroon kan waarnemen als de golflengte van het gebruikte licht groter is dan de afstand tussen de spleten.                                                                                                                                                    |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| In onderstaande figuur is een vierkante kamer in bovenaanzicht getekend. Een muur ontbreekt en de andere drie wanden 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 drie richtingen waarin de laser kan stralen en het doel kan raken. Neem aan dat het licht niet meer dan één keer een spiegel raakt. | In onderstaande figuur is een rechthoekig blok van kwartsglas weergegeven. Een lichtstraal gaat het blok binnen met een invalshoek van 34 graden en gaat naar punt P. Het blok ligt in een vloeistof met een brekingsindex $n$ . Bereken de maximale waarde van de brekingsindex $n$ waarbij in punt P nog totale reflectie optreedt. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                   |

| <b>Domein B6: Moderne natuurkunde</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schoolvakken</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Subdomein 6.1: Atoomfysica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- atoommodel van Rutherford</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- emissiespectrum en absorptiespectrum</li> <li>- foton en fotonenergie</li> <li>- energieniveauschema</li> <li>- experiment van Rutherford</li> <li>- atoommodel van Bohr</li> <li>- Pauliprinциpe</li> <li>- ontstaan van röntgenstraling</li> <li>- röntgendiffractie</li> <li>- Braggreflectie</li> <li>- werking van de laser</li> <li>- lijnenspectrum van het waterstofatoom</li> <li>- atoommodel van Schrödinger</li> </ul>                                                                     |
| <b>Subdomein 6.2: Kernfysica en ioniserende straling</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- opbouw van een atoom(kern)</li> <li>- soorten van straling</li> <li>- isotoop</li> <li>- radioactief verval</li> <li>- halveringstijd</li> <li>- activiteit</li> <li>- stralingsdetectoren</li> <li>- halveringsdikte</li> <li>- achtergrondstraling</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- sterke en zwakke kernkracht</li> <li>- neutrino</li> <li>- massadefect en equivalentie van massa en energie</li> <li>- bindingsenergie</li> <li>- dateringsmethoden</li> <li>- stralingsdosis en dosisequivalent</li> <li>- radioactieve vervalvergelijkingen en -reeksen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Subdomein 6.3: Kwantummechanica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- golfdeeltje dualiteit</li> <li>- stralingswet van Planck (en stralingskromme)</li> <li>- verschuivingswet van Wien</li> <li>- De Brogliegolflengte</li> <li>- onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg</li> <li>- deeltje in een doosje (eendimensionaal)</li> <li>- tunneling</li> <li>- foto-elektrisch effect</li> <li>- comptoneffect</li> <li>- waarschijnlijkheidsinterpretatie en waarschijnlijkheidsverdeling</li> <li>- kwantumgetallen</li> <li>- model van waterstof</li> <li>- spin</li> </ul> |
| <b>Subdomein 6.4: Speciale relativiteitstheorie</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- inertiaalsystemen</li> <li>- de twee postulaten</li> <li>- lengtecontractie</li> <li>- tijddilatatie</li> <li>- tweelingparadox</li> <li>- equivalentie van massa en energie</li> <li>- relativistisch optellen van snelheden</li> <li>- relativistisch impuls</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                              |


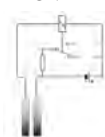
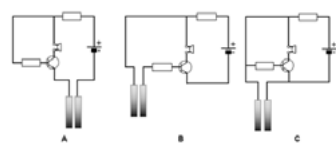




| <b>Domein B6: Moderne natuurkunde (voorbeelden)</b>                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schoolvakken</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| bepaling van de halveringstijd, bepaling van de halveringsdikte, detectie van straling                                                                                                                                                  | foto-elektrisch effect, bepaling van de constante van Planck, elektronen-diffractie (onderzoeken van de De Brogliegolflengte), spectra meten m.b.v. een spectrometer, röntgendiffractie, metingen met een Geiger-Müllerteller, holografie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| straling en stralingsbelasting, gebruik van ioniserende straling binnen medische toepassingen (röntgenfoto, MRI, bestraling), kernreactor                                                                                               | kleuren (deeltje in een doosje), alfaverval (tunneling), GPS, deeltjesversneller.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Er bestaan drie vormen van kernstraling: alfa-, bèta- en gammastraling.<br>- Plaats deze drie vormen van straling in volgorde van ioniserend vermogen.<br>- Plaats deze drie vormen van straling in volgorde van doordringend vermogen. | Door een kern van uranium-235 te beschieten met een (traag) neutron kan kernsplijting optreden. De uranium-235 kern splijt daarbij in een kern krypton-92, een kern barium-142 en twee neutronen.<br>Bereken de hoeveelheid energie die bij deze reactie vrijkomt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| De radioactieve stof koolstof-14 heeft een halveringstijd van 5730 jaar. We gaan uit van een hoeveelheid koolstof-14 van 5,0 g.<br>Bereken de tijd die nodig is voordat er 4,5 g koolstof-14 vervallen is.                              | Het foto-elektrisch effect wordt onderzocht met behulp van een cel met een elektrode van cesium. Het gebruikte licht heeft een golflengte van 400 nm. Men wil de fotostroom reduceren tot 0 A.<br>a. Bereken de tegenspanning die hiervoor minimaal nodig is.<br>De spanning wordt omgepoold en verhoogd tot 5 V. De fotostroom bedraagt dan 1,00 $\mu$ A. Men gebruikt een andere lichtbron (lichtbron 2). Deze lichtbron heeft dezelfde intensiteit (in $W/m^2$ ), maar heeft een golflengte van 350 nm.<br>b. Bereken de fotostroom bij gebruik van lichtbron 2.<br>Vervolgens wordt een derde lichtbron (lichtbron 3) gebruikt met een vijf keer zo grote intensiteit (in $W/m^2$ ) en een golflengte van 500 nm.<br>c. Bereken de fotostroom bij gebruik van lichtbron 3. |

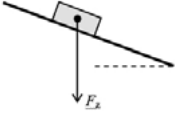


| <b>Domein B7: Fysische informatica en elektronica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schoolvak kennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Subdomein 7.1: Informatieverwerking</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- signaal (analoog en digitaal)</li> <li>- invoer, verwerking, uitvoer</li> <li>- het verschil tussen analoog en digitaal</li> <li>- codering (binair)</li> <li>- meet-, stuur- en regelsysteem</li> <li>- feedback (positief en negatief)</li> <li>- logische poorten (enkel)</li> <li>- poortschakelingen (logisch)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- signaal (continu en discreet)</li> <li>- hardware-software</li> <li>- binair rekenen</li> <li>- logische poorten (samengesteld)</li> <li>- signaaltransport</li> <li>- waarheidstabel</li> <li>- poortschakeling (fysisch)</li> <li>- signaalconditionering (versterking en filtering)</li> </ul>                                                                                                                                        |
| <b>Subdomein 7.2: Componenten en schakeling</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische en elektronische schakeling met componenten</li> <li>- functies en symbolen: weerstand, schakelaar, relais, reedcontact, diode, transistor, led, condensator, NTC, LDR en PV-cellen</li> <li>- sensoren en actuatoren</li> </ul>                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische en elektronische schakeling met componenten</li> <li>- fysische werking: weerstand, schakelaar, relais, reedcontact, diode, transistor, led, condensator, NTC, LDR en PV-cellen</li> <li>- halfgeleiders, PN-overgang</li> <li>- (I-V) karakteristieken, belastingslijn</li> <li>- analoog-digitaal-omzetter en digitaal-analoog-omzetter</li> <li>- geheugencel (SR latch), optisch schakeling, flipflop, teller</li> </ul> |

