

Natuurwetenschappen B+S'

3de graad D-finaliteit

III-NatS'-d

BRUSSEL

D/2024/13.758/210

Versie oktober 2024

1 Inleiding

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

1.1 Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten

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

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

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

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

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

1.2 De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs

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

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



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

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



1.3 Ruimte voor leraren(teams) en scholen

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

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

1.4 Differentiatie

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

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

Differentiatie door te verdiepen en te verbreden

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

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

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

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

Differentiatie door de leeromgeving aan te passen

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

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

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

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

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

Differentiatie in evaluatie

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

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



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

1.5 Opbouw van leerplannen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2 Situering

2.1 Samenhang met de tweede graad

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

2.2 Samenhang in de derde graad

Er zijn verschillende leerplannen Natuurwetenschappen voor de studierichtingen van de derde graad D-finaliteit. In de onderstaande tabel wordt aangegeven voor welke studierichtingen de leerplannen gelden. Bijkomende informatie kan je raadplegen op de [leerplanpagina](#).

III-Nat-d	Architecturale vorming; Audiovisuele vorming; Bedrijfsondersteunende informaticawetenschappen; Bedrijfswetenschappen; Beeldende vorming; Dans; Economie-Moderne talen; Economie-Wiskunde; Freinetpedagogie; Grieks-Latijn; Humane wetenschappen; Latijn-Moderne talen; Moderne talen; Muziek; Taal en communicatiewetenschappen; Topsport-Bedrijfswetenschappen; Topsport-Economie; Woordkunst-drama
III-NatS'-d	Grieks-Wiskunde, Latijn-Wiskunde
III-NatS-d	Latijn-Wetenschappen, Moderne talen-Wetenschappen, Sportwetenschappen, Wetenschappen-Wiskunde,
III-BCSW-d	Biotechnologische en chemische STEM-wetenschappen
III-BCW-d	Biotechnologische en chemische wetenschappen

Samenhang tussen de specifieke vorming in leerplannen Natuurwetenschappen

Leerplannen	III-Nat-d	III-NatS'-d	III-BCW-d	III-BCSW-d	III-NatS-d
STEM					
Engineering			X	X	
Onderzoeken					X
Labo			X	X	
Informaticawetenschappen					
Biologie					
Uitgebreide biologie			X	X	X
Pakket uit uitgebreide biologie		X			
Chemie					
Uitgebreide chemie			X	X	X
Pakket uit de uitgebreide chemie (*)		X			
Fysica					
Uitgebreide fysica					X
Uitgebreid pakket uit de uitgebreide fysica				X	
Pakket uit de uitgebreide fysica		X			
Beperkt pakket uit de uitgebreide fysica			X		

(*): Ook in III-TWE-d



2.3 Plaats in de lessentabel

Het leerplan is gebaseerd op minimumdoelen van de basisvorming en op specifieke minimumdoelen. Het is gericht op 7 graaduren en is bestemd voor volgende studierichtingen:

- Grieks-Wiskunde
- Latijn-Wiskunde

Een mogelijke verdeling van onderdelen over de derde graad:

Onderdeel	Aantal uren
Biologie	2 graaduren
Chemie	3 graaduren
Fysica	2 graaduren

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 (op het eerste zicht abstracte) wiskundige technieken concrete toepassingen hebben. De leerlingen kunnen op die manier dieper inzicht in en appreciatie voor wiskunde verwerven, terwijl ze hun wetenschappelijke kennis verdiepen.

Maatschappelijke vorming

Wetenschappen vervullen een cruciale rol in onze samenleving. De ontwikkelingen in de geneeskunde, telecommunicatie, biotechnologie ... hebben een grote impact op het welzijn van mensen. Dit vormt dan ook een grote uitdaging voor de wetenschappen namelijk in het creëren van een samenleving waarin onderzoeks- en innovatiepraktijken streven naar duurzame, ethisch aanvaardbare en maatschappelijk gewenste resultaten. In de diverse wetenschapsvakken willen we de maatschappelijke betrokkenheid bij leerlingen bevorderen. Leerlingen kunnen bijdragen aan onderzoek en innovatie en kritisch reflecteren over de rol van de mens in het systeem aarde.

Duurzaamheid en verbeelding

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

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

3.2 Krachtlijnen

Wetenschappelijke inzichten opbouwen voor de STEM-professional en burger van morgen

Leerlingen leren concepten uit Biologie, Chemie en Fysica. Op vlak van Biologie komt celleer, immuniteit, voortplanting, genetica en biologische evolutie aan bod.

In Chemie komt de structuur van materie en de studie van chemische reacties aan bod. Daarnaast is er ook aandacht voor duurzame chemie.

In Fysica komt elektrostatica, elektrodynamica, elektromagnetisme, kernfysica, dynamica, kinematica en trillingen en golven aan bod.

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

Leerlingen leren onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode. Ze ontwerpen een oplossing door integratie van wetenschappen, technologie of wiskunde. Daarbij leren ze ook veilig en duurzaam werken met stoffen, organismen en systemen.

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



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

3.3 Opbouw

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

Onderdelen in het leerplan

STEM-doelen	Biologie	Chemie	Fysica
Onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode Veilig en duurzaam werken met stoffen, organismen en systemen Ontwerp van een oplossing door integratie van wetenschappen, technologie of wiskunde STEM-interacties in de samenleving analyseren #Onderzoeks-competentie	Celleer: structuur, functie en processen Immuniteit Voortplanting: -genetisch materiaal en celdelingen -voortplanting bij de mens Genetica: -chromosomale genetica -moleculaire genetica Ontstaan en evolutie van soorten: -biologische evolutie -natuurlijke selectie	Structuur en eigenschappen materie: -bouw en eigenschappen van stoffen -stofklassen -macromoleculen -nanomaterialen De chemische reactie: -kwantitatieve aspecten -dynamiek van de reactie -chemische reactiepatronen Duurzame chemie	Elektrostatica Gelijkstroomkringen Elektromagnetisme Kernfysica Kracht en bewegingsverandering: - wetten van Newton - EVRB - ECB - horizontale worp Trillingen en golven - Kenmerken van trillingen - Lopende golven - Geluid, EM-golven
7 graaduren			

3.4 Leerlijnen

3.4.1 Samenhang met de eerste en de tweede graad

Biologie	Eerste graad	Tweede graad	Derde graad
		II-Nat'-d; II-NatS-d; II-BSW-d; II-BiWe-d	III-NatS'-d; III-NatS'''-d; III-NatS-d; III-BCSW-d; III-BCW-d
Structuur, functie en informatieverwerking	Organisatieniveaus Celstructuren		Celleer Cellulaire processen Enzymen

KERNIDEE: levende wezens bestaan uit cellen met een gelijkaardige structuur		Virussen, bacteriën, schimmels Structuur, metabolisme, voortplanting van micro-organismen*	
		Prikkelontvangst – en verwerking Homeostase Water en assimilantentransport	Immuunsysteem
Materie en energie in organismen en ecosystemen KERNIDEE: in ecosystemen concurreren organismen om materie en energie	Biotoop	Gedrag van en interacties tussen organismen	
	Stof- en energieomzetting Transport in een organisme		
	Fotosynthese		
		Materie- en energiestromen in ecosysteem	
Groei, ontwikkeling en reproductie van organismen	Aseksuele en seksuele voortplanting		Celdeling Gametogenese**
	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	Driedomeinensysteem	Biologische evolutie Natuurlijke selectie
			Moleculaire en chromosomale genetica DNA-technologie** Epigenetica**

* enkel voor II-NatS-d; II-BSW-d; II-BiWe-d

** enkel voor III-NatS-d; III-BCSW-d; III-BCW-d

Chemie	Eerste graad	Tweede graad II-Nat'-d; II-NatS-d; II-BSW-d; II-BiWe-d; II-TeWe-d	Derde graad III-NatS'-d; III-NatS'''-d; III-NatS-d; III-BCSW-d; III-BCW-d; III-TWE-d
Structuur en eigenschappen van de materie KERNIDEE: materie bestaat uit deeltjes	Mengsels, zuivere stoffen, verbindingen en atomen	Eigenschappen mengsels en zuivere stoffen Atoommodel PSE	Orbitaalmodel van atomen en ionen
		Enkelvoudige en samengestelde stoffen Chemische binding en eigenschappen Dissociatie en ionisatie Polariteit *	Polaire en apolaire atoombinding Verband structuur en eigenschappen van stoffen**
			Macromoleculen Nanomaterialen



		Oxiden, basen, zuren, zouten, alkanen: classificatie en IUPAC-naamgeving	Organische en anorganische stoffen: classificatie en IUPAC-naamgeving
		pH Zuur-base indicator	Sterke en zwakke zuren en basen
Chemische reacties KERNIDEE: bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere	Stofomzetting versus verandering van aggregatietoestand (Fysica)	Materie- en energie-uitwisseling bij chemische reacties	Kinetische aspecten van een chemische reactie Chemisch evenwicht
		Eenvoudige reactievergelijking opstellen Anorganische reactietypes*	Reactievergelijking opstellen met ionenuitwisseling en met elektronenoverdracht Organische reactietypes**
		Concentratie Stofhoeveelheid	Stoichiometrie
			Duurzame chemie

Fysica	Eerste graad	Tweede graad II-NatS-d; II-BSW-d II-Nat'-d; II-BiWe-d	Derde graad III-NatS-d; III-BCSW-d III-NatS'-d; III-BCW-d
Kracht en bewegingsverandering KERNIDEE: wijziging van beweging vereist interactie met een ander object	Constante snelheid	Rechtlijnige bewegingen	Wetten van Newton
	Uitwerking van krachten	Kracht als vector Kracht en bewegingsverandering Statica van systemen (Keuze in Nat'; BiWe).	Kinematica Veld- en krachtwerking Gravitatie (alleen in NatS en BCSW)
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	Energieomzettingen Vermogen en rendement	Kernfysica Arbeid bij niet-constante kracht (niet in: NatS'; BCW)
		Warmteleer	Trillingen en golven
	Energiesystemen (Techniek)	Wet van Ohm Gemengde gelijkstroomkring (niet in: Nat'; keuze in BiWe) Elektrisch vermogen en Joule-effect	Gelijkstroomkringen (keuze in: NatS; BCSW; BCW) Elektromagnetisme

Straling KERNIDEE: straling is overal	Energie en veiligheid Fotosynthese.	Optica (alleen in NatS en BSW)	Effecten ioniserende straling
			Moderne fysica (alleen in NatS)

Leerplan III-NatS'-d: minimumdoelen fysica analoog aan III-BCW-d

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

STEM Eerste graad	Tweede graad II-Nat'-d	Derde graad III-NatS'-d
Onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode		
Meetinstrumenten gebruiken, grootheden en eenheden	Gegevens of meetwaarden gebruiken	
Een oplossing ontwerpen voor een probleem		
Veilig en duurzaam werken		
Wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij		

3.4.2 Samenhang in de derde graad

Samenhang met Wiskunde en Aardrijkskunde

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

Leerinhoud Wiskunde	Leerinhoud Natuurwetenschappen
Fenomenen beschrijven uit de realiteit aan de hand van wiskundige concepten	De wisselwerking tussen wetenschappen, technologie en de maatschappij analyseren
Vraagstukken en problemen oplossen	Een oplossing ontwerpen voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.
Exponentiële functies	Radioactief verval
Goniometrische functies	Eenparig cirkelvormige beweging Trillingen en golven
Afgeleiden	Kinematica
Logaritmen	pH-berekening
Leerinhoud Aardrijkskunde	
Ontstaan heelal	Biologische evolutie

Samenhang tussen Biologie en Chemie

Er is inhoudelijke samenhang voor een aantal biologische en chemische inhoud.

