

Biotechnieken B+S
2de graad D/A-finaliteit
II-Biot-da

BRUSSEL

D/2021/13.758/053

Versie januari 2022

Disclaimer

Gezien de te grote omvang en gedetailleerdheid van het geheel van de basisvorming en de specifieke vorming zoals bepaald door de Vlaamse regering (eindtermen, specifieke eindtermen, beroepskwalificaties) zal er, in tegenstelling tot het oorspronkelijke opzet van onze leerplannen, veelal onvoldoende ruimte zijn om de leerplandoelen in dit leerplan met voldoende diepgang te realiseren binnen de beschikbare onderwijstijd of voor het schoolbestuur, het lerarenteam of de individuele leraar om eigen inhoudelijke of didactische keuzes te maken.

De leerplannen 2de graad zijn opgesteld onder voorbehoud van de uitspraak van het Grondwettelijk Hof met betrekking tot het verzoekschrift waarmee de vernietiging van dat decreet wordt gevraagd.

Naargelang de samenstelling van de studierichting waarvoor een leerplan geldt, integreren de leerplandoelen eindtermen basisvorming, cesuurdoelen en/of doelen die leiden naar een beroepskwalificatie. In de concordantietabel geven we duidelijk aan welke leerplandoelen de eindtermen basisvorming, de cesuurdoelen en/of de doelen die leiden naar een beroepskwalificatie realiseren. De opgenomen cesuurdoelen en de doelen die leiden naar een beroepskwalificatie werden in overleg met de onderwijsverstrekkers vastgelegd en zijn onder voorbehoud van de goedkeuring van de curriculumdossiers 2de graad.



1 Algemene inleiding

De start van de modernisering secundair onderwijs gaat gepaard met een nieuwe generatie leerplannen. Net zoals in de eerste graad zijn de nieuwe leerplannen van de tweede graad ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialoogschool en gaan ze uit van de professionaliteit van de leraar en het eigenaarschap van de school en het lerarenteam.

1.1 Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten

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

De nieuwe 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.

De nieuwe leerplannen faciliteren een **gerichte studiekeuze** na de tweede graad. Het proces van de studiekeuze eindigt immers niet na de eerste graad. In de tweede graad onderzoeken leerlingen meer gericht waar hun capaciteiten liggen en wat hun talenten zijn. Leerplannen zijn daarbij een belangrijk hulpmiddel. De doelen sluiten aan bij de verwachte competenties van leerlingen die voor een bepaalde studierichting kiezen. De feedback en evaluatie bij de realisatie ervan beïnvloeden op een positieve manier de keuze van leerlingen voor een meer geprofileerde studierichting in de derde graad.

De nieuwe leerplannen gaan uit van de **professionaliteit** van de leraar en het **eigenaarschap** van de school en het lerarenteam. Ze bieden pedagogisch-didactisch voldoende ruimte voor een eigen aanpak van de leraar, het lerarenteam of de school [\[zie disclaimer\]](#).

De nieuwe leerplannen borgen de **samenhang** in de vorming van de tweede graad. Leerplannen zorgen voor een samenhangend fundament van vorming voor alle leerlingen binnen een finaliteit en een studierichting. Ze vertrekken vanuit een gemeenschappelijk referentiekader en hanteren een gelijkgerichte terminologie met respect voor de eigenheid van elk vak. De samenhang in de tweede graad betreft zowel de verticale samenhang (de plaats van het leerplan in de opbouw van het curriculum) als de horizontale samenhang tussen vakken binnen studierichtingen en over studierichtingen en finaliteiten. Waar relevant geven de leerplannen expliciet aan voor welke doelen van andere leerplannen in de school verdere afstemming mogelijk is. Op die manier faciliteren en stimuleren de leerplannen leraren algemene vorming (incl. godsdienstleraren) en leraren specifieke vorming om over de vakken heen samen te werken en van elkaar te leren. Een verwijzing van een vakleraar naar de lessen van een collega laat de leerlingen niet alleen aanvoelen dat de verschillende vakken onderling samenhangen en dat ze over dezelfde werkelijkheid gaan, maar versterkt ook de mogelijkheden tot transfer.

In wat volgt gaan we dieper in op een aantal uitgangspunten.

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 dialogeschool 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 hen en hun collega's en zorgen voor een Bijbelse 'drive' in hun onderwijs.
- De kwetsbaarheid van leerlingen ernstig nemen betekent dat elke leerling **beloftedevol** is en alle leerkansen verdient. Die leerling is **uniek als persoon** maar ook **verbonden** met de klas, de leraar, de school en de bredere samenleving. Scholen



zijn daarbij **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 inhouden van vorming, die we groeperen in **vormingscomponenten**: levensbeschouwelijke vorming, culturele vorming, economische vorming, lichamelijke vorming, maatschappelijke vorming, natuurwetenschappelijke en technische vorming, sociale vorming, talige vorming en wiskundige vorming. De aaneengesloten cirkel van vormingscomponenten wijst erop dat vorming een geheel is en zich niet in schijfjes laat verdelen. Je kan onmogelijk over culturele vorming spreken zonder met taal bezig te zijn; je kan niet beweren dat wetenschap en techniek geen band hebben met economie, wiskunde of geschiedenis. Dwarsverbindingen doorheen de vakken zijn daarbij belangrijk. De vormingscirkel vormt dan ook een dynamisch geheel van elkaar voortdurend beïnvloedende en versterkende componenten.
- Een leraar vormt leerlingen als **individuele leraar** maar werkt ook binnen **lerarenteams** en binnen een **beleid van de school**. De gemeenschappelijke leerplannen (Gemeenschappelijk funderend leerplan en Gemeenschappelijk leerplan ICT) helpen daartoe. Ze worden gestuurd door keuzes die een school (schoolbestuur, beleidsteam, lerarenteam) maakt. Het Gemeenschappelijk funderend leerplan 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. Die 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

[zie disclaimer]

De vrijheid die de leraar krijgt om met het leerplan te werken vraagt van hem een grote professionaliteit. Professionaliteit vergt meesterschap. De leraar is dus een meester in zijn vak; hij beheerst de inhouden die hij onderwijst. Een diep gevoel van verantwoordelijkheid en de overtuiging dat elke leerling het recht heeft om op een goede manier gevormd te worden, liggen aan de basis van zijn professioneel bezig zijn.

Vorming is voor die leraar nooit te herleiden tot een cognitieve overdracht van inhouden. Vorming is iets wat hem in die mate beroert dat hij voor iedere leerling de juiste woorden en gebaren zoekt om de wereld te ontsluiten. Hij wil de leerling tot bij de wereld brengen. De leraar introduceert leerlingen in de wereld waarvan hij houdt en hij probeert hen ook vriend van die wereld te laten worden. Een leraar zorgt er bijvoorbeeld voor dat leerlingen gegrepen kunnen worden 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.

We hebben de leerplandoelen noch chronologisch noch hiërarchisch geordend. Vanuit het pedagogisch project van de school, vanuit zijn passie, expertise en creativiteit, in functie (van de beginsituatie) van de klasgroep kan de leraar eigen accenten leggen en differentiëren. Hij kan kiezen welke leerplandoelen hij op welke manier samenneemt bij het uitwerken van lessen, thema's of projecten.

In het leerplan leggen we geen didactische werkvormen vast. Ter ondersteuning van leraren(teams) geven we voor bepaalde leerplanonderdelen louter een indicatie van de nodige onderwijstijd. Dat betekent dat leraren(teams) alle vrijheid hebben om langere leerlijnen op te bouwen en in te zetten op de spiraalsgewijze aanpak van bepaalde leerplandoelen. Leraren bepalen zelf welke contexten ze laten spelen, welke methodieken ze hanteren.

1.4 Differentiatie

De nieuwe leerplannen bieden volop kansen om gedifferentieerd te werken. Ze laten toe om te differentiëren op verschillende manieren:

- verschillende inhoudelijke keuzes;
- doelen integreren;
- inhouden verbreden door andere contexten aan bod te laten komen;
- verdieping aanbieden;
- in te spelen op verschillen in het abstractievermogen van leerlingen.

Differentiëren is van belang in alle leerlingengroepen. Leerlingen die starten in een studierichting van de tweede graad en voor wie dit leerplan bestemd is, behoren immers wel tot de doelgroep, maar bevinden zich niet noodzakelijk in dezelfde beginsituatie. Dikwijls hebben zij reeds een niet te onderschatten – maar soms sterk verschillende – bagage mee vanuit de eerste graad, de gevolgde basisoptie, 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.

Ook de motivatie van leerlingen is soms sterk verschillend. Sommige leerlingen denken meer conceptueel en abstract. Andere leerlingen komen vanuit een meer concrete benadering sneller tot inzichtelijk denken. De ene context kan betekenisvol zijn voor een leerlingengroep, terwijl een andere context dan weer betekenisvoller kan zijn voor een andere leerlingengroep.

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 het aanbieden van meer kennis of vaardigheden leerlingen uit te dagen.

Verschiede leerinhouden aanbieden aan verschillende leerlingen is één vorm van differentiatie. Andere mogelijkheden zijn differentiëren in didactiek, in graad van autonomie en ondersteuning. De ene leerling kan snel zelfstandig werken, de andere heeft intense begeleiding nodig. In de wenken bij de leerplandoelen verwijzen we soms naar differentiatiemogelijkheden. Dat kan door al dan niet ondersteuning of hulpmiddelen aan te bieden in de vorm van voorbeelden, schrijfkaders, stappenplannen ...



Didactische differentiatie kan ook betrekking hebben op het flexibel aanwenden van de beschikbare leertijd, zoals variëren in tempo van onderwijzen en in leertempo van leerlingen, de ene leerling of leerlingengroep wat meer tijd geven dan de andere om hetzelfde te leren. Differentiatie kan ook door leerlingen naar verschillende producten te laten toewerken die dan naar gedifferentieerde vormen van evaluatie leiden.

1.5 Opbouw van de leerplannen

Elk leerplan is opgebouwd volgens een vaste structuur: algemene inleiding, situering, pedagogisch-didactische duiding, leerplandoelen, basisuitrusting, concordantie. Alle onderdelen van het leerplan 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.

In de **algemene inleiding** belichten we het leerplanconcept en gaan we o.m. dieper in op de visie op vorming, de ruimte voor leraren(teams) en scholen en de mogelijkheden tot differentiatie.

In de **situering** beschrijven we - waar relevant - de samenhang met de eerste graad, de samenhang in de tweede 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. de nieuwe accenten van het leerplan aan bod.

De **leerplandoelen** zijn sober en helder geformuleerd waarbij het leerplandoel als geheel het verwachte niveau van realisatie en beheersing aangeeft. Waar relevant voegen we bij de leerplandoelen een opsomming of een afbakening (★) toe die duidelijk aangeeft wat bij de realisatie van het leerplandoel aan bod moet komen. Ook de pop-ups bevatten informatie die noodzakelijk is bij de realisatie van het leerplandoel.

Alle leerplandoelen zijn te bereiken, met uitzondering van attitudes. Leerplandoelen die een **attitude** zijn en dus na te streven, duiden we aan met een sterretje (*).

We tonen de **samenhang** met andere leerplannen in de **tweede graad**. Zo geven we het overleg in lerarenteams alle kansen. Waar relevant verwijzen we ook naar **samenhang met de eerste graad** en naar specifieke items die reeds in de leerplannen van de eerste graad aan bod kwamen.

Tenslotte geven we een aantal zinvolle of inspirerende **wenken** (✓). Het betreft voornamelijk een noodzakelijke toelichting bij leerplandoelen of specifieke begrippen, suggesties voor een mogelijke didactische aanpak of een afbakening van de leerstof.

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

In de **concordantie** geven we aan welke leerplandoelen gerelateerd zijn aan bepaalde eindtermen, cesuurdoelen of doelen die leiden naar beroepskwalificaties.

1.6 Tot slot

[zie disclaimer]

De nieuwe leerplannen geven richting en laten ruimte. Ze faciliteren de inhoudelijke dynamiek en de continuïteit in een school en lerarenteam. Ze vormen een kwaliteitskader dat inzet op een eigen visie en een identiteitskader dat de unieke identiteit van een school in de diverse samenleving versterkt en ondersteunt. Zo garanderen we 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. We versterken het eigenaarschap van scholen die d.m.v. eigen beleidskeuzes de vorming van leerlingen gestalte geven. We creëren ook ruimte voor het vakinhoudelijk en pedagogisch-didactisch meesterschap van de leraar, maar bieden – via pedagogische begeleiding – ondersteuning waar nodig.

2 Situering

2.1 Samenhang met de eerste graad

In het leerplan Natuur, ruimte & techniek van de eerste graad komen al discipline-overstijgende STEM-vaardigheden aan bod zoals bij het onderzoeken van verschijnselen en systemen in Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen en Techniek. Ook het modelleren en problemen oplossen komt aan bod. Daarnaast duiden leerlingen interacties tussen mens, natuur, techniek en ruimte. Ook in het leerplan Wiskunde ligt er meer nadruk op probleemoplossend denken. Bij berekeningen staat het handig en inzichtelijk rekenen meer centraal. Nieuw is dat leerlingen al een beschrijvend statistisch onderzoek uitvoeren.

We vinden in het leerplan Natuur, ruimte & techniek doelen terug die betrekking hebben op kracht en (verandering van) beweging, energie, materie, structuur en functies in systemen, interacties tussen mens, natuur, techniek en ruimte, kringlopen en voortplanting. Nieuw voor de eerste graad is dat deze breed-wetenschappelijke thema's een invulling krijgen vanuit zowel Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen als Techniek. Deze invulling kan zowel vanuit aparte vakken Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen als Techniek gebeuren als vanuit het interdisciplinaire leerplan Natuur, ruimte & techniek. In de leerplannen Natuurwetenschappen van de tweede graad ontwikkelen leerlingen meer inzicht in deze wetenschappelijke thema's of de zogenaamde 'Big Ideas in Science'.

2.2 Samenhang in de tweede graad

2.2.1 Samenhang binnen de studierichting

Het leerplan Biotechnieken bestaat uit vijf grote leerplanonderdelen: de STEM-doelen, leerplandoelen Biologie, Chemie en Fysica met bijhorend labo en het onderdeel Labo- en productietechnieken. De volledige algemene vorming Natuurwetenschappen en STEM komt aan bod in dit leerplan.

2.2.2 Samenhang met andere leerplannen Natuurwetenschappen binnen de finaliteit

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

- Een leerplan Natuurwetenschappen B voor de algemene vorming (voor niet-STEM richtingen);
- Een leerplan Natuurwetenschappen B' met een beperkt aantal doelen fysica (voor STEM-richtingen); Een ruim gedeelte van de algemene vorming Fysica en de STEM-doelen zijn opgenomen in het richtings specifieke leerplan;
- een leerplan Natuurwetenschappen B+S met cesuurdoelen Chemie (voor Plant-, dier- en milieutechnieken);
- een leerplan Biotechnieken B+S voor de gelijknamige studierichting met inhouden Biologie, Chemie, Fysica, STEM-doelen en Labo- en productietechnieken.

Verwante leerplannen (DA)	STEM-doelen	Biologie	Chemie	Fysica
Natuurwetenschappen B (2-1)	Basis	Basis	Basis	Basis



Natuurwetenschappen B'(1-1)	Elementen	Basis	Basis	Elementen
Natuurwetenschappen B+S (2-3)	Basis	Basis	Cesuurdoelen	Basis
Biotechnieken B+S (13-14)	Cesuur+BK	Basis+BK	Cesuurdoelen+BK	Basis+BK

2.2.3 Samenhang over de finaliteiten heen

Biotechnieken is een theoretisch-praktische studierichting in de dubbele finaliteit. In Chemie en Biologie worden er vanuit de schoolse laboratoriumcontext meer operationele competenties ontwikkeld van de toekomstige labomedewerker. In Fysica is er bijkomende aandacht voor elektromechanische kennis en vaardigheden die van belang zijn voor de operator van morgen. Via het onderdeel 'Labo- en procestechnieken' leren leerlingen onderzoeken en problemen oplossen in functie van een latere industriële context. Er is ook aandacht voor sturings-, meet- en regeltechniek.

De domeingebonden doorstroomstudierichtingen Biotechnologische wetenschappen en Biotechnologische STEM-wetenschappen zijn verwant met de studierichting Biotechnieken, maar zijn theoretischer en meer wiskundig onderbouwd. In deze studierichtingen staan Biologie, Chemie en Fysica centraal en is er aandacht voor experimenteel onderzoek in labo en geïntegreerd probleemoplossen. In Biotechnieken wordt er ook actief aan beroepscompetenties gewerkt.

2.3 Plaats in de lessentabel

Dit leerplan Biotechnieken B+S (13-14) geldt voor de studierichting Biotechnieken. [\[zie disclaimer\]](#)

Er zijn verschillende mogelijkheden om de leerplanonderdelen te groeperen in aparte vakken in functie van inhoudelijke coherentie, de context van de school en de competenties van het lerarenteam.

Betrokken leerplanonderdelen in het leerplan Biotechnieken: Biologie+labo; Chemie+labo; Fysica+labo; Labo- en productietechnieken.

- Mogelijkheid 1
 - Vak Biologie + labo: 3-2
 - Vak Chemie en labotechnieken: Chemie + labo: 3-3 + labotechnieken: 3-3
 - Analysetechnieken en milieutechnologie
 - Materialen en biochemische productietechnieken
 - Veiligheid, milieu en organisatie
 - Vak Fysica en productiesystemen: Fysica + labo: 2-3 + productiesystemen: 2-3
- Mogelijkheid 2
 - Vak Biologie + labo (inclusief onderdelen van milieutechnologie en biochemische productietechnieken): 3-3
 - Vak Chemie en labotechnieken: Chemie + labo: 3-3 + labotechnieken: 3-2
 - Analysetechnieken
 - Materialen
 - Veiligheid, milieu en organisatie
 - Vak Fysica en productiesystemen: Fysica + labo: 2-3 + productiesystemen: 2-3
- Mogelijkheid 3
 - Biologie+labo: 3-2

- Chemie+labo: 3-3
- Fysica+labo: 2-3
- Labo- en productietechnieken: 5-6

3 Pedagogisch-didactische duiding

3.1 Natuurwetenschappen en het vormingsconcept

Het leerplan Biotechnieken 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. Hierbij wordt het onderzoekend leren/leren onderzoeken in het lesgebeuren en in het uitvoeren van practica geïntegreerd. Leerlingen leren om in verschillende contexten aan de hand van hulpmiddelen en meetinstrumenten te observeren, te meten, te onderzoeken en te experimenteren. Ze leren op een veilige en duurzame manier omgaan met materialen, chemische stoffen, levende materie en technische systemen.

Een vlot gebruik van informaticatechnologieën in wetenschappen kan een sterk hulpmiddel zijn. Berekeningen die, handmatig uitgevoerd, langdurig en lastig zijn, kunnen in een oogwenk afgehandeld worden 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. Dit 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 deze 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- & innovatiepraktijken streven naar duurzame, ethisch aanvaardbare en maatschappelijk gewenste resultaten. In de diverse wetenschapsvakken willen we de maatschappelijke betrokkenheid bij leerlingen bevorderen. Leerlingen moeten kunnen bijdragen aan en hun zegje doen over onderzoek & innovatie en kritisch reflecteren over de rol van de mens in het [systeem](#) aarde.

Duurzaamheid en verbeelding

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

Uit die 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](#) rond Biologie, Chemie, Fysica, Labo- en productietechnieken. Op vlak van Biologie komen eigenschappen van levende systemen aan bod. In Chemie staan inzichten in bouw, structuur en eigenschappen van materie centraal naast wisselwerking tussen materie en energie. In Fysica wordt vooral ingegaan op kracht en verandering van beweging. Daarnaast bestuderen leerlingen processen waarbij energie omgezet wordt.

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

Leerlingen leren wetenschappelijke methoden toepassen. Vooral labo- en productietechnieken komen aan bod. Ze leren meetinstrumenten gebruiken en omgaan met grootheden en eenheden. Daarbij leren ze ook om geïnformeerd te werken met materialen en stoffen. Daarnaast analyseren zij natuurlijke en technische systemen aan de hand van [STEM-concepten](#). Leerlingen leren geïntegreerde STEM-problemen oplossen aan de hand van natuurwetenschappen, technologie en wiskunde.

Betekenis geven aan de onderlinge verwevenheid tussen wetenschappen, wiskunde en technologie in de samenleving

STEM kan niet los gezien worden van de samenleving. Ideeën die ontwikkeld worden over natuur, techniek of wiskunde en de concrete inzet van deze ideeën in menselijke activiteiten, technische systemen en (veranderings)processen beïnvloeden maatschappelijke denkbeelden en vice versa.

Bij het gebruiken van technologie beargumenteren leerlingen de gemaakte keuzes. Daarnaast onderzoeken zij interacties tussen STEM en samenleving.

3.3 Opbouw

Biotechnieken is een nieuwe studierichting.

Het leerplan is opgebouwd uit inhoudsoverschrijdende STEM-doelen, doelen Biologie + labo, Chemie + labo en Fysica + labo. Daarnaast is er nog een leerplanonderdeel 'Labo & productietechnieken' dat bestaat uit drie delen:

- 'Analysetechnieken en milieutechnologie', een eerder biologisch en chemisch georiënteerd onderdeel;
- 'Productiesystemen', een eerder fysisch en elektromechanisch georiënteerd onderdeel;
- 'Labo- en productiebeheer', een meer organisatorisch luik.

Het is niet de bedoeling om STEM-doelen als een apart gegeven te benaderen. Een lerarenteam heeft de vrijheid en de verantwoordelijkheid om deze doelen strategisch in te zetten bij het werken rond de doelen Biologie, Chemie, Fysica, Labo- en productietechnieken. In de wenken bij de leerplandoelen vind je hiertoe suggesties.

De verschillende leerplanonderdelen kunnen via een aangepaste didactiek en evaluatiemethoden benaderd worden. Zo is het aangewezen om in het onderdeel 'Labo & productietechnieken' meer aandacht te besteden aan projectwerk en coöperatieve werkvormen.

De STEM-doelen verbinden de verschillende leerplanonderdelen inhoudelijk en methodisch met elkaar en komen expliciet aan bod in de onderdelen labo, labotechnieken, productiesystemen.

Gezien de vele mogelijkheden tot samenhang is het belangrijk om met het betrokken lerarenteam samen een jaar- en graadplan op te stellen rekening houdend met de context van de school.



Mogelijke timing van onderdelen in het leerplan [zie disclaimer]

STEM-doelen (basis + cesuur + BK)	Biologie (basis) + labo (BK)	Chemie (basis + cesuur) + labo (BK)	Fysica (basis + BK) + labo (BK)	Labo & Productietechnieken (BK)
<ul style="list-style-type: none"> • Wetenschappelijke methoden toepassen • Systemen analyseren aan de hand van STEM-concepten • Meetinstrumenten en hulpmiddelen gebruiken • Grootheden en eenheden gebruiken • Geïnformeerd werken met materialen en stoffen • Labovaardigheden toepassen • Verbanden tussen grootheden • STEM-geïntegreerd probleem-oplossen • Keuzes beargumenteren • STEM-interacties in de samenleving uitleggen 	<ul style="list-style-type: none"> • Biologische feedback • Rol van micro-organismen • Voortplanting • Microscopie, labo microbiologie en voedings-technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengsels en zuivere stoffen • Aspecten van een chemische reactie • Bouw van atomen • Chemische bindingen • Indeling samengestelde stoffen en reactiepatronen herkennen • Eigenschappen van stoffen • Kwantitatieve aspecten • Reactiesoorten 	<ul style="list-style-type: none"> • Grootheden en hun verbanden: dichtheid • Kracht en verandering van beweging; ERB; debiet • Zwaartekracht en veerkracht • Krachten- en momentenbalans • Druk • Elektrische kring, wet van ohm; serie & parallelschakeling • Licht en straling • Gasdruk • Warmte en temperatuur • Energieomzetting en transport • Rendement en vermogen • Eenparig cirkelvormige beweging • Geluid 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysetechnieken en milieutechnologie (°) • Biochemische productietechnieken (°) (°): Deze inhouden zijn eerder gerelateerd aan Biologie en Chemie • Materialen • Productiesystemen (5 graaduren) Deze inhouden zijn eerder gerelateerd aan Fysica - energiekringen - soorten processen - sturen, meten en regelen • Labo- en productiebeheer: veiligheid, milieu, kwaliteit, organisatie
Geïntegreerd	5 Graaduren	6 Graaduren	5 Graaduren	11 Graaduren (*)
27 Graaduren				

(*) kan opgesplitst of verdeeld worden bijvoorbeeld zoals in de geschetste drie mogelijkheden (zie rubriek 'samenhang binnen de studierichting').

3.4 Leerlijnen

3.4.1 Samenhang met de eerste graad

Het leerplan sluit vanuit de vormingscomponenten aan bij een aantal leerplannen uit de eerste graad: Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen, Techniek (of het leerplan Natuur, ruimte & techniek) en Wiskunde.

Aardrijkskunde: vanuit een terreinstudie en waarnemingen via geografische hulpbronnen onderzoeken leerlingen in de eerste graad kenmerken van landschapsvormende lagen. Vervolgens onderzoeken ze interacties tussen die lagen. Daarnaast onderzoeken leerlingen de ruimtelijke effecten van natuurlijke en menselijke factoren op het landschap.

Natuurwetenschappen: vanuit een biotoopstudie en de studie van materie en energie ontwikkelen de leerlingen in de eerste graad een aantal inzichten in structuur, functies en samenhang in levende systemen. Vervolgens maken ze kennis met transport, belang en effecten van energie en fotosynthese. Daarnaast worden doelen rond krachten en voortplanting behandeld.

Techniek: de leerlingen onderzoeken in de eerste graad eigenschappen van een aantal materialen en van technische systemen binnen verschillende ervaringsgebieden in wisselwerking met enkele ontwerp- en realisatieopdrachten.

Nieuw in de STEM-gerelateerde vorming in de eerste graad is een grotere nadruk op een inzichtelijke benadering eerder dan een beschrijvende. In natuurwetenschappen is er meer aandacht voor evolutie en ecologie. Binnen Techniek is er meer aandacht voor het onderzoeken van materialen en technische systemen en voor Aardrijkskunde is er meer nadruk op mondiale vraagstukken i.v.m. duurzaamheid.

Wiskunde: de leerlingen in de eerste graad maken kennis met de verschillende getallenverzamelingen en kunnen meetkundige objecten onderscheiden en classificeren. Daarnaast beschikken ze ook over inzicht in het begrip schaal als evenredigheidsfactor en kunnen soorten data onderscheiden en informatie halen uit tabellen, diagrammen en grafieken. Vervolgens gaan ze in op het berekenen van procenten, het nemen van machten, het hanteren van coördinaten, het gebruik van letters, het omgaan met eerstegraadsvergelijkingen en het onderzoeken van meetkundige eigenschappen. Verder komen ook concepten als transformaties en congruentie aan bod. Evenals het rekenen met lettervormen.

Leerlingen die de basisoptie (Moderne talen-) wetenschappen of STEM-wetenschappen/technieken volgden hebben al meer ervaring en autonomie kunnen opbouwen in het onderzoekend en probleemoplossend denken. In de basisopties STEM hebben leerlingen inhouden ook al wat wiskundiger leren benaderen. Binnen (Moderne talen-) wetenschappen ligt de nadruk op het experimentele.

