

Biologie-Chemie
3de graad D-finaliteit
III-BiCh-d

BRUSSEL

D/2024/13.758/172

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 (groepswork, 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 Biologie-Chemie (III-BiCh-d) van de derde graad D-finaliteit bouwt verder op het leerplan Biologie-Chemie (II-BiCh-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-BiCh-d	Bouw- en houtwetenschappen, Informatica- en communicatiewetenschappen, Mechatronica

2.3 Plaats in de lessentabel

Het leerplan is gebaseerd op minimumdoelen van de basisvorming. Het leerplan is gericht op 2 graaduren (2-0) en is bestemd voor volgende studierichtingen van de doorstroomfinaliteit:

Bouw- en houtwetenschappen, Informatica- en communicatiewetenschappen, Mechatronica.

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 levensechte problemen op te lossen. Verwondering, het voelen 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 en 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 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 rond Biologie en Chemie. Op vlak van Biologie komen cèleer, immuniteit, bevruchting en ontwikkeling van embryo en foetus, beïnvloeding van vruchtbaarheid, genetika 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.

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 inhoudsoverschrijdende STEM-doelen en inhoudsgebonden doelen Biologie en Chemie. Het is niet de bedoeling om de STEM-doelen als een apart gegeven te benaderen. Een lerarenteam heeft de vrijheid en de verantwoordelijkheid om de STEM-doelen vanuit een gedeelde verantwoordelijkheid in te zetten bij het werken rond de doelen Biologie en Chemie. In de werken bij de leerplandoelen vind je daartoe suggesties.

Onderdelen in het leerplan

STEM-doelen	Biologie	Chemie
Veilig en duurzaam werken met stoffen en organismen	Celtypen en hun functie Belang mitose en meiose	Structuur van organische moleculen en kunststoffen
STEM-interacties in de samenleving analyseren	Immuniteit Bevruchting en beïnvloeding ontwikkeling embryo en foetus Beïnvloeding vruchtbaarheid Genetische informatie en wetmatigheden bij overerven Expressie van genetische informatie en beïnvloeding door de mens Natuurlijke selectie Biologische evolutie	Belang van (poly)sachariden, lipiden en proteïnen Nanomaterialen Dynamiek en beïnvloeden van een chemische reactie Duurzame chemie
2 graaduren (2-0)		

3.4 Leerlijnen

3.4.1 Samenhang met de eerste en de tweede graad

Biologie	Eerste graad	Tweede graad	Derde graad
		II-Nat-d; II-Bio-d; II-BiCh-d	III-Nat-d; III-Bio-d; III-BiCh-d; III-NatS''-d



Structuur, functie en informatieverwerking KERNIDEE: levende wezens bestaan uit cellen met een gelijkaardige structuur	Organisatieniveaus Celstructuren		Celleer Cellulaire processen
		Virussen, bacteriën, schimmels	
		Prikkelontvangst – en verwerking Homeostase	Immuunsysteem
Materie en energie in organismen en ecosystemen KERNIDEE: in ecosystemen concurreren organismen om materie en energie	Biotoop	Interacties tussen organismen	
	Stof- en energieomzetting Transport in een organisme		Fysiologie en anatomie bij de mens (enkel in III-NatS''-d)
	Fotosynthese		
		Materie- en energiestromen in ecosysteem	
Groei, ontwikkeling en reproductie van organismen	Aseksuele en seksuele voortplanting		Celdeling
	Voortplanting bij de mens	Voortplanting bij de mens: hormonale regeling	Ontwikkeling embryo en foetus Vruchtbaarheid
Natuurlijke selectie en evolutie KERNIDEE: organismen evolueren door overerving, variatie en selectie van kenmerken	Biodiversiteit Verband organisme en omgeving		Biologische evolutie Natuurlijke selectie
			Moleculaire en chromosomale genetica

Chemie	Eerste graad	Tweede graad II-Nat-d; II-BiCh-d;	Derde graad III-Nat-d; III-NatS''-d; III-BiCh-d
Structuur en eigenschappen van de materie KERNIDEE: materie bestaat uit deeltjes	Mengsels, zuivere stoffen, verbindingen en atomen	Eigenschappen mengsels en zuivere stoffen Atoommodel PSE	Organische moleculen Macromoleculen Nanomaterialen
		Oxiden, basen, zuren, zouten, alkanen	
		pH Zuur-base indicator	
		Concentratie	
Chemische reacties 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

Er is een beperkte selectie van STEM-doelen in dit leerplan.

