

Technologische wetenschappen en engineering B+S

3de graad D-finaliteit
III-TWE-d

BRUSSEL

D/2024/13.758/222

Versie oktober 2024

1 Inleiding

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

1.1 Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten

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

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

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

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

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

1.2 De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs

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

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



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

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



1.3 Ruimte voor leraren(teams) en scholen

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

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

1.4 Differentiatie

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

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

Differentiatie door te verdiepen en te verbreden

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

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

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

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

Differentiatie door de leeromgeving aan te passen

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

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

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

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

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

Differentiatie in evaluatie

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

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



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

1.5 Opbouw van leerplannen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2 Situering

2.1 Samenhang in de derde graad

2.1.1 Samenhang binnen de studierichting Technologische wetenschappen en engineering

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen, toepassingen en realisaties. De leerlingen ervaren die kruisverbanden door vakoverschrijdende werkwijzen te hanteren. Dat kan je als leraar realiseren door de leerplandoelen van het leerplan Technologische wetenschappen en engineering te combineren met leerplandoelen uit het leerplan Wiskunde, Natuurwetenschappen...

2.1.2 Samenhang over de finaliteiten heen

D-finaliteit	D/A-finaliteit	A-finaliteit
Ontwikkelen van wiskundig, (empirisch) natuur- en technisch-wetenschappelijk denken en vaardig zijn: • onderzoekend • experimenterend • exploratief	Ontwikkelen van technologisch denken en vaardig zijn (techniek/wetenschap): • onderzoekend • toegepaste wiskunde en wetenschappen • diagnose	Ontwikkelen van technisch-operationele vaardigheden en kennis van materialen en gereedschappen
Transfertigericht in ontwikkeling	Contextgericht in implementatie	Taakgericht in concretisering
Denken in functie van het concept, modelleren (prototype)	Denken in functie van het proces	Denken in functie van het product
Groei in complexiteit en transfert	Groei in complexiteit van processen	Groei in verfijning van de specialisatie

Een vergelijking tussen de studierichtingen Technologische wetenschappen en engineering (D-finaliteit), Mechatronica (D-finaliteit) en Informatica en communicatiewetenschappen (D-finaliteit).

Technologische wetenschappen en engineering	Mechatronica	Informatica en communicatiewetenschappen
Een zeer uitgebreide set leerplandoelen Fysica met aandacht voor het modelleren en engineeren: • elektromagnetisme • elektrodynamica • elektronica • mechanica • fluidomechanica • thermodynamica • trillingen en golven	Een uitgebreide set leerplandoelen Fysica te realiseren met aandacht voor industriële toepassingen en ontwikkelingen: • elektromagnetisme • elektrodynamica • elektronica • mechanica • fluidomechanica	Een uitgebreide set leerplandoelen Fysica te realiseren met aandacht voor de hardware van sturingen en programmeereenheden: • elektromagnetisme • elektrodynamica • elektronica
Leerplandoelen informaticawetenschappen: • algoritmen en programmeren met o.a. numerieke methodes	Leerplandoelen informaticawetenschappen: • algoritmen en programmeren • pakket uit datacommunicatie, computer- en netwerkarchitectuur	Een zeer uitgebreide set leerplandoelen informaticawetenschappen: • algoritmen en programmeren met o. a. numerieke methodes • softwareontwikkeling



		• datacommunicatie, computer- en netwerkachitectuur
--	--	---

2.2 Plaats in de lessentabel

Het leerplan is gebaseerd op minimumdoelen van de basisvorming en specifieke minimumdoelen.

Het leerplan is gericht op 15 graaduren en is bestemd voor de studierichting Technologische wetenschappen en engineering. Een evenwichtige verhouding van onderdelen in het leerplan, zonder in een strakke opdeling in vakken te vervallen, versterkt het pedagogisch-didactisch proces. De vertaling van de leerplandoelen in een uitdagend aanbod is een opdracht van de school en zijn lerarenteam (vakgroep). De onderlinge verdeling en de aandacht die elk doel krijgt, maken deel uit van die oefening. Dit leerplan geeft geen indicatie over de intensiteit waarmee een doel kan worden behandeld. Bepaalde doelen zullen meer onderwijstijd vragen dan andere.

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

3 Pedagogisch-didactische duiding

3.1 Technologische wetenschappen en engineering en het vormingsconcept

Het leerplan Technologische wetenschappen en engineering is ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialogeschool. In het leerplan ligt de nadruk op de natuurwetenschappelijke en technisch-technologische vorming en er is een sterke verbinding met de wiskundige vorming en maatschappelijke vorming. De wegwijzers duurzaamheid en verbeelding maken er inherent deel van uit.

Natuurwetenschappelijke en technische vorming

Via het leerplan Technologische wetenschappen en engineering en leerplandoelen natuurwetenschappen in het curriculum worden jongeren in staat gesteld om op een methodische wijze betrouwbare kennis te verwerven. Door het inzetten van contextrijke wetenschappelijke concepten leren leerlingen een fysische werkelijkheid of een natuurlijk fenomeen te vatten. Daarnaast leren ze om wetenschappelijke, technologische en wiskundige inzichten in te zetten bij hun technische realisaties. Verwondering, het voeden van nieuwsgierigheid zijn een belangrijke motor om hun realisaties technisch en wetenschappelijk te beschrijven en te verklaren.

In natuurwetenschappelijke en technische vorming wordt kennis opgebouwd vanuit een wetenschappelijke methode. Het onderzoekend leren of leren onderzoeken wordt in het lesgebeuren geïntegreerd. Leerlingen leren in een contextrijke leeromgeving en aan de hand van hulpmiddelen en meetinstrumenten observeren, meten, onderzoeken en experimenteren. Ze leren op een veilige en duurzame manier omgaan met materialen, chemische stoffen en technische systemen.

Tijdens de technische vorming ontwikkelen de leerlingen hun technologisch denken en technisch-operationele vaardigheden, als ook het probleemoplossend leren en het leren ontwerpen. De interactie tussen onderzoeken en ontwerpen is een gegeven in de ontwikkeling van hun projecten.

Een vlot gebruik van informaticatechnologieën in wetenschappen en technische vorming komen aan bod. Simulatie- en tekensoftware zijn een krachtig hulpmiddel bij conceptvorming en inzicht in abstractere

begrippen. Dat geldt zowel voor het bekijken en gebruiken van simulaties, als voor het zelf creëren van schema's en tekeningen.

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 en technologische kennis te verwerven en om te communiceren. Wiskunde is ook een krachtig instrument om complexe problemen te beschrijven en op te lossen. Het leerplan Technologische wetenschappen en engineering biedt een waaier aan opportuniteiten om de leerlingen te laten inzien hoe wiskundige technieken concrete toepassingen hebben. De leerlingen kunnen op deze manier dieper inzicht in en appreciatie voor wiskunde verwerven, terwijl ze hun wetenschappelijke en technologische kennis verdiepen.

Maatschappelijke vorming

Wetenschappen en techniek vervullen een cruciale rol in onze samenleving. De ontwikkelingen van nieuwe materialen, duurzame hernieuwbare energie, energieprestaties, telecommunicatie, internet of things... hebben een grote impact op het welzijn van mensen. De leerlingen wordt tijdens hun technische ontwikkelingen en realisaties gevraagd die maatschappelijke uitdagingen ter harte te nemen, kritisch te reflecteren en een rol op te nemen in innovatieve ontwikkelingen.

De **wegwijzers duurzaamheid en verbeelding** kleuren het leerplan Technologische wetenschappen en engineering. 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 duurzaam omgaan met materialen en technologie met aandacht voor ecologie.

Verbeelding 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. Engineeren heeft immers in essentie een creatief karakter.

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

3.2 Krachtlijnen

Technische processen en wetenschappelijke methoden toepassen om betrouwbare kennis te verwerven

De leerlingen verwerven kennis door te onderzoeken volgens een wetenschappelijke methode, te exploreren, te experimenteren, te ervaren, te handelen... tijdens het ontwikkelen van oplossingen voor problemen.



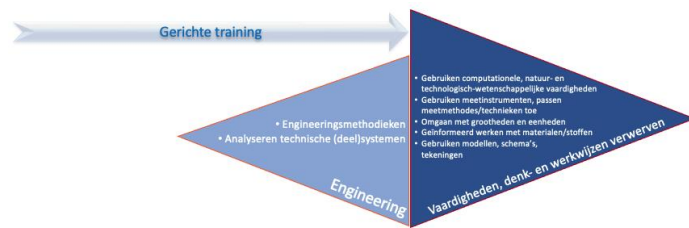
Ze verwerven inzicht in elektromagnetisme, eenfasige en driefasige wisselspanning, wisselstroomkringen en schakelingen, elektronica, samengestelde bewegingen, horizontale worp, éénparig cirkelvormige beweging, statisch en dynamisch evenwicht, mechanische eigenschappen van materialen, krachten en spanningen op constructies, thermodynamisch proces, fluïdomechanica, trillingen, golven en kernenergie.

Computationale, natuur- en technologisch-wetenschappelijke vaardigheden, denk- en werkwijzen verwerven



De leerlingen gebruiken algoritmische technieken, numerieke methoden, datastructuren en inwendige functies in hun programmeeropdrachten.

Ze leren meetinstrumenten gebruiken, meetmethoden en meettechnieken toepassen, omgaan met grootheden en eenheden en geïnformeerd werken met materialen en stoffen. De leerlingen gebruiken modellen en ontwerpen schema's en tekeningen om te verklaren of om geïntegreerde STEM-oplossingen voor problemen te ontwikkelen.