| Domein B7: Fysische informatica en elektronica (voorbeelden)                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvak kennis                                                                                                        | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ontwerpen van een eenvoudige schakeling (bijvoorbeeld met een systeembord, Little bits of Ozobots)                      | gelijkrichter maken, microcontroller programmeren (bijvoorbeeld Arduino), programmeerbare robot (bijvoorbeeld lego mindstorms), meten en sturen en regelen (bijvoorbeeld met Coach, Labquest en smartphone)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| opbouw van een computer, klimaatbeheersing in gebouwen, domotica, toepassingen van transformator en dynamo              | opslagmedia, huisautomatisering, slimme apparaten, lab-on-a-chip                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Teken een schakeling met een batterij, twee draden, een lampje en een diode. Het lampje moet branden.                   | Een PN-diode is in sperrichting geschakeld.<br>Leg uit wat er dan gebeurt met de ladingconcentraties in het barrièregebied en aan de contactuiteinden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Bij een inbrekersalarm gaat een sirene aan als een ruit ingeslagen wordt. Teken het schakelschema van het inbraakalarm. | <p>Raymond krijgt een practicumopdracht van zijn docent. Hij moet een opstelling ontwerpen die een signaal geeft wanneer een plant water nodig heeft. Raymond bedenkt eerst de volgende opstelling met een elektrische schakeling.</p>  <p>Hij maakt de opstelling en houdt de metalen plaatjes tegen elkaar. De led gaat branden. Daarna zet hij de metalen plaatjes naast de plant in de potgrond en giet er water bij. De led brandt dan niet.</p> <p>a. Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid/mogelijkheden.<br/>De lamp gaat niet branden, omdat de weerstand van de potgrond met het water te groot/te klein is. Daarom moet Raymond de metalen plaatjes dieper/minder diep in de grond steken, en/of de afstand tussen de metalen plaatjes groter/kleiner maken.</p> <p>Raymond past zijn schakeling aan met een tweede led en een relais. Een rode led brandt nu als de potgrond (te) droog is. Bij voldoende vocht is de rode led uit en brandt een groene led. In onderstaande figuur staat het schema van zijn aangepaste schakeling waarin de leds nog ontbreken.</p>  <p>b. Teken in het schakelschema het symbool van de rode led op de juiste plaats.<br/>c. Leg uit welk nadeel deze schakeling heeft.<br/>Er kan een schakeling ontworpen worden die een geluidssignaal geeft als de grond te droog wordt. In onderstaande figuur staan drie schakelschema's weergegeven.</p>  <p>d. Welk schakelschema geeft een geluidssignaal als de plantjes water moeten krijgen?</p> |

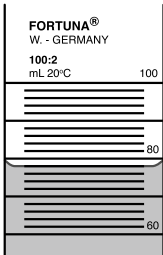


| <b>Domein B8: Wiskunde</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schoolvak kennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Subdomein 8.1: Rekenen met formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- wiskundige notaties</li> <li>- wiskundige rekenbewerkingen (wortel, kwadraat, logaritme, absolute waarde)</li> <li>- rekenen met letters en symbolen</li> <li>- rekenen met breuken</li> <li>- wiskundige bewerkingen in formules uit de natuurkunde</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Subdomein 8.2: Functieleer</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- eerstegraadsfunctie</li> <li>- tweedegraadsfunctie</li> <li>- vergelijkingen en ongelijkheden</li> </ul>                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- stelsels van vergelijkingen (twee vergelijkingen met twee onbekenden)</li> <li>- functies met een absolute waarde</li> <li>- wortelfuncties</li> <li>- quotiëntfuncties</li> <li>- exponentiële functies</li> <li>- logaritmische functies</li> <li>- samengestelde functies</li> <li>- inverse functies</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Subdomein 8.3: Goniometrie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- driehoeksmetkunde (definitie van sinus, cosinus en tangens)</li> </ul>                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- driehoeksmetkunde (sinusregel, cosinusregel)</li> <li>- goniometrische functies (sinus, cosinus en tangens)</li> <li>- definitie radiaal</li> <li>- goniometrische vergelijkingen</li> <li>- cyclometrische functies</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Subdomein 8.4: Differentiaalrekening</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- definitie van het limietbegrip</li> <li>- limieten</li> <li>- continuïteit</li> <li>- definitie van differentiëren</li> <li>- differentiequotiënt</li> <li>- afgeleide functies</li> <li>- rekenregels bij differentiëren (somregel, productregel, quotiëntregel, kettingregel)</li> <li>- differentiëren van exponentiële functies</li> <li>- e-macht</li> <li>- functieonderzoek (snijpunten met de assen, extreme waarden, stijging en daling, buigpunten, convex en concaaf)</li> <li>- toepassingen van differentiëren binnen natuurkundige contexten</li> </ul> |
| <b>Subdomein 8.5: Integraalrekening</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- integreren als methode voor een oppervlaktebepaling onder een grafiek</li> <li>- onbepaalde integraal</li> <li>- primitieven voor standaardfuncties (machtsfunctie, exponentiële functie, logaritmische functie, goniometrische functie)</li> <li>- rekenregels voor integreren</li> <li>- bepaalde integralen</li> <li>- toepassingen van integraalrekening binnen natuurkundige contexten</li> </ul>                                                                                                                                                                |

| Domein B8: Wiskunde (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Niet van toepassing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Niet van toepassing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Zie domeinen schoolvakken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Zie domeinen schoolvakken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>De formule om de dichtheid te berekenen, luidt: <math>\rho = m/V</math><br/>Schrijf de formule om, zodat het volume berekend kan worden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>De plaatsfunctie voor een eenparig versnelde beweging luidt:<br/><math>x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + v(0)t + x(0)</math><br/>In deze formule staat <math>x(t)</math> voor de plaats op tijdstip <math>t</math> (in m), <math>a</math> voor de versnelling (in <math>m/s^2</math>), <math>t</math> voor de tijd (in s), <math>v(0)</math> voor de beginsnelheid (in m/s) en <math>x(0)</math> voor de beginpositie (in m).<br/>Uit de plaatsfunctie kan de snelheidsfunctie voor een eenparig versnelde beweging worden afgeleid. Deze luidt:<br/><math>v(t) = at + v(0)</math><br/>In deze formule staat <math>v(t)</math> voor de snelheid op tijdstip <math>t</math> (in m/s) en <math>v(0)</math> weer voor de beginsnelheid (in m/s).<br/>Leid de snelheidsfunctie voor een eenparig versnelde beweging af uit de plaatsfunctie.</p> |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>Op een helling met een hellingshoek van <math>15^\circ</math> ligt een blok met een massa van 2,4 kg. Op dit blok werkt de zwaartekracht. Zie onderstaande figuur.</p>  <p>Ontbind de zwaartekracht in een component langs de helling en een component loodrecht op de helling en bereken de grootte van beide componenten.</p> | <p>Een hoeveelheid van 5 mol van een ideaal gas heeft een temperatuur van 300 K. Het gas wordt isotherm gecomprimeerd van een volume van 100 L naar een volume van 10 L. Hiertoe moet een hoeveelheid arbeid verricht worden. Deze arbeid kan berekend worden met behulp van de integraal:<br/><math>W = \int p dV</math><br/>In deze formule staat <math>W</math> voor de arbeid (in J), <math>p</math> voor de druk (in Pa) en <math>dV</math> voor een volumedifferentie (in <math>m^3</math>).<br/>Bereken de hoeveelheid arbeid die verricht moet worden in de gegeven situatie.</p>                                                                                                                                                                                                                                                |



| Domein B9: Basisscheikunde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Subdomein 9.1: Basisbegrippen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- elementen, moleculen, atomen</li> <li>- symbolen van elementen</li> <li>- atoomnummer en massagetal</li> <li>- isotopen</li> <li>- periodiek systeem</li> <li>- dichtheid</li> <li>- scheidingsmethoden (filtreren, adsorberen, absorberen, zeven, indampen, destillatie)</li> <li>- herkenningmethoden voor stoffen (kleur, geur, oplosbaarheid in water, elektrische geleiding, dichtheid)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- perioden en groepen in het periodiek systeem</li> <li>- metalen en niet-metalen</li> <li>- moleculaire stoffen</li> <li>- molecuulformule</li> <li>- structuurformule</li> </ul>                                                                             |
| <b>Subdomein 9.2: Verbranden</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- verbrandingsdriehoek</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Subdomein 9.3: Chemische reacties</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- reactievergelijkingen</li> <li>- chemische reactie</li> <li>- reactievergelijking</li> <li>- mol</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mol en getal van Avogadro</li> <li>- wet van behoud van massa</li> <li>- reactievergelijkingen kloppend maken</li> <li>- molecuulmassa en molaire massa</li> <li>- rekenen met molverhoudingen en concentratie</li> <li>- reactanten en producten</li> </ul> |
| <b>Subdomein 9.4: Elektrochemie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- batterij</li> <li>- accu</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- brandstofcel</li> <li>- elektrolytische cel</li> <li>- anode en kathode</li> </ul>                                                                                                                                                                           |

