

# Natuurwetenschappen

3de graad D-finaliteit

III-Nat-d

BRUSSEL

D/2024/13.758/209

Versie januari 2024



# 1 Inleiding

De uitrol van de modernisering secundair onderwijs gaat gepaard met een nieuwe generatie leerplannen. Leerplannen geven richting en laten ruimte. Ze faciliteren de inhoudelijke dynamiek en de continuïteit in een school en lerarenteam. Ze garanderen binnen het kader dat door de Vlaamse regering werd vastgelegd voldoende vrijheid voor schoolbesturen om het eigen pedagogisch project vorm te geven vanuit de eigen schoolcontext. Leerplannen zijn ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialoogschool. Ze versterken het eigenaarschap van scholen die d.m.v. eigen beleidskeuzes de vorming van leerlingen gestalte geven. Leerplannen laten ruimte voor het vakinhoudelijk en pedagogisch-didactisch meesterschap van de leraar, maar bieden ondersteuning waar nodig.

## 1.1 Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten

Leerplannen vertrekken vanuit het **vormingsconcept** van de katholieke dialoogschool. Ze laten toe om optimaal aan te sluiten bij het pedagogisch project van de school en de beleidsbeslissingen die de school neemt vanuit haar eigen visie op onderwijs (taalbeleid, evaluatiebeleid, zorgbeleid, ICT-beleid, kwaliteitsontwikkeling, keuze voor vakken en lessen ...).

Leerplannen ondersteunen **kwaliteitsontwikkeling**: het leerplanconcept spoort met kwaliteitsverwachtingen van het Referentiekader onderwijskwaliteit (ROK). Kwaliteitsontwikkeling volgt dan als vanzelfsprekend uit keuzes die de school maakt bij de implementatie van leerplannen.

Leerplannen faciliteren een **gerichte studiekeuze**. De leerplandoelen sluiten aan bij de verwachte competenties van leerlingen in een bepaald structuuronderdeel. De feedback en evaluatie bij de realisatie ervan beïnvloeden op een positieve manier de keuze van leerlingen na elke graad.

Leerplannen gaan uit van de **professionaliteit** van de leraar en het **eigenaarschap** van de school en het lerarenteam. Ze bieden voldoende ruimte voor eigen inhoudelijke keuzes en een eigen didactische aanpak van de leraar, het lerarenteam en de school.

Leerplannen borgen de **samenhang** in de vorming. Die samenhang betreft de verticale samenhang (de plaats van het leerplan in de opbouw van het curriculum) en de horizontale samenhang tussen vakken binnen structuuronderdelen en over structuuronderdelen heen. Leerplannen geven expliciet aan voor welke leerplandoelen van andere leerplannen in de school verdere afstemming mogelijk is. Op die manier faciliteren en stimuleren de leerplannen leraren om over de vakken heen samen te werken en van elkaar te leren. Een verwijzing van een leraar naar de lessen van een collega laat leerlingen niet alleen aanvoelen dat de verschillende vakken onderling samenhangen en dat ze over dezelfde werkelijkheid gaan, maar versterkt ook de mogelijkheden tot transfer.

## 1.2 De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs

De leerplannen vertrekken vanuit een gedeelde inspiratie die door middel van een vormingscirkel voorgesteld wordt. We 'lezen' de cirkel van buiten naar binnen.

- Een lerarenteam werkt in een katholieke dialoogschool die onderwijs verstrekt vanuit een **specifieke traditie**. Vanuit het eigen pedagogisch project kiezen leraren voor wat voor hen en hun school goed



onderwijs is. Ze wijzen leerlingen daarbij de weg en gebruiken daarvoor **wegwijzers**. Die zijn een inspiratiebron voor leraren en zorgen voor een Bijbelse 'drive' in hun onderwijs.

- De kwetsbaarheid van leerlingen ernstig nemen betekent dat elke leerling **beloftevol** is en alle leerkansen verdient. Die leerling is **uniek als persoon** maar ook **verbonden** met de klas, de school en de bredere samenleving. Scholen zijn **gastvrije plaatsen** waar leerlingen en leraren elkaar ontmoeten in diverse contexten. De leraar vormt zijn leerlingen vanuit een **genereuze** attitude, hij geeft om zijn leerlingen en hij houdt van zijn vak. Hij durft af en toe de gebaande paden verlaten en stimuleert de **verbeelding en creativiteit** van leerlingen. Zo zaait hij door zijn onderwijs de kiemen van een hoopvolle, **meer duurzame en meer rechtvaardige wereld**.
- Leraren vormen leerlingen door middel van leerinhouden die we groeperen in negen **vormingscomponenten**. De aaneengesloten cirkel van vormingscomponenten wijst erop dat vorming een geheel is en zich niet in schijfjes laat verdelen. Je kan onmogelijk over taal spreken zonder over cultuur bezig te zijn; wetenschap en techniek hebben een band met economie, wiskunde, geschiedenis ... Dwarsverbanden doorheen de vakken zijn belangrijk. De vormingscirkel vormt dan ook een dynamisch geheel van elkaar voortdurend beïnvloedende en versterkende componenten.
- Vorming is voor een leraar nooit te herleiden tot een cognitieve overdracht van inhouden. Zijn meesterschap en passie brengt een leraar ertoe om voor iedere leerling de juiste woorden en gebaren te zoeken om **de wereld te ontsluiten**. Hij introduceert leerlingen in de wereld waarvan hij houdt. Een leraar zorgt er bijvoorbeeld voor dat leerlingen kunnen worden gegrepen door de cultuur van het Frans of door het ambacht van een metselaar. Hij initieert leerlingen in een wereld en probeert hen zover te brengen dat ze er hun eigen weg in kunnen vinden.
- Een leraar vormt leerlingen als **individuele leraar**, maar werkt ook binnen **lerarenteams** en binnen een **beleid van de school**. Het Gemeenschappelijk funderend leerplan helpt daartoe. Het zorgt voor het fundament van heel de vorming dat gerealiseerd wordt in vakken, in projecten, in schoolbrede initiatieven of in een specifieke schoolcultuur.
- De uiteindelijke bedoeling is om **alle leerlingen** kwaliteitsvol te vormen. Leerlingen zijn dan ook het hart van de vormingscirkel, zij zijn het op wie we inzetten. Zij dragen onze hoop mee: de nieuwe generatie die een meer duurzame en meer rechtvaardige wereld zal creëren.



### 1.3 Ruimte voor leraren(teams) en scholen

De leraar als professional, als meester in zijn vak krijgt vrijheid om samen met zijn collega's vanuit de leerplannen aan de slag te gaan. Hij kan eigen accenten leggen en differentiëren vanuit zijn passie, expertise, het pedagogisch project van de school en de beginsituatie van zijn leerlingen.

De leerplandoelen zijn noch chronologisch, noch hiërarchisch geordend. Ze laten ruimte aan het lerarenteam en de individuele leraar om te bepalen welke leerplandoelen op welk moment worden samengenomen, om didactische werkvormen te kiezen, contexten te bepalen, eigen leerlijnen op te bouwen, vakoverschrijdend te werken, flexibel om te gaan met een indicatie van onderwijstijd.

### 1.4 Differentiatie

Om optimale leerkansen te bieden is [differentiëren](#) van belang in alle leerlingengroepen. Leerlingen voor wie dit leerplan is bestemd, behoren immers wel tot dezelfde doelgroep, maar bevinden zich niet noodzakelijk in dezelfde beginsituatie. Zij hebben een niet te onderschatten – maar soms sterk verschillende – bagage mee vanuit de onderliggende graad, de thuissituatie en vormen van informeel leren. Het is belangrijk om zicht te krijgen op die aanwezige kennis en vaardigheden en vanuit dat gegeven, soms gedifferentieerd, verder te bouwen. Positief en planmatig omgaan met verschillen tussen leerlingen verhoogt de motivatie, het welbevinden en de leerwinst voor elke leerling.

De leerplannen bieden kansen om te differentiëren door te verdiepen en te verbreden en door de leeromgeving aan te passen. Ze nodigen ook uit om te differentiëren in evaluatie.

#### *Differentiatie door te verdiepen en te verbreden*

Sommige leerlingen denken meer conceptueel en abstract. Andere leerlingen komen vanuit een meer concrete benadering sneller tot inzichtelijk denken. Variëren in abstractie spreekt leerlingen aan op hun capaciteiten en daagt hen uit om van daaruit te groeien.

Daarnaast bieden leerplannen kansen om de complexiteit van leerinhouden aan te passen. Dat kan door een complexere situatie te schetsen, een minder ingewikkelde bewerking of handeling voor te stellen, of door meer kennis of vaardigheden aan te bieden om leerlingen uit te dagen.

De ene context kan betekenisvol zijn voor een leerlingengroep, terwijl een andere context dan weer betekenisvoller kan zijn voor een andere leerlingengroep. Leerinhouden in verschillende contexten aanbrengen biedt kansen om leerlingen aan te spreken op hun interesses en daagt hen tegelijk uit om andere interesses te verkennen en zo hun horizon te verruimen.

In 'extra' wenken bij de leerplandoelen en in beperkte mate ook via keuzeleerplandoelen bieden we je inspiratie om te differentiëren door te verdiepen en te verbreden.

#### *Differentiatie door de leeromgeving aan te passen*

Doordachte variatie in werkvormen (groepswerk, individueel, auditief, visueel, actief ...) vergroot de kans dat leerdoelen worden gerealiseerd door alle leerlingen. Het helpt hen bovendien ontdekken welke manieren van leren en informatie verwerken best bij hen passen.

De ene leerling kan snel of zelfstandig werken, de andere heeft meer tijd of begeleiding nodig. Variëren in de mate van ondersteuning, gericht aanbieden van hulpmiddelen (voorbeelden, schrijfkaders, stappenplannen ...) en meer of minder tijd geven, daagt leerlingen uit op hun niveau en tempo.

Leerlingen op hun niveau en vanuit eigen interesses laten werken kan door te differentiëren in product, bijvoorbeeld door leerlingen te laten kiezen tussen opdrachten die leiden tot verschillende eindproducten.

Het samenstellen van groepen kan een effectieve manier zijn om te differentiëren. Rekening houden met verschil in leerdoelen en leerlingenkenmerken laat leerlingen toe van en met elkaar te leren.

Technologie kan al die vormen van differentiatie ondersteunen. Zo kunnen leerlingen op hun maat werken met digitale leermiddelen zoals educatieve software of online oefenprogramma's.

#### *Differentiatie in evaluatie*

Tenslotte laten de leerplannen toe te differentiëren in [evaluatie](#) en feedback. Evalueren is beoordelen om te waarderen, krachtiger te maken en te sturen.

Na de afronding van een lessenreeks of na een langere periode gaan leraren door middel van summatieve evaluatie na waar leerlingen staan. De keuze van een evaluatie- en feedbackvorm is afhankelijk van de vooropgestelde doelen.



Formatieve evaluatie is geïntegreerd in het leerproces en gaat uit van een actieve betrokkenheid van leraar en leerling. Het zet leerlingen aan het denken over hun vorderingen en laat leraren toe om tijdens het leerproces effectieve feedback te geven. Door middel van formatieve evaluatie krijgen leraren een goed zicht op het leerproces van leerlingen zodat ze het verder gericht en waar nodig kunnen bijsturen. Het is bovendien een rijke bron voor leraren om te reflecteren over de eigen onderwijspraktijk en de eigen pedagogisch-didactische aanpak bij te sturen.

## 1.5 Opbouw van leerplannen

Elk leerplan is opgebouwd volgens een vaste structuur. Alle onderdelen maken inherent deel uit van het leerplan. Schoolbesturen van Katholiek Onderwijs Vlaanderen die de leerplannen gebruiken, verbinden zich tot de realisatie van het gehele leerplan.

De **inleiding** licht het leerplanconcept toe en gaat dieper in op de visie op vorming, de ruimte voor leraren(teams) en scholen en de mogelijkheden tot differentiatie.

De **situering** geeft aan waarop het leerplan is gebaseerd en beschrijft de samenhang binnen de graad en met de onderliggende graad, en de plaats in de lessentabel.

In de **pedagogisch-didactische duiding** komen de inbedding in het vormingsconcept, de krachtlijnen, de opbouw, de leerlijnen, de aandachtspunten met o.m. nieuwe accenten van het leerplan aan bod.

De **leerplandoelen** zijn helder geformuleerd en geven aan wat van leerlingen wordt verwacht. Waar relevant geeft een opsomming of een afbakening (★) aan wat bij de realisatie van het leerplandoel aan bod moet komen. Ook pop-ups bevatten informatie die noodzakelijk is bij de realisatie van het leerplandoel. De leerplandoelen zijn gebaseerd op de minimumdoelen van de basisvorming, de specifieke minimumdoelen of de doelen die leiden naar een beroepskwalificatie. Indien een leerplandoel verder gaat, vind je een '+' bij het nummer van het leerplandoel. Al die leerplandoelen zijn verplicht te realiseren. In een aantal gevallen zijn keuzedoelen opgenomen; die leerplandoelen zijn weergegeven in een grijze kleur en het nummer van het leerplandoel wordt voorafgegaan door 'K'.

De leerplandoelen zijn ingedeeld in een aantal rubrieken. Bovenaan elke rubriek vind je de relevante minimumdoelen van de basisvorming, de specifieke minimumdoelen en/of doelen die leiden naar een of meer beroepskwalificaties, afhankelijk van de finaliteit. Als leraar hoef je je die taal niet eigen te maken. Het volstaat dat je de leerplandoelen realiseert zoals opgenomen in het leerplan.

Waar relevant wordt de samenhang met andere leerplannen in dezelfde graad aangegeven, evenals de samenhang met de onderliggende graad.

'Duiding' bij een leerplandoel bevat een noodzakelijke toelichting bij het doel. In pedagogisch-didactische wenken vinden leraren inspiratie om met het leerplandoel aan de slag te gaan. Een rubriek 'extra' bij een leerplandoel biedt leraren inspiratie om verder te gaan dan wat het leerplandoel minimaal vraagt.

De **basisuitrusting** geeft aan welke materiële uitrusting vereist is om de leerplandoelen te kunnen realiseren.

Het **glossarium** bevat een overzicht van handelingswerkwoorden die in alle leerplannen van de graad als synoniem van elkaar worden gebruikt of meer toelichting nodig hebben.

De **concordantie** geeft aan welke leerplandoelen gerelateerd zijn aan bepaalde minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar een of meer beroepskwalificaties.

## 2 Situering

### 2.1 Samenhang met de tweede graad

Het leerplan Natuurwetenschappen (III-Nat-d) van de derde graad D-finaliteit bouwt verder op de leerplannen Natuurwetenschappen (II-Nat-d) en Natuurwetenschappen B+ (II-Nat'-d) van de tweede graad.

### 2.2 Samenhang in de derde graad

Er zijn verschillende leerplannen Natuurwetenschappen voor de studierichtingen van de derde graad D-finaliteit. In de onderstaande tabel wordt aangegeven voor welke studierichtingen de leerplannen gelden.

Bijkomende informatie kan je raadplegen op de [leerplanpagina](#).

