

Biotechnologische en chemische technieken B+S

3de graad D/A-finaliteit
III-BCT-da

BRUSSEL

D/2024/13.758/244

Versie november 2025

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 hoeft je de 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 Biotechnologische en chemische technieken III-BCT-da van de derde graad D/A-finaliteit bouwt verder op het leerplan Biotechnieken II-Bio-da van de tweede graad.

2.2 Samenhang in de derde graad

In de derde graad dubbele finaliteit vinden we de volgende verwante leerplannen terug:

- een leerplan Natuurwetenschappen voor de algemene vorming;
- een leerplan Natuurwetenschappen B+S met specifieke vorming voor Biologie, Chemie en STEM-Labo (voor Agrotechnieken Dier, Agrotechnieken Plant, Natuur- en groentechnieken, Tuinaanleg en -beheer; Dierenverzorgingstechnieken);
- een leerplan Biotechnologische en chemische technieken B+S voor de gelijknamige richting met specifieke inhouden voor Biologie, Chemie, Fysica, STEM en Labo- en productietechnieken.

Verwante leerplannen (DA)	STEM	Biologie	Chemie	Fysica	Labo- en productietechnieken
Natuurwetenschappen (III-Nat-da)	Basis	Basis	Basis	Basis	
Natuurwetenschappen B+S (III-NatS-da)	Basis Labo	Basis + Specifieke vorming*	Basis + Specifieke vorming*	Basis	
Biotechnologische en chemische technieken (III-BCT-da)	Basis Labo Engineering	Basis + Specifieke vorming*	Basis + Specifieke vorming*	Basis BK	Specifieke vorming BK

(*) Over domeinen heen is er een verwantschap tussen het leerplan Natuurwetenschappen B+S en het leerplan Biotechnologische en chemische technieken B+S. Elke studierichting heeft zijn eigenheid maar er zijn ook inhoudelijke overeenkomsten op het vlak van Biologie en van Chemie.

Daarnaast zijn er specifieke pakketten toegekend aan een aantal richtingen:

- voor de richtingen Agrotechnieken Dier en Dierenverzorgingstechnieken is een pakket Fysiologie en anatomie van dieren opgenomen in het richtingsspecifieke leerplan. Het onderdeel Labo wordt ook gerealiseerd met inhouden van deze richtingsspecifieke leerplannen;
- voor de richtingen Agrotechnieken Plant en Tuinaanleg en -beheer is een pakket Fysiologie en anatomie van planten opgenomen in het richtingsspecifieke leerplan. Het onderdeel Labo wordt ook gerealiseerd met inhouden van deze richtingsspecifieke leerplannen;
- voor de richting Natuur- en groentechnieken is een pakket Plant- en dierkunde opgenomen in het richtingsspecifieke leerplan. Het onderdeel Labo wordt ook gerealiseerd met inhouden van dit richtingsspecifieke leerplan.

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



2.3 Plaats in de lessentabel

Het leerplan Biotechnologische en chemische technieken III-BCT-da is gebaseerd op minimumdoelen van de basisvorming, specifieke minimumdoelen en doelen die leiden naar volgende beroepskwalificaties: Labotechnisch medewerker en Operator voedings-, chemische en farmaceutische industrie.

Het leerplan is gericht op 25 graaduren en is bestemd voor Biotechnologische en chemische technieken.

Een mogelijke verdeling van onderdelen over de derde graad:

- Bio B+S+labo: 2-2
- Ch B+S+labo: 3-3
- Labo & productietechnieken+Fysica: 7-8

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 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 of 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 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. Wetenschappen hebben een rol te spelen 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 moeten kunnen bijdragen aan en hun zegje doen over 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 die 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, Chemie en Fysica. Op vlak van Biologie komen cellen met verbanden tussen structuur en functie van cellen en cellulaire processen aan bod. De voortplanting krijgt aandacht vanuit bevruchting bij de mens, ontwikkeling van embryo en foetus en beïnvloeding van de vruchtbaarheid. Daarnaast worden aspecten van chromosomale en moleculaire genetika behandeld. Ook biologische evolutie en natuurlijke selectie krijgen aandacht. Interacties en processen in ecosystemen worden uitgediept.

In Chemie komt naast het verklaren van chemische informatie of product- en materiaallabels een ruim pakket rond structuur en eigenschappen van de materie aan bod. Ook reflecteren over duurzame chemie krijgt een plaats. Daarnaast is er aandacht voor kwantitatieve aspecten zoals concentratie en stoichiometrie, voor reactiedynamiek en voor reactietypes.

In Fysica wordt vooral ingegaan op elektromagnetisme, golven en kernenergie.

Op vlak van labo- en productietechnieken komen biotechnologische en chemische analyse- en productietechnieken aan bod. Er is ook aandacht voor labo en productiebeheer en de werking van productiesystemen.

Wetenschappelijke methoden, denk- en werkwijzen en vaardigheden ontwikkelen om betrouwbare kennis en aangepaste oplossingen in te zetten



Leerlingen leren wetenschappelijke methoden toepassen. Vooral labo- en productietechnieken komen aan bod in samenhang met STEM-vaardigheden. De leerlingen leren labotechnieken toepassen. Daarbij gebruiken ze gegevens of meetwaarden. Daarbij leren ze ook om geïnformeerd te werken met stoffen en organismen. Leerlingen voeren onderzoek en ontwikkelen een oplossing voor problemen door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.

Betekenis geven aan de onderlinge verwevenheid tussen wetenschappen, wiskunde en technologie in 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 denkbelden en vice versa.

Leerlingen illustreren vanuit dat perspectief de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.

3.3 Opbouw

De STEM-doelen verbinden de verschillende leerplanonderdelen inhoudelijk en methodisch met elkaar. Ze komen in combinatie met doelen uit de andere leerplanrubrieken aan bod.

STEM-doelen	Biologie	Chemie	Fysica	Labo & Productietechnieken
B+S	B+S	B+S	B	
Onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode Gegevens of meetwaarden gebruiken Veilig en duurzaam werken met stoffen en organismen Labotechnieken toepassen Een oplossing ontwikkelen voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen STEM-interacties in de samenleving illustreren Onderzoekscompetentie	Celleer: structuur, functie, processen Voortplanting: -Bevruchting en beïnvloeding ontwikkeling embryo en foetus -Beïnvloeding van vruchtbaarheid Genetica: -Moleculaire genetica -Chromosomale genetica Evolutie: -Natuurlijke selectie -Biologische evolutie Ecosystemen	Structuur en eigenschappen van de materie: -Bouw en eigenschappen van stoffen -Stofklassen -Macromoleculen Kwantitatieve aspecten Dynamiek van de reactie Chemische reactiepatronen Duurzame chemie	Elektrostatica (BK) Elektromagnetisme Golven en geluid Kernenergie	Biotechnologische en chemische analyse- en productietechnieken Labo en productiebeheer: organisatie, veiligheid, milieu en kwaliteit Productiesystemen: - Opbouw en samenhang - sturingen - sensoren en actuatoren - regelingen
Geïntegreerd	4 graaduren (2-2)	6 graaduren (3-3)	1 graaduur (0-1)	14 graaduren (7-7)
25 graaduren (12-13)				

Bovenstaande tabel geeft een tijdsindicatie bij de leerplanonderdelen. De leerplandoelen kunnen op meerdere manieren worden gegroepeerd in een schooleigen lessentabel. Op de leerplanpagina kan je mogelijke organisatiemodellen raadplegen.

Bij de leerinhouden vanuit Biologie en Chemie worden suggesties voor practica en onderzoeksopdrachten gegeven die in samenhang met die leerinhouden aan bod kunnen komen. De technieken kunnen worden gebruikt om de leerstofinhouden te ondersteunen en bepaalde labovaardigheden in te oefenen. Het uitvoeren van de analysetechnieken tracht de link te leggen met hun toepassing in industriële processen. Het is de bedoeling dat zowel biotechnologische als chemische technieken aan bod komen; dat kan projectmatig of geïntegreerd met leerstofinhouden in de vakken. De concrete uitvoering kan gebeuren in schoollabo, via workshops, via simulatie of VR en in samenwerking met hogescholen of bedrijven.

3.4 Leerlijnen

3.4.1 Samenhang met de eerste en de tweede graad

Biologie	Eerste graad	Tweede graad II-NatS-da; II-Bio-da;	Derde graad III-NatS-da; II-BCT-da;
Structuur, functie en informatieverwerking KERNIDEE: levende wezens bestaan uit cellen met een gelijkaardige structuur	Organisatieniveaus Celstructuren	Biologische feedback	Celtypen en weefsels Cellulaire processen
		Virussen, bacteriën, schimmels	
Materie en energie in organismen en ecosystemen KERNIDEE: in ecosystemen concurreren organismen om materie en energie	Biotoop		
	Stof- en energieomzetting Transport in een organisme		
	Fotosynthese		
Groei, ontwikkeling en reproductie van organismen	Aseksuele en seksuele voortplanting		
	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 overerving

Chemie	Eerste graad	Tweede graad II-NatS-da; II-Bio-da	Derde graad III-NatS-da; II-BCT-da
--------	--------------	---------------------------------------	---------------------------------------



Structuur en eigenschappen van de materie KERNIDEE: materie bestaat uit deeltjes	Mengsels, zuivere stoffen, verbindingen en atomen	Eigenschappen mengsels en zuivere stoffen Atoommodel Atomen en PSE	Chemische informatie in verband met veiligheid, gezondheid, leefmilieu: oplosmiddelen, zuren, voeding, concentratie
		Chemische binding	Formules opstellen: anorganische en monofunctionele organische stoffen
		Oxiden, basen, zuren, zouten, alkanen:	Organische en anorganische stoffen Macromoleculen
		pH Zuur-base indicator	Zuren en basen
		Oplosbaarheid en elektrische geleiding:	Structuur en eigenschappen van stoffen
		Stofhoeveelheid en molaire grootheden	Stoichiometrie Concentratieberekeningen
			Biotechnologische en chemische technieken: principes*
Chemische reacties KERNIDEE: bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere	Verskil tussen stofomzetting en verandering van aggregatietoestand	Materie- en energieaspecten van een chemische reactie	Reactiekinetiek Chemisch evenwicht
		Reacties met ionenuitwisseling	Reacties met ionenuitwisseling en elektronenoverdracht
			Duurzame chemie

* enkel voor III-BCT-da

Fysica	Eerste graad	Tweede graad II-Bio-da	Derde graad III-BCT-da
Kracht en bewegingsverandering KERNIDEE: wijziging van beweging vereist interactie met een ander object	Uitwerking van krachten Constante snelheid	Kracht als vector Kracht en bewegingsverandering EVRB, ECB Debiet Statica	
Structuur en eigenschappen van materie KERNIDEE: materie bestaat uit deeltjes	Stofomzetting versus verandering van aggregatietoestand Massadichtheid Materialen (Techniek)	Druk Ideale gaswet	

Energie KERNIDEE: bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere	Energievormen Energiesystemen (Techniek)	Energieomzettingen	Kernfysica: energievoorziening en veiligheidsaspecten
		Vermogen en rendement	
		Warmteleer Wet van Ohm; serie- en parallelschakeling Elektrisch vermogen Joule-effect	Permanente en elektromagneten
Straling KERNIDEE: straling is overal	Energie en veiligheid Fotosynthese		Golven: eigenschappen

Labo- en productietechnieken	Eerste graad Techniek	Tweede graad II-Bio-da	Derde graad III-BCT-da
Productietechnieken	Productieproces Materialen Biotechnische systemen	Analysetechnieken en milieutechnologie Scheidingstechnieken Biochemische productietechnieken	Analysetechnieken Scheidingstechnieken: industrieel Productietechnieken & industriële processen
Productiesystemen	Informatiesystemen Energiesystemen Transportsystemen	Opbouw Sturingen Processen Sensoren en actuatoren Regelaars	Opbouw Sturingen Sensoren Regelkleppen en pompen Stromingsverschijnselen Regelen
Labo- en productiebeheer	Productieproces Veilig werken	Veiligheid, kwaliteit, voedselveiligheid, organisatie	Werkvoorbereiding Voorraadbeheer Risicoanalyse Procedures Staalname

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

3.4.2 Samenhang in de derde graad

Samenhang met Wiskunde en Aardrijkskunde



In het leerplan Biotechnologische en chemische technieken 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 Biotechnologische en chemische technieken
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
Exponentiële groei	Veiligheidsaspecten van kernenergie
Algemene sinusfunctie	Golven
Representativiteit van steekproeven	Staalname
Leerinhoud Aardrijkskunde	
Ontstaan heelal	Biologische evolutie

In het leerplan Wiskunde III-WisS"-da rekenen leerlingen met vectoren in het vlak.

3.5 Aandachtspunten

3.5.1 Oriëntatie van het leerplan

Wetenschappelijke vorming kan verschillende oriëntaties aannemen: naargelang de studierichting kan de nadruk eerder liggen 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 eerder conceptueel 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 in 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. Het 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 ...

Vooral 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 bijbehorend denkproces. Om het doelgericht karakter van practicum en de bijbehorende 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 in een les vanuit een bepaald perspectief te kijken naar het systeem. Via al dan niet aangereikte STEM-concepten ontwikkelen leerlingen geleidelijk aan een breder en dieper inzicht in vakinhouden en ontdekken ze overeenkomsten met andere inhouden. De concepten 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;
- stabiliteit, verandering en verstoringen;
- invloed van verhouding en hoeveelheid.

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

3.5.3 Onderzoekskompetentie

De onderzoekskompetentie moet worden gerealiseerd met inhouden van dit leerplan die gerelateerd zijn aan specifieke minimumdoelen. Je overlegt op schoolniveau welke keuzes worden gemaakt met betrekking tot de realisatie van de onderzoekskompetentie. Op de PRO-tegel [onderzoekskompetentie](#) kan je voor elke studierichting terugvinden via welke leerplannen onderzoeken kan worden gerealiseerd.

Bij LPD 7S geven we aan met welke inhouden de onderzoekskompetentie moet worden gerealiseerd. Op de leerplanpagina vind je meer informatie over en een aantal mogelijke voorbeelden van hoe je via specifieke inhouden van dit leerplan met je leerlingen kan werken aan de onderzoekskompetentie.

3.5.4 Werkplekleren

Verschillende vormen van werkplekleren kunnen een meerwaarde bieden voor de realisatie van dit leerplan en voor de voorbereiding op een vlotte overstap naar de arbeidsmarkt. Werkplekleren omvat een breed continuüm van leeractiviteiten die gericht zijn op het verwerven van algemene en beroepsgerichte competenties waarbij de arbeidssituatie de leeromgeving is. Het kan onder meer gaan om gesimuleerde werkomgevingen, observatie-activiteiten en leerlingenstages. De school heeft de ruimte om een beleid uit te stippelen over welke vormen van werkplekleren een plaats krijgen in de lespraktijk en met welk doel werkplekleren wordt ingezet.

3.5.5 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.

3.5.6 Context

Gezien de verschillende contexten binnen de opleiding Biotechnologische en chemische technieken dienen de leerlingen hun opleidingstraject te vervullen binnen deze twee contexten: een labocontext en een productiecontext (chemische, farmaceutische of voedingsindustrie).

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

MD 06.24 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen. (LPD 3S)

MD 06.25 De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden. (LPD 1S)

(Rekening houdend met concepten van de derde graad).

MD 06.26 De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden. (LPD 5S)

(Rekening houdend met concepten van de derde graad en de context waarin dit minimumdoel aan bod komt).

MD 06.27 De leerlingen illustreren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen. (LPD 6S)

(Rekening houdend met concepten van de derde graad en de context waarin dit minimumdoel aan bod komt).

SMD 01.01.01 De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met inhouden van minstens 1 wetenschapsdomein verbonden aan de studierichting. (LPD 7S)

SMD 12.01.01 De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen. (LPD 5S)

- Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
- Modelleren

SMD 12.01.02 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen. (LPD 2S, 3S, 4S)

- Gegevens of meetwaarden met de juiste symbolen voor grootheden en (SI-)eenheden
- Beduidende cijfers
- Meetnauwkeurigheid
- Notaties met machten van 10



- SMD 12.03.01** De leerlingen passen geschikte labotechnieken toe om betrouwbare informatie te verzamelen met aandacht voor goede labopraktijken. (LPD 4S)
- BK 01** De leerlingen werken in teamverband (organisatiecultuur, communicatie, procedures). (LPD 4S, 6L)
- BK 02** De leerlingen handelen kwaliteitsbewust. (LPD 4S, 8L, 9L)
- BK 03** De leerlingen handelen economisch en duurzaam. (LPD 3S, 6L)
- BK 04** De leerlingen handelen veilig, ergonomisch en hygiënisch. (LPD 3S, 8L)
- BK 06** De leerlingen voeren het basisonderhoud uit van het (laboratorium)materieel. (LPD 3S, 4S)
- BK 08** De leerlingen nemen en behandelen stalen conform de opdracht en voeren de administratie ervan uit. (LPD 4S, 10L)
- BK 09** De leerlingen selecteren reagentia en (laboratorium)materieel en maken deze gebruiksklaar in functie van de analyses. (LPD 3S, 4S)
- BK 12** De leerlingen voeren kwaliteitsmetingen uit. (LPD 4S)

Onderliggende kennis bij doelen die leiden naar BK

- e. Opslag van gevaarlijke producten (LPD 3S)
- i. Reagentia en producten in functie van de analyses (LPD 4S)
- h. Eigenschappen en bewaaromstandigheden van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten (LPD 3S, 7L)
- k. Gebruik van (bio)veiligheidsrichtlijnen en veiligheidsmaatregelen (LPD 3S)
- l. Gebruik van producten voor basisonderhoud toestellen, laboratoriummaterieel (centrifuge, weegapparatuur ...) (LPD 3S)
- m. Gebruik van richt- en referentiewaarden (LPD 2S)
- n. Gebruik, werkingsprincipes en toepassingsgebieden van (laboratorium)materieel (LPD 3S, 4S)
- o. Kalibratiemethode van laboratoriummaterieel (spectrofotometers, chromatograaf, microscoop, centrifuge, weegapparatuur ...) (LPD 4S)
- p. Meet- en analysetechnieken (LPD 4S)

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-Bio-da LPD 1S)

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

- vanuit aangereikte 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 kunnen sterk worden begeleid.