| Domein B9: Basisscheikunde (voorbeelden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Vakkennis                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                        |
| basisvaardigheden chemie, omgaan met glaswerk, scheidingsmethoden toepassen, veiligheid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | basisvaardigheden chemie, titratie, veiligheid en aansprakelijkheid, milieu                                                                                                                                            |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| oplosmiddelen, reinigingsmiddelen, huishoudzuren, soorten batterijen, accu, verbrandingsprocessen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | cosmetica, voedingsmiddelen, brandstofcel, pH-meter, corrosie, chemische industrie                                                                                                                                     |
| <b>Voorbeeldopgaven (begrip)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| Gegeven is de isotoop cesium-133.<br>Leid het aantal protonen, neutronen en elektronen af van deze isotoop.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Maak de onderstaande reactievergelijking kloppend.<br>$...C_2H_4(s) + ...O_2(g) \rightarrow ...CO_2(g) + ...H_2O(g)$                                                                                                   |
| <b>Voorbeeldopgaven (toepassing)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>Tijdens een practicum krijgt Mike de opdracht de dichtheid te bepalen van een voorwerp. Hiertoe bepaalt hij eerst de massa van het voorwerp. Deze bedraagt 90 g. Vervolgens schenkt Mike 70 ml water in een maatcilinder. Daarna plaatst hij ook het voorwerp in de maatcilinder. De stand van het water is weergegeven in onderstaande figuur.</p>  <p>Bepaal van welke stof het kogeltje gemaakt is.</p> | <p>Geconcentreerd salpeterzuur bevat 65% HNO<sub>3</sub>. De dichtheid bedraagt 1,39 g/ml. Men wil 1,0 l HNO<sub>3</sub> bereiden van 4 molair. Bereken hoeveel ml HNO<sub>3</sub> hiervoor moet worden afgemeten.</p> |



| Domein B10: Vaardigheden en werkwijzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schoolvakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Vakkennis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Subdomein 10.1: Informatie verzamelen en analyseren</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- informatie uit bronnenmateriaal selecteren, verwerken en bewerken</li> <li>- zelfstandig informatie verwerven, verwerken en verstrekken, bijvoorbeeld in het kader van het sectorwerkstuk</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- verzamelen van gegevens mede met behulp van ict</li> <li>- informatie selecteren, verwerken, beoordelen en presenteren</li> <li>- gebruikmaken van computermodellen.</li> <li>- analyseren van gegevens mede met behulp van ict</li> <li>- informatie en meetresultaten analyseren</li> <li>- schematiseren en structureren</li> <li>- betrouwbaarheid van informatie</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Subdomein 10.2: Basisrekenvaardigheden binnen de natuurkunde toepassen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- rekenmachine gebruiken voor optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen</li> <li>- rekenregels gebruiken</li> <li>- verhoudingstabellen gebruiken</li> <li>- percentages berekenen</li> <li>- gebruikmaken van de voorvoegsels</li> <li>- rekenen met woord- en symboolformules</li> <li>- gebruiken van de juiste eenheden</li> </ul>                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Subdomein 10.3: Instrumenten hanteren en veilig werken</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- natuurkundige apparatuur herkennen en gebruiken (bijvoorbeeld brander, schuifmaat, multimeter)</li> <li>- computermetingen uitvoeren, resultaten verwerken en interpreteren</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- op een verantwoorde wijze omgaan met voor de natuurkunde relevante materialen, instrumenten, apparaten en ict-toepassingen.</li> <li>- meten en meetinstrumenten</li> <li>- nauwkeurigheid en betrouwbaarheid</li> <li>- meetfouten</li> <li>- afronding</li> <li>- sensoren en ijken</li> <li>- dataverwerking met de computer</li> <li>- handleidingen</li> <li>- veiligheid: arbo-regelingen, aansprakelijkheid</li> <li>- inrichting practicumlokaal en kabinet</li> <li>- veilig gebruik van laser, kwik, hoogspanning, stroboscoop, hoge druk, onderdruk</li> <li>- milieu en gezondheid</li> </ul> |
| <b>Subdomein 10.4: Probleemoplossing</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>stappenplan voor probleemoplossing uitvoeren (bijvoorbeeld: gegeven, gevraagd, formule, berekenen, antwoord)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>stappenplan voor probleemoplossing uitvoeren (bijvoorbeeld: probleem in het dagelijks leven, praktijksituatie analyseren, fysisch probleem, strategie bepalen, rekenkundig probleem, rekenkundig uitwerken, herkennen van oorzaak en gevolg, antwoord controleren, relevantie, significantie, orde van grootte)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Subdomein 10.5: Onderzoeken</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>stappenplan van een onderzoek uitvoeren (bijvoorbeeld: onderzoek voorbereiden, een onderzoeksvraag formuleren, benodigdheden selecteren, alternatieven voor de uitvoering bedenken, onderzoek uitvoeren, een plan opstellen, werken volgens plan, waarnemingen verrichten, gegevens verzamelen, gegevens grafisch presenteren, conclusies trekken, onderzoek afsluiten, voorstellen voor verbetering doen, aanbevelingen voor verder onderzoek doen)</p> | <p>stappenplan van een onderzoek uitvoeren (bijvoorbeeld: in contexten vraagstellingen analyseren, gebruikmakend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, onderzoek uitvoeren en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken, daarbij gebruikmaken van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |





| <b>Domein B10: Vaardigheden en werkwijzen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>vervolg</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Schoolvakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |
| <b>Subdomein 10.6: Ontwerpen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                |
| <p>deelstappen van een ontwerpproces benoemen en uitvoeren (bijvoorbeeld: een werkplan maken voor het uitvoeren van een ontwerp, een ontwerp of een deel ervan bouwen, een ontwerpproces en product evalueren, rekening houdend met ontwerp-eisen en randvoorwaarden, voorstellen doen voor verbetering)</p> | <p>- op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren, daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren</p> <p>- stappenplan bij ontwerpen hanteren bijvoorbeeld zoals in onderstaande figuur</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD     1[1. analyseren en beschrijven] --&gt; 2[2. programma van eisen opstellen]     2 --&gt; 3[3. (deel)uitwerkingen bedenken]     3 --&gt; 4[4. ontwerpvoorstel formuleren]     4 --&gt; 5[5. ontwerp realiseren]     5 --&gt; 6[6. ontwerp testen en evalueren]     6 --&gt; 1                     </pre> </div> |                |
| <b>Subdomein 10.7: Modelleren</b>                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>- in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren en het model toetsen en beoordelen, daarbij gebruikmaken van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden</p> <p>- systeem, model, wiskundige beschrijving, analytische oplossingen, numerieke integratie, parameters fitten, model valideren</p>                                                                                                                                                                                                                           |                |
| <b>Subdomein 10.8: Oordeel vormen en waarden</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>- in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen</p> <p>- aspecten als afwegen van argumenten, onderscheid feit en mening, relevantie en betrouwbaarheid bronnen beoordelen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                |

| <b>Domein B10: Vaardigheden en werkwijzen (voorbeelden)</b>                                                                       |                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schoolvakkennis</b>                                                                                                            | <b>Vakkennis</b>                                                                                                                                          |
| <b>Voorbeelden van experimenteel werk</b>                                                                                         |                                                                                                                                                           |
| <p>onderzoek op basis van bovenstaand beschreven stappenplan met betrekking tot concepten uit de schoolvakkennis</p>              | <p>onderzoek op basis van bovenstaand beschreven stappenplan met betrekking tot concepten uit de schoolvakkennis of vakkennis</p>                         |
| <b>Voorbeelden van contexten</b>                                                                                                  |                                                                                                                                                           |
| <p>contexten uit de schoolvakkennis</p>                                                                                           | <p>contexten uit de schoolvakkennis</p>                                                                                                                   |
| <b>Voorbeeldopgaven</b>                                                                                                           |                                                                                                                                                           |
| <p>- Ontwerp een kreukelzone voor een speelgoedauto.<br/>- Onderzoek de factoren die invloed zijn op het oplossen van suiker.</p> | <p>- Bedenk en bouw een opstelling om de soortelijke weerstand van een metaaldraad te bepalen.<br/>- Ontwerp en bouw een sorteerapparaat voor munten.</p> |