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III-Nat-d     | Architecturale vorming; Audiovisuele vorming; Bedrijfsondersteunende informaticawetenschappen; Bedrijfswetenschappen; Beeldende vorming; Dans; Economie-Moderne talen; Economie-Wiskunde; Freinetpedagogie; Grieks-Latijn; Humane wetenschappen; Latijn-Moderne talen; Moderne talen; Muziek; Taal en communicatiewetenschappen; Topsport-Bedrijfswetenschappen; Topsport-Economie; Woordkunst-drama |
| III-NatS'-d   | Grieks-Wiskunde, Latijn-Wiskunde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| III-NatS-d    | Latijn-Wetenschappen, Moderne talen-Wetenschappen, Sportwetenschappen, Wetenschappen-Wiskunde                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| III-NatS''-d  | Welzijnswetenschappen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| III-NatS'''-d | Topsport-Wetenschappen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| III-Bio-d     | Technologische wetenschappen en engineering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| III-BiCh-d    | Bouw- en houtwetenschappen, Informatica- en communicatiewetenschappen, Mechatronica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| III-BCSW-d    | Biotechnologische en chemische STEM-wetenschappen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| III-BCW-d     | Biotechnologische en chemische wetenschappen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| III-Fys-d     | Architecturale vorming                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### 2.3 Plaats in de lessentabel

Het leerplan is gebaseerd op minimumdoelen van de basisvorming. Het leerplan is gericht op drie graaduren (2-1) en is bestemd voor volgende studierichtingen van de doorstroomfinaliteit:

Architecturale vorming; Audiovisuele vorming; Bedrijfsondersteunende informaticawetenschappen; Bedrijfswetenschappen; Beeldende vorming; Dans; Economie-Moderne talen; Economie-Wiskunde; Freinetpedagogie; Grieks-Latijn; Humane wetenschappen; Latijn-Moderne talen; Moderne talen; Muziek; Taal en communicatiewetenschappen; Topsport-Bedrijfswetenschappen; Topsport-Economie; Woordkunst-drama.



Het geheel van de algemene en specifieke vorming in elke studierichting vind je terug op de [PRO-pagina](#) met alle vakken en leerplannen die gelden per studierichting.

## 3 Pedagogisch didactische duiding

### 3.1 Natuurwetenschappen en het vormingsconcept

Het leerplan Natuurwetenschappen is ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialogeschool. In het leerplan ligt de nadruk op de Natuurwetenschappelijke vorming. De wegwijzers duurzaamheid en verbeelding maken er inherent deel van uit.

#### Natuurwetenschappelijke en technische vorming

Via de verschillende wetenschapsvakken verwerven jongeren op een methodische wijze betrouwbare kennis. Leerlingen stellen hun denkbeelden bij door ze te confronteren met denkbeelden van anderen en door samen te argumenteren. Door het inzetten van wetenschappelijke concepten leren leerlingen een fysische werkelijkheid of een natuurlijk fenomeen te vatten. Daarnaast leren ze om wetenschappelijke, technische en wiskundige inzichten in te zetten om complexe vragen of levenssechte problemen op te lossen. Verwondering, het voeden van nieuwsgierigheid zijn een belangrijke motor om verschijnselen op een wetenschappelijke manier te beschrijven en te verklaren. Niet alleen de inhouden maar vooral de duurzaamheid van kennis en vaardigheden, het zelf denken en kritisch zijn, het zelf kunnen onderzoeken en ontwerpen zijn richtinggevend.

In wetenschappen wordt kennis opgebouwd vanuit een natuurwetenschappelijke methode. Daarbij wordt het onderzoekend leren/leren onderzoeken in het lesgebeuren en in het uitvoeren van practica geïntegreerd. Leerlingen leren om in verschillende contexten aan de hand van hulpmiddelen en meetinstrumenten te observeren, te meten, te onderzoeken en te experimenteren. Ze leren op een veilige en duurzame manier omgaan met materialen, chemische stoffen, levende materie en technische systemen.

Een vlot gebruik van informaticatechnologieën in wetenschappen kan een sterk hulpmiddel zijn. Berekeningen die indien handmatig uitgevoerd langdurig en lastig zijn, kunnen in een oogwenk worden afgehandeld door gebruik van een gepast programma. Computers zijn hét hulpmiddel bij uitstek om grote hoeveelheden data te ordenen en te structureren, patronen te zoeken en te communiceren. Ook simulatiesoftware kan een krachtig hulpmiddel zijn bij conceptvorming en inzicht in abstracte begrippen. Dat geldt zowel voor het bekijken en gebruiken van simulaties, als voor het zelf creëren ervan.

#### Wiskundige vorming

Wiskunde is een taal om patronen in de werkelijkheid compact en ondubbelzinnig te beschrijven, en wordt daarvoor veelvuldig gebruikt in wetenschap en techniek. Een vlot gebruik van wiskundige symbolen en kennis van bewerkingen en conventies zijn noodzakelijke vaardigheden om zowel wetenschappelijke kennis te verwerven als om te communiceren. Wiskunde is ook een krachtig instrument om complexe problemen te beschrijven en op te lossen. De lessen wetenschappen bieden een waaier aan opportuniteiten om de leerlingen te laten inzien hoe (op het eerste zicht abstracte) wiskundige technieken concrete toepassingen hebben. De leerlingen kunnen op die manier dieper inzicht in en appreciatie voor wiskunde verwerven, terwijl ze hun wetenschappelijke kennis verdiepen.

#### Maatschappelijke vorming

Wetenschappen vervullen een cruciale rol in onze samenleving. De ontwikkelingen in de geneeskunde, telecommunicatie, biotechnologie ... hebben een grote impact op het welzijn van mensen. Dit vormt dan ook een grote uitdaging voor de wetenschappen namelijk in het creëren van een samenleving waarin



onderzoeks- en innovatiepraktijken streven naar duurzame, ethisch aanvaardbare en maatschappelijk gewenste resultaten. In de diverse wetenschapsvakken willen we de maatschappelijke betrokkenheid bij leerlingen bevorderen. Leerlingen kunnen bijdragen aan onderzoek en innovatie en kritisch reflecteren over de rol van de mens in het systeem aarde.

### **Duurzaamheid en verbeelding**

Werken vanuit duurzaamheid legt sterk de nadruk op de intrinsieke verbondenheid van alle dingen en mensen en op het behoud en de verbetering van een duurzame wereld. Inhoudelijk gaat het ook om het belang van biodiversiteit en duurzaam omgaan met technologie met aandacht voor ecologie. Verbeelding in het leerplan geeft leraren en leerlingen zuurstof om uitdagingen, vragen en problemen niet op één bepaalde manier op te lossen of te beantwoorden en om vooropgestelde methodes niet slaafs te volgen. De wetenschappelijke praktijk heeft immers in essentie een creatief karakter.

Uit de vormingscomponenten en wegwijzers zijn de krachtlijnen van het leerplan ontstaan.

## **3.2 Krachtlijnen**

### ***Wetenschappelijke inzichten opbouwen voor de burger en professional van morgen***

Leerlingen leren concepten uit Biologie, Chemie en Fysica. Op vlak van Biologie komen celleer, immuniteit, bevruchting en ontwikkeling van embryo en foetus, beïnvloeding van vruchtbaarheid, genetica en biologische evolutie aan bod. In Chemie staan inzichten in organische moleculen, macromoleculen, nanomaterialen, dynamische aspecten van de chemische reactie en duurzame chemie in de aandacht. In Fysica wordt ingegaan op elektromagnetisme, kracht en bewegingsverandering, kernfysica, trillingen en golven.

### ***Wetenschappelijke methoden, denk- en werkwijzen en vaardigheden inzetten om betrouwbare kennis en aangepaste oplossingen te ontwikkelen***

Leerlingen ervaren het belang van betrouwbare kennis en probleemoplossende werkwijzen. Leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode. Daarnaast leren ze wetenschappelijke en wiskundige kennis integreren bij het oplossen van problemen, ook in situaties van persoonlijk functioneren in de samenleving. Aanvullend verwerven leerlingen meer ervaring in het veilig en duurzaam werken met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.

### ***Inzicht ontwikkelen in de verbanden tussen wetenschappen, wiskunde, technologie en de samenleving***

STEM kan niet los worden gezien van de samenleving. Ideeën die worden ontwikkeld over natuur, techniek of wiskunde en de concrete inzet van die ideeën in menselijke activiteiten, technische systemen en (veranderings)processen beïnvloeden maatschappelijke denkbeelden en vice versa. De leerlingen analyseren STEM-interacties in de samenleving om inzicht in die dynamiek te ontwikkelen.

## **3.3 Opbouw**

Het leerplan is opgebouwd uit discipline-overschrijdende STEM-doelen en doelen Biologie, Chemie en Fysica. Het is niet de bedoeling om de STEM-doelen als een apart gegeven te benaderen. Een lerarenteam kan de STEM-doelen vanuit een gedeelde verantwoordelijkheid inzetten bij het werken aan de leerplandoelen Biologie, Chemie en Fysica. In de wenken bij de leerplandoelen vind je daartoe suggesties.

### ***Onderdelen in het leerplan***



| STEM-doelen                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Biologie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Chemie                                                                                                                                                                                                                   | Fysica                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode</p> <p>Veilig en duurzaam werken met stoffen, organismen en systemen</p> <p>Ontwerp van een oplossing door integratie van wetenschappen, technologie of wiskunde</p> <p>STEM-interacties in de samenleving analyseren</p> | <p>Celtypen en hun functie</p> <p>Belang mitose en meiose</p> <p>Immuniteit</p> <p>Bevruchting en beïnvloeding ontwikkeling embryo en foetus</p> <p>Beïnvloeding van vruchtbaarheid</p> <p>Genetische informatie en wetmatigheden bij overerven</p> <p>Expressie van genetische informatie en beïnvloeding door de mens</p> <p>Natuurlijke selectie</p> <p>Biologische evolutie</p> | <p>Structuur van organische moleculen en kunststoffen</p> <p>Belang van (poly)sachariden, lipiden en proteïnen</p> <p>Nanomaterialen</p> <p>Dynamiek en beïnvloeden van een chemische reactie</p> <p>Duurzame chemie</p> | <p>Elektromagnetisme</p> <p>Kernfysica</p> <p>Kracht en bewegingsverandering: wetten van Newton</p> <p>Trillingen en golven</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kenmerken van trillingen</li> <li>- Golven en geluid</li> <li>- Elektromagnetische golven</li> </ul> |
| 3 graaduren                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## 3.4 Leerlijnen

### 3.4.1 Samenhang met de eerste en de tweede graad

| Biologie                                                                       | Eerste graad                                            | Tweede graad<br>II-Nat-d; II-Bio-d; II-BiCh-d; | Derde graad<br>III-Nat-d; III-Bio-d; III-BiCh-d; III-NatS''-d |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Structuur, functie en informatieverwerking                                     | Organisatieniveaus<br>Celstructuren                     |                                                | Celleer<br>Cellulaire processen                               |
| KERNIDEE:<br>levende wezens bestaan uit cellen met een gelijkaardige structuur |                                                         | Virussen, bacteriën, schimmels                 |                                                               |
|                                                                                |                                                         | Prikkelontvangst – en verwerking<br>Homeostase | Immuunsysteem                                                 |
| Materie en energie in organismen en ecosystemen                                | Biotoop                                                 | Interacties tussen organismen                  |                                                               |
| KERNIDEE:<br>in ecosystemen concurreren organismen om materie en energie       | Stof- en energieomzetting<br>Transport in een organisme |                                                | Fysiologie en anatomie bij de mens (enkel in III-NatS''-d)    |
|                                                                                | Fotosynthese                                            |                                                |                                                               |
|                                                                                |                                                         | Materie- en energiestromen in ecosysteem       |                                                               |
|                                                                                | Aseksuele en seksuele voortplanting                     |                                                | Celdeling                                                     |

|                                                                                                                            |                                                 |                                               |                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Groei, ontwikkeling en reproductie van organismen                                                                          | Voortplanting bij de mens                       | Voortplanting bij de mens: hormonale regeling | Ontwikkeling embryo en foetus<br>Vruchtbaarheid |
| Natuurlijke selectie en evolutie<br><br>KERNIDEE: organismen evolueren door overerving, variatie en selectie van kenmerken | Biodiversiteit<br>Verband organisme en omgeving |                                               | Biologische evolutie<br>Natuurlijke selectie    |
|                                                                                                                            |                                                 |                                               | Moleculaire en chromosomale genetica            |

| Chemie                                                                                              | Eerste graad                                                     | Tweede graad<br>II-Nat-d; II-BiCh-d;                           | Derde graad<br>III-Nat-d; III-NatS''-d;<br>III-BiCh-d    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Structuur en eigenschappen van de materie<br><br>KERNIDEE: materie bestaat uit deeltjes             | Mengsels, zuivere stoffen, verbindingen en atomen                | Eigenschappen mengsels en zuivere stoffen<br>Atoommodel<br>PSE | Organische moleculen<br>Macromoleculen<br>Nanomaterialen |
|                                                                                                     |                                                                  | Oxiden, basen, zuren, zouten, alkanen                          |                                                          |
|                                                                                                     |                                                                  | pH<br>Zuur-base indicator                                      |                                                          |
|                                                                                                     |                                                                  | Concentratie                                                   |                                                          |
| Chemische reacties<br><br>KERNIDEE: bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere | Stofomzetting versus verandering van aggregatietoestand (Fysica) | Materie- en energie-uitwisseling bij chemische reacties        | Dynamiek van een chemische reactie                       |
|                                                                                                     |                                                                  |                                                                | Duurzame chemie                                          |

| Fysica                                                                                                     | Eerste graad                                                                                               | Tweede graad<br>II-Nat-d                            | Derde graad<br>III-Nat-d<br>III-NatS''-d |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kracht en bewegingsverandering<br>KERNIDEE: wijziging van beweging vereist interactie met een ander object | Constante snelheid                                                                                         | Rechtlijnige bewegingen                             | Wetten van Newton                        |
|                                                                                                            | Uitwerking van krachten                                                                                    | Kracht als vector<br>Kracht en bewegingsverandering | Kracht en veld                           |
| Structuur en eigenschappen van materie<br>KERNIDEE: materie bestaat uit deeltjes                           | Stofomzetting versus verandering van aggregatietoestand<br><br>Massadichtheid<br><br>Materialen (Techniek) | Druk                                                |                                          |
| Energie<br>KERNIDEE: bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere                       | Energievormen                                                                                              | Energieomzettingen<br><br>Vermogen en rendement     | Kernfysica                               |
|                                                                                                            |                                                                                                            | Warmteleer                                          | Trillingen en golven                     |



|                                          |                                           |                                                           |                                  |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                          | Energiesystemen<br>(Techniek)             | Wet van Ohm<br><br>Elektrisch vermogen<br>en Joule-effect | Elektromagnetisme                |
| Straling<br>KERNIDEE: straling is overal | Energie en veiligheid<br><br>Fotosynthese |                                                           | Effecten ioniserende<br>straling |

In de tweede graad Wiskunde komen bewerkingen met vectoren aan bod.

| STEM Eerste graad                                                            | Tweede graad | Derde graad |  |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--|
| Onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode               |              |             |  |
| Meetinstrumenten gebruiken, grootheden en eenheden                           |              |             |  |
| Een oplossing ontwerpen voor een probleem                                    |              |             |  |
| Veilig en duurzaam werken                                                    |              |             |  |
| Wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij |              |             |  |

### 3.4.2 Samenhang in de derde graad

#### Samenhang met Wiskunde en Aardrijkskunde

In het leerplan Natuurwetenschappen vinden we heel wat methodische en inhoudelijke relaties met inhoud uit het leerplan Wiskunde. Ook met Aardrijkskunde is er een element van samenhang.

| Leerinhoud Wiskunde                                                         | Leerinhoud Natuurwetenschappen                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fenomenen beschrijven uit de realiteit aan de hand van wiskundige concepten | De wisselwerking tussen wetenschappen, technologie en de maatschappij analyseren                                 |
| Vraagstukken en problemen oplossen                                          | Een oplossing ontwerpen voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden |
| Goniometrische functies                                                     | Trillingen en golven                                                                                             |
| Leerinhoud Aardrijkskunde                                                   |                                                                                                                  |
| Ontstaan heelal                                                             | Biologische evolutie                                                                                             |

## 3.5 Aandachtspunten

### 3.5.1 Oriëntatie van het leerplan

Wetenschappelijke vorming kan verschillende oriëntaties aannemen: naargelang de studierichting ligt de nadruk eerder op een doorgedreven wetenschappelijke vorming voor de STEM-professional van morgen dan wel op de vorming van wetenschappelijke geletterdheid voor de burger van morgen. De pedagogisch-didactische aanpak varieert volgens de oriëntatie van het leerplan van een eerder conceptuele naar een contextuele benadering van de vorming.