Wenk: Het is niet de bedoeling 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: 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.

Wenk: Goede observaties waarin een aantal variabelen kunnen worden onderscheiden geven vaak spontaan aanleiding tot interessante onderzoeksvragen.

LPD 2 S De leerlingen gebruiken gegevens of meetwaarden met de juiste symbolen voor grootheden en (SI-)eenheden.

- ★ Beduidende cijfers
Notaties met machten van 10
Richt- en referentiewaarden
Meetnauwkeurigheid

2de graad: gegevens of meetwaarden gebruiken (II-Bio-da LPD 3S)

Wenk: Je kan bewust leren omgaan met nauwkeurigheid van meetresultaten in functie van de gekozen meetinstrumenten en de context. Je kan aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en het meetbereik van een meetinstrument in functie van de uit te voeren meting.

Wenk: Het is belangrijk om aandacht te hebben voor omzetting van meeteenheden. Je kan afspraken maken over symboolgebruik over de vakken heen zodat eventuele verschillen kunnen worden geduid.

Wenk: Het begrip 'tolerantie' is belangrijk bij het meten van grootheden in kwaliteitszorg. Voorbeelden van gebruik van richt- en referentiewaarden: normen of toleranties of grenswaarden op fysische eigenschappen zoals dimensies, chemische eigenschappen zoals concentratie, klinische eigenschappen zoals ADI, interval normale waarden ...

LPD 3 S De leerlingen werken op een veilige, hygiënische, economische, duurzame en ergonomische manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.

- ★ Opslag van gevaarlijke producten
Basisonderhoud van en onderhoudsproducten voor toestellen, laboratoriummaterieel
Werkingsprincipes van laboratoriummateriaal
(Bio)veiligheidsrichtlijnen en veiligheidsmaatregelen
Eigenschappen van stoffen en materialen

2de graad: veilig en duurzaam werken (II-Bio-da LPD 4S)

Wenk: Voorbeelden van technische systemen zoals hulpmiddelen en meetinstrumenten



die leerlingen kunnen gebruiken: balans, pH-meter en -indicatoren, thermometer, glaswerk, pipet, gereedschappen, chronometer (gsm), dynamometer, manometer, sensor, camera, fototoestel, ICT, microscoop, decibelmeter (gsm), computers ...

Wenk: Duurzaam omgaan met systemen: onderhouden van systemen zoals reinigen van glaswerk en balans, preventief onderhoud door juist gebruik van hulpmiddelen. Je besteedt best aandacht aan het correct onderhoud van de microscoop, het onderhoud van glaswerk en bunsenbrander ...

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: Je kan aandacht besteden aan geïnformeerd werken door gebruik van instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, symbolen, H/P-zinnen, onderhoudsvoorschriften, 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. Je kan best een databank voor gevaarlijke stoffen raadplegen bij het gebruik van stoffen (www.gevaarlijkestoffen.be).

Wenk: Je kan ingaan op preventiemaatregelen bij omgang met gevaarlijke stoffen zoals veilige opslag, blootstelling verminderen door afzuiging, ventilatie, respecteren van grenswaarden, gebruik van over- of onderdruk, opsporing van lekken, gebruik van lekbakken of inkuiping onder tanks en vaten ...

Wenk: Je kan bij het hygiënisch werken aandacht besteden aan reinigings- en ontsmettingsprocedures.

Wenk: Je kan aandacht schenken aan het voorkomen van biologische agentia (zoals micro-organismen en parasieten) in professionele contexten van afvalverwerking, voedingsindustrie, farmaceutische industrie, biotechnologische industrie ...

Wenk: Je kan aandacht besteden aan procedures in noodsituaties: bij ongevallen, brand en explosie. Je kan ingaan op het belang van zonering en blusprincipes bij soorten branden.

Wenk: Je kan voor een gegeven labo- of productiesituatie het veilig en ergonomisch gebruik van arbeidsmiddelen, persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen bespreken.

Wenk: Je kan dit leerplandoel in verband brengen met LPD 8L over het beschrijven van maatregelen om een veiligheids-, kwaliteits-, of milieurisico te verminderen.

LPD 4 S De leerlingen passen geschikte labotechnieken toe om betrouwbare informatie te verzamelen rekening houdend met goede labopraktijken.

- ★ Kwaliteitsmetingen uitvoeren
- Stalen nemen en behandelen
- Reagentia en producten selecteren in functie van de analyses
- Kalibratiemethode van laboratoriummaterieel

★ Teamwerk: organisatiecultuur, communicatie, procedures

Samenhang derde graad: representativiteit van steekproeven (III-WisS"-da LPD 20)

2de graad: De leerlingen passen goede labopraktijken en -technieken toe (II-Bio-da LPD 5S). De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen (II-Bio-da LPD 2S).

Wenk: Voorbeelden van labotechnieken: meettechnieken toepassen, meettoestellen en microscoop gebruiken, omgaan met glaswerk, gebruik van hittebronnen ...

Wenk: Voorbeelden van goede labopraktijken ('Good laboratory practice'): persoonlijke bescherming dragen en andere veiligheidsrichtlijnen volgen, orde en netheid op de werkpost, goed gebruik en onderhoud van hulpmiddelen, aandacht voor risico's (bijvoorbeeld hitte, vreemde geuren ...)

Wenk: Je kan het toepassen van labotechnieken koppelen aan het gebruik van informaticatoepassingen. Leerlingen kunnen waar relevant data chronologisch bijhouden doorheen experimenteel werk.

Wenk: Leerlingen gebruiken hulpmiddelen en meetinstrumenten zoals balans, pH-meter en -indicatoren, thermometer, glaswerk, pipet, gereedschappen, chronometer (gsm), dynamometer, manometer, sensor, camera, fototoestel, ICT, microscoop, decibelmeter (gsm) ...

Wenk: In samenhang met het leerplandoel 3S besteedt je best aandacht aan het correct gebruik van de microscoop. Ook het correct gebruik van een multimeter kan aan bod komen.

Je kan leerlingen een instructiefiche laten raadplegen of opstellen rond het gebruik of onderhoud van instrumenten of hulpmiddelen.

Wenk: Je kan aandacht besteden aan het kalibreren van een balans, pH-meter, dynamometer, het correct gebruik van glaswerk en bunsenbrander ... Voorbeelden van kalibratie: iken van volpipet, ijking van sensoren ...

Wenk: Je kan de link leggen met het doel uit de rubriek labo- en productiebeheer rond registratie, bewaring en transport van stalen: de leerlingen leggen het belang van staalname en -registratie uit voor een gegeven productieproces in het kader van kwaliteitsbewaking.

Wenk: Je kan het leerplandoel combineren met de STEM-doelen rond het veilig en duurzaam omgaan met stoffen (LPD S3) en met de doelen uit de rubriek Biotechnologische en chemische analysetechnieken.

LPD 5 S De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.

★ Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
Modelleren

Samenhang derde graad: vraagstukken en problemen oplossen (III-WisS"-da LPD 2)

2de graad: een STEM-geïntegreerde oplossing ontwikkelen (II-Bio-da LPD 6S)

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: Het leerplandoel kan je op een projectmatige manier realiseren in combinatie met inhoudelijke leerplandoelen. Je kan 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: Een oplossing kan de gedaante aannemen van een nieuwe of aangepaste werkwijze, een interventie, een technisch systeem. Om het leerplandoel te bereiken wordt vertrokken van een specifieke context of situatie waarin kennis en vaardigheden op een creatieve manier worden ingezet. Leerlingen wegen verschillende oplossingen tegenover elkaar af en maken keuzes. Stappenplannen en zoekstrategieën kunnen dat proces ondersteunen maar vervangen het creatief denken niet. Het kan gaan om een kleinschalig probleem. Een probleemoplossend proces verloopt systematisch maar mag niet worden voorgesteld als een uniforme methode die verloopt volgens een vast ritueel of recept.

Wenk: Voorbeelden van modellen die leerlingen kunnen gebruiken of zelf opstellen (modelleren):

- technologische modellen zoals schetsen, schema's, flowcharts, werktekeningen en recepten, schaalmodellen, (digitale) 2D- en 3D-modellen, prototypes;
- natuurwetenschappelijke zoals vectormodel, deeltjesmodel, anatomisch model;
- wiskundige modellen zoals grafieken, tabellen, formules.

Wenk: Voorbeelden van problemen die leerlingen kunnen oplossen kan je vinden 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 het beargumenteren van keuzes bij het ontwikkelen van een oplossing. Leerlingen kunnen evenwel ook op andere manieren hun denkproces illustreren: door een foto's te nemen van deeloplossingen, documentatie te verzamelen, tekeningen, schema's, een eenvoudige berekeningen, een proefmodel samen te stellen ...

Wenk: Een doorgedreven materiële realisatie van de oplossing is geen doel op zich. De mate van uitwerking kan je in verband brengen met een zinvolle test en degelijke evaluatie.

Wenk: Je kan de ontwikkelopdracht in leerlingenteams laten realiseren om het creatief denken te stimuleren. Ook sociale en communicatieve vaardigheden krijgen daardoor oefenkansen.

LPD 6 S De leerlingen illustreren 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''-da LPD 1)

2de graad: de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij (II-Bio-da LPD 7S)

Wenk: Uitdagingen waarmee onze maatschappij geconfronteerd wordt zijn vaak een drijfveer voor onderzoek en ontwikkeling. Maatschappelijke uitdagingen die in de actualiteit aan bod komen kunnen een goede aanknopingsvorm om de onderlinge samenwerking met natuurwetenschappen, technische wetenschappen en wiskunde te bespreken.

Contexten, maatschappelijke behoeften, keuzes en uitdagingen zoals hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceanvervuiling kunnen aan bod komen.

Wenk: Een historische ontwikkeling als voorbeeld kan de (interdisciplinaire) samenwerking tussen wiskunde, wetenschappen en technologie verhelderen en die laten zien als culturele ontwikkeling. Ook een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstelling of vereniging kan een aanleiding zijn voor een concreet casusonderzoek en veel relaties tussen de samenleving en 'onderzoek en ontwikkeling' verhelderen.

Wenk: Onderzoek van een concrete maatschappelijke uitdaging gebeurt vanuit meerdere invalshoeken (multiperspectiviteit). Het is belangrijk om aandacht te besteden aan de duurzame ontwikkelingsdoelen van de Verenigde Naties (SDG's: Sustainable Development Goals).

LPD 7 S De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met specifieke inhoud van dit leerplan.

Samenhang: I-II-III-GFL LPD 21, 22, 23, 27

Duiding: Specifieke inhoud van dit leerplan die je kan betrekken bij het doorlopen van een onderzoekscyclus: cel, genetika, samenhang structuur en eigenschappen van stoffen, reactietypes, zuren en basen, chemisch evenwicht, verloop van reacties.

Wenk: Je kan dit leerplandoel realiseren in samenhang met de leerplandoelen over het voeren van onderzoek of het ontwikkelen van een oplossing voor een probleem.

Wenk: Bij fasen in een onderzoekscyclus kan je denken aan: oriëntatie, probleem(stelling) of onderzoeksvraag, onderzoeksmethode, gegevensverzameling, analyse, conclusie, rapportering. Afhankelijk van de context kunnen een of meerdere fasen in de onderzoekscyclus zelfstandig of onder begeleiding gebeuren.

Wenk: Leerplandoelen uit de krachtlijn en de rubriek "betekenisvol leren en kiezen" van het Gemeenschappelijk funderend leerplan bereiden voor op een onderzoekscyclus. Leerlingen leren zo vanaf het eerste jaar om doelgericht informatie op te zoeken in diverse bronnen, de informatie doelgericht te beoordelen en te verwerken op een kritische en systematische manier. Ook leren ze om cyclisch te reflecteren over hun eigen leerproces en dat doelgericht bij te sturen. In het Gemeenschappelijk funderend leerplan vind je suggesties om met die doelen aan de slag te gaan en een leerlijn op te bouwen waardoor leerlingen in de derde graad in staat zijn om een onderzoekscyclus te doorlopen.



4.2 Biologie

4.2.1 De cel als basiseenheid van leven

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

SMD 08.05.01 De leerlingen leggen het verband tussen celtypen en hun functies in weefsels en organen uit met inbegrip van de betrokken cellulaire processen. (LPD 1B, 2B, 3B)

– Celdeling, stamcel en meristeem

(Rekening houdend met de context van de studierichting.)

Functionele morfologie van de cel

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

Samenhang derde graad: structuur biomoleculen (III-BCT-da LPD 8C)

2de graad: rol van virussen, bacteriën en schimmels (II-Bio-da LPD 2B, 3B, 4B)

Wenk: De bijdrage en noodzakelijkheid van de celorganellen in de totale werking van de cel staan centraal: de cel functioneert als een systeem. Het is de bedoeling om de structuur en functie van de celorganellen als een samenwerkend geheel aan te brengen en te koppelen aan de cellulaire processen (LPD 3B). Het volstaat dat leerlingen celorganellen kunnen aanduiden en benoemen aan de hand van gegeven voorstellingen (schema, afbeelding, model ...). Je kan je beperken tot de globale structuur van de celorganellen.

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: 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: Celorganellen die je kan behandelen: kern, mitochondriën, plastiden, lysosomen, vacuolen, ruw en glad endoplasmatisch reticulum, ribosomen, Golgiapparaat, cytoskelet, centrosoom of centriolen, celmembraan en celwand.

Wenk: De functie van biologische membranen kan je behandelen bij het afbakenen van de cel, bescherming van de cel en het transport van stoffen in en uit de cel. Membraancomponenten die aan bod kunnen komen zijn fosfolipiden, cholesterol, perifere (herkennings)eiwitten, transmembraaneiwitten en de glycocalyx. Voorbeelden: de eiwitten- en suikerketens op het membraan van de rode bloedlichaampjes, de membraaneiwitten van het HLA-systeem als herkenning, de beschadigde glycocalyx bij kankercellen. De chemische structuur van biomoleculen komt aan bod in Chemie, afstemmen met de vakcollega over tijdstip en afbakening bij het behandelen, is noodzakelijk. Je kan de structuur in relatie brengen met het effect op de biologische functie bv. ruimtelijke structuur van

eiwitten ...

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

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen: lichtmicroscopische bouw en samenhang van plantaardige en dierlijke cellen onderzoeken bij waterpest, algen, uirok, aardappel, mondepitheel. Je kan microscopisch onderzoek van gisten, van preparaten van melkzuurbacteriën aan bod laten komen in samenhang met STEM-doelen en met gisting en fermentatie.

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

★ Celdeling, stamcel, meristeem

Wenk: Je kan de klemtoon leggen op het bestuderen van de logische samenhang tussen het voorkomen van celtypen en weefsels en hun functie.

Wenk: Je kan plantaardige systemen aan bod laten komen:

- je kan dit behandelen in functie van water- en assimilantentransport in de plant. 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 de functie, ligging en structuur van de huidmondjes (celtype) koppelen aan het natuurlijke habitat van de plant, in samenhang met de cellulaire processen van de fotosynthese. Je kan de systematische werking van de plant bij droogte of bij teveel aan water behandelen;
- je kan celtypen in niet-gedifferentieerde weefsels (meristemen) en gedifferentieerde weefsels linken aan hun functie in weefsel en organen bv. lengtegroei, diktegroei, herstel van wonden, stockage, fotosynthese, bescherming, steun, passief en actief transport;
- je kan de aanwezigheid van leukoplasten met zetmeel in aardappelen, granen, rijst verklaren vanuit de energiebehoefte van de plant en de link leggen met de opslag van glycogeen in lever- of spiercellen;
- je kan de bouw van hout bestuderen, de aanwezigheid van kurklagen verklaren 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).
Je kan in relatie tot voeding andere systemen aan bod laten komen bv. levercellen met opslag van glycogeen, botten met beenmerg ...

Wenk: Je kan celdeling bespreken in functie van geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting en van groei en herstel. Voorbeelden zijn microbiële groei, vermenigvuldiging van gisten, zaadcelvorming, eicelvorming, groei van planten,



botontwikkeling, aanmaak nieuwe huid (littekenweefsel), chemotherapie bij kankerbehandeling (haaruitval).

Bij celdeling leg je de klemtoon op het verschil tussen mitose en meiose; het is niet de bedoeling de verschillende fasen in detail te bespreken. Het is aangewezen de celcyclus met de DNA-replicatie, mitose en meiose aan bod te laten komen in voorbereiding op erfelijkheid ... Crossing-over wordt geduid als belangrijk voor het ontstaan van genetische variatie bij geslachtelijke voortplanting en in samenhang met overerven.

Wenk: Celdifferentiatie is een proces waarbij uit betrekkelijk eenvoudige cellen nieuwe cellen met zeer specifieke functies voortkomen. Elke cel heeft een specifieke bouw aangepast aan de specifieke functie die ze vervult. De functieverdeling veronderstelt ook een goede coördinatie.

Je kan het belang van celdifferentiatie duiden vanuit het misconception dat enkel celdeling volstaat voor groei. Voor de plant betekent dat celdeling-celstrekking-celdifferentiatie. Bij een dierlijk organisme is dat celdeling-stamcel-celdifferentiatie.