In beide basisopties hebben de leerlingen inhouden uit de algemene vorming verbreed en verdiept. Vanuit het optionele en verkennende karakter van deze basisopties kan je er evenwel niet van uitgaan dat de kennis en vaardigheden die daarin aan bod komen noodzakelijk zijn als beginsituatie voor dit leerplan.

Leerlijnen STEM-doelen

Eerste graad	Basis tweede graad in dubbele finaliteit
Onderzoeken in Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen en Techniek	Wetenschappelijke methoden toepassen Verbanden tussen grootheden onderzoeken
Grootheden en eenheden gebruiken	Grootheden en eenheden gebruiken Systemen analyseren aan de hand van STEM-concepten
Hulpmiddelen gebruiken bij metingen, experimenten, terreinstudie Systemen gebruiken en onderhouden Duurzaam omgaan met energie en grondstoffen	Meetinstrumenten en hulpmiddelen gebruiken Geïnfomeerd, veilig en duurzaam werken met materialen en stoffen



Modellen of simulaties gebruiken	STEM-geïntegreerd probleemeemoplossen
Een probleemoplossend proces doorlopen (Techniek)	
Een stelsel ontwerpen (Techniek)	
Keuzes beargumenteren om een probleem op te lossen.	Keuzes beargumenteren bij gebruik van technische systemen
STEM-interacties met de maatschappij illustreren	STEM-interacties in de samenleving uitleggen

3.4.2 Samenhang in de tweede graad

Samenhang met Wiskunde

In het leerplan Biotechnieken vinden we heel wat methodische en inhoudelijke relaties met inhoud uit het leerplan Wiskunde. Deze worden in het leerplan aangegeven via de samenhang in de tweede graad.

Methodische relaties (STEM-doelen)

- Gebruik van grootheden en eenheden
- Modelleren en problemen oplossen in Wiskunde
- Interacties van Wiskunde met de andere domeinen

Inhoudelijke relaties

- Omvormen van formules
- 2D-voorstellingen van 3D-situaties
- Gebruik van vectoren als **model**
- Pythagoras, goniometrie
- Vergelijkingen en functies van de eerste graad
- Statistisch gebruik van kwantitatieve data (bij het meten/interpreteren van een grootheid)
- Omgekeerd evenredige en zuiver kwadratische verbanden
- Verbanden onderzoeken via spreidingsdiagrammen

Samenhang met Aardrijkskunde

In het leerplan Biotechnieken vinden we ook heel wat methodische en inhoudelijke relaties met inhoud uit het leerplan Aardrijkskunde. Deze worden in het leerplan aangegeven via de samenhang in de tweede graad.

Methodische relaties

- Gebruik van STEM-concepten om **systemen** te analyseren
- Systeemdenken waarin ook interacties met sociale systemen aan bod komen
- Wisselwerking tussen **STEM-disciplines** – maatschappelijke problemen
- Onderzoekstechnieken, meetinstrumenten en hulpmiddelen zoals GIS

Inhoudelijke relaties

- Koolstofcyclus
- Gevolgen van klimaatverandering
- Energieomzettingen in het systeem aarde
- Stralingsbalans in het systeem aarde
- Stoffen en grondstoffen rondom ons
- Transitie naar een duurzame wereld

3.5 Aandachtspunten

3.5.1 Oriëntatie van het leerplan

Wetenschappelijke vorming kan verschillende oriëntaties aannemen: naargelang de studierichting kan de nadruk eerder liggen op een doorgedreven wetenschappelijke vorming voor de STEM-professional van morgen dan wel op de vorming van wetenschappelijke geletterdheid voor de burger van morgen. De pedagogisch-didactische aanpak vertrekt dan van een eerder conceptuele dan wel contextuele structuur van de vorming.

Basis-onderwijs	Oriëntatie op de wereld. De wereld leren kennen vanuit de invalshoeken natuur, ruimte en techniek door exploreren en experimenteren, ervaren en doen.		
Eerste graad	Basiskennis verwerven in Natuur, Ruimte en Techniek op overwegend kwalitatieve manier Basisvaardigheden ontwikkelen voor onderzoeken, ontwerpen en probleemoplossen. Concept- <u>Context</u> benadering.		
Tweede en derde graad	Wetenschappelijke geletterdheid voor de burger van morgen Voor de studierichtingen in arbeidsmarkt en dubbele finaliteit buiten het STEM-domein. Context-conceptbenadering: nadruk op <u>contextuele</u> structuur.	Wetenschappelijke vorming voor de professional van morgen Voor niet-STEM doorstroomrichtingen die voorbereiden op studies die een brede wetenschappelijke kennisbasis verwachten en voor STEM studierichtingen in dubbele finaliteit die een specifieke wetenschappelijke onderbouw nastreven voor studie of beroep. <u>Concept-context</u> - en ook context-conceptbenadering in functie van inhouden in het leerplan.	Doorgedreven wetenschappelijke vorming voor de STEM-professional van morgen Voor de doorstroomrichtingen in het STEM-domein die voorbereiden op studies met een doorgedreven wetenschappelijke onderbouw Concept-contextbenadering: nadruk op <u>conceptuele</u> structuur.

In dit leerplan ligt de nadruk op wetenschappelijke vorming voor de 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. Deze samenhang komt op vier verschillende manieren in het leerplan aan bod:

- vertrekken vanuit de ideeën en interesses van de leerlingen. Om dit 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, Fysica, Labo- en productietechnieken. Aan de hand van deze STEM-doelen kunnen leerlingen de rol van een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen ervaren;
- gebruik maken van STEM-concepten. Dit zijn vakdiscipline-overschrijdende denkwijzen (in de vakdidactische literatuur ook soms perspectieven genoemd) om natuurlijke en technische systemen te analyseren. Deze concepten kunnen leerlingen ondersteunen bij het onderzoeken. Om dit aan bod te laten komen zet je als leraar of lerarenteam het STEM-doel 2 in rond het analyseren van natuurlijke en technische systemen;
- focussen op breed-wetenschappelijke kernideeën die toepasbaar zijn in meerdere contexten en die de grenzen van individuele disciplines overschrijden. Nadruk op deze kernideeën kan leerlingen helpen om het overzicht te bewaren, om meer complexe ideeën en fenomenen te begrijpen en om problemen op te lossen.

Deze vier manieren om meer samenhang en betekenisgeving in het STEM-onderwijs te verkrijgen overschrijden de grenzen van dit leerplan want ze komen over de graden en over de finaliteiten heen aan bod. Een lerarenteam dat de samenhang tussen S, T, E en M via de geschetste vier manieren oordeelkundig nastreeft realiseert STEM op niveau van het leerplan.

Samenhang vanuit interesses: concept-contextbenadering

Wetenschappelijke concepten zijn mentale beelden die verwijzen naar belangrijke ideeën uit de wetenschap. In dit leerplan vormen de inhoudsgebonden leerplandoelen Biologie, Chemie, Fysica, Labo- en productietechnieken een netwerk van samenhangende begrippen. De leerplanrubrieken verwijzen naar een aantal centrale kernideeën. Vanuit dit ‘netwerkcurriculum’ kan meer nadruk op inzichtelijk leren gelegd worden. Een gedetailleerd overzicht opbouwen (het zogenaamde ‘overzichtscurriculum’) is immers geen doel op zich. Op die manier kan overladenheid teruggedrongen worden.

Contexten brengen situaties of probleemstellingen naar voren die voor leerlingen betekenis hebben of krijgen doorheen de leeractiviteiten. Vakoverstijgende contexten kunnen samenhang tonen en een beter beeld geven op “de wereld van STEM”. Contexten kunnen ook motiverend zijn voor leerlingen. Zij geven betekenis aan concepten en concepten worden wendbaar toegepast in verschillende contexten: het gaat dus uitdrukkelijk om een wisselwerking. Afwisselen tussen verschillende contexten is daarbij nodig om transfer van kennis en vaardigheden te versterken. Naargelang de oriëntatie van het leerplan kunnen de lesinhouden en de opbouw van het vak meer vanuit samenhang in concepten dan wel vanuit samenhang in contexten worden ingevuld:

- concept-contextbenadering: de vakstructuur staat centraal en contexten illustreren deze structuur;
- verbindende context: deze context brengt een groep bij elkaar passende concepten samen in leeractiviteiten;
- context-conceptbenadering: één context staat centraal en dient als selectiecriteria voor de concepten die aan bod komen.

De keuze van contexten kan ingegeven worden vanuit hun functionele relevantie (functionele context), omdat ze zeer geschikt zijn om kennis en vaardigheden in te oefenen (didactische context), omdat ze persoonlijk relevant zijn voor de leerling (leefwereldcontext) of maatschappelijk relevant (maatschappelijke en professionele context). Contexten die verwijzen naar de professionele STEM-praktijk zijn zinvol bij het leren van een vakgebied. In dit leerplan vinden we hiertoe een aantal aanzetten als aanloop naar de derde graad waar de industriële labo-, productie- en procescontext veel explicieter aan bod zal komen. De maatschappelijke en de professionele contexten komen vooral naar voren in de derde krachtlijn van dit leerplan.

Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de STEM-doelen

De STEM-doelen zijn overkoepelende, breed-wetenschappelijke werkwijzen/procedures. Deze doelen verwijzen naar karakteristieke werkwijzen die terug te vinden zijn bij onderzoekers, ingenieurs, ontwerpers, technici ... De STEM-doelen bouwen voort op de STEM-doelen in het leerplan 'Natuur, ruimte & techniek' of de aparte leerplannen Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen, Techniek binnen de eerste graad.

Als leerlingen deze STEM-doelen inoefenen met verschillende inhoud en in verschillende contexten krijgen zij kansen om vlotter tot transfer te komen. Daarom komen de STEM-doelen altijd in combinatie met doelen uit de leerplanrubrieken Biologie, Chemie, Fysica en Labo- en productietechnieken aan bod. Hierdoor 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

Practicum is een belangrijk element in goed STEM-onderwijs. Practicum 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 (kritisch willen zijn, willen begrijpen, willen delen, willen vernieuwen, nauwkeurigheid, objectief waarnemen, planmatig werken ...) te ontwikkelen.

Voor de twee eerste doelen kunnen goed via practicum aangeleerd worden. Om begrip te leren en deze vast te zetten en om onderzoeksvaardigheden te ontwikkelen blijkt practicum geen superieure werkvorm, vooral indien al de geschetste objectieven door leraren tegelijk nagestreefd worden in één practicum.

Effectief practicum heeft een duidelijk leerdoel en activeert het bijhorend denkproces. Om het doelgericht karakter van practicum en de bijhorende didactiek aan te scherpen kunnen meerdere soorten practicum onderscheiden worden zoals:

- **onderzoekspracticum:** leerlingen stellen een onderzoeksvraag op, bedenken een experiment, observeren, meten, verwerken gegevens, trekken conclusies ...
Deze vaardigheden vinden we terug in STEM-doelen 1 (onderzoeksmethoden) en 4 (grootheden en eenheden). Om te vermijden dat leerlingen onderzoek zien als een lineair (receptachtig) stappenplan dat automatisch leidt tot betrouwbare kennis is het belangrijk dat leerlingen het cyclische en iteratieve karakter van onderzoek leren begrijpen.
- **begripspracticum:** een uitgekende serie activiteiten op basis van open interacties tussen leraar en leerlingen waarbij "leerlingdenkbeelden" (de zogenaamde misconcepties) geconfronteerd worden met cognitief conflicterende observaties uit (eenvoudige) experimenten of met conflicterende meningen van anderen.
- **apparatuurpracticum** of instrumenteel practicum: practicumvaardigheden zoals een meetinstrument leren gebruiken worden apart inge oefend. Dit kan op een doelgerichte manier met aangeboden of zelf opgezochte voorschriften, kookboekachtige instructies, handleidingen, gebruik van helpfunctie in software, veel oefening ... Deze vaardigheden vinden we terug in de STEM-doelen 3 (meetinstrumenten gebruiken) en 5 (werken met stoffen). Dit practicum kan ingezet worden in een voorbereidend traject op een onderzoekspracticum: bijvoorbeeld meetinstrumenten instellen en kiezen in functie van de gewenste nauwkeurigheid ...

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 hier op zo zelfstandig mogelijk werken vanuit eenvoudige practica naar practica met toenemende complexiteit.

Vanuit de geschetste overwegingen is het 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. Hier kunnen ook demo-experimenten, filmmateriaal, concept cartoons ... een belangrijke rol spelen. Vanuit dit perspectief hoeft een doelgericht practicum niet altijd minstens een lesuur te duren.

Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten

Het tweede STEM-doel geeft aan dat leerlingen “natuurlijke en technische systemen analyseren aan de hand van “STEM-concepten” (internationaal ook ‘crosscutting concepts’ genoemd).

STEM-professionals hanteren deze STEM-concepten als ‘typische denkwijzen’ die kennis uit verschillende disciplines met elkaar kunnen verbinden. Voor leerlingen kunnen deze concepten toegangspoorten zijn om verbanden tussen disciplines te ontdekken.

STEM-concepten:

- systemen en [modellen](#);
- patronen;
- structuur en functie;
- stromen van energie, materie en informatie;
- oorzaak en gevolg;
- stabiliteit en verandering;
- schaal, verhouding en hoeveelheid.

Samenhang vanuit inzicht in ‘wetenschappelijke kernideeën’ (Big Ideas)

Het is belangrijk dat leerlingen er door het wetenschapscurriculum heen in slagen om een zeker overzicht te behouden en de samenhang te zien tussen wetenschappelijke ideeën. Binnen het omvangrijk geheel van ideeën die in een wetenschapscurriculum aan bod komen zijn er een aantal kernideeën die breed kunnen ingezet worden.

Onderstaande kernideeën worden in de literatuur vaak onderscheiden:

- levende wezens bestaan uit cellen met een gelijkaardige structuur;
- organismen evolueren door overerving, variatie en selectie van kenmerken;
- in ecosystemen concurreren organismen om materie en energie;
- materie bestaat uit deeltjes;
- bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere;
- wijziging van beweging vereist interactie met een ander object;
- straling is overal;
- er is een sterke wisselwerking tussen wetenschap, techniek en de samenleving.

In dit leerplan krijgt de aandacht voor kernconcepten over de graden en finaliteiten heen vooral vorm vanuit de leerplanrubrieken. Zij geven de structuur aan waarbinnen een netwerk van begripsvorming zich verder kan uitkristalliseren doorheen het leerproces.

Om de beroepsgerichte vorming in de D/A- finaliteiteffectief te realiseren, is het van belang dat leerlingen een aantal generieke competenties verwerven. Zij fungeren als onderbouw van de beroepsgerichte

vorming, ze zijn de voorwaarde om die vorming te kunnen realiseren. In sommige gevallen worden die generieke competenties in het leerplan binnen specifieke doelen uitgediept of geconcretiseerd, maar in alle gevallen is het belangrijk dat er je als leraar en lerarenteam oog voor hebt. Je vindt die generieke onderbouwende competenties bij LPD 0.

3.5.3 Leerplanformularium

FORMULES

Leerplandoel	Te kennen	Conceptueel te begrijpen en toe te passen (*)
Fysica LPD F1	Massadichtheid: $\rho = m/V$	
Fysica LPD F4	Gemiddelde snelheid: $v_g = \Delta x / \Delta t$	
Fysica LPD F5	Debiet: $Q = V/t$	
Fysica LPD F6	Zwaartekracht: $F_z = m \cdot g$	Veerkracht: $F_v = k \cdot \Delta \ell$
Fysica LPD F9	Krachtsmoment: $M = r \cdot F$	
Fysica LPD F10	Druk: $p = F/A$	Hydrostatische druk in een vloeistof: $p = \rho \cdot g \cdot h$
Fysica LPD F13		Weerstand: $R = U/I$ Geleidbaarheid: $G = I/U$
Fysica LPD F16		Totale druk in een fluïdum: $p = p_o + \rho \cdot g \cdot h$
Fysica LPD F17		Ideale gaswet: $p V = n \cdot R \cdot T$
Fysica LPD F21		Gravitationele energie: $E_{pot,gr} = m \cdot g \cdot h$ Kinetische energie: $E_{kin} = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ Arbeid door constante kracht: $W = F \cdot \Delta x$
Fysica LPD F22	Gemiddeld vermogen: $P = \Delta E / \Delta t$ Rendement: $\eta = E_{nuttig} / E_{totaal}$	
Fysica LPD F23		Vermogen: $P = U \cdot I$ Joule-effect: $Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$

(*) formules kunnen in een formularium worden opgenomen

Leerlingen maken waar relevant gebruik van wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten, inzichten, symbolen, grootheden (scalair en vectorieel), vaardigheden en technieken uit leerplandoelen van de tweede graad dubbele finaliteit. Ook het gebruik van hulpmiddelen en meetinstrumenten is verbonden met de leerplandoelen van de tweede graad. De leerlingen maken gebruik van een formularium en vormen formules om die er in voorkomen. Waar relevant werken zij met vectoren.



4 Leerplandoelen

LPD 0 De leerlingen handelen

- **in teamverband (organisatiecultuur, communicatie, procedures);**
 - **kwaliteitsbewust;**
 - **economisch en duurzaam;**
 - **veilig, ergonomisch en hygiënisch.**
- ✓ Het leerplandoel bouwt verder op een aantal funderende doelen opgenomen in het Gemeenschappelijk Funderend leerplan. Door het doel te realiseren draag je bij tot de realisatie van de volgende doelen van het GFL:
 - LPD 2.1: de leerlingen gedragen zich zorgzaam en respectvol in relaties.
 - LPD 2.3: de leerlingen werken samen om bij te dragen aan een gemeenschappelijk resultaat.
 - LPD 3.3: de leerlingen ontwikkelen een integere en op rechtvaardigheid en duurzaamheid gerichte levensbeschouwing.
 - LPD 3.4: de leerlingen werken aan een rechtvaardige en duurzame samenleving waar plaats is voor iedereen.
 - LPD 5.1: de leerlingen doorlopen een creatief denkproces waarbij ze een zelfgekozen idee onderzoeken en vormgeven in de praktijk.
 - LPD 8.3: de leerlingen handelen veilig in de school en respecteren de veiligheidsvoorschriften en procedures.
 - LPD 10.1: de leerlingen gaan op een respectvolle manier om met regels en afspraken in de school en in de samenleving.
 - LPD 10.2: de leerlingen maken onderbouwde en verantwoorde ethische keuzes.
 - ✓ Werken in teamverband kan je uitdrukkelijk aan bod laten komen in leerplandoel L22. Kwaliteitsbewust werken komt op een uitgesproken manier aan bod in leerplandoelen S6 en L20. Economisch en duurzaam handelen wordt benadrukt in leerplandoel S5.
 - ✓ Veilig, ergonomisch en hygiënisch handelen kan je onder meer in samenhang met de leerplandoelen S5, L19, L21, F7, F10, F15, F23 en F25 aan bod laten komen.

4.1 STEM-doelen

De STEM-doelen komen altijd in combinatie met doelen uit andere leerplanrubrieken aan bod.

LPD S1 De leerlingen passen een wetenschappelijke methode toe om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

- ★ Scherpstellen en afbakenen van de probleemstelling
- Formuleren van een onderzoeksvraag en hypothese op basis van criteria
- Opstellen en uitvoeren van een onderzoeksplan en experiment

Waarnemen en verzamelen van data

Analyseren van data

Besluiten formuleren op basis van data die grafisch en op andere manieren worden weergegeven: grafieken, tabellen en diagrammen

Bespreken van conclusie(s) op basis van criteria als verklaring of antwoord op een onderzoeksvraag

Reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 30 (statistisch onderzoek).

Samenhang eerste graad: de leerlingen passen een wetenschappelijke methode toe om een probleem te onderzoeken (I-NRT-a LPD 1). In de eerste graad krijgen leerlingen criteria. In Wiskunde voeren leerlingen een statistisch onderzoekje uit (I-Wis-a LPD 37, 38, 39, 40, 41).

- ✓ In de realisatie van dit leerplandoel is het belangrijk dat leerlingen inzicht ontwikkelen in de manier waarop betrouwbare kennis ontstaat en hoe wetenschappelijke vaardigheden daar kunnen toe bijdragen door die zelf uit te voeren in onderzoeksactiviteiten. Deze kunnen beperkt worden in complexiteit of kunnen sterk begeleid worden. Zo kan je ook taalsteun geven bijv. aan de hand van spreek- en of schrijfkaders.
- ✓ Het is niet de bedoeling alle vaardigheden in te oefenen bij elk onderzoek. Deze kunnen ook aan bod komen bij demonstratie-experimenten of simulaties. De meer talige onderzoeksvaardigheden kunnen bijvoorbeeld ook aan bod komen in een onderwijsleergesprek. Data hoeven niet altijd in eigen experimenteel onderzoek verzameld te worden. Er kan ook gebruik gemaakt worden van gegeven data. Wetenschappelijk onderzoek mag niet worden voorgesteld als het toepassen van een uniforme wetenschappelijke methode die verloopt volgens een vast ritueel of recept.
- ✓ Mogelijke voorbeelden van onderzoeksopdrachten die aansluiten bij leerplandoelen: scheiden van mengsels, verband tussen massa en volume, wet van behoud van massa, endo- en exotherme reacties, weerkaatsing en breking van licht, stralengang bij een spiegel, invloed hygiëne en temperatuur op groei van micro-organismen, rendement vergelijken van toestellen, verband tussen druk en oppervlakte, waarnemen hartslag bij inspanning ...
- ✓ 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.
- ✓ Onderzoeksplan voor soorten onderzoekstechnieken zoals observatie, meting, experiment.



- ✓ Criteria voor een onderzoeksvraag en hypothese zoals onderzoekbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt. Criteria voor conclusies zoals onderzoeksgebaseerd, bondig, relevant, eenduidig, gestructureerd.

LPD S2 De leerlingen analyseren natuurlijke en technische systemen door gebruik van aangereikte 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.

Samenhang tweede graad: II-Aar-da LPD 18 (gebruik STEM-concepten); II-WisS'-da LPD 7 (verhouding en hoeveelheid: rekenen met reële getallen); II-Biot-da LPD B1 (biologische feedback); II-Biot-da LPD L10 (logische operatoren).

Samenhang eerste graad: de leerlingen herkennen verschillende energievormen (I-NRT-a LPD 26) en leiden energieomzettingen af in systemen (I-NRT-a LPD 29). Daarnaast gebruiken ze aangereikte en zelfgemaakte modellen of simulaties (I-NRT-a LPD 5). Aan de hand van het deeltjesmodel verklaren ze eigenschappen van materie. In Wiskunde bepalen leerlingen de evenredigheidsfactor bij recht evenredige grootheden: schaal, constante snelheid (I-Wis-a LPD 36). Leerlingen onderzoeken ook stabiliteit van structuren (I-NRT-a LPD 24).

- ✓ De aangereikte STEM-concepten zijn een hulpmiddel en leidraad om systemen te analyseren. Ze helpen om in een les vanuit een bepaald perspectief te kijken naar het systeem. Via de STEM-concepten kunnen leerlingen geleidelijk aan een breder en dieper inzicht ontwikkelen in vakinhouden en overeenkomsten ontdekken met andere inhouden. Je kan ze apart of gecombineerd met elkaar aanwenden.
- ✓ Je kan bij heel wat conceptuele leerplandoelen suggesties vinden die verduidelijken hoe je deze STEM-concepten kan gebruiken in combinatie met vakinhouden. Het is belangrijk dat de betekenis van deze STEM-concepten voor leerlingen kan groeien doorheen verschillende leerinhouden. De leerlingen kunnen een overzicht van de STEM-concepten gebruiken bij de analyse en tijdens de les. Je kan hiervoor informatieve posters en icoontjes aanwenden.
- ✓ Een fenomeen kan je op een afgebakende manier analyseren als een systeem. Een (vereenvoudigd) model stelt dit dan begrijpelijk voor. Leerlingen zullen in de natuurwetenschappen een zekere vertrouwdheid opbouwen met het gebruik van specifieke modellen zoals deeltjesmodel, atoommodel, molecuulmodel, periodiek systeem, vectormodel, stroommodel, terugkoppelingsschema ...
- ✓ Binnen een systeem kan je op zoek gaan naar gelijkenissen en verschillen om patronen te vinden. Je vindt ze in bepaalde vormen, structuren, gebeurtenissen die zich herhalen in bepaalde verbanden. Je kan patronen zoals in het PSE, in kenmerken van organismen, eigenschappen van materialen of systemen ... laten ontdekken als basis voor classificatie, ordening en optimalisering. Diagrammen en kaarten kunnen helpen om patronen te ontdekken.

- ✓ Structuur (vorm, opbouw) en functie: functies worden verklaard met de vorm en omgekeerd. Je kan aangeven dat vertrouwde vormen niet willekeurig zijn maar kunnen worden verklaard door de functie. Voorbeelden: de bouw van een plantaardige cel, de invloed van de oppervlakte op de druk, vorm van spiegels, veiligheidssystemen om te beschermen tegen krachten, geluid, straling, thermische isolatie of koeling.
- ✓ Weergeven waar energie en materie vandaan komen of naartoe gaan is belangrijk om een systeem te begrijpen. Je kan leerlingen stromen zoals de invoer, verwerking, uitvoer en opslag van materie, energie en informatie (getallen, data ...) in een systeem met deelsystemen laten onderscheiden en visualiseren met een blokschema als systeemmodel.
- ✓ Willen weten waarom iets gebeurt is een belangrijke drijfveer. Oorzaak- gevolg relaties zoals bij de invloed van gezondheidsgedrag op de ontwikkeling van de foetus, oorzaak van een chemische reactie (voorwaarden voor verbranding, spontane redoxreacties ...), kracht en verandering van beweging, veiligheidsaspecten rond geluid, straling, kracht, druk, het inschatten van veiligheidsrisico's, oorzaak van geleidbaarheid van stoffen, de werking van systemen ...
- ✓ Je kan aangeven dat een terugkoppeling een grootheid in systemen kan doen evolueren naar een gewenste waarde zoals de temperatuur in het menselijk lichaam, in een verwarmingssysteem ...
- ✓ Systemen kunnen veranderen in de tijd volgens bepaalde wetmatigheden die je kan onderzoeken. Stabiliteit en verandering zoals kracht en verandering van beweging, biologische feedbacksystemen, invloed van verstoringen op de groei van organismen, op biotopen, in technische systemen ...; dynamisch evenwicht wanneer in- en uitstroom elkaar in evenwicht houden zoals in veel situaties met thermisch evenwicht ...
- ✓ Verhouding en hoeveelheid: veel grootheden zijn op verhoudingen gebaseerd zoals snelheid, dichtheid, druk, rendement ... De schaal (in ruimte of tijd) van waaruit je een systeem bekijkt beïnvloedt de analyse: vanuit micro- of macroscopisch perspectief, veranderingen over een korte of langere tijdspanne onderzoeken ... Je kan tabellen en grafieken gebruiken om bepaalde verhoudingen te achterhalen.

LPD S3 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen om te observeren, te meten, te experimenteren en te onderzoeken in natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.

★ Kalibratie van meetinstrumenten

Onderhoudsvoorschriften

Samenhang tweede graad: II-Aar-da LPD 21 (gebruik van GIS-viewers).