Leerinhoud Biologie	Leerinhoud Chemie
Celopbouw	Structuur biomoleculen
Enzymen	Reactiekinetiek
Moleculaire cellulaire processen	Belang biomoleculen



3.5 Aandachtspunten

3.5.1 Oriëntatie van het leerplan

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

In dit leerplan ligt de nadruk op wetenschappelijke vorming voor de STEM-professional van morgen.

3.5.2 Samenhang tussen wetenschappen

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen. Die samenhang komt op 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 inhoud en in verschillende contexten krijgen zij kansen om vlotter tot transfer te komen. Daardoor kan het schoolteam verbanden tussen kennis en vaardigheden op verschillende manieren benaderen en meer betekenis geven aan de doelen.

Onderzoekend leren, leren onderzoeken en practicum

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

- leerlingen te motiveren vanuit hun verwondering bij het waarnemen van verschijnselen;
- geïnformeerd te leren werken met meetinstrumenten, hulpmiddelen en stoffen;
- ideeën over fenomenen en systemen experimenteel te toetsen en te reflecteren over het wetenschappelijk belang van het empirisch testen van die ideeën;

- onderzoeksvaardigheden en een onderzoekende houding te ontwikkelen: kritisch willen zijn, willen begrijpen, willen delen, willen vernieuwen, nauwkeurigheid, objectief waarnemen, planmatig werken ...

Vooraf 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 vanuit een bepaald perspectief te kijken naar het systeem. Via de STEM-concepten ontwikkelen leerlingen geleidelijk aan een breder en dieper inzicht in vakinhouden en ontdekken ze overeenkomsten met andere inhouden. Ze kunnen apart of gecombineerd worden ingezet.

STEM-concepten:

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

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

3.5.3 Onderzoekskompetentie

De onderzoekskompetentie kan worden gerealiseerd met inhouden van dit leerplan die gerelateerd zijn aan specifieke minimumdoelen. In de studierichtingen waarin dit leerplan moet worden gerealiseerd kan de onderzoekskompetentie ook aan bod komen via inhouden van andere leerplannen. Om dat duidelijk te maken wordt het leerplandoel over de onderzoekskompetentie voorafgegaan door een hashtag (#). Dat geeft aan dat het leerplandoel hier aan bod kan komen, maar dat het ook kan worden gerealiseerd via andere leerplannen van het specifiek gedeelte van de studierichting. Je overlegt op schoolniveau welke



keuzes worden gemaakt met betrekking tot de realisatie van de onderzoekscompetentie. Op de PRO-tegel [onderzoekscompetentie](#) kan je voor elke studierichting terugvinden via welke leerplannen onderzoeken kan worden gerealiseerd.

Bij LPD 5 S geven we aan met welke inhouden de onderzoekscompetentie kan 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 onderzoekscompetentie.

3.5.4 Dissecties als werkvorm

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

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

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

3.6 Leerplanpagina

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



4 Leerplandoelen

4.1 STEM-doelen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

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

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

- vanuit criteria een onderzoeksvraag formuleren;

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

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

Wenk: Het is niet 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: Mogelijke voorbeelden van onderzoeksopdrachten die aansluiten bij leerplandoelen kan je terugvinden op de leerplanpagina.

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

2de graad: een STEM-geïntegreerde oplossing ontwerpen (II-Nat'-d LPD 4S)

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

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

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

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

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

te nemen van deeloplossingen, documentatie te verzamelen, tekeningen, schema's, een eenvoudige berekening, een proefmodel samen te stellen ...

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

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

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

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

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

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

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

LPD 5 S # De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met specifieke inhoud van dit leerplan.

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

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

Wenk: Voorbeelden van specifieke inhoud van dit leerplan die je kan betrekken bij het doorlopen van een onderzoekscyclus: cel, enzymen, genetica, zuren en basen, chemisch evenwicht, verloop van reacties, elektrostatica, elektromagnetisme, dynamica, kinematica, trillingen en golven.

Wenk: Fasen in een onderzoekscyclus zoals 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

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-NatS'-d LPD 10C)

2de graad: eigenschappen en rol van virussen, bacteriën en schimmels, voorkomen vanuit structuur, metabolisme of voortplanting (II-Nat'-d LPD 12B);
driedomeinensysteem (II-Nat'-d LPD 11B)

Wenk: Je kan de bijdrage en noodzakelijkheid van de celorganellen in de totale werking van de cel centraal stellen: 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 op moleculair en subcellulair niveau.

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

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

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

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

Wenk: De functie van biologische membranen kan je behandelen bij afbakenen van de cel, bescherming van de cel en het transport van stoffen in en uit de cel. Afstemming en overleg binnen de vakgroep wetenschappen (o.a. over polariteit,

ionvorming) is nodig. Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met LPD 4B rond membraantransport.

Bij de structuur van biologische membranen kan je het vloeibaar mozaïekmodel en het semi-permeabel membraan behandelen. Membraancomponenten die aan bod kunnen komen zijn fosfolipiden, cholesterol, perifere (herkennings-) eiwitten en transmembraaneiwitten en de glycocalyx. Concrete 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. Je kan de link leggen tussen de bouw van celmembranen en het immuunsysteem in samenhang met LPD 5B (specifieke afweer).

Je kan de functie van cellulose in de celwand behandelen.

Wenk: Je kan het onderscheid tussen pro-en eukaryoten aanbrengen

Wenk: Je kan de link leggen met het STEM-concept: 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 in samenhang met STEM-doelen: lichtmicroscopische bouw en samenhang van plantaardige en dierlijke cellen onderzoeken bij waterpest, algen, uirook, aardappel, mondepitheel.

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

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

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

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

Wenk: Je kan plantaardige systemen aan bod laten komen:

- je kan dit behandelen in functie van water- en assimilantentransport in de plant wat in de tweede graad aan bod kwam. 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 gekoppeld worden aan de functie van steunweefsel, van vaatbundels met transportweefsel en van bladmoes. Je kan ook de functie, ligging en structuur van de huidmondjes (celtype) koppelen aan het natuurlijke habitat van de plant. Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met LPD 4B (fotosynthese bij cellulaire processen);



- je kan de bouw van hout bestuderen en bijvoorbeeld de bast van de kurkeik bespreken: kurk beschermt de boom tegen hitte.

Wenk: Je kan een bezoek brengen aan de Plantentuin van Meise waar de verschillende houtsoorten en microscopische coupes beschikbaar zijn.

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

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met LPD 7B (mitose en meiose, gametogenese) vanuit celdeling in functie van geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting, van groei en van herstel.

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

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

- microscopische studie bouw en functie (bv. open en gesloten huidmondjes, aardappelweefsel, zenuwcellen, vetcellen, zaadcellen en eicellen, dwarsgestreepte en gladde spiercellen);
- onderzoek van de nier en verband tussen macroscopisch en microscopisch niveau.

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

4.2.2 Stof-en energieomzettingen in cellen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 3 B De leerlingen leggen het belang en de katalytische werking van enzymen in biologische processen uit.

Samenhang derde graad: reactieverloop (III-NatS'-d LPD 16C)

Wenk: Het is de bedoeling om de werking van enzymen op een eenvoudige manier weer te geven (via modelvoorstellingen) zonder in details te vervallen. Je kan het sleutel-slotprincipe (substraatspecificiteit) aan bod laten komen.

Wenk: In het vak chemie komt de chemische structuur van biomoleculen in relatie tot hun belang in biologische processen aan bod, overleg tussen betrokken leraren over het moment van behandelen van deze leerplandoelen is noodzakelijk.

Wenk: Je kan het belang van enzymwerking behandelen in voorbeelden zoals fotosynthese, celademhaling, DNA-replicatie, spijsvertering.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: onderzoek van enzymen (bv. katalase in aardappelen of lever, amylase, pepsine, pancreatine) en naar factoren die de enzymwerking beïnvloeden:

- aantonen van eiwitten in enzymen;
- denatureren van enzymen (koken, zuurgraad ...);

- specificiteit van enzymen (werking van amylase, pepsine ...);
- invloed van de temperatuur op enzymwerking;
- invloed van de pH op de enzymwerking.

LPD 4 B De leerlingen leggen cellulaire processen op moleculair en subcellulair niveau uit.

★ Membraantransportsystemen

Katabole en anabole processen

Fotosynthese, aërobe en anaërobe celademhaling

Samenhang derde graad: belang biomoleculen (III-NatS'-d LPD 11C)

Wenk: Het is de bedoeling om bij de cellulaire processen 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: Membraantransportsystemen die je kan behandelen: osmose, diffusie, endo- en exocytose, pompen. Je kan dit linken aan LPD 2B over functie celorganellen en membranen.

Wenk: Katabole en anabole processen kan je kaderen in het geheel van het celmetabolisme: je kan de samenhang tussen de processen schematisch weergeven, je kan het resultaat van de katabole processen linken aan de celademhaling of aan de anabole processen in samenhang met fotosynthese, celdifferentiatie en groei.

Wenk: Bij fotosynthese kan je aan de hand van de algemene reactievergelijking de eindproducten van de lichtreacties en de koolstoffixatiereacties duiden.

Wenk: Bij aërobe celademhaling kan je aan de hand van de algemene reactievergelijking de eindproducten van de glycolyse, de Krebbscyclus en de oxidatieve fosforylatie duiden.

Je kan beklemtonen dat ademen belangrijk is om zuurstof binnen te halen voor de laatste stap van de aërobe celademhaling om de ATP-moleculen aan te maken en om CO₂ uit het lichaam te verwijderen. 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.

Wenk: Je kan bij de alcoholische gisting en de melkzuurgisting de stof- en energieomzettingen schematisch weergeven en de processen situeren in de cel, dit kan aan de hand van de reactievergelijking. Je kan voorbeelden van fermentatie aan bod laten komen: 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.

Je kan bij anaërobe celademhaling het verzuren van spieren bij sportinspanning aan bod laten komen (stijfheid).

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



Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen zoals onderzoek van membraantransport: experimentele studie van diffusie- en osmoseproces, bepalen osmotische waarde van aardappelweefsel, (de)plasmolyse kwalitatief en kwantitatief bestuderen bij plantencellen bv. rode ui, invloed van hypo- en hypertonische oplossingen op dierlijke cellen onderzoeken.

4.2.3 Bescherming en afweer tegen lichaamsvreemde stoffen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 5 B De leerlingen leggen uit dat het immuunsysteem bij de mens noodzakelijk is om te overleven.