In dit leerplan ligt de nadruk op wetenschappelijke geletterdheid voor de burger van morgen.

### 3.5.2 Samenhang tussen wetenschappen

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen. Die samenhang komt op drie verschillende manieren in het leerplan aan bod:

- Vertrekken vanuit de ideeën en interesses van de leerlingen. Om dat concreet vorm te geven in de didactische praktijk kan je als leraar de concept-contextbenadering hanteren.
- De STEM-doelen (vaardigheden) in het leerplan doelgericht combineren met inhoudelijke doelen Biologie, Chemie en/of Fysica. Aan de hand van de STEM-doelen kunnen leerlingen de rol van een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen ervaren.
- Gebruik maken van STEM-concepten. Dat zijn vakdiscipline-overschrijdende denkwijzen om natuurlijke en technische systemen te beschrijven of te analyseren. Bij doelen Biologie, Chemie en Fysica vind je bij de wenken inspiratie om ze aan bod te laten komen.

Die drie manieren om meer samenhang en betekenisgeving in het STEM-onderwijs te verkrijgen overschrijden de grenzen van dit leerplan want ze komen in meerdere vakken en over de graden en finaliteiten heen aan bod. Een lerarenteam kan de samenhang tussen S, T, E en M via de geschetste drie manieren nastreven en op die manier werken aan STEM op niveau van het leerplan en verbindingen leggen naar STEM in andere vakken. Een geïntegreerde aanpak van STEM-onderwijs vraagt visievorming en overleg in de betrokken vakgroepen.

### **Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de STEM-doelen**

De STEM-doelen zijn overkoepelende, breed-wetenschappelijke werkwijzen of procedures. De doelen verwijzen naar karakteristieke werkwijzen die terug te vinden zijn bij onderzoekers, ingenieurs, ontwerpers, technici ... De STEM-doelen bouwen voort op de STEM-doelen in leerplannen van de eerste en de tweede graad. Daarin staat het voeren van onderzoek en het probleemoplossend denken centraal.

Als leerlingen de STEM-doelen inoefenen met verschillende inhouden en in verschillende contexten krijgen zij kansen om vlotter tot transfer te komen. Daardoor kan het schoolteam verbanden tussen kennis en vaardigheden op verschillende manieren benaderen en meer betekenis geven aan de doelen.

### **Onderzoekend leren, leren onderzoeken en practicum**

Onderzoekend leren is een belangrijk element in goed STEM-onderwijs en biedt kansen om:

- leerlingen te motiveren vanuit hun verwondering bij het waarnemen van verschijnselen;
- geïnformeerd te leren werken met meetinstrumenten, hulpmiddelen en stoffen;
- ideeën over fenomenen en systemen experimenteel te toetsen en te reflecteren over het wetenschappelijk belang van het empirisch testen van die ideeën;
- onderzoeksvaardigheden en een onderzoekende houding te ontwikkelen: kritisch willen zijn, willen begrijpen, willen delen, willen vernieuwen, nauwkeurigheid, objectief waarnemen, planmatig werken ...

Voor de eerste twee doelen kunnen goed via experimenten worden aangeleerd. Om begrippen te leren en ze vast te zetten en om onderzoeksvaardigheden te ontwikkelen blijkt practicum geen superieure werkvorm. Effectief practicum heeft een afgebakend leerdoel en activeert het bijhorend denkproces. Om het doelgericht karakter van practicum en de bijhorende didactiek aan te scherpen kan je een gericht practicum inzetten zoals onderzoekspracticum, begripspracticum, apparatuurpracticum.

Mogelijke leerlijnen in practicum:

- Via autonomie: de graad van begeleiding varieert van gesloten naar open practicum om gericht te werken aan toenemende aandacht voor kwaliteit van onderzoek.
- Via complexiteit: de nadruk ligt op zo zelfstandig mogelijk werken vanuit eenvoudige practica naar practica met toenemende complexiteit.

Het is weinig zinvol om een minimumaantal experimenten te omschrijven die leerlingen dienen uit te voeren in een labo. Zo kunnen onderzoeksvaardigheden en begripsontwikkeling ook via meer aanbiedende



werkvormen aan bod komen. Ook demo-experimenten, filmmateriaal, concept cartoons ... kunnen een belangrijke rol spelen. Vanuit dat perspectief hoeft een doelgericht practicum niet altijd een volledig lesuur te duren.

### **Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten**

STEM-professionals hanteren STEM-concepten als 'typische denkwijzen' die kennis uit verschillende disciplines met elkaar verbinden. De STEM-concepten kunnen een hulpmiddel en leidraad zijn om fenomenen of systemen te analyseren of te beschrijven. Ze helpen om vanuit een bepaald perspectief te kijken naar het systeem. Via de STEM-concepten ontwikkelen leerlingen geleidelijk aan een breder en dieper inzicht in vakinhouden en ontdekken ze overeenkomsten met andere inhouden. Ze kunnen apart of gecombineerd worden ingezet.

STEM-concepten:

- systemen en modellen ervan;
- patronen herkennen;
- relatie tussen structuur en functie;
- stromen en behoud van energie, materie en informatie;
- oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
- invloed van verhouding en hoeveelheid;
- stabiliteit, verandering en verstoringen.

In heel wat leerplandoelen staan suggesties die verduidelijken hoe de STEM-concepten kunnen worden gebruikt in combinatie met vakinhouden.

### **3.5.3 Dissecties als werkvorm**

Het uitvoeren van proeven op dieren is een onderwerp dat momenteel in het maatschappelijk-ethisch debat ter discussie staat. Het al of niet uitvoeren van dissecties in het secundair onderwijs kan als een uitloper van dergelijke discussie worden gezien. De huidige wettelijke bepalingen verbieden dissecties in het secundair onderwijs niet.

Het ethisch kader dat de mens in de maatschappij hanteert, verandert voortdurend. Voor jongeren is het onderwijs een belangrijke factor bij het ondersteunen en opbouwen van een eigen ethisch waardepatroon. Om daaraan tegemoet te komen zijn in onze leerplannen geen leerplandoelen opgenomen die dissectie als werkvorm opleggen. Bij de wenken worden ook andere didactische werkvormen voorgesteld zoals modellen, filmpjes, animaties, afbeeldingen, tekeningen die het realiseren van het leerplandoel ondersteunen.

Op de leerplanpagina vind je een aantal wenken en vragen die je kunnen ondersteunen bij het uitwerken van een schooleigen beleid.

## **3.6 Leerplanpagina**



Wil je als gebruiker van dit leerplan op de hoogte blijven van inspirerend materiaal, achtergrond, professionalisering en lerarennetwerken, surf dan naar de [leerplanpagina](#).

## 4 Leerplandoelen

### 4.1 STEM-doelen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

#### LPD 1 S De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en vragen te beantwoorden.

2de graad: onderzoek voeren (II-Nat-d LPD 1S; II-Nat'-d LPD 1S)

Wenk: Relevante deelvaardigheden die aan bod kunnen komen bij het voeren van onderzoek:

- vanuit criteria een onderzoeksvraag formuleren;
- een beredeneerde hypothese formuleren;
- een onderzoeksplan opstellen;
- data waarnemen en verzamelen;
- data analyseren en conclusies trekken;
- een hypothese aftoetsen en een antwoord formuleren op een onderzoeksvraag;
- reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten.

Wenk: Bij de realisatie van dit leerplandoel is het belangrijk dat leerlingen inzicht ontwikkelen in de manier waarop betrouwbare kennis ontstaat en hoe wetenschappelijke methoden daar kunnen toe bijdragen door die zelf eens uit te voeren in onderzoeksactiviteiten. Ze kunnen worden beperkt in complexiteit of sterk worden begeleid.

Wenk: Het is niet noodzakelijk om alle vaardigheden in te oefenen bij elk onderzoek. Ze kunnen ook aan bod komen bij demonstratie-experimenten of simulaties. De meer talige onderzoeksvaardigheden kunnen ook aan bod komen in een onderwijsleergesprek. Wetenschappelijk onderzoek mag niet worden voorgesteld als het toepassen van een uniforme wetenschappelijke methode die verloopt volgens een vast ritueel of recept.

Wenk: Mogelijke voorbeelden van onderzoekopdrachten die aansluiten bij leerplandoelen: onderzoek naar effect van kleuren van textiel op kunststoffen versus natuurlijke materialen, het verband tussen stroomsterkte en magnetisch veld onderzoeken, onderzoek van toonhoogte, geluidsniveau en klankkleur met app (bv. Phyphox), kansensexperiment met M&M's of bierschuim (als model) voor radioactief verval, het verband tussen de spankracht op een snaar en de grondfrequentie van de snaar, relatie tussen remweg en snelheid onderzoeken ...

Wenk: Ook literatuuronderzoek kan aan bod komen, bijvoorbeeld onderzoek naar geschikte anticonceptie, naar invloed van gezondheidsgedrag op geboortegewicht, naar oorzaken en frequentie van erfelijke aandoeningen, demografisch onderzoek naar mogelijke spreiding of evolutie van gewicht, lengte en schedelomtrek bij geboorte, risico's bij elektromagnetische en bij ioniserende straling, risico's bij geluid, elektromagnetische straling tijdens de levenscyclus van een ster, de rol van kernenergie bij energievoorziening ...



Wenk: Je kan bij de keuze van onderzoeksoopdrachten rekening houden met inhoudelijke relevantie voor wetenschappelijke geletterdheid in bijvoorbeeld huishouden, levensstijl.

Wenk: In wetenschappelijk onderzoek is er altijd wisselwerking tussen de creatieve menselijke ideeënwereld (hypothesen, modellen, theorieën) en data uit waarnemingen (observatie, experiment, meting, test) om betrouwbare verklaringen en oplossingen te ontwikkelen. In die wisselwerking staat kritische argumentatie centraal. Daarom is het van belang dat leerlingen lezen, schrijven en discussiëren over wetenschappelijke ideeën en die confronteren met waarnemingen. Goede observaties waarin een aantal variabelen kunnen worden onderscheiden geven vaak spontaan aanleiding tot interessante onderzoeksvragen.

## **LPD 2 S De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.**

2de graad: veilig en duurzaam werken (II-Nat-d LPD 2S; II-Nat'-d LPD 3S)

Wenk: Voorbeelden van technische systemen: elektrische huisinstallatie, handwerkgereedschappen, glaswerk, meetinstrumenten, computers. Duurzaam omgaan met systemen kan je invulling geven door goed onderhoud zoals reinigen van glaswerk en balans.

Wenk: Duurzaam omgaan met organismen bv. bacteriën, dieren, planten, schimmels: streven naar vervanging of vermindering waar mogelijk, geschikte bewaringstechnieken gebruiken; zorgen voor optimale voeding of voedingsregime, voor aangepaste huisvesting of omgeving (ook na gebruik in de klas), correct omgaan met biologisch afval.

Wenk: Voorbeelden van goede praktijken voor veilig en duurzaam werken:

- ordelijk werken; alert zijn voor energie die kan vrijkomen onder de vorm van warmte, geluid, straling, elektriciteit;
- productetiketten interpreteren (bv. veiligheids- en duurzaamheidslabels);
- omgaan met chemisch afval: vermijden of minimaliseren, kiezen voor minder schadelijke stoffen; kiezen voor de laagst mogelijke werkbare concentratie;
- aandacht voor herbruikbare materialen;
- keuze voor duurzame energiebronnen, bewust omgaan met energiegebruik.

Wenk: Je kan aandacht besteden aan geïnformeerd werken door gebruik van informatie zoals instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, H/P-zinnen, symbolen, handleidingen en (werk)tekeningen.

Wenk: Je gebruikt als leraar de COS-brochure om op een verantwoorde en veilige manier om te gaan met chemische stoffen op school in een aangepaste labo-omgeving afgestemd op de leerlingengroep en de uit te voeren handelingen.

## **LPD 3 S De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.**

**Samenhang derde graad:** vraagstukken en problemen oplossen (III-Wis-d LPD 2; III-WisS-d LPD 2; III-WisS'-d LPD 2; III-WisS''-d LPD 2).



**2de graad:** STEM-geïntegreerd oplossingen ontwerpen (II-Nat-d LPD 3S; II-Nat'-d LPD 4S)

**Wenk:** STEM betekent per definitie dat je geïntegreerd denkt en werkt. De mate van integratie is afhankelijk van het probleem. Ook niet-STEM-disciplines kunnen aan bod komen.

**Wenk:** Dit leerplandoel kan je op een projectmatige manier realiseren in combinatie met leerplandoelen Biologie, Chemie of Fysica, of ook hanteren als introductie of afsluiter van een lessenreeks. Je kan dit ook combineren met andere STEM-doelen: om gefundeerde beslissingen te nemen bij het probleemoplossen kunnen leerlingen onderzoek voeren. Ook het werken met materialen of technische systemen kan aan bod komen.

**Wenk:** Het is aangewezen om te vertrekken van een specifieke situatie om een probleem op te lossen. Leerlingen zetten kennis en vaardigheden in door creatief denken: ze bedenken mogelijke oplossingen, wegen ze tegenover elkaar af en maken keuzes. Stappenplannen en zoekstrategieën kunnen dit proces ondersteunen, maar vervangen het creatief denken niet. Het kan gaan om een kleinschalig probleem dicht bij de leefwereld van de leerlingen. Een probleemoplossend proces verloopt systematisch, maar mag niet worden voorgesteld als een vast ritueel of recept.

**Wenk:** Goed gekozen problemen kunnen spontaan aanleiding geven tot integratie van meerdere domeinen. Voorbeelden van problemen en uitdagingen waarvoor een relatief eenvoudige (model)oplossing kan worden ontwikkeld kan je terugvinden op de leerplanpagina.

**Wenk:** Je kan een informatierijke omgeving voorzien waarin leerlingen vlot inspiratie kunnen verzamelen. Het is waardevol om tussentijdse resultaten te bespreken. Leerlingen kunnen ook feedback aan elkaar geven. Je kan aandacht besteden aan keuzes die de leerling(en) maakte(n) bij het ontwerpen van een oplossing. Leerlingen kunnen die beargumenteren en hun denkproces illustreren: door foto's te nemen van deeloplossingen, documentatie te verzamelen, tekeningen, schema's, een eenvoudige berekening, een proefmodel samen te stellen ...

**Wenk:** Het eindresultaat kan verschillende vormen aannemen en kan worden uitgewerkt in functie van test en evaluatie: een nieuwe of aangepaste werkwijze, een interventie, een technisch systeem (product, apparaat ...).

#### **LPD 4 S De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.**

**Samenhang derde graad:** fenomenen beschrijven uit de realiteit aan de hand van wiskundige concepten (III-Wis-d LPD 1; III-WisS-d LPD 1; III-WisS'-d LPD 1; III-WisS''-d LPD 1)

**2de graad:** wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij (II-Nat-d LPD 4S; II-Nat'-d LPD 5S)

**Wenk:** Uitdagingen waarmee onze maatschappij wordt geconfronteerd zijn vaak een drijfveer voor onderzoek en ontwikkeling. Maatschappelijke uitdagingen die in de actualiteit aan bod komen, kunnen een goede aanknoping vormen om de onderlinge wisselwerking met wetenschappen, technologie en wiskunde te bespreken. Contexten, maatschappelijke behoeften en maatschappelijke keuzes zoals hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden of oceanvervuiling kunnen aan bod komen.



Wenk: Een historische evolutie als casus kan de wisselwerking tussen wiskunde, wetenschappen en technologie verhelderen en die laten zien als culturele ontwikkeling. Ook een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstelling of vereniging kan een casus aanbrengen die relaties tussen de samenleving en 'onderzoek en ontwikkeling' verheldert.