Samenhang eerste graad: de leerlingen gebruiken hulpmiddelen om metingen, lokalisaties, observaties, experimenten en een terreinstudie uit te voeren (I-NRT-a LPD 2). In Wiskunde leren ze ICT selectief en doelgericht hanteren (I-Wis-a LPD 4).



- ✓ Voorbeelden van hulpmiddelen en meetinstrumenten: balans, pH-meter en -indicatoren, thermometer, glaswerk, pipet, gereedschappen, chronometer (gsm), dynamometer, manometer, sensor, camera, fototoestel, ICT, microscoop, decibelmeter (gsm) ...
- ✓ Voorbeelden van natuurwetenschappelijke contexten:
 - meten van het geluidsniveau met een applet;
 - waarnemen van schimmels, bacteriënkolonies met een microscoop;
 - gebruik van indicatoren.
- ✓ Voorbeelden van technologische en STEM contexten: energiegebruik van huishoudelijke toestellen, snelheidsmeter op een fiets, drukmeting bij oppompen fietsband ...
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en het meetbereik van een meetinstrument in functie van de uit te voeren meting.
- ✓ Je besteedt best aandacht aan het correct gebruik en onderhoud van de microscoop. Ook het correct gebruik van een multimeter kan aan bod komen.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het kalibreren van een balans, pH-meter, dynamometer, het onderhoud van glaswerk en bunsenbrander ...

LPD S4 De leerlingen gebruiken op een gepaste manier meetwaarden, grootheden en eenheden in natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.

- ★ Schatten van grootheden aan de hand van referentiepunten

Tolerantie

Meetnauwkeurigheid

Herleiden van courante eenheden

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 1 (probleemoplossen in wiskundige context).

Samenhang eerste graad: de leerlingen gebruiken gepaste grootheden en eenheden in een correcte weergave: lengte, oppervlakte, massa, inhoud/volume, tijd, spanning, temperatuur, kracht en energie (I-NRT-a LPD 3). In Wiskunde passen leerlingen benaderingstechnieken toe: zinvol afronden en schatten (I-Wis-a LPD 2) en passen ze rekenregels van machten met gehele exponenten toe (I-Wis-a LPD 16).

- ✓ Je kan bewust leren omgaan met nauwkeurigheid van meetresultaten in functie van de gekozen meetinstrumenten en de context.
- ✓ Je kan afspraken maken over symboolgebruik over de vakken heen zodat eventuele verschillen kunnen geduid worden.
- ✓ In Wiskunde gebruiken leerlingen meetwaarden, grootheden en eenheden in wiskundige contexten.
- ✓ Tolerantie is een grootheid die typisch is voor constructie en productieprocessen. Het is het verschil tussen de bovenste en onderste grensmaat, dus tussen de maximale en de minimale waarde.

LPD S5 De leerlingen werken geïnformeerd op een veilige, duurzame manier met materialen, chemische stoffen en technische en biologische systemen.

★ Veiligheidspictogrammen, H/P-zinnen

Samenhang eerste graad: de leerlingen gebruiken en onderhouden courante systemen duurzaam, doelgericht en veilig (I-NRT-a LPD 15).

- ✓ Technische systemen zoals glaswerk, meetinstrumenten, computers, handgereedschappen.
- ✓ Duurzaam omgaan met systemen: onderhouden van systemen zoals reinigen van glaswerk en balans, preventief onderhoud door juist gebruik van hulpmiddelen.
- ✓ Goede praktijken voor veilig en duurzaam werken zoals:
 - ordelijk werken, productetiketten interpreteren;
 - alert zijn voor energie die kan vrijkomen onder de vorm van warmte, geluid, straling, elektriciteit;
 - omgaan met chemisch en biologisch afval.
- ✓ Geïnformeerd werken door gebruik van informatie zoals instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, symbolen, onderhoudsvorschriften, handleidingen en (werk)tekeningen
- ✓ Je gebruikt als leraar de COS-brochure om op een verantwoorde en veilige manier om te gaan met chemische stoffen op school. Je kan best een databank voor gevaarlijke stoffen raadplegen bij het gebruik van stoffen (www.gevaarlijkestoffen.be).

LPD S6 De leerlingen passen goede labopraktijken en -technieken toe om betrouwbare informatie te verzamelen in Biologie, Chemie en Fysica.

★ Staalname: procedures, registratie- en bewaringstechnieken

Gebruik van informaticatoepassingen

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 31 (representativiteit van steekproef);

- ✓ Je kan dit leerplandoel combineren met de volgende leerplandoelen:
 - LPD S1: wetenschappelijke methoden toepassen
 - LPD S3: meetinstrumenten en hulpmiddelen gebruiken
 - LPD S4: meetwaarden, grootheden en eenheden gebruiken
 - LPD S5: veilig en duurzaam werken met materialen, stoffen en systemen
- ✓ Informaticatoepassingen worden ingezet voor de opvolging van practica en labo-activiteiten.
- ✓ Je kan staalname, staalregistratie en – bewaring beschouwen als goede labopraktijk.
 - ✓ Registratietechnieken zoals traceerbare nummering, gebruik van codering.
 - ✓ Procedures voor staalname zoals representatieve staalname, doelgerichte staalname, spreiding in tijd en van locatie ...



- ✓ Bewaringstechnieken voor stalen rekening houden met invloeden van temperatuur, licht, contaminatie, zuurstof ...
- ✓ Je kan reflecteren over het belang van reproduceerbaarheid van metingen.

LPD S7 De leerlingen onderzoeken verbanden tussen grootheden op kwantitatieve wijze via grafische en analytische oplossingsmethodes.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 31 (spreidingsdiagram); II-WisS'-da LPD 20 (eerstegraadsfunctie); II-WisS'-da LPD 26 (omgekeerd evenredig en zuiver kwadratisch verband).

Samenhang eerste graad: leerlingen komen vanuit omtrek, oppervlakte en inhoud/volume (I-Wis-a LPD 28) al in contact met verschillende verbanden (lineair, kwadratisch en kubisch). Daarnaast leggen leerlingen het verband tussen enerzijds recht- en omgekeerd evenredige verbanden en hun voorstellingswijzen (I-Wis-a LPD 35). Leerlingen voeren ook een eenvoudig statistisch onderzoek uit (I-Wis-a LPD 37, 38, 39, 40, 41) en gebruiken en interpreteren daarbij voorstellingswijzen.

- ✓ Verbanden die in het vak wiskunde aan bod komen in de tweede graad: lineair verband, kwadratisch verband van de vorm $f(x)=ax^2$ (met a element van R_0).
- ✓ Voorbeelden van verbanden tussen grootheden:
 - tussen massa en volume of inhoud;
 - tussen stroomsterkte en spanning;
 - tussen temperatuursverandering en warmtehoeveelheid;
 - tussen temperatuur en weerstandswaarde van een Pt100- temperatuursensor.

LPD S8 De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een technisch probleem door inzichten, concepten en vaardigheden uit natuurwetenschappen, technische wetenschappen en wiskunde geïntegreerd aan te wenden.

★ Probleemoplossend proces: ontwerpen en technisch proces

- Probleem/de behoefte analyseren, definiëren, opsplitsen in deelproblemen
- Oplossingsmethode bedenken, analyseren, kiezen en plannen
- Vuistregels, algoritmen en zoekstrategieën toepassen
- Modelleren: gebruiken en bedenken van (technische) modellen rekening houdend met criteria en specificaties
- Realiseren, testen, evalueren en bijsturen prototype op basis van modellen, criteria en specificaties

Computationele vaardigheden inzetten

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 1 (probleemoplossen); II-WisS'-da LPD 15 (2D-versus 3D); II-Biot-da LPD L11 (algoritmen);

Samenhang eerste graad: de leerlingen doorlopen een probleemoplossend proces waarbij kennis en vaardigheden uit meerdere STEM-disciplines geïntegreerd worden aangewend (I-NRT-a LPD 6). Ze gebruiken modellen of simulaties (I-NRT-a LPD 5). Leerlingen ontwerpen ook een systeem in het ervaringsgebied biotechniek (I-NRT-a LPD 13). Leerlingen onderscheiden de bouwstenen van een digitaal systeem (I-GLI-ab LPD 1) en ontwerpen een algoritme om een eenvoudig probleem op te lossen (I-GLI-ab LPD 3).

- ✓ Dit leerplandoel kan je op een projectmatige manier realiseren in combinatie met inhoudelijke leerplandoelen.
- ✓ Om gefundeerde beslissingen te nemen bij het probleemoplossen kunnen leerlingen wetenschappelijke onderzoeksmethoden toepassen. Dit leerplandoel wordt dan gecombineerd met LPD S1.
- ✓ Beschikbare hulpmiddelen zoals gereedschappen, machines, robots, computers, grondstoffen, materialen, biologische en chemische agentia, energie, informatie, menselijke inzet, geldmiddelen, tijd.
- ✓ Bepalen van criteria zoals behoeften, duurzaamheid, klimaat, ecologie, veiligheid, ergonomie.
- ✓ Je kan verschillende modellen inzetten om ontwerpconcepten of ontwerpresultaten te communiceren en te presenteren. Als het model ingezet wordt in het ontwerpproces kan je dit beschouwen als technologisch model.
- ✓ Modellen gebruiken zoals:
 - Technologische modellen: schetsen, schema's, flowcharts, werktekeningen en recepten, schaalmodellen, (digitale) 2D- en 3D-modellen, [prototypes](#) ...
 - Natuurwetenschappelijke zoals deeltjesmodel, anatomisch model ...
 - Wiskundige modellen zoals grafieken, tabellen, formules ...
- ✓ Voorbeelden van problemen die leerlingen kunnen oplossen:
 - ontwikkelen van een scheidingsmethode om een mengsel te scheiden in fracties;
 - ontwikkelen van een zuiveringsmethode van water, lucht of bodem;
 - ontwikkelen van een bereidingsmethode van een voedingsmiddel;
 - ontwikkelen van een procedure van een labo;
 - voorbeelden in het kader van veiligheid en gezondheid: ontwikkelen van een oplossing om een veiligheidsrisico te verminderen.
- ✓ Een oplossing kan zijn: een nieuwe of aangepaste werkwijze, een interventie, een technisch systeem.
- ✓ Om dit leerplandoel te bereiken wordt vertrokken van een specifieke context of situatie waarin kennis en vaardigheden op een creatieve manier ingezet worden. Leerlingen wegen verschillende oplossingen tegenover elkaar af en maken keuzes. Stappenplannen en zoekstrategieën kunnen dit proces ondersteunen maar vervangen het creatief denken niet.
- ✓ In het technisch proces ligt de nadruk op het ontwerpproces. De materiële uitwerking van het ontwerp is geen doel op zich.
- ✓ Het oplossen van problemen met een algoritme komt aan bod in LPD L10 en L11 over het opstellen van een algoritme en het bepalen van een sturing binnen het leerplanonderdeel 'Labo- en productietechnieken'. Je kan bij het ontwikkelen van een oplossing voor een technisch probleem algoritmen gebruiken zoals geconcretiseerd in een diagram (flowchart/stroomschema) van een werkwijze of een proces.



- ✓ Je kan de ontwikkelopdracht in leerlingenteams laten realiseren om het creatief denken te stimuleren. Ook sociale en communicatieve vaardigheden krijgen hierdoor oefenkansen.

LPD S9 De leerlingen beargumenteren keuzes bij het gebruik van technische systemen en andere STEM-oplossingen.

Samenhang eerste graad: de leerlingen beargumenteren keuzes die ze maakten om een wiskundig, wetenschappelijk, technologisch of STEM-probleem op te lossen (I-NRT-a LPD 7).

- ✓ In het dagelijks leven maken we voortdurend keuzes rond technologiegebruik: welke producten we aankopen en hoe we deze gebruiken. Daarbij worden soms bewust maar vaak ook onbewust (vanuit bijv. gewoontes of tradities) invalshoeken en criteria gebruikt die deze keuzes bepalen.
- ✓ De argumentatie is gekoppeld aan een concrete taakgerichte situatie en gebeurt vanuit verschillende invalshoeken en op basis van criteria. Voorbeelden van invalshoeken: ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk. Tegenover elkaar afwegen van criteria zoals veiligheid, gezondheid, kwaliteit, energie-efficiëntie ...
- ✓ Voorbeelden van technische systemen waarbij leerlingen gebruikerskeuzes maken in aansluiting bij de leerplandoelen: keuzes van veiligheidssystemen (valhelm, gehoorbescherming, veiligheidsschoenen, veiligheidsbril ...), isolatie tegen warmtelekken in een woning, warm houden van het lichaam, rol van verpakking in het bewaren van voedingsmiddelen, gebruik van deklagen om chemische reacties te voorkomen (bijvoorbeeld roesten) ...
- ✓ Gebruiken van vergelijkende onderzoeksgegevens en betrouwbare testgegevens zoals productrecensies door officiële betrouwbare bronnen, kwaliteits- en veiligheidslabels, testen door consumentenorganisaties of gebruikersbeoordelingen.
- ✓ Dit doel kan je in samenhang met STEM-doel LPD S8 aan bod laten komen.

LPD S10 De leerlingen leggen aan de hand van concrete maatschappelijke uitdagingen de wisselwerking tussen natuurwetenschappen, technische wetenschappen en wiskunde onderling en met de maatschappij uit.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 1 (interacties met andere domeinen); II-Aar-da LPD 19 (systeemdenken).

Samenhang eerste graad: de leerlingen illustreren de wisselwerking tussen STEM-disciplines onderling en met de maatschappij (I-NRT-a LPD 9).

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

- ✓ Contexten, maatschappelijke behoeften, keuzes en uitdagingen zoals hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden of oceaانvervuiling kunnen aan bod komen.
- ✓ Een historische ontwikkeling als voorbeeld kan de (interdisciplinaire) wisselwerking tussen Wiskunde, Wetenschappen en Technologie verhelderen en deze laten zien als culturele ontwikkeling.
- ✓ Ook een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstituut of vereniging kan een aanleiding zijn voor een concreet casusonderzoek en veel relaties tussen de samenleving en 'onderzoek en ontwikkeling' verhelderen.
- ✓ Onderzoek van een concrete maatschappelijke uitdaging gebeurt vanuit meerdere invalshoeken (multiperspectiviteit). Het is belangrijk om aandacht te besteden aan de duurzame ontwikkelingsdoelen van de Verenigde Naties ('SDG's- Sustainable Development Goals).

4.2 Biologie

4.2.1 Biologische feedback

LPD B1 De leerlingen leggen aan de hand van een voorbeeld het principe van feedback in levende systemen uit.

★ Rol en werking van organen in het bestudeerde feedbacksysteem

Positieve en negatieve feedback

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD S2 (feedback als STEM-concept)

Samenhang eerste graad: het functioneren van organismen op systeemniveau staat centraal waarbij de focus ligt op de samenwerking tussen cellen in weefsels, weefsels in organen, organen in orgaanstelsels en het hele organisme. Die samenwerking is gericht op het functioneren en in evenwicht houden van de processen in het organisme waarbij verschillende feedbacksystemen in het organisme werkzaam zijn.

- ✓ Het is de bedoeling om het globale principe van feedback te bespreken in samenhang met STEM-concept (LPD S2): terugkoppeling, zonder in te gaan op gedetailleerde fysiologische processen.
- ✓ Je kan de parallel trekken met de regelende werking van een technisch systeem uit de leefwereld zoals een verwarming met thermostaat, verlichtingssturing met lichtsensor, alarmsysteem met bewegingssensor.
- ✓ Rol van organen in de regelende werking van een systeem (biologisch/technisch): organen die een grootte meten (receptor/sensor), organen die de grootte bijsturen (effector/actuator), organen die instaan voor de regeling (hersenen/stuursysteem), signaaloverdracht tussen organen (elektrisch via zenuwbanen, chemisch via hormonen).
- ✓ Voorbeelden van feedbacksystemen: regeling van de bloedsuikerspiegel, regeling van epo in het bloed, regeling van de lichaamstemperatuur, regeling van de bloeddruk, regeling van stress kunnen aan bod komen ...



- ✓ Je kan feedbacksystemen bij planten aan bod laten komen zoals waterhuishouding, reactie op prikkels zoals fotonastie, thermonastie, fototropie of heliotropie.
- ✓ Je kan hier hormonen in het algemeen aan bod laten komen of kiezen voor een aantal specifieke voorbeelden.
- ✓ Negatieve feedback om de verandering van een grootheid af te remmen en zo de waarde stabiel te houden zoals bij de lichaamstemperatuur, bloedsuikerspiegel. Positieve feedback om de verandering van een grootheid te versterken zoals bij de stijging van het hartritme bij stress.

4.2.2 Rol van micro-organismen

LPD B2 De leerlingen illustreren aan de hand van voorbeelden de diversiteit van virussen, bacteriën en schimmels.

★ Microbioom

- ✓ Om diversiteit te illustreren kan je de waaier van plaatsen van voorkomen aan bod laten komen zoals het microbiom, verschillende ecosystemen. Diversiteit kan je ook illustreren op basis van bouw (vorm, grootte, ééncellig/meercellig), manier van vermenigvuldiging voedingswijze. Een virus is in tegenstelling tot de andere micro-organismen een niet-levend wezen.
- ✓ Je kan de link leggen met micro-organismen zoals bakkers- of brouwersgist als eencellige schimmel, melkzuur- en azijnzuurbacteriën, influenza (griepvirus), coronavirus.
- ✓ Het is niet de bedoeling om uitgebreide classificaties te doen.

LPD B3 De leerlingen leggen uit hoe de mens de negatieve rol van micro-organismen kan inperken.

★ Antibiotica en -resistentie

Vaccinatie

- ✓ Je kan aandacht besteden aan hygiënemaatregelen zoals handen wassen, ontsmetten, gedragsregels bij niezen en hoesten, begroeten, zwemmen. Je kan aandacht besteden aan hygiënemaatregelen in geneeskunde zoals afscherming, steriliseren ... De problematiek van overmatige hygiëne die de goede werking van het immuunsysteem kan verstoren kan hier ook aan bod komen.
- ✓ Je kan aangeven dat vaccinatie een methode is in de geneeskunde om bij dierlijke organismen immuniteit te ontwikkelen tegen infectieziekten veroorzaakt door gevaarlijke virussen en bacteriën. De mens of het dier bouwt afweer op zonder eerst ziek te worden. Bepaalde infectieziekten kunnen zo voorkomen worden.
- ✓ Het is belangrijk om aan te brengen dat antibiotica geen behandeling bieden voor een virusinfectie. Ook de invloed van antibiotica op het darmmicrobioom kan aan bod komen. Je kan inspelen op overheidscampagnes om het antibioticagebruik in de geneeskunde en de dierenteelt te beperken of gericht in te zetten.

Ziekenhuisbacteriën zijn voorbeelden van bacteriën die resistent zijn voor antibiotica.

- ✓ Je kan aangeven dat antimycotica inwerken op schimmels.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan bewaringstechnieken in de voeding om bederf te vertragen: koelen, drogen, roken, pasteuriseren, steriliseren, opleggen in zuur/suiker/alcohol/zout ...

LPD B4 De leerlingen illustreren de positieve rol van micro-organismen binnen minstens twee domeinen.

Samenhang eerste graad: de leerlingen illustreren dat biotechnische systemen ingrijpen op de ontwikkeling van (micro-)organismen in de voedingsindustrie (I-NRT-a LPD 81) en vergelijken functies van verschillende verpakkingen en conserveringstechnieken in functie van het voedingsmiddel (I-NRT-a LPD 82).

- ✓ Domeinen:
 - ecologie: mycorrhiza, zelfzuiverende capaciteit van waterlopen, van bodems en zwemvijvers, waterzuivering via bacteriën, compostering ...;
 - geneeskunde: productie van vitamines of insuline door bacteriën, penicilline, microbiomtransplantaties, probiotica ...;
 - voedingstechnologie: gisten als eencellige schimmels, productie schimmelkazen, productie van yoghurt, productie van alcoholische dranken ...;
 - biotechnologie: waterzuivering, poetsen met micro-organismen, plastic-etende - bacteriën ...;
 - industriële productie zoals van citroenzuur, constructiematerialen van schimmels, bacterieel leder.

4.2.3 Voortplanting

LPD B5 De leerlingen lichten aan de hand van afbeeldingen de bevruchting bij de mens toe.

★ Eicel – zaadcel – zygote – stamcel – embryo - foetus

Samenhang tweede graad: II-MEAV-da LPD M5 (aspecten relationele en seksuele integriteit)

Samenhang eerste graad: in het thema voortplanting komen volgende items al aan bod: lokaliseren en benoemen van de belangrijkste organen van het voortplantingsstelsel alsook het toelichten van de functie ervan, het onderscheid tussen primaire en secundaire geslachtskenmerken. In de eerste graad situeren de leerlingen in de tijd de belangrijkste fasen van de bevruchting tot de geboorte (I-Nat-a LPD 39).

- ✓ In de tweede graad besteed je meer aandacht aan de natuurlijke barrières die moeten overwonnen worden vanaf geslachtsgemeenschap tot bevruchting.
- ✓ Het is de bedoeling om de begrippen eicel, zaadcel, zygote, stamcel, embryo en foetus in een logische samenhang te koppelen aan de bevruchting zonder de nadruk te leggen op het proces van celdeling.



- ✓ Bij het begrip stamcel is het belangrijk te duiden dat het gaat over het stadium waar cellen nog totipotent zijn en naarmate de ontwikkeling vordert unipotent worden.
- ✓ Dit leerplandoel sluit nauw aan bij het correct gebruik van voorbehoedsmiddelen en bij verantwoordelijkheid en respectvol gedrag in een relatie. Hier kan ook een koppeling gemaakt worden met gedrag op internet.

LPD B6 De leerlingen bespreken bij de mens de invloed van gezondheidsgedrag en leefmilieu op de ontwikkeling van embryo en foetus aan de hand van een aantal voorbeelden.

- ✓ Invloed van positief gezondheidsgedrag: voeding, foliumzuur, beweging ...
Teratogene factoren in gezondheidsgedrag: voeding, stress, alcoholgebruik, drugsgebruik, medicijngebruik, roken. Teratogene factoren in het leefmilieu: bestraling met röntgenstraling, milieuverontreiniging met lood, kwik, cadmium, pesticiden, microplastics. De impact van een besmetting zoals toxoplasmose of het zikavirus kan hier ook aan bod komen.

4.3 Labo biologie

4.3.1 Microscopie

LPD B7 De leerlingen maken preparaten voor microscopisch onderzoek.

- ✓ Cellen en weefsels kunnen gekleurd worden met methyleenblauw (celwand, kern), eosine (vacuole), lugol (zetmeelkorrels), safranine en astra-blauw (plantendoorsneden) ...
- ✓ Mogelijkheden van zelfgemaakte preparaten van plantencellen- en weefsels: de opperhuid van (rode) ui, prei en sla, waterpest of mos, tomaat ...
- ✓ Alternatieven voor preparaten:
 - meeldraden en pollen, sporen ...;
 - textielvezels (wol, katoen, nylon) herkennen aan de hand van de structuur;
 - onderzoek van kristallen (zouten, suiker, ..) en korrels (zetmeelsoorten ...);
 - vleugel en/of poot van een vlieg onderzoeken;
 - vergelijken van blond, bruin, zwart, steil of krullend haar.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan kwaliteitscriteria van een preparaat zoals contrast, afwezigheid van luchtbellens, voldoende kleuring, waarneembaarheid van cellen of weefsel.
- ✓ Je kan dit doel koppelen aan STEM-LPD S6 en aandacht besteden aan de registratie van het preparaat en dit koppelen aan bijvoorbeeld herkomstgegevens, datum van staalname, uitvoerder ...

LPD B8 De leerlingen onderzoeken preparaten met de microscoop.

Samenhang eerste graad: leerlingen benoemen delen van de plantaardige cel en lichtten hun functie toe (I-Nat-a LPD 23).

- ✓ Het is belangrijk dat de leerlingen vaardig worden in het correct gebruiken van de microscoop. Aan de hand van verschillende laboratoriumoefeningen leren ze de microscoop op een efficiënte wijze gebruiken. Je kan dit doel dan realiseren in samenhang met het STEM-doel LPD S3 rond het gebruik van meetinstrumenten en hulpmiddelen.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het onderhoud van de microscoop.
- ✓ Je kan de plantencellen vergelijken met een zelfgemaakt preparaat van wanglijmvliescellen van de mens. Je kan de leerlingen ook (aangekochte) preparaten laten bestuderen van weefsels (spier/zenuw/(kraak)been/ ...). In de derde graad wordt er meer in detail ingegaan op de verschillende soorten weefsels.
- ✓ Door tekeningen te maken leren de leerlingen nauwkeurig observeren.
- ✓ Het vastleggen van het beeld kan o.a. via een camera (smartphone).
- ✓ De bekomen beelden kan je vergelijken met bestaande lichtmicroscopische afbeeldingen in het kader van kwaliteitscontrole en identificatie. Voorbeelden: vergelijking van soorten vezels in kleding, vergelijking van soorten bacteriën, vergelijking van zetmeelsoorten.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept 'structuur en functie' en ingaan op de relatie tussen de aanwezigheid van verschillende structuren in de cel en hun functie: bijvoorbeeld bladgroenkorrels in groene cellen, zetmeelkorrels in cellen met een reservefunctie ...

4.3.2 Labo microbiologie

LPD B9 De leerlingen gieten op aseptische wijze zelfbereide voedingsbodems.

- ✓ Bij het bereiden en steriliseren van een voedingsbodem leren de leerlingen consequent de principes van het kweken van micro-organismen in de praktijk toepassen. Je kan hier wijzen op het gevaar van pathogenen.
- ✓ Je kan de leerlingen kennis laten maken met selectieve voedingsbodems, vloeibare media ...
- ✓ Je kan verschillende soorten selectieve voedingsbodems gebruiken zoals TSA, PCA ...
- ✓ Je kan de link leggen naar identificatietechnieken van voedingsbodems in functie van soort voedingsbodem, datum van aanmaak ...
- ✓ Je kan de link leggen met de werking van een autoclaaf en zo ook de koppeling maken naar het fysisch begrip 'druk'.
- ✓ Je kan de link leggen naar kwaliteitszorg en aandacht besteden aan kwaliteitscriteria.



LPD B10 De leerlingen beënten steriele voedingsbodems met micro-organismen aan de hand van verschillende technieken.

★ Enten als vorm van staalname

- ✓ Je kan dit leerplandoel realiseren in samenhang met LPD S6 (labo). Het is dan belangrijk om aandacht te besteden aan registratietechnieken (labelen) om voedingsbodems en preparaten van elkaar te kunnen onderscheiden bij een specifieke onderzoeksmethode. Dit is een werkwijze die je ook in ander onderzoek aan bod kan laten komen, bijvoorbeeld bij het onderzoek van voedingsmiddelen.
- ✓ Je kan de registratie van de voedingsbodem koppelen aan bijvoorbeeld herkomstgegevens, datum van staalname, uitvoerder, tijd en temperatuur in broedstoof, eventuele identificatie van broedstoof ...
- ✓ Je kan bacteriën uit de omgeving (lucht, grond, voorwerpen, rauwe voeding) uitplaten en de kolonies (aantal, vorm, kleur) bestuderen.
- ✓ Mogelijke enttechnieken: spiraalenten, streepenten. Enttechnieken om een reïncultuur of een verdunningsreeks te maken kunnen aan bod komen.
- ✓ Correcte afvalverwerking komt aan bod.
- ✓ Je kan de link leggen met fysische principes en aangeven dat bunsenbranders convectie van warme lucht kunnen genereren om besmetting te voorkomen.

