

**Technologische wetenschappen B+S**  
2de graad D-finaliteit  
II-TeWe-d

BRUSSEL

D/2024/13.758/061

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 lessen ...).

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

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

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

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

## 1.2 De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs

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

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



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

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



### 1.3 Ruimte voor leraren(teams) en scholen

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

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

### 1.4 Differentiatie

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

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

#### *Differentiatie door te verdiepen en te verbreden*

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

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

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

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

#### *Differentiatie door de leeromgeving aan te passen*

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

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

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

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

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

#### *Differentiatie in evaluatie*

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

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



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

## 1.5 Opbouw van leerplannen

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

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

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

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

De **leerplandoelen** zijn helder geformuleerd en geven aan wat van leerlingen wordt verwacht. Waar relevant geeft een opsomming of een afbakening (★) aan wat bij de realisatie van het leerplandoel aan bod moet komen. Ook pop-ups bevatten informatie die noodzakelijk is bij de realisatie van het leerplandoel. De leerplandoelen zijn gebaseerd op de minimumdoelen van de basisvorming, de cesuurdoelen 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 cesuurdoelen en/of doelen die leiden naar een of meer beroepskwalificaties, afhankelijk van de finaliteit. Als leraar hoef je je die taal niet eigen te maken. Het volstaat dat je de leerplandoelen realiseert zoals opgenomen in het leerplan.

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

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

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

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

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

## 2 Situering

### 2.1 Samenhang in de tweede graad

#### 2.1.1 Samenhang binnen de studierichting Technologische wetenschappen

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen, door de leerlingen een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen te laten ervaren. Dit kan je als leraar realiseren door de leerdoelen van het leerplan Technologische wetenschappen (Fysica – Chemie) doelgericht te combineren met inhoudelijke doelen in Biologie, Aardrijkskunde en Wiskunde.

#### 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: <ul style="list-style-type: none"><li>• onderzoekend</li><li>• experimenterend</li><li>• exploratief</li></ul> | Ontwikkelen van technologisch denken en vaardig zijn (techniek/wetenschap): <ul style="list-style-type: none"><li>• onderzoekend</li><li>• toegepaste wiskunde en wetenschappen</li><li>• diagnose</li></ul> | Ontwikkelen van technisch-operationele vaardigheden en kennis van materialen en gereedschappen |
| Transfertgericht 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                                                       |

### 2.2 Plaats in de lessentabel

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

Het leerplan is gericht op 13 graaduren en is bestemd voor de studierichting Technologische wetenschappen. 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 maakt 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 het vormingsconcept

Het leerplan Technologische wetenschappen is ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialoogschool. 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 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, alsook 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 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. 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.



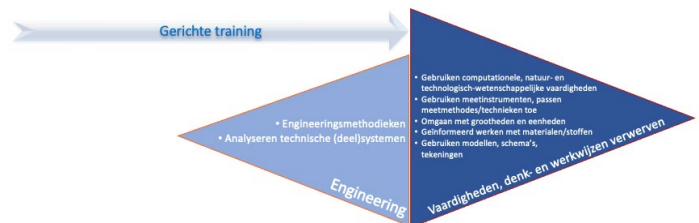
Ze verwerven inzicht in elektrostatica, gelijkstroomkringen (serie-, parallel- en gemengde schakeling), elektronica, ééndimensionale bewegingen met een constante versnelling, statisch evenwicht, mechanische eigenschappen van materialen, krachten en spanningen op constructies, energie transport, en fluïdomechanica.

### *Computatieve, natuur- en technologisch-wetenschappelijke vaardigheden, denk- en werkwijzen verwerven*

De leerlingen gebruiken een gestructureerde programmeertaal in hun programmeeropdrachten.

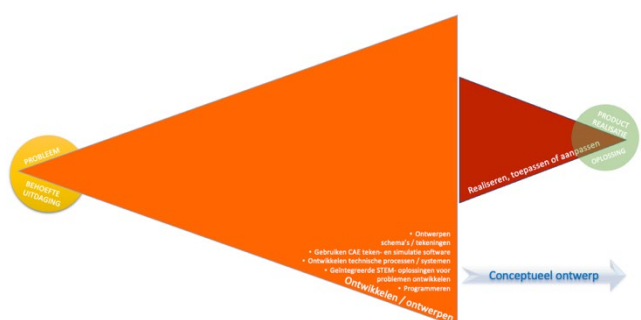
Ze leren meetinstrumenten gebruiken, meetmethoden en meettechnieken toepassen, omgaan met grootheden en eenheden en geïnformeerd werken met materialen en stoffen.