Wenk: Analyse van een concrete maatschappelijke uitdaging kan gebeuren vanuit meerdere invalshoeken (multiperspectiviteit). Het is zinvol om de link te leggen naar duurzame ontwikkelingsdoelen geformuleerd door de Verenigde Naties (SDGs- Sustainable Development Goals).

## **LPD 5 S De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.**

2de graad: gebruik formules en formularium(II-Nat-d LPD 5S; II-Nat'-d LPD 1F)

Wenk: Het is belangrijk dat leerlingen een formularium leren gebruiken om fysische problemen op te lossen. Daarnaast kan parate kennis van basisformules helpen om vlot problemen op te lossen. Je kan afspraken maken over te kennen basisformules en een formularium laten groeien doorheen de lespraktijk. Je kan leerlingen ook betrekken bij het opstellen van een formularium.

Wenk: In het kader van een onderzoeksproject (Biologie, Chemie, Fysica) of een STEM-project kan je een formularium aanreiken en verwachtingen formuleren over te kennen basisformules.

Wenk: Je kan redeneringen onderbouwen op basis van verbanden tussen grootheden en ze linken aan formules die al dan niet in een formularium kunnen worden opgenomen.

## **4.2 Biologie**

### **4.2.1 De cel als basiseenheid van leven**

**Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK**

#### **LPD 1 B De leerlingen leggen het verband tussen structuur en functie van celorganellen en biologische membranen bij plantaardige en dierlijke cellen.**

2de graad: eigenschappen en rol van virussen, bacteriën en schimmels (II-Nat-d LPD 10B; II-Nat'-d LPD 12B)

Wenk: Dit leerplandoel hangt samen met LPD 2C, 3C waar leerlingen aan de hand van de structuur het belang van (poly)sachariden, lipiden en proteïnen voor biologische processen aantonen.

Wenk: Je kan de bijdrage en noodzakelijkheid van de celorganellen in de totale werking van de cel benadrukken: de cel functioneert als een systeem. Je kan je beperken tot de globale structuur van de celorganellen: het is niet nodig om alle details aan bod te laten komen.

Je kan bij de cel of celorganellen de klemtoon leggen op aanduiden en benoemen van celorganellen aan de hand van gegeven voorstellingen (schema, afbeelding, model ...). Het is niet de bedoeling dat de leerlingen zelf de cel of celorganellen

kunnen tekenen.

Wenk: Cellen kunnen worden waargenomen met de lichtmicroscop; celorganellen en celmembranen via afbeeldingen en elektronenmicroscopisch beeldmateriaal. De structuur van de cel komt best tot uiting in driedimensionale modellen en afbeeldingen met enig dieptezicht. Je kan gebruik maken van audiovisueel materiaal dat via het internet ter beschikking staat.

Wenk: Je kan de plaats van cel en celorganellen duiden binnen de reeks van organisatieniveaus: biosfeer-ecosysteem-populatie-organisme-stelsel-weefsel-cel-celorganel-molecule-atoom.

Wenk: Celorganellen die je kan behandelen: kern, mitochondriën, plastiden, lysosomen, vacuolen, ruw en glad endoplasmatisch reticulum, ribosomen, Golgiapparaat, cytoskelet, centrosoom of centriolen, celmembraan en celwand. De functie van biologische membranen kan je beperken tot afbakenen van de cel, bescherming van de cel en transport van stoffen in en uit de cel.

Wenk: Je kan de link leggen tussen de bouw van celmembranen en het immuunsysteem in samenhang met het LPD 3B (specifieke afweer).

Wenk: Je kan de link leggen met het STEM-concept: systemen en modellen ervan, structuur en functie; je kan de grootte van cellen laten inschatten in samenhang met het STEM-concept 'schaal en verhouding'.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: lichtmicroscopische bouw en samenhang van plantaardige en dierlijke cellen onderzoeken bij waterpest, algen, uirook, aardappel, mondepitheel, preparaten van dwarsgestreepte en gladde spieren.

Extra: Je kan het onderscheid tussen pro-en eukaryoten aanbrengen.

Extra: Je kan actief en passief transport over het membraan bespreken.

## **LPD 2 B De leerlingen leggen het verband tussen weefsels en bijhorende celtypen en hun functie in dierlijke of plantaardige systemen.**

### **★ Fotosynthese en celademhaling**

2de graad: prikkels ontvangen (II-Nat-d LPD 3B; II-Nat'-d LPD 3B); prikkels verwerken (II-Nat-d LPD 4B, 6B; II-Nat'-d LPD 4B, 6B); reacties op een prikkel (II-Nat-d LPD 5B; II-Nat'-d LPD 5B)

Wenk: De klemtoon ligt op de logische samenhang tussen voorkomen van cellen en weefsels en hun functie, niet op verdere details.

Wenk: Het is de bedoeling om bij fotosynthese en celademhaling de samenhang tussen structuur van celorganellen, cellen, weefsels en de functie(s) ervan in het proces te kaderen. Het is voldoende de grote lijnen van elk proces weer te geven, dat kan ook schematisch. Je kan werken met een schematisch overzicht waarbij de samenhang tussen de verschillende processen wordt weergegeven.

Wenk: Je kan bij aerobe celademhaling de focus leggen op hoe in de cel energie wordt bekomen vanuit glucose waarbij aan de hand van de algemene reactievergelijking de eindproducten worden geduid.

Wenk: Je kan beklemtonen dat ademen belangrijk is om zuurstof binnen te halen om



ATP-moleculen aan te maken. Je kan duiden op het belang en de functie van ATP als universele energiedrager voor opslag, vervoer en terug vrijmaken van energie; ATP is belangrijk voor actief transport, prikkelgeleiding, biosynthese, spiercontracties, celdeling ... De vrijgekomen warmte wordt gebruikt om de temperatuur van het organisme op peil te houden.

Wenk: Je kan plantaardige systemen aan bod laten komen:

- je kan dit behandelen in functie van water- en assimilaten transport in de plant in samenhang met fotosynthese. Je kan een doorsnede van stengel en blad bestuderen: de ligging (en functie) van de betrokken onderdelen is duidelijk afgebakend en visueel goed waarneembaar en kan worden gekoppeld aan de functie van steunweefsel, van vaatbundels met transportweefsel en van bladmoes. Je kan ook de functie, ligging en structuur van de huidmondjes (celtype) koppelen aan het natuurlijke habitat van de plant;
- je kan de bouw van hout bestuderen en bijvoorbeeld de bast van de kurkeik bespreken: kurk beschermt de boom tegen hitte.

Wenk: Je kan dierlijke systemen aan bod laten komen: je kan vertrekken van de studie van een orgaan (nier, hart) of een stuk vlees (kotelet, soepvlees) en toelichten dat verschillende celtypen samenwerken. Je kan de relatie verkennen tussen ligging en functie van epitheelweefsel, bindweefsel (vetweefsel), spierweefsel, zenuwweefsel, transportweefsel (bloedvaten).

Wenk: Elke cel heeft een eigen bouw aangepast aan de specifieke functie die ze vervult. Je kan de link leggen tussen de vorm van de cellen en hun functie zoals bijvoorbeeld vorm van neuronen, van epitheelcellen en van bloedcellen.

Wenk: Je kan de link leggen met de STEM-concepten: structuur en functie, modellen van een systeem, oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, stromen en behoud.

Extra: Je kan spierwerking verruimen in samenhang met geboorte, ligging gladde spieren, contracties ...

Extra: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met LPD 5B (mitose en meiose) vanuit celdeling in functie van geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting, van groei en van herstel.

Extra: Celdifferentiatie is een proces waarbij uit betrekkelijk eenvoudige cellen nieuwe cellen met zeer specifieke functies voortkomen. De functieverdeling veronderstelt ook een goede coördinatie. Je kan vertrekken vanuit het misconception dat enkel celdeling volstaat voor groei. Voor de plant betekent dit: celdeling-celstrekking-celdifferentiatie. Bij een dierlijk organisme wordt dat: celdeling-stamcel-celdifferentiatie. Je kan de link leggen met stamceltherapie (behandeling van leukemie, maken van nieuwe organen ...) en met het kloneren van planten.

## 4.2.2 Bescherming en afweer tegen lichaamsvreemde stoffen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

**LPD 3 B De leerlingen leggen uit dat het immuunsysteem bij de mens noodzakelijk is om te overleven.**

## ★ Specifieke en niet-specifieke afweer

2de graad: homeostase (II-Nat-d LPD 2B; II-Nat'-d LPD 2B); eigenschappen van virussen, bacteriën en schimmels (II-Nat-d LPD 10B; II-Nat'-d LPD 12B); interacties tussen organismen (II-Nat-d LPD 11B); interacties tussen en gedrag van organismen (II-Nat'-d LPD 13B)

Wenk: Je kan specifieke en niet-specifieke afweer behandelen in samenhang met LPD 1B (bouw en functie van celorganellen en biologische membranen). Je kan dat toelichten aan de hand van eenvoudige schema's waarbij je je beperkt tot de grote lijnen. Je kan gebruik maken van visualisaties en animaties.

Wenk: Je kan dit leerplandoel linken aan STEM-concepten: structuur en functie, modellen van een systeem, oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering.

Extra: Je kan actieve (vaccinatie) en passieve (borstvoeding, serumtherapie) immunisatie, immuuntherapie en afstoting bij orgaantransplantatie behandelen. De bedoeling is om aandacht te besteden aan het systeem op zich; overbodige detaillering ook bij het aanbrengen van de terminologie kan je best vermijden.

Extra: Het ABO-bloedgroepsysteem en het resusysteem kan je aanbrengen vanuit de aan- of afwezigheid van specifieke antigenen op de membranen van de rode bloedlichaampjes. Je kan het belang van de bloedgroep bij bloedtransfusies behandelen; je kan het belang van de resusfactor bij zwangerschap behandelen. Animaties en andere voorstellingen zijn uitstekend geschikt om die inhoud te ondersteunen.

Extra: Je kan aan bod laten komen hoe een afwijkende werking van het immuunsysteem kan leiden tot auto-immuunziekte, allergie, kanker, aids.

Extra: Mogelijke practica en onderzoeksoopdrachten in samenhang met STEM-doelen: bepalen van de bloedgroep (simulaties met kunstbloed te verkrijgen via firma's van didactisch materiaal, digitaal via animaties).

### 4.2.3 Voortplanting

**Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK**

#### *Genetisch materiaal en celdelingen*

#### **LPD 4 B De leerlingen leggen de structuur van chromosoom, chromatine, DNA en het principe van DNA-replicatie uit.**

Wenk: De bouw van een nucleotide vanuit ribose, fosfaat en een stikstofbase; de bouw van de dubbele DNA-helix uit nucleotiden; de bouw van chromatine uit eiwitten en DNA en het spiraliseren van de chromatine tot chromosomen kan je vanuit modellen, afbeeldingen en animaties aanbrengen.

Wenk: Je kan de DNA-replicatie best behandelen vanuit modellen en animaties. Het is de bedoeling dat leerlingen ze kunnen uitleggen aan de hand van een gegeven replicatiemodel.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: systeem en modellen ervan, structuur en functie.



Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen:

- uitwerken van DNA-modellen (puzzel, 3D);
- isoleren van DNA uit bv. tomaat, kiwi.

## **LPD 5 B De leerlingen leggen het belang van mitose en meiose uit voor groei en doorgeven van erfelijk materiaal.**

Wenk: Je kan de DNA-replicatie (LPD 4B), mitose en meiose situeren binnen de celcyclus.

Wenk: Je kan de klemtoon leggen op het verschil tussen beide delingen. Je kan de begrippen haploïde cel, diploïde cel en geslachtscel aanbrengen. Je hoeft de verschillende fasen van mitose en meiose niet in detail te bespreken.

Wenk: Je kan het belang van mitose voor de groei van organismen, voor herstel van weefsels, bij ongeslachtelijke voortplanting en bij kloneren aan bod laten komen. Je kan de link leggen met littekenweefsel, botbreuken, groeistoornissen, chemotherapie bij kankerbehandeling (haaruitval).

Wenk: Het belang van de meiose voor het constant houden van het aantal chromosomen van een soort, de rol van meiose bij het ontstaan van variatie tussen de gameten en het inzicht in het belang van variatie voor evolutie kan je behandelen samen met LPD 12B (evolutie). Het principe van crossing-over kan je duiden als belangrijk voor het ontstaan van genetische variatie bij geslachtelijke voortplanting.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: structuur en functie, oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, modellen van een systeem.

## ***Voortplanting bij de mens***

## **LPD 6 B De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.**

2de graad: hormonale regeling van het voortplantingssysteem (II-Nat-d LPD 9B; II-Nat'-d LPD 9B)

Wenk: Je kan de leerinhouden afbakenen: het is de bedoeling dat leerlingen aan de hand van een gekozen didactiek zoals afbeeldingen, tijdslijn, tabel, schema ... het logisch verloop van de bevruchting en ontwikkeling van embryo en foetus beknopt kunnen bespreken.

De begrippen eicel, zaadcel, zygote, embryo en foetus kan je in een logische samenhang koppelen aan de bevruchting; je kan de link leggen met celdeling LPD 2B (functie van cellen en weefsels).

Wenk: Voorbeelden van factoren die de ontwikkeling beïnvloeden:

- negatief gezondheidsgedrag: voeding, stress, alcohol, drugs, medicijnen, roken;
- positief gezondheidsgedrag: voeding, foliumzuur, beweging, rust;
- mogelijke aandoeningen van de moeder, bv. diabetes, te kleine baarmoeder;
- invloed van leefmilieu: bestraling bv. röntgenstraling, milieuverontreiniging met lood, kwik, cadmium en pesticiden;

- mogelijke effecten door ziekteverwekkers: zikavirus, toxoplasmose, cytomegalovirus, rubella;
- meerlingzwangerschappen.

Wenk: Dit leerplandoel kan je in samenhang behandelen met de STEM-concepten: structuur en functie, modellen van een systeem, oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering.

Wenk: Je kan bij dit leerplandoel de actualiteit betrekken in samenhang met het STEM-doel over de wisselwerking STEM en maatschappij.

Extra: Je kan bij het bespreken van het proces van de bevruchting ook aandacht besteden aan de noodzakelijke voorwaarden voor een geslaagde bevruchting en de natuurlijke barrières die moeten worden overwonnen vanaf geslachtsgemeenschap. Je kan de link leggen met oorzaken van verminderde vruchtbaarheid zoals bijvoorbeeld PCOS, verkleefde eileiders, morfologische afwijkingen bij zaadcellen, vaginaal microbiom. Je kan aspecten van het afweersysteem van de vrouw (aanmaken van antistoffen tegen semen) behandelen in samenhang met LPD 3B (immuniteit).

Extra: Je kan de logische en systematische opeenvolging van de verschillende stadia duiden in samenhang met de hormonale werking (rol van progesteron, oestrogeen, oxytocine). Je kan de werking van hCG en prolactine aan bod laten komen.

Extra: Je kan aandacht besteden aan mogelijkheden om risico's op aandoeningen bij embryo of foetus op te sporen door tests en onderzoeken tijdens de zwangerschap; je kan de beperkingen aan bod laten komen.

## **LPD 7 B De leerlingen leggen uit hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid bij de mens beïnvloeden.**

2de graad: hormonale regeling van het voortplantingssysteem (II-Nat-d LPD 9B; II-Nat'-d LPD 9B)

Wenk: Je kan bij de hormonale regeling van de vruchtbaarheid bij de mens de klemtoon leggen op de natuurlijke regeling (bv. puberteit, menopauze), op hormonale onderdrukking (bv. anticonceptiva, puberteitsremmers, genderbevestigende therapie) en op hormonale stimulering (bv. vruchtbaarheidsbehandelingen).