Engineeringmethodieken aanwenden om systemen te ontwerpen, te realiseren of aan te passen

De leerlingen leren technische processen en systemen ontwikkelen tijdens hun engineeringprojecten. Ze analyseren technische (deel-)systemen en processen in functie van hun realisatie of toepassing. De leerlingen ontwerpen en realiseren met CAE-

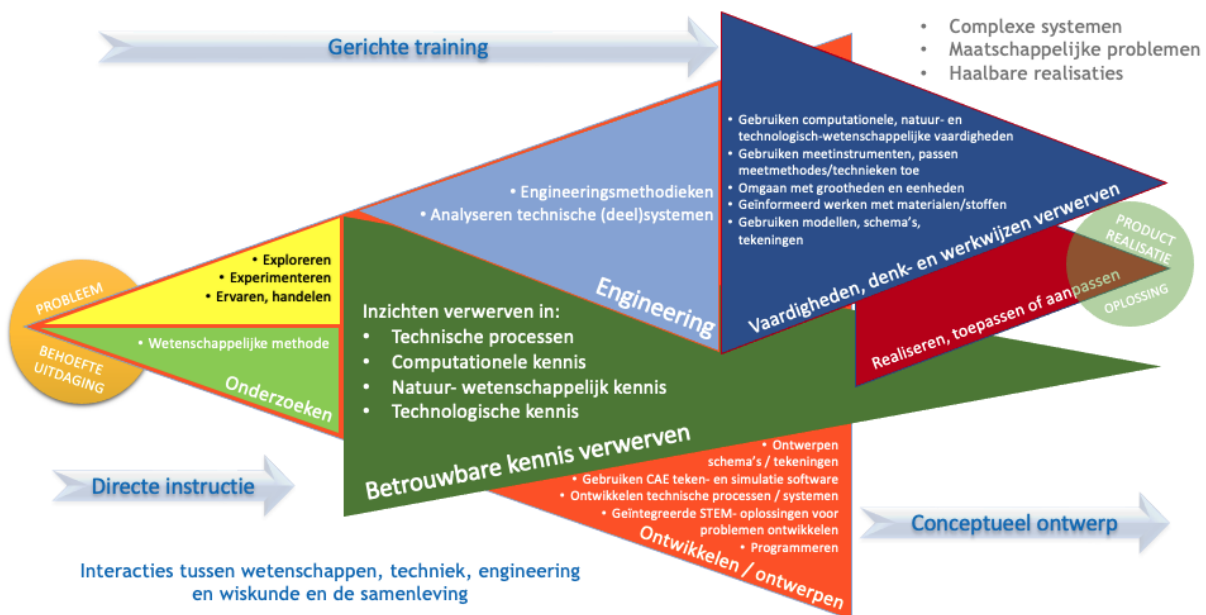
software stuur- en vermogenkringen, elektropneumatische schakelingen, elektronische schakelingen met een microcontroller of PLC en 3D-constructies. Ze gebruiken teken- en simulatiesoftware en programmeren oplossingen door gebruik te maken van algoritmen, numerieke methoden en datastructuren. Zorg voor het milieu, veilig, kwaliteitsvol en ergonomisch werken vormen een rode draad doorheen de studierichting.



Interacties duiden tussen wetenschappen, techniek, engineering en wiskunde en de samenleving

Projectmatig werken laat toe om de interacties tussen techniek en wetenschap, tussen techniek en wiskunde, tussen techniek en de maatschappij te bekrachtigen. De leerlingen onderbouwen hun engineeringprojecten met toepassing van wetenschappelijke en wiskundige kennis. Ze gaan in hun projecten en realisaties aan de slag om een antwoord te geven op maatschappelijke uitdagingen zoals klimaat, energietransitie, duurzaamheid, ondersteunende processen bij noden...

3.3 Diamantmodel



De krachtlijnen geven een idee waar je met de leerlingen meer of minder aandacht dient aan te spenderen. Ze zijn voor elke finaliteit anders en variëren in context en in invulling volgens de studierichting.

De krachtlijnen worden voorgesteld door een aantal driehoeken die samen “diamanten” vormen. Elke diamant start links, verbreedt, en versmalt naar rechts. Dit stelt voor hoe je een doelstelling kan aanpakken door eerst breed aan te bieden om vervolgens te versmallen naar een oplossing.

Het model is opgebouwd uit meerdere diamanten, links te starten met een probleem of behoefte of uitdaging en rechts eindigend met een oplossing, product of realisatie. Je leest het model van links naar rechts.

De weergave geeft een suggestie voor een mogelijke volgorde in het aanbod en de aandacht die elke fase kan krijgen. Hoe groter de driehoek, hoe meer aandacht de krachtlijn verdient.

Voor de D-finaliteit is het verwerven van betrouwbare kennis die leidt tot inzicht een voorname krachtlijn, deze is ondersteunend aan heel wat andere processen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van engineering-methodieken om te ontwikkelen of te ontwerpen. Het realiseren is hier niet de voornaamste krachtlijn.

De nodige kennis kan je met de leerlingen verwerven via een directe instructie; door leerlingen te laten exploreren, experimenteren, ervaren of handelen; of door leerlingen een onderzoek te laten uitvoeren volgens een wetenschappelijke methode.

Zo wordt het nodige inzicht en computationele, natuur- en technologisch-wetenschappelijke kennis ontwikkeld. In de D-finaliteit vormt de kenniscomponent een stevige basis om te kunnen engineeren, te ontwikkelen, te ontwerpen en zo tot oplossingen te komen.

Om van een probleem, behoefte, uitdaging... naar een realisatie, product, oplossing... te komen kan je met de leerlingen ontwikkelen of ontwerpen. Ze maken gebruik van CAE -teken- en simulatiesoftware, programmeren oplossingen, gebruiken modellen en ontwerpen schema's en tekeningen om te verklaren of om geïntegreerde STEM-oplossingen voor problemen te ontwikkelen.

Niet elk ontwikkel- of ontwerpwerk hoeft gerealiseerd te worden, ook een conceptueel ontwerp kan een eindresultaat zijn.

De leerlingen leren technische processen en systemen ontwikkelen tijdens hun engineeringprojecten. Ze analyseren technische (deel-)systemen en processen in functie van hun realisatie of toepassing.



Door het engineeren verwerven leerlingen vaardigheden, denk- en werkwijzen. Je kan de leerlingen hierin trainen binnen een project of door een gerichte training aan te bieden.

Leerlingen worden vaardig in het omgaan met grootheden en eenheden, het gebruik van meetinstrumenten, -methoden en -technieken. Ze werken geïnformeerd met materialen en stoffen. Ze gebruiken modellen, schema's en tekeningen in functie van een opdracht.

Probeer dat alles zoveel mogelijk te doen binnen de thema's (context) van het leerplan.

Voor de D-finaliteit bestaan die projecten uit:

- complexe systemen;
- maatschappelijke problemen;
- haalbare realisaties.

3.4 Opbouw

De rubrieken in het leerplan kennen een opbouw vanuit een sterke gemeenschappelijkheid van leerplandoelen over de leerplannen heen naar richtingsspecifieke leerplandoelen. De verzameling van leerplandoelen onder een rubriek is niet te herleiden tot een opdeling in een vak of discipline.

Het leerplan Technologische wetenschappen en engineering omvat de volgende rubrieken:

- STEM-engineering;
- elektriciteit – elektronica:
 - elektromagnetisme;
 - elektrodynamica: eenfasige en driefasige wisselspanning en -stroom;
 - elektrodynamica: wisselstroomschakelingen;
 - elektronica;
- mechanica;
- constructies;
- thermodynamica;
- fluïdomechanica;
- trillingen en golven;
- kernenergie;
- chemie:
 - structuur en eigenschappen materie:
 - bouw en eigenschappen van stoffen;
 - stofklassen;
 - macromoleculen;
 - nanomaterialen;
 - de chemische reactie:
 - kwantitatieve aspecten;
 - dynamiek van de reactie;
 - chemische reactiepatronen;
 - duurzame chemie.

3.5 Leerlijnen

3.5.1 Samenhang met de tweede graad

De leerlingen leren in de tweede graad Technologische wetenschappen een kracht vectorieel voorstellen en leggen het verband tussen de verandering van een bewegingstoestand van een lichaam en de resulterende kracht. Ze gebruiken de wet van behoud van energie, kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele en elastische energie, berekenen de hoeveelheid arbeid, opgenomen en afgeleverd vermogen in een technisch systeem. Ze analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij ééndimensionale bewegingen met constante versnelling. Ze stellen een evenwichtsvergelijking op bij statisch evenwicht en analyseren de relatie tussen materiaal, structuur en functie.

De leerlingen interpreteren verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand en gebruiken de grootheid vermogen, het Joule-effect en de wet van Pouillet. Ze analyseren eigenschappen van een serie- en parallelschakeling.

De leerlingen verklaren en kwantificeren de warmtebalans bij temperatuursverandering en bij faseovergang. Ze analyseren en kwantificeren verbanden tussen druk, volume, temperatuur, kracht en oppervlakte.

De leerlingen berekenen stromen en spanningen in gemengde gelijkstroomkringen en netwerken via verschillende oplossingsmethoden. Ze modelleren en realiseren elektropneumatische schakelingen en elektronische schakelingen met een microcontroller of PLC. Ze modelleren 3D-constructies.

3.5.2 Samenhang in de derde graad

Het leerplan Technologische wetenschappen en engineering heeft een samenhang met Natuurwetenschappen en Wiskunde in de derde graad.

In Wiskunde leren leerlingen rekenen met reële getallen en maken ze bewerkingen met matrices en complexe getallen. Ze lossen eerstegraadsvergelijkingen, tweedegraadsvergelijkingen, exponentiële vergelijkingen en goniometrische vergelijkingen op. Ze gebruiken de sinus- en cosinusregel en goniometrische functies. De leerlingen berekenen afgeleiden en bepaalde integralen.

In Natuurwetenschappen (Biologie, Chemie) leren de leerlingen natuurwetenschappelijke fenomenen en hun toepassingen in het dagelijkse leven verklaren.

3.6 Aandachtspunten

Het leerplan Technologische wetenschappen en engineering is een graadleerplan. Het lerarenteam dient de leerplandoelen te spreiden over de twee leerjaren. Overleg en een planmatige aanpak zijn belangrijk. Kennis, vaardigheden en attitudes vormen één. Tijdens de voorbereiding van een opdracht worden (relevante) kennis en inzichten aangeboden om de opdracht voldoende sterk aan te vatten. De leerlingen leren gemaakte keuzes binnen het technisch proces beargumenteren. Vervolgens leren ze een planning opstellen en hun werkplek organiseren. Vaardigheden en handelingen oefenen de leerlingen in gedurende de uitvoering en realisatie. Zowel het realiseren van een product als het doorlopen proces worden centraal gesteld. Reflectie op het doorlopen proces kan een belangrijk leermoment zijn voor de leerlingen en biedt kansen tot remediëring.

De onderzoekscompetentie kan worden gerealiseerd met inhoud van dit leerplan die gerelateerd zijn aan specifieke minimumdoelen. In de studierichtingen waarin dit leerplan moet worden gerealiseerd kan de onderzoekscompetentie ook aan bod komen via inhoud van andere leerplannen. Om dat duidelijk te maken wordt het leerplandoel over de onderzoekscompetentie voorafgegaan door een #. Dat geeft aan dat



het leerplandoel hier aan bod kan komen, maar dat het ook kan worden gerealiseerd via andere leerplannen van het specifiek gedeelte van de studierichting. Je overlegt op schoolniveau welke keuzes worden gemaakt met betrekking tot de realisatie van de onderzoekscompetentie. Op de PRO-tegel [onderzoekscompetentie](#) kan je voor elke studierichting terugvinden via welke leerplannen onderzoeken kan worden gerealiseerd.