De leerlingen gebruiken modellen en ontwerpen schema's en tekeningen om te verklaren of om geïntegreerde STEM-oplossingen voor problemen te ontwikkelen.



### *Engineering methodieken 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

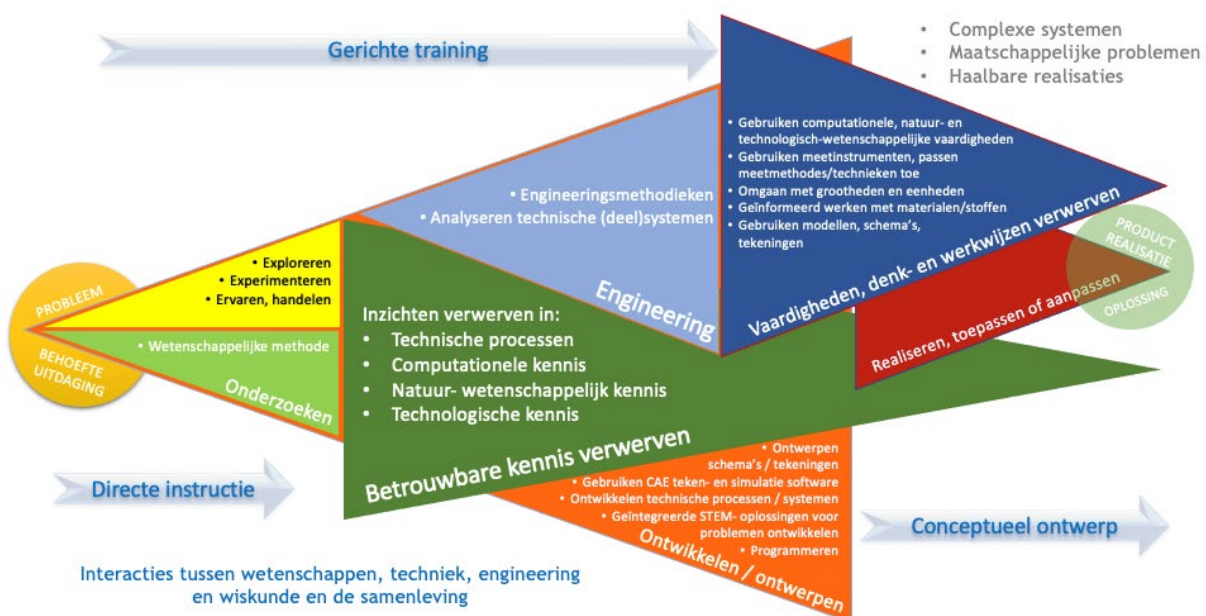


microcontroller of PLC en 3D-constructies. Ze gebruiken teken- en simulatiesoftware en programmeren oplossingen. Zorg voor het milieu, veilig, kwaliteitsvol en ergonomisch werken vormen een rode draad doorheen de studierichting.

### *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 ook aan de slag in hun projecten en realisaties 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 engineeringsprojecten. 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 omvat de volgende rubrieken:

- STEM-engineering;
- elektriciteit – elektronica:
  - elektrostatica;
  - gelijkstroomkringen;
  - elektronica - ICT;
- mechanica:
  - bewegingsleer
  - statisch evenwicht in het vlak
  - constructie
  - arbeid en energie
- fluidomechanica;
- thermodynamica;
- chemie:
  - mengsels en zuiver stoffen;
  - aspecten van een chemische reactie;
  - bouw en eigenschappen van atomen;



- chemische bindingen;
- indeling van samengestelde stoffen;
- principes van oplossen en elektrische geleiding
- kwantitatieve aspecten
- reactiesoorten.

## 3.5 Leerlijnen

### 3.5.1 Samenhang met de eerste graad

De leerlingen in de eerste graad ontwerpen en ontwikkelen in STEM. In een context en met concepten van de eerste graad onderzoeken ze aan de hand van een wetenschappelijke methode, ontwerpen ze oplossingen voor een probleem en illustreren ze de wisselwerking tussen wetenschappen, wiskunde en technologie. Ze analyseren principes van de bouw en werking van een technisch systeem en doorlopen een technisch proces om een technisch systeem te realiseren.