Je kan de link leggen met stamceltherapie (behandeling van leukemie, maken van nieuwe organen ...) en met het klonen van planten in samenhang met het leerplandoel over DNA-technologie.

Wenk: Je kan de link leggen met de STEM-concepten: structuur en functie, modellen van een systeem.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: microscopisch onderzoek van preparaten van dwarsgestreepte en gladde spieren, van worteltopmeristeem (verschillende fasen), van aardappelweefsel (gekleurd met lugol).

Extra: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met ligging en aansturing van dwarsgestreepte (tonus, beweging ...) en gladde spieren (contracties, geboorte ...).

Stof-en energieomzettingen in cellen

LPD 3 B De leerlingen leggen cellulaire processen uit in plantaardige en dierlijke cellen.

Samenhang derde graad: reactieverloop (III-BCT-da LPD 12C)

2de graad: enzymwerking (II-Bio-da LPD K2)

Wenk: De cellulaire processen van fotosynthese, aerobe, anaerobe celademhaling en membraantransport (passief en actief) komen aan bod. Het is de bedoeling om bij elk cellulair proces de samenhang tussen structuur van celorganellen, cellen, weefsels en de functie(s) ervan in het proces te kaderen. Je kan werken met een schematisch overzicht waarbij de samenhang tussen de verschillende processen wordt weergegeven.

Wenk: De rol en werking van enzymen kan je op een eenvoudige manier aan bod laten komen via modelvoorstellingen. In de tweede graad kwamen enzymen in labo biologie aan bod, afstemming binnen de vakgroep over de mate waarin dat werd behandeld, is aanbevolen. Je kan de link leggen met de biokatalysator bij Chemie (beïnvloedende factoren van reactiesnelheid). Het belang van enzymwerking kan je illustreren met bv. fotosynthese, celademhaling, DNA-replicatie, spijsvertering.

Wenk: Fotosynthese:

- je kan aan de hand van de algemene reactievergelijking de eindproducten van de lichtreacties en de koolstoffixatiereacties duiden;
- chlorofyl en ook andere kleurpigmenten als caroteen en xanthofyl spelen een rol in de fotosynthese met als doel om zoveel mogelijk licht op te vangen;
- je kan het gebruik duiden van LED-lampen en CO₂-branders in serres;
- je kan de link leggen met Aardrijkskunde (klimaatopwarming, CO₂, duurzaamheid).

Wenk: Aerobe celademhaling:

- ademen is voor een organisme belangrijk om zuurstof binnen te halen voor de laatste stap van de aërobe celademhaling om de ATP-moleculen te kunnen maken en om CO₂ uit het lichaam te verwijderen;
- het is voldoende dat leerlingen kunnen uitleggen hoe in de cel energie bekomen wordt vanuit glucose, waarbij je aan de hand van de algemene reactievergelijking de eindproducten van de glycolyse, de Krebscyclus en de oxidatieve fosforylatie kan duiden.

Wenk: Fermentatie:

- je kan bij de alcoholische gisting en de melkzuurgisting de stof- en energieomzettingen schematisch weergeven en de processen situeren in de cel;
- voorbeelden van fermentatie: verzuren van spieren bij sportinspanning (stijfheid), zuur worden van soep, gefermenteerde vleeswaren (salami, gedroogde worst ...), melkzuurgisting (boter, plattekaas, yoghurt), ethanolvorming tijdens gisting, rijzen van het brood (CO₂-vorming), inkuilen van maïs en gras ...

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

- chromatografie van een extract van spinazie- of pelargoniumbladeren;
- onderzoek naar factoren die de fotosynthese beïnvloeden;
- aantonen van zetmeel in bladeren;
- onderzoek naar factoren die de gisting beïnvloeden;
- onderzoek naar osmose bv. bij aardappelen, eieren;
- onderzoek naar enzymen (bv. katalase in aardappelen of lever, amylase, pepsine, pancreatine) en naar factoren die de enzymwerking beïnvloeden.

Extra: Je kan andere cellulaire processen aan bod laten komen bv. secretie, afbraak, synthese van moleculen, signaalwaarneming.

Extra: 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, zenuwimpulsgeleiding, biosynthese, spiercontracties, celdeling ... De vrijgekomen warmte wordt gebruikt om de lichaamstemperatuur op peil te houden.

4.2.2 Voortplanting

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK



MD 06.14	De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden. (LPD 4B)
MD 06.15	De leerlingen illustreren bij de mens hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid beïnvloeden. (LPD 5B)

LPD 4 B De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.

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. Je kan de link leggen met celdeling.

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: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen: je kan bij dit leerplandoel de actualiteit betrekken rond problemen in verband met vruchtbaarheid in samenhang met leerplandoel over beïnvloeding van de vruchtbaarheid en met STEM-doel over wisselwerking met de maatschappij. Die onderwerpen lenen zich goed voor het voeren van een literatuuronderzoek.

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.

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 5 B De leerlingen illustreren hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid bij de mens beïnvloeden.

2de graad: hormonale regeling van het voortplantingssysteem (II-Bio-da LPD 5B)

Wenk: De hormonale regeling van de vruchtbaarheid bij de mens omvat de natuurlijke regeling (bv. puberteit, menopauze), hormonale onderdrukking (bv. anticonceptiva, puberteitsremmers, genderbevestigende therapie) en hormonale stimulering (bv. vruchtbaarheidsbehandelingen). De vruchtbaarheid kan worden gestimuleerd of onderdrukt.

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

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 die koffer terecht bij Sensoa, bij CLB en bij mutualiteiten. Je kan leerlingen verwijzen naar betrouwbare informatiebronnen zoals bijvoorbeeld 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 vanuit de invloed van gezondheidsgedrag de noodzaak tot preventie van soa's aan bod laten komen. Je kan dat eventueel combineren met een beperkt overzicht van biologisch verloop en behandeling.

4.2.3 Genetica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK



MD 06.16 De leerlingen leggen het overerven en de expressie van kenmerken bij organismen uit. (LPD 6B, 7B, 8B)

SMD 08.05.02 De leerlingen beschrijven hoe genexpressie het fenotype bepaalt en hoe die expressie beïnvloed kan worden. (LPD 7B, 8B, 9B)

- Modificatie en mutatie
- Structuur van DNA en RNA
- DNA-technologie
- Epigenetica

SMD 08.05.03 De leerlingen interpreteren chromosomale mechanismen van overerving. (LPD 6B)

- Haploïd en diploïd
- Mendeliaanse overerving, mono- en dihybride kruising
- Stamboom

Chromosomale genetica

LPD 6 B De leerlingen interpreteren chromosomale mechanismen van overerving.

- ★ Mendeliaanse overerving, mono- en dihybride kruising
Haploïd, diploïd
Stamboom

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het leerplandoel over celdeling (LPD 2B).

Wenk: Uit de resultaten van de proeven van Mendel kan je leerlingen zelf de wetten laten afleiden. Met de kennis van genen, allelen en hun locatie op de chromosomen kunnen de resultaten van Mendel verklaard en symbolisch worden voorgesteld. Daarbij kan je de begrippen allel, fenotype, genotype, dominant, recessief, co-dominant, intermediair, homozygoot en heterozygoot aan bod laten komen.

Wenk: Je behandelt minstens monohybride en dihybride kruisingen. Bij oefeningen kan je de overerving bij mens, dier en plant aan bod laten komen. Voorbeelden worden behandeld onder de vorm van vraagstukken, kruisingsschema's en stambomen. Stambomen bieden de mogelijkheid om op een overzichtelijke manier de overerving van kenmerken voor te stellen. Bij het oplossen van vraagstukken, kunnen de verschillende overervingmechanismen worden geoefend en komt de systematische oplossingsstrategie aan bod. Het is niet de bedoeling om van elk type overerving veel vraagstukken te maken.

Wenk: Je kan benadrukken dat overerving in veeteelt en in plantenkweek gestuurd wordt (inteelt) terwijl dat bij de mens en bij dier en plant in wilde omgeving niet het geval is.

Wenk: Je kan de link leggen met de neonatale screening (hielprik) bij pasgeboren baby's die screent op ernstige aangeboren aandoeningen die kunnen worden behandeld.

Wenk: Je kan de overerving interpreteren bij:

- multiple allelen: ABO-systeem bij de mens. Je kan het belang van de resusfactor bij bloedtransfusies en bij zwangerschap toelichten;

- cryptomerie: pigmentatie die al dan niet tot uiting komt bij sommige organismen;
- polygenie: overerven van oog- en huidskleur;
- pleiotropie: geslacht bij *Drosophila*;
- gekoppelde genen:
 - resultaten van Morgan voor gekoppelde genen bij *Drosophila*;
 - HLA-systeem (Human Leukocyte Antigens) van de mens;
- geslachtsgebonden overerving bij de mens:
 - 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.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept: systemen en modellen ervan.

Extra: Een aangeboren aandoening is niet noodzakelijke een erfelijke aandoening bv. spina bifida en een erfelijke aandoening komt niet altijd tot uiting bij de geboorte bv. ziekte van Huntington. Je kan de link leggen met het leerplandoel over de ontwikkeling van het embryo.

Je kan de leerlingen wijzen op de centra voor menselijke erfelijkheid waar men terecht kan voor informatie over erfelijkheid aan personen en families die geconfronteerd worden met aangeboren afwijkingen. Behandel de voor- en nadelen van commerciële bedrijven waar je eenvoudig terecht kan voor DNA-sequencing.

Moleculaire genetica

LPD 7 B De leerlingen leggen uit hoe genexpressie het fenotype bepaalt.

★ Structuur van DNA, RNA

Wenk: Om de dynamiek en chronologie van transcriptie en translatie te illustreren kan je gebruik maken van modellen, afbeeldingen en animaties. Stapsgewijze visualisering kan bij vele leerlingen tot een betere begripsvorming leiden.

Wenk: Je kan aangeven dat elk gen de code bevat voor de aanmaak van één of meerdere RNA-moleculen en polypeptiden. Via een eiwit komt een kenmerk tot uiting. De chemische structuur en classificatie van biomoleculen komt aan bod in het leerplanonderdeel Chemie.

Wenk: Bij transcriptie en translatie kan je volgende begrippen en aspecten aan bod laten komen: genoom, chromatine, nucleotidensequentie, functie van mRNA, tRNA, rRNA, ribosoom, aminozuren, vorming van een polypeptideketen.

Wenk: Je kan de link leggen met de STEM-concepten: systemen en modellen ervan, patronen, oorzaak en gevolg, terugkoppeling.

LPD 8 B De leerlingen leggen het effect van mutatie en modificatie op genexpressie uit.



★ Epigenetica

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het bespreken van de invloed van gezondheidsgedrag en leefmilieu op ontwikkelen van embryo en foetus.

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. 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. Het is niet de bedoeling diep in te gaan op alle mogelijke vormen van mutaties.

Wenk: Voorbeelden van niet-erfelijke modificaties die je aan bod kan laten komen: proef van Bonnier met paardenbloemen; ontwikkeling tot werkster of koningin bij bijen als gevolg van verschil in voedsel; verschillende bladeren bij waterranonkel en pijlkruid.

Wenk: Epigenetische modificaties beïnvloeden vooral de mate van expressie van het gen. Je kan modificaties als gevolg van DNA-methylering, histonacetylering ... behandelen. 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). 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 ...

Wenk: Begrippen als *Nature and nurture* kan je aan bod laten komen. Je kan de invloed van biologische, chemische en fysische factoren bij het ontstaan van mutaties verbinden aan aspecten van lichamelijke gezondheid. Het is niet nodig om diep in te gaan op alle mogelijke vormen van mutaties. Het verband tussen mutaties en het ontstaan van kanker kan aan bod komen.

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

Wenk: Mogelijke onderzoeksonderwerpen: het opstellen en interpreteren van een modificatie-variabiliteit (Gauss-)curve bij het aantal ribbels bij kokkels, bij de lengte van bladeren van een boom, bij de lengte, massa of aantal zaden van bonen ...

Extra: Je kan andere indelingen van mutaties aan bod laten komen bv. op basis van plaats van voorkomen of op basis van gevolgen voor de proteïne.

LPD 9 B De leerlingen leggen uit hoe DNA-technologie genexpressie kan beïnvloeden.

Wenk: Je kan vertrekken vanuit de klassieke biotechnologie en 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. Je kan voorbeelden van beïnvloeding van genexpressie vanuit de moderne biotechnologie aan bod laten komen bv. gentechnologie, recombinant DNA-

technologie.

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 zoals insuline-producerende bacteriën, resistente aardappelen tegen aardappelplaag, schimmels die melkeiwit maken ...

Wenk: Je kan de functie van restrictie-enzymen, ligasen, reverse transcriptase, polymerase en primer behandelen en van daaruit de ontwikkeling en het ontstaan van transgene organismen of GGO's (Genetisch Gemodificeerde Organismen) duiden. Je kan een aantal voorbeelden aan bod laten komen: gentechnologisch vaccin tegen varkenspest, insectresistente gewassen (Agrobacterium als vector voor Bt-gen) als maïs, katoen en aardappelen, herbicidentolerante gewassen bestand tegen groeiremmers glyfosaat.

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, vanuit wetgeving en vanuit socio-economisch standpunt kritisch benaderen. Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-doel over interactie STEM en maatschappelijke uitdagingen.

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

- onderzoek via simulatie en animatie bv. in bio-informatica (universiteit Wageningen);
- maken van een agarosegel, gelelektroforese van DNA (via commerciële kits, via VIB) en in samenhang met analysetechnieken in dit leerplan;
- simulatie van bv. PCR (papier);
- bezoek aan een onderzoekslabo.

Extra: Je kan het basisprincipe van DNA-technieken aan bod laten komen aan de hand van animaties bv. recombinant DNA-techniek, polymerase chain reaction (PCR), DNA-fingerprint ...

4.2.4 Ontstaan en evolutie van soorten

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

MD 06.17 De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie. (LPD 10B)

MD 06.18 De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen. (LPD 11B)

– Biologische soort

LPD 10 B De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie.

Samenhang derde graad: ontstaan heelal (III-Aar-da LPD 5+)

Wenk: 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. Je kan aan de hand van figuren en foto's van voorbeelden een aantal van die argumenten illustreren.

Wenk: Argumenten tegen de evolutietheorie kan je bespreken waarbij een kritische houding aangenomen wordt 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 dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, patronen, schaal en verhouding.

Wenk: Je kan de link leggen met het STEM-doel over interactie STEM en maatschappelijke uitdagingen.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen: simulatie-oefeningen over evolutie bv. *Op Wandel met Walvissen* (KU Leuven).

LPD 11 B De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen.

★ 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.

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. Je kan aangeven dat die theorieën ontstonden voor de publicatie van het werk van Mendel en ze vergelijken met de huidige evolutietheorie.

Wenk: Je kan de oorspronkelijke ideeën over evolutie uitbreiden met de begrippen mutatie, isolatie, selectie en genetische drift en het belang ervan bij soortvorming. Het is belangrijk leerlingen te laten inzien dat binnen het kader van evolutie al die verschijnselen toevallig optreden, zowel gelijktijdig als niet gelijktijdig. Bovendien gebeuren 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: Vanuit *Nature of science* worden inzichten in het domein van de evolutieleer voortdurend bijgesteld omwille van nieuwe vondsten, betere onderzoekstechnieken ... Je kan de link 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. Je

kan ook de relatie leggen met platentektoniek.

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

- uit waarnemingen op skeletten van gewervelde dieren, op afbeeldingen van hersenen, harten, ademhalingsorganen van gewervelde dieren argumenten afleiden die de biologische evolutie ondersteunen;
- fysiek simulatiespel rond natuurlijke selectie bv. Evolutie van de Legorgs;
- een workshop volgen bv. in een museum van natuurwetenschappen.

4.2.5 Ecosystemen

LPD 12 + De leerlingen analyseren interacties en processen in ecosystemen.

2de graad: rol van virussen, bacteriën en schimmels (II-Bio-da LPD 2B, 3B, 4B); onderzoek plantengroei (II-Bio-da LPD K1)

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het uitvoeren van biologische en chemische analysetechnieken in dit leerplan in relatie tot milieu- en ecotechnologie bv. wateranalyse, luchtanalyse, bodemanalyse ... Je kan meetwaarden linken aan de eigen omgeving.

Wenk: Je kan zowel de interactie tussen organismen als de interactie tussen biotische en abiotische elementen in ecosystemen behandelen.

Mogelijke interacties en processen:

- interacties tussen organismen:
 - voedselkringloop,
 - commensalisme, mutualisme, parasitisme, amensalisme;
- interacties tussen biotische en abiotische elementen bv. bodemstructuur en bodemfauna, waterkwaliteit en waterfauna, luchtkwaliteit en korstmossen ...;
- voorbeelden van processen:
 - N-cyclus, C-Cyclus, P-cyclus, waterkringloop ...

Wenk: Je kan verstoringen van het ecosysteem behandelen vanuit natuurlijke veranderingen en vanuit verstoringen door de mens. Effecten van menselijke invloeden kunnen zowel negatief (verstoring van ecosystemen) als positief (maatregelen om evenwichten te herstellen) zijn bv. invloed van land- en tuinbouwactiviteiten op ecosystemen, invloed van natuur- en landschapsbeheer op biotopen ...

Wenk: Je kan ecosysteemdiensten duiden: regulerende diensten (klimaat, waterkwaliteit), producerende diensten (bv. voedselvoorziening) en culturele diensten.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met de STEM-concepten: structuur en functie, stabiliteit, stromen van energie en materie, verandering en verstoring.

Wenk: Dit leerplandoel kan je kaderen binnen het concept van duurzame ontwikkeling (SDGs) in samenhang met het STEM-doel over interacties van STEM met de



maatschappij. Binnen de duurzame chemie komen aspecten van de cradle-to-cradle-filosofie (C2C) aan bod.