★ Specifieke en niet-specifieke afweer

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

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

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

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

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

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

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

4.2.4 Voortplanting

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

Genetisch materiaal en celdelingen

LPD 6 B De leerlingen leggen de structuur van chromosoom, chromatine, DNA en het principe van DNA-replicatie uit.

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

Wenk: Je kan de DNA-replicatie behandelen vanuit modellen en animaties; je kan de link leggen met enzymwerking in LPD 3B.

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

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

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

LPD 7 B De leerlingen leggen het belang van mitose en meiose uit voor groei en doorgeven van erfelijk materiaal.

Wenk: Je bespreekt de verschillende fasen van de celcyclus.
Je kan het belang van mitose voor de groei van organismen, voor herstel van weefsels, bij ongeslachtelijke voortplanting en bij kloneren aan bod laten komen. Je kan de link leggen met littekenweefsel, botbreuken, groeistoornissen, chemotherapie bij kankerbehandeling (haaruitval).
Het belang van de meiose voor het constant houden van het aantal chromosomen van een soort, de rol van meiose bij het ontstaan van variatie tussen de gameten en het inzicht in het belang van variatie voor evolutie kan je behandelen samen met LPD 15B (evolutie). Het principe van crossing-over kan je duiden als belangrijk voor het ontstaan van genetische variatie bij geslachtelijke voortplanting.

Wenk: Je kan mitose en meiose behandelen door verbanden te leggen tussen de begrippen chromatine, genen, allelen, chromatiden, chromosomen, homologe chromosomen, telomeren, kernfase, diploïd, haploïd.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM concepten: structuur en functie, oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering, systemen en modellen ervan. Het is belangrijk om begrippen en beelden met elkaar te verbinden. Je kan gebruik maken van materiële dragers (papier, pijpenkuiser, plasticine, playmais ...), van microscopisch beeldmateriaal, van modellen, van digitale animaties ...

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

- vergelijkende studie maken van mitose en meiose;
- microscopisch onderzoek uitvoeren van mitosefiguren en/of van meiosefiguren (worteltop van ui, hyacint of tulp, stuifmeelkorrels, vaste preparaten van eicelvorming bij de lelie).

Voortplanting bij de mens

LPD 8 B De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.



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

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 in LPD 2B.

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 in samenhang met STEM-doelen: je kan bij dit leerplandoel de actualiteit betrekken over problemen in verband met vruchtbaarheid in samenhang met LPD 9B en met het STEM-doel over wisselwerking STEM en maatschappij.

Extra: Je kan bij het bespreken van het proces van de bevruchting ook aandacht besteden aan de noodzakelijke voorwaarden voor een geslaagde bevruchting en de natuurlijke barrières die moeten overwonnen worden vanaf geslachtsgemeenschap. Je kan de link leggen met oorzaken van verminderde vruchtbaarheid zoals bijvoorbeeld PCOS, verkleefde eileiders, morfologische afwijkingen bij zaadcellen, vaginaal microbioom. Je kan aspecten van het afweersysteem van de vrouw (aanmaken van antistoffen tegen semen) behandelen in samenhang met LPD 5B (immunititeit).

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 9 B De leerlingen leggen uit hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid bij de mens beïnvloeden.

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

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

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

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

Wenk: Je kan voorbeelden van stoffen en gedrag die een mogelijk negatief effect hebben op de vruchtbaarheid aan bod laten komen: roken, alcohol, over- en ondergewicht, strak ondergoed dragen, langdurig zitten, geneesmiddelen, 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: 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 deze koffer ook terecht bij CLB en bij mutualiteiten. Je kan leerlingen verwijzen naar betrouwbare informatiebronnen zoals bijvoorbeeld website van Sensoa en huisarts.

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

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

4.2.5 Genetica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

Chromosomale genetica

LPD 10 B De leerlingen analyseren chromosomale mechanismen van overerving.

- ★ Toepassing van de wetten van Mendel
Stamboom

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

Je behandelt minstens monohybride en dihybride kruisingen.

Stambomen bieden de mogelijkheid om op een overzichtelijke manier de overerving van kenmerken voor te stellen.

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

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

- stamboomanalyse van erfelijke aandoeningen;
- zelf een stamboom opstellen van eigenschap in familie (bv. vaste of losse oorlel; oogkleur; daltonisme ...).

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

Extra: Je kan de overerving interpreteren bij:

- multiple allelen: ABO-systeem bij de mens en de link leggen met immuniteit LPD 5B;
- 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 en de link leggen met bouw van celmembranen LPD 1B;
- 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.

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

Moleculaire genetica

LPD 11 B De leerlingen leggen differentiële genexpressie op moleculair niveau uit.

- ★ Gen als drager van genetische informatie
Transcriptie en translatie, genetische code

Samenhang derde graad: belang biomoleculen (III-NatS'-d LPD 11C)

- Wenk: Het gebruik van modellen, afbeeldingen, animaties is zeker aan te bevelen om de dynamiek en chronologie van transcriptie en translatie te illustreren. Stapsgewijze visualisering kan bij vele leerlingen tot een betere begripsvorming leiden.
- Wenk: Je kan bij de genetische code de klemtoon leggen op het principe en de mechanismen waarbij één gen, als eenheid van overerving, de code bevat voor de aanmaak van één of meerdere RNA-moleculen en polypeptiden. Begrippen als afleesrichting, codon, anticodon en coderende streng komen hier aan bod. Je kan bij differentiële genexpressie onderscheid maken door een of meer niveaus van de regulatie van de genexpressie aan bod te laten komen.
- Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: systemen en modellen ervan, patronen, oorzaak en gevolg, terugkoppeling.
- Extra: Je kan de onderzoeksresultaten van het Human Genome Project (HGP) behandelen.

LPD 12 B De leerlingen leggen het effect van mutatie en modificatie op genexpressie uit.

- Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met LPD 8B (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. Deze 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.
- Wenk: Je kan epigenetische modificaties aan bod laten komen; zij beïnvloeden vooral de mate van expressie van het gen. Naast de echte mutaties in het DNA zijn er omkeerbare effecten die niet enkel de DNA-drager beïnvloeden, maar implicaties kunnen hebben op de volgende generaties (bijvoorbeeld invloed op de vruchtbaarheid). 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: Mutagene milieufactoren kan je aan bod laten komen vanuit chemische, biologische en fysische beïnvloedingsfactoren en de link leggen met fysica (ioniserende straling) en met chemie (rol van ethanol). Je kan het verband tussen mutaties en het ontstaan van kanker behandelen.
- Wenk: Begrippen als *Nature and nurture* kan je aan bod laten komen.
- Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de STEM-concepten: oorzaak en gevolg, stabiliteit en verandering.
- Wenk: Mogelijke onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: 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 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 13 B De leerlingen illustreren hoe de mens overerving 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.

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 ...
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.

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.

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

4.2.6 Ontstaan en evolutie van soorten

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 14 B De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie.

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

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

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

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

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

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

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

LPD 15 B De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen.

★ Tree of life Biologische soort

Wenk: Je kan vertrekken vanuit de discussie over de definitie van het begrip 'biologische soort' en dit in verband brengen met de besproken mechanismen: vanaf wanneer is een deelpopulatie voldoende gedifferentieerd om het als een nieuwe soort te benoemen?
Vanuit *Tree of life* kan je de evolutie duiden vanuit de oer cel naar de huidige soortenrijkdom.

Wenk: De theorieën van *Darwin* en *de Lamarck* kan je vergelijkend bestuderen. In *On the origin of species by means of natural selection* (1859) pleitte *Darwin* voor natuurlijke selectie als een mechanisme voor evolutie. Daarbij kan je benadrukken dat die theorieën ontstonden voor de publicatie van het werk van *Mendel* en 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 zijn variaties en mutaties nooit bewust of doelgericht, maar kunnen ze wel een selectief voordeel bieden aan het organisme. Je kan benadrukken dat die mechanismen een effect hebben op populaties van soorten en niet op niveau van het individu.
Je kan de link leggen met de hominisatie.

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

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



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

4.3 Chemie

4.3.1 Structuur en eigenschappen van de materie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 1 C De leerlingen beschrijven de energietoestand van een elektron vanuit het orbitaalmodel.

2de graad: atoombouw en PSE (II-Nat'-d LPD 8C, 9C)

Wenk: Je kan naast de bespreking van de elektronenspin en de energieniveaus: s-orbitaal, p-orbitaal, d-orbitaal ook het f-orbitaal aan bod laten komen. Je kan het verband tussen de elektronenconfiguratie en het s-, p-, d- en f-blok in het PSE aangeven.

Je kan de betekenis van de kwantumgetallen linken met de elektronenconfiguratie.

Je kan het misconception bij de leerlingen rond de aanwezigheid van schillen in een atoom rechtzetten door te spreken over een elektronenwolk die als negatieve ladingswolk driedimensionaal is uitgesmeerd rond de kern.

Wenk: Je kan de verdere verfijning van het atoommodel van Bohr door Sommerfeld, De Broglie, Planck, Heisenberg en Schrödinger aan bod laten komen.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-concept: systeem en modellen ervan; het gebruik van didactische modellen (s- en p-orbitaal) is aangewezen.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: vlamproeven (emissiespectrometrie).

LPD 2 C De leerlingen stellen de elektronenconfiguratie op van atomen en ionen.

Wenk: Bij het opstellen van de elektronenconfiguratie worden de regel van Hund en de verbodsregel van Pauli toegepast waarbij je kan gebruik maken van de diagonaalregel. Je kan je beperken tot atomen en ionen met atoomnummers lager dan of gelijk aan 56.

De weergave van de elektronenconfiguratie gebeurt zowel via de exponentiële notatie, de hokjesvoorstelling (boxnotatie) als de beknopte notatie.

Wenk: Je kan de sterkte van metaal- en niet-metaalkarakter, de mono-atomische ionvorming, afmetingen van atomen en mono-atomische ionen en de meest voorkomende oxidatiegetallen aan bod laten komen in relatie met het PSE of in verband met de elektronenconfiguratie.

Extra: Je kan het verband leggen tussen ionisatie-energie, elektronenaffiniteit en het metaal- en niet-metaalkarakter.

LPD K1 De leerlingen voorspellen vanuit het sterisch getal de ruimtelijke structuur van een molecule.

- Wenk: De leerlingen geven symbolische voorstelling en lewisstructuur van moleculen. De sterische getallen 2, 3 en 4 worden door de leerlingen zelf berekend of afgeleid; je kan de begrippen bindingshoek en sterische hinder aanbrengen vanuit modellen. Je kan differentiëren door al dan niet te vertrekken vanuit uitgewerkte lewisstructuren.
- Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-concept: systeem en modellen ervan; het gebruik van didactische modellen is aangewezen.
- Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: onderzoek naar molecuulstructuren met molecuulmodellen.

LPD 3 C De leerlingen brengen de structuur van eenvoudige organische moleculen in verband met eigenschappen of toepassingen.