## 4.2 Vakdidactische domeinen

| <b>Domein V11: Natuurkunde leren : inzicht in hoe leerlingen natuurkunde leren en het sturen van het leerproces</b>                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Omschrijving</b>                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Voorbeelden van kennis en vaardigheden</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Subdomein 11.1: Natuurkundige begrippen leren</b>                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inzicht in het leren van begrippen vanuit leertheorieën en manieren van leren.                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• leerfasen: oriënteren, verwerven, verwerken, toepassen van concreet naar abstract naar concreet</li> <li>• schoolvoorbeelden en praktijkvoorbeelden</li> <li>• inzicht in begrippennetwerken</li> <li>• intuïtieve en wetenschappelijke denkbeelden</li> <li>• herkennen van preconcepten en misconcepten</li> </ul>                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De student gebruikt een concept-cartoon om leerlingen te laten nadenken en discussiëren over herkenbare situaties.</li> <li>• De student oefent om het geven van het juiste antwoord zo lang mogelijk uit te stellen en zo het denkproces van de leerlingen te stimuleren.</li> <li>• De student bevestigt of ontkracht leerlingdenkbeelden met een experiment.</li> </ul> |
| <b>Subdomein 11.2: Reken- en wiskundige vaardigheden</b>                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inzicht in leren van vaardigheden en bijbehorende leerprocessen sturen.                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• leerfasen: inleiden, voordoen, nadoen, zelf doen</li> <li>• opbouw van complexe vaardigheden in deelvaardigheden</li> <li>• de manier waarop leerlingen omgaan met formules en de problemen die leerlingen daarbij ervaren</li> <li>• kennis van de manier waarop de leerlingen gecijferd zijn</li> <li>• rekenen en wiskundige vaardigheden</li> <li>• dimensie berekeningen</li> <li>• eenheden omrekenen</li> <li>• formules en tabellen gebruiken</li> <li>• schatten en rekenen</li> </ul>       | <p>De student krijgt de opdracht om een onderzoekje te doen naar de rekenvaardigheden van leerlingen, waarbij speciaal gekeken wordt naar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• het effect van herhaling;</li> <li>• automatisering;</li> <li>• remediëring;</li> <li>• het effect van het gebruik van bepaald oefenmateriaal (bijvoorbeeld simulaties of applets).</li> </ul>                              |
| <b>Subdomein 11.3: Practicum</b>                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inzicht in het leren van vaardigheden op het gebied van practicum.                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• leerfasen: inleiden, voordoen, nadoen, zelf doen</li> <li>• opbouw van complexe vaardigheden in deelvaardigheden</li> <li>• kennis van de manier waarop de leerlingen praktisch vaardig zijn</li> <li>• informatievaardigheden</li> <li>• natuurwetenschappelijke verslaglegging</li> </ul>                                                                                                                                                                                                           | De student ontwerpt een apparaatpracticum om te leren hoe je de spanningsmeter en stroommeter in een elektrische schakeling aansluit en hoe je de (multi)meter moet aflezen.                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Subdomein 11.4: Aard van de natuurkunde</b>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inzicht in de Nature of Science (NoS), de natuurwetenschappelijke methode en de rol van natuurwetenschappelijk onderzoek daarin.                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• een nieuwsgierige en onderzoekende houding</li> <li>• kennis over het ontstaan, het gebruik en de reikwijdte van natuurkundige wetten, theorieën en modellen</li> <li>• switchen tussen model en werkelijkheid</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                             | De student ontwerpt een les over het atoommodel en hanteert daarbij het TWA-model (teaching with analogies) om de principes duidelijk te maken. Hij bedenkt ook welke mogelijke misvattingen kunnen ontstaan bij het gebruik van dit model.                                                                                                                                                                         |
| <b>Subdomein 11.5: Natuurkundige praktijktoepassingen leren</b>                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Inzicht in het feit dat natuurkunde overall is en daarnaast ook een belangrijke maatschappelijke betekenis heeft.                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• gebruik van betekenisvolle contexten</li> <li>• kunnen selecteren van contexten voor fundamentele kennis over natuurkunde</li> <li>• kunnen selecteren van contexten die inzicht geven in kennisontwikkeling in de natuurwetenschappen/ natuurkunde</li> <li>• kunnen selecteren van contexten die een relatie leggen tussen natuurkunde/science en maatschappij en technologie</li> <li>• koppelen van contexten en concepten</li> <li>• kennis van maatschappelijke aspecten van het vak</li> </ul> | De student krijgt de opdracht om het onderwerp over de momentenwet in te leiden met een geschikt YouTube-filmpje van een praktijktoepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Subdomein 11.6: Motivatie (nut en noodzaak)</b>                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| De rol die de natuurwetenschappen (en natuurkunde in het bijzonder) hebben voor onze maatschappij en waarom 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' voor de participatie van individuen als mondige en kritische burgers in een moderne samenleving belangrijk is. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• de bijdrage die natuurkundig denken heeft geleverd aan het verloop van de geschiedenis, het ontstaan van onze welvaart en de inrichting van onze leefomgeving</li> <li>• de rol die natuurkunde speelt in vervolgstudies en beroepen</li> <li>• wat de natuurwetenschappelijke kijk op de wereld kan bijdragen aan het verhelderen van maatschappelijke discussies</li> </ul>                                                                                                                         | De student laat één van zijn klassen een tijdbalk en een wereldkaart maken waarop de uitvinding van apparaten is aangegeven. Het gebied is breed: huis, keuken, fabriek, verkeer, leger, landbouw, vervoer, enz. De student schrijft de instructies voor dit project met het oog op 'het nut van natuurkunde' en evalueert de opbrengst van het project.                                                            |



| Domein V11: Natuurkunde leren : inzicht in hoe leerlingen natuurkunde leren en het sturen van het leerproces                        |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | vervolg |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Omschrijving                                                                                                                        | Voorbeelden van kennis en vaardigheden                                                                                                                                                                                                  | Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school                                                                                                                                                                                                                                             |         |
| <b>Subdomein 11.7: Vaktaal en taalgebruik</b>                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |
| Taal speelt altijd een belangrijke rol bij het leren, wat er ook geleerd wordt. De student beheerst taalgericht vakonderwijs (TVO). | <ul style="list-style-type: none"> <li>• onderscheid tussen dagelijks algemeen taalgebruik (DAT) en cognitief academisch taalgebruik (CAT)</li> <li>• taal en begripsvorming</li> </ul>                                                 | De student ontwerpt een onderwijsleergesprek rond het onderwerp 'temperatuur en warmte'. De leerling wordt gestimuleerd zaken te verwoorden (bijvoorbeeld met behulp van afbeeldingen). De les wordt opgenomen op video. De problemen met het juiste gebruik van woorden worden geïnventariseerd. |         |
| <b>Subdomein 11.8: De persoon van de leerling</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |
| Elke leerling is anders. Leerlingen verschillen in leeftijd, ontwikkeling, sekse, culturele achtergrond, leerstijl, enz.            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• verschillen en ontwikkelingen in: <ul style="list-style-type: none"> <li>- abstractievermogen</li> <li>- belangstelling</li> <li>- niveau</li> </ul> </li> <li>• jongens en meisjes</li> </ul> | De student leest het boekje BètaMentality over hoe je jongeren kunt inspireren. Hij bereidt vervolgens een informatieavond voor, voor leerlingen en ouders, over het belang van exacte vakken voor studie en beroep.                                                                              |         |

| Domein V12: Natuurkundeonderwijs voor leerlingen vormgeven                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Omschrijving                                                                                                                                                 | Voorbeelden van kennis en vaardigheden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Subdomein 12.1: Begrippen aanleren</b>                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Vanuit inzicht in de domeinspecifieke begripsproblemen uit het tweedegraads lesgebied gebruikmaken van de diverse didactische hulpmiddelen.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• micro-meso-macrodenken</li> <li>• analogieën</li> <li>• grafische voorstellingen</li> <li>• modellen en simulaties</li> <li>• misconcepten en denkbeelden</li> <li>• voorbeelden en toepassingen</li> <li>• meten en experimenteren</li> <li>• lezen (instructies, schema's, grafieken)</li> <li>• tekenen en construeren (voorstellingen, schema's, grafieken, modellen)</li> <li>• van kwalitatief naar kwantitatief en omgekeerd</li> <li>• inductief versus deductief</li> <li>• concept-contextbenadering</li> <li>• wereld van concepten en wereld van waarnemingen</li> </ul>               | De student ontwerpt een les waarbij hij meerdere oplossingsstrategieën aanbiedt om tot de oplossing van een probleem te komen, bijvoorbeeld grafisch en met gebruikmaking van formules.                                                                                                                        |
| <b>Subdomein 12.2: Instrueren en uitleggen</b>                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Vanuit overzicht over de vakinhoud, het vermogen te denken in leerdoelen en de inzet van geschikte media.                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• leerstof analyseren</li> <li>• presenteren, uitleggen, demonstreren</li> <li>• differentiëren naar leerbehoefte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- gepersonaliseerd leren,</li> <li>- gedifferentieerd leren</li> </ul> </li> <li>- onderwijs op maat</li> <li>- omgaan met excellente leerlingen</li> <li>- talentontwikkeling</li> <li>• gebruik van voorbeelden en richtvragen</li> <li>• schoolvoorbeelden en praktijkvoorbeelden</li> <li>• idealiseren en schematiseren</li> <li>• begrippennetwerk</li> <li>• gebruik van visuele hulpmiddelen</li> </ul> | De student analyseert een nieuw hoofdstuk en ontwerpt daarbij een onderwijsleergesprek als startactiviteit. De student verwerkt de inbreng van leerlingen in een visueel organiser en komt (schijnbaar) in samenspraak met leerlingen om tot een planning voor de lessen van het hoofdstuk.                    |
| <b>Subdomein 12.3: Denkwijzen</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| De student kan in het onderwijs aan leerlingen aandacht besteden aan denkwijzen in de natuurkunde en natuurwetenschappen in het algemeen.                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• patronen</li> <li>• schaal, verhouding en hoeveelheid</li> <li>• oorzaak en gevolg</li> <li>• systemen en systeemmodellen</li> <li>• behoud, transport en kringlopen van energie en materie</li> <li>• structuur en functie</li> <li>• stabiliteit en verandering</li> <li>• duurzaamheid</li> <li>• risico en veiligheid</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               | De student analyseert de verschillende denkwijzen in een lesmethode en ontwerpt leeractiviteiten waarbij de denkwijzen expliciet aan de orde komen en beargumenteert de gemaakte keuzes.                                                                                                                       |
| <b>Subdomein 12.4: Werkwijzen</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| De student kan in het onderwijs aan leerlingen aandacht besteden aan werkwijzen in de natuurkunde en natuurwetenschappen in het algemeen.                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• modelontwikkeling en -gebruik</li> <li>• onderzoeken</li> <li>• ontwerpen</li> <li>• informatievaardigheden</li> <li>• redeneervaardigheden</li> <li>• rekenkundige en wiskundige vaardigheden</li> <li>• waarderen en oordele</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | De student analyseert de verschillende werkwijzen in een hoofdstuk van een lesmethode en ontwerpt een lesactiviteit in samenhang met de denkwijzen en het examenprogramma.                                                                                                                                     |
| <b>Subdomein 12.5: Begeleiden</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Vanuit kennis van de struikelblokken, oog voor de verschillen tussen leerlingen, een motiverende activerende aanpak en een vermogen tot systematisch werken. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• observeren en diagnosticeren</li> <li>• motiveren</li> <li>• activerend begeleiden</li> <li>• planmatig werken</li> <li>• systematische aanpak</li> <li>• feedback vragen en geven</li> <li>• administreren</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | De student houdt enkele weken van een geschikte klas bij wat de leerlingen doen tijdens de zelfstandige werkfase: welke opdrachten maken zij, welke vragen stellen ze, hoe werken ze? De student legt dit overzicht naast de toetsresultaten en bedenkt acties om het rendement van de werkfase te verbeteren. |