STEM Eerste graad	Tweede graad	Derde graad
Onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode		
Veilig en duurzaam werken		
Wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij		

Binnen de studierichtingen Informatica- en communicatiewetenschappen, Mechatronica, Bouw- en houtwetenschappen komen nog meer aspecten van STEM aan bod zoals oplossingen ontwikkelen voor een probleem, onderzoek voeren en meetinstrumenten gebruiken (zie leerplannen III-InCo-d ; III-Mec-d; III-BoHo-d).

3.4.2 Samenhang in de derde graad

Samenhang met Wiskunde en Aardrijkskunde

In het leerplan Natuurwetenschappen vinden we een methodische en inhoudelijke relatie met inhouden uit de leerplannen Wiskunde en Aardrijkskunde.

Leerinhoud Wiskunde	Leerinhoud Natuurwetenschappen
Fenomenen beschrijven uit de realiteit aan de hand van wiskundige concepten	De wisselwerking tussen wetenschappen, technologie en de maatschappij analyseren
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 en professional 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 vier 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 en Chemie. 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 inhoudelijke doelen Biologie en Chemie vind je bij de wenken inspiratie om dit aan bod te laten komen.



- Focussen op breed-wetenschappelijke kernideeën die toepasbaar zijn in meerdere contexten en die de grenzen van individuele disciplines overschrijden. Nadruk op die kernideeën helpt leerlingen om het overzicht te bewaren, om meer complexe ideeën en fenomenen te begrijpen en om problemen op te lossen.

Die vier 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 vier manieren nastreven en zo 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. Deze 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. In dit leerplan komt een beperkte selectie van STEM-doelen aan bod die in verbinding kunnen worden gebracht met de STEM-doelen in het richtingsspecifieke leerplan.

Als leerlingen de STEM-doelen inoefenen met verschillende inhoud 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 twee eerste doelen kunnen goed via experimenten worden aangeleerd. Om begrip 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 gezien worden. 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 werken op een veilige en duurzame manier met stoffen en organismen.

Samenhang derde graad: veilig en duurzaam werken (III-BoHo-d LPD 48; III-InCo-d LPD 24; III-Mec-d LPD 2)

2de graad: veilig en duurzaam werken (II-BiCh-d LPD 2S; II-TeWe-d LPD 2; II-Bou-d LPD 30)

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, productetiketten interpreteren;
- alert zijn voor energie die kan vrijkomen onder de vorm van warmte, geluid, straling, elektriciteit;
- omgaan met chemisch afval.

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

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.

LPD 2 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-WisS'-d LPD 1); de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij (III-BoHo-d LPD 32; III-InCo-d LPD 28; III-Mec-d LPD 6).

2de graad: de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij (II-BiCh-d LPD 3S; II-TeWe-d LPD 5; II-Bou-d LPD 3)

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 aanknopingspunt 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 oceaانvervuiling 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).

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-BiCh-d LPD 10B)

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/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-BiCh-d LPD 3B); prikkels verwerken (II-BiCh-d LPD 4B, 6B); reacties op een prikkel (II-BiCh-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 assimilantentransport 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-BiCh-d LPD 2B); eigenschappen van virussen, bacteriën en schimmels (II-BiCh-d LPD 10B); interacties tussen organismen (II-BiCh-d LPD 11B)

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 resussysteem 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-BiCh-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 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 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 microbioom. 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-BiCh-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 bediscussiëren met de leerlingen in samenhang met STEM-doel over wisselwerking STEM en maatschappij.

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 fysica (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 die resulteren in eiwitdefecten aan bod laten komen: 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, CO₂ of CH₄ (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 fleece, 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 van eiwitten.

Lipiden: de structuur van triglyceriden, glycerol, (on)verzadigde vetzuren, oliën en vetten, steröiden 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: Je kan de structuur van nucleïne-zuren behandelen: 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 nucleïne-zuren: 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 magnetisch, elektrisch, katalytisch) 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 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-BiCh-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 onderzoeksoopdrachten in samenhang met STEM-doelen:

- kleuromslag bij CuCl_2 in oplossing;
- kleuromslag van N_2O_4 naar 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 Fysica.