- 2de graad: classificeren anorganische stoffen en alkanen (II-Nat'-d LPD 15C, 16C); verband tussen chemische binding en eigenschappen van een stof (II-Nat'-d LPD 17C, 18C)
- Wenk: Je kan bij het behandelen van de eigenschappen van organische stoffen de link leggen met LPD 5C (classificatie van de organische stoffen).
- Wenk: Je kan het onderscheid tussen inter- en intramoleculaire krachten aan bod laten komen.
De polariteit van een molecule kan je benaderen vanuit ladingsvectoren en de ruimtelijke bouw.
- Wenk: Je kan stofeigenschappen van de organische en anorganische stoffen aan bod laten komen zoals kookpunt, smeltpunt, oplosgedrag.
Vaak voorkomende toepassingen van organische stoffen in het dagelijks leven zoals ethanol, methanol, etheen bij rijpend fruit, esters als geurstof, azijnzuur, mierenzuur ...
- 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 van structuren met molecuulmodellen.

Stofklassen

LPD 4 C De leerlingen stellen chemische formules en de lewisstructuur op van anorganische stoffen.

- 2de graad: opstellen chemische formules, ionbinding, atoombinding, metaalbinding, roostermodel, elektronegativiteit (II-Nat'-d LPD 2C, 9C, 10C, 11C, 17C)
- Wenk: De naamgeving van de anorganische stoffen kan je herhalend vanuit de tweede graad aanbrengen. Hierbij is 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.

Wenk: In de lewisstructuren worden de bindende en vrije elektronenparen aangeduid en een onderscheid gemaakt tussen de normale en de donor-acceptoratoombinding. Je kan voor ternaire zuren en poly-atomische ionen het skelet van de chemische structuur geven. Je kan aandacht besteden aan centraal atoom en formele lading.

LPD 5 C De leerlingen classificeren organische stoffen in hun stofklasse zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

- ★ Chemische structuur van alkenen, alkynen, halogeenalkanen, alcoholen, carbonzuren, aldehyden, ketonen, esters, aminen

2de graad: classificeren anorganische stoffen en alkanen (II-Nat'-d LPD 12C, 15C)

Wenk: Je kan alkanen herhalend aanbrengen vanuit de tweede graad. Het is belangrijk dat leerlingen inzien dat stoffen met analoge eigenschappen vaak ook eenzelfde functionele groep hebben.

Je kan een organische stofklasse behandelen aan de hand van een determinatietabel.

Je kan andere stofklassen behandelen zoals ethers, amiden en cyclische verbindingen waaronder aromaten.

Wenk: Je kan triviale benamingen aan bod laten komen; courante triviale namen in contexten zijn: aceton, azijnzuur, mierenzuur ...

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

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen en LPD 6C, 7C (formule en naam):

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

LPD 6 C De leerlingen stellen structuurformule en skeletnotatie op van monofunctionele organische stoffen.

2de graad: opstellen chemische formules, ionbinding, atoombinding, metaalbinding, roostermodel, elektronegativiteit (II-Nat'-d LPD 2C, 9C, 10C, 11C, 17C)

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met isomerie: je kan verschillende types van isomerie aan bod laten komen: ketenisomerie, plaatsisomerie, functie-isomerie, Z/E-isomerie (cis/trans-isomerie), optische isomerie. Je kan het belang van een chiraal koolstofatoom (chiraliteit) behandelen.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-concept: systeem en modellen ervan; het gebruik van didactische modellen is aangewezen.

LPD 7 C De leerlingen vormen van anorganische en organische stoffen de formule en de naam volgens de IUPAC-naamgeving.

2de graad: IUPAC-naamgeving alkanen, anorganische zuren, basen, zouten, oxiden (II-Nat'-d LPD 13C, 16C)

Wenk: Je kan zowel de structuurformule (met inbegrip van skeletnotatie) als brutoformule aan bod laten komen.

Macromoleculen

LPD 8 C De leerlingen brengen de structuur van kunststoffen in verband met eigenschappen of toepassingen.

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 aaneengeschakeld tot dimeren en polymeren. De structuur van en het type monomeren bepalen de eigenschappen, naam en toepassingen van het daaruit opgebouwd polymeer.

Wenk: Kunststoffen die je aan bod kan laten komen: PE, PET, PP, PVC, PA ... De kunststof kan je bestuderen in functie van de opbouw vanuit de monomeren met typische eigenschappen (bijvoorbeeld etheen) en de daaruit voortvloeiende eigenschappen van de kunststof en zijn toepassingen. Bij de vervormbaarheid van kunststoffen kan je de opdeling in thermoharders, thermoplasten en elastomeren aan bod laten komen.

Je kan toepassingen van kunststoffen behandelen: in geneeskunde (prothesen, zelfvernietigende hechtingsdraad, kunstlenzen, brilglazen), in keukenmateriaal, in de auto, in de fiets ...

Wenk: Je kan voorbeelden van bioplastics behandelen zoals biobased PUR, PBS, PHA, PCL, PTT, PLA ... De term 'bio' in bioplastics verwijst naar twee verschillende aspecten die vaak met elkaar worden verward, namelijk de oorsprong van het materiaal: plastics gemaakt van biomassa (biogebaseerde plastics), organische stoffen, CO₂ of CH₄ (in plaats van aardolie) of de eigenschap van het materiaal: biodegradeerbaar of composteerbaar. De oorsprong van het materiaal en de eigenschappen ervan staan volledig los van mekaar. Biodegradeerbare plastics zijn niet noodzakelijk gemaakt uit biologisch materiaal en omgekeerd zijn biogebaseerde plastics niet altijd biodegradeerbaar. Voorbeelden van toepassingen van biodegradeerbare of composteerbare bioplastics zijn: in verpakkingsmateriaal (polylactaat), in geneeskunde (PGA), in biologische en chemische processen ...

Wenk: Het is belangrijk om aandacht te hebben voor toekomstige ontwikkelingen: de sector van kunststoffen en bioplastics evolueert snel, opsommingen zijn niet limitatief.

Wenk: Je kan vanuit eenvoudige en aanschouwelijke voorbeelden de productie en recyclage van kunststoffen aan bod laten komen bijvoorbeeld van fles tot fleecce, extrusie van polymeren voor productie van voorwerpen (tuinstoel, fles, kunststofdraad ...), basis voor 3D-printen. Dat kan in samenhang met het leerplandoel LPD 22C (duurzame chemie).

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



structuur en functie, systemen en modellen ervan.

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

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

LPD 9 C De leerlingen classificeren polysachariden, proteïnen, lipiden en polynucleotiden zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

Wenk: Je kan monomeren en macromoleculen aan bod laten komen zoals bijvoorbeeld:

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

LPD 10 C De leerlingen leggen de structuurkenmerken uit van (poly)sachariden, proteïnen, lipiden en polynucleotiden.

Samenhang derde graad: celopbouw (III-NatS'-d LPD 1B)

Wenk: Je kan bij de chemische structuren de werkelijke chemische structuren weergeven aan de hand van modellen. Het volstaat dat de chemische structuur van monomeren, dimeren en polymeren herkend wordt. Het is bij dit leerplandoel belangrijk om af te stemmen met de vakcollega Biologie over het afbakenen van de inhoud en de timing ervan.

Wenk: Je kan naast de polymeren ook de chemische structuur van monomeren aan bod laten komen zoals van aminozuren, vetzuren, nucleotiden, monosachariden. Polysachariden: het weergeven en herkennen van de symbolische voorstelling van glucose als 6-ring en fructose als 5-ring, het koppelen van monosachariden tot di- en polysachariden en het opstellen van de glycosidische binding vanuit aangereikte structuren.

Proteïnen: de structuur van aminozuren met vereenvoudigde voorstelling van de restgroep, de vorming van dipeptiden, tripeptiden, polypeptiden en het opstellen van de peptidebinding vanuit aangereikte structuren. Je kan de primaire t.e.m. de quaternaire structuur van proteïnen behandelen.

Lipiden: de structuur van triglyceriden, glycerol, (on)verzadigde vetzuren, oliën en vetten, steröiden en fosfolipiden. Je kan de esterbinding tussen glycerol en een carbonzuur laten opstellen.

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 principes van een substitutie-, eliminatie-, additie-, condensatie-, polymerisatiereactie en hydrolyse aan bod laten komen. Je kan de nadruk leggen op het herkennen van reactiesystemen en het duiden van het onderscheid ertussen. Vertrek vanuit concrete voorbeelden van toepassingen en processen: waterzuivering, vorming maar ook afbraak van macromoleculen zoals lipiden, proteïnen en polysachariden, het harden van oliën, productie van kunststoffen (LPD 8C).

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

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

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

LPD 11 C De leerlingen lichten het belang van biomoleculen toe in biologische processen.

Samenhang derde graad: moleculaire cellulaire processen (III-NatS'-d LPD 4B, 11B)

Wenk: Je kan enkele toepassingen van biomoleculen aan bod te laten komen; het is belangrijk om af te stemmen met de vakcollega Biologie over afbakenen van de inhoud.
Gebruik voorbeelden waar biologische processen als toepassing worden gebruikt bv. enzymen in wasmiddelen, zachte vulling pralines ...

Wenk: Voorbeelden van voorkomen en belang van (poly)sachariden (glucose, fructose, lactose, sucrose, zetmeel) bij leveren van energie (snelle en trage suikers), als vezel (cellulose in structuren van planten) ook noodzakelijk bij darmtransit, in fotosynthese, bij vergisting, bij fermentatie ...
Voorbeelden van voorkomen en belang van aminozuren en proteïnen: in opbouw en contractie van spieren (actine, myosine), in opbouw van structuren (haar, nagels), in transporteiwitten bv. hemoglobine, in enzymen, in regulatoren bv. bij genexpressie, in immuniteit (antilichamen).
Voorbeelden van voorkomen en belang van vetzuren, glycerol en vetten: in energieopslag bij bewegende organismen, in opbouw van membranen, in opslag van vitaminen, in hormonen.
Voorbeelden van voorkomen en belang van nucleïnezuuren: in de genetische informatie-flow, in de farmaceutische industrie (voorbeeld van covid-vaccin als mRNA-vaccin), in de biotechnologische industrie.

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

Nanomaterialen

LPD 12 C De leerlingen leggen structuur en toepassingsmogelijkheden van nanomaterialen uit.

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

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

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



zilver, goud, platina.

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

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

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-doel over wisselwerking STEM en maatschappelijke uitdagingen en met LPD 22C (reflecteren over toepassingen in het kader van duurzame chemie).

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

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

4.3.2 De chemische reactie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

Kwantitatieve aspecten

LPD 13 C De leerlingen berekenen het molair gasvolume door de algemene gaswet toe te passen.

2de graad: ideale gaswet (II-Nat'-d LPD 5F)

Wenk: Je kan benadrukken dat het molair gasvolume onafhankelijk is van de aard van het gas.

Je kan het molair gasvolume berekenen in concrete situaties.

Standaardomstandigheden volgens IUPAC zijn een standaarddruk van 100000 Pa en een standaardtemperatuur van 273,15K. Het molair gasvolume bedraagt dan 22,7 L/mol.