LPD B11 De leerlingen voeren kleuringen uit om bacteriën te onderscheiden.

- ✓ Je benadert dit doel best vanuit de submicroscopische bouw van de bacteriële cel. Je kan dit linken aan het doel LPD B2 over de diversiteit van micro-organismen.
- ✓ Je kan de structuur van het celmembraan hier schematisch benaderen. In de derde graad komt de chemische structuur gedetailleerd aan bod.
- ✓ Mogelijke kleuringen:
 - enkelvoudige kleuring (met methyleenblauw, kristalviolet ...);
 - Gram-kleuring;
 - negatieve kleuring (met nigrosine of Oost-Indische inkt).
- ✓ Bij bacteriën uit de omgeving (opgehoopt op voedingsbodems) is de variatie meestal groot genoeg om zowel bolvormige als staafvormige bacteriën te onderscheiden. In goede (levende) yoghurt zijn zowel lactobacillen als streptococci waarneembaar. Bij onderzoek van tandflora kan je (met een negatieve kleuring) soms spirillen waarnemen.
- ✓ Ook bruikbaar zijn hooiculturen of gevriesdroogde bacteriën.

LPD B12 De leerlingen onderzoeken de invloed van verschillende factoren op de groei van bacteriën.

★ Groeicurve

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 19 (functiekenmerken)

- ✓ De diverse fasen van een groeicurve van een bacteriecultuur kunnen aan bod komen.
- ✓ Factoren die je kan onderzoeken, zijn: temperatuur, pH, osmotische druk en/of zuurstofbeschikbaarheid. Je kan hierbij werken met sensoren (Arduino, Pasco, Vernier ...).
- ✓ Je kan de link leggen met de leerplandoelen in de rubriek 'Biochemische productietechnieken en materialen'.
- ✓ Je kan het effect van pasteuriseren en UHT-behandeling van melk aan bod laten komen en de gevolgen ervan voor smaakverandering.
- ✓ Het gevaar van voedselbederf kan hier aan bod komen. Sporenvorming in de voeding (bv. bij het terug invriezen van ontdooid voedsel) komt hier best ook ter sprake.
- ✓ Je kan een microbiologische vergelijking maken tussen steriel water, leiding- en slootwater, het (aëroob) kiemgetal bepalen of een vergelijkend onderzoek van gebruikte keukensponsjes in verschillende omstandigheden uitvoeren.
- ✓ Je kan verschillende vormen van steriliseren vergelijken.
- ✓ Het onderscheid tussen technieken of handelingen om te reinigen of te desinfecteren kan je onderzoeken op voedingsbodems met uitgeplate bacteriën.
- ✓ De invloed van bacterieremmende middelen aantonen met een antibiogram: je kan de link maken met het STEM-doel LPD S10 rond interacties met de samenleving en hier de problematiek van antibioticaresistentie en verantwoord antibioticagebruik ter sprake brengen. Je kan dit combineren met het leerplandoel rond de negatieve rol van micro-organismen (LPD B3).

4.3.3 Biotechnische productie

LPD B13 De leerlingen onderzoeken de invloed van abiotische factoren op de ontwikkeling en groei van planten.

Samenhang eerste graad: de leerlingen onderzoeken via een terreinstudie voor een biotoop de onderlinge afhankelijkheid van verschillende organismen en de rol van biotische en abiotische factoren (I-Nat-a LPD 9). Ze brengen het fotosyntheseproses in verband met stofomzettingen, stofuitwisselingen en energieomzettingen (I-Nat-a LPD 26).

- ✓ Abiotische factoren die aan bod kunnen komen: lichtintensiteit, lichtkleur, belichtingsduur, temperatuur (bijvoorbeeld invloed van vernalisatie), toegediende voedingsstoffen en water ...
- ✓ Je kan hierbij werken met sensoren (Arduino, Pasco, Vernier ...) bijvoorbeeld bij het meten van het O₂- en CO₂-gehalte bij de groei van waterpest.
- ✓ Je kan de link leggen met de fotosynthese.
- ✓ Je kan ook de invloed van abiotische factoren zoals temperatuur, licht, pH, zout, ... op de kieming van verschillende soorten zaden onderzoeken en de koppeling maken met het belang van automatisering door sturen en regelen.



- ✓ Ook de invloed van biotische factoren kan hier aan bod komen bij bijvoorbeeld het onderzoeken van de invloed van appel of tomaat op kiemende zaden.
- ✓ De invloed van strooizout, overbemesting, bodemsoort ... op organismen in het milieu kan besproken worden.
- ✓ Je kan hier de link leggen met kwaliteitskenmerken van planten als grondstof in de voedingsindustrie. Voorbeelden: suikergehalte in fruit en groenten, zetmeelgehalte in aardappelen. Je kan het belang van het controleren van plantengroei aangeven in functie van biotechnische productie.
- ✓ Je gebruikt registratietechnieken om de verschillende beïnvloedingsfactoren op het staal op te volgen en koppelt dit leerplandoel zo aan LPD S6.
- ✓ Je kan de link leggen met STEM-doel LPD S1 rond het gebruik van wetenschappelijke methoden en ook aandacht besteden aan het rapporteren van bevindingen aan medeleerlingen en leraar.

4.3.4 Voedingsstoffen en voedingsmiddelentechnologie

LPD B14 De leerlingen testen de aanwezigheid van voedingsstoffen in voedingsmiddelen.

Samenhang eerste graad: de leerlingen lichten de functie van de verschillende voedingsstoffen toe voor de opbouw en het functioneren van het menselijk lichaam (I-Nat-a LPD 29).

- ✓ Je kan voedingsstoffen (kwalitatief) aantonen met indicatoren: water, zetmeel, suikers, vetten, eiwitten, mineralen, vitamine C ...
- ✓ Je kan het water-, drogestof- en asgehalte en het gehalte aan organische stoffen in voedingsmiddelen bepalen.
- ✓ Je kan de rijpheid van fruit met de zetmeeltest bepalen.
- ✓ Je kan eigenschappen van voedingsstoffen aantonen zoals de hydrolyse van suikers en zetmeel, coagulatie van proteïnen, eigenschappen van gluten en vetten ...
- ✓ De werking van additieven (ascorbinezuur, nitriet ...) kan hier aan bod komen.
- ✓ Je kan kleurstoffen of pigmenten afscheiden door middel van chromatografie.

LPD B15 De leerlingen leggen uit dat eigenschappen van ingrediënten de voedingswaarde van een voedingsmiddel kunnen beïnvloeden.

★ Voedingsmiddelentabel

- ✓ Je legt best de link naar de behoefte van de mens aan voedingsstoffen voor een evenwichtige voeding. Je kan dit doel dan koppelen aan LPD S10 rond interacties van STEM (voedingstechnologie) met de samenleving.
- ✓ Je kan de voedingswaarde van een voedingsmiddel of een maaltijd berekenen.
- ✓ Je kan de informatie op etiketten van een voedingsmiddel bespreken en vergelijken.

- ✓ Je kan het effect van de zoetkracht van verschillende zoetstoffen zoals sacharose, fructose, Stevia ... aan bod laten komen.
- ✓ Je kan aangeven dat er verschillende bronnen kunnen ingezet worden om eiwitten aan te reiken van dierlijke (vlees, insecten ...) en plantaardige oorsprong.
- ✓ De invloed van de soorten vetten op de eigenschappen van een voedingsproduct kunnen hier aan bod komen. Voorbeelden van eigenschappen: smeerbaarheid, smelttraject ...
- ✓ Het effect van soorten bindmiddelen op de energiewaarde kan aan bod komen bij gebruik van zetmeel versus gelatine, gebruik van eiwit ...

LPD B16 De leerlingen onderzoeken de werking van een enzym.

- ✓ Het belang van enzymen voor het katalyseren van biochemische reacties wordt toegelicht. In de derde graad wordt er ingegaan op de cellulaire processen bij afbraak en synthese van moleculen.
- ✓ De sleutel-slotwerking van een enzym kan hier toegelicht worden.
- ✓ Je kan aantonen dat enzymen eiwitten bevatten.
- ✓ Je kan factoren onderzoeken die de werking van enzymen beïnvloeden: temperatuur, zuurgraad, concentratie van enzym en/of substraat en de specificiteit van enzymen. Je kan de reactiviteit van enzymen meten met sensoren: met een geleidbaarheidselektrode, verandering van kleur met een colorimeter ... en de invloed van de temperatuur op enzymwerking linken met het belang van regeltechniek. Je kan ook een inhibitor toevoegen om de enzymwerking te blokkeren.
- ✓ De werking van enzymen zoals aantonen van amylase in speeksel om zetmeel af te breken, de invloed van ethyleen op de productie van rijpingsenzymen in fruit en de bereiding van voedingsmiddelen kunnen hier aan bod komen bv. de werking van pectinase bij de productie van appelsap onderzoeken of aantonen hoe je lactose-arme melk kan maken met lactase en het belang hiervan duiden bij lactose-intolerantie.
- ✓ Je kan dit koppelen met het doel LPD L6 over 'Zelf een voedingsmiddel maken op basis van een bereidingstechnologie' uit de rubriek 'Biochemische productietechnieken en materialen'.

LPD B17 De leerlingen onderzoeken de werking van gisten in aerobe en anaerobe reacties.

Samenhang eerste graad: leerlingen leggen in functie van stofuitwisseling, stof- en energieomzetting de werking en de functie van het ademhalingsstelsel, spijsverteringsstelsel, uitscheidingsstelsel en transportstelsel uit. (I-Nat-a LPD 28).

- ✓ De bouw van gist als een ééncellige schimmel wordt hier toegelicht. Je kan dit linken aan het doel LPD B2 over de diversiteit van micro-organismen. Je kan (ongekleurde) gist microscopisch onderzoeken en knopvorming aantonen. Je kan de vitaliteit van gist bepalen met een methyleenblauwkleuring.



- ✓ Zowel aerobe als anaerobe reacties vormen energie: hierbij gebeuren stofomzettingen. Voorbeelden van productieprocessen waarbij een anaerobe of aerobe gisting gebeurt kan je toelichten bij alcoholproductie, rijzen van deeg ...
- ✓ Je kan de gasproductie door gist aantonen en de activiteit van de gist bestuderen door de gasproductie te onderzoeken in functie van de tijd, temperatuur, hoeveelheid en soort van de toegediende voedingsstoffen ... Je kan hierbij de invloed van ingrediënten en temperatuur op de gistwerking en rijscapaciteit van een deeg onderzoeken. Door verschillende soorten gisten te gebruiken kan je aantonen dat deze verschillende eigenschappen hebben bv. verschillende soorten gisten bij verschillende biertypes.
- ✓ De productie van alcohol door gist kan vergeleken worden met de melkzuurvergisting door melkzuurbacteriën. Je kan bv. de pH-verandering onderzoeken bij yoghurtvorming en de melkzuurvergisting toelichten bij de productie van kaas. Ook de vorming van azijn door een aerobe vergisting van alcohol door bacteriën van het geslacht *Acetobacter* en het gebruik van schimmels in de voedingsindustrie (bv. schimmelkaas) kunnen hier toegelicht worden.
- ✓ Ook dit doel kan je koppelen aan het doel LPD L6 rond 'Zelf een voedingsmiddel maken op basis van een bereidingstechnologie' uit de rubriek 'Biochemische productietechnieken en materialen'.

4.4 Chemie

4.4.1 Mengsels en zuivere stoffen

LPD C1 De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en geschikte scheidingstechnieken.

★ Homogeen – heterogeen mengsel

Stofeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, oplosgedrag, deeltjesgrootte

Principe van scheidingstechnieken: filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen, zeven

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD F1 (massadichtheid); II-Biot-da LPD F19 (faseovergangen-smeltpunt).

Samenhang eerste graad: leerlingen leren zuivere stoffen en mengsels onderscheiden op basis van het deeltjesmodel (I-Nat-a LPD 18). Ze lichten ook de aggregatiestoestand van stoffen toe op basis van het deeltjesmodel (I-Nat-a LPD 13).

- ✓ Mengsels: aerosol (rook, nevel, smog), oplossing, schuim, suspensie, emulsie ...
- ✓ Je kan het principe van extractie aan bod brengen. Het oplosgedrag komt op een vaststellende (en niet op een verklarende) manier aan bod in functie van toepassingen van extractie.
- ✓ Leerlingen voeren zelf enkel eenvoudige scheidingstechnieken uit zoals filtreren, decanteren, extractie, centrifugeren, destilleren, uitdampen of zeven.

- ✓ Je kan inspelen op toepassingen van scheidingstechnieken in de leefwereld van de leerlingen zoals koffie of thee zetten, bloem zeven, groenten wassen, een eierdooier afscheiden, een zeef in de vaatwasmachine, een stoffilter in de droogkast en de stofzuiger ... Je kan de link leggen met massadichtheid als scheidingsprincipe (Fysica).
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-LPD S1 (wetenschappelijke methode) en LPD S5 (geïnformeerd werken met stoffen).

LPD C2 Vanuit experimentele waarnemingen verklaren de leerlingen aan de hand van het deeltjesmodel het verschil tussen een enkelvoudige en samengestelde stof.

- ✓ Je kan dit illustreren met de elektrolyse van water en de thermolyse van suiker.
- ✓ Je kan hier het verschil tussen analyse- en synthesesreacties toelichten.
- ✓ Je kan dit behandelen in samenhang met STEM-concept: modellen (LPD S2).

LPD C3 De leerlingen geven de naam en het symbool van elementen.

- ★ Elementen: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Cd, Sn, I, Au, Hg, Pb, U
 - ✓ Andere relevante elementen kunnen zijn: Pt, Cr, Mn, Co, Ni, Ba.

LPD C4 De leerlingen stellen de naam en formule van enkelvoudige stoffen op.

★ Index

IUPAC-naamgeving

Enkele triviale namen

Naam en formule van O₂

- ✓ Je kan hier aantonen dat verschillende enkelvoudige stoffen vanuit eenzelfde atoomsoort gevormd kunnen worden.
- ✓ De naamgeving gebeurt op basis van IUPAC.
- ✓ Triviale namen zoals ozon, stikstofgas, waterstofgas, chloorgas kunnen aan bod komen.
- ✓ Je kan hier aandacht besteden aan het belang en voorkomen van enkelvoudige stoffen zoals ozon, stikstofgas, zuurstofgas, waterstofgas.

LPD C5 De leerlingen interpreteren de symbolische schrijfwijze van brutoformules van enkelvoudige en samengestelde stoffen.

★ Index en coëfficiënt

Samenhang eerste graad: leerlingen tonen aan de hand van het deeltjesmodel aan dat moleculen uit atomen zijn opgebouwd (I-Nat-a LPD 16).



- ✓ Je kan gebruik maken van ruimtelijke modellen en visuele voorstellingen. Hierbij kan je aandacht schenken aan het correct gebruik van terminologie. Bij gebruik van bol-staaf-modellen hou je er rekening mee dat leerlingen de chemische bindingen nog niet kennen.

4.4.2 Aspecten van een chemische reactie

LPD C6 De leerlingen balanceren gegeven eenvoudige anorganische chemische reacties door gebruik te maken van de wet van behoud van massa.

- ★ Principe van een chemische reactie als een herschikking van atomen en vorming van nieuwe stoffen

Voorstellingswijze van een chemische reactie

Reagentia en reactieproducten

- ✓ Je kan aangeven dat bij het herschikken van atomen in een chemische reactie het aantal en de soort atomen behouden wordt (wet van behoud van atomen).
- ✓ Het verschil tussen een chemische en een fysische reactie kan je hier aantonen aan de hand van een aantal (demonstratie-)experimenten.
- ✓ Je kan via experimenten verschillende soorten reacties zoals neerslagvorming, gasvorming en kleurverandering aantonen. Dit verduidelijkt voor leerlingen ook heel sterk de materie-uitwisseling en de wet van behoud van massa.
- ✓ Je kan visuele voorstellingen, ruimtelijke modellen en simulaties gebruiken om de materie-uitwisseling te verduidelijken.
- ✓ Dit leerplandoel kan je in samenhang behandelen met STEM-LPD S1 (wetenschappelijke methode), STEM-LPD S3, STEM-LPD S5 (geïnformeerd en veilig werken met materialen) en STEM-LPD S6 (labovaardigheden).

LPD C7 De leerlingen leiden bij een chemische reactie de energie-uitwisseling met de omgeving af als endo- of exo-energetisch.

- ★ Energiediagram

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD F20 (energiebalans); II-WisS'-da LPD 19 (functiekenmerken)

- ✓ Je kan het verschil tussen endo- en exo-energetische reacties aantonen aan de hand van waarnemingen, voorbeeldreacties uit het dagelijks leven en een aantal experimenten.
- ✓ Voorbeelden van endo-energetische reacties: fotosynthese, verkleuren van textiel, coldpacks voor de behandeling van verstuikingen ...
- ✓ Voorbeelden van exo-energetische reacties: verbranding, werking van een batterij, explosie ...
- ✓ Het gebruik en de interpretatie van een grafiek kunnen hier aan bod komen.

- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-LPD S1 (wetenschappelijke methode) en STEM-LPD S5 (geïnformeerd en veilig werken met materialen).

4.4.3 Bouw en eigenschappen van atomen

LPD C8 De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen te beschrijven aan de hand van de eerste 18 elementen van het PSE.

- ★ Namen en symbolen van elementaire deeltjes: proton, neutron, nucleonen, elektron
Atoomkern
Energieniveau
Massagetal – atoomnummer en de symbolische voorstelling
Elektron-stipmodel

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD-F12 (elektrische grootheden)

Samenhang eerste graad: leerlingen tonen aan de hand van een deeltjesmodel aan dat moleculen uit atomen zijn opgebouwd (I-Nat-a LPD 16).

- ✓ Hier is het aangewezen om het atoommodel van Bohr te gebruiken.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de beperktheid en geldigheid van een model.
- ✓ Je kan de verschillende elementaire deeltjes kwantitatief bepalen vanuit A en Z met behulp van het PSE.
- ✓ Je kan dit behandelen in samenhang met de STEM-concepten : schaal en verhouding, modellen. Je kan via een simulatie of schaalmodel een beeld geven van verhoudingen in de opbouw van een atoom. Je kan het PSE linken met het STEM-concept “patronen” (LPD S2).

LPD C9 De leerlingen beschrijven het PSE als een rangschikking van elementen volgens toenemend atoomnummer.

- ★ Opbouw van het PSE in functie van een atoommodel
Groep, periode
Valentie-elektronen, edelgasconfiguratie

- ✓ Je kan hier het verband aangeven tussen de elektronenconfiguratie enerzijds en het periodenummer en groepsnummer van de hoofdgroepen anderzijds, met speciale aandacht voor de stabiele edelgasconfiguratie. Je kan hier verwijzen naar de doorlopende nummering van de groepen volgens IUPAC.
- ✓ Je kan dit behandelen in samenhang met de STEM-concepten: modellen (LPD S2).



LPD C10 De leerlingen gebruiken het PSE om eigenschappen van atomen af te leiden voor de elementen uit de a-groepen en de edelgassen.

- ★ Eigenschappen van atomen: metaal- en niet-metaalkarakter, elektronegativiteit

Atoommassa

- ✓ Je besteedt aandacht aan het reactievermogen van alkali- en aardalkalimetalen en het niet-reageren van edelgassen. Zo gedragen halogenen zich vaak gelijkaardig.
- ✓ Je kan hier ook de begrippen absolute en relatieve atoommassa behandelen in samenhang met LPD C11. Je kan hierop verder bouwen bij het onderdeel chemisch rekenen.
- ✓ Je kan dit behandelen in samenhang met de STEM-concepten: patronen (LPD S2).

LPD C11 De leerlingen tonen het verband aan tussen de relatieve en absolute massa van atomen.

- ★ Atoommassa – atoommassa-eenheid

Relatieve en absolute massa

- ✓ Het is aangewezen om te kaderen waarom het nodig is om over te stappen naar een relatief begrip.
- ✓ Hier kan verwezen worden naar de opbouw van het PSE (LPD C8 en LPD C9).
- ✓ Je kan verwijzen naar de massa van een kerndeeltje ($1.66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$) en dit terugkoppelen naar $1/12$ C-atoom.

4.4.4 De chemische bindingen

LPD C12 De leerlingen stellen de ionbinding, de atoombinding en de metaalbinding op als het streven van atomen naar de edelgasconfiguratie.

- ★ Onderscheid tussen atoom en ion

Ionvorming

Ionlading

Opstellen van de Lewisstructuur

Ionrooster, molecuulrooster, atoomrooster, metaalrooster

- ✓ Bij het opstellen van de Lewisstructuur voor anorganische verbindingen kan je je beperken tot binaire stoffen.
- ✓ Bij ionvorming beperk je je tot metalen en niet-metalen uit de hoofdgroepen Ia, IIa, IIIa, VIa en VIIa. Dit behandel je in samenhang met LPD C10 (eigenschappen van ionen afleiden uit het PSE).
- ✓ Je kan volgende vuistregel hanteren: een ionbinding wordt gevormd tussen metalen en niet-metalen, een atoombinding tussen niet-metalen en een

metaalbinding tussen metalen, dit omdat de regel op basis van het verschil in elektronegatieve waarde niet altijd opgaat.

- ✓ Je kan hier aan de hand van experimenten de eigenschappen van metalen en niet-metalen illustreren zoals glans, inertheid, dichtheid, elektrische geleidbaarheid, aggregatietoestand, plooibaarheid. Je kan deze eigenschappen verklaren vanuit roosterkenmerken.
- ✓ Over de finaliteiten heen opteren we voor het hanteren van de term 'atoombinding'.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-LPD S1, STEM-LPD S5 en STEM-LPD S6 (labo) en met de STEM-concepten: model als vereenvoudiging (LPD S2).

LPD C13 De leerlingen stellen chemische formules op van binaire anorganische stoffen met behulp van het PSE.

★ Elementen uit de a-groepen van het PSE

Brutoformule en formule-eenheid

Oxidatiegetal

- ✓ Je kan de focus leggen op het gebruik van het oxidatiegetal in functie van de formules, naamgeving en latere redoxreactievergelijkingen. Je kan leerlingen een tabel laten gebruiken met oxidatiegetallen of gebruik maken van het PSE (indien de oxidatiegetallen hierin opgenomen zijn). Het is in deze fase niet de bedoeling om over te gaan tot berekening: dat komt aan bod bij redoxreacties.

4.4.5 Indeling van samengestelde stoffen

LPD C14 De leerlingen classificeren anorganische stoffen als zuren, basen, oxiden of zouten zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam.

★ Polyatomische ionen: nitraation, nitrietion, sulfietion, sulfaation, fosfaation, carbonaation, hydroxide-ion, bromaat-ion, chloraat-ion en jodaat-ion, ammoniumion

Zuur-base eigenschappen

Fysische eigenschappen: kookpunt, smeltpunt

- ✓ Je kan hier het onderscheid maken tussen organische en anorganische stoffen.
- ✓ Het onderscheid tussen een binair zuur en een ternair zuur komt aan bod. Bij de basen komen zowel hydroxiden als ammoniak aan bod.
- ✓ Als chemische formule komen de brutoformule en de formule-eenheid aan bod.
- ✓ Je kan zuur-base eigenschappen aantonen met een aantal indicatoren.
- ✓ Toepassingen kunnen hier onder de aandacht gebracht worden.



- ✓ De fysische eigenschappen kan je aanbrengen via tabellen met kookpunt en smeltpunt en/of door een aantal stoffen te tonen. Zo kan je ook de aggregatietoestand bij kamertemperatuur duiden.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept: patronen (LPD S2).

LPD C15 De leerlingen vormen van anorganische stoffen met gegeven formule de naam en omgekeerd.

★ Naamgeving:

- regels van de IUPAC-naamgeving
- regels voor stocknotatie bij ionverbindingen
- regels voor naamgeving met Griekse telwoorden bij moleculaire stoffen

Courante triviale namen van stoffen

Namen en chemische formules van stoffen: CO, CO₂, H₂O

- ✓ Het is de bedoeling dat leerlingen een zicht krijgen op de naamgeving zonder dat dit doorgedreven en complex aan bod komt.
- ✓ Mogelijke courante triviale namen van stoffen: zoutzuur, ammoniak, salpeterzuur, zwavelzuur, fosforzuur, soda, koolzuur, loogoplossing, gips, keukenzout, bakpoeder, kalk.
- ✓ Voorbeelden van andere namen en chemische formules van stoffen: O₃, NaCl, N₂, NH₃.
- ✓ Voor elementen uit de groepen Ia, IIa en IIIa kan je het oxidatiegetal afleiden via het periodiek systeem. Dit is een voorbereiding op het ontleden van een redoxreactie. Je kan leerlingen een tabel laten gebruiken met oxidatiegetallen.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: patronen (LPD S2).

LPD C16 De leerlingen herkennen algemene reactiepatronen in voorbeelden uit het dagelijkse leven:

- **reactie van metalen en/of niet-metalen met dizuurstof,**
 - **reactie van niet-metaal- en metaaloxide in water,**
 - **reactie van zuren met basen.**
- ✓ Voorbeelden die aan bod kunnen komen: zure regen, corrosie, verbranding, zure grond neutraliseren met kalk, maagzuurremmer gebruiken ...

LPD C17 De leerlingen classificeren organische stoffen zowel op basis van een gegeven formule als op basis van een naam.

- ★ Algemene structuur van koolwaterstoffen en karakteristieke functionele groep van alcoholen, carbonzuren

Regels van de IUPAC-naamgeving

Brutoformule, structuurformule: Lewisformule en skeletnotatie

Fysische eigenschappen: kookpunt, smeltpunt

Triviale naam: azijnzuur

Samenhang eerste graad: leerlingen lichten aggregatietoestanden toe met behulp van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 37); daarnaast verklaren ze de faseovergangen smelten, stollen, condenseren, verdampen, sublimeren en desublimeren van stoffen bij een temperatuursverandering met behulp van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 39).

- ✓ Bij koolwaterstoffen komen alkanen, alkenen, alkynen, cyclische KWS en aromaten aan bod.
- ✓ Regels van de IUPAC-naamgeving: de nadruk wordt gelegd op het gebruik van achtervoegsels bij de karakterisering van de functionele groep. Uitgebreide principes van de naamgeving komen aan bod in de derde graad.
- ✓ Toepassingen van organische stoffen kunnen hier onder de aandacht gebracht worden.
- ✓ De fysische eigenschappen kan je aanbrengen via tabellen met kookpunt en smeltpunt en/of door een aantal stoffen te tonen. Zo kan je ook de aggregatietoestand bij kamertemperatuur duiden.
- ✓ Je kan kleurencodes hanteren voor atomen (C: zwart, metalen: grijs; H: wit, O: rood, N: blauw, halogenen: groen ...).
- ✓ Je kan dit doel in samenhang met doel LPD C18 behandelen.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: patronen (LPD S2).

LPD C18 De leerlingen vormen van de laagste 10 n-alkanen met gegeven formule de naam en omgekeerd.

4.4.6 Eigenschappen van stoffen

LPD C19 De leerlingen onderscheiden polaire en apolaire stoffen op basis van hun oplosbaarheid in water.