Wenk: In de tweede graad komen best het correct gebruik van anticonceptiva en het onderscheid tussen hormonale en niet-hormonale middelen aan bod. In de derde graad kan je daarop verder bouwen. Overleg binnen de vakgroep is noodzakelijk. Je hoeft geen volledig overzicht te geven van alle anticonceptiemiddelen: je kan bij het behandelen van de werking van de anticonceptiva een onderscheid maken tussen hormonale en niet-hormonale anticonceptiva en hun betrouwbaarheid vergelijken.

Wenk: De voor- en nadelen van hormonale regeling, de ethische aspecten bij behandeling van onvruchtbaarheid, draagmoederschap, noodpil, abortus ... kan je bediscussieren met de leerlingen in samenhang met STEM-doelen over maatschappelijke uitdagingen en over het ontwikkelen van een oplossing voor een probleem.

Wenk: Je kan voorbeelden van stoffen en gedrag die een mogelijk negatief effect hebben





op de vruchtbaarheid aan bod laten komen: roken, alcohol, over- en ondergewicht strak ondergoed dragen, langdurig zitten, geneesmiddelen, pesticiden, chemicaliën, medische behandelingen zoals chemo- en radiotherapie, soa. Ook mogelijk positieve effecten op de vruchtbaarheid kan je behandelen zoals gezonde leefstijl, frequentie van geslachtsgemeenschap.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering.

Extra: Je kan de anticonceptiva benaderen vanuit de actualiteit. Het gebruik van de koffer met voorbehoedsmiddelen van Sensoa is aan te raden. Je kan voor de koffer terecht bij Sensoa, bij CLB en bij mutualiteiten. Je kan leerlingen verwijzen naar betrouwbare informatiebronnen zoals bijvoorbeeld de website van Sensoa, huisarts.

Extra: Je kan technieken in verband met verminderde vruchtbaarheid aan bod laten komen: kunstmatige inseminatie (KI, KID), in vitrofertilisatie (IVF), intracytoplasmatische sperma-injectie (ICSI), in-vitro-maturatie (IVM), donoreicel, donorzaadcel ...

Extra: Je kan de noodzaak tot preventie van soa's gecombineerd met een beperkt overzicht van biologisch verloop en behandeling aan bod laten komen.

## 4.2.4 Genetica

**Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK**

### *Chromosomale genetica*

#### **LPD 8 B De leerlingen leggen de kansen op overerving van kenmerken bij monohybride kruisingen uit.**

##### ★ Gen als drager van genetische informatie

Wenk: Een gen is een natuurlijke eenheid van erfelijke informatie. Je kan benadrukken dat het kan worden beschouwd als een stukje van het DNA dat de informatie voor de vorming van een bepaalde erfelijke eigenschap bevat.

Wenk: Bij het uitwerken van enkele eenvoudige oefeningen en kruisingsschema's kunnen de verschillende overervingsmechanismen worden geoefend en komt de systematische oplossingsstrategie aan bod. Daarbij kan je de begrippen allel, fenotype, genotype, dominant, recessief, co-dominant, intermediair, homozygoot en heterozygoot aan bod laten komen.

Wenk: Je kan duiden dat de meeste kenmerken niet door één gen maar door meerdere genen worden bepaald. Die genen werken samen, bovendien oefent het milieu eveneens een invloed uit op de expressie van genen. Op die manier ontstaat het fenotype.

Je kan voorbeelden van monogenetische kenmerken bij de mens aan bod laten komen.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: structuur en functie, modellen van een systeem.

Extra: Je kan de link leggen met de hielprik bij pasgeboren baby's die screent op ernstige



aangeboren aandoeningen die kunnen worden behandeld.

Extra: Multiple allelen kan je bespreken bij bloedgroepen. Mogelijke toepassingen van geslachtsgebonden genen:

- Y- geslachtschromosoom gebonden genen: TDF- en MIS-gen in SRY (Sex-determining Region of Y),
- X- geslachtschromosoom gebonden genen met recessieve allelen (Daltonisme, hemofilie en spierdystrofie van Duchenne). Die kan je aan de hand van stamboomanalyse (koningshuizen in Europa) illustreren.

Extra: Je kan duiden dat een aangeboren aandoening niet noodzakelijk een erfelijke aandoening is, bv. spina bifida, en dat een erfelijke aandoening niet altijd tot uiting komt bij de geboorte, bv. ziekte van Huntington. Je kan de leerlingen wijzen op de centra voor menselijke erfelijkheid waar men terecht kan voor informatie over erfelijkheid aan personen en families die worden geconfronteerd met aangeboren afwijkingen. Je kan wijzen op de voor- en nadelen van commerciële bedrijven waar je eenvoudig terecht kan voor DNA-sequencing.

## Moleculaire genetica

### LPD 9 B De leerlingen leggen het verband uit tussen genexpressie en fenotype.

Wenk: Je kan aan bod laten komen dat elk gen de boodschap draagt voor een eiwit en dat via een eiwit een kenmerk tot uiting komt. De begrippen mRNA, tRNA en codon kan je aan bod laten komen om het principe van transcriptie en translatie te verduidelijken zonder er gedetailleerd op in te gaan. Het gebruik van modellen, afbeeldingen, animaties is zeker aan te bevelen om de dynamiek en chronologie van transcriptie en translatie te illustreren. Stapsgewijze visualisering kan bij vele leerlingen tot een betere begripsvorming leiden.

Wenk: Omgevingsfactoren kunnen zowel fenotypische (niet-overerfbare) veranderingen als genotypische (overerfbare) veranderingen in het DNA doen ontstaan. De epigenetische effecten zijn moeilijk te onderscheiden van de echte mutaties.

Wenk: Je kan epigenetische modificaties aan bod laten komen; zij beïnvloeden vooral de mate van expressie van het gen. Naast de echte mutaties in het DNA zijn er omkeerbare effecten die niet enkel de DNA-drager beïnvloeden, maar implicaties kunnen hebben op de volgende generaties (bijvoorbeeld invloed op de vruchtbaarheid).

Wenk: Concrete voorbeelden van mutagene milieufactoren kan je aan bod laten komen vanuit chemische, biologische en fysische beïnvloedingsfactoren in samenhang met LPD 8 F (ioniserende straling) en LPD 1C chemie (link met ethanol). Je kan het verband tussen mutaties en het ontstaan van kanker aan bod laten komen.

Wenk: Begrippen als *Nature and nurture* kan je aan bod laten komen.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: systemen en modellen ervan, patronen, oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering.

Extra: Je kan voorbeelden van veranderingen in het DNA aan bod laten komen die resulteren in eiwitdefecten: spierdystrofie, diabetes (al of niet insuline maken), albinisme (al of niet melanine aanmaken), dwerggroei, jicht ...



## LPD 10 B De leerlingen illustreren hoe de mens overerving kan beïnvloeden.

Wenk: Je kan het onderscheid tussen natuurlijke en menselijke beïnvloeding van het genoom aan bod laten komen. Je kan voorbeelden van veredelen bij dieren (honden, paarden, duiven, runderen) of veredelen en kruisen bij land-en tuinbouwgewassen (grootte, groeiduur) aan bod laten komen. Voorbeelden van gentechnologie zijn insuline-producerende bacteriën, resistente aardappelen tegen aardappelplaag, schimmels die melkeiwit maken ...

Wenk: Samen met het ontrafelen van het genoom van de mens, maar ook met dat van modelorganismen van bacteriën, dieren en planten, heeft de wetenschap de weg geopend naar tal van technische, medische en agrarische toepassingen ... Je kan een aantal voorbeelden aan bod laten komen.

Wenk: Vanuit de ontdekking en kennis van plasmiden, van restrictie-enzymen en ligasen, die DNA knippen en plakken, kan je de ontwikkeling en het ontstaan van transgene organismen of GGO's (Genetisch Gemodificeerde Organismen) duiden. De bedoeling is om aandacht te besteden aan de technologische mogelijkheden op zich, zonder te vervallen in details.

Wenk: Bij de ontwikkeling van nieuwe technologische toepassingen is een maatschappelijk debat belangrijk. Sommige toepassingen zijn onmisbaar, andere zijn omstreden. De op biologische inzichten gebaseerde technieken kan je vanuit ethisch standpunt kritisch benaderen. Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-doel over wisselwerking met de maatschappij.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, patronen.

### 4.2.5 Ontstaan en evolutie van soorten

**Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK**

## LPD 11 B De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie.

**Samenhang derde graad:** ontstaan heelal (III-Aar-d LPD 12)

Wenk: Je kan aan de hand van figuren en foto's van voorbeelden een aantal argumenten illustreren: argumenten om de evolutiegedachte te ondersteunen zijn terug te vinden in verschillende wetenschappelijke disciplines zoals anatomie en embryologie, paleontologie, biogeografie, biochemie en moleculaire biologie, ecologie en ethologie.

Wenk: Argumenten tegen de evolutietheorie kan je bespreken waarbij je een kritische houding aanneemt tegenover theorieën die de evolutie tegenspreken zoals creationisme, Intelligent Design ... Het is de bedoeling om leerlingen het inzicht bij te brengen dat de evolutietheorie geen geloofsleer is die zonder meer moet worden aanvaard, maar wel degelijk is gebaseerd op natuurwetenschappelijke argumenten.

Wenk: Je kan de link leggen met STEM-doel over wisselwerking met de maatschappij.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten:

oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, patronen, schaal en verhouding.

Extra: Je kan de proef van Miller-Urey aan bod laten komen om het mogelijk ontstaan van proteïnen uit niet-levende materie te verklaren.

## LPD 12 B De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen.

### ★ Tree of life Biologische soort

Wenk: Je kan vertrekken vanuit de discussie over de definitie van het begrip ‘biologische soort’ en dat in verband brengen met de besproken mechanismen: vanaf wanneer is een deelpopulatie voldoende gedifferentieerd om het als een nieuwe soort te benoemen?

Vanuit *Tree of life* kan je de evolutie duiden vanuit de oer cel naar de huidige soortenrijkdom.

Wenk: De theorieën van *Darwin* en *de Lamarck* kan je vergelijkend bestuderen. In *On the origin of species by means of natural selection* (1859) pleitte *Darwin* voor natuurlijke selectie als een mechanisme voor evolutie. Daarbij kan je benadrukken dat die theorieën ontstonden voor de publicatie van het werk van *Mendel*.

Wenk: Je kan de oorspronkelijke ideeën over evolutie uitbreiden met de begrippen mutatie, isolatie, selectie en genetische drift. Het is belangrijk leerlingen te laten inzien dat binnen het kader van evolutie al die verschijnselen toevallig optreden, zowel gelijktijdig als niet gelijktijdig. Bovendien zijn variaties en mutaties nooit bewust of doelgericht, maar kunnen ze wel een selectief voordeel bieden aan het organisme. Je kan benadrukken dat die mechanismen een effect hebben op populaties van soorten en niet op niveau van het individu. Je kan de link leggen met de hominisatie.

Wenk: Je kan vanuit *Nature of science* aan bod laten komen dat inzichten in het domein van de evolutieleer voortdurend worden bijgesteld omwille van nieuwe vondsten, betere onderzoekstechnieken ... waarbij je de link kan leggen met de snel evoluerende DNA-technologie.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, patronen, schaal en verhouding.

Wenk: Je kan in samenhang met de STEM-doelen uit waarnemingen (afbeeldingen, animaties, modellen) van skeletten, van hersenen, harten en ademhalingsorganen van gewervelde dieren argumenten laten afleiden die de biologische evolutie ondersteunen.

## 4.3 Chemie

### 4.3.1 Structuur en eigenschappen van de materie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

#### Macromoleculen



## LPD 1 C De leerlingen brengen de structuur van eenvoudige organische moleculen en van kunststoffen in verband met eigenschappen of toepassingen.

- Wenk: Het volstaat om eenvoudige organische moleculen met eigenschappen of toepassingen te behandelen die ook als monomeer aan bod kunnen komen bv. alkenen, alcoholen, carbonzuren, aminen ... Je kan organische stoffen aan bod laten komen die vaak voorkomende toepassingen hebben in het dagelijks leven zoals ethanol, methanol, etheen bij rijpend fruit, esters als geurstof, azijnzuur, mierenzuur ...
- Wenk: Het is belangrijk dat leerlingen inzien dat stoffen met analoge eigenschappen vaak ook een zelfde functionele groep hebben. Je kan een organische stofklasse behandelen aan de hand van een determinatietabel.
- Wenk: Je kan bij polymeervorming begrippen als monomeren (een eenheid), dimeren (twee eenheden die een entiteit vormen) en polymeren (veel eenheden die een entiteit vormen) aan bod laten komen. Monomeren worden aaneengeschakeld tot dimeren en polymeren. De structuur van en het type monomeren bepalen de eigenschappen, naam en toepassingen van het daaruit opgebouwd polymeer.
- Wenk: Kunststoffen die je aan bod kan laten komen: PE, PET, PVC, PA. De kunststof kan je bestuderen in functie van de opbouw vanuit de monomeren met typische eigenschappen (bijvoorbeeld etheen) en de daaruit voortvloeiende eigenschappen van de kunststof en zijn toepassingen. Bij de vervormbaarheid van kunststoffen kan je de opdeling in thermoharders, thermoplasten en elastomeren aan bod laten komen. Je kan toepassingen van kunststoffen behandelen: in geneeskunde (prothesen, zelfvernietigende hechtingsdraad, kunstlenzen, brilglazen), in keukenmateriaal, in de auto, in de fiets ...
- Wenk: Je kan voorbeelden van bioplastics behandelen zoals biobased PUR, PBS, PHA, PCL, PTT, PLA ... De term 'bio' in bioplastics verwijst naar twee verschillende aspecten die vaak met elkaar worden verward, namelijk de oorsprong van het materiaal: plastics gemaakt van biomassa (biogebaseerde plastics), organische stoffen, CO<sub>2</sub> of CH<sub>4</sub> (in plaats van aardolie) of de eigenschap van het materiaal: biodegradeerbaar of composteerbaar. De oorsprong van het materiaal en de eigenschappen ervan staan volledig los van mekaar. Biodegradeerbare plastics zijn niet noodzakelijk gemaakt uit biologisch materiaal en omgekeerd zijn biogebaseerde plastics niet steeds biodegradeerbaar. Voorbeelden van toepassingen van biodegradeerbare of composteerbare bioplastics zijn: in verpakkingsmateriaal (polylactaat), in geneeskunde (PGA), in biologische en chemische processen ...
- Wenk: Het is belangrijk om aandacht te hebben voor toekomstige ontwikkelingen: de sector van kunststoffen en bioplastics evolueert snel, opsommingen zijn niet limitatief.
- Wenk: Je kan vanuit eenvoudige en aanschouwelijke voorbeelden de productie en recyclage van kunststoffen aan bod laten komen bijvoorbeeld van fles tot fleecce, extrusie van polymeren voor productie van voorwerpen (tuinstoel, fles, kunststofdraad ...), basis voor 3D-printen Dat kan in samenhang met het leerplandoel LPD 7C (reflecteren over toepassingen in het kader van duurzame chemie).
- Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: structuur

en functie, systemen en modellen ervan.

**Wenk:** Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen:

- bepalen van het verschil tussen thermoharder, thermoplast en elastomeer;
- maken van (bio)plastics;
- identificatie van soorten kunststoffen.

**Extra:** Je kan polymerisatiemechanismen als polyadditie en polycondensatie behandelen. Het is de bedoeling dat leerlingen ze herkennen in gegeven reactievoorbeelden.

## **LPD 2 C De leerlingen leggen de structuurkenmerken uit van (poly)sachariden, proteïnen en lipiden.**

**Wenk:** Dit leerplandoel hangt samen met LPD 3C (belang van biomoleculen) en met LPD 1B, 2B waar leerlingen het verband leggen tussen celtypen en hun functie in weefsels en organen.