Je kan vanuit de algemene gaswet de gasdruk, de massa en/of het aantal gasdeeltjes laten berekenen.

LPD 14 C De leerlingen passen concentratie-uitdrukkingen toe in berekeningen en zetten concentratie-eenheden om.

★ Verdunningen

2de graad: massaconcentratie en molaire concentratie (II-Nat'-d LPD 19C); verband tussen stofhoeveelheid, molaire grootheden en concentraties (II-Nat'-d LPD 20C)

Wenk: Je kan volgende concentratie-uitdrukkingen aan bod laten komen: massaprocent, massavolumeprocent, volumeprocent, ppm, ppb en promille.

Wenk: Je kan de gemiddelde relatieve atoommassa door de leerlingen laten berekenen in samenhang met het procentueel voorkomen van isotopen van een element. Spontaan radioactief verval van isotopen komt aan bod in Fysica.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: het berekenen van verdunnen van oplossingen en het nauwkeurig bereiden ervan.

LPD 15 C De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie.

★ Limiterend reagens

Wenk: Je kan bij voorkeur de stoichiometrische berekeningen uitvoeren in samenhang met de concentratie-grootheden die aangebracht worden in de derde graad.

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.

Dynamiek van de chemische reactie

LPD 16 C De leerlingen analyseren de snelheid van een chemische reactie en beïnvloedende factoren.

Samenhang derde graad: enzymen (III-NatS'-d LPD 3B)

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

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

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

Wenk: In het kader van het botsingsmodel kan activeringsenergie worden gedefinieerd als de energie die nodig is om een reactie te laten starten. De reactie-energie is het energieverschil tussen die van de reactieproducten en de reagentia. Je kan dit behandelen aan de hand van een energiediagram.

Wenk: Het is de bedoeling om gemiddelde reactiesnelheid te benaderen als de verandering van de concentratie van reagentia of reactieproducten binnen een bepaald tijdsinterval.

Factoren die de reactiesnelheid beïnvloeden: concentratie, temperatuur, verdelingsgraad en katalysator. Leg de link met het botsingsmodel.

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

Wenk: Je kan de analyse van de reactiesnelheid behandelen vanuit de aangereikte snelheidsvergelijking en meetgegevens.



Je kan de reactiesnelheidsconstante aan bod laten komen.

Wenk: Je kan de werking en functie van de (bio)katalysator behandelen in samenhang met Biologie en enzymwerking toelichten; je kan ook verwijzen naar energiedragers zoals ATP.

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

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).

LPD 17 C De leerlingen leggen een chemische reactie uit als een dynamisch proces.

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

Wenk: Omdat omkeerbaarheid van reacties eerder abstract is voor de leerlingen, kan je de leerinhouden illustreren en visualiseren met (demo-) experimenten (bijvoorbeeld kleurveranderingen in stoffensystemen) of simulaties.

Wenk: Een aflopende reactie kan worden beschouwd als een uiterst geval van een evenwichtsreactie waarbij het evenwicht volledig naar rechts is verschoven. Je kan dit behandelen in samenhang met de waarde van de evenwichtsconstante.

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

- kleuromslag bij CuCl_2 in oplossing;
- kleuromslag van N_2O_4 naar NO_2 (demoproef);
- onderzoek van een chemisch evenwicht (FeCl_3 en KI).

Extra: Je kan het begrip 'vrije energie G' of Gibbs-energie behandelen. Je kan enthalpie- en entropieverandering aan bod laten komen: een chemisch proces streeft naar een minimale enthalpie en een maximale entropie. Leerlingen moeten de enthalpie- of entropieverandering niet zelf kunnen berekenen.

LPD 18 C De leerlingen beschrijven kwalitatief en kwantitatief chemisch evenwicht als dynamisch evenwicht en passen de wet van Le Chatelier-Van 't Hoff toe.

★ Evenwichtsconstante

Wenk: Bij de wet van Le Chatelier- Van 't Hoff is het belangrijk dat de leerlingen voldoende kunnen oefenen in het voorspellen van het verschuiven van het chemisch evenwicht bij het veranderen van factoren. Je kan benadrukken dat de blijvende aanwezigheid van alle reagentia bij chemisch evenwicht niets heeft te maken met een overmaat aan een van de uitgangsstoffen.

Wenk: Je kan het belang van de invloed van factoren als concentratie, volumeverandering (gas en vloeistof) en temperatuur op de ligging van het

chemisch evenwicht illustreren met:

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

Wenk: Je kan het interpreteren van de evenwichtsconstante aan bod laten komen vanuit de evenwichtstabel.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksoopdrachten door kwalitatief onderzoek van de factoren die een chemisch evenwicht kunnen verschuiven in samenhang met STEM-doelen:

- onderzoek naar invloed van temperatuur op de reactie tussen zetmeel en diijood;
- het laten verkleuren van zwarte thee door wijzigen van de protonenconcentraties;
- het chemisch evenwicht Fe^{3+} en SCN^- .

Chemische reactiepatronen

LPD 19 C De leerlingen leggen de begrippen Brønstedzuur, Brønstedbase, geconjugeerd zuur en geconjugeerde base uit.

2de graad: dissociatie, ionisatie, elektrolyten (II-Nat'-d LPD 17C, 18C)

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.

LPD 20 C De leerlingen passen chemisch evenwicht toe op protolysereacties.

- ★ Ionisatie-evenwicht van water
Zuurconstante (K_a) en baseconstante (K_b)
pH- en pOH-berekening van sterke en zwakke zuren en basen

Samenhang derde graad: logaritmen (III-WisS''-d LPD 12)

2de graad: eenvoudige reactievergelijkingen opstellen (II-Nat'-d LPD 21C); dissociatie, ionisatie, elektrolyten (II-Nat'-d LPD 17C, 18C)

Wenk: Je kan de begrippen pK_a en pK_b aan bod laten komen met de samenhang ertussen in een geconjugeerd zuur-basesysteem.
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.

Wenk: Je kan het belang van de buffer aan bod laten komen.

Wenk: Je kan de pH-curve interpreteren tijdens de titratie van een sterk zuur of een sterke base.

LPD 21 C De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een redoxreactie.

2de graad: eenvoudige reactievergelijkingen opstellen (II-Nat'-d LPD 21C)



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: In de tweede graad kon de keuze worden gemaakt om begrippen in verband met redoxreacties tussen enkelvoudige stoffen aan bod aan bod te laten komen. Je kan dit herhalend aanbrengen waarbij uiteindelijk de leerlingen minstens de ionenreactievergelijking kunnen opstellen. Je kan uitbreiden naar redoxreacties met binaire en ternaire verbindingen. Reagentia en reactieproducten worden aangereikt; je kan dit doen in de vorm van namen of formules.

Wenk: Je kan vertrekken vanuit toepassingen zoals het verzilveren, verkoperen of galvaniseren van voorwerpen, de werking van batterijen, corrosie (en bescherming tegen corrosie).

Extra: Je kan de principes van een galvanische cel en een elektrolysecel aan bod laten komen.

4.3.3 Duurzame chemie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 22 C De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.

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

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

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

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

Wenk: Productieprocessen en het gebruik van relevante grondstoffen zoals productie van bioplastics (PLA) in samenhang met de mogelijke biodegradeerbaarheid van de bioplastics in LPD 8C, productie van waterstofgas ...

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

Wenk: Je kan reflecteren over het aanwenden of exploreren van zonne-energie, windenergie, energie uit biomassa, energie uit waterkracht (minder van

toepassing in België) of lucht en bodemwarmte als duurzame alternatieven voor fossiele C-brandstof (steenkool, aardgas, aardolie). Het probleem van het radioactief afval bij kernenergie komt aan bod in Fysica.

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

Wenk: Je kan de link leggen naar de STEM-doelen en een onderzoeksoopdracht geven over eindigheid van grondstoffen, over een tweede leven voor afval (bv. biogas, appellerder), het gebruik van waterstofgas (auto met waterstofcel).

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

4.4 Fysica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 1 F De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.

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

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

4.4.1 Kracht en veld: elektrostatica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 2 F De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking in eenvoudige geometrieën.

★ Elektrostatische influentie

Wenk: De werking van krachten kan je analyseren via constructies van de krachtvectoren. Berekeningen kan je beperken tot de krachtwerking bij 3 ladingen onder een rechte hoek (stelling van Pythagoras).

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

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

Extra: Voorbeelden van technische systemen waarin gebruik wordt gemaakt van



elektrostatica zijn poedercoating, stoffiltratie, printer, fotokopieertoestel, sorteren van kunststoffen, reinigingsdoekjes die stof aantrekken, sommige mondmaskers, systemen voor luchtzuivering.

Extra: De wet van Coulomb veronderstelt een 'onmiddellijke krachtwerking op afstand'. Veranderingen in de grootte of positie van één van de ladingen, zou door de andere lading onmiddellijk worden gevoeld, wat volgens de speciale relativiteitstheorie onmogelijk is. Een verandering zal zich daarentegen met de snelheid van het licht voortplanten in het veld. Je kan de link leggen naar EM-golven.

LPD 3 F De leerlingen analyseren en kwantificeren het elektrisch veld in eenvoudige geometrieën.

★ Veldlijnenpatronen: bij een radiaal, dipool en homogeen veld

Wenk: Je kan aansluiten bij inzichten uit de tweede graad en vanuit de formules $E = F_e/Q$ en $g = F_z/m$ de analogie tussen het elektrisch veld en het zwaarteveld duiden. Je kan dat in verband brengen met het STEM-concept 'patronen'.

Wenk: De elektrische- /zwaarteveldsterkte in een bepaald punt is te linken aan de elektrische- /zwaartekracht op een testlading van +1 C / een testmassa van 1 kg in dat punt. In een bepaald veld is de veldsterkte enkel afhankelijk van de plaats.

Wenk: Een homogeen elektrisch veld komt voor tussen twee evenwijdige platen met even grote maar tegengestelde ladingen, maar ook in de lengte van een stroomvoerende geleider.

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

LPD 4 F De leerlingen kwantificeren de elektrische potentiële energie bij een homogeen elektrisch veld.

★ Elektrische potentiaal in een homogeen elektrisch veld Elektrische spanning

Wenk: Je kan aansluiten bij inzichten uit de tweede graad en vanuit de formules $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ en $E_{\text{pot}} = Q \cdot E \cdot d$ de analogie tussen het homogeen zwaarteveld en het homogeen elektrisch veld duiden. Je kan dat in verband brengen met het STEM-concept 'patronen'.

Wenk: De elektrische potentiaal in een bepaald punt is te linken aan de potentiële energie van een testlading van +1 C in dat punt.

Wenk: Waar de elektrische veldsterkte de plaatsafhankelijkheid van de kracht beschrijft, zal de elektrische potentiaal de plaatsafhankelijkheid van de potentiële energie beschrijven.

Wenk: Je kan aangeven dat de spanning tussen twee punten in een elektrisch veld het

verschil is in elektrische potentiaal tussen die twee punten. Je kan het linken aan de arbeid die moet worden verricht om een eenheidslading van het ene naar het andere punt te brengen.