| Domein V12: Natuurkundeonderwijs voor leerlingen vormgeven                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | vervolg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Omschrijving                                                                                                                            | Voorbeelden van kennis en vaardigheden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Subdomein 12.6: Praktisch werken</b>                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Vanuit een goed inzicht in de mogelijkheden en valkuilen, de eigen vaardigheid en die van de leerlingen verder ontwikkelen.             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• organiseren</li> <li>• veiligheid</li> <li>• instrueren, opdrachtenformulieren</li> <li>• practicumbeschrijvingen ontwerpen</li> <li>• demonstraties geven</li> <li>• gebruik van instrumenten</li> <li>• verwerken van (meet)gegevens</li> <li>• relatie tussen theorie en experiment</li> <li>• effectiviteit 1 en effectiviteit 2</li> <li>• onderzoeksaspecten</li> <li>• resultaten en nauwkeurigheid</li> <li>• verslag en presentatie</li> <li>• nabespreken</li> <li>• beoordelen</li> </ul> | De student maakt bij een geschikt onderwerp twee gelijkwaardige korte begripstoetsen (bijvoorbeeld over stroomkringen en serie- en parallelschakelingen). De student neemt de eerste af na de uitleg-en-opgavenles en de tweede na de practicumles over het onderwerp. De student vergelijkt en analyseert de resultaten. |
| <b>Subdomein 12.7: Ontwikkelen en arrangeren van lesmateriaal vanuit een eigen onderwijsvisie</b>                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Vanuit een duidelijk inzicht in de "behoefte" van de leerlingen, de kernpunten van de leerstof en de mogelijkheden van de leeromgeving. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• resultaat- en procesdoelen</li> <li>• studiewijzers maken</li> <li>• aanvullende opdrachten samenstellen</li> <li>• practicumbeschrijvingen ontwerpen en/of aanpassen</li> <li>• aanvullend materiaal verzamelen</li> <li>• werkbladen maken</li> <li>• bijdragen aan projectonderwijs leveren</li> <li>• lesmateriaal evalueren en bijstellen</li> <li>• ict-rijke leermiddelen maken</li> </ul>                                                                                                    | De student maakt bij een hoofdstuk uit de methode een studiewijzer en een proeftoets met uitwerkingen en verantwoordt dit met zijn visie op toetsen.                                                                                                                                                                      |
| <b>Subdomein 12.8: Vakdidactisch Onderzoek</b>                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Eenvoudig vakdidactisch onderzoek uitvoeren.                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennis van en gebruikmaken van resultaten van vakdidactisch onderzoek gepubliceerd in nationale en internationale vakverenigingen, bijbehorende tijdschriften en voor leraren relevante conferenties, zoals: <ul style="list-style-type: none"> <li>- NVOX, Physics Teacher</li> <li>- WND-conferentie</li> <li>- LioNS-conferentie</li> </ul> </li> <li>• in de eigen schoolpraktijk een vakdidactisch onderzoek uitvoeren</li> </ul>                                                               | De student leest een artikel uit de NVOX en verwerkt dit in een lesopzet.                                                                                                                                                                                                                                                 |