**Wenk:** Polysachariden: het weergeven en herkennen van de symbolische voorstelling van glucose als 6-ring en fructose als 5-ring, het koppelen van monosachariden tot di- en polysachariden en het herkennen van de glycosidische binding.  
Proteïnen: de structuur van aminozuren met vereenvoudigde voorstelling van de restgroep, het herkennen van de peptidebinding, de vorming van dipeptiden, tripeptiden, polypeptiden en de primaire t.e.m. de quaternaire structuur.  
Lipiden: de structuur van triglyceriden, glycerol, (on)verzadigde vetzuren, oliën en vetten, steroïden en fosfolipiden.

**Wenk:** Het is de bedoeling om structuurkenmerken en structuren te herkennen (niet uit het hoofd te leren) en toe te wijzen aan een groep.

**Wenk:** Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: structuur en functie, systemen en modellen ervan.

**Extra:** Structuur van nucleïnezuren: de structuur van nucleotiden (suiker, fosfaatgroep, soorten basen), de koppeling van nucleotiden tot de dubbele helixstructuur (in DNA) of tot de RNA-structuur komen aan bod.

## **LPD 3 C De leerlingen lichten het belang van (poly)sachariden, proteïnen en lipiden toe in biologische processen.**

**Wenk:** Voorbeelden waar biologische processen als toepassing worden gebruikt:-  
enzymen in wasmiddelen, zachte vulling pralines ...

**Wenk:** Voorbeelden van voorkomen en belang van (poly)sachariden (glucose, fructose, lactose, sucrose, zetmeel) bij leveren van energie (snelle en trage suikers), als vezel (cellulose in structuren van planten) ook noodzakelijk bij darmtransit, in fotosynthese, bij vergisting, bij fermentatie ...

Voorbeelden van voorkomen en belang van aminozuren en proteïnen: in opbouw en contractie van spieren (actine, myosine), in opbouw van structuren (haar, nagels), in transporteiwitten bv. hemoglobine, in enzymen, in regulatoren bv. bij genexpressie, in immuniteit (antilichamen).

Voorbeelden van voorkomen en belang van vetzuren, glycerol en vetten: in energieopslag bij bewegende organismen, in opbouw van membranen, in opslag



van vitamines, in hormonen.

Wenk: Mogelijke onderzoeksonderwerpen: kwalitatieve analyse van voedingsmiddelen, werking van enzymen, in samenhang met STEM-doelen.

Extra: Je kan toepassingen van biomoleculen aan bod laten komen.

Extra: Voorbeelden van voorkomen en belang van nucleïnezuuren: in de genetische informatie-flow, in de farmaceutische industrie (voorbeeld van covid-vaccin als mRNA-vaccin), in de biotechnologische industrie.

## Nanomaterialen

### LPD 4 C De leerlingen leggen structuur en toepassingsmogelijkheden van nanomaterialen uit.

Wenk: Je kan nanomaterialen omschrijven in functie van de schaalgrootte en mogelijk gewijzigde eigenschappen (bijvoorbeeld magnetische, elektrische, katalytische eigenschappen) waarbij leerlingen zelf een aantal toepassingen kunnen geven.

Wenk: Nanowetenschappen is de studie van structuren en moleculen op een schaal tussen 1 en 100 nm, terwijl nanotechnologie gebruikt maakt van die structuren in praktische toepassingen. Nanowetenschappen en nanotechnologie zijn een groeiend en vrij recent onderzoeksgebied waarbij structuren, apparaten en systemen zijn betrokken met nieuwe eigenschappen en functies vanwege de rangschikking van hun atomen op de schaal van 1 tot 100 nm.

Wenk: Je kan verschillende soorten van nanomaterialen aan bod laten komen: koolstofgebaseerde nanomaterialen zoals fullerenen, koolstofnanobuisjes, grafeen, nanodiamant, koolstofdots; nanoporeuze materialen zoals actieve kool, poreus silicium; metaalgebaseerde nanostructuren en nanopartikels zoals ijzer, zilver, goud, platina.

Wenk: Nanotechnologieën dragen bij aan elk wetenschapsgebied, waaronder natuurkunde, materiaalkunde, chemie, biologie, informatica en techniek.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: structuur en functie, systemen en modellen ervan, schaal, verhouding en hoeveelheid.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-doel over wisselwerking STEM en maatschappelijke uitdagingen en met LPD 7C (reflecteren over toepassingen in het kader van duurzame chemie).

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: bereiden van nanodeeltjes bv. zinkoxide in zonnecrème, maken van een zonnecel met titaandioxide.

Extra: Je kan de opbouw van nanomaterialen aan bod laten komen in twee categorieën: een top-down methode waarbij wordt vertrokken vanuit bulkmateriaal dat via verschillende processen wordt afgebroken en een bottom-up methode die start vanuit atomen en moleculen die vervolgens onder gecontroleerde omstandigheden worden gemanipuleerd bij hun bindingsproces in nanostructuren.

## 4.3.2 Dynamiek van de chemische reactie

### Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

#### LPD 5 C De leerlingen interpreteren de snelheid van een chemische reactie en beïnvloedende factoren.

2de graad: materie- en energie-uitwisseling bij reacties (II-Nat-d LPD 4C, 5C; II-Nat'-d LPD 4C, 5C)

Wenk: Het botsingsmodel wordt als verklaringsmodel gehanteerd bij voorbeelden van stofomzettingen uit de leefwereld. De snelheidsbepalende factoren zijn de variabelen in dit model. Je kan ook het begrip 'effectieve botsing' aanbrengen.

Wenk: Voorbeelden van het onderscheid tussen trage en snelle reacties: roesten van ijzer, voedingsmiddelen koel bewaren, explosieven.

Wenk: In het kader van het botsingsmodel kan activeringsenergie worden gedefinieerd als de energie die nodig is om een reactie te laten starten. De reactie-energie is het energieverval tussen die van de reactieproducten en de reagentia.

Wenk: Het is de bedoeling om reactiesnelheid te benaderen als de verandering van de concentratie van reagentia of reactieproducten binnen een bepaald tijdsinterval; je kan je beperken tot een kwalitatieve benadering.  
Je kan factoren die de reactiesnelheid beïnvloeden, behandelen zoals concentratie, temperatuur, verdelingsgraad en katalysator en de link leggen met het botsingsmodel.

Wenk: Je kan het gebruik van katalysatoren bv. autokatalysator, duiden omwille van hun invloed op de activeringsenergie. Je kan het belang van katalysatoren illustreren bij industriële processen en bij natuurlijke processen zoals de aanmaak van ozon in de atmosfeer en bij enzymen.

Wenk: Voorbeelden uit het dagelijks leven waarbij snelheidsbeïnvloedende factoren worden gebruikt: voeding bewaren in de koelkast, gevaar van stofexplosie reduceren, zuurstofmasker toedienen aan zieken, afschermen van (zon)licht ...

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met leerplandoel LPD 2B (verwijzen naar energiedragers zoals ATP).

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen: onderzoek van de snelheidsfactoren in samenhang met STEM-doelen.

Extra: Je kan de werking en functie van de (bio)katalysator behandelen in samenhang met LPD 2B en enzymwerking toelichten.

#### LPD 6 C De leerlingen leggen een chemische reactie uit als een dynamisch proces.

Wenk: Bij een chemische reactie is er geen reden waarom een reactie maar in één richting zou kunnen doorgaan aan de hand van het botsingsmodel: elke reactie is in theorie omkeerbaar. Je kan dit duiden in voorbeelden zoals in hemoglobine/oxyhemoglobine, oplaadbare batterijen.

Wenk: Omdat omkeerbaarheid van reacties eerder abstract is voor de leerlingen, kan je de leerinhouden illustreren en visualiseren met (demo-) experimenten





(bijvoorbeeld kleurveranderingen in stoffensystemen) of simulaties.

Wenk: Een aflopende reactie kan worden beschouwd als een uiterst geval van een evenwichtsreactie waarbij het evenwicht volledig naar rechts is verschoven. Je kan een evenwichtsreactie duiden aan de hand van eenvoudige voorbeelden bv. de evenwichtstoestand in een fles spuitwater.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksopdrachten in samenhang met STEM-doelen:

- kleuromslag bij  $\text{CuCl}_2$  in oplossing;
- kleuromslag van  $\text{N}_2\text{O}_4$  naar  $\text{NO}_2$  (demoproef).

### 4.3.3 Duurzame chemie

#### Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

#### LPD 7 C De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.

Wenk: Bij het behandelen van toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie kan je het gebruik van grondstoffen en van energiebronnen beargumenteren.

Wenk: Duurzame chemie heeft te maken met het gebruik van hernieuwbare grondstoffen en meer efficiëntie en hergebruik door onder andere:

- het creëren van nieuwe waardeketens uit hernieuwbare en circulaire grondstoffen;
- te richten op duurzame chemische processen.

Wenk: Het principe van circulaire chemie kan je vergelijken met het systeem van de natuurlijke kringloop en toelichten en stofferen met concrete voorbeelden. De transitie van lineaire chemie (take-make-waste) over groene chemie naar circulaire chemie (cradle to cradle) kan je aan bod laten komen.

Wenk: Productieprocessen en het gebruik van relevante grondstoffen zoals productie van bioplastics (PLA) in samenhang met de mogelijke biodegradeerbaarheid van de bioplastics in LPD 1C, productie van waterstofgas ...

Wenk: Je kan illustreren dat het proces van downcycling (groene chemie) vaak wordt gebruikt, maar het is wenselijker om het product te herleiden tot de oorspronkelijke grondstof met dezelfde eigenschappen van waaruit weer kan worden verder gewerkt. Je kan de link leggen met het STEM-doel over wisselwerking met de maatschappij.

Wenk: Je kan reflecteren over het aanwenden of exploreren van zonne-energie, windenergie, energie uit biomassa, energie uit waterkracht (minder van toepassing in België) of lucht en bodemwarmte als duurzame alternatieven voor fossiele C-brandstof (steenkool, aardgas, aardolie). Het probleem van het radioactief afval bij kernenergie komt aan bod in LPD 3F (veiligheidsaspecten).

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-doel over wisselwerking tussen STEM en maatschappij (duurzaamheidsvraagstuk) en ook stilstaan bij federale en Europese beleidsmaatregelen.

Wenk: Je kan de link leggen naar de STEM-doelen en een onderzoeksopdracht geven



over eindigheid van grondstoffen, over een tweede leven voor afval (bv. biogas, appellerder).

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM- concepten: structuur en functie, patronen.

## 4.4 Fysica

### 4.4.1 Elektromagnetisme

**Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK**

#### LPD 1 F De leerlingen lichten eigenschappen van elektrische krachtwerking toe.

2de graad: verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand (II-Nat-d LPD 9F; II-Nat'-d LPD 12F); gebruik van een atoommodel (II-Nat-d LPD 6C; II-Nat'-d LPD 6C)

Wenk: Elektrische ladingen kunnen elkaar aantrekken of afstoten. De grootte van de elektrische krachtwerking neemt af bij een toename van de afstand tussen beide ladingen. De elektrische krachtwerking op een lading neemt toe met de grootte van zijn lading.

Wenk: Een geladen lichaam (bv. een geladen PVC-buis) beïnvloedt de ladingsverdeling bij andere lichamen in zijn buurt. Dat is elektrostatische influentie. Je kan het verschil tussen influentie in een geleider en een isolator aangeven: bij een geleidend lichaam gebeurt de ladingshervreiding door een verplaatsing van vrije elektronen, bij een isolator wordt elk materiedeeltje een dipool.

Extra: Je kan aan de hand van proefjes het opladen door wrijving of contact illustreren en duiden vanuit de tribo-elektrische reeks. In het dagelijks leven kunnen door elektrostatische oplading hoge spanningen ontstaan met vonkoverslag. Daardoor ontstaat kans op explosie zoals bij het tanken.

Extra: Voorbeelden van technische systemen waarin gebruik wordt gemaakt van elektrostatica zijn poedercoating, stoffiltratie, printer, fotokopieertoestel, sorteren van kunststoffen, reinigingsdoekjes die stof aantrekken, sommige mondmaskers, systemen voor luchtzuivering.

Extra: Een elektrische kracht werkt op afstand en is dus een veldkracht. We zeggen daarom dat er rond een elektrische lading een elektrisch veld heerst.

Extra: In een opgeladen geleidend object bevinden de ladingen zich verspreid over de buitenzijde waardoor er aan de binnenzijde geen resulterend elektrisch veld is. Dat geeft aanleiding tot elektrische schermwerking (kooi van Faraday). Je kan dat illustreren in technische systemen zoals een auto, een tunnel in gewapend beton, een coaxiale kabel, de kooi van een microgolfoven (inclusief draadnet in deurglas), afscherming van elektronische apparatuur in ziekenhuizen, vliegtuigen ...

Extra: Je kan van een aantal krachten de elektrische oorsprong aangeven, bv. cohesie, adhesie, veerkracht, spankracht, normaalkracht. Je kan de link leggen met de elektrische kracht in een atoom. In Chemie komt het begrip elektrische lading aan bod.



## LPD 2 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van permanente magneten, elektromagneten en elektromagnetische inductie.

- Wenk: Je kan onderzoeken welke stoffen al dan niet worden aangetrokken door een magneet. Twee magneten kunnen elkaar aantrekken of afstoten. Zo kan je het concept magneetpool introduceren.
- Wenk: Je kan via waarnemingen het bestaan van een magnetisch veld rondom een staafmagneet en een hoefijzermagneet aantonen. Dat veld kan je beschrijven aan de hand van het veldlijnenmodel.
- Wenk: Je kan via waarnemingen het bestaan van een magnetisch veld rondom een stroomvoerende spoel aantonen. Dat veld kan je beschrijven aan de hand van het veldlijnenmodel en vergelijken met het veld van een permanente staafmagneet. Elektromagneten worden gebruikt bij deurbellen, MRI-scanners, relais, afvalsortering, automatische zekering, afstandsbediende deurontgrendeling ...
- Wenk: Je kan via een eenvoudige proef aantonen dat op een stroomvoerende geleider die in een magnetisch veld wordt gebracht een magnetische kracht ontstaat. Je kan aangeven dat elektrische motoren op dat fenomeen zijn gebaseerd. Leerlingen hoeven de werking van een elektromotor als systeem niet toe te lichten. Ook luidsprekers (zoals in hoofdtelefoons) werken op dat principe.
- Wenk: Je kan aantonen dat de relatieve beweging van een magneet tegenover een spoel een elektrische spanning opwekt in de spoel. Dat is elektromagnetische inductie. De spanning is afhankelijk van de bewegingssnelheid en de grootte van het magnetisch veld. Toepassingen van het elektromagnetisch inductieverschijnsel vinden we in sensoren zoals microfoon, pick-up van een elektrische gitaar, detectoren van voertuigen, werking van het fietscomputertje, opladen van batterijen.
- Wenk: Je kan bespreken dat het grootste deel van de elektrische energie wordt opgewekt door generatoren via elektromagnetische inductie. Leerlingen hoeven de werking van een generator als systeem niet toe te lichten.
- Extra: Je kan het magnetisme van een permanente magneet duiden met de theorie van de elementaire magneetjes. Je kan besluiten dat binnen de materie bewegende ladingen voorkomen die de materie magnetisch maken.
- Extra: Je kan dit doel koppelen aan het STEM-doel over het voeren van onderzoek en bijvoorbeeld een circuitpracticum opzetten met experimentjes over (elektro-)magnetisme.

### 4.4.2 Kernfysica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

## LPD 3 F De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening en bijbehorende veiligheidsaspecten.

- 2de graad: gebruik van een atoommodel (II-Nat-d LPD 6C; II-Nat'-d LPD 6C); relatieve en absolute massa
- Wenk: Je kan de equivalentie tussen massa en rustenergie toelichten aan de hand van de

formule van Einstein. Je kan het begrip specifieke rustenergie (gemiddelde rustenergie per kerndeeltje) introduceren.