- ★ Elektronegativiteit: verschil in EN-waarde tussen de bindingsatomen om een polaire van een apolaire binding te onderscheiden

Water als polair oplosmiddel

Polaire en apolaire stoffen

- ✓ Je kan aangeven dat er stoffen zijn met polaire bindingen maar toch een apolaire verbinding zijn vanuit de geometrie (zoals CO₂).



LPD C20 De leerlingen leggen het verband uit tussen bindingstype en oplosbaarheid in water.

- ★ Water als dipoolmolecule
Principe van oplossen: dissociatie, ionisatie

LPD C21 De leerlingen leggen het verband uit tussen het bindingstype en het geleidingsvermogen.

- ★ Principe van elektrische geleiding, geleider en isolator
Elektrolyten en niet-elektrolyten

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD-F13 (wet van Ohm)

- ✓ Je kan het verband tonen tussen het aantal ionen in een oplossing en geleidbaarheid.
- ✓ Hier maak je het onderscheid tussen de geleidbaarheid van zuivere stoffen en die van oplossingen.
- ✓ Je kan aangeven dat metalen niet geleiden door ionen maar door beweeglijke elektronen.
- ✓ De begrippen geleiding, geleider en isolator komen ook in Fysica aan bod.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-LPD S1, STEM-LPD S5 en STEM-LPD S6 (labo).

4.4.7 Kwantitatieve aspecten

LPD C22 De leerlingen passen massaprocent toe in betekenisvolle contexten.

- ★ Massadichtheid in functie van concentratieberekening
 - ✓ Het begrip massadichtheid komt in Fysica aan bod.
 - ✓ In de derde graad komen nog andere concentratiegrootheden aan bod.

LPD C23 De leerlingen passen het verband toe tussen stofhoeveelheid enerzijds en molaire massa en molaire concentratie anderzijds.

- ★ Mol
Constante van Avogadro

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 25 (omvormen formules); II-Biot-da LPD F17 (gaswet)

- ✓ Je kan gebruik maken van een formularium.
- ✓ Het omvormen van formules kan je beperken tot één variabele uitdrukken in functie van de ander.

- ✓ Je kan hier het omgaan met grootheden en eenheden benadrukken en de link leggen met het STEM-doel daarrond (LPD S4). Je kan het omzetten van eenheden inoefenen.

LPD C24 De leerlingen leiden de stoichiometrische stofhoeveelheden uit de reactievergelijking af.

- ✓ Stoichiometrische berekeningen worden uitgevoerd op een gegeven aflopende chemische reactie. Hierbij wordt beperkt tot eenvoudige berekeningen met stofhoeveelheden en massahoeveelheden.
- ✓ Het is hier niet de bedoeling om te rekenen met overmaat.

4.4.8 Reactiesoorten

LPD C25 De leerlingen classificeren aan de hand van waarnemingen een chemische reactie als neerslag-, gasontwikkelings- of neutralisatiereactie.

- ✓ Dit leerplandoel kan je in samenhang behandelen met STEM-LPD S1, STEM-LPD S5, STEM-LPD S6 (labo) en met STEM-concept: patronen (LPD S2).

LPD C26 De leerlingen stellen met gegeven reagentia de vergelijking van een eenvoudige neerslagreactie op met behulp van een oplosbaarheidstabel.

- ★ Aggregatietoestanden van alle stoffen zijn gegeven

Notatie van aggregatietoestanden in chemische reacties

Principe van een neerslagreactie

- ✓ Leerlingen leiden eerst uit een oplosbaarheidstabel af of het samenbrengen van ionencombinaties al dan niet leidt tot de vorming van een neerslag. Pas daarna komt het opstellen en balanceren van de reactievergelijking aan bod.
- ✓ Een stappenplan als oplossingsstrategie kan hier aan bod komen: het opstellen van de ionisatie- en dissociatievergelijking van de samenvoegende stoffen, het opstellen van de essentiële ionenreactie, het opstellen van de stoffenreactievergelijking.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met LPD C6 (balanceren reactie, wet van behoud van massa).

LPD C27 De leerlingen stellen met gegeven reagentia de vergelijking van een eenvoudige neutralisatiereactie op.

- ★ Principe van een zuur-basereactie

- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met LPD C6 (balanceren reactie, wet van behoud van massa).



LPD C28 De leerlingen brengen de pH-schaal in verband met het zuur, basisch of neutraal karakter van een waterige oplossing.

- ✓ Je kan aangeven dat het pH-begrip een aanduiding is voor de zuurtegraad van een oplossing.
- ✓ De functie van een zuur-base indicator wordt aan bod gebracht.

LPD C29 De leerlingen ontleden in een eenvoudige redoxreactie de begrippen oxidator, reductor, oxidatie en reductie, elektronenoverdracht.

★ Principe van een redoxreactie

Verandering van oxidatiegetal

- ✓ Je kan hier het oxidatiegetal leren afleiden uit de brutoformule aan de hand van regels, het periodiek systeem of de Lewisformule. Je kan dit behandelen in samenhang met LPD C15 (formules vormen).

LPD C30 De leerlingen stellen de vergelijking van een eenvoudige redoxreactie tussen enkelvoudige stoffen op.

★ Gegeven reagentia en reactieproducten

- ✓ Een stappenplan als oplossingsstrategie kan hier aan bod komen.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met LPD C6 (balanceren reactie, wet van behoud van massa).

4.5 Fysica

4.5.1 Verbanden tussen grootheden

LPD F1 De leerlingen onderzoeken massadichtheid als recht evenredig verband tussen massa en volume.

★ Opstellen en interpreteren grafiek en formule

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 17 (eerstegraadsfunctie); II-Biot-da LPD C1 (scheidingstechnieken).

Samenhang eerste graad: leerlingen komen vanuit omtrek, oppervlakte en inhoud/volume (I-Wis-a LPD 28) al in contact met verschillende verbanden (lineair, kwadratisch en kubisch). Daarnaast leggen leerlingen het verband tussen enerzijds recht- en omgekeerd evenredige verbanden en hun voorstellingswijzen (I-Wis-a LPD 35). In de eerste graad (I-NRT-a LPD 25) onderzoeken leerlingen al het verband tussen afstand en tijd voor een beweging met constante snelheid. Daarnaast voeren leerlingen een eenvoudig statistisch onderzoek uit (I-Wis-a LPD 37, 38, 39, 40, 41) en gebruiken en interpreteren daarbij voorstellingswijzen.

- ✓ Je kan aantonen met een tabel dat een kilogram pluimen een veel groter volume inneemt dan een kilogram lood. Leerlingen zien dan in dat massadichtheid wel een stofeigenschap is en de massa niet.
- ✓ Je kan het belang aangeven van massadichtheid als stofeigenschap en de link leggen met studierichtingsspecifieke materialen en stoffen.
- ✓ Het is belangrijk dat leerlingen de (vaak meerdere) veranderlijke grootheden in een situatie leren herkennen. Om een verband te bestuderen moeten de andere grootheden constant gehouden worden. In dit geval is dat de temperatuur. In de eerste graad verklaren leerlingen de uitzetting en inkrimping van stoffen bij een temperatuursverandering (I-NRT-a LPD 38). De leerlingen ontdekken hier het verband tussen massa en volume als wiskundig model van massadichtheid als stofeigenschap. De leerlingen hanteren hierbij de STEM-concepten 'systemen en hun modellen' (LPD S2).
- ✓ Je kan het begrip massadichtheid plaatsen in het materiemodel in Chemie. Je kan de link leggen naar scheidingstechnieken die gebaseerd zijn op massadichtheid.
- ✓ Je kan het verband experimenteel vaststellen en dit doel combineren met STEM-doelen S7, S1, S3, S4 en S6. Vanuit een experimentele context kan je hier een spreidingsdiagram opstellen en via een trendlijn bepalen en interpreteren.
- ✓ Je kan de grafiek en de formule zowel manueel als met ICT opstellen. Rekenwerk is geen doel op zich. Je kan vanuit grafieken de massadichtheid afleiden en problemen oplossen.
- ✓ Je kan inspelen op verwondering door te koppelen met het STEM-doel LPD S4 over grootheden en eenheden: dimensies in de natuur: van atoom tot kosmos.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept 'materie': massadichtheid als eigenschap van materie. Het wiskundige verband tussen massa en volume kan je duiden vanuit het STEM-concept 'systemen en hun modellen' (LPD S2).

4.5.2 Kracht en verandering van beweging

LPD F2 De leerlingen maken gebruik van een vectormodel om krachten voor te stellen in verschillende contexten.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 12 (vectoren).

Samenhang eerste graad: leerlingen tonen soorten krachten aan in voorbeelden: zwaartekracht, wrijvingskracht, trek- en duwkracht (I-NRT-a LPD 17). Ze onderzoeken kwalitatief het verband tussen krachten en hun uitwerking: verandering van de bewegingstoestand (dynamisch) of vervorming (statisch) (I-NRT-a LPD 18). De leerlingen stellen in eenvoudige en concrete situaties krachten voor met behulp van het vectormodel (I-NRT-a LPD 21). In wiskunde verklaren ze het beeld van een vlakke figuur door verschuiving over een vector (I-Wis-a LPD 22).

- ✓ Krachten die aan bod kunnen komen: zwaartekracht, wrijvingskracht, normaalkracht, elektrische kracht, magnetische kracht, Archimedeskracht, centripetale kracht.



- ✓ Het is belangrijk om bij de vectorvoorstelling aandacht te hebben voor de grootte, richting, zin en het aangrijpingspunt.
- ✓ Je kan ingaan op het concept gewicht als kracht op een ondersteuning of ophanging. Een vallend lichaam is niet onderhevig aan een ondersteuning/ophanging en is dus gewichtloos.
- ✓ Krachten worden hier gedefinieerd als mogelijke oorzaak van vormverandering of verandering van de bewegingstoestand.
- ✓ Je kan de nood aan een centripetale kracht aangeven in voorbeelden zoals trekken met een touw aan een balletje om het van richting te laten veranderen, wrijvingskracht op de banden om een bocht te nemen, trekken aan een fietsstuur om een bocht te nemen.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept 'systemen en modellen ervan': de krachtwerking op een puntmassa aan de hand van het vectormodel.
- ✓ Om misconcepten te vermijden spreek je bij krachten best altijd over de kracht van lichaam A op lichaam B: bijvoorbeeld "zwaartekracht is de kracht die de aarde uitoefent op een lichaam."
- ✓ Je kan bij de Archimedeskracht het effect van de resulterende kracht bespreken: dalen/zinken, zweven, stijgen/drijven.

LPD F3 De leerlingen beredeneren het kwalitatief verband tussen de bewegingstoestand en evenwicht van krachten.

★ Snelheid als vectoriële grootheid

Tekenen van krachten die inwerken op een lichaam als vectoren, krachtensom in één dimensie

Tweede wet van Newton: dynamische effecten van een resulterende kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 12 (vectoren).

Samenhang eerste graad: leerlingen bepalen de evenredigheidsfactor bij recht evenredige grootheden waaronder schaal en constante snelheid (I-Wis-a LPD 35). Zij onderzoeken ook het verband tussen constante snelheid, afstand en tijd (I-NRT-a LPD 25).

- ✓ Je kan starten met het waarnemen van verschillende soorten bewegingstoestanden: rust of constante snelheid (bij een resulterende kracht gelijk aan nul), versnellen, vertragen, van richting veranderen als dynamische effecten van een resulterende kracht.
- ✓ Je kan de inwerking van krachten laten waarnemen in herkenbare situaties waarbij de complexiteit geleidelijk toeneemt (vertrekken vanuit al gekende krachten, meerdere krachten ...).
- ✓ Als de resulterende kracht nul is dan is het voorwerp eenparig rechtlijnig aan het bewegen of is het in rust. Je kan de link leggen met het STEM-concept 'stabiliteit en verandering': er is nood aan een kracht om de bewegingstoestand te veranderen.
- ✓ Je kan het traagheidsbeginsel (eerste wet van Newton) met eenvoudige proefjes en voorbeelden aantonen zoals het wegtrekken van een tafellaken onder een

voorwerp, whiplash bij een auto-ongeval ... Alle lichamen behouden van nature hun bewegingstoestand en hebben een resulterende kracht nodig om die te veranderen.

- ✓ Je kan de invloed van de massa aangeven op de verandering van de snelheid bij een gegeven kracht (tweede wet van Newton).

LPD F4 De leerlingen bepalen het verloop van eenparig rechtlijnige bewegingen door het verband te leggen tussen positie, tijdstip en snelheid.

★ Snelheid als vectoriële grootheid

Onderscheid tussen afgelegde weg en verplaatsing

Positie- en snelheidsfunctie met grafieken

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 17 (eerstegraadsfunctie).

Samenhang eerste graad: leerlingen onderzoeken het verband tussen constante snelheid, afstand en tijd (I-NRT-a LPD 25). In wiskunde bepalen ze de evenredigheidsfactor bij recht evenredige grootheden waaronder de schaal (van een model) en constante snelheid (I-Wis-a LPD 36).

- ✓ Een resulterende kracht met grootte 0N geeft aanleiding tot behoud van de bewegingstoestand: rust of eenparig rechtlijnige beweging.
- ✓ Mogelijke experimenten rond meten van (gemiddelde) snelheid: een biljartbal, cilindervormige magneet laten rollen in een U-profielvormig aluminiumgootje, luchtkussenbaan, curlingbaan uit speelgoedbaan, luchtbel in buis met glycerol ... Je kan hierbij sensoren gebruiken.
- ✓ Je kan leerlingen voor een eenparig rechtlijnige beweging de snelheid laten berekenen en een $x(t)$ - en $v(t)$ -grafiek laten maken en interpreteren. Er bestaat een lineair verband tussen afstand en tijd. In de wiskunde spreekt men van een recht evenredig verband als de rechte door de oorsprong gaat.
- ✓ Je kan hier het onderscheid tussen scalaire en vectoriële grootheden aangeven.
- ✓ Je kan de snelheid als vector laten tekenen bij verschillende bewegingen: in rust, bij eenparig rechtlijnige beweging, bij versnellen, vertragen, van richting veranderen.

LPD F5 De leerlingen gebruiken debiet om grootheden bij vloeistofstromen in toepassingen te bepalen.

- ✓ Link met snelheid: $Q=A \cdot v$.
- ✓ Grootheden bij vloeistofstromen: debiet, volume, tijd, oppervlakte en snelheid, opsplitsen in meerdere stromen ...
- ✓ Met bepalen wordt hier bedoeld: grootheden berekenen in eenvoudige voorbeelden, gebruiken van grafieken ...
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept 'stromen en behoud van materie'.
- ✓ Je kan de continuïteitsregel van Castelli gebruiken om de invloed van de diameter op de stroomsnelheid aan te geven. Continuïteitsregel van Castelli: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$.



LPD F6 De leerlingen gebruiken de concepten zwaartekracht en veerkracht om interacties tussen systemen te beschrijven.

★ Verschil tussen zwaartekracht, massa en gewicht

Zwaarteveldsterkte, zwaartepunt

Wet van Hooke

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 17 (eerstegraadsfunctie).

- ✓ Je kan met een dynamometer aantonen dat kleine massa's een kleine zwaartekracht ondervinden en grote massa's een grote. De bewegingstoestand van een vallend voorwerp verandert: het versnelt. Dus moet er een kracht aanwezig zijn: de zwaartekracht. Je kan hier aangeven dat de zwaartekracht een veldkracht is die op afstand werkt.
- ✓ De zwaartekracht per eenheid van massa is de zwaarteveldsterkte g . Andere hemellichamen hebben een andere zwaarteveldsterkte. Je kan dit tonen met beeldmateriaal van maanwandelaars. In deze context doet de zwaarteveldsterkte zich voor leerlingen voor als een vaste verhouding (STEM-concept).
- ✓ Het concept gewicht kan opgevat worden als kracht op een ondersteuning of ophanging. Een vallend lichaam is niet onderhevig aan een ondersteuning/ophanging en is dus gewichtloos.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept 'systemen en hun modellen': de veerconstante als evenredigheidsfactor (en richtingscoëfficiënt) in het wiskundig model dat het gedrag van een veer als systeem beschrijft.
- ✓ Je kan via een labo de zwaarteveldsterkte bepalen (in combinatie met LPD S7). Je kan ook bij verschillende veren de veerconstante bepalen en aantonen dat deze een eigenschap van de veer is. Je kan ook een dynamometer construeren en ijken.

LPD F7 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot kracht en beweging om veiligheidstoepassingen en -maatregelen toe te lichten.

- ✓ Gevolgen van krachten in het verkeer in situaties zoals botsingen, versnellen, vertragen, bocht nemen, hellingen op- en afrijden ...
- ✓ Je kan het gebruik van veiligheidsgordels aangeven om lichamen te beschermen tegen effecten van het traagheidsbeginsel. Je kan de rol van oppervlakte-eigenschappen van banden en wegdek aangeven in functie van wrijvingskrachten.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept oorzaak en gevolg: reactietijd en reactieafstand en de invloed op veilig afstand houden in het verkeer (LPD S2)
- ✓ Je kan het verband tussen snelheid en stopafstand kwalitatief bespreken.
- ✓ Je kan ingaan op het gebruik van persoonlijke bescherming (helm, veiligheidsschoenen ...)
- ✓ Resulterende krachten kunnen ook vervorming veroorzaken: denk aan het belang van kreukelzones die de veiligheid van voertuigen verhogen. Bij een aanrijding

neemt deze zone door vervorming het grootste deel van de botsingsenergie op. Zo wordt minder kracht uitgeoefend op de inzittenden.

- ✓ Je kan de link leggen met regelgeving of aanbevelingen die de maximumsnelheid verlagen bij weersomstandigheden die de wrijvingskracht doen dalen.

4.5.3 Statica van systemen

LPD F8 De leerlingen gebruiken een krachtenbalans om stabiliteit van systemen te verklaren.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 12 (vectoren).

- ✓ Je kan aandacht besteden aan labiel, stabiel en onverschillig evenwicht.
- ✓ Stabiliteit als de resulterende kracht door het grondvlak gaat en het zwaartepunt verlaagd wordt. Je kan hier de link leggen naar het STEM-concept 'stabiliteit en verandering' (LPD S2).
- ✓ Je kan de link leggen naar de archimedeskracht als principe van zinken/zweven/drijven in een debietmeter (vadometer), vlotters in niveaumeters, densimeter.
- ✓ Je kan de krachtenbalans in een overdrukventiel in beschouwing nemen.

LPD F9 De leerlingen lichten het effect van een kracht toe aan de hand van het krachtmoment.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 11 (goniometrische getallen).

- ✓ Effecten van een moment: rotatie, buiging.
- ✓ Je kan aangeven dat er geen verandering van rotatie optreedt als er geen resulterend krachtmoment is. Het traagheidsbeginsel bij translatie wordt hier uitgebreid naar rotatie (behoud van hoeveelheid van draaibeweging).
- ✓ Je kan statische systemen beschouwen als systemen die hun bewegingstoestand behouden. Je kan hier de link leggen naar het STEM-concept 'stabiliteit en verandering' (LPD S2).
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de [STEM-concepten](#) 'structuur en functie' door aan te geven hoe de afstand tot het rotatiepunt in de constructie van een systeem belangrijk kan zijn (LPD S2).

4.5.4 Druk

LPD F10 De leerlingen gebruiken het concept druk om fenomenen, toepassingen en veiligheidsaspecten ervan te verklaren.

- ★ Atmosferische druk, hydrostatische druk

Beginsel van Pascal

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 26 (omgekeerd evenredig verband).



Samenhang eerste graad: leerlingen vergelijken materialen in functie van krachten bij trek en druk op een kwalitatieve manier (I-NRT-a LPD 23).

- ✓ Je kan aandacht besteden aan veiligheidsaspecten waar druk een belangrijke rol speelt: overdrukbeveiliging van een boiler, verlagen of verhogen van de druk op een ondergrond om het effect van de kracht aan te passen zoals bij het plaatsen van een ladder, het perforeren van materiaal, druk op het trommelvlies bij het duiken of vliegen. Hierbij kan je ook het STEM-concept 'oorzaak en gevolg' aanwenden. Je kan aangeven dat de hydrostatische druk veroorzaakt wordt door de zwaartekracht op de massa van de bovenliggende deeltjes en afhangt van de hoogte van de bovenliggende lagen.
- ✓ Je kan aangeven dat de luchtdruk gemeten kan worden met een barometer.
- ✓ Door een verschil tussen onderdruk en bovendruk ontstaat er een kracht waardoor de bewegingstoestand verandert (bv. in het weer, in de longen, bloedsomloop ...). Zie ook het belang van overdruk in steriele ruimtes en onderdruk in kerncentrales.
- ✓ Voorbeelden van toepassingen: opzuigen van stoffen, rondpompen van vloeistoffen in verwarmingssystemen, ademhaling, watertoren, weersfenomenen, onderdruk en overdruk in een vat of een leiding, de hydraulische pers als toepassing van het beginsel van Pascal ...
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het STEM-concept 'structuur en functie' door de nadruk te leggen op het omgekeerd evenredig verband tussen druk en oppervlakte (LPD S2). Door het oppervlak van een systeem aan te passen kan je invloed van een gegeven kracht $F=p \cdot A$ gewijzigd worden. Je kan ook de grafiek $p=f(A)$ opstellen bij $F=C^{te}$ en zo het wiskundig model opbouwen van het omgekeerd evenredig verband (realisatie in samenhang met LPD S7).

LPD F11 De leerlingen omschrijven in concrete toepassingen de invloed van druk op veranderingen van aggregatietoestand.

Samenhang eerste graad: leerlingen lichten aggregatietoestanden toe met behulp van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 37).

- ✓ Concrete toepassingen zoals snelkoken onder hoge druk, vacuüm drogen ...
- ✓ Je kan het deeltjesmodel gebruiken in de verklaring.

4.5.5 Elektrische systemen

LPD F12 De leerlingen herkennen relaties tussen de grootheden spanning, stroomsterkte, weerstand in een enkelvoudige elektrische gelijkstroomkring aan de hand van 'een stroommodel van vloeistoffen'.

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD C8 (atoommodel).

Samenhang eerste graad: leerlingen realiseren een elektrische stroomkring aan de hand van een schematische voorstelling (I-NRT-a LPD 30)

- ✓ Je kan de conventionele elektrische stroom benaderd beschouwen als een gerichte beweging van geladen deeltjes (elektronen). Je kan spanning beschouwen als een maat voor het verschil in elektrische energie. Net zoals water op een berg meer gravitationele potentiële energie heeft dan in het dal. Je kan elektrische weerstand begrijpen vanuit de hinder die de geladen deeltjes ondervinden tijdens transport door de stof.
- ✓ Hydraulisch analogiemodel:
 - de analogie tussen debiet (fluidumstroom) en elektrische stroomsterkte;
 - de analogie tussen hoogteverschil en gelijkspanning;
 - de analogie tussen stromingsweerstand en elektrische weerstand;
 - STEM-concept 'systemen en modellen ervan': je kan aangeven dat systemen vaak bestudeerd worden vanuit een analogiemodel.

LPD F13 De leerlingen gebruiken de concepten elektrische stroomsterkte, spanning, weerstand, geleidbaarheid in een enkelvoudige kring en een parallel- en serieschakeling.

★ Wet van Ohm

Verdelingswetten voor spanning en stroom

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 17 (eerstegraadsfunctie); II-WisS'-da LPD 26 (omgekeerd evenredig verband); II-Biot-da LPD C20 (geleidbaarheid).

Samenhang eerste graad: leerlingen vergelijken het concept van een serie- en parallelschakeling in technische systemen (I-NRT-a LPD 31)

- ✓ Je kan leerlingen laten redeneren met grafische voorstellingen en de formules. Je kan dit koppelen aan betekenisvolle contexten zoals de stroom door het menselijk lichaam berekenen bij contact met een bepaalde spanning.
- ✓ Je kan de eigenschappen van een serie- en parallelschakeling met elkaar vergelijken en in verband brengen met toepassingen in het dagelijks leven. Het is niet de bedoeling om gemengde schakelingen te behandelen.
- ✓ Je kan het verband tussen spanning en stroom onderzoeken door dit doel te koppelen aan het STEM-doel LPD S1 rond het toepassen van een wetenschappelijke methode (NW LPD) en labo (LPD S6). Je kan dan een wiskundig model opstellen voor een gegeven weerstand. Je kan de link leggen met het STEM-concept systemen en modellen: de wet van ohm als wiskundig model van het verband tussen elektrische spanning en stroom (LPD S7).
- ✓ Je kan duiden dat niet alle weerstanden lineair zijn (ohms) zoals een gloeilamp.
- ✓ Je kan aangeven dat geleidbaarheid omgekeerd evenredig is met weerstand. Geleidbaarheid is een vaak gebruikte grootheid om aanwezigheid van ionen aan te duiden (bijvoorbeeld bij waterkwaliteit, voedingsstoffen in een bodem ...)
- ✓ Je kan als verdieping ook redeneeropdrachten geven op eenvoudige gemengde schakelingen.



4.5.6 Licht en straling

LPD F14 De leerlingen gebruiken de rechte lijnige voortplanting van het licht, weerkaatsing en breking om fenomenen en toepassingen te verklaren.

- ✓ Voorbeelden van fenomenen en toepassingen die inspelen op de leefwereld of de eigenheid van de studierichting: gebruik van (gebogen) spiegels o.a. voor dode hoek, schaduwvorming in vormgeving, waarneming van kleuren aan de hand van weerkaatsing door oppervlakken, verstrooiing en glansgraad van oppervlakken, reflecterende lagen in superisolerend glas, opletten voor lichtbreking bij het aflezen van volumetrisch glaswerk ...
- ✓ Lichtstralen kunnen van richting veranderen (breking) als de optische dichtheid van een stof verandert, bijvoorbeeld bij een overgang van optisch ijl naar optisch dicht of omgekeerd.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het gezichtsveld van een spiegel en dit aantonen met een eenvoudige constructie. Je kan dan ingaan op het STEM-concept 'structuur en functie', in dit geval van een spiegel (LPD S2).
- ✓ Het is niet de bedoeling om beeldvorming bij lenzen te bespreken en de wet van Snellius bij breking te behandelen.
- ✓ Het is niet omdat er licht op een voorwerp invalt dat we dit met het oog waarnemen, dat is een vaak voorkomend misconception. Om het voorwerp te kunnen zien moet licht weerkaatsen op het voorwerp en het oog bereiken. Lichtstralen vertrekken ook niet vanuit het oog.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept 'systemen en modellen ervan': het stralenmodel om de voortplanting van het licht aan te geven in een optisch systeem (LPD S2).

LPD F15 De leerlingen lichten veiligheidsaspecten in verband met licht en straling toe aan de hand van weerkaatsing en absorptie.

Samenhang eerste graad: leerlingen tonen aan de hand van voorbeelden uit het dagelijkse leven effecten aan van verschillende stralingen (ioniserende straling, X-straling, UV-straling, zichtbaar licht, IR-straling, microgolfstraling) (I-NRT-a LPD 34)

- ✓ Je kan aangeven dat licht op veel oppervlakken gedeeltelijk weerkaatst, geabsorbeerd en gebroken wordt.
- ✓ Je kan licht situeren als deel van het EM-spectrum in functie van de hoeveelheid energie van de straling.
- ✓ Je kan ingaan op veiligheid bij laserstralen, gebruik van zonnebril, lasbril, UV-licht ...
- ✓ Je kan ingaan op het STEM-concept 'oorzaak en gevolg' en aangeven dat straling overal is en zeker niet altijd gevaarlijk is (LPD S2). Denk ook aan nuttige effecten van straling zoals infrarood, straling voor communicatie-toepassingen, kankerbehandeling, medische beeldvorming, veiligheidsscreening van personen en vrachtvervoer, doorstralen als bewaringstechniek ...