Bij LPD 03 geven we aan met welke inhoud de onderzoekscompetentie kan worden gerealiseerd. Op de leerplanpagina vind je meer informatie over en een aantal mogelijke voorbeelden van hoe je via specifieke inhoud van dit leerplan met je leerlingen kan werken aan de onderzoekscompetentie.

3.7 Leerplanpagina

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



4 Leerplandoelen

4.1 STEM - Engineering

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

2de graad: Gebruik van formularium (II-TeWe-d LPD 1).

Wenk: Het is belangrijk dat leerlingen een formularium leren gebruiken om fysische problemen op te lossen. Daarnaast kan parate kennis van basisformules helpen om vlot problemen op te lossen.

Wenk: Je kan afspraken maken rond te kennen basisformules en een formularium laten groeien doorheen de lespraktijk. Je kan leerlingen ook betrekken bij het opstellen van een formularium.

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

Samenhang derde graad: veilig en duurzaam werken: III-Bio-d LPD 1S

2de graad: Veilig en duurzaam werken (II-TeWe-d LPD 2).

Wenk: Je kan aandacht besteden aan geïnformeerd werken door gebruik van informatie zoals veiligheids- en machine-instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, H/P-zinnen, symbolen, onderhoudsvoorschriften, handleidingen, schema's 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 in een aangepaste labo-omgeving afgestemd op de leerlingengroep en de uit te voeren handelingen.

Wenk: Voorbeelden van goede praktijk:

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

LPD 3 # De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met specifieke inhouden van dit leerplan.

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

Duiding: Specifieke inhouden Fysica: elektromagnetisme, elektrodynamica, elektronica, dynamica, kinematica, thermodynamisch proces, fluidomechanica, trillingen en golven.

Voorbeelden van specifieke inhouden Chemie die je kan betrekken bij het doorlopen van een onderzoekscyclus: zuren en basen, chemisch evenwicht, verloop van reacties.

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

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

Wenk: Dit leerplandoel heeft een sterke samenhang met de leerplandoelen 4, 5, 6.

LPD 4 De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

2de graad: Onderzoek voeren (II-TeWe-d LPD 3).

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

- vanuit criteria een onderzoeksvraag formuleren;
- een beredeneerde hypothese formuleren;
- opstellen van een onderzoeksplan;
- waarnemen en verzamelen van data;
- analyseren van data en conclusies trekken;



- een hypothese toetsen en een antwoord formuleren op een onderzoeksvraag;
- reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten.

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

Het is niet de bedoeling alle deelvaardigheden in te oefenen bij elk onderzoek. Ze kunnen ook aan bod komen bij demonstratie-experimenten of simulaties. De meertalige onderzoeksvaardigheden kunnen aan bod komen in een onderwijsleergesprek.

Je kan het onderzoek gebruiken om tijdens een ontwerp of proces onderbouwde keuzes te maken (evidence based).

Wenk: Mogelijke voorbeelden van onderzoeksoopdrachten:

- een herhalend defect analyseren om onderdelen te versterken, anders op te bouwen...;
- historiek van meetwaarden bestuderen om toename van wrijving, breuk van onderdelen te voorspellen;
- het verband tussen stroomsterkte en magnetisch veld...

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

Je kan gebruik maken van criteria.

Voorbeelden van criteria voor een onderzoeksvraag en hypothese: onderzoekbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt.

Voorbeelden van criteria voor conclusies: onderzoeksgebaseerd, bondig, relevant, eenduidig, gestructureerd.

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

- ★ Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
Modelleren

Samenhang derde graad: Een oplossing ontwerpen: III-WisS"-d LPD 2.

2de graad: Een oplossing engineeren (II-TeWe-d LPD 4).

Wenk: Relevante probleemoplossende strategieën die aan bod kunnen komen zijn:

- analyseren en definiëren van het probleem;
- bepalen van criteria voor de oplossing, identificeren van eventuele deelproblemen;
- bedenken van mogelijke (deel)oplossingen;
- selecteren, uitwerken en integreren van (deel)oplossingen;
- testen, evalueren en bijsturen van de oplossing.

Wenk: Je kan een informatierijke omgeving voorzien waarin leerlingen vlot inspiratie kunnen verzamelen. Het is ook waardevol om tussentijdse resultaten te bespreken. Leerlingen kunnen feedback aan elkaar geven. Je kan aandacht besteden aan het beargumenteren van keuzes bij het ontwerpen van een oplossing. Leerlingen kunnen evenwel ook op andere manieren hun denkproces

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

Wenk: Voorbeelden van criteria om een geschikte oplossingsstrategie te bepalen: doelstellingen, beschikbaarheid van gegevens, tijd of middelen. Gebruik van stappenplannen of algoritmen zoals geconcretiseerd in een diagram (flowchart of stroomschema) van een werkwijze of proces. Ook in Wiskunde kunnen stappenplannen (algoritmen) en zoekstrategieën (heuristieken) aan bod komen bij het oplossen van problemen.

LPD 6 De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.

Samenhang derde graad: wisselwerking wetenschappen, technologie, wiskunde en maatschappij: III-WisS"-d LPD 1; III-Bio-d LPD 2S.

2de graad: Wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij (II-TeWe-d LPD 5).

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

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

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

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

Wenk: Je kan de integratie van economische aspecten tijdens het engineeringproject aanhalen.

LPD 7 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen.

- ★ Gegevens/meetwaarden met de juiste symbolen voor grootheden en (SI-)eenheden
- Beduidende cijfers
- Meetnauwkeurigheid
- Notaties met machten van 10
- Controlemeting van onderdelen met aandacht voor de functie

2de graad: gebruiken van meetinstrumenten en hulpmiddelen (II-TeWe-d LPD 6).



Wenk: Je kan gebruik maken van een voorvoegsel zoals milli-, micro-, kilo-, mega- ... bij het werken met machten van 10.

Wenk: Je kan de controlemeting koppelen aan de voorschriften (maatvoering in het ontwerp, normen, toleranties, toegelaten spanningen, toegelaten drukken ...).

4.2 Elektriciteit – elektronica

4.2.1 Elektromagnetisme

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 8 De leerlingen analyseren en kwantificeren magnetische krachtwerking en leggen het verband met de eigenschappen van elektrische krachtwerking.

2de graad: Elektrische krachtwerking (II-TeWe-d LPD 7).

Wenk: Je kan de analyse starten met een proefje om de (omgekeerd) evenredigheden en de eventuele andere verbanden vast te stellen.
Je kan aantonen dat gelijke ladingen elkaar afstoten en tegengestelde ladingen elkaar aantrekken.

Wenk: De krachtwerking van een magnetisch veld kan je kwantificeren met de wet van Coulomb. De gelijkenis met de elektrische krachtwerking kan geduid worden. Je kan uitleggen dat een magnetisch veld een veldsterkte bevat en een vectorieel karakter heeft.

Wenk: Je kan onderzoeken dat magnetisme zich beperkt tot Fe, Ni en Co en een aantal legeringen (zoals alnico, legering met neodymium ...) en keramische materialen zoals ferrieten.

LPD 9 De leerlingen verklaren toepassingen met permanente magneten, elektromagneten en elektromagnetische inductie in een technisch systeem.

Wenk: Je kan de leerlingen voorbeelden van technische systemen met permanente en elektromagneten laten bespreken: generator, elektromotor, stappenmotor, borstelloze DC-motor, relais, inductieve sensor, MRI-scanner ...

LPD 10 De leerlingen analyseren en kwantificeren het magnetisch veld en bespreken het veldlijnenpatroon bij een stroomvoerende rechte geleider.

Wenk: Je kan de verschillen tussen magnetische veldsterkte, flux en fluxdichtheid onder de aandacht brengen. Je kan duiden dat magnetische inductie een richting en zin heeft en zo een vectoriële grootheid is.

LPD 11 De leerlingen analyseren en kwantificeren het magnetisch veld en bespreken het veldlijnenpatroon bij een stroomvoerende spoel.

Wenk: Je kan in de analyse het gebruik van magnetische materialen als kernmateriaal in een stroomvoerende spoel en bijhorende hysteresis duiden dat magnetische

inductie een richting en zin heeft en zo een vectoriële grootheid is.

LPD 12 De leerlingen verklaren het ontstaan van een Lorentzkracht op een bewegende lading in een magnetisch veld.

Wenk: Je kan aangeven dat de Lorentzkracht de totale elektromagnetische kracht op een lading beschrijft als som van de elektrische en de magnetische kracht.
Je kan aangeven dat de elektrische en magnetische krachten aanwezig zijn in hall-sensoren, maglev-trein, deeltjesversnellers, kathodestraalbuis ...

LPD 13 De leerlingen analyseren en kwantificeren het ontstaan van een Lorentzkracht op een stroomvoerende rechte geleider in een magnetisch veld.

Wenk: Je kan de werking van een elektromotor onder de aandacht brengen en het verband tussen stroomsterkte en Lorentzkracht aantonen door de stroom te meten in een elektromotor bij nullast en met belasting.
Je kan de Lorentzkracht tussen 2 stroomvoerende geleiders bespreken zoals de relatie met de sterkte van bevestiging van die geleiders of het uit elkaar duwen ervan bij kortsluitstromen in een kabel.

LPD 14 De leerlingen analyseren en kwantificeren elektromagnetische inductie aan de hand van de wet van Faraday en de wet van Lenz.

Wenk: Je kan de nood om een zelfinductiespanning af te vlakken (vrijloopdiode) onder de aandacht brengen.

Wenk: Je kan het ontstaan van wederzijdse inductiespanning verklaren aan de hand van de principiële werking van een onbelaste transformator.

Wenk: Het ontstaan van wervelstromen (Foucaultstromen) kan je onder de aandacht brengen, als werkingsprincipe van een magnetische rem (elektrische voertuigen, autocars), inductieplaten, ongewenste effecten door ijzerverliezen ...
Het magnetisch inductieverschijnsel vind je terug bij detectielussen (bv. aan het rode verkeerslicht, parkeergarage...).

LPD 15 De leerlingen verklaren het opwekken van een wisselspanning.