| <b>Domein V13: Het schoolvak: natuurkunde en didactische middelen</b>                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Omschrijving</b>                                                                                                                                                                       | <b>Voorbeelden van kennis en vaardigheden</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Subdomein 13.1: Natuurkunde curriculum</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Vanuit een overzicht over het vakgebied natuurkunde en de trends en ontwikkelingen in het schoolvak natuurkunde, leerstof kunnen selecteren en verantwoorden.                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• examenprogramma's en leerplandocumenten, waaronder de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo (SLO)</li> <li>• eisen van vervolgopleiding en beroep (tweede fase, profielen, sectoren en het mbo)</li> <li>• schoolbeleid</li> <li>• trends en ontwikkelingen van het vak: historisch en actueel</li> </ul>                                                                                                                                           | De student interviewt een docent op de school over de verwachte ontwikkelingen ten aanzien van een bepaald aspect van het curriculum natuurkunde (bijvoorbeeld: practicumtoetsen, computergebruik of zelfstandig onderzoek, nieuwe onderwerpen, projecten).                                                                                                                               |
| <b>Subdomein 13.2: Verwante vakken</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Het curriculum natuurkunde in relatie tot verwante curricula: scheikunde, techniek, wiskunde, het leergebied mens en natuur.                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• de verschillende benaderingswijzen, basisconcepten en methodieken van natuurwetenschappen en technologie</li> <li>• eigen onderwijsvisie en schoolbeleid (missie van de school)</li> <li>• plaats, inhoud en integratie van natuurkunde in vakken als NaSk, in leergebieden als Mens en Natuur en in het gehele schoolcurriculum</li> <li>• onderwijsinhouden selecteren in afstemming met verwante schoolvakken en/of leergebieden</li> </ul>                                    | De student doet onderzoek naar de status van het leergebied Mens en Natuur op zijn stageschool. Afhankelijk van de situatie bedenkt de student een kritische vraag. Hij brengt de situatie van de (in potentie) betrokken vaksecties in beeld, oriënteert zich op mogelijke scenario's en voert gesprekken met verantwoordelijke docenten en schoolleiders.                               |
| <b>Subdomein 13.3: Schoolboeken</b>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Op een verantwoorde wijze kunnen omgaan met een lesmethode en deze kunnen analyseren.                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• van de gebruikte lesmethode een sterkte-zwakke analyse maken.</li> <li>• didactische kenmerken waarop deze methoden zich van elkaar onderscheiden, zoals: <ul style="list-style-type: none"> <li>- thematisch-cursorisch</li> <li>- concepten-contexten</li> <li>- tekstgebruik</li> <li>- typering van opgaven en opdrachten</li> <li>- rol van het experiment</li> <li>- ict-gebruik</li> </ul> </li> </ul>                                                                     | De student verdiept zich in de methode(n) die op de stageschool worden gebruikt. Op basis hiervan stelt hij een korte enquête samen die probeert te achterhalen waarom juist voor deze methode is gekozen. Welke kenmerken of overwegingen gaven de doorslag? Hoe kwam de keuze tot stand? De enquête wordt in de sectie afgenomen en de student vat de bevindingen samen in een rapport. |
| <b>Subdomein 13.4: Leermiddelen</b>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Het gaat hier vooral om de kennis en vaardigheden in het vinden en gebruiken van allerlei leermiddelen. Een krachtige leeromgeving creëren is alleen mogelijk met de juiste leermiddelen. | De bruikbaarheid kunnen beoordelen van leermiddelen zoals: <ul style="list-style-type: none"> <li>• simulaties</li> <li>• practica</li> <li>• contextrijke vraagstukken</li> <li>• conceptcartoons</li> <li>• demonstratieproeven</li> <li>• projecten</li> <li>• toetsen</li> <li>• opdrachtbladen</li> <li>• digitaal lesmateriaal (bijvoorbeeld Wikiwijs, Wix, LessonUp en TED-ed)</li> <li>• experimenten met de computer</li> <li>• digitale leeromgevingen</li> <li>• kennisclips</li> <li>• ict-middelen</li> </ul> | De student krijgt de opdracht om digitaal lesmateriaal te ontwikkelen voor een specifiek natuurkundeonderwerp op de stageschool. Het is de bedoeling dat de leerlingen participeren in de Wikiwijs-omgeving en dat de begeleidende docent hierop feedback geeft.                                                                                                                          |
| <b>Subdomein 13.5: Examenprogramma's en eindtermen</b>                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• examens, examenprogramma's en syllabi voor het betreffende schoolvak of leergebied</li> <li>• programma van toetsing en afsluiting</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | De student kiest een recent eindexamen NaSk-1, maakt dit zelf en kijkt het na aan de hand van de normen. Vervolgens bespreekt de student dit met zijn stagebegeleider. In een terugblik geeft de student zijn mening over het examen en over de problematiek van het nakijken.                                                                                                            |
| <b>Subdomein 13.6: Verder studeren</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennis van beroepen waarin natuurkunde een rol speelt</li> <li>• kennis van vervolgopleidingen waarin natuurkunde een rol speelt</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | De student gaat op bedrijfsstage en schrijft daar een verslag over.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Domein V14: De leeromgeving                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Omschrijving                                                                                                                                                                                                                                                             | Voorbeelden van kennis en vaardigheden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Subdomein 14.1: Theorie- en practicumlokaal</b>                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Inzicht in hetgeen voor natuurkundelessen nodig en wenselijk is en waarin voor leerlingen een veilige en krachtige leersituatie kan worden gecreëerd.                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ict-voorzieningen</li> <li>• arbo, veiligheid en milieu-eisen</li> <li>• regels en afspraken die gelden tijdens praktisch werk</li> <li>• voorzieningen: water, elektriciteit, gas</li> <li>• practicummateriaal en apparatuur</li> <li>• samenwerken met TOA's</li> <li>• leveranciers</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | De student krijgt de opdracht het practicumreglement voor het natuurkundelokaal van de stageschool op te vragen en dit te vergelijken met de reglementen van andere scholen zoals deze op internet te vinden zijn. Vervolgens schrijft hij een rapport over zijn bevindingen en bespreekt dat met zijn werkplekbegeleider van de stageschool. |
| <b>Subdomein 14.2: Veldwerk en beroepenveld</b>                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| De natuurkunde in de omgeving van de eigen school en hoe deze te onderzoeken en te gebruiken is in het natuurkundeonderwijs.                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• excursies, zoals bedrijfsbezoek en museumbezoek</li> <li>• gastsprekers</li> <li>• schoolomgeving</li> <li>• natuurkundige kennis en vaardigheden in beroepen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | De klas waaraan een student les geeft, gaat een projectweek uitvoeren aan het strand. De student ontwerpt enkele opdrachten voor onderzoekjes die leerlingen kunnen doen met water en/of zand.                                                                                                                                                |
| <b>Subdomein 14.3: Natuurkundeonderwijs en ict</b>                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Voor de algemene informatievaardigheden, ict-kennis en het gebruik van een digitale leeromgeving (ELO) is er de kennisbasis ict als onderdeel van de generieke kennisbasis.</p> <p>Hier gaat het specifiek om ict-kennis en vaardigheden voor natuurkundeleraren.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• specifieke kennis van en vaardigheden voor spreadsheet-toepassingen voor verslaglegging en experimenteel werk (formule-editor, grafieken maken)</li> <li>• kennis over het gebruik van computers/laptops/tablets/sensoren in de klas als leermiddel en/of voor meten en modelleren</li> <li>• kennis van digitale kennisbanken en bronnenverzamelingen voor natuurkundeonderwijs (zoals Ecent, digitale school, kennisnet, natuurkunde.nl, wetenschap24.nl, kennislink, enz.)</li> <li>• kennis van specifieke software voor natuurkunde en scheikundeonderwijs en de mogelijkheden om deze door leerlingen te laten gebruiken</li> </ul> | De student ontwerpt een voorschrift voor leerlingen om bij een practicum gegevens in tabellen in een spreadsheet te zetten en een grafiek te genereren.                                                                                                                                                                                       |

| <b>Domein V15: Toetsing en evaluatie</b>                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Omschrijving</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Voorbeelden van kennis en vaardigheden</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Kenmerkende voorbeelden uit de praktijk van de school</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Subdomein 15.1: Ontwerpen en toetsen maken</b>                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>Vanuit leerdoelen en eindtermen theorie- en practicumtoetsen ontwerpen met aandacht voor kennis en inzicht, betrouwbaar en valide, dekkend en met voldoende complexiteit. Daarnaast het stellen van beoordelingscriteria voor toetsen van leerlingproducten.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mondelinge en schriftelijke toetsen</li> <li>• kennis-, inzicht- en vaardigheidstoetsen</li> <li>• formatieve toetsen en summatieve toetsen</li> <li>• praktische toetsen en andere leerlingproducten (bijvoorbeeld presentaties, verslagen)</li> <li>• het maken van een beoordelingsmodel, een toetsmatrijs en een cesuurbepaling</li> <li>• bij toetsen en andere leerlingproducten heldere beoordelingscriteria opstellen, ook als het gaat om de beoordeling van het leerproces (rubrics)</li> <li>• een relatie leggen tussen de toetsing, de leerdoelen en de onderwijsuitvoering</li> </ul> | <p>De student ontwerpt op basis van operationeel geformuleerde leerdoelen een rubric om daarmee vooraf de gekozen beoordelingscriteria en norm(ering) voor een toets van praktische vaardigheden of een ontwerp aan de leerling bekend te maken. Het product moet bruikbaar zijn voor een nieuwe collega, die dit het volgende jaar zal overnemen.</p> |
| <b>Subdomein 15.2: Beoordeling van de leerlingprestatie</b>                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>Het beoordelen van gemaakt werk en daaraan gekoppeld het geven van feedback, feedup en feedforward op resultaat en proces.</p>                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• beoordelen van een toets of leerlingproduct volgens de vooraf gestelde criteria op een consistente en valide wijze</li> <li>• beoordelen van het leerproces van de leerling</li> <li>• inhoudelijke feedback geven aan leerlingen, om daarmee hun leerproces te kunnen aansturen</li> <li>• observatieschema's hanteren bij practicumtoetsen</li> <li>• huiswerkbeoordeling</li> </ul>                                                                                                                                                                                                              | <p>Aanvullend aan het bovenstaande voorbeeld wordt aan de student gevraagd om de beoordeling uit te voeren conform de manier waarop was vastgesteld, hiervan een rapport op te stellen en dit te bespreken met de stagebegeleider en voorstellen te doen voor verbeteringen van het toetsinstrument.</p>                                               |
| <b>Subdomein 15.3: Analyse en evaluatie</b>                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>Evaluatie van het toetsinstrument, maar ook van leerprocessen en de keuzes die gemaakt zijn voor de inrichting van het onderwijs.</p>                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vanuit de resultaten van toetsing (leerlingproducten) een eigen analyse maken van de kwaliteit van het toetsinstrument</li> <li>• op basis van die analyse uitspraken doen over de kwaliteit en de effectiviteit van het leerproces</li> <li>• verbeteringen op basis van de evaluatie aanbrengen in de opzet van het onderwijs en daarmee samenhangende wijze van toetsing van het leerresultaat en leerproces</li> <li>• bespreken van toetsresultaten met leerlingen en aan de hand hiervan de leerlingen feedback geven op hun leerproces</li> </ul>                                            | <p>De student analyseert een (deel van een) toets waar men achteraf toch niet zo tevreden over was aan de hand van een checklist en gaat na waarom de toets niet aan de verwachtingen heeft voldaan. Vervolgens maakt de student aan de hand van duidelijke criteria een betere versie van de toets.</p>                                               |



## 4.3 Keuzedomeinen

### Domein K16: Elementaire deeltjesfysica

#### Voorbeelden van vakkennis

elektron, proton, neutron, positron, neutrino, muon, pion, mesonen, baryonen, vreemde deeltjes, resonanties, hadronen, leptonen, behoudswetten, spiegelsymmetrie, wisselwerkingsdeeltjes, Feynmandiagrammen, het standaardmodel, deeltjesversnellers, detectoren voor deeltjes, actueel onderzoek naar bijvoorbeeld neutrino-oscillaties en het Higgs-deeltje

### Domein K17: Vaste stoffysica

#### Voorbeelden van vakkennis

covalente binding, ionbinding, metaalbinding, vrij-elektronengas, halfgeleiders, kristallen, spectrum van een molecuul (vibratie- en rotatie-energie), Fermi-energie, paramagnetisme, ferromagnetisme, eigenschappen van magnetische materialen, supergeleiding, transistor, diode, zonnecel