4.5.7 Gasdruk

LPD F16 De leerlingen gebruiken het concept druk bij gassen om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren.

★ Vacuum

Absoluut nulpunt voor druk en temperatuur, absolute temperatuur, Kelvinschaal

Eenheden voor druk: Pascal, atmosfeer, bar

- ✓ Je kan gasdruk verklaren als de kracht die uitgeoefend wordt door de op wand botsende gasdeeltjes per eenheid van oppervlakte in een bepaald afgesloten volume. Je kan dit het gemakkelijkst illustreren met een simulatie.
- ✓ Je kan aangeven dat druk kan gemeten worden met een manometer. Het is belangrijk om het verschil tussen absolute druk in 'bara' en relatieve druk in 'barg' te duiden want deze aanduidingen worden courant gebruikt in de procesindustrie.
- ✓ Voorbeelden van toepassingen: opzuigen van stoffen, werken met vacuum, hoogtemeters die werken op basis van luchtdrukmeting, de invloed van luchtdrukbeïnvloeding in een vliegtuig op de constructiewijze, het gevaar voor caissonziekte bij het duiken, de invloed van de temperatuur op de luchtdruk in banden ...
- ✓ Je kan aangeven dat temperatuur geen bovengrens heeft, maar wel een ondergrens: het absolute nulpunt.

LPD F17 De leerlingen verklaren fenomenen en toepassingen aan de hand van de ideale gaswet

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD C23 (stofhoeveelheid); II-WisS"-da LPD 26 (verbanden).

- ✓ Je kan de nadruk leggen op recht- en omgekeerd evenredige verbanden. Je kan de link maken met STEM-concepten en de gaswet duiden als een wiskundig model dat het verband beschrijft tussen vier variabele grootheden.
- ✓ Fenomenen zoals: uitzetten van banden bij lange autoritten, gevaar van verhitte spuitbus ...
- ✓ Je kan het deeltjesmodel gebruiken om de betrokken fenomenen te verklaren.
- ✓ Het is niet noodzakelijk om te vertrekken van de afzonderlijke gaswetten.

4.5.8 Energietransport: warmte en temperatuur

LPD F18 De leerlingen verklaren het energietransport bij temperatuursveranderingen van stoffen kwalitatief aan de hand van het deeltjesmodel.

★ Thermische energie, warmte, thermisch evenwicht

Verschil tussen temperatuur en warmte

Merkbare warmte bij temperatuursveranderingen:



- verband met kinetische energie van de deeltjes
- specifieke warmtecapaciteit

Samenhang tweede graad: II-Aar-da LPD 12 (stralingsbalans in systeem Aarde).

Samenhang eerste graad: leerlingen lichten aggregatietoestanden van stoffen toe met behulp van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 37) en verklaren uitzetting van stoffen via een deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 38). Ze leggen geleiding, convectie en straling uit als transportmogelijkheden van thermische energie met voorbeelden uit het dagelijks leven (I-NRT-a LPD 32).

- ✓ Het is belangrijk om het onderscheid tot te lichten tussen temperatuur en warmte. In de dagelijkse omgangstaal wordt warmte immers vaak als synoniem voor temperatuur gebruikt: “het is hier warm”. Je kan warmte omschrijven als vorm van energietransport ten gevolge van een temperatuurverschil.
- ✓ De hoeveelheid warmte die nodig is om een temperatuursverandering te veroorzaken hangt ook af van de soort stof en de massa ervan. Denk aan de proef met een gloeiende spijker versus een bakje water.
- ✓ Je kan geleiding en convectie verklaren met het deeltjesmodel. Straling kan je duiden als een vorm van energietransport. Bijvoorbeeld warmtestaling van de zon doet deeltjes in materie harder trillen.
- ✓ Je kan de link leggen met praktische gevolgen van de grote specifieke warmtecapaciteit van water: de invloed van de zee op het klimaat, invloed van de grote hoeveelheid water in het menselijk lichaam op het constant houden van de lichaamstemperatuur. Je kan warmtecapaciteit C van een systeem duiden als de capaciteit om een hoeveelheid warmte op te nemen per Kelvin.
- ✓ Temperatuur heeft geen bovengrens, maar wel een ondergrens: het absolute nulpunt.
- ✓ Het is aangewezen om aandacht te hebben voor veiligheidsaspecten zoals isolatie om te beschermen tegen hoge temperatuur, koelvinnen en ventilatoren om oververhitting te vermijden ...
- ✓ Je kan dit doel koppelen aan het STEM-doel LPD S10 rond interacties met de samenleving en ingaan op het maatschappelijk belang van thermische isolatie.

LPD F19 De leerlingen verklaren het energietransport bij faseovergangen van stoffen kwalitatief aan de hand van het deeltjesmodel.

★ Smeltpunt en kookpunt

Latente warmte bij faseovergangen:

- verband met potentiële energie van de deeltjes
- cohesiekrachten

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD C1 (scheidingstechnieken).

Samenhang eerste graad: leerlingen leggen de faseovergangen smelten, stollen, condenseren, verdampen, sublimeren en desublimeren van stoffen uit met behulp van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 39).

- ✓ Je kan aangeven dat de toegevoegde energie tijdens de faseovergang gebruikt wordt om de potentiële energie te laten toenemen en dus de cohesiekrachten te overwinnen. Dit geldt zowel bij smelten als bij koken. Cohesiekrachten zijn op moleculair niveau elektrische krachten.
- ✓ Je kan gebruik maken van tabellen om de leerlingen te verwonderen over de grootte-orde van de latente warmte en de specifieke warmtecapaciteit van water. Je kan de beïnvloedende grootheden aangeven aan de hand van de formules voor latente en merkbare warmte. Je kan hier aangeven dat er in de procesindustrie veel gebruik gemaakt wordt van stoom omwille van de grote specifieke warmtecapaciteit en de specifieke verdampingswarmte.
- ✓ Je kan de link leggen met praktische gevolgen van latente warmte: afkoeling van het lichaam door verdamping van transpiratievocht, benutten van condensatie-energie in een condensatieketel ...

4.5.9 Energieomzetting en transport

LPD F20 De leerlingen stellen een energiebalans kwalitatief op om energieomzettingen te beschrijven op basis van de wet van behoud van energie.

- ★ Energiesoorten: gravitationele, elastische, kinetische, chemische, thermische, elektrische, straling, kernenergie.

Kilowattuur, kilocalorie

Samenhang eerste graad: leerlingen herkennen verschillende energievormen, ze leiden energieomzettingen af en benoemen nuttige en niet-nuttige energie (I-NRT-a LPD 26 en 29). In dit leerplandoel wordt meer nadruk gelegd op de behoudswet.

- ✓ De uitgevoerde energie kan geclassificeerd worden in voor de mens bruikbare en niet-bruikbare energiesoorten. Thermische energie komt altijd vrij en vaak als niet-nuttige energie. Zo kan je de wet van behoud van energie duidelijk maken.
- ✓ Je kan de link leggen met duurzame energieproductie. Productie betekent hier een energie-omzetting naar een door de mens bruikbare vorm. Vele hedendaagse systemen proberen om zo veel mogelijk nuttige energie uit de omzetting te halen: condensatieketel, warmtekrachtkoppeling, STEG-centrale ...
Je kan hier ook de link leggen naar het STEM-doel LPD S10 rond interacties met de samenleving.
- ✓ Het is niet de bedoeling om omzettingen tussen eenheden voor energie uit te voeren.
- ✓ Om een meerwaarde te bieden tegenover de eerste graad kan je de formules voor kinetische en potentiële energie kwalitatief interpreteren in concrete voorbeelden van omzetting tussen kinetische en gravitationele energie.
- ✓ Voorbeelden van toepassingen: een schommel, een achtbaan, skatebanen ... Je kan ook gebruik maken van simulaties om de omzetting te visualiseren.
- ✓ STEM-concepten 'systemen en hun modellen' en 'stromen van energie' kunnen aan bod komen door de aanvoer en uitvoer van energie aan te geven in een



blokschema. Je kan de uitgevoerde energie ook classificeren in voor de mens bruikbare en niet-bruikbare energiesoorten.

LPD F21 De leerlingen gebruiken de wet van behoud van energie kwantitatief om energieomzettingen van gravitationele energie, kinetische energie en arbeid te beschrijven.

- ✓ Formules kunnen eerst geduid worden.
- ✓ Je kan arbeid hier beschouwen als overdrachtsvorm van energie: bij omzetting van de ene energiesoort naar de andere wordt arbeid verricht. Bijvoorbeeld: de zwaartekracht verricht arbeid op een vallend voorwerp waarbij gravitationele potentiële energie omgezet wordt in kinetische energie.
- ✓ We beschouwen alleen de arbeid van krachten met een werklijn die parallel loopt met de richting van de verplaatsing.

LPD F22 De leerlingen gebruiken de wet van behoud van energie om rendement en vermogen in systemen te beschrijven.

- ✓ Je kan aandacht besteden aan het belang van een goed systeemrendement (energielabel), thermische isolatie van gebouwen en aan noodzakelijke koeling van systemen die energie dissiperen.
- ✓ Het is belangrijk om in te spelen op leerlingendenkbeelden over 'energieverlies' door gebruik te maken van het concept energiedissipatie bij open en geïsoleerde systemen.
- ✓ Met een energiemeter kan je op een eenvoudige manier het energiegebruik van een toestel meten. Ook het energiegebruik van een systeem berekenen aan de hand van gegevens over het vermogen en de kostprijs bepalen behoren tot de mogelijkheden.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de STEM-concepten 'oorzaak en gevolg' en 'structuur en functie' door aan te geven hoe systemen thermische energie beter kunnen behouden of afgeven (LPD S2). Afgifte wordt bevorderd door aangepaste vormgeving: koelvinnen, verhoogd oppervlak, koelvloeistof ... Afgifte wordt tegengegaan door gebruik van isolatiematerialen, vermijden van warmtelekken ... Je kan dit doel ook koppelen aan het STEM-doel (LPD S10) rond interacties met de samenleving en ingaan op het belang van duurzame energieproductie.

4.5.10 Elektrische energiekringen

LPD F23 De leerlingen gebruiken de grootheden elektrische energie, vermogen en joule-effect in eenvoudige elektrische stroomkringen.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 26 (joule-effect en zuiver kwadratisch verband).

- ✓ Je kan het joule-effect verklaren met het deeltjesmodel: bijvoorbeeld de stroom van elektronen in een geleider veroorzaakt meer botsingen met de roosterionen

waardoor ze meer gaan trillen. Je legt dan de link naar het STEM-concept 'systemen en hun modellen' (LPD S2).

- ✓ Je kan de formules voor het joule-effect en het vermogen poneren en duiden.
- ✓ Je kan toepassingen van het joule-effect bespreken, bv. de bliksem, elektrische toestellen. Soms is het joule-effect gewenst (bv. bij verwarmingstoestellen), soms is het ongewenst (bv. bij verlichtingstoestellen, elektrische leidingen en computers).
- ✓ Je kan wijzen op het belang van hoogspanning om verliezen door joule-effect te beperken: om eenzelfde vermogen over te brengen is een lagere stroom nodig. Je kan dan wijzen op de kwadratische invloed van de stroom op het joule-effect.

LPD F24 Leerlingen verklaren de werking en het belang van veiligheidssystemen in een elektrische installatie.

★ Risico's: elektrocutie, brand door kortsluiting en overbelasting

- ✓ Veiligheidssystemen die aan bod komen: zekering, verliesstroomschakelaar, aarding, elektrische isolatie.
- ✓ Je kan wijzen op het belang van veiligheidsspanning om eventuele stromen door het menselijk lichaam te beperken in gevaarsituaties (bijv. in de auto, speelgoed ...). Je kan dit koppelen aan het STEM-concept 'oorzaak-gevolg' (LPD S2).

4.5.11 Eenparig cirkelvormige beweging

LPD F25 De leerlingen gebruiken grootheden van de eenparig cirkelvormige beweging om de werking van technische systemen te beschrijven.

★ Hoeksnelheid, baansnelheid, radiaal, omwentelingsfrequentie

Overbrenging

- ✓ De baansnelheid stemt hier overeen met de omtreksnelheid.
- ✓ Je kan het belang van de ECB aangeven zoals voor overbrengingen, motoren en generatoren ...

4.5.12 Geluid

LPD F26 De leerlingen gebruiken concepten rond geluid en de decibelschaal om fenomenen, toepassingen en veiligheidsaspecten uit het dagelijks leven te verklaren.

★ Geluidssnelheid

Samenhang tweede graad: II-WisS''-da LPD 26 (verbanden)

- ✓ Je kan het ontstaan van hoorbaar geluid verklaren aan de hand van het deeltjesmodel: een geluidsbron (een elastisch trillend systeem zoals een trillende lat, stembanden of een luidspreker) geeft bewegingsenergie door aan de deeltjes van een middenstof tot aan een ontvanger zoals oor of microfoon.



- ✓ Je kan toonhoogte als concept aan bod laten komen: aantal trillingen per seconde met als eenheid 'hertz'. Geluiden kunnen op basis van toonhoogte van elkaar onderscheiden worden (bijvoorbeeld een mannelijke stem met meer lage tonen versus een vrouwelijke stem met meer hoge tonen). Je kan aangeven dat geluidssnelheid afhankelijk is van de middenstof en de temperatuur (5100 m/s in ijzer; 1500 m/s in water; 340 m/s in lucht; 50 m/s in rubber).
- ✓ Het geluidsniveau van 0dB stemt overeen met de menselijke gehoordrempel; het geluidsniveau in een klasomgeving bedraagt ongeveer 75 dB. Via een applet kan je door meting een indicatie van het geluidsniveau krijgen. Het is zinvol om een aantal vergelijkende metingen te doen van geluidsbronnen. Je kan een decibelschaal maken en die illustreren met foto's van geluidsbronnen.
- ✓ Bij een verdubbeling van de geluidsintensiteit (bijvoorbeeld van één naar twee rijdende auto's) verhoogt het geluidsniveau met 3 dB en halveert de veilige luisterperiode. Je kan inspelen op de verwondering dat een verandering van 0 tot 120 dB een enorme verandering van geluidsintensiteit betekent.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het STEM-concept 'oorzaak en gevolg' en aangeven dat het kritische geluidsniveau waaraan je permanent blootgesteld kan worden zonder blijvende gehoorschade 80 dB bedraagt. Hogere geluidsniveaus vragen beschermingsmaatregelen (fysiek/PBM of in blootstellingsduur). Het menselijk gehoor heeft een zeker recuperatievermogen maar is vatbaar voor permanente gehoorschade. Gehoorgrenzen (in toonhoogte) zijn persoonsgebonden en kunnen variëren in functie van leeftijd. Ook dieren kunnen heel verschillende gehoorgrenzen hebben.
- ✓ Eigenschappen van geluidsgolven zoals absorptie en reflectie worden gebruikt in toepassingen zoals bijvoorbeeld echografie, sonar, geluidschermen. Je kan het STEM-concept 'structuur en functie' aan bod laten komen door na te gaan hoe de vormgeving van systemen en materialen geluidsoverlast kan beperken zoals bij gehoorbeschermers, dempende materialen of een geluidswal (LPD S2).

4.6 Labo- en productietechnieken

4.6.1 Analysetechnieken en milieutechnologie

LPD L1 De leerlingen passen analysetechnieken toe om de aanwezigheid van stoffen in mengsels aan te tonen.

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD30 (statistisch onderzoek)

- ✓ Je kan vetten, koolhydraten en eiwitten laten identificeren in voedingsmiddelen. Je maakt dan de combinatie met het leerplandoel LPD B14 daarrond in het onderdeel 'Labo biologie'.
- ✓ Je kan testkits gebruiken of identificatiereagentia.
- ✓ Je kan analyses doen op water of bodem en de link maken met het leerplandoel LPD L4 rond zuivering van lucht, water of bodem. Dit is een geschikte context voor het aanwenden van registratietechnieken.

- ✓ Je kan opteren voor papierchromatografie.
- ✓ Je kan met behulp van indicatorpapier aantonen of een oplossing zuur of basisch is.
- ✓ Door onoplosbare zouten te vormen (neerslagreacties) kan je metaalionen aantonen. Dit kan je behandelen in samenhang met LPD C26 (schrijven van neerslagreacties).
- ✓ Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-doelen uit de groep LPD S1 tot en met S6 met aandacht voor goede labopraktijken, staalname en registratietechnieken. Bovendien kan je dit doel combineren met het STEM-doel LPD S10 rond wisselwerking met de samenleving en het maatschappelijk belang van correcte analysetechnieken aangeven in voorbeelden uit de leefwereld zoals bloedonderzoek, doping, bodem, water ...

LPD L2 De leerlingen passen een combinatie van scheidingstechnieken toe om mengsels te scheiden in fracties.

- ✓ Je bouwt hier verder op scheidingstechnieken die aan bod komen in het leerplanonderdeel Chemie: filtreren, decanteren, centrifugeren, zeven Je kan ook adsorptie aan bod laten komen. Neerslagvorming komt in het leerplanonderdeel Chemie voor bij het classificeren van chemische reacties
- ✓ Je kan vertrekken vanuit bijvoorbeeld een emmer zand opgeschept in een zandbak, een strand ...vervuld met metaalresten (waaronder magnetische en niet-magnetische), PMD, glas, organisch materiaal ...
- ✓ Je kan een bodemstaal scheiden in verschillende fracties zoals keien, zand, leem, klei ...
- ✓ Door onoplosbare zouten te vormen kan je metalen uit een oplossing isoleren als neerslag. Dit kan je behandelen in samenhang met LPD C26 (schrijven van neerslagreacties).
- ✓ Je kan combinaties van scheidingstechnieken zoals actieve kool gebruiken om bijvoorbeeld rode wijn te ontkleuren en deze daarna te destilleren.
- ✓ Je dan dit doel combineren met STEM-doelen uit de groep LPD S1 tot en met S6. De STEM-concepten (LPD S2) die hier aan bod kunnen komen: in scheidingstechnieken kan je goed materiestromen en behoud van materie waarnemen. Je kan het scheidingsproces modelleren aan de hand van een blokschema om de materiestromen aan te geven.
- ✓ Je kan dit doel combineren met STEM-doel LPD S8 (STEM-geïntegreerd probleem oplossen). De leerlingen kunnen dan bijvoorbeeld een systeem ontwikkelen voor de zuivering van afvalwater, lucht of bodem:
 - Eigenschappen van stoffen en materialen die leerlingen kunnen kennen: dichtheid, oplosbaarheid, geleidbaarheid, magnetische eigenschappen, smeltpunt, kookpunt, aggregatietoestand, deeltjesgrootte ...
 - Het is bedoeling dat leerlingen zelf een stappenschema uitwerken.
 - Je kan de efficiëntie van het systeem of het proces testen door gebruik te maken van analysetechnieken. Je kan de link maken met leerplanonderdeel Chemie.



LPD L3 De leerlingen illustreren de link tussen de aangeleerde scheidingstechnieken en verschillende toepassingsgebieden.

- ✓ Voorbeelden van toepassingsgebieden: chemische industrie, papierindustrie, landbouw, voeding, afvalverwerking, waterzuivering, zoutwinning, forensisch onderzoek ...
- ✓ Het is voldoende om de link tussen de schoolse labo-context en de industriële context te illustreren zonder industriële installaties te bestuderen.
- ✓ Het STEM-concept (LPD S2) dat hier aan bod kan komen: verschillen en gelijkenissen in structuur en functie en verhouding (schaalgrootte) wanneer de schoolse labocontext vergeleken wordt met de professionele STEM-context. Je kan hier ook de link leggen met het STEM doel LPD S10 rond interacties met de samenleving.

LPD L4 De leerlingen leggen met behulp van visualisatiemethoden het principe uit van zuivering van afvalwater, lucht of bodem.

- ✓ Het is de bedoeling om het globale zuiveringsproces uit te leggen zonder in te gaan op doorgedreven natuurwetenschappelijke verklaringen van alle deelprocessen.
- ✓ Mogelijke visualisatiemethoden: blokschema, stroomdiagram.
- ✓ Voorbeelden van zuiveringsprincipes: filters, vermijden van contaminatie (ruimte op over- of onderdruk, afsluiten ...), scheiden ...
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het gebruik van filters in auto's (olie, pollen), mondkmaskers, dampkap, stofzuiger, luchtbehandelingstoestellen ...
- ✓ Je kan aandacht besteden aan systemen zoals zuivering van zwembad en van een openluchtwembad, aan rioolwaterzuiveringsinstallatie ...
- ✓ Productie van drinkwater kan hier aan bod komen.
- ✓ Een bezoek aan een zuiveringsinstallatie kan hier een meerwaarde zijn.

4.6.2 Biochemische productietechnieken en materialen

LPD L5 De leerlingen lichten de bereidingstechnologie van een voedingsmiddel toe.

- ★ Eigenschappen van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten in functie van het productieproces
 - ✓ Voorbeelden van thermische bereidingstechnologie: koken, bakken, braden, stoven, pocheren, stomen, roosteren, au bain-marie, roken ...
 - ✓ Voorbeelden van biotechnologische bereidingstechnologieën: fermenteren, gebruik van enzymen, schimmels ...
 - ✓ Voorbeelden van eindproducten: chocolade, (cafeïnevrije) koffie, kaas, yoghurt, bier, wijn, brood ...

- ✓ Je kan rekening houden met factoren die het proces positief of negatief beïnvloeden.

LPD L6 De leerlingen maken zelf een voedingsmiddel op basis van een bereidingstechnologie.

Samenhang eerste graad: leerlingen voeren een iteratief technisch proces uit in de verschillende ervaringsgebieden waaronder biotechniek om een eenvoudig technisch systeem te realiseren vanuit behoefte(n) en criteria (I-NRT-a LPD 11).

- ✓ Het is de bedoeling dat leerlingen met behulp van een procedure een systematische aanpak hanteren.
- ✓ Voorbeelden van voedingsmiddelen die leerlingen kunnen maken: kaas, yoghurt, bier, wijn, brood ...
- ✓ Je kan de koppeling maken met het leerplandoel LPD L21 uit de rubriek 'Labo- en productiebeheer, veiligheid, milieu en organisatie' en ook aandacht besteden aan hygiënemaatregelen, HACCP
- ✓ Je kan dit doel combineren met de analysetechnieken in dit leerplanonderdeel (LPD L 1, 2, 3) ... om grondstoffen, tussenproducten en eindproducten te testen.
- ✓ Je kan dit doel combineren met STEM-doelen uit de groep LPD S1 tot en met S6.

LPD L7 De leerlingen lichten principes van bewaringstechnieken toe.

- ✓ Mogelijke principes van bewaringstechnieken: thermische interventie (koelen, pasteuriseren, steriliseren ...), gasbewaring, doorstralen, opleggen in zout of zuur ...
- ✓ Je kan ingaan op het belang van verpakkingen in functie van bewaring met bijvoorbeeld gekleurd glas voor dranken, gasdichte folies ...
- ✓ In de derde graad analyseren leerlingen informatie op product- en materiaallabels op het vlak van veiligheid, gezondheid en leefmilieu.
- ✓ Je kan de link leggen naar bewaringstechnieken voor stalen (LPD S6).

LPD L8 De leerlingen illustreren toepassingen van materialen op basis van hun eigenschappen.

★ Metalen, kunststoffen, composieten, keramische materialen

- ✓ Voorbeelden van soorten materiaaleigenschappen: mechanische eigenschappen (bijvoorbeeld treksterkte, elasticiteit), oppervlakte-eigenschappen, thermische eigenschappen, technologische eigenschappen (bijvoorbeeld recycleerbaarheid, lasbaarheid ...).
- ✓ Je dan dit doel combineren met de STEM-doelen uit de groep LPD S1 tot en met S6 en leerlingen ook eigenschappen van materialen laten onderzoeken. Het STEM-concept (LPD S2) dat hier aan bod kan komen: 'structuur en functie' van materialen.



4.7 Productiesystemen

4.7.1 Energietransport en omvorming in systemen: energiekeringen

LPD L9 De leerlingen verhelderen de opbouw en functies van energiekeringen en hun componenten in systemen uit hun leefwereld aan de hand van een blokschema.

- ★ Schema's, tekeningen, documentatie van systemen
 - Stuur- en vermogenskring; regelketen en procesketen
 - Stromen van energie, materie en informatie
 - Blokschema als model van een systeem

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD F13 (elektrische kring)

- ✓ Je kan leerlingen systemen uit hun leefwereld laten observeren zoals een frietketel, koelkast, een (centraal) verwarmingssysteem, een verbrandingsmotor uit een vervoersmiddel, een oven ...
- ✓ Hierbij raadplegen de leerlingen schema's, tekeningen, documentatie van systemen. Ze herkennen stromen van energie, materie en informatie en proberen stuur/regelkring en vermogens/proceskring te onderscheiden.
- ✓ Leerlingen kunnen in een blokschema functies van deelsystemen en componenten benoemen en de stroom van energie, materie en informatie weergeven. Leerlingen kunnen ook in- en uitgangen van een systeem identificeren.
- ✓ Energiekeringen kunnen elektrisch, pneumatisch of hydraulisch zijn.
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - structuur en functie;
 - oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
 - systemen en hun modellen;
 - stromen van materie, energie en informatie;
 - patronen.

4.7.2 Toestanden van systemen beïnvloeden: sturingen

LPD L10 De leerlingen bepalen een sturing met logische functies om een eenvoudig proces te automatiseren.

- ★ Logische functies (operatoren): NIET, (N)AND, (N)OR
 - Waarheidstabel
 - Logische vergelijking
 - Elementen van programmeertalen: variabelen, datatypes, eenvoudige gegevensstructuren
 - Debuggen

Samenhang eerste graad: leerlingen onderscheiden de bouwstenen van een digitaal systeem (I-GLI-ab LPD 1) en ontwerpen een algoritme om een eenvoudig probleem op te lossen (I-GLI-ab LPD 3). Leerlingen komen in contact met logische operatoren in de vakken Techniek en Wiskunde. Zo onderzoeken leerlingen een eenvoudige besturing en de logica erin (I-NRT-a LPD 53). Daarnaast onderzoeken ze ook de functie van sensoren en actuatoren in een technisch systeem (I-NRT-a LPD 52).

- ✓ Je kan bijvoorbeeld een niveausturing laten bedenken, of een poortsturing, temperatuurregeling van een serre ... Op basis van een zelf opgesteld (zie LPD L11) of een aangereikt algoritme dat het te automatiseren proces beschrijft, bepalen de leerlingen de digitale sturing.
- ✓ Tijdens het testen simuleren en debuggen leerlingen de sturing en interpreteren ze eventuele fouten of foutmeldingen. Je kan leerlingen leren om de aangeboden helpmogelijkheden te raadplegen.
- ✓ Je kan ook tellers en timers laten inzetten.
- ✓ Elementen van programmeertalen: operatoren, variabelen, datatypes. Voorbeelden van variabelen: ingang, uitgang, geheugeninhoud, geheugenplaats. Voorbeelden van datatypes: boolean, karakter (char), integer. Eenvoudige gegevensstructuren zoals functies en werking van een digitaal geheugen.
- ✓ Je maakt gebruik van een programmeerbare stuureenheid die aansluit bij de studierichting zoals een micro-PLC of een microcontroller (zoals Arduino).
- ✓ Je kan aandacht besteden aan betrouwbaarheid van verbindingen met sensoren en actuatoren zoals het gebruik van omgekeerde logica waarbij een logische "1" staat voor afwezigheid van signaal/alarm.
- ✓ Je kan ook de werking van een aangereikte sturing/programma/algoritme laten achterhalen of aanpassen. Aanpassen kan op verschillende niveaus: een waarde wijzigen, de invoer of uitvoer wijzigen, een controlestructuur toevoegen ...
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - systemen en hun modellen;
 - stromen van informatie.