Wenk: Je kan gebruik maken van een draaiende rechthoekige winding in een magnetisch veld om sinusvormige wisselspanning op te wekken en de relatie te leggen met de eenparig cirkelvormige beweging en golven. Gebruik maken van educatieve applets en simulatiesoftware kunnen het opwekken van spanning onderbouwen.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor constructieverschillen tussen een eenfasige en driefasige wisselspanningsgenerator.

4.2.2 Elektrodynamica: eenfasige en driefasige wisselspanning en -stroom

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK



LPD 16 De leerlingen analyseren karakteristieke eigenschappen van eenfasige en driefasige wisselspanning en wisselstroom.

Samenhang derde graad: Goniometrische functies: III-WisS"-d LPD 20.

Wenk: Onder 'karakteristieke eigenschappen' kan je onder meer begrijpen: gemiddelde waarde, peak-to-peak-waarde, effectieve waarde, periode, frequentie, faseverschuiving ...

Je kan gebruik maken van simulatiesoftware, educatieve applets om de begripsvorming te onderbouwen.

Wenk: Je kan afspraken maken met de leraar wiskunde om de begripsvorming over het sinusoidale verloop te verdiepen.

LPD 17 De leerlingen analyseren en kwantificeren het gedrag van gemengde RLC-wisselstroomschakelingen met passieve componenten in functie van frequentieafhankelijkheid, faseverschuiving en impedantie.

Wenk: Je kan de analyse starten met een studie van de eenvoudige wisselstroomkringen om vervolgens de RLC-ketens te bespreken. Het is belangrijk de faseverschuiving tussen spanning en stroom te benoemen in termen van voor- en na-ijlen. Door gebruik te maken van fasorendiagrammen of oscilloscoop kan de faseverschuiving visueel zichtbaar gemaakt worden.

Wenk: Je kan het ontstoren van signalen door filters onder de aandacht brengen.

Wenk: Je kan de vectoriële benadering aanvullen met de complexe benadering.

LPD 18 + De leerlingen lichten het verband tussen actief, reactief en schijnbaar vermogen toe in wisselstroomketens.

Wenk: Je kan het fenomeen van slingerenergie bespreken.

Wenk: Je kan bij de leerlingen het begrip arbeidsfactor aanbrengen en oplossingen ter verbetering ervan. Je hebt aandacht voor de extra belasting (stroom) op kabels en leidingen bij een groot reactief vermogen en het gebruik van compensatiespoelen, condensatorbatterijen...

4.2.3 Elektrodynamica: wisselstroomschakelingen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 19 De leerlingen analyseren wisselstroomschakelingen aan de hand van de distributienetten: TT, IT, TN.

Wenk: Je kan het toepassingsgebied van de verschillende netsystemen linken met de veiligheidseigenschappen ervan. Je kan de leerlingen de foutstromen laten berekenen alvorens een meting uit te voeren.

Wenk: Je kan aan de hand van een meetopstelling het belang van een goed aangesloten nulgeleider aantonen. Je hebt aandacht voor evenwichtige en onevenwichtige belasting van het net en de schakelwijze van de transformator (ster-driehoek).

LPD 20 De leerlingen ontwerpen en tekenen een stuur- en vermogenkring.

★ Wisselstroomkring

Wenk: Bij het ontwerpen kan je gebruik maken van CAE-software en technologische modellen zoals schetsen, schema's, flowcharts, werktekeningen en recepten, schaalmodellen, (digitale) 2D- en 3D-modellen, prototypes.

Wenk: Je kan het tekenen gebruiken als didactisch principe om het inzicht in bepaalde stuur- of vermogensschakeling te versterken. Je hebt aandacht voor de gebruikte symbolen, normen en afspraken.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor functioneel tekenen: een verzameling van de componenten in een tekening of schema volgens functies in de technische installatie.

LPD 21 De leerlingen realiseren een stuur- en vermogenkring.

★ Asynchrone motor, elektropneumatica

Wenk: Je hebt aandacht voor de aanzetmethodes van motoren.
Je kan gebruik maken van een programmeerbare sturing zoals een PLC, frequentieomvormer, softstarter ...

Wenk: Je kan gebruik maken van didactische systemen bij de realisatie.

4.2.4 Elektronica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 22 De leerlingen modelleren en realiseren een elektronische schakeling als input/output-interface voor een microcontroller of PLC.

★ Gedrag van elektronische componenten Principe van AD- en DA-conversie Principe van communicatie

2de graad: Realiseren een elektronische schakeling (II-TeWe-d LPD 12).

Wenk: Bij het ontwerpen kan je gebruik maken van technologische modellen zoals schetsen, schema's, flowcharts, werktekeningen en recepten, schaalmodellen, (digitale) 2D- en 3D-modellen, prototypes.

Wenk: Onder 'principe van communicatie' kan je onder meer begrijpen: buscommunicatie, IoT, IO-link, ethernet ...

Wenk: Je hebt aandacht voor de opbouw en principiële werking van een microcontroller of PLC en voor de principiële werking van een input/output-interface: optocoupler, transistor als schakelaar, buffer, versterker, ADC-DAC ...

Wenk: Je kan het tekenen gebruiken als didactisch principe om het inzicht in bepaalde elektronische schakeling te versterken. Je kan gebruiken maken van CAE-software en aandacht hebben voor de gebruikte symbolen, normen en afspraken.



LPD 23 De leerlingen programmeren zelf ontworpen oplossingen voor concrete problemen.

★ Algoritmen en datastructuren

Algoritmische technieken

Numerieke methoden

Gebruik van softwarebibliotheken

Gestructureerde programmeertaal

Invoer van en uitvoer van externe gegevensbronnen

2de graad: Een gestructureerde programmeertaal toepassen (II-TeWe-d LPD 13).

Wenk: Onder 'numerieke methoden' kan je onder meer begrijpen: het oplossen van wiskundige problemen zoals nulwaarden, afgeleiden, bepaalde integralen van functies, matrixvermenigvuldiging, oplossen van stelsels eerste graadsvergelijkingen ...

Onder 'algoritmen en datastructuren' kan je onder meer begrijpen:

sorteeralgoritmen, list, stapel (stack), wachtrij (queue), boom, graaf, hashtable...

Onder 'algoritmische technieken' kan je onder meer begrijpen: recursie, brute-force, gulzig (greedy), verdeel-en-heers en dynamisch programmeren.

Wenk: Er wordt een tekstuele programmeertaal gehanteerd. Gebruik de afspraken inherent aan de gebruikte programmeertaal. Een softwarebibliotheek voor wiskundige functies is in veel programmeertalen Math. Je kan de leerlingen leren om een logische en zinvolle naamgeving voor variabelen, constante, functies te gebruiken.

Wenk: Je kan de leerlingen een concreet probleem op verschillende manieren en met verschillende datastructuren laten oplossen en dan analyseren wat de beste oplossingsstrategie is voor bv. het sorteren van gegevens.

Je kan verschillende soorten sorteeralgoritmes aanreiken en door afzonderlijke groepen leerlingen laten beoordelen, uitwerken en vergelijken met elkaar naar snelheid, geheugengebruik, invloed van hoeveelheid gegevens... analoog voor datastructuren.

Wenk: Het is niet nodig om elk algoritme ook effectief te programmeren. In het geval er meerdere algoritmes zijn om een probleem op te lossen, kan een voorafgaande analyse bepalend zijn voor de uiteindelijke keuze die omgezet wordt in een programma.

Je kan de leerlingen een concreet probleem met verschillende algoritmische technieken laten oplossen en dan analyseren de leerlingen wat de beste methode is, wat het verschil is in gebruik op gebied van geheugengebruik, doorlooptijd.

Voorbeelden van eenvoudige algoritmen die zich lenen om met of zonder recursie op te lossen zijn het bepalen van de grootste gemene deler van 2 gehele getallen, het berekenen van $n!$ (faculteit), het opstellen van de rij van Fibonacci ...

Wenk: Bij in- en uitvoer van externe gegevens denken we in eerste instantie aan in- en uitvoer van gegevens die in bestanden staan. Dat kan een csv-, tekst-, JSON-, xml-bestand of een rekenblad zijn.

4.3 Mechanica

4.3.1 Kinematica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 24 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de horizontale worp.

★ Ogenblikkelijke en gemiddelde waarde

Samenhang derde graad: afgeleiden: III-WisS"-d LPD 27

2de graad: Eindimensionale bewegingen met constante versnelling (II-TeWe-LPD 19).

Wenk: Je start best met de algemene vergelijking van een eenparige veranderlijke rechte lijnige beweging.

Wenk: Het wiskundig onderbouwen - zowel scalair als vectorieel - van het verband tussen de verschillende factoren vormt een wezenlijk onderdeel van deze doelstelling. Overleg met de leerkracht wiskunde zorgt voor uniformiteit en een verhoogde transfer van het geleerde.

Wenk: Je kan via een demo-proef aantonen dat de valtijd bij een horizontale worp gelijk is aan de valtijd bij een vrije val. Dit kan veralgemeend worden in het onafhankelijkheidsbeginsel. Bij de horizontale worp kan je vertrekken vanuit de zwaartekracht en in combinatie met de 2de wet van Newton de bewegingsvergelijkingen afleiden. Een eventuele videoanalyse van een experiment kan de leerlingen op een anschouwelijke manier tot inzichten brengen.

Wenk: Je kan een horizontale worp beschouwen als een speciale toepassing van de schuine worp.

LPD 25 + De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de samengestelde beweging.

Wenk: Onder 'samengestelde bewegingen' kan je onder meer begrijpen: schuine worp, translatie, rotatie, ogenblikkelijke rotatiepool, schroefbeweging, absolute, relatieve en sleepbewegingen.

LPD 26 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de eenparig cirkelvormige beweging.

Samenhang derde graad: goniometrische functies: III-WisS"-d LPD 20

2de graad: Eindimensionale bewegingen met constante versnelling (II-TeWe-d LPD 19).

Wenk: Je hebt aandacht voor de begrippen normale en radiale versnelling. Op basis van een constructie met de vectoren kan je afleiden dat de versnellingsvector centripetaal of middelpuntzoekend is. Je kan de centripetale kracht bepalen door 2^{de} wet van Newton.



Wenk: Het verschil tussen hoeksnelheid en omtreksnelheid kan bv. geïllustreerd worden via een draaimolen op de kermis.
Je hebt aandacht voor het verband tussen toerental, koppel, arbeid en vermogen in verschillende technische toepassingen van overbrengingen.

4.3.2 Statisch en dynamisch evenwicht

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 27 De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.

2de graad: Verandering in een bewegingstoestand (II-TeWe-d LPD 15)
Eendimensionale bewegingen met constante versnelling (II-TeWe-d LPD 19).