### Domein K18: Nanofysica

#### Voorbeelden van vakkennis

STM (Scanning Tunnelling Microscopy), AFM (Atomic Force Microscopy), toepassingen van nanodeeltjes in de verfindustrie, toepassingen van nanodeeltjes in de cosmetica-industrie, vergroting van de capaciteit van computergeheugens, toepassingen van nanotechnologie in de medische wereld, toepassingen van nanodeeltjes in de materiaaltechnologie, fotovoltaïsche cellen, polymeren

### Domein K19: Astronomie

#### Voorbeelden van vakkennis

zon, maan (satellieten, schijngestalten), zonsverduistering, maansverduistering, getijdenwerking, planeten (massa, baan, kenmerken), wetten van Kepler, zonnestelsel, parallaxmethode, satellieten, ruimtevaart; sterren, sterrenbeelden, tijdschalen, afstand- en massabepaling van sterren, kenmerken en classificatie van sterren, energieproductie in sterren, ontstaan en evolutie van sterren, Hertzsprung-Russell diagram, melkwegstelsels, dubbelsterren, quasars, zwarte gaten, gammaflitsers; kosmologie, structuur van het heelal, roodverschuiving, wet van Hubble en de hubbleconstante, uitdijend heelal, ouderdom van het heelal, oerknalmodel, kosmische achtergrondstraling, donkere materie

### Domein K20: Biofysica

#### Voorbeelden van vakkennis

de natuurkunde van fysiologische en ecologische systemen en processen, de natuurkunde van het gehoor (gehoororgaan, complexe geluidstrillingen, hulpmiddelen), de natuurkunde van het oog (accommoderen, verziend, bijziend, oudziend, kleur, hulpmiddelen), de natuurkunde van de reuk, de natuurkunde van de bloedsomloop (vloeistofstroming, viscositeit, de hartspier, ECG), biologische effecten van ioniserende straling (detectie van ioniserende straling, risico's van ioniserende straling, stralingsbescherming), medische toepassingen van ioniserende straling, medische beeldvorming

### Domein K21: Weerkunde

#### Voorbeelden van vakkennis

temperatuurverdelingen, drukverdelingen, wind, fronten, de vorming van neerslag, het ontstaan van wolken, bliksem, weersvoorspellingen, modellen voor weersvoorspelling, klimaat, broeikaseffect, gat in de ozonlaag, straling van de zon, wet van Buys Ballot

### Domein K22: Fysische geografie

#### Voorbeelden van vakkennis

natuurkunde van de aarde, hydrologie, bodemkunde, geomorfologie, kustmorfologie, sedimentologie, geologie, ecologie, klimatologie, processen in het landschap, numerieke modellen om geografische verschijnselen te simuleren, aardobservatie



### Domein K23: Bouwfysica

#### Voorbeelden van vakkennis

spanning en sterkte, elasticiteit en rek, temperatuurinvloeden op materialen, krachtwerking, steunpuntreacties, constructieel, dwarskrachten en inwendige momenten, belasting van materialen of constructies, vakwerkconstructies, opleggers, temperatuur en vochtigheid, isolatie, technisch ontwerpen, dampschermen, installaties

### Domein K24: Programmeren

#### Voorbeelden van vakkennis

uitdrukking en instructie, variabelen toekennen, operatoren, voorwaardelijke en herhaalde instructie, procedures en functies (bestaande en zelf definiëren), in- en uitvoer (digitaal, analoog en timer), programmeertaal, simulatie, aansturen van robots, toepassingen van robots

### Domein K25: Natuurkunde van het vrije veld

#### Voorbeelden van vakkennis

concepten en toepassingen zoals beschreven in de reeks Natuurkunde van het vrije veld (Marcel Minnaert), natuurkunde (leren) zien in de omgeving, toepassingen van natuurkunde in alledaagse verschijnselen en apparaten

### Domein K26: Historische aspecten van natuurkunde

#### Voorbeelden van vakkennis

de start van de natuurwetenschappen in Griekenland en de Arabische wereld, de wetenschappelijke revolutie in Europa, de huidige dominantie van de Verenigde Staten, de groei en het ontstaan van verschillende vakgebieden (astronomie, optica, mechanica, warmteleer, elektriciteitsleer, kwantummechanica, atoom- en kernfysica, vastestoffysica, enz.), de namen en bevindingen van belangrijke natuurkundigen, de natuurkunde van de huidige tijd, de onbeantwoorde vragen van de huidige natuurkunde

### Domein K27: Filosofische aspecten van natuurkunde

#### Voorbeelden van vakkennis

het onderwerp van natuurkunde, de afbakening van de natuurkunde en de relatie met andere wetenschappen, de natuurwetenschappelijke methode, de keuze voor de waarneming boven het dogma, de ontdekking van het universum (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, de natuurkunde van de huidige tijd en de gevolgen hiervan op de samenleving

### Domein K28: Maatschappelijke aspecten van natuurkunde

#### Voorbeelden van vakkennis

bijdragen van natuurkunde aan de ontwikkeling van de bouwkunde, bijdragen van natuurkunde aan de ontwikkeling van de landbouw, kernbepanning en de wapenwedloop, industrialisatie, vervoer, communicatie- en informatietechnologie, toepassingen van natuurkunde binnen de geneeskunde, toepassingen van natuurkunde op de energievoorziening, milieubeleid, morele aspecten (bijvoorbeeld de persoonlijke verantwoordelijkheid van fysici en het belang van internationale solidariteit en samenwerking), onderwijs in natuurkunde (bijvoorbeeld het belang voor burgerschap, studie- en beroepskeuze en de mogelijke problemen als gevolg van de geringe populariteit van het vak)

### Domein K29: Vakverbreding scheikunde

#### Voorbeelden van vakkennis

metalen en niet-metalen, moleculaire stoffen, zouten, mengsels, oplossingen (concentratie, molariteit, verdunnen), spectrometrie, scheidingsmethoden (centrifugeren, herkristallisatie, sublimatie, vriesdrogen), covalente binding, ionbinding, verdunningsberekeningen, neerslagreacties (oplosbaarheid, oplosbaarheidstabel), zuurbase reacties (neutralisatieconstante, pH-curves, equivalentiepunt, indicator kunnen kiezen, buffervergelijking, titratie), redoxreacties (halfreacties, oxidator, reductor, oxidatiegetal, sterkte van oxidator en reductor, titratie), endotherm en exotherm, enthalpie, wet van Hess, vormingsenthalpie en reactie-enthalpie, spontaan verlopende reacties (entropie, Gibbs vrije energie), galvanische cel, verkorte celnotatie, standaard reductiepotentiaal, standaard bronspanning, vergelijking van Nernst, elektrolyse, elektrolytische cel, ontledingsspanning, galvaniseren, polymeerchemie (monomeer, polymeer, thermoplast, thermoharder, weekmakers, kunststof), koolstofchemie (stam, hoofdketen, zijgroep, karakteristieke groepen, systematische naamgeving, isomeren)



### Domein K30: Vakverbreding techniek

#### Voorbeelden van vakkennis

de rol van techniek in de samenleving en van de samenleving op de ontwikkelingen in de techniek, de werking van belangrijke technische producten en systemen in het dagelijkse leven, ontwerpen en maken van eenvoudige producten, het technisch ontwerpproces, constructieleer, toepassingen van natuurkunde binnen technische principes (bijvoorbeeld huisinstallatie, cv-installatie, motoren)

### Domein K31: Vakverbreding biologie

#### Voorbeelden van vakkennis

kennis over mensen, dieren en planten in wisselwerking met elkaar en hun omgeving (milieu), bacteriën en virussen, erfelijkheid, immuunsysteem, kennis van de bouw en functie van het menselijk lichaam, verbanden met het bevorderen van lichamelijke en psychische gezondheid, kennis over zorg en de toepassing daarvan op het individu, veiligheid van individu en samenleving in verschillende leefsituaties (wonen, leren, werken, uitgaan, verkeer), evolutie

### Domein K32: Vakverbreding duurzaamheid

#### Voorbeelden van vakkennis

kennis van lucht en water en bodem, hergebruik en recycling, processen uit het dagelijks leven herkennen als natuurwetenschappelijke processen, energievoorziening en duurzame energie, kernenergie, plastics, de samenwerking met natuur- en milieuorganisaties, natuur- en milieu-educatie, 'people, planet, profit and pleasure'

### Domein K33: Karakteristieke denkwijzen

#### Voorbeelden van vakkennis

patronen, schaal en verhouding en hoeveelheid, oorzaak en gevolg, systeem en systeemmodellen, behoud en transport en kringloop van energie en materie, structuur en functie, stabiliteit en verandering, duurzaamheid, risico's en veiligheid