4.3 Chemie

4.3.1 Structuur en eigenschappen van de materie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

MD 06.19 De leerlingen verklaren de chemische informatie op product- en materiaallabels in functie van veiligheid, gezondheid en leefmilieu. (LPD 5C, 6C, 10C)

- Chemische eigenschappen en risico's van oplosmiddelen en zuren
- Voedingsbestanddelen
- Dosis en concentratie van stoffen in relatie tot gebruik

SMD 09.03.02 De leerlingen stellen chemische formules op van anorganische en monofunctionele organische stoffen. (LPD 1C, 3C)

- Roostermodel
- Ionbinding, atoombinding, metaalbinding
- Structuurformule: Lewisstructuur, skeletnotatie

(Rekening houdend met de context van de studierichting.)

SMD 09.03.03 De leerlingen leggen het verband tussen de structuur en de eigenschappen van stoffen. (LPD 4C)

- Polariteit
- Elektrolyten
- Elektronegativiteit
- Intermoleculaire krachten: dipool-dipoolkrachten, london dispersiekrachten, waterstofbruggen, ion-dipoolkrachten

(Rekening houdend met de context van de studierichting.)

SMD 09.03.05 De leerlingen classificeren organische en anorganische stoffen zowel op basis van een gegeven formule als op basis van een naam. (LPD 1C, 2C, 7C, 8C)

- Zuren, basen, zouten, oxiden
- Alkanen, alkenen, alkynen, alcoholen, carbonzuren, aminen
- (Poly)sachariden, lipiden, proteïnen, polynucleotiden
- Kunststoffen
- IUPAC-naamgeving

(Rekening houdend met de context van de studierichting.)

Bouw en eigenschappen van stoffen - Stofklassen

LPD 1 C De leerlingen stellen chemische structuur en lewisstructuur op van anorganische stoffen.

2de graad: atoombouw en PSE (II-Bio-da LPD 7C, 8C); opstellen chemische formules, ionbinding, atoombinding, metaalbinding, roostermodel, lewisstructuur (II-Bio-da LPD 2C, 10C, 11C); naam en formule van anorganische stoffen (II-Bio-da LPD 13+)

Wenk: In uitbreiding op de tweede graad kan je bij de lewisformules extra elementen aan bod laten komen: aanduiden van de bindende en vrije elektronenparen, onderscheiden van de normale en de donor-acceptoratoombinding. Je kan het begrip formele lading aanbrengen.

Wenk: Voor ternaire anorganische stoffen kan je het skelet van de chemische structuur geven.

De naamgeving van de anorganische stoffen wordt herhalend vanuit de tweede graad aangebracht met aandacht voor de niet-stamzuren met in de naam -iet, hypo-iet en per-aat en afgeleide zouten.

Ook waterstofzouten, dubbelzouten en hydraten komen aan bod.

Wenk: Enkel indien in de systematische naam van verbindingen verwarring mogelijk is, wordt de naam met vermelding van de indices door Griekse telwoorden (zoals aangebracht in de tweede graad) verder gebruikt ofwel wordt de stocknotatie gehanteerd. Naamgeving met de juiste vermelding van overbodige Griekse telwoorden kan echter niet als fout worden beschouwd. Je kan de oxidatiegetallen laten afleiden vanuit een gegeven naam of formule, vanuit het PSE en/of vanuit een gegeven tabel met oxidatiegetallen.

LPD 2 C De leerlingen classificeren vanuit de IUPAC-naamgeving organische stoffen in hun stofklasse zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

★ Chemische structuur van alkenen, alkynen, alcoholen, carbonzuren, aminen

2de graad: classificeren anorganische stoffen en alkanen, IUPAC-naamgeving (II-Bio-da LPD 12C, 15C)

Wenk: Met het oog op de structuur van de macromoleculen is het zinvol om ook andere stofklassen aan bod laten komen zoals halogeenkoolwaterstoffen, aldehyden, ketonen, ethers, esters, amiden en de aromaten.
Je kan de naamgeving uitbreiden met vertakte organische stoffen.

Wenk: Courante triviale benamingen komen in contexten aan bod bv. alcohol, brandalcohol, azijnzuur, mierenzuur, propionzuur, boterzuur, glycerol.

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

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen en leerplandoel over opstellen structuurformule en skeletnotatie:

- onderzoek van (eenvoudige) structuren met molecuulmodellen;
- onderzoek naar verschil tussen methanol en ethanol.

LPD 3 C De leerlingen stellen structuurformule en skeletnotatie op van organische stoffen.

2de graad: opstellen chemische formules, ionbinding, atoombinding, metaalbinding, roostermodel, lewisstructuur (II-Bio-da LPD 2C, 10C, 11C)

LPD K1 De leerlingen lichten isomerie in organische moleculen toe.

Wenk: Je kan functionele isomerie, structuurisomerie en stereo-isomerie behandelen.

Wenk: Je kan de link leggen tussen structuur en werking van isomeren zoals in voeding (bv. melkzuur, transvetzuren), in geneesmiddelen (bv. thalidomide) en in biochemie (bv. sachariden, aminozuren).

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



LPD 4 C De leerlingen leggen het verband tussen de chemische structuur en fysische eigenschappen van anorganische en organische stoffen.

- ★ Intermoleculaire krachten: dipool-dipoolkrachten, london dispersiekrachten, waterstofbruggen, ion-dipoolkrachten

2de graad: elektronegativiteit, polariteit, elektrolyten, oplosbaarheid, elektrische geleiding (II-Bio-da LPD 16C, 17C, 18C)

Wenk: Je kan bij het behandelen van de eigenschappen van organische stoffen de link leggen met het leerplandoel waar de classificatie van de organische stoffen aan bod komt.

Wenk: Fysische eigenschappen komen aan bod waaronder kookpunt, smeltpunt, oplosgedrag, zuur-base eigenschappen voor de organische stoffen en mogelijk herhalend en uitbreidend voor de anorganische stoffen.

Wenk: De polariteit van een molecule wordt bepaald vanuit de ruimtelijke bouw en kan je behandelen in samenhang met oplosbaarheid. Je kan het sterisch getal laten bepalen en van daaruit de geometrie afleiden. Het gebruik van modellen (molecuulmodellen, animaties ...) kan helpen visualiseren.

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

- onderzoek naar relatie tussen chemische binding en fysische eigenschappen (aggregatietoestand, oplosbaarheid, geleidbaarheid) van een stof;
- onderzoek naar waterstofbruggen in water;
- onderzoek van structuren met molecuulmodellen;
- vergelijkend onderzoek naar eigenschappen van alkanen (pentaan, cyclohexaan of petroleumbenzine) en alkenen (cyclohexeen) bv. oplosbaarheid in (a)polaire solventen, oxidatie met KMnO_4 ;
- bereiden van ethyn uit calciumcarbide en onderzoek van fysische eigenschappen van ethyn bv. brandbaarheid, oplosbaarheid in aceton;
- bereiden van tertiair butylchloride uit tertiair butanol.

LPD 5 C De leerlingen illustreren chemische eigenschappen van producten en materialen.

- ★ Chemische eigenschappen en risico's van oplosmiddelen en zuren

2de graad: pH en zuur-base-indicator (II-Bio-da LPD 21C); oplosbaarheid en elektrische geleiding (II-Bio-da LPD 17C, 18C)

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de leerplandoelen over eigenschappen van materialen bij Labo-en productiebeheer, over het realiseren van de analyse- en productietechnieken en over beschrijven van maatregelen om veiligheidsrisico's te verminderen.

Wenk: Je kan chemische eigenschappen en risico's van volgende oplosmiddelen en zuren behandelen: aceton, ethanol, water, thinner, terpentine, wasbenzine, zoutzuur, azijnzuur, citroenzuur ... en waar mogelijk linken aan het leerplandoel over structuur van organische stoffen.

Wenk: Je kan oplosmiddelen behandelen op waterbasis en op organische basis. Je kan het al dan niet oplossen van stoffen in water of in het organisch oplosmiddel linken aan de polariteit van stoffen wat in de tweede graad aan bod kwam.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-doel over veilig en duurzaam werken met o.a. stoffen en materialen.

LPD 6 C De leerlingen interpreteren op product-, voedings- en materiaallabels chemische informatie op vlak van veiligheid, gezondheid en leefmilieu.

2de graad: voedingsmiddelen (II-Bio-da LPD 12B, 4L, K6)

Wenk: Je kan aandacht besteden aan studierichtingsspecifieke materialen en stoffen waarbij namen, symbolen, grootheden en eenheden aan bod komen. Je legt daarbij de link naar het gebruik van de COS-brochure (zie ook achteraan dit leerplan bij Basisuitrusting en infrastructuur) en naar het doel in verband met chemische eigenschappen van producten en materialen. Je kan dit koppelen aan een onderzoek van materialen en producten in combinatie met de STEM-doelen over veilig en duurzaam werken met materialen, stoffen, organismen en technische systemen en over onderzoek voeren.

Wenk: Voedingslabels: functies en eigenschappen van voedingsbestanddelen zoals proteïnen, lipiden, (poly)sachariden, vitaminen, mineralen, additieven (E-nummers) kan je aanbrengen vanuit de aandacht voor een evenwichtig voedingspatroon. In de tweede graad kwamen een aantal aspecten van voeding aan bod; overleg met de vakleraar van de tweede graad is aangewezen. Je kan dit leerplandoel linken met structuur en classificatie van biomoleculen.

Wenk: Veiligheid: je kan aandacht hebben voor gevaarlijke omstandigheden, contexten en situaties zoals bijvoorbeeld welke stoffen je bij mekaar mag gieten, dampen in werkplaatsen en mestputten, gescheiden opslag van producten ...

Wenk: Gezondheid: je kan aandacht hebben voor gevaarsymbolen en richtlijnen op etiketten van stoffen zoals oplosmiddelen, siliconen, lijmen, verven, poetsmiddelen, voor aanwezigheid van allergenen, voor bewaringsadviezen, houdbaarheidsinformatie, Nutriscore ...

Wenk: Leefmilieu: je kan aandacht hebben voor labels over afvalverwerking bv. verfresten, reinigingsproducten (micropartikels), sproeistoffen in de tuin en de land- en tuinbouw, waxen, voor afval van siliconen, acrylaten en spuitbussen ...

Macromoleculen

LPD 7 C De leerlingen classificeren kunststoffen zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

Wenk: Begrippen als monomeren (een eenheid), dimeren (twee eenheden die een entiteit vormen) en polymeren (veel eenheden die een entiteit vormen) komen aan bod. Monomeren worden aaneengeschaakeld 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, PP, PVC, PA, PLA ... 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.

Wenk: Je kan toepassingen en het voorkomen van kunststoffen aan bod laten komen bv. in geneeskunde (prothesen, zelfvernietigende hechtingsdraad, kunststoflenzen, brilglazen), in keukenmateriaal, in auto, in fiets ...

Wenk: Je kan vormgevingstechnieken aan bod laten komen zoals 3D-printing, kalenderen, spuitgieten, extruderen ... eventueel in samenhang met uitvoeren van productietechnieken.

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 over duurzame chemie.

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

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

- bepalen van het verschil tussen thermoharder, thermoplast en elastomeer;
- bereiden van (bio)plastics en analyse van hun eigenschappen bv. biologische afbreekbaarheid in samenhang met leerplandoel over duurzame chemie;
- identificatie van soorten kunststoffen vanuit eigenschappen bv. dichtheid, hardheid, oplosbaarheid;
- bereiden van een kunststof bv. polystyreen, nylon.

LPD 8 C De leerlingen classificeren (poly)sachariden, proteïnen, lipiden en polynucleotiden zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

Samenhang derde graad: celopbouw (III-BCT-da LPD 1B)

Wenk: Je kan monomeren en macromoleculen aan bod laten komen. Namen die je kan behandelen:

- glucose, fructose, lactose, sucrose, maltose, ribose, glycogeen, zetmeel, cellulose ...;
- aminozuren in contexten, aspartaam, hemoglobine, insuline ...;
- mRNA, DNA.

Wenk: Bij de chemische structuren kan je starten vanuit de werkelijke chemische structuren weergegeven aan de hand van modellen. Het is de bedoeling om structuurkenmerken en structuren te herkennen en toe te wijzen aan een groep; het is niet de bedoeling om de structuren uit het hoofd te leren.

Wenk: Polysachariden: het weergeven van de symbolische voorstelling van glucose als 6-ring en fructose als 5-ring, het koppelen van monosachariden tot di- en polysachariden en het schrijven van de condensatiereactie bij vormen van de glycosidische binding.

Proteïnen: de structuur van aminozuren tekenen met vereenvoudigde voorstelling van de restgroep, het schrijven van de condensatiereactie bij vormen van de

peptidebinding, het koppelen van aminozuren tot dipeptiden, tripeptiden, polypeptiden en de primaire t.e.m. de quaternaire structuur van proteïnen.
Lipiden: de structuur van triglyceriden vanuit glycerol en (on)verzadigde vetzuren met de esterbinding, structuur van oliën en vetten, van steroïden en van fosfolipiden. Je kan ook de structuur van zeep en de micelvorming aan bod laten komen.

Polynucleotiden : de structuur van nucleotiden (suiker, fosfaatgroep, soorten basen), de koppeling van nucleotiden tot de dubbele helixstructuur (in DNA) of tot de RNA-structuur.

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

Je kan dit leerplandoel eventueel behandelen in samenhang met analyse- en productietechnieken en met biologie.

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

- identificatiereacties om biomoleculen aan te tonen bv. biureet, Fehling, Sudan III;
- hydrolyse van een polysacharide.

4.3.2 Kwantitatieve aspecten

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

MD 06.19 De leerlingen verklaren de chemische informatie op product- en materiaallabels in functie van veiligheid, gezondheid en leefmilieu. (LPD 5C, 6C, 10C)

- Chemische eigenschappen en risico's van oplosmiddelen en zuren
- Voedingsbestanddelen
- Dosis en concentratie van stoffen in relatie tot gebruik

SMD 09.03.07 De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie. (LPD 9C, 11C)

- Mol
- Concentratieberekeningen

(Rekening houdend met de context van de studierichting.)

LPD 9 C De leerlingen passen concentratiegrootheden toe in berekeningen en zetten concentratie-eenheden om.

2de graad: verband tussen stofhoeveelheid, molaire massa en molaire concentratie (II-Bio-da LPD 19C)

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het doel over doseren van stoffen in relatie tot het gebruik ervan. De concentratiegrootheden en -eenheden worden aangebracht in betekenisvolle contexten van de studierichting bv. verdunningsreeksen maken i.f.v. analyse, geconcentreerde oplossingen verdunnen, analyse van hoeveelheid voedingsbestanddelen in een voedingsmiddel ...

Je kan concentratie van stoffen behandelen in grootheden zoals molaire concentratie (mol/L), massaconcentratie (in g/L, kg/L ...), massa-volumepercentage (g/100mL), massapercentage (in % of g/100g), massafractie (in



ppm, ppb ...), volumeconcentratie (in mL/L), volumepercentage (in % of in mL/100mL) ...

Je kan de leerlingen wijzen op het gebruik van oudere maar nog steeds gehanteerde grootheden en eenheden zoals molariteit (M) en normaliteit (N).

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

- het berekenen van verdunnen van oplossingen en het nauwkeurig bereiden ervan;
- veilig verdunnen van geconcentreerde zuren;
- bepaling van gehalte azijnzuur in bv. balsamicoazijn;
- verdunningsreeksen opstellen voor ijklijnen (fotometrie, geleidbaarheidsmetingen).

LPD 10 C De leerlingen illustreren de dosis en concentratie van stoffen in relatie tot hun gebruik.

Wenk: Je kan aandacht besteden aan een minimale, een maximale en een optimale dosis in relatie tot werkzaamheid en mogelijke nadelige uitwerking van een stof bv. giftigheid.

Je kan de link leggen met stoichiometrie.

Wenk: Doseringen kan je aan bod laten komen in voorbeelden en toepassingen eigen aan de studierichting: in dosering van vaste of vloeibare meststoffen, van medicatie, van gewasbeschermingsmiddelen, van voedingssupplementen, van voedingsstoffen bij mens en dier, van samenstellen van recepturen, van verzorgingsproducten, van reinigingsmiddelen ... Je kan het belang van het inschatten van de optimale dosis aan bod laten komen bij het werken met producten voor eigen gezondheid bv. ADI en die van anderen, voor veiligheid en voor het leefmilieu ...

Je kan het principe van extreme verdunning bij homeopathie kritisch beschouwen in relatie tot dosering van geneesmiddelen.

LPD 11 C De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie.

2de graad: ideale gaswet (II-Bio-da LPD 10F); verband tussen stofhoeveelheid, molaire massa en molaire concentratie (II-Bio-da LPD 19C)

Wenk: Je kan de stoichiometrische berekeningen uitvoeren in samenhang met de concentratie-uitdrukkingen die worden aangebracht in de derde graad. Je kan het molair gasvolume aanbrengen en laten berekenen in concrete situaties vanuit de algemene gaswet.

Wenk: Bij de stoichiometrische berekeningen kan je de begrippen overmaat, limiterend reagens en rendement aan bod laten komen.

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

- hydratatie/dehydratatie van $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- bepalen carbonaatgehalte in Rennie;
- verschil tussen bakpoeder en baksoda onderzoeken;
- bepalen van het aantal hydraten in natriumcarbonaat via terugtitratie.

4.3.3 De chemische reactie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

SMD 09.03.04 De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een eenvoudige reactie. (LPD 15C)

- Reacties met ionenuitwisseling: zuur-basereactie, neerslagreactie
- Reacties met elektronenoverdracht

(Rekening houdend met de context van de studierichting.)