LPD 28 De leerlingen stellen de evenwichtsvergelijkingen op bij statisch evenwicht in het vlak en driedimensionaal en voeren berekeningen uit.

- ★ Samenstellen en ontbinden van vectoren
Krachten- en krachtmomentenbalans
Wrijvingskracht met inbegrip van de statische wrijvingscoëfficiënt

2de graad: Evenwichtsvergelijking (II-TeWe-d LPD 21).

Wenk: Je kan de oplossing grafisch, vectorieel en analytisch benaderen met aandacht voor het ruimtelijk inzicht (3D) en de parameters.

Wenk: Je hebt aandacht voor de vrijheidsgraden van een lichaam, het vrijmaken van lichamen, de evenwichtsvoorwaarden en het evenwicht door wrijvingskrachten.

LPD 29 De leerlingen analyseren en kwantificeren de dynamica van systemen bij translatie en rotatie.

- ★ Wrijvingskracht met inbegrip van de dynamische wrijvingscoëfficiënt

Wenk: Je kan vanuit grafische voorstellingen en animaties de positie-, snelheids- en versnellingsvector en hun onderlinge samenhang conceptualiseren.
Je kan de voorwaarden opstellen die tot een dynamisch evenwicht van vaste lichamen leiden.

Wenk: Je kan de begrippen traagheidskrachten, massa-traagheidsmoment, evenwichtsvergelijking onder de aandacht brengen. Een wiskundige benadering van het massa-traagheidsmoment, snelheid, versnelling is na te streven.

4.4 Constructies

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 30 De leerlingen onderzoeken mechanische eigenschappen van materialen.

Wenk: Onder 'Mechanische eigenschappen' kan je onder meer begrijpen: elasticiteit, treksterkte, druksterkte, buigsterkte, hardheid, taaheid (broosheid)...

Wenk: Je kan CAE-simulatiesoftware gebruiken om de eigenschappen te verifiëren en te analyseren.

Je kan aan de hand van een spanningsrekdiagram het verband tussen spanningen en rek weergeven en het werkgebied van het materiaal duiden.

Je kan de verschillen tussen de materialen (ferro, non-ferro, kunststoffen, composieten) aan de hand van hun eigenschappen duiden.

LPD 31 De leerlingen ontwerpen en tekenen een 3D-constructie door gebruik te maken van CAE-software.

★ Relatie tussen materiaal, structuur en functie

Trekspanning, drukspanning, afschuiving, buigspanning, wringing
Dwarskrachten, momentlijnen

2de graad: Modelleren een eenvoudige constructie in 3D (II-TeWe-d LPD 23).

Wenk: Onder 'constructies' kan je onder meer begrijpen: bouwkundige constructies, vakwerk, machine-elementen, prototype ...

Onder 'structuur' kan je onder meer begrijpen: vorm, combinatie van materialen, opbouw ...

Wenk: Je kan in TWE de nadruk leggen op conceptuele prototyping. Je kan in Mechatronica de nadruk leggen op het verfijnen van een conceptueel prototype naar een functioneel ontwerp.

4.5 Thermodynamica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 32 De leerlingen verklaren een thermodynamisch proces in een technisch systeem.

★ Isobare, isochore, isotherme en adiabatische toestandsveranderingen

2de graad: Energietransport (II-TeWe-d LPD 29).

Wenk: Je kan aandacht hebben voor het rendement en vermogen bij kringprocessen en de eerste en tweede hoofdwet van de thermodynamica.

Je kan verbanden leggen tussen kringprocessen en technische systemen: koelinstallatie, warmtepomp, compressor, verbrandingsmotor ...

4.6 Fluidomechanica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 33 De leerlingen verklaren verbanden tussen druk, snelheid en hoogte in fluïda aan de hand van de wet van Bernoulli.

2de graad: Verbanden tussen druk, volume, temperatuur, kracht en oppervlakte bij



vloeistoffen en gassen (II-TeWe-d LPD 27)

Wenk: Je kan de regel van Castelli bespreken alvorens de wet van Bernoulli te verklaren. De begrippen overdruk, onderdruk, hydrostatische druk... kan je eerst onder de aandacht brengen alvorens de wet van Bernoulli te verklaren.
Je kan de wet op verschillende technische toepassingen gebruiken: opstijgen van een vliegtuig, uitstroom snelheid van een vat, venturi, Pitobuis, bunsenbrander, waterstraalpomp, verstuiver, hydraulische pers...

LPD 34 De leerlingen ontwerpen en tekenen een elektropneumatische schakeling.

★ Gedrag van elektropneumatische componenten

2de graad: Realiseren een elektropneumatische schakeling (II-TeWe-d LPD 28).

Wenk: Je kan het tekenen gebruiken als didactisch principe om het inzicht in bepaalde elektropneumatische schakelingen te versterken. Je kan gebruik maken van simulatiesoftware met aandacht voor de gebruikte symbolen, normen, afspraken.

LPD 35 De leerlingen realiseren een elektropneumatische schakeling in een geautomatiseerd proces.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de verschillende componenten van de elektropneumatische schakelingen: luchtverzorgingseenheid, compressor, ventielen...

4.7 Trillingen en golven

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 36 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van trillingen en golven met inbegrip van geluid, de decibelschaal en het elektromagnetisch spectrum.

- ★ Kenmerken van een harmonische trilling
- Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid
- Golf als energietransport
- Lopende en staande golven
- Weerkaatsing, breking, interferentie, buiging, resonantie
- Golfmodel, golfgetal
- Intensiteit

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

Wenk: Onder 'golfmodel' kan je het beginsel van Huygens begrijpen.
Onder 'fenomenen en toepassingen' kan je onder meer begrijpen: werking van sensoren, warmtebeelden, communicatiesystemen, massaveersysteem, slinger ...

Wenk: Je kan het verband leggen tussen ECB en een harmonische trilling; een applet kan ondersteunend zijn.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor gedempte trillingen, voor transversale en longitudinale golven, mechanische (zoals geluidsgolven) en elektromagnetische

golgen.

4.8 Kernenergie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 37 De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening en bijbehorende veiligheidsaspecten.

2de graad: Een atoommodel (II-TeWe-d LPD 35).
Relatieve en absolute massa (II-TeWe-d LPD 36).

Wenk: Je kan wijzen op het vrijkomen van energie bij het samenvoegen van lichte kernen en splitsen van zware kernen. Je kan ingaan op de problematiek van de langetermijnberging van radioactief afval en het verschil tussen hoog- en laagradioactief afval kan aan bod komen.

Wenk: Je kan de werking van een kerncentrale bespreken met aandacht voor veiligheids- en regelsystemen. Je kan risico's (bijv. kettingreactie) illustreren aan de hand van gekende nucleaire ongevallen. Je kan aangeven dat een kerncentrale voorziet in een gecentraliseerde productie van veel elektriciteit waarbij nauwelijks CO₂ vrijkomt, de belangrijkste oorzaak van de huidige klimaatverandering.

LPD 38 De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.

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

Wenk: Je kan aangeven dat radioactief verval een spontaan proces is. Je kan dit op een nuclidekaart weergeven. Instabiele kernen gaan spontaan vervallen en zenden ioniserende straling uit: deeltjes (alfa, bèta-straling) en hoogenergetische EM-straling (gammastraling).

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de schadelijke effecten van ioniserende straling. Je kan aangeven dat ioniserende straling van nature aanwezig is in ons leefmilieu. Je kan de bijdragen van de verschillende bronnen aan de jaarlijkse gemiddelde blootstelling van mensen aan ioniserende straling met elkaar vergelijken en bespreken.
Je kan wijzen op het verschil tussen bestraling (stralingsenergie absorberen vanop een afstand en buiten het lichaam) en besmetting (fysiek contact met een radioactieve stof, inwendig of uitwendig).

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



4.9 Chemie

4.9.1 Structuur en eigenschappen van de materie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 39 De leerlingen beschrijven de energietoestand van een elektron vanuit het orbitaalmodel.

2de graad: atoombouw en PSE (II-TeWe-d LPD 37, 38)

- Wenk: Je kan naast de bespreking van de elektronenspin en de energieniveaus: s-orbitaal, p-orbitaal, d-orbitaal ook het f-orbitaal aan bod laten komen. Je kan het verband tussen de elektronenconfiguratie en het s-, p-, d- en f-blok in het PSE aangeven.
- Je kan de betekenis van de kwantumgetallen linken met de elektronenconfiguratie.
- Je kan het misconcept bij de leerlingen rond de aanwezigheid van schillen in een atoom rechtzetten door te spreken over een elektronenwolk die als negatieve ladingswolk driedimensionaal is uitgesmeerd rond de kern.
- Wenk: Je kan de verdere verfijning van het atoommodel van Bohr door Sommerfeld, De Broglie, Planck, Heisenberg en Schrödinger aan bod laten komen.
- Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met het STEM-concept: systeem en modellen ervan; het gebruik van didactische modellen (s- en p-orbitaal) is aangewezen.
- Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: vlamproeven (emissiespectrometrie).

LPD 40 De leerlingen stellen de elektronenconfiguratie op van atomen en ionen.

- Wenk: Bij het opstellen van de elektronenconfiguratie worden de regel van Hund en de verbodsregel van Pauli toegepast waarbij je kan gebruik maken van de diagonaalregel. Je kan je beperken tot atomen en ionen met atoomnummers lager dan of gelijk aan 56.
- De weergave van de elektronenconfiguratie gebeurt zowel via de exponentiële notatie, de hokjesvoorstelling (boxnotatie) als de beknopte notatie.
- Wenk: Je kan de sterkte van metaal- en niet-metaalkarakter, de mono-atomische ionvorming, afmetingen van atomen en mono-atomische ionen en de meest voorkomende oxidatiegetallen aan bod laten komen in relatie met het PSE of in verband met de elektronenconfiguratie.
- Extra: Je kan het verband leggen tussen ionisatie-energie, elektronenaffiniteit en het metaal- en niet-metaalkarakter.

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

- Wenk: De leerlingen geven symbolische voorstelling en lewisstructuur van moleculen. De

sterische getallen 2, 3 en 4 worden door de leerlingen zelf berekend of afgeleid; je kan de begrippen bindingshoek en sterische hinder aanbrengen vanuit modellen. Je kan differentiëren door al dan niet te vertrekken vanuit uitgewerkte lewisstructuren.

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

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: onderzoek naar molecuulstructuren met molecuulmodellen.

LPD 41 De leerlingen brengen de structuur van eenvoudige organische moleculen in verband met eigenschappen of toepassingen.