Wenk: Je kan op een grafiek de specifieke rustenergie weergeven in functie van het massagetal en aangeven dat die grafiek een minimum vertoont bij Fe-56. Lichtere of zwaardere kernen hebben een hogere specifieke rustenergie: uit die kernen kan energie worden gewonnen via kernfusie of kernsplitsing.

Wenk: Aan de hand van een voorbeeld kan je laten vaststellen dat de totale rustenergie daalt wanneer een zware kern splitst. Er geldt behoud van energie: het verschil in rustenergie wordt als kinetische energie meegegeven met de splitsingsproducten. De huidige kerncentrales zijn gebaseerd op kernsplitsing.

Wenk: Aan de hand van een voorbeeld kan je laten vaststellen dat de totale rustenergie daalt wanneer twee lichte kernen fuseren tot een zwaardere kern. Er geldt behoud van energie: het verschil in rustenergie wordt als kinetische energie meegegeven met de fusieproducten. De belangrijkste operationele fusiereactor voor ons is de zon.

Wenk: Je kan de werking van een kerncentrale bespreken met aandacht voor veiligheids- en regelsystemen. Je kan risico's (bv. kettingreactie) illustreren aan de hand van gekende nucleaire ongevallen.

Wenk: Je kan ingaan op de problematiek van de langetermijnberging van radioactief afval en het verschil tussen hoog- en laagradioactief afval kan aan bod komen. Men onderzoekt hoe men langlevend afval kan omzetten naar minder langlevende isotopen.

Extra: Je kan aangeven dat een kerncentrale voorziet in een gecentraliseerde productie van veel elektriciteit waarbij nauwelijks CO<sub>2</sub> vrijkomt, de belangrijkste oorzaak van de huidige klimaatverandering.

Extra: Kerncentrales op basis van kernfusie zijn in volle ontwikkeling, maar kennen belangrijke technologische uitdagingen, zoals de erg hoge temperaturen die zijn vereist. Verwacht wordt dat fusiereactoren enkel bij de ontmanteling een beperkte hoeveelheid laagradioactief afval zullen genereren.

Extra: Je kan aangeven dat de chemische elementen tot en met ijzer voornamelijk zijn ontstaan als fusieproducten in sterren. De leerlingen hoeven die fusiereacties niet weer te kunnen geven. Elementen zwaarder dan ijzer ontstaan bij super- en kilonova's. Alle chemische elementen (waaronder die in het menselijk lichaam) en behalve de zeer lichte, zijn het resultaat van kernreacties in sterren.

#### **LPD 4 F De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.**

**Samenhang derde graad:** exponentiële functies (III-Wis-d LPD 10; III-WisS-d LPD 10; III-WisS'-d LPD 10; III-WisS''-d LPD 15)

Wenk: Je kan aangeven dat de kerndeeltjes in een atoomkern bij elkaar worden gehouden worden door de (residuele) sterke interactie die ingaat tegen de sterke elektrostatische afstotingskracht tussen de protonen.

Wenk: Je kan inbrengen dat radioactief verval een spontaan proces is waarbij een atoomkern evolueert naar een toestand met een lagere specifieke rustenergie. Je



kan dat op een nuclidekaart weergeven. Instabiele kernen gaan spontaan vervallen en zenden daarbij ioniserende straling uit: deeltjes (alfa, bèta-straling) en hoogenergetische EM-straling (gammastraling).

Wenk: Je kan bespreken dat ioniserende straling voldoende energie bevat om een elektron van een atoom weg te slaan en dus chemische verbindingen te verbreken. Dat effect kan bij organismen de organische moleculen in de cellen aantasten. Je kan lichamelijke en genetische schade bespreken.

Je kan aangeven dat ioniserende straling van nature aanwezig is in ons leefmilieu. Je kan de soorten stralen met elkaar vergelijken op basis van hun ionisatie- en doordringingsvermogen.

Wenk: Je kan het onderscheid maken tussen natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit. Je kan de bijdragen van de verschillende bronnen aan de jaarlijkse gemiddelde blootstelling van mensen aan ioniserende straling met elkaar vergelijken en bespreken.

Extra: Je kan aangeven dat de rustenergie (en dus de massa) van de kern bij verval afneemt: dat is massadefect.

Extra: Voorbeelden van toepassingen die aan bod kunnen komen: gebruik van radionucliden in geneeskunde (radiodiagnose zoals PET-scan, SPECT-scan, tracers, radiotherapie ...), steriel maken van materialen, conserveren van voeding, bij detectie van slijtage van machineonderdelen, bij de controle van lasnaden, bij diktemetingen.

Extra: Om de effecten van een blootstelling aan straling in te schatten bepaalt men het dosisequivalent dat is opgelopen, uitgedrukt in sievert. Die is afhankelijk van het soort straling en het type weefsel. Daarnaast speelt ook de blootstellingsduur een belangrijke rol. Je kan de blootstelling aan ioniserende straling beperken door afstand te houden van de bron, je af te schermen (bv. loden schort bij röntgenfoto's) en de blootstellingsduur kort te houden.

Extra: Je kan wijzen op het verschil tussen bestraling (stralingsenergie absorberen vanop een afstand en buiten het lichaam) en besmetting (fysiek contact met een radioactieve stof, inwendig of uitwendig). Bestraling stopt wanneer je voldoende afstand neemt van de bron. Bij besmetting moet de radioactieve bron worden verwijderd.

#### 4.4.3 Kracht en bewegingsverandering

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

**LPD 5 F De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.**

2de graad: resulterende kracht en bewegingsverandering (II-Nat-d LPD 2F; II-Nat'-d LPD 3F)

Wenk: De traagheidswet kan worden geïllustreerd vanuit contexten zoals bv. een veiligheidsgordel/airbag, vastbinden van de lading in een verhuishwagen, compartimentering in een tankwagen, het snel wegtrekken van een tafelkleedje, gebruik van voor- en achterrem bij een fiets. Je kan aangeven dat de massa een

maat is voor de traagheid van een voorwerp: hoe groter de massa, hoe kleiner de versnelling van een voorwerp bij eenzelfde resulterende kracht.

- Wenk: Je kan voor eenvoudige situaties (tangentieel en normaal) aan de hand van vectoriële voorstellingen en animaties het verband bespreken tussen de versnellingsvector en de verandering van de snelheid van een lichaam. Een constante tangentiële versnelling geeft een EVRB, een constante normale (middelpuntzoekende) versnelling geeft een ECB. Hoe groter de versnelling, hoe hoger het tempo waarmee de snelheid verandert van grootte of van richting. Je kan via een eenvoudig getallenvoorbeeld de eenheid voor versnelling bespreken.
- Wenk: Een versnelling heeft een effect op het menselijk lichaam en is dus fysiek voelbaar. Snelheid is dat niet. Pretparken spelen daarop in. Te grote versnellingen zijn schadelijk en moeten worden vermeden. Je kan enkele vertragende maatregelen bespreken: kreukelzones, valhelm ...
- Wenk: Je kan in eenvoudige situaties (tangentieel en normaal) aantonen dat een resulterende kracht en een versnelling steeds samen optreden en steeds dezelfde richting en zin hebben: versnellen of vertragen met een fiets, een satelliet in een baan rond de aarde ...
- Wenk: De derde wet van Newton gaat over interacties tussen twee lichamen (vaak “actie- en reactie” genoemd) waarbij ze gelijktijdig op elkaar een even grote maar tegengestelde kracht uitoefenen. Om aan te tonen dat de krachten even groot zijn, kan je 2 verschillende dynamometers gebruiken. Het is belangrijk dat de leerlingen inzien dat de twee krachten aangrijpen op een verschillend lichaam.
- Wenk: Alhoewel actie- en reactiekrachten even groot zijn, kunnen de versnellingen die ze veroorzaken erg verschillend zijn door een verschil in massa. Dat kan je illustreren aan de hand van het voorbeeld van vader en zoon op rolschaatsen. Door het verschil in effect hebben leerlingen het vaak moeilijk om de reactiekracht te vinden: duwen tegen een muur, zwaartekracht, tegen een bal trappen, botsen van een bal ...
- Wenk: De derde wet van Newton wordt vaak toegepast om een voorwaartse stuwkracht op te wekken: wandelen, fietsen, straalaandrijving van een vliegtuig, voortstuwing van een ruimtetuig ... Situaties waarbij het uitoefenen van een actiekracht wordt bemoeilijk (bv. vertrekken op een glad wegdek) kunnen inzicht geven.

#### 4.4.4 Trillingen en golven

**Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK**

#### **LPD 6 F De leerlingen bepalen de uitwijking, de amplitude, de periode en de frequentie van harmonische trillingen op basis van de grafische voorstelling.**

**Samenhang derde graad: goniometrische functies (III-Wis-d LPD 13; III-WisS-d LPD 15; III-WisS'-d LPD 15; III-WisS''-d LPD 20)**

- Wenk: Bewegingen waarbij een lichaam periodiek heen en weer schommelt rond een evenwichtspunt noemen we trillingen. Je kan het begrip beginfase of faseverschuiving buiten beschouwing laten.
- Wenk: Contexten waarmee je harmonische trillingen kan illustreren zijn de trilling van



een massa aan een veer, de trilling van een snaar, de trilling van een stemvork ... Je kan de trilling visueel voorstellen, laten horen en de invloed van de betrokken grootheden (amplitude, frequentie) laten ervaren. Je kan trillingen van instrumenten of de menselijke stem visualiseren en ook verschillen in klankkleur vaststellen aan de hand van de vorm van de trilling.

Wenk: Je kan via een gedempte trilling illustreren dat de amplitude een maat is voor de energie in de trilling. Hoe meer energie wegvloeit uit de trilling, hoe kleiner de amplitude wordt (damping). Je kan dat in verband brengen met intensiteit.

## **LPD 7 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van geluidsgolven en de decibelschaal.**

### **★ Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid**

2de graad: energiebalans van energieomzettingen (II-Nat-d LPD 4F; II-Nat'-d LPD 6F); berekeningen met vermogen (II-Nat-d LPD 6F; II-Nat'-d LPD 8F); prikkels ontvangen in plantaardige en dierlijke organismen (gehoor; II-Nat-d LPD 3B; II-Nat'-d LPD 3B)

Wenk: Het golfmodel kan eenvoudig didactisch worden geïntroduceerd via golven op een touw en in een "slinky" veer (ééndimensionaal) en in golven op een wateroppervlak (tweedimensionaal). De verworven inzichten worden dan toegepast op geluidsgolven en elektromagnetische golven.

Wenk: Bij golven is er geen voortplanting van materie. Er is enkel voortplanting van energie. Je kan aangeven dat er verschillende soorten golven bestaan: transversale en longitudinale golven, mechanische (zoals geluidsgolven) en elektromagnetische golven. De golfsnelheid is afhankelijk van de middenstof.

Wenk: Het omgekeerd evenredig verband tussen golflengte en frequentie kan worden geïllustreerd door een trilling met kleine en vervolgens met grote frequentie via je hand aan te leggen op een lang touw of een veer.

Wenk: Je kan de invloed van de amplitude op het geluidsniveau kwalitatief illustreren. Hoe groter de amplitude, hoe hoger het vermogen dat je oor ontvangt en hoe luider het geluid klinkt. De waarneming van dit vermogen is niet lineair. Voor het geluidsniveau hanteren we daarom een logaritmische schaal: de decibelschaal. Dat heeft voor gevolg dat bij elke verdubbeling van het vermogen dat je oor ontvangt, het geluidsniveau met 3 dB toeneemt. De formule voor geluidsniveau hoeft niet aan bod te komen.

Wenk: Als algemene richtlijn geldt dat een blootstellingsduur van 8 uur aan een geluidsniveau van 75 dB het maximum is om gehoorschade te vermijden. Als het geluidsniveau met 3 dB toeneemt, dien je de blootstellingsduur te halveren. De blootstellingsduur heeft dus een impact op gehoorschade. Je kan leerlingen wijzen op het belang van het gebruik van een goede gehoorbescherming in lawaaiige omgevingen.

## **LPD 8 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van elektromagnetische golven aan de hand van het elektromagnetisch spectrum.**

## ★ Golf als energietransport

2de graad: kwalitatieve energiebalans (II-Nat-d LPD 4F; II-Nat'-d LPD 6F)

Wenk: Je kan bespreken dat een EM-golf bestaat uit een grote, continue stroom pakketjes energie, fotonen genoemd. Hoe hoger de energie-inhoud van de fotonen, hoe hoger de frequentie van de EM-golf die we waarnemen.

Wenk: Leerlingen komen dagelijks in aanraking met elektromagnetische straling. Het meest gekende voorbeeld is het licht van de zon. Je kan op een afbeelding van het elektromagnetisch spectrum aanduiden waar zichtbaar licht zich situeert ten opzichte van andere soorten straling. Bij de hogere frequenties vinden we (ioniserende) straling met een hogere energie zoals uv-stralen en röntgenstralen. Bij frequenties lager dan zichtbaar licht vinden we straling met een lagere energie per foton zoals infraroodstraling, microgolven (waaronder gsm- en wifistraling), radiogolven.

Wenk: Je kan aangeven dat een stof EM-golven in bepaalde verhoudingen kan doorlaten (transmissie), absorberen of reflecteren. Wanneer de EM-golven worden geabsorbeerd, neemt de stof de energie op. Voorbeelden van toepassingen: fotografie, kleurpigmenten, analyse van schilderijen (infraroodreflectografie), verwarming of verhitte door infrarode stralen en door microgolven, radar, in medische toepassingen (diagnose en therapie, steriel maken ...) ...

Wenk: Je kan inbrengen dat stralingsenergie informatie kan overdragen (door de frequentie of de amplitude te veranderen). Denk aan de communicatiemogelijkheden zoals gsm, wifi, gebruik van radiogolven, glasvezeloptica.

Wenk: Je kan aangeven dat elk voorwerp EM-straling uitzendt. Bij kamertemperatuur ligt dat voornamelijk in het infraroodgebied. Infraroodcamera's en nachtkijkers maken ervan gebruik. Sommige dieren hebben zintuigen ontwikkeld die ook infrarood kunnen waarnemen. Wanneer een warmtebron zoals een radiator infraroodstraling uitzendt, wordt dit ook wel stralingswarmte genoemd. Hoe hoger de temperatuur van het voorwerp, hoe hoger de frequentie van de EM-golven.

Wenk: Uv-stralen, röntgenstralen en gammastralen bestaan uit hoogenergetische fotonen die schade kunnen veroorzaken aan moleculen. Gevolgen van EM-golven hangen af van frequentie, blootstellingsduur en intensiteit. Zo worden pigmenten en verven aangetast door uv-straling, wat leidt tot verkleuring en craquelé. Hoogenergetische uv-straling, röntgenstraling en gammastraling is ioniserende straling, wat bij blootstelling kan leiden tot kanker.

Extra: Elektromagnetische golven (behalve zichtbaar licht) zijn onzichtbaar en veroorzaken soms angsten voor toepassingen zoals 5G. Je kan de link leggen naar het STEM-doel over interactie met de samenleving.

## 5 Basisuitrusting

Basisuitrusting verwijst naar de infrastructuur en het (didactisch) materiaal die in lessen Natuurwetenschappen beschikbaar moeten zijn voor de realisatie van de leerplandoelen.





Om de leerplandoelen te realiseren dient de school minimaal de hierna beschreven infrastructuur en materiële en didactische uitrusting ter beschikking te stellen die beantwoordt aan de reglementaire eisen op het vlak van veiligheid, gezondheid, hygiëne, ergonomie en milieu.

De technische voorschriften inzake arbeidsveiligheid van de Codex over het welzijn op het werk en aanvullend ook het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming (ARAB), het Algemeen Reglement op Elektrische Installaties (AREI) en het Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning (VLAREM) zijn van toepassing.