SMD 09.04.02 De leerlingen onderscheiden zuren en basen kwalitatief en kwantitatief. (LPD 13C, 14C)

- Brønstedzuur en -base
- Geconjugeerd zuur en geconjugeerde base
- Waterconstante, pH, pOH
- Zuurconstante (K_a), baseconstante (K_b)

SMD 09.04.03 De leerlingen onderzoeken het verloop van een chemische reactie, de ligging en de verschuiving van een evenwicht. (LPD 12C)

- Evenwichtsconstante

Dynamiek van de reactie

LPD 12 C De leerlingen onderzoeken het verloop van een chemische reactie, de ligging en de verschuiving van een evenwicht.

★ Evenwichtsconstante

Samenhang derde graad: cellulaire processen (III-BCT-da LPD 3B)

Wenk: Je kan de snelheidsfactoren in een chemische reactie en de beïnvloeding ervan, de ligging en de verschuiving van een evenwicht onderzoeken in samenhang met STEM-leerplandoel over voeren van een onderzoek.

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 het begrip 'effectieve botsing' aanbrengen. 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 energieverschil tussen die van de reactieproducten en de reagentia. Je kan dit behandelen aan de hand van een energiediagram.

Wenk: Je kan het onderscheid tussen trage en snelle reacties met voorbeelden duiden: roesten van ijzer, voedingsmiddelen koel bewaren, explosieven. Factoren die de reactiesnelheid beïnvloeden: concentratie, temperatuur, verdelingsgraad en (bio)katalysator. Leg de link met het botsingsmodel. Voorbeelden uit het dagelijks leven waarbij snelheidsbeïnvloedende factoren worden gebruikt: voeding bewaren in de koelkast, gevaar van stofexplosie voorkomen, zuurstofmasker toedienen aan zieken, afschermen van zonlicht ...

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met leerplandoel biologie over cellulaire processen (verwijzen naar energiedragers zoals ATP) en de katalysator behandelen in samenhang met enzymwerking. Je kan het gebruik van katalysatoren 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 in biologische processen.

Wenk: Een aflopende reactie kan worden beschouwd als een uiterst geval van een evenwichtsreactie waarbij het evenwicht volledig naar rechts is verschoven. Je kan dit behandelen in samenhang met de waarde van de evenwichtsconstante. Belangrijk is dat leerlingen goed inzien dat de blijvende aanwezigheid van alle reagentia bij chemisch evenwicht niets heeft te maken met een overmaat aan één van de uitgangsstoffen.

Wenk: Omdat chemisch evenwicht eerder complex en abstract is voor de leerlingen, is het aanbevolen om de leerinhouden te illustreren en te visualiseren met (demo-)experimenten bv. kleurveranderingen in stoffensystemen of simulaties. Je kan voorbeelden van evenwichtsreacties behandelen zoals de evenwichtstoestand in een fles spuitwater, oplaadbare batterijen waarbij zowel exo-energetische(ontladen) als endo-energetische (opladen) processen kunnen optreden.

Wenk: Het belang van de invloed van factoren als concentratie, volumeverandering (gas en vloeistof) en temperatuur op de ligging van het chemisch evenwicht kan je behandelen volgens principe van Le Chatelier- Van 't Hoff en illustreren met:

- industriële productieprocessen als Haber-Bosch-proces voor de synthese van ammoniak, het contactproces voor de synthese van zwavelzuur;
- de ademhaling in evenwichtsreacties bij omzetting van hemoglobine naar oxyhemoglobine, evenwicht van oplossen van CO_2 in H_2O naar H_2CO_3 (zuur-base-evenwicht).

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

- onderzoek van de beïnvloedende factoren op de reactiesnelheid bv. concentratie en temperatuur (Mg en HCl , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en HCl), deeltjesgrootte, katalysator (analyse van waterstofperoxide bv. door katalase in lever);
- afleiden formule reactiesnelheid bv. pijnstillers in water;
- onderzoek naar invloed van concentratie en temperatuur op aldolcondensatie en het bepalen van de orde van de reactie;
- decarboxylatie van Na-K-tartraat (demoproef);
- kleuromslag bij CuCl_2 in oplossing, kleuromslag van N_2O_4 naar NO_2 (demoproef);
- kwalitatief onderzoek van de factoren die een chemisch evenwicht kunnen verschuiven: het laten verkleuren van zwarte thee door wijzigen van de protonenconcentraties, onderzoek van het chemisch evenwicht Fe^{3+} en SCN^- (demoproef), FeCl_3 en KI .

Chemische reactiepatronen

LPD 13 C De leerlingen leggen de begrippen Brønstedzuur, Brønstedbase, geconjugeerd zuur en geconjugeerde base uit.

Wenk: Je kan duiden dat het zuur-baseconcept volgens Brønsted-Lowry een universeler karakter heeft dan dit van Arrhenius. Een bijkomende groep van deeltjes vormen de amfolyten.

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

- pH-bepaling van zouten;
- bepalen van het gehalte aan zuren bv. azijnzuur in keukenazijn, acetylsalicylzuur in aspirine, melkzuur in melk.

LPD 14 C De leerlingen passen chemisch evenwicht toe op protolysereacties.

- ★ Waterconstante
Zuurconstante (K_a) en baseconstante (K_b)
pH- en pOH-berekening van zuren en basen

2de graad: eenvoudige reactievergelijkingen opstellen (II-Bio-da LPD 20C, 22+)

Wenk: Het bepalen van de onderlinge sterkte van zuren en basen en het voorspellen van zuur-basereacties gebeurt aan de hand van de zuur- en baseconstanten. Je kan de pH-berekeningen van waterige oplossingen van sterke zuren en basen behandelen en ook de pH-berekening van zwakke zuren en basen aan bod laten komen.

Je kan gebruik maken van een tabel met zuur-baseconstanten om het verloop van een zuur-basereactie te voorspellen.

Wenk: Je kan de werking van een buffer behandelen en verklaren aan de hand van neutralisatiereacties en beïnvloeding van het chemisch evenwicht. Je kan het concept zeer eenvoudig aanbrengen via een experiment waarbij je zuur of base toevoegt aan een buffer en de pH stabiel blijft.

Je kan het nut en de toepassingen van een buffer aan bod laten komen zoals in bloed, lenzenvloeistof, aquarium, voeding, zeewater.

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

- onderzoek van protolysereactie tussen NaHSO_3 en NaHCO_3 ;
- pH-bepaling van allerlei oplossingen (waaronder huishoudproducten);
- studie van de invloed van het zuur/de base en de concentratie op de pH-waarde van de oplossing;
- studie van het zuur-basgedrag van zouten in water;
- bepaling van het omslaggebied van zuur-base indicatoren;
- een buffer bereiden en de werking ervan onderzoeken.

Extra: Je kan de pH berekenen van zouten die dissociëren waarvan hoogstens één ion zure of basische eigenschappen bezit zoals bv. ammoniumchloride, natriumacetaat, calciumcarbonaat, kaliumnitriet, natriumnitraat. Door de studie van het zuur-basgedrag van zouten in oplossing wordt aangetoond dat een waterige oplossing van een zout niet altijd een pH-neutrale oplossing is.

LPD 15 C De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een redoxreactie met binaire en ternaire verbindingen.

2de graad: eenvoudige reactievergelijkingen opstellen (II-Bio-da LPD 20C, 22+)

Wenk: In de tweede graad kwamen aspecten van redoxreacties tussen enkelvoudige stoffen aan bod, je kan dat herhalend aanbrengen en uitbreiden. Het is voldoende dat leerlingen minstens de ionenreactievergelijking kunnen opstellen. Reagentia en reactieproducten kan je aanreiken in de vorm van namen of formules.



Je kan het oxidatiegetal laten afleiden vanuit de brutoformule en vanuit de plaats in het PSE.

Wenk: Je kan de parallellen aangeven tussen een zuur-basereactie en een redoxreactie: het zuur (protondonor) en de base (protonacceptor) worden respectievelijk vervangen door de reductor (elektronendonor) en de oxidator (elektronenacceptor).

Wenk: Je kan de sterkte van oxidator en reductor in verband brengen met de standaardreductiepotentiaal.

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

- onderzoek naar de spanningsreeks van de metalen;
- uitvoeren van een redoxtitratie.

LPD K2 De leerlingen leggen de principes van een galvanische cel en een elektrolysecel uit.

Wenk: De principes van een galvanische cel en een elektrolysecel kan je behandelen vanuit het onderscheid tussen een spontane en een gedwongen reactie.

Wenk: Je kan de bouw en werking van de galvanische cel en de elektrolysecel aan bod laten komen.

Wenk: Je kan voorbeelden aanbrengen zoals het verzilveren, verkoperen of galvaniseren van voorwerpen, werking van batterijen, corrosie (en bescherming tegen corrosie).

Wenk: Je kan dit leerplandoel linken aan het STEM-doel over maatschappelijke uitdagingen en wisselwerking tussen STEM en de maatschappij (duurzaamheid, batterijen, waterstof als brandstof ...).

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

- onderzoek van een galvanische cel (verschillende metalen);
- onderzoek van elektrolyse van water (of demoproef).

LPD K3 De leerlingen stellen de reactievergelijking van een organische reactie op.

Wenk: Organische reactietypes die je kan aan bod laten komen zijn condensatiereacties, hydrolysereacties, oxidatiereacties, estervorming, polymerisatie, additiereacties, hydrogenatiereacties, substitutiereacties.

Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met structuur en vorming van bio- en macromoleculen.

Wenk: Je kan een syntheseschema voor organische reacties gebruiken.

Wenk: Je kan dit leerplandoel linken aan het STEM-doel over maatschappelijke uitdagingen en wisselwerking STEM met de maatschappij (duurzaamheid) en ook aan het uitvoeren van analyse- en productietechnieken.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: bereiden van een ester.

4.3.4 Duurzame chemie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

MD 06.20 De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie. (LPD 16C)

LPD 16 C De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.

Wenk: Je kan de focus van duurzame chemie behandelen: 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 voorbeelden. Je kan de transitie van lineaire chemie (take-make-waste) over groene chemie naar circulaire chemie (cradle to cradle) aan bod laten komen.

Wenk: Voorbeelden van productieprocessen en het gebruik van al dan niet hernieuwbare grondstoffen en energiebronnen : productie van bioplastics (PLA), productie van waterstofgas (grijze, groene, blauwe of turquoise waterstof), biogasproductie door mestvergisting. Lithium in batterijen is een voorbeeld van een niet-recycleerbare en uitputbare grondstof.

Wenk: Recyclage is vaak een vorm van “downcycling”. Het is wenselijk om betere processen te ontwikkelen die het product herleiden tot de oorspronkelijke grondstof met dezelfde eigenschappen van waaruit weer kan worden verder gewerkt.

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

Wenk: Je kan de link leggen naar de STEM-doelen en een onderzoekopdracht geven over eindigheid van grondstoffen, over een tweede leven voor afval (bv. biogas, appellerder).
Je kan ook linken leggen met de STEM-concepten: structuur en functie, patronen.

4.4 Biotechnologische en chemische analyse- en productietechnieken

4.4.1 Analysetechnieken

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

SMD 09.04.01 De leerlingen leggen principes van biotechnologische en chemische technieken uit. (LPD 2L)

- Kloneren, PCR, DNA-sequencing
- Spectroscopie, chromatografie, volumetrie



LPD 1 L De leerlingen voeren een zuur-basetitratie uit en verklaren het pH-verloop met behulp van de pH-curve.

2de graad: pH en zuur-base-indicator (II-Bio-da LPD 21C); eenvoudige reactie met ionenuitwisseling (II-Bio-da LPD 22+)

Wenk: Je kan de titratie manueel en/of met de automatische buret laten uitvoeren. Je kan de titratie laten volgen via een pH-sensor. Bij het uitvoeren van de titratie wordt de titratietabel opgesteld en de titratiecurve getekend.

Wenk: Je kan de leerlingen de keuze van de zuur-base-indicator laten beredeneren.

Wenk: Je kan beperken tot het berekenen van de pH bij het begin van de titratie, op het equivalentiepunt en na het equivalentiepunt in samenhang met LPD 14C (berekenen van de pH). Het is niet de bedoeling dat leerlingen de pH voor elk punt van de zuur-basetitratie berekenen.

Wenk: Je kan wijzen op het belang van de zuur-basetitratie als analysetechniek en op de noodzaak van het stellen van de gebruikte oplossingen.

Wenk: Je kan het leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM doel over goede labopraktijken en -technieken.

LPD 2 L De leerlingen leggen principes van biotechnologische en chemische technieken uit.

- ★ Kloneren, PCR, DNA-sequencing
Spectroscopie, chromatografie, volumetrie

Wenk: Je kan andere chemische en biotechnologische technieken aan bod laten komen, waar mogelijk in samenhang met LPD 3L (uitvoeren van analysetechnieken) en LPD 5L (uitvoeren van productietechnieken).

Wenk: Je kan linken leggen met LPD 9B (invloed van DNA-technologie op genexpressie) waar de noodzaak van een maatschappelijk debat en bio-ethische aspecten van nieuwe technologie aan bod komen.

Wenk: Je kan contact leggen met hogescholen, universiteiten en bedrijven om inzicht te krijgen in praktijkonderzoek en innovaties. Ook Regionale Technologische Centra (RTC) kunnen vormen van ondersteuning bieden.

LPD 3 L De leerlingen voeren analysetechnieken uit in samenhang met hun toepassing in industriële processen in chemie, voeding of farmacie.

- ★ Evaluatie en registratie van de resultaten

2de graad: analysetechnieken (II-Bio-da LPD 1L), werking van een enzym (II-Bio-da LPD K2); aanwezigheid van voedingsstoffen in voedingsmiddelen (II-Bio-da LPD 12B); preparaten en voedingsbodems (II-Bio-da LPD 6B, 7B, 8B, 9B, 11B)

Wenk: Het is belangrijk dat leerlingen inzicht ontwikkelen in de brede toepasbaarheid van analysetechnieken en kennis maken met hun industriële toepassingen zowel

in chemie, voeding als farmacie.

Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-doelen, met labotechnieken en aandacht besteden aan het elektronisch registreren en verwerken van gegevens onder de vorm van data acquisition, data handling en data logging.

Wenk: Je kan analysetechnieken aan bod laten komen zoals kwantitatieve en kwalitatieve chemische technieken, biochemische technieken en microbiologische technieken.

Je kan voorbereidende technieken aan bod laten komen zoals scheidingstechnieken (centrifugeren, extraheren, filtreren, decanteren, uitdampen ...).

Wenk: Je kan de link leggen met technieken in de industriële context:

- in verband met analyse in de chemische industrie bv. onderzoek naar productspecificaties bij aanvang, tijdens of na het proces;
- in verband met voedingsanalyse bv. analyse van samenstelling en authenticiteit, bepalen nutritionele waarde van voeding, meten van enzymactiviteit, meten van microbiologische kwaliteit;
- in verband met analyse van farmaceutische producten bv. staalvoorbereiding, analyse van samenstelling.

4.4.2 Productietechnieken

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

BK 13 De leerlingen stellen een proces- of productie-installatie in en om volgens de afgesproken procedures. (LPD 4L, 5L, 11L, 15L, 16L, 17L, 18L, 19L)

BK 14 De leerlingen sturen een proces- of productie-installatie volgens de afgesproken procedures. (LPD 5L, 12L, 13L, 14L, 15L, 16L, 17L, 18L, 19L)

Onderliggende kennis bij doelen die leiden naar BK

– *Technieken en procedures:*

u. Procestechnieken (pompen, scheidingstechnieken, reactoren ...) (LPD 4L, 5L, 11L, 15L, 16L, 17L)

LPD 4 L De leerlingen lichten industriële toepassingen van scheidingstechnieken toe.

2de graad: scheidingstechnieken (II-Bio-da LPD 1C, 2L)

Wenk: Je kan mechanische scheidingstechnieken bespreken in functie van de fasen die men wil scheiden: vast, vloeibaar of gas. Voorbeelden van industriële mechanische scheidingstechnieken: zeven, bezinking, filtratie, centrifuge, cycloon, elektrostatische scheiding ...

Wenk: Voorbeelden van thermische scheidingstechnieken die je aan bod kan laten komen: verdamping, destillatie ...

Wenk: Voorbeelden van fysisch-chemische scheidingstechnieken: extractie en sorptietechnieken.

Wenk: Elementen die je kan bespreken: doel en bruikbaarheid van de techniek, schema of tekening van de gebruikte systemen bij de scheidingstechniek, diagrammen van thermische processen.



Extra: Je kan de link leggen met de STEM-doelen en leerlingen zelf een scheidingsproces laten ontwikkelen en uittesten.

LPD 5 L De leerlingen voeren productietechnieken uit en leggen het verband met industriële processen in voeding, farmacie of chemie.

2de graad: bereidingstechnologie van een voedingsmiddel (II-Bio-da LPD 4L)

Wenk: Het is belangrijk om de eigenheid van voeding, farmacie en chemie aan bod te laten komen zodat leerlingen kennis maken met de gelijkenissen en verschillen in gebruikte productietechnieken. Je kan toepassingen aan bod laten komen zoals chemische productie, voedselproductie, geneesmiddelenbereiding, voedselbewaring, goede hygiënepraktijken.

Je kan dat combineren met het leerplandoel LPD 9L over opstellen van een eenvoudige procedure om een reproduceerbaar resultaat te bekomen.

Wenk: De samenhang met industriële processen kan je belichten vanuit gelijkenissen en verschillen tussen de klasomgeving en de industriële omgeving, eventueel in samenhang met LPD 6L (werkvoorbereiding eenvoudig productieproces).