Wenk: Je kan via conceptuele oefeningen in de context van elektrische kringen het begrip potentiaal en spanning toepassen.

LPD 5 F De leerlingen kwantificeren grootheden in serie-, parallel- en gemengde elektrische gelijkstroomkringen met twee of drie weerstanden.

★ De wet van Ohm, het Joule-effect

2de graad: Wet van Ohm (II-Nat'-d LPD 12F); vermogen en Joule-effect (II-Nat'-d LPD 13F)

Wenk: Aandacht voor de verdeelwetten bij de serie- en parallelschakeling van weerstanden en het bereken van de substitutieweerstand is belangrijk.

Wenk: Je kan de link leggen naar veiligheidssituaties.

Wenk: Leerlingen hoeven geen problemen met een kunstmatige complexiteit op te lossen.

4.4.2 Kracht en veld: elektromagnetisme

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 6 F De leerlingen analyseren en kwantificeren de magnetische krachtwerking en het magnetisch veld.

★ Magnetische influentie

Veldlijnenpatronen bij permanente magneten, bij een stroomvoerende rechte geleider en bij een stroomvoerende spoel

Magnetisch veld bij een stroomvoerende rechte geleider en bij een stroomvoerende spoel

Wenk: Je kan de analogie met het elektrisch veld aangeven vanuit inzicht in 'krachtwerking op afstand' die wordt beschreven via het model van de veldlijnen (vorm en veldlijnendichtheid).

Wenk: Je kan aangeven dat het bij een zwaarteveld gaat over massa's, bij een elektrisch veld over ladingen en bij een magnetisch veld over bewegende ladingen.

Wenk: De regeltjes voor de zin van de veldlijnen bij een rechte geleider en bij een spoel kunnen via proeven worden aangetoond. Animaties laten de leerlingen toe dat in te oefenen en te controleren.

Wenk: De analoge ruimtelijke vorm van het magnetisch veld rond een permanente magneet en een solenoïde leidt tot het vermoeden dat bewegende ladingen de bronnen van magnetisme zijn: zowel macroscopisch als in de stof (spin van elektronen).

Extra: Je kan het magnetisme van een permanente magneet duiden met de theorie van de elementaire magneetjes.

Extra: Voorbeelden van technische systemen met elektromagneten: een (veiligheids)relais, een elektromagnetische klep, een deurbel, scheidings- en transportsystemen voor (ferromagnetische) metalen, MRI-scanners, automatische



zekering, afstandsbediende deurontgrendeling ...

Extra: Permanente magneten worden ook gebruikt in luidsprekers, sommige microfoons, sommige motoren of generatoren, bijvoorbeeld voor windmolens op zee, elektrische wagens (eenvoudiger constructie, beter rendement ...).

LPD 7 F De leerlingen analyseren en kwantificeren de magnetische kracht op een bewegende lading en op een stroomvoerende rechte geleider.

Wenk: Vanuit een proef kan je de magnetische kracht aantonen en de zin en de grootte kwalitatief onderzoeken. Je kan vervolgens illustreren dat dat de kracht is die elektrische motoren doet draaien. Leerlingen hoeven niet de werking van de elektrische motor als systeem te bespreken. Een andere toepassing vinden we bij luidsprekers.

Wenk: Je kan aangeven dat de kracht op een stroomvoerende geleider het resultaat is van de krachtwerking op de bewegende ladingen in de geleider. Ook vrij bewegende ladingen ondervinden die kracht. Voorbeelden van fenomenen: magnetische schermwerking van de aarde, noorderlicht ...

LPD 8 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van elektromagnetische inductie.

Wenk: Je kan aantonen dat de relatieve beweging van een magneet tegenover een spoel een elektrische spanning opwekt in de spoel. Dat is elektromagnetische inductie. De spanning is afhankelijk van de bewegingssnelheid en de grootte van het magnetisch veld. Toepassingen van het elektromagnetisch inductieverschijnsel vinden we in sensoren zoals microfoon, pick-up van een elektrische gitaar, detectoren van voertuigen, werking van het fietscomputertje, opladen van batterijen.

Wenk: Je kan bespreken dat het grootste deel van de elektrische energie wordt opgewekt door generatoren via elektromagnetische inductie. Leerlingen hoeven de werking van een generator als systeem niet toe te lichten.

4.4.3 Kernfysica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 9 F De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening en bijbehorende veiligheidsaspecten.

2de graad: gebruik atoommodel (II-Nat'-d LPD 6C)

Wenk: Je kan de equivalentie tussen massa en rustenergie toelichten aan de hand van de formule van Einstein. Je kan het begrip specifieke rustenergie (gemiddelde rustenergie per kerndeeltje) introduceren.

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

Wenk: Aan de hand van een voorbeeld kan je laten vaststellen dat de totale rustenergie daalt wanneer een zware kern splitst. Er geldt behoud van energie: het verschil in

rustenergie wordt als kinetische energie (voor deeltjes) of stralingsenergie (voor fotonen) meegegeven met de splitsingsproducten. De huidige kerncentrales zijn gebaseerd op kernsplijting.

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

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

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

Extra: Je kan aangeven dat een kerncentrale voorziet in een gecentraliseerde productie van veel elektriciteit waarbij nauwelijks CO₂ vrijkomt, de belangrijkste oorzaak van de huidige klimaatverandering.

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

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

LPD 10 F De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.

Samenhang derde graad: exponentiële functies (WisS'-d LPD 15)

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

Wenk: Je kan inbrengen dat radioactief verval een spontaan proces is waarbij een atoomkern evolueert naar een toestand met een lagere specifieke rustenergie. Je kan dat op een nuclidekaart weergeven. Instabiele kernen gaan spontaan vervallen en zenden daarbij ioniserende straling uit: deeltjes (alfa-, bèta-straling) en hoogenergetische EM-straling (gammastraling).

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

Wenk: Je kan het onderscheid maken tussen natuurlijke en kunstmatige radioactiviteit. Je kan de bijdragen van de verschillende bronnen aan de jaarlijkse gemiddelde



blootstelling van mensen aan ioniserende straling met elkaar vergelijken en bespreken.

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

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

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

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

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

4.4.4 Kracht en bewegingsverandering

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 11 F De leerlingen analyseren en kwantificeren de dynamica van systemen in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.

★ Invloed wrijvingskracht

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

Wenk: Het betreft het analyseren en kwantificeren van de invloed van krachten op de bewegingstoestand van systemen.

Wenk: De traagheidswet kan worden geïllustreerd vanuit contexten zoals bv. een veiligheidsgordel of airbag, vastbinden van de lading in een verhuiswagen, compartimentering in een tankwagen, het snel wegtrekken van een tafelkleedje, gebruik van voor- en achterrem bij een fiets ... Je kan aangeven dat de massa een maat is voor de traagheid van een voorwerp: hoe groter de massa, hoe kleiner de versnelling van een voorwerp bij eenzelfde resulterende kracht.

Wenk: Je kan voor eenvoudige situaties (tangenteel en normaal) aan de hand van vectoriële voorstellingen en animaties het verband bespreken tussen de versnellingsvector en de verandering van de snelheid van een lichaam. Een constante tangentiële versnelling geeft een EVRB, een constante normale (middelpuntzoekende) versnelling geeft een ECB. Hoe groter de versnelling, hoe

hoger het tempo waarmee de snelheid verandert van grootte of van richting. Je kan via een eenvoudig getallenvoorbeeld de eenheid voor versnelling bespreken.

Wenk: Een versnelling heeft een effect op het menselijk lichaam en is dus fysiek voelbaar. Snelheid is dat niet. Pretparken spelen daarop in. Te grote versnellingen zijn schadelijk en moeten worden vermeden. Je kan enkele vertragende maatregelen bespreken: kreukelzones, valhelm ...

Wenk: Je kan in eenvoudige situaties (tangentieel en normaal) aantonen dat een resulterende kracht en een versnelling altijd samen optreden en altijd dezelfde richting en zin hebben: versnellen of vertragen met een fiets, een satelliet in een baan rond de aarde ...

Wenk: In het dagelijks leven zijn er vele situaties waarin een niet-constante resulterende kracht inwerkt op een lichaam zoals tijdens snelheidsverandering bij het rijden met een voertuig of initieel tijdens de val van een lichaam met wrijving. Volgens de tweede wet van Newton is de versnelling dan ook niet constant.

Wenk: De derde wet van Newton gaat over interacties tussen twee lichamen (vaak "actie- en reactie" genoemd) waarbij ze gelijktijdig op elkaar een even grote maar tegengestelde kracht uitoefenen. Om aan te tonen dat de krachten even groot zijn, kan je 2 verschillende dynamometers gebruiken. Het is belangrijk dat de leerlingen inzien dat de twee krachten aangrijpen op een verschillend lichaam.

Wenk: Alhoewel actie- en reactiekrachten even groot zijn, kunnen de versnellingen die ze veroorzaken erg verschillend zijn door een verschil in massa. Dat kan je illustreren aan de hand van het voorbeeld van vader en zoon op rolschaatsen. Door het verschil in effect hebben leerlingen het vaak moeilijk om de reactiekracht te vinden: duwen tegen een muur, zwaartekracht, tegen een bal trappen, botsen van een bal ...

Wenk: De derde wet van Newton wordt vaak toegepast om een voorwaartse stuwkracht op te wekken: wandelen, fietsen, straalaandrijving van een vliegtuig, voortstuwing van een ruimtetuig ... Situaties waarbij het uitoefenen van een actiekracht wordt bemoeilijk (bv. vertrekken op een glad wegdek) kunnen inzicht geven.

LPD 12 F De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de eenparig versnelde rechtlijnige beweging.

★ Ogenblikkelijke en gemiddelde waarde

Samenhang derde graad: afgeleiden (WisS'-d LPD 27)

2de graad: rechtlijnige bewegingen (II-Nat'-d LPD 2F)

Wenk: Je kan het verband bespreken tussen vectoren en hun getalcomponenten.

Wenk: Je kan de begripsvorming rond kinematische concepten ondersteunen door analyses van grafieken van getalcomponenten $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$ en door metingen met afstandssensoren of videometingen. Een interessant voorbeeld is de val in een fluïdum.

Wenk: Je kan de vrije val bespreken als voorbeeld van een EVRB.

LPD 13 F De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de horizontale worp.



Wenk: Je kan via een demo-proef aantonen dat de valtijd bij een horizontale worp gelijk is aan de valtijd bij een vrije val. Dat kan worden veralgemeend in het onafhankelijkheidsbeginsel. Je kan dat illustreren bij het overzwemmen van een kanaal en een rivier (combinatie van twee ERB).

Wenk: Bij de horizontale worp kan je daarentegen vertrekken vanuit de zwaartekracht en in combinatie met de 2de wet van Newton de bewegingsvergelijkingen afleiden.

LPD 14 F De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen hoeksnelheid, baansnelheid en de centripetale versnelling bij de eenparig cirkelvormige beweging.