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.

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 duurere 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
Analyseren		Verbanden zoeken tussen gegeven data en een (eigen) besluit trekken
Beargumenteren	Verklaren	Motiveren, uitleggen waarom
Beoordelen	Evalueren	Een gemotiveerd waardeoordeel geven
Berekenen	Berekeningen uitvoeren	
Berekeningen uitvoeren	Berekenen	
Beschrijven	Toelichten, uitleggen	
Betekenis geven aan	Interpreteren	
Een (...) cyclus doorlopen	Een (...) proces doorlopen	Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken
Een (...) proces doorlopen	Een (...) cyclus doorlopen	Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken
Evalueren	Beoordelen	
Gebruiken	Hanteren, inzetten, toepassen	
Hanteren	Gebruiken, inzetten, toepassen	
Identificeren		Benoemen; aangeven met woorden, beelden ...
Illustreren		Beschrijven (toelichten, uitleggen) aan de hand van voorbeelden
In dialoog gaan over	In interactie gaan over	
In interactie gaan over	In dialoog gaan over	
Interpreteren	Betekenis geven aan	



Inzetten	Gebruiken, hanteren, toepassen	
Kritisch omgaan met	Kritisch gebruiken	
Kwantificeren		Beredeneren door gebruik te maken van verbanden, formules, vergelijkingen ...
Onderzoeken	Onderzoek voeren	Verbanden zoeken tussen zelf verzamelde data en een (eigen) besluit trekken
Onderzoek voeren	Onderzoeken	Verbanden zoeken tussen zelf verzamelde data en een (eigen) besluit trekken
Reflecteren over		Kritisch nadenken over en argumenten afwegen zoals in een dialoog, een gedachtewisseling, een paper
Testen	Toetsen	
Toelichten	Beschrijven, uitleggen	
Toepassen	Gebruiken, hanteren, inzetten	
Toetsen	Testen	
Uitleggen	Beschrijven, toelichten	
Verklaren	Beargumenteren	Motiveren, uitleggen waarom

7 Concordantie

7.1 Concordantietabel

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

Leerplandoel	Minimumdoelen basisvorming
1S	MD 06.43
2S	MD 06.46
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

7.2 Minimumdoelen basisvorming

- 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.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Specifieke en niet-specifieke afweer
- 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.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Gen als drager van genetische informatie
- 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.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Tree of life
 - Biologische soort
- 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.
- 06.43 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
- 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

1	Inleiding.....	3
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
2	Situering	7
2.1	Samenhang met de tweede graad	7
2.2	Samenhang in de derde graad	7
2.3	Plaats in de lessentabel.....	7
3	Pedagogisch didactische duiding	7
3.1	Natuurwetenschappen en het vormingsconcept	7
3.2	Krachtlijnen	8
3.3	Opbouw.....	9
3.4	Leerlijnen.....	9
3.4.1	Samenhang met de eerste en de tweede graad	9
3.4.2	Samenhang in de derde graad	11
3.5	Aandachtspunten	11
3.5.1	Oriëntatie van het leerplan.....	11
3.5.2	Samenhang tussen wetenschappen	11
3.5.3	Dissecties als werkvorm.....	13
3.6	Leerplanpagina.....	13
4	Leerplandoelen	14
4.1	STEM-doelen	14
4.2	Biologie.....	15
4.2.1	De cel als basiseenheid van leven.....	15
4.2.2	Bescherming en afweer tegen lichaamsvreemde stoffen	17
4.2.3	Voortplanting	18
4.2.4	Genetica	21
4.2.5	Ontstaan en evolutie van soorten.....	23
4.3	Chemie	24
4.3.1	Structuur en eigenschappen van de materie.....	24
4.3.2	Dynamiek van de chemische reactie.....	27

4.3.3	Duurzame chemie	28
5	Basisuitrusting	29
5.1	Infrastructuur	30
5.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen.....	31
6	Glossarium.....	31
7	Concordantie	32
7.1	Concordantietabel.....	32
7.2	Minimumdoelen basisvorming	33