Wenk: Je kan het uitvoeren van de productietechnieken combineren met het STEM-doel over voeren van een onderzoek en je kan het optimaliseren en aanpassen van een productieproces aan bod laten komen in samenhang met STEM-doelen over probleem oplossen, interactie tussen onderzoek en ontwikkelen en over modelleren.

4.5 Labo- en productiebeheer: organisatie, veiligheid, milieu, kwaliteit

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

BK 01	De leerlingen werken in teamverband (organisatiecultuur, communicatie, procedures). (LPD 4S, 6L)
BK 02	De leerlingen handelen kwaliteitsbewust. (LPD 4S, 8L, 9L)
BK 03	De leerlingen handelen economisch en duurzaam. (LPD 3S, 6L)
BK 04	De leerlingen handelen veilig, ergonomisch en hygiënisch. (LPD 3S, 8L)
BK 05	De leerlingen registreren gegevens gekoppeld aan een opdracht volgens de principes van een kwaliteitszorgsysteem. (LPD 8L, 9L)
BK 07	De leerlingen controleren en registreren de voorraad aan verbruiksgoederen en laboratoriummaterieel. (LPD 6L, 7L)
BK 08	De leerlingen nemen en behandelen stalen conform de opdracht en voeren de administratie ervan uit. (LPD 4S, 10L)
BK 11	De leerlingen raadplegen de planning, productiefiches en -voorschriften en registreren het verloop van een productieproces. (LPD 6L)
BK 15	De leerlingen stemmen de nodige grondstoffen en materialen af op de proces- of productie-installatie en nemen actie bij tekorten en afwijkingen. (LPD 6L, 7L)

Onderliggende kennis bij doelen die leiden naar BK

- c. Kwaliteitscontrolesystemen en kwaliteitszorgsystemen (LPD 9L)
- d. Milieuvoorschriften en milieuzorgsystemen (LPD 8L, 9L)
- f. Registratie van stalen in het algemeen (LPD 10L)
- g. Voorraadbeheer (LPD 7L)

– *Materialen:*

- h. Eigenschappen en bewaaromstandigheden van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten (LPD 3S, 7L)
– *Technieken en procedures:*
- k. Gebruik van (bio)veiligheidsrichtlijnen en veiligheidsmaatregelen (LPD 3S, 8L)
- q. Procedure(s) voor het bewaren en transport van stalen (LPD 10L)
- t. Procedures voor staalname (LPD 10L)
- w. Wettelijk toe te passen methoden in het kader van het kwaliteitszorgsysteem (LPD 9L)

LPD 6 L De leerlingen stellen een werkvoorbereiding op van een eenvoudig productieproces in team met inbegrip van registratie van het productieverloop.

- ★ Afstemming aanvoer grondstoffen en materialen, controle voorraad
Acties bij tekorten en afwijkingen

2de graad: organisatie van een laboactiviteit (II-Bio-da LPD 19L)

Wenk: Je kan het leerplandoel realiseren door een productieopdracht in de klas of via vormen van werkplekleren (simulatie in de klas, op stage ...). Je kan vertrekken vanuit voorbeelden.

Wenk: Je vertrekt van een bestaand productontwerp (bijvoorbeeld een recept, plan of tekening). Leerlingen maken de werkvoorbereiding van een eenvoudig productieproces dat ze kunnen simuleren in team: nadenken over opsplitsing in deelstappen, organisatie van werkposten, grondstofstroom (opslag, aanvoer, afvoer), benodigde grondstofhoeveelheden voor een gewenst productievolume, opstellen van een materialen en grondstoffenlijst (Bill Of Materials) ...

Wenk: Voorbeelden van mogelijke processen die aan bod kunnen komen: een gashoudende drank produceren, biodiesel, een verzorgingsproduct (bv. tandpasta), mini-waterzuivering, PMD-sortering ...

Wenk: Verschillende (teamgerichte) productiewijzen kunnen aan bod komen (in functie van de sector waarnaar je refereert): stukwerk versus serieproductie of productie in batch versus continue productie, vraaggestuurde versus aanbodgestuurde productie (push-pull) ...

Wenk: Je kan aangeven dat er in veel bedrijven in team gewerkt wordt rond het voortdurend verbeteren van werkprocessen en dat dit een belangrijk element is in kwaliteitszorgsystemen. De leerlingen kunnen gebruik maken van coöperatieve werkvormen om ideeën te genereren, te selecteren en uit te werken zoals brainstormen, groepswork ...

Wenk: Je kan (eventueel achteraf) de link leggen naar rollen in productieomgevingen (bijvoorbeeld productieverantwoordelijke, kwaliteitsverantwoordelijke, veiligheidsverantwoordelijke, logistiek verantwoordelijke ...)

Wenk: Je kan nadenken over aanpassingen van een productiesysteem bij het (hypothetisch) opschalen van een zelf uitgevoerd productieproces.

Wenk: Het is belangrijk om aandacht te besteden aan economisch handelen. Je kan daarbij aandacht besteden aan principes van efficiënte productie (zoals "LEAN"): zo weinig mogelijk afval, verliestijden, defecten, voorraden, energiegebruik, transport ...

Wenk: Je kan de link leggen met voorraadbeheer en afvalbeheer (zoals sorteerregels) bij de productie.



LPD 7 L De leerlingen leggen basisprincipes van voorraadbeheer uit.

- ★ Eigenschappen en bewaaromstandigheden van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten

2de graad: organisatie van een laboactiviteit (II-Bio-da LPD 19L)

Wenk: Je kan het leerplandoel koppelen aan een bedrijfsbezoek, labowerk of stage.

Wenk: Je kan ingaan op het belang van een veiligheidsstock bij voorraadbeheer. De planning van de voorraad hangt af van het verbruik (bijvoorbeeld klantenorders), het bestelpunt (dat aangeeft wanneer je moet bestellen omdat het kritisch voorraadmiveau bereikt is) en/of de vraagvoorspelling (verwacht verbruik in de toekomst). Je kan wijzen op voor- en nadelen van voorraden: voorraad kost geld, maar stelt de onderneming in staat om stilstanden in de productie door grondstofgebrek te vermijden of om klanten onmiddellijk te belevaren.

Wenk: Andere voorbeelden van principes van voorraadbeheer: 'just in time', Kanban (visualisatiesysteem van een logistieke keten), administratief bijhouden (traceability, in- en uitscannen), ABC-analyse (classificatie volgens belangrijkheid van een artikel).

Wenk: FIFO (first in first out) en LIFO (last in first out) zijn methodes om voorraden te schikken. De aangewezen methode hangt af van het soort product op voorraad (bijvoorbeeld product met houdbaarheidsdatum).

Wenk: Bij het bespreken van eigenschappen en bewaaromstandigheden kan je aandacht besteden aan opslag- en stapeltechnieken: gebruik van stapelverbanden, rekening houden met de massa van te stapelen producten, scheiden van productklassen, manipuleerbaarheid en bereikbaarheid, identificatie van magazijnlocaties, beveiliging, bescherming tegen temperatuur en licht ...

Wenk: Je kan voorbeelden geven van interne transportsystemen zoals hijs- en hefwerktuigen. Je kan voorbeelden bespreken van opslagsystemen zoals blok- of grondstapeling, palletsystemen, carrouselssystemen, shuttlesystemen ...

Wenk: Je kan voorbeelden geven van locatiesystemen:

- de plaats in de goederenstroom: grondstoffen versus afgewerkte producten
- de functie van de voorraad: grijpvoorraad, buffervoorraad, seizoensvoorraad ...

Wenk: Je kan aandacht besteden aan markeringen en aan signalisatieborden (zoals gebod, verbod, waarschuwing, borden voor veiligheidsvoorzieningen, brandbestrijding).

LPD 8 L De leerlingen beschrijven maatregelen om een veiligheids-, kwaliteits-, of milieurisico te verminderen in een gegeven context met geautomatiseerde systemen.

2de graad: een veiligheidsrisico verminderen in een labocontext (II-Bio-da LPD 16L); risico's op vlak van voedselveiligheid verminderen (II-Bio-da 18L)

Wenk: Je kan een context vinden tijdens een bedrijfsbezoek of eventuele stageopdracht.

Wenk: Voorbeelden van geautomatiseerde contexten die aan bod kunnen komen: geautomatiseerde buret, een onderhoudsmachine op school, toegangscontrole,

verwarmingsinstallatie op school ...

Je kan aandacht besteden aan mogelijke bronnen van gevaren en mogelijke veiligheidsrisico's.

Wenk: Je kan een risicoanalyse gebruiken om een veiligheidsrisico te verminderen door de blootstelling aan het risico, de ernst van mogelijke verwondingen en de kans op aanwezigheid van het risico in overweging te nemen. Een goed hulpmiddel om leerlingen gericht te laten nadenken over veiligheidsrisico's is de 'methode van Fine & Kinney'.

Wenk: Voorbeelden gevaren en risico's: het soort werkzaamheden, omgeving van de werkplek, gebruikte arbeidsmiddelen, gebruikte producten en materialen, bekwaamheid en attitude van de operator, fysieke en mentale belasting ...
Je kan aandacht besteden aan risico's bij stroomuitval en herstarten van de installatie.

Wenk: Elementen in de preventiehiërarchie bij het omgaan met risico's: gevaren uitschakelen, risico's beperken door collectieve bescherming, persoonlijke bescherming, waarschuwing.

Wenk: Je kan het doel in samenhang realiseren met het STEM-leerplandoel over 'werken met stoffen' en bijvoorbeeld aandacht besteden aan veiligheidspictogrammen en H/P-zinnen.

Wenk: Bij het bespreken van reinigings-en ontsmettingsprocedures kan je aandacht besteden aan:

- het belang van een verplicht autocontrolesysteem in de voeding gebaseerd op de principes van HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point). Dat is een preventief systeem om de gevaren te beheersen bij het verzekeren van de veiligheid van voedingsmiddelen; via FAVV kan je heel wat informatie vinden;
- '*Cleaning in place*' is een techniek is waarbij objecten in productie-installaties worden gereinigd zonder nood aan demontage of verplaatsing;
- de nood aan reiniging om het voorkomen van allergenen in voeding te vermijden of te beperken;
- algemene hygiëne-eisen en aanbevelingen bv. bij persoonlijke hygiëne, bij lokalen en werkomgeving, bij inrichting en uitrusting, bij werkoppervlakken, keukengerei en -apparatuur, bij verlichting en ventilatie, voor drinkwater, bij ontvangst en opslag van goederen, bij transport;
- het onderhoud van productielijnen, het reinigen van werkplaatsen voor voedingsmiddelen, het schoonmaken van laboratoria;
- het werken in cleanrooms;
- grondige reiniging en voldoende reinigingsfrequentie op de kritische punten, het opstellen van een dynamisch schoonmaakplan gebaseerd op kennis van het productieproces;
- het correct gebruik van ontsmettingsmiddelen (toepassing, dosering, inwerktijd) en controle op de efficiëntie ervan.

Wenk: Je kan leerlingen MSDS-fiches (Material Safety Data Sheet) van chemische producten laten raadplegen bij de risico-analyse.

Wenk: STEM-concept 'oorzaak en gevolg' kan aan bod komen: reflecteren over oorzakelijke verbanden, toeval en kans bij risico's.



LPD 9 L De leerlingen stellen een eenvoudige procedure op van een labo-activiteit om een reproduceerbaar resultaat te bekomen aan de hand van principes uit een milieu- of kwaliteitszorgsysteem.

★ Wettelijke kwaliteitsvereisten

2de graad: procedure opstellen (II-Bio-da LPD 17L)

Wenk: Het is de bedoeling om het leerplandoel te combineren met andere leerplandoelen die experimenteel kunnen worden benaderd zoals een werkvoorbereiding opstellen van een eenvoudig productieproces.

Wenk: Je kan leerlingen een procedure laten opstellen voor de uitvoering van een labo-activiteit met aandacht voor kritische punten en kwaliteitscriteria. De mate waarin een derde persoon in staat is om de procedure correct te interpreteren of uit te voeren kan als toets worden gebruikt voor de kwaliteit van de procedure.

Wenk: Je kan voorbeelden van werkinstructies en werkprocedures uit professionele labo- en productiecontexten (SOP: Standard Operating Procedure) raadplegen en vergelijken. Leerlingen kunnen dan ook criteria bepalen waaraan hun procedure moet voldoen.

Wenk: Voorbeelden van wettelijke veiligheidsvereisten: CE-label, veiligheidslabels, veiligheidskeuring van toestellen.

Wenk: Voorbeelden van wettelijke kwaliteitsvereisten: BIN-normen, PHARMACOPEIA, ISO. In sommige sectoren is het gebruik van een kwaliteitszorgsysteem verplicht (door de wet of door de klant).

Wenk: Voorbeelden van STEM-concepten die relevant zijn:

- systemen en hun modellen: stroomschema's van een werkprocedure
- stromen van informatie: gebruik van procedures om werkwijzen gecontroleerd te laten verlopen.

LPD 10 L De leerlingen leggen het belang van staalname en -registratie uit voor een gegeven productieproces in het kader van kwaliteitsbewaking.

★ Procedures voor bewaren en transport van stalen, administratie

Samenhang derde graad: representativiteit van steekproeven (III-WisS"-da LPD 20)

2de graad: labotechnieken toepassen (II-Bio-da LPD 5S; waaronder staalname met aandacht voor registratie- en bewaringstechnieken)

Wenk: Het nemen en de registratie van stalen kan je aan bod laten komen via het STEM-doel rond het toepassen van geschikte labotechnieken en de doelen in de rubriek analysetechnieken.

Wenk: Het is aangewezen om aandacht te besteden aan principes van traceerbaarheid bij registratie van stalen en de validiteit van de staalname (representatieve of doelgerichte steekproef).

Wenk: Je kan aandacht besteden aan het belang van staalname voor het monitoren van kwaliteit bij een productieproces zoals bij het bijsturen van een productieproces, goede opstart van een productie, kwaliteitscontrole bij het wisselen van

4.6 Productiesystemen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

BK 13 De leerlingen stellen een proces- of productie-installatie in en om volgens de afgesproken procedures. (LPD 4L, 5L, 11L, 15L, 16L, 17L, 18L, 19L)

BK 14 De leerlingen sturen een proces- of productie-installatie volgens de afgesproken procedures. (LPD 5L, 12L, 13L, 14L, 15L, 16L, 17L, 18L, 19L)

Onderliggende kennis bij doelen die leiden naar BK

- a. Hydraulica, elektriciteit, pneumatica in functie van een productie- of procesinstallatie (LPD 11L, 13L, 14 L, 15L, 16L, 17L, 1F, 2F)
- b. Plc en meet- en regeltechnieken in functie van een productie- of procesinstallatie (LPD 12L, 13L, 14L, 15L, 18L, 19L)

Technieken en procedures:

- j. Geautomatiseerde processen (LPD 12L, 13L, 14L, 15L, 16L, 18L, 19L)
- r. Procedures om de procesinstallatie te bedienen (LPD 12L, 15L, 16L, 17L, 19L)
- s. Procedures voor het afstellen van de procesinstallatie (LPD 18L)
- u. Procestechnieken (pompen, scheidingstechnieken, reactoren ...) (LPD 4L, 5L, 11L, 15L, 16L)
- v. Storingsanalyse in het productieproces (LPD 12L)

4.6.1 Opbouw en samenhang van productiesystemen

LPD 11 L De leerlingen interpreteren de opbouw en de functie van productiesystemen en hun componenten aan de hand van P&ID's.

2de graad: opbouw en functies van productiesystemen (II-Bio-da LPD 6L)

Wenk: Je kan starten met symbolen van vaak gebruikte componenten en eenvoudige P&ID schema's.

Wenk: Je kan vertrekken vanuit een stroomdiagram van een proces uit de labo- of productiecontext en van een deel daarvan kan een P&ID worden gemaakt.

Wenk: Een '*piping and instrumentation diagram*'(P&ID) is een technische tekening die schematisch laat zien hoe leidingen en andere onderdelen van een procesinstallatie met elkaar verbonden zijn. Elementen uit P&ID's die aan bod kunnen komen:

- energiebronnen in kringen: elektrische bron, compressor, pomp;
- leidingen, koppelingen, flexibels, dichtingen, slangen;
- buffers: reservoir;
- pneumatische, hydraulische en elektrische schakelcomponenten.

Wenk: Je kan een blokschema en stromingsschema (flowsheet) van een eenvoudig (productie) proces laten tekenen met veelgebruikte symbolen (vat, warmtewisselaar, filter, centrifuge, droger, mixer, roerder, pomp, compressor, verdamper, brander, reactor, destillatietoren, extractiekolom ...)

Wenk: Je kan een P&ID-schema van een industrieel proces bespreken en met de leerlingen op zoek gaan naar herkenbare elementen.



Wenk: Voorbeelden van STEM-concepten die aan bod kunnen komen:

- structuur en functie;
- oorzaak en gevolg, terugkoppeling: relaties tussen componenten in een energiekring;
- systemen en hun modellen: schema's van energiekringen;
- stromen van materie, energie en informatie: herkennen van de stromen in kringen;
- patronen herkennen in de opbouw van systemen en processen.

4.6.2 Sturingen: gedrag van systemen beïnvloeden

LPD 12 L De leerlingen werken een eenvoudige sturing uit om een proces te automatiseren.

★ Storingsanalyse

2de graad: sturing met logische functies (II-Bio-da LPD 7L)

Wenk: Aan de hand van het leerplandoel ontwikkelen de leerlingen inzicht in de werking van geautomatiseerde systemen.

Wenk: Je kan in de didactische aanloop naar het leerplandoel de werking van een aangereikte sturing of programma of algoritme laten achterhalen.