2de graad: classificeren anorganische stoffen en alkanen (II-TeWe-d LPD 44, 45); verband tussen chemische binding en eigenschappen van een stof (II-TeWe-d LPD 46, 47)

Wenk: Je kan bij het behandelen van de eigenschappen van organische stoffen de link leggen met LPD 43 (classificatie van de organische stoffen).

Wenk: Je kan het onderscheid tussen inter- en intramoleculaire krachten aan bod laten komen.

De polariteit van een molecule kan je benaderen vanuit ladingsvectoren en de ruimtelijke bouw.

Wenk: Je kan stofeigenschappen van de organische en anorganische stoffen aan bod laten komen zoals kookpunt, smeltpunt, oplosgedrag.

Vaak voorkomende toepassingen van organische stoffen in het dagelijks leven zoals ethanol, methanol, etheen bij rijpend fruit, esters als geurstof, azijnzuur, mierenzuur ...

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

- onderzoek naar relatie tussen chemische binding en fysische eigenschappen (aggregatietoestand, oplosbaarheid, geleidbaarheid) van een stof;
- onderzoek van structuren met molecuulmodellen.

Stofklassen

LPD 42 De leerlingen stellen chemische formules en de lewisstructuur op van anorganische stoffen.

2de graad: opstellen chemische formules, ionbinding, atoombinding, metaalbinding, roostermodel, elektronegativiteit (II-TeWe-d LPD 31, 38, 39, 40, 46)

Wenk: De naamgeving van de anorganische stoffen kan je herhalend vanuit de tweede graad aanbrengen. Hierbij is aandacht voor de niet-stamzuren met in de naam -iet, hypo-iet en per-aat en afgeleide zouten. Ook waterstofzouten, dubbelzouten en hydraten komen aan bod.

Wenk: Enkel indien in de systematische naam van verbindingen verwarring mogelijk is, wordt de naam met vermelding van de indices door Griekse telwoorden (zoals aangebracht in de tweede graad) verder gebruikt ofwel wordt de stocknotatie gehanteerd. Naamgeving met de juiste vermelding van overbodige Griekse telwoorden kan echter niet als fout worden beschouwd. Je kan de



oxidatiegetallen laten afleiden vanuit een gegeven naam of formule, vanuit het PSE en/of vanuit een gegeven tabel met oxidatiegetallen.

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

LPD 43 De leerlingen classificeren organische stoffen in hun stofklasse zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

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

2de graad: classificeren anorganische stoffen en alkanen (II-TeWe-d LPD 41, 44)

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

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

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

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

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

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen en LPD 44, 45 (formule en naam):

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

LPD 44 De leerlingen stellen structuurformule en skeletnotatie op van monofunctionele organische stoffen.

2de graad: opstellen chemische formules, ionbinding, atoombinding, metaalbinding, roostermodel, elektronegativiteit (II-TeWe-d LPD 31, 38, 39, 40, 46)

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

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

LPD 45 De leerlingen vormen van anorganische en organische stoffen de formule en de naam volgens de IUPAC-naamgeving.

2de graad: IUPAC-naamgeving alkanen, anorganische zuren, basen, zouten, oxiden (II-TeWe-d LPD 42, 45)

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

Macromoleculen

LPD 46 De leerlingen brengen de structuur van kunststoffen in verband met eigenschappen of toepassingen.

Wenk: Begrippen als monomeren (een eenheid), dimeren (twee eenheden die een entiteit vormen) en polymeren (veel eenheden die een entiteit vormen) komen aan bod. Monomeren worden aaneengeschakeld tot dimeren en polymeren. De structuur van en het type monomeren bepalen de eigenschappen, naam en toepassingen van het daaruit opgebouwd polymeer.

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

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

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

Voorbeelden van toepassingen van biodegradeerbare of composteerbare bioplastics zijn: in verpakkingsmateriaal (polylactaat), in geneeskunde (PGA), in biologische en chemische processen ...

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

Wenk: Je kan vanuit eenvoudige en aanschouwelijke voorbeelden de productie en recyclage van kunststoffen aan bod laten komen bijvoorbeeld van fles tot fleecce, extrusie van polymeren voor productie van voorwerpen (tuinstoel, fles, kunststofdraad ...), basis voor 3D-printen. Dat kan in samenhang met het leerplandoel LPD 60 (duurzame chemie).

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

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



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

LPD 47 De leerlingen classificeren polysachariden, proteïnen, lipiden en polynucleotiden zowel op basis van een structuurformule als op basis van een naam.

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

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

LPD 48 De leerlingen leggen de structuurkenmerken uit van (poly)sachariden, proteïnen, lipiden en polynucleotiden.

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

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

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

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

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

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

Wenk: Je kan principes van een substitutie-, eliminatie-, additie-, condensatie-, polymerisatiereactie en hydrolyse aan bod laten komen. Je kan de nadruk leggen op het herkennen van reactiesystemen en het duiden van het onderscheid ertussen. Vertrek vanuit concrete voorbeelden van toepassingen en processen: waterzuivering, vorming maar ook afbraak van macromoleculen zoals lipiden, proteïnen en polysachariden, het harden van oliën, productie van kunststoffen (LPD 46).

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

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

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

LPD 49 De leerlingen lichten het belang van biomoleculen toe in biologische processen.

Wenk: Je kan enkele toepassingen van biomoleculen aan bod te laten komen; het is belangrijk om af te stemmen met de vakcollega Biologie over afbakenen van de inhoud.

Gebruik voorbeelden waar biologische processen als toepassing worden gebruikt bv. enzymen in wasmiddelen, zachte vulling pralines ...

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

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

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

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

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

Nanomaterialen

LPD 50 De leerlingen leggen structuur en toepassingsmogelijkheden van nanomaterialen uit.

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

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

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

Wenk: Nanotechnologieën dragen bij aan elk wetenschapsgebied, waaronder



natuurkunde, materiaalkunde, chemie, biologie, informatica en techniek.

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

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met STEM-doel over wisselwerking STEM en maatschappelijke uitdagingen en met LPD 60 (reflecteren over toepassingen in het kader van duurzame chemie).

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

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

4.9.2 De chemische reactie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

Kwantitatieve aspecten

LPD 51 De leerlingen berekenen het molair gasvolume door de algemene gaswet toe te passen.

2de graad: verbanden tussen grootheden bij vloeistoffen en gassen (II-TeWe-d LPD 27)

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

Je kan het molair gasvolume berekenen in concrete situaties.

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

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

LPD 52 De leerlingen passen concentratie-uitdrukkingen toe in berekeningen en zetten concentratie-eenheden om.

★ Verdunningen

2de graad: Massaconcentratie en molaire concentratie (II-TeWe-d LPD 48); verband tussen stofhoeveelheid, molaire grootheden en concentraties (II-TeWe-d LPD 49)

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

Wenk: Je kan de gemiddelde relatieve atoommassa door de leerlingen laten berekenen in samenhang met het procentueel voorkomen van isotopen van een element.

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

LPD 53 De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie.

★ Limiterend reagens

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

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

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

Dynamiek van de chemische reactie

LPD 54 De leerlingen analyseren de snelheid van een chemische reactie en beïnvloedende factoren.

2de graad: materie- en energie-uitwisseling bij reacties (II-TeWe-d LPD 33, 34)

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

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

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

Wenk: Het is de bedoeling om reactiesnelheid te benaderen als de verandering van de concentratie van reagentia of reactieproducten binnen een bepaald tijdsinterval. Factoren die de reactiesnelheid beïnvloeden: concentratie, temperatuur, verdelingsgraad en katalysator. Leg de link met het botsingsmodel.

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

Wenk: Je kan de analyse van de reactiesnelheid behandelen vanuit de aangereikte snelheidsvergelijking en meetgegevens.
Je kan de reactiesnelheidsconstante aan bod laten komen.

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



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

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: onderzoek van de beïnvloedende factoren op de reactiesnelheid bv. concentratie en temperatuur (Mg en HCl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en HCl), deeltjesgrootte, katalysator (analyse van waterstofperoxide bv. door katalase in lever).

LPD 55 De leerlingen leggen een chemische reactie uit als een dynamisch proces.

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

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

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

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

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

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

LPD 56 De leerlingen beschrijven kwalitatief en kwantitatief chemisch evenwicht als dynamisch evenwicht en passen de wet van Le Chatelier-Van 't Hoff toe.

★ Evenwichtsconstante

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

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

- industriële productieprocessen als het Haber-Bosch proces voor de synthese van ammoniak, het contactproces voor de synthese van zwavelzuur;

- de ademhaling als evenwichtsreacties bij omzetting van hemoglobine naar oxyhemoglobine, evenwicht van oplossen van CO₂ in H₂O naar H₂CO₃ (zuur-base-evenwicht).

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

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

- onderzoek naar invloed van temperatuur op de reactie tussen zetmeel en dijood;
- het laten verkleuren van zwarte thee door wijzigen van de protonenconcentraties;
- het chemisch evenwicht Fe³⁺ en SCN⁻.

Chemische reactiepatronen

LPD 57 De leerlingen leggen de begrippen Brønstedzuur, Brønstedbase, geconjugeerd zuur en geconjugeerde base uit.

2de graad: dissociatie, ionisatie, elektrolyten (II-TeWe-d LPD 46, 47)

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

LPD 58 De leerlingen passen chemisch evenwicht toe op protolysereacties.

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

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

2de graad: eenvoudige reactievergelijkingen opstellen (II-TeWe-d LPD 50); dissociatie, ionisatie, elektrolyten (II-TeWe-d LPD 46, 47)

Wenk: Je kan de begrippen pK_a en pK_b aan bod laten komen met de samenhang ertussen in een geconjugeerd zuur-basesysteem.
Het bepalen van de onderlinge sterkte van zuren en basen en het voorspellen van zuur-basereacties gebeurt aan de hand van de zuur- en baseconstanten.

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

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

LPD 59 De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een redoxreactie.

2de graad: eenvoudige reactievergelijkingen opstellen (II-TeWe-d LPD 50)

Wenk: Je kan de parallellen aangeven tussen een zuur-basereactie en een redoxreactie: het zuur (protondonor) en de base (protonacceptor) worden respectievelijk



vervangen door de reductor (elektronendonor) en de oxidator (elektronenacceptor).

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

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

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

4.9.3 Duurzame chemie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 60 De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.

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

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

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

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

Wenk: Productieprocessen en het gebruik van relevante grondstoffen zoals productie van bioplastics (PLA) in samenhang met de mogelijke biodegradeerbaarheid van de bioplastics in LPD 46, productie van waterstofgas ...