Samenhang derde graad: goniometrische functies (WisS'-d LPD 20)

Wenk: Het verschil tussen hoeksnelheid en baansnelheid kan bv. worden geïllustreerd via een draaimolen op de kermis.

Wenk: Kwantificeren van hoeksnelheid en baansnelheid kan via eenvoudige afleidingen van formules op basis van de periode.

Wenk: Via de 2de wet van Newton kan je uit $a_{cp} = v^2/r$ gemakkelijk $F_{cp} = m \cdot v^2/r$ afleiden. Daarmee kan de invloed van m , v en r via contexten worden toegelicht. Je kan gebruik maken van de fysieke ervaring van versnellen, bv. bij roller coasters.

Wenk: De normale versnelling zorgt voor een richtingsverandering. Bij een ECB is de tangentiële versnelling gelijk aan nul waardoor er slechts een normale versnellingscomponent overblijft die we de centripetale of middelpuntzoekende versnelling noemen.

Wenk: Bij een ECB is de snelheid constant in grootte maar is er een versnelling omdat er een voortdurende verandering van de richting van de snelheidsvector is.

Wenk: De centripetale kracht wordt bij bv. een keitje dat we aan een touwtje rondzwieren geleverd door de spierkracht, bij een fiets die een bocht neemt door de wrijvingskracht van het wegdek op het rubber van de banden, bij de aarde door de gravitatiekracht van de zon ...
Valt de centripetale kracht weg dan willen we op basis van de traagheidswet rechtdoor.

Wenk: Voorbeelden van toepassingen: massaspectrometer, cyclotron ...

Extra: Door de bewegingsvergelijkingen $x(t) = r \cdot \sin\theta$ en $y(t) = r \cdot \cos\theta$ af te leiden kan de baansnelheid en vervolgens de versnelling en de kracht verder worden afgeleid.

4.4.5 Trillingen en golven

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 15 F De leerlingen analyseren en kwantificeren harmonische trillingen aan de hand van de bewegingsvergelijking.

★ Resonantie

Samenhang derde graad: goniometrische functies (WisS'-d LPD 20)

Wenk: Bewegingen waarbij een lichaam periodiek heen en weer schommelt rond een evenwichtspunt noemen we trillingen. Contexten waarmee je harmonische

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

Wenk: Je kan aangeven dat een enkelvoudig harmonische trilling kan worden beschouwd als een loodrechte projectie van een ECB.

Wenk: Je kan aangeven dat er enkelvoudige (zuiver sinusoïdaal) en samengestelde harmonische trillingen bestaan. Vele periodieke signalen zijn geen zuivere sinussen en zijn dus niet enkelvoudig harmonisch.

Wenk: Houd er rekening mee dat periodieke functies in Fysica anders worden genoteerd dan in Wiskunde.

Wenk: De elastische terugroepkracht kan worden afgeleid vanuit de bewegingsvergelijking in combinatie met de 2de wet van Newton. Daaruit kan de formule voor de periode van een massa aan een veer worden afgeleid.

Wenk: Hoe meer energie wegvloeit uit de trilling, hoe kleiner de amplitude wordt. Je kan dat bij golven in verband brengen met intensiteit.

Wenk: Resonantie kan je behandelen als verschijnsel bij een gedwongen trilling op de eigenfrequentie van een systeem.

LPD 16 F De leerlingen analyseren en kwantificeren lopende golven.

★ Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid

Golfgetal

Intensiteit

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

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

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

Wenk: Golfgetal kan je duiden als een maat voor het aantal golflengtes per lengte-eenheid.

Wenk: De begrippen energie, vermogen en intensiteit gelden voor alle golven, maar kunnen gemakkelijk worden toegelicht bij geluid. De intensiteit van een driedimensionale golf is evenredig met de amplitude in het kwadraat en omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de bron. Je kan dat mooi illustreren bij geluidsgolven.



LPD 17 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van geluidsgolven en de decibelschaal.

2de graad: ontvangst prikkels in plantaardige en dierlijke organismen(II-Nat'-d LPD 3B)

Wenk: Je kan de invloed van de amplitude op het geluidsniveau kwalitatief illustreren. Hoe groter de amplitude, hoe hoger het vermogen (de hoeveelheid energie per seconde) dat je oor ontvangt en hoe luider het geluid klinkt. De waarneming van dat vermogen is niet lineair. Zintuigen zoals het oog en het oor kunnen daarom zowel zeer lage als zeer hoge intensiteiten waarnemen. Voor het oor hanteren we een logaritmische schaal. Je kan de formule gebruiken om grafische voorstellingen te maken die zeer grote intensiteitsverschillen omvatten.

Wenk: Je kan berekenen dat het geluidsniveau met 3 dB toeneemt als de geluidsintensiteit verdubbelt.

Wenk: Niet enkel het geluidsniveau maar ook de blootstellingsduur heeft een impact op gehoorschade. Algemeen nemen audiologen aan dat een blootstellingsduur aan 75 dB gedurende 8 h het maximum is. Als het geluidsniveau met 3 dB toeneemt, dien je de blootstellingsduur te halveren.

LPD 18 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van lopende golven aan de hand van grafische voorstellingen van golven.

★ Weerkaatsing, breking, interferentie, buiging

Wenk: De verschijnselen weerkaatsing en breking, die de leerlingen kennen vanuit het stralenmodel bij licht, gelden ook bij alle andere golven. Een summiere herhaling is eventueel aangewezen.

Wenk: Het is de bedoeling om de eigenschappen kort te bespreken aan de hand van concrete voorbeelden:

- Weerkaatsing van geluid in architecturale vormgeving zoals voor muziek en spektakel, echo en nagalm.
- Breking van lichtgolven door verandering van voortplantingssnelheid zoals in lenzen, in geslepen glas, bij waarneming van schijnbare diepte.
- Interferentie zoals plaatsgebonden ontvangstkwaliteit van zenders, antireflectielaag op lenzen, antigolven door de bulbsteven aan de boeg van een schip ...; je kan interferentie verklaren door gebruik te maken van een animatie of experimenteel aantonen met een rimpeltank.
- Je kan de enkele toepassingen van diffractie of buiging bespreken, zoals het verder doordringen van bastonen, de ondergrens van objecten zichtbaar via een optische microscoop, onscherpe foto's door diffractie bij klein diafragma, de blauwe kleur van lucht, de gele, oranje of rode kleur van de zon.

Wenk: Voorbeelden van grafische voorstellingen golven: stralenmodel, golffrontenmodel, grafische interpretatie van amplitude, frequentie, fase ...

LPD 19 F De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van elektromagnetische golven.

★ Verband tussen energie van een golf en frequentie

Wenk: Je kan bespreken dat een EM-golf bestaat uit een grote, continue stroom

pakketjes energie, fotonen genoemd. Hoe hoger de energie-inhoud van de fotonen, hoe hoger de frequentie van de EM-golf die we waarnemen.

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

Wenk: Eigenschappen die je kan duiden bij het verklaren: elektromagnetische golven als storingen in het EM-veld planten zich voort aan de lichtsnelheid en kunnen gecodeerde informatie overbrengen (door de frequentie of de amplitude te veranderen). Je kan met behulp van een animatie visueel tonen hoe de beweging van een lading in een zendantenne een elektromagnetische golf opwerkt die op zijn beurt de beweging van een lading in een ontvangstantenne veroorzaakt. Aan de hand daarvan kan je met een golf een hoeveelheid energie en ook informatie overbrengen.

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

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

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

Extra: Je kan verschillende bronnen van EM-golven aangeven: bewegende ladingen (bv. in antenne), absorptie en emissie van fotonen (bv. in een lamp) ...

5 Basisuitrusting

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

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



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

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

De zorg van de school voor een veilige, gezonde en milieubewuste leef- en leeromgeving in de (praktische) lessen natuurwetenschappen vormen daarbij een uitgangspunt. Die zorg voor veiligheid en milieuzorg in het schoollaboratorium wordt geconcretiseerd in adviezen vanuit wettelijke regelgeving rond welzijn en milieu in de uitgave 'Chemicaliën op school' (COS) van de Koninklijke Vlaamse Chemische Vereniging (KVCV). Die 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. Daarbij 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 die risicoanalyse ontwikkelde de COS-werkgroep een module gekoppeld aan de DBGS (Databank Gevaarlijke Stoffen).

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

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

5.1 Infrastructuur

Een lokaal

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

Toegang tot (mobile) devices voor leerlingen.

5.2 Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen

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

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

6 Glossarium

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

Handelingswerkwoord	Synoniem	Toelichting
Analyseren		Verbanden zoeken tussen gegeven data en een (eigen) besluit trekken
Beargumenteren	Verklaren	Motiveren, uitleggen waarom
Beoordelen	Evaluëren	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
Evaluëren	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) en de specifieke minimumdoelen (SMD) realiseren.

Leerplandoel	Minimumdoelen of specifieke minimumdoelen
1S	MD 06.44
2S	MD 06.43
3S	MD 06.45
4S	MD 06.46
5S	SMD 01.01.01
1B	MD 06.22
2B	MD 06.22
3B	SMD 08.02.05
4B	MD 06.22; SMD 08.02.04
5B	MD 06.24

6B	MD 06.27
7B	MD 06.23
8B	MD 06.25
9B	MD 06.26
10B	MD 06.27; SMD 08.02.07
11B	MD 06.28; SMD 08.02.06
12B	MD 06.28; SMD 08.02.06
13B	MD 06.28; SMD 08.02.06
14B	MD 06.29
15B	MD 06.30
1C	SMD 09.02.06
2C	SMD 09.02.06
3C	MD 06.31
4C	SMD 09.02.07; SMD 09.02.04
5C	SMD 09.02.04
6C	SMD 09.02.07
7C	SMD 09.02.05
8C	MD 06.31
9C	SMD 09.02.04
10C	MD 6.32; SMD 09.02.04
11C	MD 06.32
12C	MD 06.33
13C	SMD 09.02.10
14C	SMD 09.02.10
15C	SMD 09.02.10
16C	MD 06.34; SMD 09.02.12



17C	MD 06.34
18C	SMD 09.02.11
19C	SMD 09.02.08
20C	SMD 09.02.08; SMD 09.02.09
21C	SMD 09.02.09
22C	MD 06.35
1F	MD 06.36
2F	MD 06.37; SMD 11.03.06
3F	SMD 11.03.06
4F	SMD 11.03.06
5F	SMD 11.03.07
6F	MD 06.38; SMD 11.03.08
7F	MD 06.38; SMD 11.03.08
8F	MD 06.38
9F	MD 06.41
10F	MD 06.42
11F	MD 06.39; SMD 11.03.03
12F	SMD 11.03.04
13F	SMD 11.03.04
14F	SMD 11.03.05
15F	MD 06.40; SMD 11.03.09; SMD 11.03.11
16F	MD 06.40; SMD 11.03.10
17F	MD 06.40
18F	SMD 11.03.11
19F	MD 06.40