4.7.3 Gedrag van systemen: soorten processen

LPD L11 De leerlingen stellen een algoritme op van een proces uit hun leefwereld aan de hand van computationele denkwijzen.

★ Stroomdiagramma

Controlestructuren: opsplitsen in deelstappen, opeenvolging, herhaling, keuze

Samenhang eerste graad: leerlingen ontwerpen een algoritme om een eenvoudig probleem op te lossen (I-GLI-ab LPD 3).

- ✓ Voorbeelden van processen uit de leefwereld die leerlingen kunnen analyseren: opblazen fietsband, vervangen van een batterij, installeren van een hotspot met GSM, organiseren van een sociale activiteit.



- ✓ Je kan leerlingen aangereikte algoritmes leren lezen en begrijpen alvorens er zelf een aan te passen en finaal zelf op te stellen. Aan de hand van een representatie stellen leerlingen het procesverloop voor (ze modelleren het). Er zijn verschillende manieren om een algoritme te representeren zoals via flowchart, Nassi-Schneiderman diagram, pseudocode ...
- ✓ Leerlingen gebruiken de controlestructuren die ook aan bod komen in het gemeenschappelijk leerplan informatica van de eerste graad: opeenvolging, herhaling, keuze. Daarnaast zetten ze ook concepten van computationeel denken in die ze al kennen uit de eerste graad: decompositie (taak opdelen in kleinere taken), patroonherkenning (gelijkenissen en verschillen zoeken), abstractie (veralgemenen van algoritmen, overbodigheden weglaten).
- ✓ Je kan in het stroomdiagramma de in- en uitvoer, verwerking en opslag aanduiden van materie, energie en informatie tijdens het proces. STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
 - systemen en hun modellen;
 - stromen van en/of materie en/of energie en/of informatie;
 - patronen.

LPD L12 De leerlingen onderzoeken via een stapantwoord het gedrag van een eenvoudig proces aan de hand van grafieken.

★ Statisch gedrag

Dynamisch gedrag van een proces: lineair, nulde orde, eerste orde

Tijdsconstante, dode tijd

Samenhang tweede graad: II-WisS'-da LPD 19 (functiekenmerken).

- ✓ Voorbeeld van een lineair proces: het vullen van een reservoir vanuit een leiding met constant debiet. De uitgangsgrootheid verandert lineair in functie van de tijd.
- ✓ Voorbeelden van systemen waarin grootheden zich gedragen als een nulde orde-proces: een hefboom, een overbrenging, een hydraulische pers ... In een nulde ordeproces (zonder dode tijd) is er geen tijdsvertraging tussen een verandering van de grootheid aan de ingang en de grootheid aan de uitgang.
- ✓ Eerste orde-processen zoals bij het verwarmen van een massa, het opladen van een condensator.
- ✓ Je kan via een experiment leerlingen de grafiek laten maken van de stapresponsie: $\text{Uitgangsgrootheid} = f(\text{tijd})$ voor een lineair proces en een proces van de eerste orde. Je kan via een raaklijn aan de curve de tijdsconstante grafisch laten bepalen.
- ✓ Je kan ingaan op de grootte-orde van de tijdsconstante voor verschillende processen en zo duidelijk maken dat er zeer snelle en zeer trage processen bestaan. Je kan dit illustreren door een twee bekertjes water met verschillend volume water op te warmen en het temperatuursverloop uit te zetten in functie van de tijd.

- ✓ Je kan de link leggen met voorbeelden van een dode tijd uit de leefwereld: de reactietijd in het verkeer, de tijd waarbij een volume aan koud water uitstroomt bij het openen van de warmwaterkraan bij het douchen ...
- ✓ Je kan dit doel aan bod laten komen in combinatie met de rubriek 'temperatuur en warmte' uit het leerplanonderdeel Fysica.
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen: 'systemen en hun modellen'. Je kan dit leerplandoel combineren met STEM LPD S1 → 6.

4.7.4 Grootheden in systemen meten en beïnvloeden

LPD L13 De leerlingen bepalen het gedrag van een sensor.

★ Karakteristiek van een sensor: $\text{Uitgangsgrootheid} = f(\text{Ingangsgrootheid})$

Belang van kalibratie

Belang van standaardsignalen in regelkringen

- ✓ Je kan via een experiment de grafiek laten maken van de karakteristiek van een sensor voor temperatuur, bijvoorbeeld voor een PT100: $R = f(T)$.
- ✓ Je kan de resultaten van het experiment laten vergelijken met datasheets van de fabrikant.
- ✓ Je kan het belang van kalibratie van meetsystemen aangegeven bij de meting van grootheden (bijv. kalibratie van een pH-meter). Je kan hierbij ook de functie van het twee- en driedraadsysteem bij een PT100 bespreken om de weerstandswaarde van de verbindende elektrische geleiders te compenseren bij het afregelen van de sensor.
- ✓ Het belang van standaardsignalen (bv. 4-20 mA) zodat systemen vlot met elkaar kunnen samenwerken kan besproken worden. Ook het gebruik van stroom kan aangegeven worden om signaalverlies te vermijden. Een stroomdaling onder de minimale waarde van 4 mA is een indicator van een mogelijke kabelbreuk. Je kan hierbij het veiligheidsaspect in stuur- en regelkringen aangeven: de alarmfunctie in afwezigheid van signaal.
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - verhouding in de relatie tussen ingangs- en uitgangsgrootheid (lineair verband).
- ✓ Je kan dit leerplandoel combineren met STEM LPD S1 → 6

LPD L14 De leerlingen lichten de fysische werking van een sensor voor temperatuur, voor druk en voor debiet toe.

- ✓ Je kan opteren voor sensoren die werken op basis van fysische principes die in het vak Fysica aan bod komen.
 - Je kan de werking bespreken van een Bourdonmanometer op basis van de gaswet.
 - Je kan de werking van een PT100 bespreken op basis van de Wet van Pouillet.



- Je kan de werking van een Vadometer als debietsensor bespreken op basis van de zwaartekracht, de wet van Archimedes en de stuwkracht van de vloeistof.
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - structuur en functie;
 - oorzaak en gevolg;
 - systemen en hun modellen.

LPD L15 De leerlingen lichten de werking van een hydraulische cilinder en een regelklep als actuator toe.

- ✓ Om de werking van een regelklep te illustreren kan je starten met de werking van een balkkraan. Vervolgens kan je de link leggen naar een industriële klep.
- ✓ Hydraulische cilinders zoals op een tractor, laadplatform van een vrachtwagen, heftruck, hydraulische krik.
- ✓ Het STEM-concept 'relatie tussen vorm en functie' kan hier aan bod komen:
 - diameter van de cilinder in functie van de benodigde kracht;
 - materiaalkeuze in functie van het doorstromend fluïdum.

LPD L16 De leerlingen lichten de werking van een transportsysteem voor vaste stoffen toe: rollenbaan, transportbaan, schroef van Archimedes.

- ✓ Je kan starten met transportsystemen uit de leefwereld (zoals de transportband op de kassa in de supermarkt) en zo de horizon verruimen tot industriële transportsystemen.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan mechanische overbrengingen zoals kettingoverbrenging, snaaroverbrenging, tandwieloverbrenging, tandriemoverbrenging
- ✓ Je kan aandacht besteden aan eigenschappen van overbrengingen in transportsystemen zoals overbrengingsverhouding, soort beweging (rotatie/translatie), slip ...
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - structuur en functie;
 - stromen van materie;
 - verhouding (in overbrengingen).

LPD L17 De leerlingen bepalen het gedrag van een regelaar aan de hand van grafieken:

- **aan-uit regelaar, hysteresis;**
- **proportionele regelaar.**

- ✓ Voorbeelden van 'Aan-uit regelaars': thermostaat in frietketel, strijkijzer, kookplaat ...

- ✓ Voorbeelden van proportionele regelingen (P-regelaar): vulling van een stortbak van een toilet in functie van de vlotterstand, thermostatische kraan op een radiator in een verwarmingssysteem.
- ✓ Je kan dit leerplandoel combineren met STEM-LPD S1 -> 6
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
 - systemen en hun modellen;
 - stromen van en/of materie en/of energie en/of informatie;
 - verhouding.

LPD L18 De leerlingen lichten de werking van een gestandaardiseerde regelkring toe aan de hand van een blokschema.

- ★ Meetzender, regelaar, omvormer, corrigerend orgaan

Instelwaarde, proceswaarde

Terugkoppeling

- ✓ Je kan aandacht besteden aan het digitaliseren van grootheden.
- ✓ STEM-concepten die hier aan bod kunnen komen:
 - oorzaak en gevolg, terugkoppeling;
 - systemen en hun modellen;
 - stromen van energie en informatie.

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

We vertrekken in de tweede graad vooral van de schoolcontext om in de derde graad meer uitdrukkelijk de bedrijfscontext aan bod te laten komen. Het is de bedoeling om de leerplandoelen in deze rubriek te koppelen met doelen in de andere leerplanrubrieken.

LPD L19 De leerlingen doen voorstellen om een veiligheidsrisico te verminderen in een labocontext.

- ✓ Je kan het veiligheidsrisico verminderen door de blootstelling aan het risico, de ernst van mogelijke verwondingen en de kans op aanwezigheid van het risico in overweging te nemen. Een goed hulpmiddel om leerlingen gericht te laten nadenken over risico's is de 'methode van Kinney'.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan veiligheid in het labo zoals de risico's en maatregelen bij de opslag van stoffen. Je kan de vraag stellen: "Waarin verschilt een labo van een gewoon klaslokaal?".
- ✓ Je kan etiketten en pictogrammen interpreteren bij het gebruik van producten.
- ✓ Je kan leerlingen laten nadenken over veiligheidsrisico's in labo-opdrachten.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan procedures bij noodsituaties en in gesprek gaan met de preventieadviseur over zijn/haar rol in een organisatie.



- ✓ Je maakt als leraar gebruik van de COS-brochure (Chemicaliën Op School). De leerlingen kan je de database van gevaarlijke stoffen laten raadplegen.
- ✓ Je kan dit in samenhang realiseren met het STEM-leerplandoel LPD S5 (werken met stoffen) en aandacht besteden aan veiligheidspictogrammen en H/P-zinnen.
- ✓ Het STEM-concept dat hier aan bod kan komen: oorzaak en gevolg (LPD S2).

LPD L20 De leerlingen stellen een procedure op om een reproduceerbaar resultaat te bekomen.

- ✓ Het is de bedoeling om dit leerplandoel te combineren met andere leerplandoelen die experimenteel kunnen benaderd worden bijvoorbeeld bij scheidingstechnieken, bij energetische aspecten van een reactie, bij neutralisatiereacties, bij bereidingstechnologie ...
- ✓ Je kan leerlingen een procedure laten opstellen voor de uitvoering van een labo-activiteit met aandacht voor kritische punten, kwaliteitscriteria en registratietechnieken. De mate waarin een derde persoon in staat is om de procedure correct te interpreteren kan als toets gebruikt worden voor de kwaliteit van de procedure.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan typische systematische werkwijzen waarop een organisatie de kwaliteit van haar producten of diensten bepaalt, bewaakt en verbetert zoals het beschrijven van werkwijzen in procedures, aandacht geven aan voortdurend verbeteren en het ontwikkelen van methoden om de kwaliteit te meten en op te volgen.
- ✓ Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: systemen en hun modellen, stromen van informatie (LPD S2) en met LPD S4 omwille van het belang van tolerantie en meetnauwkeurigheid.

LPD L21 De leerlingen doen voorstellen om risico's op vlak van voedselveiligheid in een proces voor de verwerking van voedingsmiddelen te verminderen.

★ Enkele goede hygiënepraktijken (GHP)

Enkele principes typisch voor HACCP

Traceerbaarheid van producten

Samenhang tweede graad: II-Biot-da LPD B3 (rol micro-organismen)

Samenhang eerste graad: de leerlingen illustreren dat biotechnische systemen ingrijpen op de ontwikkeling van (micro-)organismen in de voedingsindustrie (I-NRT-a LPD 81) en vergelijken functies van verschillende verpakkingen en conserveringstechnieken in functie van het voedingsmiddel (I-NRT-a LPD 82).

- ✓ Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met LPD L6 waarbij leerlingen een productieproces van een voedingsmiddel ontwikkelen (zie leerplanrubriek 'Biochemische productietechnieken en materialen').
- ✓ Je kan dit leerplandoel verbinden aan een observatie van risico's en maatregelen in een voedingsbereidingsproces: in de schoolkeuken, in een zorgcentrum, in een broodjeszaak, in een voedingsbedrijf ...

- ✓ Mogelijke goede hygiënepraktijken: persoonlijke hygiëne, inrichting en uitrusting van de productie-omgeving.
- ✓ Mogelijke basisprincipes van de Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) toepassen: gevaren herkennen, kritische controlepunten bepalen, verbeteringsmaatregelen voorstellen en het proces documenteren.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan typische maatregelen om de verspreiding van bacteriën tegen te gaan zoals het scheiden van vuil en proper, van koel en warm, van rauw en gekookt, de koelketen niet onderbreken bij transport van voedingsmiddelen ...
- ✓ Je kan informatie gebruiken van het Federaal Agentschap voor de veiligheid van de voedselketen (FAVV).
- ✓ Je kan aandacht besteden aan manieren waarop de traceerbaarheid in de voedingsindustrie gewaarborgd wordt 'van riek tot vork' zoals het gebruik van lotnummer en houdbaarheidsdatum. Dit gegeven kan je in verband brengen met staalname en registratie (LPD S6).
- ✓ Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: oorzaak en gevolg, terugkoppeling (LPD S2).

LPD L22 De leerlingen organiseren een aangeboden laboactiviteit door middel van aangereikte coöperatieve werkvormen met aandacht voor afval- en voorraadbeheer.

- ✓ Je kan aansluiten bij bepaalde deelaspecten in de werking van het schoollabo zoals het afvalbeheer, het voorraadbeheer bij de opslag van producten en stoffen, de voorbereiding van de labo's of projecten, de organisatie van de werkposten ...
- ✓ Je kan aandacht besteden aan registratietechnieken bij voorraad- en afvalbeheer.
- ✓ Je kan aangeven dat er in veel bedrijven in team gewerkt wordt rond het voortdurend verbeteren van werkprocessen en dat dit een belangrijk element is in kwaliteitssystemen.
- ✓ De leerlingen kunnen gebruik maken van coöperatieve werkvormen om ideeën te genereren, te selecteren en uit te werken zoals brainstormen, groepswork ...
- ✓ Je kan rollen benoemen in het groepswork zodat leerlingen zich inleven in verschillende standpunten.
- ✓ Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-concepten: oorzaak en gevolg, stromen van informatie en patronen (LPD S2).

5 Lexicon

Deeltjesmodel

In het deeltjesmodel komen de eigenschappen van de verzameling van deeltjes overeen met de bestudeerde eigenschappen van een stof. Een apart deeltje in het model heeft niet noodzakelijk dezelfde eigenschappen van de stof.

STEM-concepten



STEM-concepten worden ook wel vakoverschrijdende denkwijzen of perspectieven genoemd die technici, natuurwetenschappers en ingenieurs hanteren om uitdagingen aan te pakken of vragen te beantwoorden.

STEM-disciplines

STEM staat voor de interactie tussen drie disciplines: het natuurwetenschappelijke (S), het technisch-wetenschappelijke (TE) en het wiskundige (M).

Concept

Concepten zijn principes, wetten, beginselen, theorieën, structuren of systemen en vormen de basis van kennisopbouw.

Context

Contexten zijn concrete situaties of probleemstellingen die voor leerlingen betekenisvol zijn of kunnen worden door de uit te voeren leeractiviteiten. Contexten kunnen het leren betekenisvoller maken en bij leerlingen de motivatie en attitude versterken. Afwisseling in contexten is nodig voor transfer van kennis en vaardigheden. Een context kan een concept verduidelijken of de verbinding vormen tussen verschillende concepten.

Model

Voorstellingswijze van een systeem of verschijnsel. Voorbeelden van modellen: schetsen, schema's, plannen, tekeningen, prototypes, stroomdiagrammen, schaalmodel, wiskundige verbanden, formules ...

Prototype

Model van een ontworpen systeem om te testen en te evalueren op basis van de ontwerpcriteria. Opeenvolgende versies kunnen door aanpassingen evolueren naar een produceerbaar ontwerp.

Systeem

Een orgaan, een organisme, een stelsel, een machine, een constructie ... kan worden beschouwd worden als een systeem. Een systeem is een voorstellingswijze van een natuurlijk of technisch verschijnsel om het te onderzoeken of aan te passen. Een systeem kan uit meerdere componenten of onderdelen bestaan. Relaties tussen de componenten in een systeem kunnen samenhang en ordening vertonen. Veranderingen in systemen worden gekenmerkt door stromen en feedback. Men onderscheidt processen binnen het systeem en wisselwerking met de omgeving.

6 Basisuitrusting

Basisuitrusting verwijst naar de infrastructuur en het (didactisch) materiaal die in lessen Biotechnieken 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 hierbij een uitgangspunt. Deze 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). Deze 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. Hierbij 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 deze 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 steeds getoetst aan de pedagogisch-didactische praktijk. Ook hiervoor 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'](#).

6.1 Infrastructuur

Een leslokaal:

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

Toegang tot (mobile) devices voor leerlingen.



6.2 Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur

Om het leerplan Biotechnieken te realiseren is nodig:

- een Techniek- of STEM-lokaal (zoals aanbevolen voor de eerste graad A-stroom) of een gelijkaardig lokaal ingericht in functie van de leerplandoelen Fysica en Productiesystemen;
- een labo-infrastructuur.

Het aanwezige materiaal is geschikt voor de realisatie van de leerplandoelen en in aantal voldoende voor de grootte van de klasgroep. Omdat de leerlingen bij experimenteel werk per 2 (uitzonderlijk per 3) werken, zullen een aantal zaken in meervoud aanwezig moeten zijn. Voor de duurere toestellen kan de school zich afhankelijk van de klasgrootte beperken tot enkele exemplaren die dan in een circuitpracticum worden gebruikt. Het is aangewezen om een aantal vaste labo-opstellingen te voorzien om experimenten vlotter uit te voeren. Er worden persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen voorzien in functie van het uit te voeren practicum.

Voor de labo-infrastructuur zijn voldoende trekkasten, autoclaaf of oven, broedstoof (of incubator of verwarmingskast), koelkast, mogelijkheid en materiaal om steriel te enten, voldoende glaswerk, 2D- en 3D-modellen, preparaten, basischemicaliën, specifieke reagentia (waaronder kleurstoffen, nutriënten voor voedingsbodems, enzymen, indicatoren), tabellen ... nodig. Ook voldoende microscopen (met immersielens) zijn nodig (ca. twee personen per microscoop om basisvaardigheden in te kunnen oefenen). Relevante meet- en testbenodigdheden zijn: pH-meter, geleidbaarheidsmeter, balans, multimeters, thermometers, calorimeter.

Voor het lokaal 'Fysica en Productiesystemen': programmeerbare stuureenheden zoals micro-PLC, Arduino ..., spanningsbronnen, schakelapparatuur, schaalmodellen van overbrengingen en transportsystemen (zoals rollenbaan, schroef van Archimedes ...), klein handgereedschap, componenten en onderdelen in functie van het uit te voeren practicum en de gekozen projecten. Er worden relevante meetapparaten voor kracht (waaronder dynamometer), tijd, massa, druk, temperatuur (waaronder Pt100), debiet, spanning, stroom, weerstand voorzien.

7 Concordantie

De concordantietabel geeft aan welke leerplandoelen eindtermen (ET), cesuurdoelen (CD) en doelen die leiden naar de beroepskwalificaties (BK) realiseren. [\[zie disclaimer\]](#)

Leerplandoel	Doelen die leiden naar de beroepskwalificaties
0	BK 1.1 – BK 1.2 – BK 1.3 – BK 1.4
Leerplandoel STEM	Eindtermen, cesuurdoelen en doelen die leiden naar de beroepskwalificaties
S1	ET 6.29; ET 13.11; ET 13.12; ET 13.14; BK 2.15
S2	ET 6.30
S3	ET 6.25; BK 2.2; BK 2.5
S4	ET 6.27; BK 2.6

S5	ET 6.26; BK 2.4; BK 2.9
S6	BK 2.3; BK 2.6; BK 2.7; BK 2.14
S7	ET 6.28
S8	ET 4.5; ET 6.31; ET 13.13; CD 12.2.1
S9	ET 6.32
S10	ET 6.33
Leerplandoel Biologie	Eindtermen en doelen die leiden naar de beroepskwalificaties
B1	ET 6.22
B2	ET 6.23
B3	ET 6.23
B4	ET 6.23
B5	ET 6.24
B6	ET 6.24
B7	BK 2.1
B8	BK 2.1; BK 2.5
B9	BK 2.1
B10	BK 2.1; BK 2.2; BK 2.3
B11	BK 2.1
B12	BK 2.6
B13	BK 2.1; BK 2.15
B14	BK 2.10
B15	BK 2.10
B16	BK 2.1
B17	BK 2.1
Leerplandoel Chemie	Eindtermen en cesuurdoelen
C1	ET 6.14



C2	--
C3	ET 6.16
C4	ET 6.16; ET 6.19
C5	ET 6.16
C6	ET 6.19
C7	ET 6.19
C8	ET 6.15
C9	CD 9.2.2
C10	CD 9.2.2
C11	CD 9.2.2
C12	CD 9.2.3; CD 9.2.2; CD 9.2.4
C13	CD 9.2.3
C14	CD 9.2.1; CD 9.2.4
C15	ET 6.19; CD 9.2.1
C16	--
C17	ET 6.19; CD 9.2.1; CD 9.2.2
C18	--
C19	CD 9.2.4
C20	CD 9.2.4
C21	CD 9.2.4
C22	CD 9.2.8
C23	CD 9.2.8
C24	CD 9.2.8
C25	CD 9.2.7
C26	CD 9.2.7
C27	CD 9.2.7
C28	--
C29	CD 9.2.7

C30	CD 9.2.7
Leerplandoel Fysica	Eindtermen en doelen die leiden naar de beroepskwalificaties
F1	ET 6.14; ET 6.28
F2	ET 6.20
F3	ET 6.20
F4	ET 6.20; ET 6.28; BK 2.12
F5	BK 2.12
F6	BK 2.12
F7	ET 6.20; BK 2.12
F8	BK 2.12
F9	BK 2.12
F10	ET 6.20
F11	BK 2.12
F12	BK 2.12
F13	BK 2.12
F14	ET 6.21
F15	ET 6.21; BK 2.12
F16	ET 6.20; BK 2.12
F17	BK 2.12
F18	ET 6.18; BK 2.12
F19	ET 6.18. BK 2.12
F20	ET 6.17
F21	ET 6.17; BK 2.12
F22	ET 6.17; BK 2.15
F23	BK 2.12
F24	BK 2.12
F25	BK 2.12



F26	ET 6.20
Leerplandoel Labo&Prod	Eindtermen en doelen die leiden naar de beroepskwalificaties
L1	BK 2.10
L2	BK 2.1
L3	--
L4	BK 2.11
L5	BK 2.11
L6	BK 2.1; BK 2.4
L7	BK 2.3
L8	BK 2.11
L9	BK 2.12
L10	ET 4.5; BK 2.13
L11	ET 4.5; BK 2.11
L12	BK 2.11; BK 2.13
L13	BK 2.13
L14	BK 2.12
L15	BK 2.12; 2.13
L16	BK 2.13
L17	BK 2.13
L18	BK 2.13
L19	BK 2.8
L20	BK 2.1; BK 2.11; BK 2.15
L21	BK 2.8
L22	BK2.11; BK 2.15

7.1 Eindtermen

4.5 De leerlingen lossen een afgebakend probleem digitaal op door een aangereikt algoritme aan te passen.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Concepten van computationeel denken: decompositie, patroonherkenning, abstractie, algoritme
- Organisatie, modellering, simulatie en digitale representatie van informatie
- Debuggen (testen en bijsturen)
- Principes van programmeertalen: sequentie, herhalingsstructuur, keuzestructuur
- Elementen van programmeertalen: variabelen, datatypes, operatoren

*Procedurele kennis

- Toepassen van principes van computationeel denken: decompositie, patroonherkenning, abstractie, algoritme
- Toepassen van principes van organisatie, modellering, simulatie en digitale representatie van informatie
- Toepassen van principes van debuggen (testen en bijsturen)
- Toepassen van principes van programmeertalen: sequentie, herhalingsstructuur, keuzestructuur
- Toepassen van controlestructuren en eenvoudige gegevensstructuren bij het aanpassen van algoritmen
- Toepassen van principes om algoritmen aan te passen en te implementeren in een programmeeromgeving

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

6.14 De leerlingen onderzoeken stoffen in het dagelijkse leven aan de hand van stoffeigenschappen en scheidingstechnieken.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Zuivere stof, mengsel
- Stoffeigenschap
- Massadichtheid, smeltpunt, kookpunt
- Scheidingstechniek

*Conceptuele kennis

- Onderscheid tussen een zuivere stof, een bestanddeel en een mengsel
- Zuivere stoffen, mengsels en scheidingstechnieken in het dagelijkse leven
- Soorten mengsels: homogene en heterogene mengsels zoals aerosols (rook, nevel), oplossing, schuim, suspensie, emulsie
- Stoffeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, deeltjesgrootte en andere zoals geleidbaarheid, oplosgedrag van stoffen
- Principe van scheidingstechnieken: filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen, zeven

*Procedurele kennis

- Kiezen van de geschikte scheidingstechniek(en) om bestanddelen uit mengsels te scheiden
- Uitvoeren van scheidingstechnieken zoals filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen, zeven

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.



Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

6.15 De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen te beschrijven.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Namen en symbolen van elementaire deeltjes: proton, neutron, nucleonen, elektron
- Symbolische voorstelling van een atoom met atoomnummer en massagetal

*Conceptuele kennis

- Atoomkern
- Energieniveau
- Massagetal en atoomnummer

*Procedurele kennis

- Gebruiken van het PSE

Met inbegrip van context

- De eerste 18 elementen van het PSE komen aan bod.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

6.16 De leerlingen interpreteren chemische formules in termen van atomen en moleculen.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Namen en symbolen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be

*Conceptuele kennis

- Molecule als samenstelling van atomen
- Chemische formule: brutoformule
- Onderscheid tussen een index en een coëfficiënt

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

6.17 De leerlingen gebruiken de wet van behoud van energie kwalitatief en kwantitatief om energieomzettingen, rendement en vermogen in systemen te beschrijven.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Energie, vermogen, rendement

- Gravitationele energie, elastische energie, kinetische energie, chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie, elektrische energie
- Wet van behoud van energie
- Formules
 - > Gemiddeld vermogen $P = \Delta E / \Delta t$
 - > Rendement $\eta = E_{\text{nuttig}} / E_{\text{totaal}}$

***Conceptuele kennis**

- Verbanden tussen energie, rendement en vermogen inclusief formules voor gemiddeld vermogen $P = \Delta E / \Delta t$ en rendement $\eta = E_{\text{nuttig}} / E_{\text{totaal}}$
- Soorten energie: gravitationele energie, elastische energie, kinetische energie, chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie, elektrische energie
- Wet van behoud van energie, energiebalans
- Energiedissipatie, open en geïsoleerde systemen
- Energie-eenheden die niet in het SI voorkomen: kilowattuur, kilocalorie

***Procedurele kennis**

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Berekeningen maken m.b.t. vermogen, energie en rendement
- Kwalitatief opstellen van de energiebalans bij een energieomzetting

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

6.18 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot thermodynamica om fenomenen en toepassingen ervan uit het dagelijkse leven te verklaren.

Met inbegrip van kennis

***Feitenkennis**

- Temperatuur, thermische energie, warmte
- Thermisch evenwicht

***Conceptuele kennis**

- Temperatuur, thermische energie, warmte en kwalitatieve verbanden ertussen
- Warmtebalans, thermisch evenwicht
- Temperatuursveranderingen en faseovergangen aan de hand van het deeltjesmodel
- Veiligheidsaspecten

***Procedurele kennis**

- Gebruiken van concepten om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen



6.19 De leerlingen interpreteren chemische reacties in termen van materie- en energieuitwisselingen aan de hand van waarnemingen en voorbeeldreacties uit het dagelijkse leven.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Courante triviale namen van stoffen zoals zuurstofgas, zoutzuur, ammoniak, soda, koolzuur, stikstofgas, alcohol, azijnzuur, ozon
- Namen en chemische formules van stoffen: CO, CO₂, H₂O, O₂ en andere zoals O₃, NaCl, N₂, CH₄, NH₃

*Conceptuele kennis

- Principe van een chemische reactie als een herschikking van atomen en vorming van nieuwe stoffen
- Voorstellingswijze van een chemische reactie
- Reagentia en reactieproducten
- Onderscheid tussen een index en een coëfficiënt
- Wet van behoud van massa
- Onderscheid tussen een exo-energetische en een endo-energetische reactie
- Energiediagram

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met contexten van verschillende stofklassen zoals zuren, basen, oxidatiemiddelen, metalen, niet-metalen en edelgassen gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

6.20 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot mechanica om fenomenen en toepassingen ervan uit het dagelijkse leven te verklaren.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Kracht, snelheid, versnelling
- Vector, grootte, richting, zin, aangrijpingspunt
- Druk, hydrostatische druk, atmosferische druk
- Decibel
- Formule voor druk $p=F/A$

*Conceptuele kennis

- Kracht en beweging
 - > Kracht, snelheid en versnelling
 - > Kracht en snelheid als vectoriële grootheden
 - > Grootte, richting, zin, aangrijpingspunt
 - > Resulterende kracht
 - > Eerste wet van Newton
 - > Tweede wet van Newton: dynamische effecten van een kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen
- Druk
 - > Druk als grootte van de kracht per oppervlakte inclusief formule $p=F/A$
 - > Hydrostatische druk, atmosferische druk

- > Beginsel van Pascal
- Geluid
 - > Principe van de decibelschaal
 - > Geluidssnelheid
- Veiligheidsaspecten

*Procedurele kennis

- Gebruiken van concepten om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken i.f.v. de andere
- Tekenen van krachten als vectoren
- Werken met vectoriële grootheden
 - > Bepalen van de richting en de zin van een vectoriële grootheid
 - > Grafisch samenstellen van vectoren in één en twee dimensies, zonder berekeningen

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

6.21 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot optica om fenomenen en toepassingen ervan uit het dagelijkse leven te verklaren.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Weerkaatsing, breking

*Conceptuele kennis

- Rechthoekige voortplanting van het licht
- Weerkaatsing, breking
- Veiligheidsaspecten

*Procedurele kennis

- Gebruiken van concepten om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

6.22 De leerlingen leggen aan de hand van een voorbeeld biologische feedback uit.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Positieve feedback, negatieve feedback

*Conceptuele kennis

- Rol en werking van organen in een feedbacksysteem



- Principe van biologische feedback

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

6.23 De leerlingen leggen de rol van micro-organismen uit.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Virus, bacterie, schimmel
- Antibiotica

*Conceptuele kennis

- Diversiteit van micro-organismen: virussen, bacteriën en schimmels
- Antibiotica en antibioticaresistentie
- Microbioom
- De rol van micro-organismen in verschillende domeinen zoals ecologie, geneeskunde, industriële productie, voedingstechnologie, biotechnologie

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

6.24 De leerlingen bespreken bij de mens de bevruchting en factoren die de ontwikkeling van embryo en foetus beïnvloeden.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Eicel, zaadcel

*Conceptuele kennis

- Stamcel, eicel, zaadcel
- Zygote, embryo, foetus
- Beïnvloedende factoren: gezondheidsgedrag, leefmilieu

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

6.25 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen om te observeren, te meten, te experimenteren en te onderzoeken in wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Hulpmiddelen en meetinstrumenten verbonden aan eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit

*Procedurele kennis

- Gebruiken van hulpmiddelen en meetinstrumenten verbonden aan eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit zoals gereedschappen, weegschaal, meetlat, maatbeker, chronometer

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

Psychomotorische dimensie: Een vaardigheid zelfstandig uitvoeren: bewegingen/handelingen worden meer automatisch uitgevoerd, zijn vloeiend, betrouwbaar en efficiënt. Essentiële elementen van de beweging/handeling zijn regelmatig aanwezig.

6.26 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, chemische stoffen en technische en biologische systemen.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Veiligheidspictogrammen

*Conceptuele kennis

- H/P-zinnen

*Procedurele kennis

- Gebruiken en indien nodig onderhouden van technische systemen zoals handwerkgereedschappen, glaswerk, meetinstrumenten, computers
- Gebruiken van informatie zoals instructiekaarten, pictogrammen, symbolen, onderhoudsvorschriften, handleidingen en (werk)tekeningen
- Toepassen van goede praktijken zoals
 - > Ordelijk werken, productetiketten interpreteren
 - > Alert zijn voor energie die kan vrijkomen onder de vorm van warmte, geluid, straling, elektriciteit
- Omgaan met chemisch en biologisch afval

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

Psychomotorische dimensie: Een vaardigheid uitvoeren na instructie of uit het geheugen: de meest essentiële elementen van de beweging/handeling zijn aanwezig, maar nog niet consequent.

6.27 De leerlingen gebruiken op een gepaste manier meetwaarden, grootheden en eenheden in wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Symbolen van grootheden en (SI-) eenheden uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit

*Conceptuele kennis

- Meetnauwkeurigheid

*Procedurele kennis

- Gebruiken van relevante symbolen van grootheden en (SI-) eenheden uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit
- Herleiden van courante eenheden



- Schatten van grootheden aan de hand van referentiepunten

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

6.28 De leerlingen onderzoeken verbanden tussen grootheden op kwantitatieve wijze.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Namen en symbolen van grootheden en eenheden uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit

*Conceptuele kennis

- Recht en omgekeerd evenredig verband
- Lineair verband, kwadratisch verband van de vorm $f(x) = ax^2$ (met $a \in \mathbb{R}_0$)

*Procedurele kennis

- Opstellen en interpreteren van grafieken en formules
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere

Met inbegrip van context

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.
- Verbanden tussen grootheden zoals tussen massa en volume of inhoud komen aan bod.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

6.29 De leerlingen passen een wetenschappelijke methode toe om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit
- Wetenschappelijke methode

*Procedurele kennis

- Definiëren en afbakenen van de probleemstelling
- Formuleren van een onderzoeksvraag en hypothese
- Opstellen en uitvoeren van een onderzoeksplan en experiment
- Waarnemen en verzamelen van data
- Analyseren van data
- Conclusies trekken op basis van data die grafisch en op andere manieren worden weergegeven: grafieken, tabellen en diagrammen
- Formuleren van conclusie(s) als verklaring of antwoord op de oorspronkelijke onderzoeksvraag
- Reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

Psychomotorische dimensie: Een vaardigheid uitvoeren na instructie of uit het geheugen: de meest essentiële elementen van de beweging/handeling zijn aanwezig, maar nog niet consequent.

6.30 De leerlingen analyseren natuurlijke en technische systemen aan de hand van aangereikte STEM-concepten.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit
- Natuurlijke en technische systemen
- STEM-concepten (cross-cutting concepts)
 - > Energie, materie en informatie
 - > Oorzaak en gevolg, terugkoppeling
 - > Patronen
 - > Verhouding en hoeveelheid
 - > Stabiliteit en verandering
 - > Structuur en functie
 - > Systemen en modellen

*Procedurele kennis

- Identificeren van het behoud en omzetting van materie, energie of informatie in en tussen systemen
- Identificeren van (causale) verbanden en terugkoppeling om te verklaren en te voorspellen
- Herkennen van regelmaat om gegevens te ordenen en systemen te evalueren
- Herkennen van de invloed van schaal, proportie en aantal op de eigenschappen van systemen
- Bepalen van de invloed van verstoringen op systemen, terugkoppeling
- Leggen van de relatie tussen de vorm en de opbouw van dat systeem met de eigenschappen en de functie van dit systeem en vice versa
- Benaderend weergeven van fenomenen door af te bakenen en te modelleren

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

6.31 De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door concepten en praktijken uit verschillende STEM-disciplines geïntegreerd aan te wenden.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijk, technologische en STEM- concepten uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit

*Procedurele kennis

- Toepassen van probleemoplossende strategieën
 - > Definiëren van het probleem
 - > Bepalen van criteria voor de oplossing
 - > Identificeren van deelproblemen en erbij horende wiskundige, wetenschappelijke of technologische concepten
 - > Bedenken van mogelijke oplossingen voor deelproblemen
 - > Testen, evalueren en bijsturen van de totaaloplossing



- > Toepassen van wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en STEM- concepten en praktijken om deelproblemen op te lossen
- > Integreren van deeloplossingen
- > Testen, evalueren en bijsturen van de totaaloplossing

Met inbegrip van context

- Elke STEM-discipline komt ten minste één maal geïntegreerd aan bod.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

6.32 De leerlingen beargumenteren vanuit verschillende invalshoeken keuzes bij het gebruik van technische systemen.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit
- Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk

*Procedurele kennis

- Toepassen van criteria om een geschikte keuze te bepalen

*Metacognitieve kennis

- Eigen normen en waarden

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau evalueren

Affectieve dimensie^o: Voorkeur tonen voor en belang hechten aan waarden, opvattingen, gedragingen, gebeurtenissen, informatie, taken, strategieën ...

6.33 De leerlingen leggen aan de hand van concrete maatschappelijke uitdagingen de wisselwerking tussen STEM-disciplines onderling en tussen STEM-disciplines met de maatschappij uit.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit
- Relatie tussen maatschappelijke behoeften, keuzes en STEM-toepassingen
- Dynamiek tussen de STEM-disciplines onderling
- Wiskunde, wetenschappen en technologie als onderdeel van de culturele ontwikkeling
- Belang van interdisciplinariteit en multiperspectiviteit bij het aanpakken van de grote uitdagingen
- Systeemdenken

Met inbegrip van context

- Contexten zoals klimaatverandering, hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, onderwijs, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceaanvervuiling komen aan bod.

- De duurzame ontwikkelingsdoelen zoals geformuleerd door de internationale gemeenschap worden aangereikt (SDG's, sustainable development goals).

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

13.11 De leerlingen formuleren, na analyse van een aangereikt probleem, een onderzoeksvraag en een hypothese.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Onderzoeksvraag
- Hypothese
- Invalshoeken om een probleem te bekijken
- Criteria voor een onderzoeksvraag zoals onderzoekbaar, haalbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt, vraagvorm
- Criteria voor een hypothese zoals toetsbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt

*Procedurele kennis

- Toepassen van criteria bij de formulering van een onderzoeksvraag en een hypothese
- Toepassen van principes van inductief en deductief redeneren
- Uitvoeren van een probleemanalyse

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

13.12 De leerlingen voeren een onderzoekstechniek uit om digitale en niet-digitale gegevens te verwerven in functie van een onderzoeksvraag.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Soorten onderzoekstechnieken: experiment en meting en andere technieken zoals observatie, interview, enquête, algoritme

*Procedurele kennis

- Toepassen van een onderzoekstechniek

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

13.13 De leerlingen voeren een zelfgekozen en geschikte oplossingsstrategie uit in functie van een onderzoek of een probleem.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Algoritme, heuristiek
- Criteria om een geschikte oplossingsstrategie te bepalen zoals doelstellingen, beschikbaarheid van gegevens, tijd, middelen



*Procedurele kennis

- Toepassen van specifieke oplossingsstrategieën en specifieke vuistregels
- Toepassen van criteria om een geschikte oplossingsstrategie te bepalen
- Toepassen van reflectievaardigheden

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau evalueren

13.14 De leerlingen formuleren een conclusie bij een onderzoeksvraag en een antwoord op een hypothese op basis van eigen onderzoeksresultaten.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Criteria voor een conclusie zoals onderzoeksgebaseerd, bondig, relevant, eenduidig, gestructureerd

*Procedurele kennis

- Gebruiken van voorkennis
- Gebruiken van de tijdens het onderzoek verworven informatie
- Toepassen van criteria voor het formuleren van een conclusie

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

7.2 Cesuurdoelen

9.2.1 De leerlingen classificeren organische en anorganische stoffen zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Vakterminologie inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder
 - > Namen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be
 - > Courante triviale namen van stoffen zoals zuurstofgas, zoutzuur, loogoplossing, ammoniak, salpeterzuur, zwavelzuur, fosforzuur, soda, koolzuur, stikstofgas, ozon
- Symbolen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be
- Regels van de IUPAC-naamgeving
- Regels voor stocknotatie bij ionverbindingen
- Regels voor naamgeving met Griekse telwoorden bij moleculaire stoffen

*Conceptuele kennis

- Zuren als een samenstelling van proton(en) + zuurrest
- Hydroxiden als een samenstelling van een metaalion + hydroxide-ion(en)
- Zouten als een samenstelling van een metaalion + zuurrest
- Oxiden als een samenstelling van een metaal of niet-metaal + zuurstofato(o)m(en)
- Chemische structuur van koolwaterstoffen
- Chemische structuur van alcoholen, carbonzuren

- Soorten chemische formules: structuurformule, brutoformule, formule eenheid, skeletnotatie

Met inbegrip van context

- Voor anorganische en monofunctionele (alcoholen, carbonzuren) organische stoffen gebeurt de classificatie op basis van de structuurformule, de brutoformule, de naam.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Begrijpen

9.2.2 De leerlingen gebruiken het PSE om eigenschappen van atomen en ionen af te leiden.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Vakterminologie inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder groep, periode, valentie-elektron, edelgasconfiguratie, atoomnummer, atoommassa, metaal, niet-metaal, edelgas

*Conceptuele kennis

- Opbouw van het PSE in functie van een atoommodel
- Groep, periode
- Valentie-elektronen, edelgasconfiguratie
- Eigenschappen: massa van een atoom, ionvorming
- Onderscheid tussen een atoom en een ion
- Eigenschappen van atomen
 - > Metaal- en een niet-metaalkarakter, elektronegativiteit
 - > Ionlading

*Procedurele kennis

- Leggen van het verband tussen de plaats van een element in het PSE en de eigenschappen ervan

Met inbegrip van context

- Elementen uit de a-groepen en de edelgassen komen aan bod.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Toepassen

9.2.3 De leerlingen stellen chemische formules op voor anorganische stoffen.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Vakterminologie inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder namen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be
- Symbolen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be

*Conceptuele kennis

- Soorten chemische bindingen: ionbinding, covalente binding, metaalbinding
- Oxidatiegetal
- Elektronegativiteit



- Onderscheid tussen een index en een coëfficiënt
- Soorten chemische formules: structuurformule, brutoformule, formule eenheid, skeletnotatie

*Procedurele kennis

- Gebruiken van het PSE
- Opstellen van Lewisstructuren
- Opstellen van chemische formules van anorganische stoffen

Met inbegrip van context

- Beperkt tot binaire stoffen

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Toepassen

9.2.4 De leerlingen leggen het verband tussen de structuur en de eigenschappen van stoffen.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Vakterminologie inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder polariteit

*Conceptuele kennis

- Polariteit (afbakenen tot di-atomisch)
- Water als dipoolmolecule
- Stofeigenschappen: kookpunt, smeltpunt, het oplosgedrag van stoffen, geleidbaarheid, zuur-base eigenschappen, ionisatie en dissociatie eigenschappen
- Elektrolyten
- Ionrooster, molecuulrooster, atoomrooster, metaalrooster

Met inbegrip van context

- Het cesuurdoel wordt met studierichtings specifieke context gerealiseerd.
- De chemische structuur wordt aangereikt.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Begrijpen

9.2.7 De leerlingen stellen een reactievergelijking op.

Met inbegrip van kennis

*Feitenkennis

- Vakterminologie inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder
 - > Oxidator, reductor, oxidatie, reductie
 - > Namen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be
- Symbolen van elementen uit het PSE: H, He, C, N, O, P, Ne, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Au, Hg, Pb, F, I, U, Sn, Li, Cd, Ar, Si, Be
- Notatie van aggregatietoestanden in chemische reacties

*Conceptuele kennis

- Naamgeving van anorganische stoffen en ionen

- Chemische formules: brutoformule, structuurformule
- Principe van een zuur-basereactie, een neerslagreactie en een redoxreacties
- Wet van behoud van massa

**Procedurele kennis*

- Gebruiken van het PSE
- Opstellen van eenvoudige redoxvergelijkingen tussen enkelvoudige stoffen
- Opstellen van eenvoudige zuur-basereacties en eenvoudige neerslagreacties: schrijven van chemische formules en balanceren van de reactie

Met inbegrip van context

- Het cesuurdoel wordt met context gerealiseerd
- De volgende gegevens worden aangereikt
 - > De reagentia
 - > De aggregatietoestanden van alle stoffen
 - > In geval een redoxreactie: de namen of chemische structuur van reagentia en reactieproducten
 - > Een tabel van goed en slecht oplosbare stoffen

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Toepassen

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

Met inbegrip van kennis

**Feitenkennis*

- Vakterminologie inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder
 - > Molaire concentratie, massaprocent, massadichtheid
 - > Namen van grootheden, SI-eenheden en andere eenheden
- Symbolen van grootheden, SI-eenheden en andere eenheden

**Conceptuele kennis*

- Mol
- Molaire massa
- Getal van Avogadro
- Molaire concentratie
- Massaprocent
- Massadichtheid

**Procedurele kennis*

- Gebruiken van het PSE
- Gebruiken van een formularium
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Rekenen met verhoudingen
- Omzetten van concentratie-eenheden

Met inbegrip van context

- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.



Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Toepassen

12.2.1 De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een technisch probleem door inzichten, concepten en vaardigheden uit verschillende STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.

Met inbegrip van kennis

*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en computationele concepten uit de studierichtingspecifieke cesuurdoelen
- Technisch proces

*Procedurele kennis

- Definiëren van het probleem, de behoefte
- Bepalen van criteria en specificaties
- Opstellen van een planning
- Bedenken van mogelijke technische modellen rekening houdend met de bepaalde criteria en de bepaalde specificaties
- Analyseren van de oplossingen om een optimaal ontwerp te selecteren
- Realiseren van het prototype met richtingspecifieke materialen, systemen en technieken
- Testen en evalueren van het prototype aan de hand van opgestelde modellen, de bepaalde criteria en de bepaalde specificaties
- Toepassen van een iteratief technisch proces
- Toepassen van wetenschappelijke onderzoeksmethoden om gefundeerde beslissingen te nemen
- Toepassen van computationele vaardigheden zoals het opstellen van een flowchart (stroomdiagram), programmeren, modelleren en simuleren aan de hand van ICT
- Geïntegreerd toepassen van wiskundige, wetenschappelijke, technologische en computationele inzichten, concepten en vaardigheden
- Toepassen van reflectievaardigheden

Met inbegrip van context

- De technische problemen zijn gerelateerd aan een technisch systeem.
- Elke STEM-discipline komt tenminste met één andere STEM-discipline geïntegreerd aan bod.
- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Creëren

Psychomotorische dimensie: Een vaardigheid uitvoeren na instructie of uit het geheugen: de meest essentiële elementen van de beweging/handeling zijn aanwezig, maar nog niet consequent.

7.3 Doelen die leiden tot een of meer beroepskwalificaties

1.1 Werken in een teamverband (organisatiecultuur, communicatie, procedures)

1.2 Kwaliteitsbewust handelen

1.3 Economisch en duurzaam handelen

1.4 Veilig, ergonomisch en hygiënisch handelen

2.1 De leerlingen hanteren met behulp van een procedure een systematische aanpak

met aandacht voor:

- principes van kwaliteitszorg;
- kennis van werkingsprincipes van meetsystemen en gebruik van laboratoriummaterialen;
- meet- en testtechnieken.

2.2 De leerlingen voeren het basisonderhoud uit van het aangegeven (laboratorium)materieel en meet- en controle-instrumenten conform de richtlijnen beschreven in de werkwijze

met aandacht voor:

- kalibratie van meettoestellen;
- onderhoudsvoorschriften;
- sorteerrichtlijnen voor afval;
- veiligheidsinstructies bij gebruik van onderhoudsproducten.

2.3 De leerlingen nemen stalen conform de voorgeschreven procedure

met aandacht voor:

- registratietechnieken;
- procedures voor staalname;
- hulpmiddelen voor staalname;

met inbegrip van kennis van: bewaringstechnieken van stalen.

2.4 De leerlingen selecteren reagentia en (laboratorium)materieel en maken deze gebruiksklaar in functie van de analyses

met aandacht voor: veiligheidspictogrammen, etikettering en productidentificatie.

2.5 De leerlingen gebruiken het aangegeven (laboratorium)materieel, meet- en controle-instrumenten en reagentia conform de voorgeschreven procedure.

2.6 De leerlingen vergelijken resultaten van metingen met richtwaarden.

met aandacht voor: conversie van meeteenheden.

2.7 De leerlingen gebruiken informaticatoepassingen voor de opvolging van practica en labo-activiteiten.

2.8 De leerlingen voeren een eenvoudige risicoanalyse uit.

2.9 De leerlingen hanteren gevaarlijke producten volgens het laboreglement

met aandacht voor:

- regels voor veilige bewaring en opslag van stoffen;
- persoonlijke beschermingsmiddelen.

2.10 De leerlingen voeren eenvoudige analyses uit volgens een procedure, evalueren en registreren de resultaten

met aandacht voor:

- principes van scheidingstechnieken en eenvoudige analyse zoals pH-meting;
- eigenschappen van stoffen, te beproeven materialen.

2.11 De leerlingen lichten het verloop van productie- en logistieke processen toe



met aandacht voor:

- visualiseringsmethoden zoals een stroomdiagram, blokschema;
- eigenschappen van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten in functie van het productieproces.

2.12 De leerlingen lichten fysische principes toe bij energiekeringen in productie- en procesinstallaties.

2.13 De leerlingen automatiseren een eenvoudig proces door sturen of regelen

met aandacht voor:

- gedrag van een proces;
- met inbegrip van kennis van:
 - de functie van sensoren, functie van regelaar/stuureenheid, actuator;
 - logische functies om een proces te automatiseren.

2.14 De leerlingen reageren adequaat bij onverwachte storingen van materieel of situaties tijdens het uitvoeren van een practicum.

2.15 De leerlingen rapporteren mondeling en/of schriftelijk aan medeleerlingen en leraar.

Inhoud

1	Algemene inleiding	5
1.1	Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten	5
1.2	De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs	5
1.3	Ruimte voor leraren(teams) en scholen	6
1.4	Differentiatie	7
1.5	Opbouw van de leerplannen.....	8
1.6	Tot slot	8
2	Situering	9
2.1	Samenhang met de eerste graad	9
2.2	Samenhang in de tweede graad	9
2.2.1	Samenhang binnen de studierichting	9
2.2.2	Samenhang met andere leerplannen Natuurwetenschappen binnen de finaliteit.....	9
2.2.3	Samenhang over de finaliteiten heen	10
2.3	Plaats in de lessentabel.....	10
3	Pedagogisch-didactische duiding	11
3.1	Natuurwetenschappen en het vormingsconcept	11
3.2	Krachtlijnen	12
3.3	Opbouw.....	12
3.4	Leerlijnen.....	15
3.4.1	Samenhang met de eerste graad	15
3.4.2	Samenhang in de tweede graad	16
3.5	Aandachtspunten.....	17
3.5.1	Oriëntatie van het leerplan.....	17
3.5.2	Samenhang tussen wetenschappen	17
3.5.3	Leerplanformularium	21
4	Leerplandoelen	22
4.1	STEM-doelen	22
4.2	Biologie.....	31
4.2.1	Biologische feedback.....	31
4.2.2	Rol van micro-organismen	32
4.2.3	Voortplanting	33
4.3	Labo biologie	34
4.3.1	Microscopie.....	34

4.3.2	Labo microbiologie.....	35
4.3.3	Biotechnische productie	37
4.3.4	Voedingsstoffen en voedingsmiddelentechnologie.....	38
4.4	Chemie	40
4.4.1	Mengsels en zuivere stoffen	40
4.4.2	Aspecten van een chemische reactie.....	42
4.4.3	Bouw en eigenschappen van atomen.....	43
4.4.4	De chemische bindingen	44
4.4.5	Indeling van samengestelde stoffen	45
4.4.6	Eigenschappen van stoffen	47
4.4.7	Kwantitatieve aspecten.....	48
4.4.8	Reactiesoorten	49
4.5	Fysica.....	50
4.5.1	Verbanden tussen grootheden	50
4.5.2	Kracht en verandering van beweging	51
4.5.3	Statica van systemen.....	55
4.5.4	Druk.....	55
4.5.5	Elektrische systemen.....	56
4.5.6	Licht en straling.....	58
4.5.7	Gasdruk	59
4.5.8	Energietransport: warmte en temperatuur.....	59
4.5.9	Energieomzetting en transport.....	61
4.5.10	Elektrische energiekringen.....	62
4.5.11	Eenparig cirkelvormige beweging.....	63
4.5.12	Geluid	63
4.6	Labo- en productietechnieken	64
4.6.1	Analysetechnieken en milieutechnologie	64
4.6.2	Biochemische productietechnieken en materialen	66
4.7	Productiesystemen	68
4.7.1	Energietransport en omvorming in systemen: energiekringen	68
4.7.2	Toestanden van systemen beïnvloeden: sturingen	68
4.7.3	Gedrag van systemen: soorten processen.....	69
4.7.4	Grootheden in systemen meten en beïnvloeden	71
4.8	Labo- en productiebeheer: veiligheid, milieu, kwaliteit, organisatie	73
5	Lexicon	75

6	Basisuitrusting	76
6.1	Infrastructuur	77
6.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur	78
7	Concordantie	78
7.1	Eindtermen.....	82
7.2	Cesuurdoelen	94
7.3	Doelen die leiden tot een of meer beroepskwalificaties	98