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

Wenk: Je kan reflecteren over het aanwenden of exploreren van zonne-energie, windenergie, energie uit biomassa, energie uit waterkracht (minder van toepassing in België) of lucht en bodemwarmte als duurzame alternatieven voor fossiele C-brandstof (steenkool, aardgas, aardolie). Het probleem van het

radioactief afval bij kernenergie komt aan bod in Fysica.

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

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

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

5 Basisuitrusting

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

Om de leerplandoelen te realiseren dient de school minimaal de hierna beschreven infrastructuur en materiële en didactische uitrusting ter beschikking te stellen die beantwoordt aan de reglementaire eisen op het vlak van veiligheid, gezondheid, hygiëne, ergonomie en milieu. Specifieke benodigde infrastructuur of uitrusting hoeft niet noodzakelijk beschikbaar te zijn op de school. Beschikbaarheid op de werkplek of een andere externe locatie kan volstaan. We adviseren de school om de grootte van de klasgroep en de beschikbare infrastructuur en uitrusting op elkaar af te stemmen.

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 voor het realiseren van de leerplandoelen Chemie 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.

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

Risicoanalyses voor chemicaliën en voor infrastructuur

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



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

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

5.1 Infrastructuur

Een leslokaal

- dat qua grootte, akoestiek en inrichting geschikt is om communicatieve werkvormen te organiseren;
- 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.

Om kennis en vaardigheden geïntegreerd aan te reiken en het procesmatig werken en het engineeren te versterken is een goed uitgerust competentiecentrum noodzakelijk waarbij de ruimte voor het aanleren van vaardigheden en het instructielokaal één geheel vormen of dicht bij elkaar gelegen zijn.

Voor leerplanonderdeel Chemie een lokaal

- met voldoende materiaal (per 2 leerlingen) voor de uit te voeren leerlingexperimenten;
- met een demonstratietafel, waar zowel water als elektriciteit voorhanden zijn;
- met de nodige werktafels, lestafels, voldoende opbergruimte, een wasbak en nutsvoorzieningen;
- met voorzieningen voor correct afvalbeheer;
- dat voldoende ruim is om eventueel flexibele klasopstellingen mogelijk te maken.

Toegang tot (mobile) devices voor leerlingen.

5.2 Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen

- universeel plug-in systeem en zijn componenten;
- meetsnoeren;
- multimeters;
- vermogensmeter;
- regelbare, begrensde voeding;
- LF-Functiegenerator;
- LF-Oscilloscoop;
- diverse kernen, spoelen en kompasnaaldjes voor doeproeven rond elektromagnetisme;
- diverse vermogensschakelaars, differentieelschakelaars, elektrisch schakelmateriaal;
- divers schakelmateriaal voor rechtstreeks (schakelaars, drukknoppen) en onrechtstreeks schakelen (elektromagnetische en elektromechanische schakelaars);
- diverse sensoren;
- meerdere plc's of microcontrollers en toebehoren en software;
- diverse actuatoren, kleine elektromotoren, ventielen en cilinders;
- elektrische motoren (asynchrone, stappen en servomotoren);
- omvormer (zoals een temperatuurtransmitter, koppelomvormer...);
- communicatiemogelijkheden voor plc of microcontrollers;

- soldeerbout;
- diverse handgereedschappen;
- schuifmaat;
- handboormachine;
- compressorgroep met luchtconditioneringsgroep;
- manometer;
- pneumatica schakeling- en simulatiesoftware;
- pneumatische cilinders, ventielen;
- persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen;
- opstellingen en uitrustingen tot het uitvoeren van de experimenten.

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

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

Het aanwezige materiaal is voldoende voor de grootte van de klasgroep.

5.3 Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken

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

- Informatica en communicatiemedia:
 - 3D-CAE-tekensoftware,
 - programmeersoftware
 - simulatiesoftware.

6 Glossarium

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

Handelingswerkwoord	Synoniem	Toelichting
Analyseren		Verbanden zoeken tussen gegeven data en een (eigen) besluit trekken
Beargumenteren	Verklaren	Motiveren, uitleggen waarom
Beoordelen	Evalueren	Een gemotiveerd waardeoordeel geven
Berekenen	Berekeningen uitvoeren	
Berekeningen uitvoeren	Berekenen	
Beschrijven	Toelichten, uitleggen	
Betekenis geven aan	Interpreteren	



Een (...) cyclus doorlopen	Een (...) proces doorlopen	Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken
Een (...) proces doorlopen	Een (...) cyclus doorlopen	Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken
Evalueren	Beoordelen	
Gebruiken	Hanteren, inzetten, toepassen	
Hanteren	Gebruiken, inzetten, toepassen	
Identificeren		Benoemen; aangeven met woorden, beelden ...
Illustreeren		Beschrijven (toelichten, uitleggen) aan de hand van voorbeelden
In dialoog gaan over	In interactie gaan over	
In interactie gaan over	In dialoog gaan over	
Interpreteren	Betekenis geven aan	
Inzetten	Gebruiken, hanteren, toepassen	
Kritisch omgaan met	Kritisch gebruiken	
Kwantificeren		Beredeneren door gebruik te maken van verbanden, formules, vergelijkingen ...
Onderzoeken	Onderzoek voeren	Verbanden zoeken tussen zelf verzamelde data en een (eigen) besluit trekken
Onderzoek voeren	Onderzoeken	Verbanden zoeken tussen zelf verzamelde data en een (eigen) besluit trekken
Reflecteren over		Kritisch nadenken over en argumenten afwegen zoals in een dialoog, een gedachtewisseling, een paper
Testen	Toetsen	
Toelichten	Beschrijven, uitleggen	
Toepassen	Gebruiken, hanteren, inzetten	
Toetsen	Testen	
Uitleggen	Beschrijven, toelichten	
Verklaren	Beargumenteren	Motiveren, uitleggen waarom

7 Concordantie

7.1 Concordantietabel

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

Leerplandoel	Minimumdoelen of specifieke minimumdoelen
1	MD 06.36
2	MD 06.43
3	SMD 01.01.01
4	MD 06.44
5	MD 06.45; SMD 12.01.01
6	MD 06.46
7	SMD 12.01.02
8	MD 06.37; MD 06.38; SMD 11.05.05
9	MD 06.38; SMD 11.05.05
10	MD 06.38; SMD 11.05.05
11	MD 06.38; SMD 11.05.05
12	MD 06.38; SMD 11.05.05
13	MD 06.38; SMD 11.05.05
14	SMD 11.05.06
15	SMD 11.05.06
16	SMD 11.07.03
17	SMD 11.07.04
18	-
19	SMD 11.07.01
20	SMD 11.07.02
21	SMD 11.07.02
22	SMD 11.08.01
23	SMD 07.01.01
24	SMD 11.09.04
25	-



26	SMD 11.09.04
27	MD 06.39
28	SMD 11.09.05
29	SMD 11.09.06
30	SMD 11.09.07
31	SMD 11.09.07; SMD 11.09.08
32	SMD 11.12.02
33	SMD 11.14.02
34	SMD 11.14.03
35	SMD 11.14.03
36	MD 06.40; SMD 11.16.01
37	MD 06.41
38	MD 06.42
39	SMD 09.02.06
40	SMD 09.02.06
41	MD 06.31
42	SMD 09.02.07; SMD 09.02.04
43	SMD 09.02.04
44	SMD 09.02.07
45	SMD 09.02.05
46	MD 06.31
47	SMD 09.02.04
48	MD 06.32; SMD 09.02.04
49	MD 06.32
50	MD 06.33
51	SMD 09.02.10

52	SMD 09.02.10
53	SMD 09.02.10
54	MD 06.34; SMD 09.02.12
55	MD 06.34
56	SMD 09.02.11
57	SMD 09.02.08
58	SMD 09.02.08; SMD 09.02.09
59	SMD 09.02.09
60	MD 06.35

7.2 Minimumdoelen basisvorming

- 06.31 De leerlingen brengen de structuur van eenvoudige organische moleculen en van kunststoffen in verband met eigenschappen of toepassingen.
- 06.32 De leerlingen tonen aan de hand van de structuur het belang van (poly)sachariden, lipiden en proteïnen aan voor biologische processen.
- 06.33 De leerlingen leggen structuur en toepassingsmogelijkheden van nanomaterialen uit.
- 06.34 De leerlingen interpreteren de dynamiek van een chemische reactie en beïnvloedende factoren.
- 06.35 De leerlingen reflecteren over aangereikte toepassingen of processen in het kader van duurzame chemie.
- 06.36 De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.
Voetnoot:
Rekening houdend met concepten van de derde graad.
- 06.37 De leerlingen lichten eigenschappen van elektrische krachtwerking toe.
- 06.38 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van permanente magneten, elektromagneten en elektromagnetische inductie.
- 06.39 De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.
- 06.40 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van trillingen en golven met inbegrip van geluid, de decibelschaal en het elektromagnetisch spectrum.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Kenmerken van een harmonische trilling
 - Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid
 - Golf als energietransport
- 06.41 De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening met bijbehorende veiligheidsaspecten.
- 06.42 De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.
- 06.43 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
- 06.44 De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.



Voetnoot:

Rekening houdend met concepten van de derde graad.

- 06.45 De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.

Voetnoot:

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

- 06.46 De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.

Voetnoot:

Rekening houdend met de context waarin dit minimumdoel aan bod komt.

7.3 Specifieke minimumdoelen

- 01.01.01 De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met inhouden van minstens 1 wetenschapsdomein verbonden aan de studierichting.

- 07.01.01 De leerlingen programmeren zelf ontworpen oplossingen voor concrete problemen.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Algoritmen en datastructuren
- Algoritmische technieken
- Numerieke methodes
- Gebruik van softwarebibliotheken
- Gestructureerde programmeertaal
- Invoer van en uitvoer naar externe gegevensbronnen

- 09.02.01 De leerlingen brengen het oplossen van stoffen in water in verband met het dissociëren van ionaire verbindingen en het ioniseren van polaire moleculaire verbindingen.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Elektrolyten

- 09.02.02 De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een eenvoudige reactie.

- 09.02.03 De leerlingen leggen kwantitatief het verband tussen stofhoeveelheid en molaire grootheden en concentraties.

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

Onderliggende (kennis)elementen:

- Zuren, basen, zouten, oxiden
- Alkanen, alkenen, alkynen, halogeenalkanen, alcoholen, carbonzuren, aldehyden, ketonen, esters, aminen
- Polysachariden, proteïnen, lipiden, polynucleotiden

- 09.02.05 De leerlingen hanteren de IUPAC-naamgeving voor organische en anorganische stoffen.