7.2 Minimumdoelen basisvorming

- 06.22 De leerlingen leggen het verband tussen celtypen en hun functie in weefsels en organen met inbegrip van celademhaling en fotosynthese.
- 06.23 De leerlingen leggen het belang van mitose en meiose uit voor groei en doorgeven van erfelijk materiaal.
- 06.24 De leerlingen leggen uit dat het immuunsysteem bij de mens noodzakelijk is om te overleven.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Specifieke en niet-specifieke afweer
- 06.25 De leerlingen lichten bij de mens de bevruchting en factoren toe die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.
- 06.26 De leerlingen lichten toe hoe hormonale regeling en gezondheidsgedrag de vruchtbaarheid bij de mens beïnvloeden.
- 06.27 De leerlingen lichten de structuur van genetische informatie toe en de wetmatigheden bij overerven.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Gen als drager van genetische informatie
- 06.28 De leerlingen leggen uit hoe genetische informatie tot expressie komt en hoe die informatie beïnvloed kan worden door de mens.
- 06.29 De leerlingen verklaren met wetenschappelijk onderbouwde argumenten biologische evolutie.
- 06.30 De leerlingen leggen natuurlijke selectie uit als een evolutieproces dat de genetische samenstelling van een populatie kan wijzigen.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Tree of life
 - Biologische soort
- 06.31 De leerlingen brengen de structuur van eenvoudige organische moleculen en van kunststoffen in verband met eigenschappen of toepassingen.
- 06.32 De leerlingen tonen aan de hand van de structuur het belang van (poly)sachariden, lipiden en proteïnen aan voor biologische processen.
- 06.33 De leerlingen leggen structuur en toepassingsmogelijkheden van nanomaterialen uit.
- 06.34 De leerlingen interpreteren de dynamiek van een chemische reactie en beïnvloedende factoren.
- 06.35 De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.
- 06.36 De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.
Voetnoot:
Rekening houdend met concepten van de derde graad.



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

7.3 Specifieke minimumdoelen

- 01.01.01 De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met inhouden van minstens 1 wetenschapsdomein verbonden aan de studierichting.
- 08.02.01 De leerlingen beschrijven transport van water en assimilaten in relatie tot de morfologie van de plant.
- 08.02.02 De leerlingen situeren organismen in het driedomeinensysteem.
- 08.02.03 De leerlingen analyseren het gedrag van en interacties tussen organismen van dezelfde soort en van verschillende soorten.

- 08.02.04 De leerlingen leggen cellulaire processen op moleculair en subcellulair niveau uit.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Membraantransport
 - Katabole en anabole processen
 - Fotosynthese, aërobe en anaërobe celademhaling
- 08.02.05 De leerlingen leggen belang en katalytische werking van enzymen in biologische processen uit.
- 08.02.06 De leerlingen leggen differentiële genexpressie op moleculair niveau uit en hoe genexpressie beïnvloed kan worden.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Transcriptie en translatie, genetische code
 - Mutatie en modificatie
- 08.02.07 De leerlingen analyseren chromosomale mechanismen van overerving.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Toepassing van de Wetten van Mendel
 - Stamboom
- 09.02.01 De leerlingen brengen het oplossen van stoffen in water in verband met het dissociëren van ionaire verbindingen en het ioniseren van polaire moleculaire verbindingen.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Elektrolyten
- 09.02.02 De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een eenvoudige reactie.
- 09.02.03 De leerlingen leggen kwantitatief het verband tussen stofhoeveelheid en molaire grootheden en concentraties.
- 09.02.04 De leerlingen classificeren organische en anorganische stoffen zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Zuren, basen, zouten, oxiden
 - Alkanen, alkenen, alkynen, halogeenalkanen, alcoholen, carbonzuren, aldehyden, ketonen, esters, aminen
 - Polysachariden, proteïnen, lipiden, polynucleotiden
- 09.02.05 De leerlingen hanteren de IUPAC-naamgeving voor organische en anorganische stoffen.
- 09.02.06 De leerlingen gebruiken het orbitaalmodel om de structuur van atomen en ionen te beschrijven.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Opstellen van de elektronenconfiguratie
- 09.02.07 De leerlingen stellen chemische structuurformules op van anorganische en organische stoffen.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Lewisstructuur, skeletnotatie
 - Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding



- Roostermodel
- Elektronegativiteit

09.02.08 De leerlingen onderscheiden sterke en zwakke zuren en basen kwalitatief en kwantitatief.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Brønstedzuur- en base
- Geconjugeerd zuur en geconjugeerde base
- Ionisatie-evenwicht van water
- pH berekeningen, pOH berekeningen
- Zuurconstante (K_a) en baseconstante (K_b)

09.02.09 De leerlingen stellen reactievergelijkingen op.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Reacties met ionenuitwisseling: zuur-base reactie, neerslagreactie
- Reacties met elektronenoverdracht

Voetnoot:

Rekening houdend met de context van de studierichting.

09.02.10 De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Molair gasvolume
- Concentratie-uitdrukkingen en -omzettingen
- Verdunningen
- Limiterend reagens

09.02.11 De leerlingen beschrijven kwalitatief en kwantitatief chemisch evenwicht als dynamisch evenwicht en passen de wet van Le Chatelier-Van 't Hoff toe.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Evenwichtsconstante

09.02.12 De leerlingen analyseren het verloop van een reactie aan de hand van kinetische aspecten.

11.03.01 De leerlingen kwantificeren druk, volume, temperatuur en stofhoeveelheid aan de hand van de ideale gaswet.

11.03.02 De leerlingen kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele en elastische energie.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Energiedissipatie

11.03.03 De leerlingen analyseren en kwantificeren de dynamica van systemen aan de hand van de drie wetten van Newton.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Invloed wrijvingskracht

11.03.04 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de eenparig versnelde rechte beweging en de horizontale worp.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Ogenblikkelijke en gemiddelde waarde

- 11.03.05 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen hoeksnelheid, baansnelheid en de centripetale versnelling bij de eenparig cirkelvormige beweging.
- 11.03.06 De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking en het elektrisch veld in eenvoudige geometrieën.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Elektrostatische influentie
 - Veldlijnenpatronen: bij een radiaal, dipool en homogeen veld.
 - Potentiaal en spanning
- 11.03.07 De leerlingen kwantificeren grootheden in serie-, parallel- en gemengde elektrische gelijkstroomkringen met twee of drie weerstanden.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- De wet van Ohm, het Joule-effect
- 11.03.08 De leerlingen analyseren en kwantificeren de magnetische krachtwerking en het magnetisch veld.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Magnetische influentie
 - Magnetisch veld bij een stroomvoerende rechte geleider en een stroomvoerende spoel
 - Veldlijnenpatronen bij een stroomvoerende rechte geleider, bij een stroomvoerende spoel en bij permanente magneten
 - Kracht op een bewegende lading, kracht op een stroomvoerende rechte geleider
- 11.03.09 De leerlingen analyseren en kwantificeren harmonische trillingen aan de hand van de bewegingsvergelijking.
- 11.03.10 De leerlingen analyseren en kwantificeren lopende golven.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Golfgetal
 - Intensiteit
- 11.03.11 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen aan de hand van het golfmodel.
- Onderliggende (kennis)elementen:
- Lopende golven
 - Weerkaatsing, breking, interferentie, buiging, resonantie

7.4 Concordantietabel van SMD naar LPD

SMD 01.01.01	III-Nat'-d LPD 5S
SMD 08.02.01	II-Nat'-d LPD 8B
SMD 08.02.02	II-Nat'-d LPD 11B
SMD 08.02.03	II-Nat'-d LPD 13B
SMD 08.02.04	III-NatS'-d LPD 4B
SMD 08.02.05	III-NatS'-d LPD 3B
SMD 08.02.06	III-NatS'-d LPD 11B-13B
SMD 08.02.07	III-NatS'-d LPD 10B
SMD 09.02.01	II-Nat'-d LPD 17C, 18C



SMD 09.02.02	II-Nat'-d LPD 21C
SMD 09.02.03	II-Nat'-d LPD 7C, 20C
SMD 09.02.04	II-Nat'-d LPD 12C, 15C III-NatS'-d LPD 4C, 5C, 9C, 10C
SMD 09.02.05	III-NatS'-d LPD 7C
SMD 09.02.06	III-NatS'-d LPD 1C, 2C
SMD 09.02.07	II-Nat'-d LPD 2C, 9C, 10C, 11C, 17C III-NatS'-d LPD 4C, 6C
SMD 09.02.08	III-NatS'-d LPD 19C, 20C
SMD 09.02.09	III-NatS'-d LPD 20C, 21C
SMD 09.02.10	III-NatS'-d LPD 13C-15C
SMD 09.02.11	III-NatS'-d LPD 18C
SMD 09.02.12	III-NatS'-d LPD 16C
SMD 11.03.01	II-Nat'-d LPD 5F
SMD 11.03.02	II-Nat'-d LPD 7F
SMD 11.03.03	III-NatS'-d LPD 11F
SMD 11.03.04	III-NatS'-d LPD 12F, 13F
SMD 11.03.05	III-NatS'-d LPD 14F
SMD 11.03.06	III-NatS'-d LPD 2F-4F
SMD 11.03.07	III-NatS'-d LPD 5F
SMD 11.03.08	III-NatS'-d LPD 6F, 7F
SMD 11.03.09	III-NatS'-d LPD 15F
SMD 11.03.10	III-NatS'-d LPD 16F
SMD 11.03.11	III-NatS'-d LPD 15F, 18F

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
3	Pedagogisch-didactische duiding	8
3.1	Natuurwetenschappen en het vormingsconcept	8
3.2	Krachtlijnen	9
3.3	Opbouw.....	10
3.4	Leerlijnen.....	10
3.4.1	Samenhang met de eerste en de tweede graad	10
3.4.2	Samenhang in de derde graad	13
3.5	Aandachtspunten.....	14
3.5.2	Samenhang tussen wetenschappen	14
3.5.3	Onderzoekscompetentie.....	15
3.5.4	Dissecties als werkvorm	16
3.6	Leerplanpagina.....	16
4	Leerplandoelen	16
4.1	STEM-doelen	16
4.2	Biologie.....	20
4.2.1	De cel als basiseenheid van leven.....	20
4.2.2	Stof-en energieomzettingen in cellen.....	22
4.2.3	Bescherming en afweer tegen lichaamsvreemde stoffen	24
4.2.4	Voortplanting	24
4.2.5	Genetica	27
4.2.6	Ontstaan en evolutie van soorten.....	30
4.3	Chemie	32
4.3.1	Structuur en eigenschappen van de materie.....	32
4.3.2	De chemische reactie	38

4.3.3	Duurzame chemie	42
4.4	Fysica	43
4.4.1	Kracht en veld: elektrostatica	43
4.4.2	Kracht en veld: elektromagnetisme	45
4.4.3	Kernfysica	46
4.4.4	Kracht en bewegingsverandering	48
4.4.5	Trillingen en golven	50
5	Basisuitrusting	53
5.1	Infrastructuur	54
5.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen	55
6	Glossarium	55
7	Concordantie	56
7.1	Concordantietabel	56
7.2	Minimumdoelen basisvorming	59
7.3	Specifieke minimumdoelen	60
7.4	Concordantietabel van SMD naar LPD	63