Wenk: Je kan een nieuw programma samenstellen voor een eenvoudig proces of een bestaand programma aanvullen. Bij het (grafisch) opbouwen van een programma kan je gebruik maken van software zoals PLC-software (bv. LOGO), grafische software voor test en meting (bv. LabVIEW), didactische codeerplatformen (bv. ArduBlock), simulatiesoftware (bv. Factory I/O) ...

Wenk: Een basis van logische operatoren kwam al in de eerste en tweede graad aan bod. Je kan leerlingen parameters van timers en tellers laten instellen. Parameters zoals een ingestelde vertragingstijd, een te tellen aantal impulsen ...

Wenk: Tijdens het testen simuleren en debuggen leerlingen de sturing en interpreteren ze eventuele fouten of foutmeldingen. Je kan leerlingen leren om de aangeboden helpmogelijkheden te raadplegen. De software bij heel wat programmeerbare stuureenheden biedt ondersteuning bij het debuggen.

4.6.3 Grootheden in systemen meten en beïnvloeden: sensoren en actuatoren

LPD 13 L De leerlingen lichten de fysische werking van sensoren toe in functie van industriële processen.

2de graad: fysische werking van een sensor voor temperatuur, druk en debiet (II-Bio-da LPD 11L)

Wenk: Het is aangewezen om vooral de nadruk te leggen op veelgebruikte sensoren:

- Temperatuur: pt100, thermokoppel;
- Druk: capacitieve druksensor, membraandrukmeter (met tandwiel of rekstrookje), Bourdon-meter;

- Niveau: hydrostatische drukmeting, capacitieve meting, radioactieve meting, ultrasoon, radar;
- Debiet: venturi (pitot), vademeter, massadebietsmeter, vortex, ultrasoon.

Wenk: STEM-concepten die kan betrekken:

- structuur en functie;
- oorzaak en gevolg: relatie tussen input en output van een sensor.

Extra: Je kan het corioliseffect in massadebietmeting in verband brengen met trillingen (faseverschuiving, frequentie).

LPD 14 L De leerlingen beschrijven het statisch gedrag en niet-lineaire eigenschappen van een sensor.

2de graad: gedrag van een sensor (II-Bio-da LPD 10L)

Wenk: Het is belangrijk om aandacht te hebben voor de begrippen nauwkeurigheid, gevoeligheid, lineariteit en het ingangsbereik van een sensor. Ook het gebruik van standaardsignalen en het verschil tussen analoge en digitale signalen komt best aan bod.

Wenk: Je kan karakteristieken van sensoren met elkaar vergelijken: bijvoorbeeld pt100 en thermokoppel.

Wenk: Je kan bij het bespreken van de nauwkeurigheid van een sensor aandacht besteden aan het verschil tussen juistheid (invloed van systematische fouten) en precisie (invloed van toevallige fouten).

Wenk: Je kan aandacht besteden aan niet-lineaire statische eigenschappen zoals saturatie, dode zone, hysteresis. Je kan hysteresis eenvoudig aantonen aan de hand van een proef met een sensor.

Wenk: Bij het bespreken van standaardsignalen kan je aandacht besteden aan gevoeligheid voor storingen, invloed van omgevingsfactoren (vochtigheid, temperatuur, elektromagnetische velden), detectie van kabelbreuk ...

Wenk: STEM-concepten die aan bod kunnen komen: verhouding in de relatie tussen ingangs- en uitgangsgrootte (lineair verband).

LPD 15 L De leerlingen lichten de werking van regelkleppen toe in een industrieel proces.

★ K_v -waarde
Klep karakteristiek

2de graad: werking van een hydraulische cilinder en een regelklep (II-Bio-da LPD 12L)

Wenk: Klep karakteristieken die aan bod kunnen komen zijn: snelopenend, lineair en gelijkprocentueel. Je kan de mogelijke functies van een driewegklep aan bod laten komen: mengen, verdelen of keuze.

Wenk: Het STEM-concept 'relatie tussen vorm en functie' kan in verband worden gebracht met materiaalkeuze in functie van het doorstromend fluidum.

LPD 16 L De leerlingen lichten de werking van pompen toe:



- **pomp- en leidingkarakteristiek;**
- **serie- en parallelschakeling van pompen.**

2de graad: werking van een transportsysteem voor vaste stoffen: rollenbaan, transportbaan, schroef van Archimedes (II-Bio-da LPD 13L); verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand in een enkelvoudige gelijksroomkring, een parallel- en serieschakeling (II-Bio-da LPD 9F); eenparig cirkelvormige beweging (II-Bio-da LPD 17F)

Wenk: Je kan een centrifugaalpomp (bijvoorbeeld een eenvoudige circulatiepomp uit een centrale verwarming) en een verdringerpomp bespreken.

Wenk: Je kan aangeven dat een serieschakeling van pompen zorgt voor een drukverhoging en een parallelschakeling van pompen een debietsverhoging realiseert.

Wenk: Je kan aan de hand van een proefopstelling een aantal punten van de pompkarakteristiek bepalen zoals de maximale opvoerhoogte en het maximaal debiet. Je kan wijzen dat een druk van 1 Bar ongeveer gelijk is aan 10 m opvoerhoogte.

Wenk: Voorbeeld van een pomp in een open systeem: het verpompen van een vloeistof naar een buffertank op hoger niveau. Voorbeeld van een pomp in een gesloten systeem: een circulatiepomp in een verwarmingssysteem.

Wenk: Interessante pompkarakteristieken $p=f(Q)$ die je kan bespreken: een centrifugaalpomp en verdringerpomp. Je kan de invloed van een toerentalregeling op de pompkarakteristiek eenvoudig uittesten in een proefopstelling met een circulatiepomp die drie vaste toerentalen heeft (bijvoorbeeld circulatiepomp in een CV-installatie). Je kan de metingen vergelijken met de gegevens van de fabrikant.

Wenk: De leidingkarakteristiek geeft de nodige opvoerdruk van de pomp aan om een benodigd debiet in een gegeven leiding te verkrijgen. De leidingkarakteristiek wordt bepaald door de totale weerstand van leidingen (denk aan het belang van de leidingdiameter) en andere procesonderdelen (reducties, kleppen, bochten, sensoren ...).

Wenk: Je kan aandacht besteden aan het opstarten van verschillende soorten pompen: al dan niet zelfaanzuigend zijn van pompen, open of gesloten persleiding.

Wenk: Je kan ingaan op veel voorkomende problemen zoals cavitatie en slijtage door veelvuldig aan- en afschakelen.

Wenk: STEM-concepten die relevant zijn:

- structuur en functie van pompen;
- stromen van materie: verpompen van vloeistoffen;
- verhouding: in overbrengingen bij de aandrijving van pompen.

LPD 17 L De leerlingen lichten de invloed van stromingsverschijnselen toe op de werking van productiesystemen.

- ★ **Turbulente en laminaire stroming**
Viscositeit

Regel van Castelli

2de graad: debiet van vloeistofstromen (II-Bio-da LPD 3F); druk (II-Bio-da LPD 7F)

Wenk: Je kan de stroming van water uit een kraan onderzoeken bij verschillende openingen. Denk aan de invloed van een uitstroomfilter van een kraan op de (water)stroming.

Wenk: Je kan aandacht besteden aan kenmerken van turbulente stroming en de invloed van viscositeit.

Wenk: Je kan de link leggen met vortexmeting.

Wenk: Met de regel van Castelli kan je eenvoudige kwantitatieve oefeningen behandelen. Je kan ook de invloed van de leidingdiameter illustreren met een simulatie (PHET). Je kan de link leggen naar de werking van sommige debietmeters.

Extra: Je kan de wet van Bernoulli benaderen in eenvoudige situaties zoals de uitstroomsnelheid aan een leiding uit een open vat bepalen (bv. via simulatie), de werking van een venturimeter uitdrukken ... Je kan aandacht besteden aan verbanden en oorzaak-gevolgredeneringen ...

4.6.4 Grootheden in systemen regelen

LPD 18 L De leerlingen bespreken aan de hand van grafische stapantwoorden het gedrag van een regelaar: P, PI, PID.

2de graad: stapantwoord van een proces (II-Bio-da LPD 9L)

Wenk: Je kan gebruik maken van grafische stapantwoorden om het gedrag van een regelaar te bespreken: statische fout wegwerken, sneller reageren op storingen, oscillaties vermijden ...

Wenk: Het is aangewezen om de rol van regelparameters aan te geven: versterkingsfactor k_R , na-insteltijd T_n , voor-insteltijd T_v . Je kan grafisch het gedrag bekijken van een regelaar bij te lage en te hoge waarden van de drie regelinstellingen.

Wenk: Je kan de optimale werking van een regelkring bespreken aan de hand van kwaliteitscriteria van uitregeling:

- tijd waarin de gewenste waarde van de grootte bereikt wordt;
- pieken in de uitgangsvariabele dempen in functie van procesvereisten: processen met minimale uitregeltijd, sommige processen mogen een bepaalde grens niet overschrijden (bevriezen of oververhitting) ...

Wenk: Je kan aandacht besteden aan de keuze van een regelaar in functie van het type proces.

Wenk: STEM-concepten die aan bod kunnen komen:

- oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
- systemen en hun modellen: blokschema van een regelkring;
- stromen van en/of materie en/of energie en/of informatie: verschil tussen regelkring en proceskring;



- verhouding: belang van instelparameters zoals versterkingsfactor.

LPD 19 L De leerlingen lichten een enkelvoudige en een meervoudige regelkring toe aan de hand van een gegeven instrumentatieschema.

2de graad: blokschema gestandaardiseerde regelkring (II-Bio-da LPD 15L)

Wenk: Meerdere regelkringen kunnen met elkaar worden gecombineerd om de procesregeling te verbeteren. We spreken dan over meervoudige regelkringen.

Wenk: Je kan het verschil tussen stroomopwaarts en stroomafwaarts regelen bespreken.

Wenk: Voorbeelden van meervoudige regeling: stikstofbelegging als split-range-regeling, cascaderregeling, verhoudingsregeling in chemie of voeding, master-slaveregelgeling bij destillatietorens, zuurstof-brandstofregeling in een brander, twee kleppen voor grof- en fijnregeling.

Wenk: STEM-concepten die aan bod kunnen komen:

- oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
- systemen en hun modellen;
- stromen van energie en informatie.

4.7 Fysica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

MD 06.21 De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening met bijbehorende veiligheidsaspecten. (LPD 4F, LPD 5F)

MD 06.22 De leerlingen verklaren aan de hand van eigenschappen van golven fenomenen of toepassingen uit het dagelijks leven. (LPD 3F)

– Geluid: decibelschaal en veiligheidsaspecten

MD 06.23 De leerlingen verklaren aan de hand van eigenschappen van permanente magneten en elektromagneten fenomenen of toepassingen uit het dagelijks leven. (LPD 2F)

Onderliggende kennis bij doelen die leiden naar BK

a. Hydraulica, elektriciteit, pneumatica in functie van een productie- of procesinstallatie (LPD 1F; 2F; 11L, 13L, 14L, 15L, 16L, 17L)

LPD 1 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen aan de hand van de concepten elektrische lading, elektrische kracht en elektrisch veld.

2de graad: verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand in een enkelvoudige gelijkstroomkring, een parallel- en een serieschakeling (II-Bio-da LPD 9F)

Wenk: In de atmosfeer komen van nature elektrische velden voor, vooral onder onweerswolken. Wrijving kan leiden tot scheiding van positieve en negatieve ladingen en dus het ontstaan van elektrische velden. In het dagelijks leven komen door wrijving vonkontladingen naar gearde voorwerpen voor of kunnen haren recht op gaan staan. Industriële contexten: gevaar voor vonkontlading en belang van aarding, gebruik bij industriële scheidingstechnieken ...

Wenk: Je kan het begrip lading verder betekenis geven via waarnemingsproefjes. De

wrijvingsenergie maakt elektronen los. Een lading beïnvloedt zijn omgeving door een kracht uit te oefenen op elk geladen voorwerp in zijn buurt. Dat voorwerp bevindt zich dan in een elektrisch veld.

Wenk: In technische systemen wordt vaak bewust gebruik gemaakt van elektrische velden zoals bij poedercoating van metalen voorwerpen, printers, fotokopieermachines, stoffiltratie, scheiden van kunststoffen in fracties, bij het elektrisch vissen ... Elektrische velden zijn ook belangrijk voor de werking van heel wat elektronische componenten.

Wenk: Maatregelen in industriële procesinstallaties om storingen door elektromagnetische velden te voorkomen: afscherming, aarding ...

LPD 2 F De leerlingen verklaren aan de hand van eigenschappen van permanente magneten en elektromagneten fenomenen of toepassingen.

2de graad: verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand in een enkelvoudige gelijkstroomkring, een parallel- en een serieschakeling (II-Bio-da LPD 9F)

Wenk: Eigenschappen die je aan bod kan laten komen: magnetische pool, magnetische kracht, magnetisch veld. Je kan waarnemen dat ferromagnetische stoffen (Fe, Ni en Co) worden aangetrokken door een magneet.

Wenk: Je kan vertrekken van fenomenen of toepassingen uit de leefwereld en ook industriële contexten aan bod laten komen. Voorbeelden van permanente magneten en elektromagneten in het dagelijks leven: bordmagneten, kastsluitingen, een kompas, in luidsprekers, elektromagnetische deurbel of deurslot ...
Voorbeelden uit de industriële context: motoren, elektromagnetische kleppen, systemen voor afvalscheiding ...

Wenk: Je kan via waarnemingen het bestaan van een magnetisch veld rondom een staafmagneet en een hoefijzermagneet aantonen. Daarnaast kan je via waarnemingen het bestaan van een magnetisch veld rondom een stroomvoerende spoel aantonen.

Wenk: 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. Door het al of niet bevatten van elementaire magneetjes, kan ook het verschil worden uitgelegd tussen ferromagnetische en non-ferromagnetische stoffen.

Extra: Je kan de werking en het belang verklaren van veiligheidssystemen (die werken op basis van elektromagnetisme) in een elektrische installatie voor de risico's elektrocutie, brand door kortsluiting en overbelasting. Veiligheidssystemen die aan bod kunnen komen: (automatische) zekering en verliesstroomschakelaar

LPD 3 F De leerlingen verklaren aan de hand van eigenschappen van golven fenomenen of toepassingen.

- ★ Geluid: decibelschaal en veiligheidsaspecten
Elektromagnetische golven

Samenhang derde graad: algemene sinusfunctie (III-WisS''-da LPD 12)



2de graad: kwalitatieve energiebalans (II-Bio-da LPD 13F)

Wenk: Eigenschappen van golven die je kan gebruiken:

- verschil in snelheid tussen geluidsgolven en lichtgolven bij bijvoorbeeld donder en bliksem;
- elektromagnetische golven kunnen zich voortplanten in de ruimte zonder middenstof;
- (elektromagnetische) golven kunnen worden gemanipuleerd waardoor ze (gecodeerde) informatie kunnen overbrengen (door de frequentie of de amplitude te veranderen). Ze zijn dus geschikt voor communicatiesystemen binnen en buiten de atmosfeer.

Wenk: Via een applet kan je door meting een indicatie van het geluidsniveau krijgen. Het is zinvol om een aantal vergelijkende metingen te doen van geluidsbronnen. Je kan een decibelschaal maken en die illustreren met foto's van geluidsbronnen.

Wenk: Het is aangewezen om aandacht te besteden aan veiligheidsaspecten. Je kan dit via het STEM-concept 'oorzaak en gevolg' aangeven. Menselijk gehoor heeft een zeker recuperatievermogen maar is vatbaar voor permanente gehoorschade. Je kan aandacht besteden aan het belang van kwaliteitsvolle (bijvoorbeeld op maat gemaakte) oordopjes als persoonlijk beschermingsmiddel.

Wenk: Eigenschappen van golven die aan bod kunnen komen zijn: weerkaatsing, absorptie, buiging, resonantie, dopplereffect. Voorbeelden bij geluidsgolven: echografie, sonar, geluidsisolatie, geluidschermen en bij lichtgolven: spiegels, kleurkeuze ...

Je kan het STEM-concept structuur en functie aan bod laten komen door na te gaan hoe men door de vormgeving van systemen en materialen functies kan realiseren:

- geluidsoverlast beperken zoals bij gehoorbeschermers, dempende materialen of geluidswal;
- een gewenste optische beeldvorming realiseren via bijvoorbeeld holle of bolle spiegels.

Wenk: Je kan aangeven dat EM-golven nuttige toepassingen hebben. Denk aan het gebruik ervan in medische toepassingen (diagnose en therapie, steriel maken ...). Voorbeelden van industriële en labotoepassingen: spectrofotometrie, detectie van scheuren of verontreinigingen in leidingen, sensoren die EM-golven detecteren zoals een IR-camera. Denk ook aan verwarming of verhitting door IR-golven en microgolven.

Wenk: Je kan aangeven dat de gevolgen van blootstelling aan EM-golven worden bepaald door frequentie, blootstellingsduur en intensiteit (energie per tijd en per oppervlakte-eenheid). Bij hoogfrequente golven zoals bij uv-stralen, röntgenstralen, gammastralen is het risico groter omdat de energie per foton hoger is.

LPD 4 F De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening.