## 5 Redactie en validering

### 5.1 Redactieteam

| Naam                                     | Hogeschool               |
|------------------------------------------|--------------------------|
| De heer drs. P.J. (Peter) Duifhuis       | Hogeschool Utrecht       |
| De heer drs. W.P. (Wouter) Spaan         | Hogeschool van Amsterdam |
| De heer M. (Maurice) Smeets              | Fontys Sittard           |
| De heer ing. K. (Karel) Langendonck      | Fontys Tilburg           |
| De heer H. (Hans) Poorthuis              | Hogeschool Utrecht       |
| De heer S. A. (Shyro) van Nieuwenhuijsen | Hogeschool Rotterdam     |

### 5.2 Valideringsgroep

| Naam                                  | Functie                                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| De heer dr. P.J.J.M. (Peter) Dekkers  | Universitair docent, TU Delft                            |
| Mevrouw dr. L.G.A. (Lesley) de Putter | Universitair docent, TU Eindhoven                        |
| De heer J.F.C. (Jan) Rasenberg        | Lerarenopleider natuurkunde, Hogeschool Rotterdam        |
| De heer P.J.M. (Paul) Verlinde        | Docent VO natuurkunde, Develstein College in Zwijndrecht |

## Bijlage

# Uitgangspunten kennisbases

Er zijn tussen de instellingen afspraken gemaakt over de vormgeving van de kennisbases. Alle kennisbases zijn opgezet volgens een vaste grondindeling waardoor ze onderling redelijk goed vergelijkbaar zijn. Hieronder is een aantal van deze uitgangspunten te lezen.

### Minimale kennis

De kennisbases beschrijven voor alle opleidingen c.q. vakgebieden de minimaal noodzakelijke kennis die de student aan het einde van zijn opleiding moet hebben. Naar analogie van de termen zoals het SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling) gebruikt, is een kennisbasis een 'richtinggevend inhoudelijk kader voor wat studenten minimaal moeten kennen aan vakinhouden en moeten beheersen aan (vak)specifieke vaardigheden'.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen kennis van het 'schoolvak' en kennis van de 'vakdiscipline en de daarbij behorende specifieke vaardigheden'. Kennis moet daarbij worden opgevat als 'het geheel van beheersingsniveaus dat van een startbekwame leraar mag worden verwacht' en dus niet alleen feiten-reproductie (taxonomie van Bloom) of feitelijke kennis (taxonomie van Romiszowski). Kennis omvat daarom ook de vakspecifieke vaardigheden van de startbekwame leraar.

### Vakkennis, vakdidactiek en pedagogisch-didactische bekwaamheden

De beroepskennis van leraren heeft wortels in twee wetenschappelijke domeinen. In de eerste plaats in het domein van het vak (vakkennisbasis), en in de tweede plaats in de kennis over leren en onderwijzen in het algemeen (de generieke kennisbasis) en het desbetreffende vak in het bijzonder (vakdidactiek). De kennisbasis omvat de beschrijving van de vakinhoudelijke, (vak)didactische en pedagogische kennis en (vakspecifieke) vaardigheden die een student moet hebben. Het geheel van vakkennisbasis en generieke kennisbasis vormt de integrale 'body of knowledge and skills' die van een startbekwame leraar minimaal mag worden verwacht. Deze vormt tevens de basis van de bekwaamheidseisen zoals vastgelegd in het beroepsregister leraar. Binnen de profileringsruimte van elke instelling kan daarnaast nog verdere (inhoudelijke) verdieping en/of verbreding worden aangebracht.

### Samenhangende en doorgaande leerlijnen

Het Nederlandse onderwijsbestel kent een structuur van naast elkaar opererende en elkaar opvolgende (doorgaande) leerlijnen. Per onderwijssoort (of soorten) wordt van een leraar een bepaalde wettelijke bevoegdheid/benoembaarheid verlangd. Door de overgangen in het onderwijs krijgt de lerende vaak te maken met andere onderwijsvormen en met leraren die anders zijn opgeleid. Om in elk geval de onderwijsinhoud tussen deze onderwijssoorten op elkaar af te stemmen en op elkaar aan te laten sluiten wordt ervoor gezorgd dat parallelle en doorgaande leerlijnen in de kennisbases, daar waar dat van toepassing is, herkenbaar zijn.



De leerlijn van 4 tot 18 jaar werkt de doelstellingen van het onderwijs uit in concepten<sup>1</sup> voor de hele leerlijn: vanaf basisonderwijs naar onderbouw vmbo en havo/vwo, bovenbouw vmbo (uitgewerkt naar leerwegen en sectoren), bovenbouw havo en bovenbouw vwo.

Deze concepten zijn evenzeer van belang voor studenten in het hbo die zich voorbereiden op het geven van onderwijs aan deze leerlingen (studenten). Door vanuit die gedachte de leerlijn 4-18 jaar uit te bouwen tot 22 jaar zouden de aankomende leraren goed op hun toekomstige beroep voorbereid moeten zijn. De leraar in de onderbouw moet daarbij, voortbouwend op wat in het basis-onderwijs is aangeboden, zijn leerlingen verder opleiden en voorbereiden op zijn profiel- en vakkenkeuze in de bovenbouw. En hij moet samen met de collega's die in de bovenbouw lesgeven, het onderwijsprogramma van zijn instelling ontwerpen en (gedeeltelijk) uitvoeren. De docent (vakmaster) in de bovenbouw moet zijn leerlingen goed voorbereiden op het vervolgonderwijs bij andere hbo- en universitaire opleidingen. De uitbreiding van de leerlijn tot 22 jaar is dus vanuit zowel bovenstaand standpunt als vanuit het standpunt van Dublin-descriptor 1 (de kennis moet die van het daaraan voorafgaande onderwijs overstijgen) noodzakelijk. De aankomende docent kan alleen dan vanuit een breder en dieper inzicht de vakinhoud vertalen naar goed onderwijs.

## Niveau

NLQF, Dublin-descriptoren en de hbo-kwalificaties beschrijven het hbo-niveau (bachelor, master) op algemeen niveau; de bekwaamheidseisen van het lerarenregister beschrijven de specifieke beroepskennis van de leraar.

De lerarenopleidingen leveren startbekwame docenten af op hbo-bachelorniveau (NLQF-6) of hbo-masterniveau (NLQF-7 niveau). Dit betekent dat een startbekwame docent, conform de Dublin-descriptoren en de algemene hbo-kwalificaties die ook het noodzakelijke niveau beschrijven van de afgestudeerde hbo-er, een brede kennis moet hebben van in elk geval het vakgebied waarin hij les gaat geven. Ook moet hij boven de stof van dat vakgebied staan. In de huidige inrichting van het onderwijs betekent dit dat ook aandacht moet worden besteed aan de verwante of aanpalende vakken van het vakgebied waarin later wordt lesgegeven. Voor de leraar in het (v)mbo betekent het dat hij de beroepsgerichte toepassingen (en de ontwikkelingen) van het vak, de beroepstaal en de beroepsgroep 'kent'.

**NB** *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. Datgene wat daarvoor nodig is wordt door de afgestudeerde, samen met zijn werkgever en in voorkomende gevallen met de lerarenopleiding, bepaald en vormgegeven.*

<sup>1</sup> De leerlijn 4-18 spitst zich toe op een beperkt aantal concepten die voldoen aan de volgende vier criteria:

1. De concepten representeren gezamenlijk de breedte van de opleiding.
2. De concepten kunnen verbonden worden met recente ontwikkelingen in het vak, didactiek of pedagogiek.
3. De concepten maken het mogelijk deze kennis voor leerlingen en studenten te structureren.
4. De concepten zijn leerbaar voor de desbetreffende groepen leerlingen en studenten.



## Profileringsruimte

Het kader van de kennisbasis legt een brede en gemeenschappelijke basis vast, maar biedt ook de individuele instelling voldoende ruimte voor een eigen profilering. Een kennisbasis is niet gekoppeld aan een didactisch concept en legt voor de individuele instelling of opleidingsroute wat betreft de programma-opbouw en studielast van de afzonderlijke onderdelen niets vast. De instelling is zelf verantwoordelijk voor de implementatie van de kennisbasis. Zij stelt een onderwijs- en toetsprogramma vast dat volledig recht doet aan de kennisbasis én in overeenstemming is met het eigen didactisch concept en profilering van de instelling.

## Colofon

Den Haag, september 2017

### **Uitgave**

*1Ovoordeleraar*, Vereniging Hogescholen

### **Eindredactie en vormgeving**

Elan, Rijswijk

[www.1Ovoordeleraar.nl](http://www.1Ovoordeleraar.nl)

Alle rechten voorbehouden. Behoudens de uitdrukkelijk bij wet bepaalde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar worden gemaakt, zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever. Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die nochtans onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden de auteurs, redactie en uitgever geen aansprakelijkheid voor de gevolgen daarvan.