- 09.02.06 De leerlingen gebruiken het orbitaalmodel om de structuur van atomen en ionen te beschrijven.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Opstellen van de elektronenconfiguratie

- 09.02.07 De leerlingen stellen chemische structuurformules op van anorganische en organische stoffen.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Lewisstructuur, skeletnotatie
- Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding
- Roostermodel
- Elektronegativiteit

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

Onderliggende (kennis)elementen:

- Brønstedzuur- en base
 - Geconjugeerd zuur en geconjugeerde base
 - Ionisatie-evenwicht van water
 - pH berekeningen, pOH berekeningen
 - Zuurconstante (K_a) en baseconstante (K_b)
- 09.02.09 De leerlingen stellen reactievergelijkingen op.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Reacties met ionenuitwisseling: zuur-base reactie, neerslagreactie
 - Reacties met elektronenoverdracht
- Voetnoot:
Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 09.02.10 De leerlingen voeren stoichiometrische berekeningen uit op een gegeven aflopende chemische reactie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Molair gasvolume
 - Concentratie-uitdrukkingen en -omzettingen
 - Verdunningen
 - Limiterend reagens
- 09.02.11 De leerlingen beschrijven kwalitatief en kwantitatief chemisch evenwicht als dynamisch evenwicht en passen de wet van Le Chatelier- Van 't Hoff toe.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Evenwichtsconstante
- 09.02.12 De leerlingen analyseren het verloop van een reactie aan de hand van kinetische aspecten.
- 11.05.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking en veldsterkte.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Veldlijnenpatronen: bij een radiaal, dipool en homogeen veld
- 11.05.02 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen spanning over en de stroom door een verbruiker in een elektrische gelijkstroomkring.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Wet van Pouillet
 - Potentiaal en spanning
- 11.05.03 De leerlingen analyseren eigenschappen van een serie- en parallelschakeling.
- 11.05.04 De leerlingen berekenen de stromen en spanningen in serie-, parallel- en gemengde elektrische gelijkstroomkringen en netwerken via verschillende oplossingsmethoden.
- 11.05.05 De leerlingen analyseren en kwantificeren de magnetische krachtwerking en het magnetisch veld in een technische toepassing.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Veldlijnenpatronen bij een stroomvoerende rechte geleider en bij een stroomvoerende spoel
 - Kracht op een bewegende lading, kracht op een stroomvoerende rechte geleider
- Voetnoot:
Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 11.05.06 De leerlingen analyseren en kwantificeren elektromagnetische inductie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Wet van Faraday, wet van Lenz
 - Opwekking van wisselspanning
- 11.07.01 De leerlingen analyseren wisselstroomschakelingen rekening houdend met de distributienetten TT, IT, TN.
- 11.07.02 De leerlingen modelleren en realiseren een wisselstroomschakeling met een stuur- en vermogenkring.
- 11.07.03 De leerlingen analyseren karakteristieke eigenschappen van eenfasige en driefasige wisselspanning en wisselstroom.



- 11.07.04 De leerlingen analyseren en kwantificeren het gedrag van gemengde wisselstroomschakelingen met passieve componenten in functie van frequentieafhankelijkheid, faseverschuiving en impedantie.
- 11.08.01 De leerlingen modelleren en realiseren een elektronische schakeling als input/output-interface voor een microcontroller of PLC.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Gedrag van elektronische componenten
- 11.09.01 De leerlingen kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele en elastische energie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Energiedissipatie
- 11.09.02 De leerlingen berekenen de hoeveelheid arbeid, opgenomen en geleverd vermogen in een technisch systeem.
- 11.09.03 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij eendimensionale bewegingen met constante versnelling.
- 11.09.04 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de horizontale worp en bij de eenparig cirkelvormige beweging.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Ogenblikkelijke en gemiddelde waarde
- 11.09.05 De leerlingen stellen de evenwichtsvergelijkingen op bij statisch evenwicht in het vlak en driedimensionaal en voeren berekeningen uit.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Wrijvingskracht met inbegrip van de statische wrijvingscoëfficiënt
 - Samenstellen en ontbinden van vectoren
 - Krachten- en krachtmomentenbalans
- 11.09.06 De leerlingen analyseren en kwantificeren de dynamica van systemen bij translatie en rotatie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Wrijvingskracht met inbegrip van de dynamische wrijvingscoëfficiënt
- 11.09.07 De leerlingen ontwerpen een constructie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Relatie tussen materiaal, structuur en functie
 - Mechanische eigenschappen
- Voetnoot:
Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 11.09.08 De leerlingen tekenen constructies in 3D met CAD-software.
- 11.12.01 De leerlingen kwantificeren de warmtebalans bij temperatuursveranderingen en faseovergangen.
- 11.12.02 De leerlingen verklaren een thermodynamisch proces in een technisch systeem.
- 11.14.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren verbanden tussen grootheden bij vloeistoffen en gassen.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Druk, volume, temperatuur, kracht, oppervlakte
- 11.14.02 De leerlingen verklaren verbanden tussen druk, snelheid en hoogte in fluïda aan de hand van de wet van Bernoulli.
- 11.14.03 De leerlingen tekenen en realiseren een elektropneumatische schakeling.
Onderliggende (kennis)elementen:
Gedrag van elektropneumatische componenten
- 11.16.01 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen aan de hand van het golfmodel.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Lopende en staande golven
 - Weerkaatsing, breking, interferentie, buiging, resonantie
 - Golfgetal

- Intensiteit
- 12.01.01 De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
 - Modelleren
- 12.01.02 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Gegevens/meetwaarden met de juiste symbolen voor grootheden en (SI-)eenheden
 - Beduidende cijfers
 - Meetnauwkeurigheid
 - Notaties met machten van 10

7.4 Concordantietabel van SMD naar LPD

SMD 01.01.01	III-TWE-d LPD 3
SMD 07.01.01	III-TWE-d LPD 23
SMD 09.02.01	II-TeWe-d LPD 46, 47
SMD 09.02.02	II-TeWe-d LPD 50
SMD 09.02.03	II-TeWe-d LPD 36, 49
SMD 09.02.04	II-TeWe-d 41, 44 III-TWE-d LPD 42, 43, 47, 48
SMD 09.02.05	III-TWE-d LPD 45
SMD 09.02.06	III-TWE-d LPD 39, 40
SMD 09.02.07	II-TeWe-d LPD 31, 38, 39 III-TWE-d LPD 42, 44
SMD 09.02.08	III-TWE-d LPD 57, 58
SMD 09.02.09	III-TWE-d LPD 58, 59
SMD 09.02.10	III-TWE-d LPD 51-53
SMD 09.02.11	III-TWE-d LPD 56
SMD 09.02.12	III-TWE-d LPD 54
SMD 11.05.01	II-TeWe-d LPD 7
SMD 11.05.02	II-TeWe-d LPD 8
SMD 11.05.03	II-TeWe-d LPD 10
SMD 11.05.04	II-TeWe-d LPD 11
SMD 11.05.05	III-TWE-d LPD 8, 9, 10, 11, 12, 13
SMD 11.05.06	III-TWE-d LPD 14, 15
SMD 11.07.01	III-TWE-d LPD 19
SMD 11.07.02	III-TWE-d LPD 20, 21
SMD 11.07.03	III-TWE-d LPD 16
SMD 11.07.04	III-TWE-d LPD 17
SMD 11.08.01	III-TWE-d LPD 22
SMD 11.09.01	II-TeWe-d LPD 25
SMD 11.09.02	II-TeWe-d LPD 24
SMD 11.09.03	II-TeWe-d LPD 18, 19
SMD 11.09.04	III-TWE-d LPD 24, 26
SMD 11.09.05	III-TWE-d LPD 28
SMD 11.09.06	III-TWE-d LPD 29
SMD 11.09.07	III-TWE-d LPD 30, 31
SMD 11.09.08	III-TWE-d LPD 31



SMD 11.12.01	II-TeWe-d LPD 29
SMD 11.12.02	III-TWE-d LPD 32
SMD 11.14.01	II-TeWe-d LPD 27
SMD 11.14.02	III-TWE-d LPD 33
SMD 11.14.03	III-TWE-d LPD 34, 35
SMD 11.16.01	III-TWE-d LPD 36
SMD 12.01.01	III-TWE-d LPD 5
SMD 12.01.02	III-TWE-d LPD 7

ONTWERP

Inhoud

1	Inleiding.....	3
1.1	Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten	3
1.2	De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs	3
1.3	Ruimte voor leraren(teams) en scholen	4
1.4	Differentiatie	4
1.5	Opbouw van leerplannen.....	6
2	Situering	7
2.1	Samenhang in de derde graad	7
2.1.1	Samenhang binnen de studierichting Technologische wetenschappen en engineering.....	7
2.1.2	Samenhang over de finaliteiten heen	7
2.2	Plaats in de lessentabel.....	8
3	Pedagogisch-didactische duiding	8
3.1	Technologische wetenschappen en engineering en het vormingsconcept.....	8
3.2	Krachtlijnen	9
3.3	Diamantmodel	11
3.4	Opbouw.....	12
3.5	Leerlijnen.....	13
3.5.1	Samenhang met de tweede graad	13
3.5.2	Samenhang in de derde graad	13
3.6	Aandachtspunten.....	13
3.7	Leerplanpagina.....	14
4	Leerplandoelen	14
4.1	STEM - Engineering	14
4.2	Elektriciteit – elektronica	18
4.2.1	Elektromagnetisme	18
4.2.2	Elektrodynamica: eenfasige en driefasige wisselspanning en -stroom	19
4.2.3	Elektrodynamica: wisselstroomschakelingen	20
4.2.4	Elektronica	21
4.3	Mechanica.....	23
4.3.1	Kinematica.....	23
4.3.2	Statisch en dynamisch evenwicht	24
4.4	Constructies	24
4.5	Thermodynamica	25

4.6	Fluïdomechanica	25
4.7	Trillingen en golven	26
4.8	Kernenergie	27
4.9	Chemie	28
4.9.1	Structuur en eigenschappen van de materie	28
4.9.2	De chemische reactie	34
5	Basisuitrusting	39
5.1	Infrastructuur	40
5.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen	40
5.3	Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken	41
6	Glossarium	41
7	Concordantie	42
7.1	Concordantietabel	42
7.2	Minimumdoelen basisvorming	45
7.3	Specifieke minimumdoelen	46
7.4	Concordantietabel van SMD naar LPD	49