2de graad: kwalitatieve energiebalans (II-Bio-da LPD 13F); gebruik atoommodel (II-Bio-da LPD 6C)

- Wenk:** Je kan kernfusie in de zon en kernsplijting in een kerncentrale kiezen als typevoorbeeld.
- Wenk:** Het is de bedoeling om de equivalentie tussen massa en energie toe te lichten aan de hand van de formule van Einstein. Je kan de begrippen massadefect en bindingsenergie bespreken. Het is evenwel niet de bedoeling om berekeningen uit te voeren.
- Wenk:** Een kerncentrale voorziet in een gecentraliseerde productie van veel elektriciteit waarbij nauwelijks CO₂ vrijkomt, de belangrijkste oorzaak van de huidige klimaatverandering. Tijdens het delven en de verwerking van uraniumerts kan milieuschade ontstaan. In tegenstelling tot kernsplijting levert kernfusie enkel bij ontmanteling een beperkte hoeveelheid laagradioactief afval. Je kan de link leggen met het STEM-doel rond de interacties met de samenleving. Er gebeurt veel onderzoek rond energievoorziening op basis van kernfusie met aandacht voor technologische uitdagingen zoals de hoge temperatuur die bij kernfusie nodig is.
- Extra:** Je kan ook de relatie leggen met het STEM-concept 'stabiliteit en verandering'. De grafiek van de bindingsenergie per nucleon illustreert de mogelijkheden voor kernsplijting en kernfusie in functie van energiewinst.

LPD 5 F De leerlingen beschrijven veiligheidsaspecten van kernfusie en kernsplijting.

Samenhang derde graad: model voor exponentiële groei (III-WisS''-da LPD 9)

- 2de graad:** kwalitatieve energiebalans (II-Bio-da LPD 13F); gebruik atoommodel (II-Bio-da LPD 6C)
- Wenk:** Je kan aangeven dat sommige atoomkernen stabiel zijn en andere stabielier kunnen worden door vervalprocessen. Je kan daarbij de verschillende soorten natuurlijke kernstraling en hun verschillend ioniserend vermogen en doordringingsvermogen aangeven. Het gebruik van de nuclidenkaart kan helpen bij het lokaliseren van stabiele atoomkernen (stabiliteitsband).
- Wenk:** Je kan het biologisch effect van ioniserende straling op mens en milieu toelichten. Straling kan weefsels aantasten en materialen broos maken. Je kan aandacht besteden aan toepassingen zoals het gebruik van radionucliden bij een diagnostisch onderzoek, bij radiotherapie, doorstralen van voedingsmiddelen om ze langer te conserveren.
- Wenk:** Effecten zijn afhankelijk van de geabsorbeerde dosis straling. Daarbij hanteert men veiligheidsnormen. Je kan ook wijzen op het verschil tussen besmetting (innemen of inademen van radioactief materiaal) en bestraling (stralingsenergie absorberen).
- Extra:** Je kan de werking van een kerncentrale bespreken met aandacht voor veiligheids- en regelsystemen. Je kan risico's illustreren aan de hand van gekende nucleaire ongevallen. Je legt dan ook de relatie met het STEM-doel rond interacties met de samenleving.



5 Basisuitrusting

Basisuitrusting verwijst naar de infrastructuur en het (didactisch) materiaal die 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. Specifieke benodigde infrastructuur of uitrusting hoeft niet noodzakelijk beschikbaar te zijn op de school. Beschikbaarheid op de werkplek of een andere externe locatie kan volstaan.

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. De 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 er binnen de lessen natuurwetenschappen eerst de COS-brochure geraadpleegd en indien nodig een risicoanalyse uitgevoerd. Als hulpmiddel voor het opstellen van de 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 leslokaal

- 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

Het aanwezige materiaal is geschikt voor de realisatie van de leerplandoelen en in aantal voldoende voor de grootte van de klasgroep. Omdat de leerlingen bij experimenteel werk per 2 (uitzonderlijk per 3) werken, zullen 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. Het is aangewezen om een aantal vaste labo-opstellingen te voorzien om experimenten vlotter uit te voeren. Er worden persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen voorzien in functie van het uit te voeren practicum.

Voor de labo-infrastructuur zijn voldoende trekkasten, autoclaaf of oven, broedstoof (of incubator of verwarmingskast), koelkast, mogelijkheid en materiaal om steriel te enten, voldoende glaswerk, 2D- en 3D-modellen, preparaten, basischemicaliën, specifieke reagentia (waaronder kleurstoffen, nutriënten voor voedingsbodems, enzymen, indicatoren), tabellen ... nodig. Ook voldoende microscopen (met immersielen) zijn nodig (ca. twee personen per microscoop om basisvaardigheden in te kunnen oefenen). Relevante meet- en testbenodigdheden zijn: pH-meter, geleidbaarheidsmeter, balans, multimeters, thermometers, calorimeter. Er is laboratoriummaterieel nodig om chemische analysetechnieken uit te voeren waaronder sensoren en apparatuur voor volumetrie, gravimetrie, spectrofotometrie, chromatografie, elektrochemie en om biotechnologische technieken uit te voeren waaronder fermenteren, destilleren, gelelektroforese, kloneren.

Daarnaast is er een proceslabo met didactische opstellingen nodig rond procesinstallaties en productiesystemen zoals een opstelling voor temperatuurregeling, een eenvoudige automatisatie met sensoren en een miniatuur procesinstallatie voor niveauregeling en debietmeting van vloeistoffen met een pomp of aparte pompen met schroefkoppelingen en flexibels. De labo-opstellingen refereren naar de industriële context van operator in chemie, voedingstechnologie en farmacie. In het proceslabo kan gebruik gemaakt worden van een visualisatieprogramma voor P&ID (bv. VISIO) en zijn programmeerbare besturingen aanwezig.

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 ...
Illustreeren		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), de specifieke minimumdoelen (SMD) of de doelen die leiden naar één of meer beroepskwalificaties (BK) realiseren.

Leerplandoel	Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar één of meer beroepskwalificaties
1S	MD 06.25
2S	SMD 12.01.02; BK m;
3S	MD 06.24; SMD 12.01.02; BK 03; BK 04; BK 06; BK 09; BK e; BK h; BK k; BK l; BK n
4S	SMD 12.01.02; SMD 12.03.01; BK01; BK 02; BK 06; BK 08; BK 09; BK 12; BK i; BK n; BK o; BK p
5S	MD 06.26; SMD 12.01.01
6S	MD 06.27
7S	SMD 01.01.01
1B	SMD 08.05.01
2B	SMD 08.05.01
3B	SMD 08.05.01
4B	MD 06.14
5B	MD 06.15
6B	MD 06.16; SMD 08.05.03
7B	MD 06.16; SMD 08.05.02
8B	MD 06.16; SMD 08.05.02
9B	SMD 08.05.02
10B	MD 06.17
11B	MD 06.18
12+	-
1C	SMD 09.03.02; SMD 09.03.05



2C	SMD 09.03.05
3C	SMD 09.03.02
4C	SMD 09.03.03
5C	MD 06.19
6C	MD 06.19
7C	SMD 09.03.05
8C	SMD 09.03.05
9C	SMD 09.03.07
10C	MD 06.19
11C	SMD 09.03.07
12C	SMD 09.04.03
13C	SMD 09.04.02
14C	SMD 09.04.02
15C	SMD 09.03.04
16C	MD 06.20
1L	BK 10
2L	SMD 09.04.01
3L	BK 10
4L	BK 13; BK u
5L	BK 13; BK 14; BK u
6L	BK 01; BK 03; BK 07; BK 11; BK 15
7L	BK 07; BK 15; BK g; BK h
8L	BK 02; BK 04; BK 05; BK d; BK k
9L	BK 02; BK 05; BK c; BK d; BK w
10L	BK 08; BK f; BK q; BK t
11L	BK 13; BK a; BK u

12L	BK 14; BK b; BK j; BK r; BK v
13L	BK 14; BK a; BK b; BK j
14L	BK 14; BK a; BK b; BK j
15L	BK 13; BK 14; BK a; BK b; BK j; BK r; BK u
16L	BK 13; BK 14; BK a; BK j; BK r; BK u
17L	BK 13; BK 14; BK a; BK r
18L	BK 13; BK 14; BK b; BK j; BK s
19L	BK 13; BK 14; BK b; BK j; BK r
1F	BK a
2F	MD 06.23; BK a
3F	MD 06.22
4F	MD 06.21
5F	MD 06.21

7.2 Minimumdoelen basisvorming

Nummer	Minimumdoel
06.14	De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.
06.15	De leerlingen illustreren bij de mens hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid beïnvloeden.
06.16	De leerlingen leggen het overerven en de expressie van kenmerken bij organismen uit.
06.17	De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie.
06.18	De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen. Onderliggende (kennis)elementen: - Biologische soort
06.19	De leerlingen verklaren de chemische informatie op product- en materiaallabels in functie van veiligheid, gezondheid en leefmilieu. Onderliggende (kennis)elementen:



	- Chemische eigenschappen en risico's van oplosmiddelen en zuren - Voedingsbestanddelen - Dosis en concentratie van stoffen in relatie tot gebruik
06.20	De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.
06.21	De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening met bijbehorende veiligheidsaspecten.
06.22	De leerlingen verklaren aan de hand van eigenschappen van golven fenomenen of toepassingen uit het dagelijks leven. Onderliggende (kennis)elementen: - Geluid: decibelschaal en veiligheidsaspecten
06.23	De leerlingen verklaren aan de hand van eigenschappen van permanente magneten en elektromagneten fenomenen of toepassingen uit het dagelijks leven.
06.24	De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
06.25	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.
06.26	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.
06.27	De leerlingen illustreren 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.

7.3 Specifieke minimumdoelen

Nummer	Specifiek minimumdoel
01.01.01	De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met inhouden van minstens 1 wetenschapsdomein verbonden aan de studierichting.
08.05.01	De leerlingen leggen het verband tussen celtypen en hun functies in weefsels en organen uit met inbegrip van de betrokken cellulaire processen. Onderliggende (kennis)elementen:

- Celdeling, stamcel en meristeem

Voetnoot:

Rekening houdend met de context van de studierichting.

- 08.05.02 De leerlingen beschrijven hoe genexpressie het fenotype bepaalt en hoe die expressie beïnvloed kan worden.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Modificatie en mutatie
 - Structuur van DNA en RNA
 - DNA-technologie
 - Epigenetica
- 08.05.03 De leerlingen interpreteren chromosomale mechanismen van overerving.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Haploïd en diploïd
 - Mendeliaanse overerving, mono- en dihybride kruising
 - Stamboom
- 09.03.02 De leerlingen stellen chemische formules op van anorganische en monofunctionele organische stoffen.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Roostermodel
 - Ionbinding, atoombinding, metaalbinding
 - Structuurformule: Lewisstructuur, skeletnotatie
- Voetnoot:
- Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 09.03.03 De leerlingen leggen het verband tussen de structuur en de eigenschappen van stoffen.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Polariteit
 - Elektrolyten
 - Elektronegativiteit
 - Intermoleculaire krachten: dipool-dipoolkrachten, london dispersiekrachten, waterstofbruggen, ion-dipoolkrachten
- Voetnoot:
- Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 09.03.04 De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een eenvoudige reactie.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Reacties met ionenuitwisseling: zuur-basereactie, neerslagreactie
 - Reacties met elektronenoverdracht
- Voetnoot:
- Rekening houdend met de context van de studierichting.



- 09.03.05 De leerlingen classificeren organische en anorganische stoffen zowel op basis van een gegeven formule als op basis van een naam.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Zuren, basen, zouten, oxiden
 - Alkanen, alkenen, alkynen, alcoholen, carbonzuren, aminen
 - (Poly)sachariden, lipiden, proteïnen, polynucleotiden
 - Kunststoffen
 - IUPAC-naamgeving
- Voetnoot:
- Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 09.03.07 De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Mol
 - Concentratieberekeningen
- Voetnoot:
- Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 09.04.01 De leerlingen leggen principes van biotechnologische en chemische technieken uit.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Kloneren, PCR, DNA-sequencing
 - Spectroscopie, chromatografie, volumetrie
- 09.04.02 De leerlingen onderscheiden zuren en basen kwalitatief en kwantitatief.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Brønstedzuur en -base
 - Geconjugeerd zuur en geconjugeerde base
 - Waterconstante, pH, pOH
 - Zuurconstante (K_a), baseconstante (K_b)
- 09.04.03 De leerlingen onderzoeken het verloop van een chemische reactie, de ligging en de verschuiving van een evenwicht.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Evenwichtsconstante
- 12.01.01 De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
 - Modelleren

12.01.02	De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen.
	Onderliggende (kennis)elementen:
	- Gegevens of meetwaarden met de juiste symbolen voor grootheden en (SI-)eenheden - Beduidende cijfers - Meetnauwkeurigheid - Notaties met machten van 10
12.03.01	De leerlingen passen geschikte labotechnieken toe om betrouwbare informatie te verzamelen met aandacht voor goede labopraktijken.

7.4 Doelen die leiden naar één of meer beroepskwalificaties

1. De leerlingen werken in teamverband (organisatiecultuur, communicatie, procedures).
2. De leerlingen handelen kwaliteitsbewust.
3. De leerlingen handelen economisch en duurzaam.
4. De leerlingen handelen veilig, ergonomisch en hygiënisch.
5. De leerlingen registreren gegevens gekoppeld aan een opdracht volgens de principes van een kwaliteitszorgsysteem.
6. De leerlingen voeren het basisonderhoud uit van het (laboratorium)materieel.
7. De leerlingen controleren en registreren de voorraad aan verbruiksgoederen en laboratoriummaterieel.
8. De leerlingen nemen en behandelen stalen conform de opdracht en voeren de administratie ervan uit.
9. De leerlingen selecteren reagentia en (laboratorium)materieel en maken deze gebruiksklaar in functie van de analyses.
10. De leerlingen voeren analyses uit volgens gepaste procedures, evalueren en registreren de resultaten.
11. De leerlingen raadplegen de planning, productiefiches en -voorschriften en registreren het verloop van een productieproces.
12. De leerlingen voeren kwaliteitsmetingen uit.
13. De leerlingen stellen een proces- of productie-installatie in en om volgens de afgesproken procedures.
14. De leerlingen sturen een proces- of productie-installatie volgens de afgesproken procedures.
15. De leerlingen stemmen de nodige grondstoffen en materialen af op de proces- of productie-installatie en nemen actie bij tekorten en afwijkingen.

Aanvullende onderliggende kennis

De opgenomen kennis staat steeds in functie van de specifieke vorming van deze studierichting.

- a. Hydraulica, elektriciteit, pneumatica in functie van een productie- of procesinstallatie
- b. Plc en meet- en regeltechnieken in functie van een productie- of procesinstallatie
- c. Kwaliteitscontrolesystemen en kwaliteitszorgsystemen
- d. Milieuvoorschriften en milieuzorgsystemen
- e. Opslag van gevaarlijke producten
- f. Registratie van stalen in het algemeen
- g. Voorraadbeheer

Materialen:

- h. Eigenschappen en bewaaromstandigheden van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten
- i. Reagentia en producten in functie van de analyses



Technieken en procedures:

- j. Geautomatiseerde processen
- k. Gebruik van (bio)veiligheidsrichtlijnen en veiligheidsmaatregelen
- l. Gebruik van producten voor basisonderhoud toestellen, laboratoriummaterieel (centrifuge, weegapparatuur ...)
- m. Gebruik van richt- en referentiewaarden
- n. Gebruik, werkingsprincipes en toepassingsgebieden van (laboratorium)materieel
- o. Kalibratiemethode van laboratoriummaterieel (spectrofotometers, chromatograaf, microscoop, centrifuge, weegapparatuur ...)
- p. Meet- en analysetechnieken
- q. Procedure(s) voor het bewaren en transport van stalen
- r. Procedures om de procesinstallatie te bedienen
- s. Procedures voor het afstellen van de procesinstallatie
- t. Procedures voor staalname
- u. Procestechnieken (pompen, scheidingstechnieken, reactoren ...)
- v. Storingsanalyse in het productieproces
- w. Wettelijk toe te passen methoden in het kader van het kwaliteitssysteem

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	5
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	8
3	Pedagogisch-didactische duiding	8
3.1	Natuurwetenschappen en het vormingsconcept	8
3.2	Krachtlijnen	9
3.3	Opbouw.....	10
3.4	Leerlijnen.....	11
3.4.1	Samenhang met de eerste en de tweede graad	11
3.4.2	Samenhang in de derde graad	13
3.5	Aandachtspunten	14
3.5.1	Oriëntatie van het leerplan	14
3.5.2	Samenhang in wetenschappen	14
3.5.3	Onderzoekscompetentie.....	16
3.5.4	Werkplekleren.....	16
3.5.5	Dissecties als werkvorm	16
3.5.6	Context.....	17
3.6	Leerplanpagina.....	17
4	Leerplandoelen	17
4.1	STEM-doelen	17
4.2	Biologie.....	24
4.2.1	De cel als basiseenheid van leven	24
4.2.2	Voortplanting	27
4.2.3	Genetica	29
4.2.4	Ontstaan en evolutie van soorten.....	33
4.2.5	Ecosystemen	35

4.3	Chemie	36
4.3.1	Structuur en eigenschappen van de materie.....	36
4.3.2	Kwantitatieve aspecten.....	41
4.3.3	De chemische reactie	43
4.3.4	Duurzame chemie	47
4.4	Biotechnologische en chemische analyse- en productietechnieken	47
4.4.1	Analysetechnieken	47
4.4.2	Productietechnieken	49
4.5	Labo- en productiebeheer: organisatie, veiligheid, milieu, kwaliteit	50
4.6	Productiesystemen	55
4.6.1	Opbouw en samenhang van productiesystemen	55
4.6.2	Sturingen: gedrag van systemen beïnvloeden.....	56
4.6.3	Grootheden in systemen meten en beïnvloeden: sensoren en actuatoren.....	56
4.6.4	Grootheden in systemen regelen	59
4.7	Fysica	60
5	Basisuitrusting	64
5.1	Infrastructuur	64
5.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen.....	65
6	Glossarium.....	65
7	Concordantie	67
7.1	Concordantietabel.....	67
7.2	Minimumdoelen basisvorming	69
7.3	Specifieke minimumdoelen.....	70
7.4	Doelen die leiden naar één of meer beroepskwalificaties	73