De rubrieken 'Infrastructuur' en 'Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur' beschrijven de minimale materiële vereisten in algemene zin. Verdere materiële vereisten worden in de context van de school nog geconcretiseerd op basis van pedagogisch-didactische keuzes waaronder de geselecteerde proeven, de gebruikte stoffen en de aanwezige (basis)uitrusting. We adviseren de school om de grootte van de klasgroep en de beschikbare infrastructuur en uitrusting op elkaar af te stemmen.

De zorg van de school voor een veilige, gezonde en milieubewuste leef- en leeromgeving in de (praktische) lessen natuurwetenschappen vormen een uitgangspunt. Die zorg voor veiligheid en milieuzorg in het schoollaboratorium wordt geconcretiseerd in adviezen vanuit wettelijke regelgeving rond welzijn en milieu in de uitgave 'Chemicaliën op school' (COS) van de Koninklijke Vlaamse Chemische Vereniging (KVCV). De COS-brochure vormt dan ook de leidraad inzake veiligheidsonderwijs voor leerlingen, de aankoop, opslag en het gebruik van chemicaliën, het milieuvriendelijk en veilig afvalbeheer, de inrichting van wetenschapslokalen en de organisatie van praktijklessen. Er werd rekening gehouden met de pedagogisch-didactische aspecten van de natuurwetenschappelijke vakken in het secundair onderwijs en met het onderwijsniveau, de studierichtingen, de leerdoelen en de vaardigheidsverschillen tussen leraren en leerlingen.

### **Risicoanalyses voor chemicaliën en voor infrastructuur**

Om leerlingen veilig te laten omgaan met chemicaliën en daarbij de nodige preventiemaatregelen te voorzien, wordt binnen de lessen natuurwetenschappen eerst de COS-brochure geraadpleegd en indien nodig een risicoanalyse uitgevoerd. Als hulpmiddel voor het opstellen van die risicoanalyse ontwikkelde de COS-werkgroep een module gekoppeld aan de DBGS (Databank Gevaarlijke Stoffen).

Ook de veiligheid van wetenschaps- en praktijklokalen is essentieel: de bouwstenen van een veilige infrastructuur worden altijd getoetst aan de pedagogisch-didactische praktijk. Ook daarvoor is een hulpmiddel voor risicoanalyse ter beschikking.

De nodige informatie is terug te vinden op de PRO.website onder de rubriek '[Veiligheid, milieu en leerplanrealisatie](#)'.

## **5.1 Infrastructuur**

Een lokaal

- met een (draagbare) computer waarop de nodige software en audiovisueel materiaal kwaliteitsvol werkt en die met internet verbonden is;
- met de mogelijkheid om (bewegend beeld) kwaliteitsvol te projecteren;
- met de mogelijkheid om geluid kwaliteitsvol weer te geven;
- met de mogelijkheid om draadloos internet te raadplegen met een aanvaardbare snelheid;
- met voldoende materiaal (per 2 leerlingen) voor de uit te voeren leerlingexperimenten;
- met een demonstratietafel, waar zowel water als elektriciteit voorhanden zijn;
- met de nodige werktafels, lestafels, voldoende opbergruimte, een wasbak en nutsvoorzieningen;



- met voorzieningen voor correct afvalbeheer;
- dat voldoende ruim is om eventueel flexibele klasopstellingen mogelijk te maken.

Toegang tot (mobile) devices voor leerlingen.

## 5.2 Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen

Om de leerplandoelen te realiseren beschikt elke leerling minimaal over onderstaand materiaal. De school bespreekt in de schoolraad wie (de school of de leerling) voor dat materiaal zorgt. De school houdt daarbij uitdrukkelijk rekening met gelijke kansen voor alle leerlingen.

Om aan onderzoeksgericht onderwijs in natuurwetenschappen te doen is per vakgebied basismateriaal nodig zoals glaswerk, (meet)toestellen, sensoren, 2D- en 3D-modellen, preparaten, chemicaliën, tabellen. Dat basismateriaal is afgestemd op de realisatie van de leerplandoelen. De beschikbaarheid van opstellingen om experimenten uit te voeren kan de lessen vlotter laten verlopen. Er worden persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen voorzien in functie van het uit te voeren onderzoek.

Het aanwezige materiaal is voldoende voor de grootte van de klasgroep. Omdat de leerlingen bij experimenteel werk per 2 (uitzonderlijk per 3) werken, zal een aantal zaken in meervoud aanwezig moeten zijn. Voor de duurdere toestellen kan de school zich afhankelijk van de klasgrootte beperken tot enkele exemplaren die dan in een circuitpracticum worden gebruikt.

## 6 Glossarium

In het glossarium vind je synoniemen voor en een toelichting bij een aantal handelingswerkwoorden die je terugvindt in leerplandoelen en (specifieke) minimumdoelen van verschillende graden.

| Handelingswerkwoord               | Synoniem                       | Toelichting                                                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Analyseren</b>                 |                                | Verbanden zoeken tussen gegeven data en een (eigen) besluit trekken        |
| <b>Beargumenteren</b>             | Verklaren                      | Motiveren, uitleggen waarom                                                |
| <b>Beoordelen</b>                 | Evalueren                      | Een gemotiveerd waardeoordeel geven                                        |
| <b>Berekenen</b>                  | Berekeningen uitvoeren         |                                                                            |
| <b>Berekeningen uitvoeren</b>     | Berekenen                      |                                                                            |
| <b>Beschrijven</b>                | Toelichten, uitleggen          |                                                                            |
| <b>Betekenis geven aan</b>        | Interpreteren                  |                                                                            |
| <b>Een (...) cyclus doorlopen</b> | Een (...) proces doorlopen     | Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken |
| <b>Een (...) proces doorlopen</b> | Een (...) cyclus doorlopen     | Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken |
| <b>Evalueren</b>                  | Beoordelen                     |                                                                            |
| <b>Gebruiken</b>                  | Hanteren, inzetten, toepassen  |                                                                            |
| <b>Hanteren</b>                   | Gebruiken, inzetten, toepassen |                                                                            |
| <b>Identificeren</b>              |                                | Benoemen; aangeven met woorden, beelden ...                                |



|                                |                                |                                                                                                     |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Illustreren</b>             |                                | Beschrijven (toelichten, uitleggen) aan de hand van voorbeelden                                     |
| <b>In dialoog gaan over</b>    | In interactie gaan over        |                                                                                                     |
| <b>In interactie gaan over</b> | In dialoog gaan over           |                                                                                                     |
| <b>Interpreteren</b>           | Betekenis geven aan            |                                                                                                     |
| <b>Inzetten</b>                | Gebruiken, hanteren, toepassen |                                                                                                     |
| <b>Kritisch omgaan met</b>     | Kritisch gebruiken             |                                                                                                     |
| <b>Kwantificeren</b>           |                                | Beredeneren door gebruik te maken van verbanden, formules, vergelijkingen ...                       |
| <b>Onderzoeken</b>             | Onderzoek voeren               | Verbanden zoeken tussen zelf verzamelde data en een (eigen) besluit trekken                         |
| <b>Onderzoek voeren</b>        | Onderzoeken                    | Verbanden zoeken tussen zelf verzamelde data en een (eigen) besluit trekken                         |
| <b>Reflecteren over</b>        |                                | Kritisch nadenken over en argumenten afwegen zoals in een dialoog, een gedachtewisseling, een paper |
| <b>Testen</b>                  | Toetsen                        |                                                                                                     |
| <b>Toelichten</b>              | Beschrijven, uitleggen         |                                                                                                     |
| <b>Toepassen</b>               | Gebruiken, hanteren, inzetten  |                                                                                                     |
| <b>Toetsen</b>                 | Testen                         |                                                                                                     |
| <b>Uitleggen</b>               | Beschrijven, toelichten        |                                                                                                     |
| <b>Verklaren</b>               | Beargumenteren                 | Motiveren, uitleggen waarom                                                                         |

## 7 Concordantie

### 7.1 Concordantietabel

De concordantietabel geeft duidelijk aan welke leerplandoelen de minimumdoelen (MD) realiseren.

| <b>Leerplandoel</b> | <b>Minimumdoelen basisvorming</b> |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1S                  | MD 06.44                          |
| 2S                  | MD 06.43                          |
| 3S                  | MD 06.45                          |
| 4S                  | MD 06.46                          |
| 5S                  | MD 06.36                          |
| 1B                  | MD 06.22                          |

|     |          |
|-----|----------|
| 2B  | MD 06.22 |
| 3B  | MD 06.24 |
| 4B  | MD 06.27 |
| 5B  | MD 06.23 |
| 6B  | MD 06.25 |
| 7B  | MD 06.26 |
| 8B  | MD 06.27 |
| 9B  | MD 06.28 |
| 10B | MD 06.28 |
| 11B | MD 06.29 |
| 12B | MD 06.30 |
| 1C  | MD 06.31 |
| 2C  | MD 06.32 |
| 3C  | MD 06.32 |
| 4C  | MD 06.33 |
| 5C  | MD 06.34 |
| 6C  | MD 06.34 |
| 7C  | MD 06.35 |
| 1F  | MD 06.37 |
| 2F  | MD 06.38 |
| 3F  | MD 06.41 |
| 4F  | MD 06.42 |
| 5F  | MD 06.39 |
| 6F  | MD 06.40 |
| 7F  | MD 06.40 |
| 8F  | MD 06.40 |



## 7.2 Minimumdoelen basisvorming

| Nummer | Minimumdoel                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 06.22  | De leerlingen leggen het verband tussen celtypen en hun functie in weefsels en organen met inbegrip van celademhaling en fotosynthese.                                                                                                                              |
| 06.23  | De leerlingen leggen het belang van mitose en meiose uit voor groei en doorgeven van erfelijk materiaal.                                                                                                                                                            |
| 06.24  | De leerlingen leggen uit dat het immuunsysteem bij de mens noodzakelijk is om te overleven.<br>Onderliggende (kennis)elementen: <ul style="list-style-type: none"><li>– Specifieke en niet-specifieke afweer</li></ul>                                              |
| 06.25  | De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.                                                                                                                                              |
| 06.26  | De leerlingen lichten toe hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid bij de mens beïnvloeden.                                                                                                                                                    |
| 06.27  | De leerlingen lichten de structuur van genetische informatie toe en de wetmatigheden bij overerven.<br>Onderliggende (kennis)elementen: <ul style="list-style-type: none"><li>– Gen als drager van genetische informatie</li></ul>                                  |
| 06.28  | De leerlingen leggen uit hoe genetische informatie tot expressie komt en hoe die informatie beïnvloed kan worden door de mens.                                                                                                                                      |
| 06.29  | De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie.                                                                                                                                                                           |
| 06.30  | De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen.<br>Onderliggende (kennis)elementen: <ul style="list-style-type: none"><li>– Tree of life</li><li>– Biologische soort</li></ul> |
| 06.31  | De leerlingen brengen de structuur van eenvoudige organische moleculen en van kunststoffen in verband met eigenschappen of toepassingen.                                                                                                                            |
| 06.32  | De leerlingen tonen aan de hand van de structuur het belang van (poly)sachariden, lipiden en proteïnen aan voor biologische processen.                                                                                                                              |
| 06.33  | De leerlingen leggen structuur en toepassingsmogelijkheden van nanomaterialen uit.                                                                                                                                                                                  |
| 06.34  | De leerlingen interpreteren de dynamiek van een chemische reactie en beïnvloedende factoren.                                                                                                                                                                        |
| 06.35  | De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.                                                                                                                                                              |

- 06.36 De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.  
Voetnoot:  
Rekening houdend met concepten van de derde graad.
- 06.37 De leerlingen lichten eigenschappen van elektrische krachtwerking toe.
- 06.38 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van permanente magneten, elektromagneten en elektromagnetische inductie.
- 06.39 De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.
- 06.40 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van trillingen en golven met inbegrip van geluid, de decibelschaal en het elektromagnetisch spectrum.  
Onderliggende (kennis)elementen:
- Kenmerken van een harmonische trilling
  - Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid
  - Golf als energietransport
- 06.41 De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening met bijbehorende veiligheidsaspecten.
- 06.42 De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.
- 06.43 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
- 06.44 De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.  
Voetnoot:  
Rekening houdend met concepten van de derde graad.
- 06.45 De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.  
Voetnoot:  
Rekening houdend met concepten van de derde graad en de context waarin dit minimumdoel aan bod komt.
- 06.46 De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.  
Voetnoot:  
Rekening houdend met de context waarin dit minimumdoel aan bod komt.





## Inhoud

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding.....</b>                                         | <b>3</b>  |
| 1.1      | Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten .....                | 3         |
| 1.2      | De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs ..... | 3         |
| 1.3      | Ruimte voor leraren(teams) en scholen .....                   | 4         |
| 1.4      | Differentiatie .....                                          | 4         |
| 1.5      | Opbouw van leerplannen.....                                   | 6         |
| <b>2</b> | <b>Situering .....</b>                                        | <b>7</b>  |
| 2.1      | Samenhang met de tweede graad .....                           | 7         |
| 2.2      | Samenhang in de derde graad .....                             | 7         |
| 2.3      | Plaats in de lessentabel.....                                 | 7         |
| <b>3</b> | <b>Pedagogisch didactische duiding .....</b>                  | <b>8</b>  |
| 3.1      | Natuurwetenschappen en het vormingsconcept .....              | 8         |
| 3.2      | Krachtlijnen .....                                            | 9         |
| 3.3      | Opbouw.....                                                   | 9         |
| 3.4      | Leerlijnen.....                                               | 10        |
| 3.4.1    | Samenhang met de eerste en de tweede graad .....              | 10        |
| 3.4.2    | Samenhang in de derde graad .....                             | 12        |
| 3.5      | Aandachtspunten .....                                         | 12        |
| 3.5.1    | Oriëntatie van het leerplan .....                             | 12        |
| 3.5.2    | Samenhang tussen wetenschappen .....                          | 12        |
| 3.5.3    | Dissecties als werkvorm .....                                 | 14        |
| 3.6      | Leerplanpagina .....                                          | 14        |
| <b>4</b> | <b>Leerplandoelen .....</b>                                   | <b>15</b> |
| 4.1      | STEM-doelen .....                                             | 15        |
| 4.2      | Biologie.....                                                 | 18        |
| 4.2.1    | De cel als basiseenheid van leven .....                       | 18        |
| 4.2.2    | Bescherming en afweer tegen lichaamsvreemde stoffen .....     | 20        |
| 4.2.3    | Voortplanting .....                                           | 21        |
| 4.2.4    | Genetica .....                                                | 24        |
| 4.2.5    | Ontstaan en evolutie van soorten.....                         | 26        |
| 4.3      | Chemie .....                                                  | 27        |
| 4.3.1    | Structuur en eigenschappen van de materie.....                | 27        |
| 4.3.2    | Dynamiek van de chemische reactie.....                        | 31        |

|            |                                                                |           |
|------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.3      | Duurzame chemie .....                                          | 32        |
| 4.4        | Fysica .....                                                   | 33        |
| 4.4.1      | Elektromagnetisme .....                                        | 33        |
| 4.4.2      | Kernfysica .....                                               | 34        |
| 4.4.3      | Kracht en bewegingsverandering .....                           | 36        |
| 4.4.4      | Trillingen en golven .....                                     | 37        |
| <b>5</b>   | <b>Basisuitrusting .....</b>                                   | <b>39</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Infrastructuur .....</b>                                    | <b>40</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen .....</b> | <b>41</b> |
| <b>6</b>   | <b>Glossarium.....</b>                                         | <b>41</b> |
| <b>7</b>   | <b>Concordantie .....</b>                                      | <b>42</b> |
| 7.1        | Concordantietabel.....                                         | 42        |
| 7.2        | Minimumdoelen basisvorming .....                               | 44        |