### 3.5.2 Samenhang in de tweede graad

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

In Wiskunde leren de leerlingen problemen oplossen en wiskundig redeneren, rekenen met reële getallen, de stelling van Pythagoras, driehoeksmeting in rechthoekige driehoeken, werken met vectoren, goniometrische formules gebruiken en analytische meetkunde in het vlak.

In Biologie leren de leerlingen natuurwetenschappelijke fenomenen en hun toepassingen in het dagelijkse leven verklaren.

### 3.5.3 Samenhang in de derde graad

Het leerplan Technologische wetenschappen is de logische studierichting in de tweede graad voor de studierichtingen Technologische wetenschappen en engineering, Informatica- en communicatiewetenschappen en Mechatronica in de derde graad.

## 3.6 Aandachtspunten

Het leerplan Technologische wetenschappen is een graadleerplan. Het lerarenteam dient de leerplandoelen te spreiden over de twee leerjaren. Overleg en een planmatige aanpak zijn belangrijk. Tijdens de voorbereiding van een project worden (relevante) kennis en inzichten aangeboden om de opdracht voldoende sterk aan te vatten. De leerlingen leren ook gemaakte keuzes binnen het technisch proces te beargumenteren. Vervolgens leren ze een planning opstellen en zich organiseren. Vaardigheden en handelingen oefenen de leerlingen in gedurende de uitvoering van een project. Zowel het ontwikkelen 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.

## 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 of cesuurdoelen

**MD 06.40** De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op. (LPD 1)

(Rekening houdend met concepten van de tweede graad.)

**MD 06.50** De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen. (LPD 2)

**MD 06.51** De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden. (LPD 3)

(Rekening houdend met concepten van de tweede graad.)

**MD 06.52** De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden. (LPD 4)

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

**MD 06.53** De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen. (LPD 5)

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

**CD 12.01.01** De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor problemen door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen. (LPD 4)

- Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
- Modelleren

**CD 12.01.02** De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen (LPD 6)

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

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

**Samenhang tweede graad:** formules omvormen: II-WisS-d LPD 20; II-WisS''-d LPD 20

Wenk: Fysische problemen kunnen breed beschouwd worden. Zowel mechanische, elektrische, thermodynamische, hydrostatische, chemische... problemen kunnen aan bod komen.

Wenk: Je kan met de leerlingen zelf een formularium opstellen waarbij in samenspraak wordt aangegeven welke de te kennen basisformules zijn.



Je kan met de leerlingen progressief het gebruik van een formularium afbouwen.

Wenk: Je hebt aandacht voor een gestructureerde notatie bij het uitwerken van probleem en een correcte notatie van grootheden en eenheden en het consequent formuleren van een resultaat met zijn eenheid.

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

**Samenhang tweede graad:** veilig en duurzaam werken: (II-Bio-d LPD 2S)

1ste graad: Veilig en duurzaam werken (I-Tec-a LPD 1, I-Nat-a LPD 4)

Wenk: Bij gebruik van een werkplaats en/of technische systemen is het wenselijk het werkplaatsreglement, het gebruik van persoonlijk en collectieve beschermingsmiddelen, de veiligheidsinstructiekaart (VIK) en handleidingen te bespreken met de leerlingen.

Wenk: Bij werken aan elektrische schakelingen heb je met de leerlingen aandacht voor de BA4-bevoegheden.

Wenk: Een veilige houding en werkomgeving kan versterkt worden als de leerlingen leren gevaarlijke situaties herkennen en melden.

Wenk: Onder 'technische systemen' kan je onder meer begrijpen: machines, toestellen, handwerkgereedschappen, glaswerk, meetinstrumenten, computers. Onder 'onderhouden van systemen' kan je onder meer begrijpen: reinigen, preventief onderhoud, juist gebruik van hulpmiddelen.

Wenk: Goede praktijken zoals

- ordelijk werken, productetiketten interpreteren;
- aandacht hebben voor circulair gebruik van materialen;
- alert zijn voor energie die kan vrijkomen onder de vorm van warmte, geluid, straling, elektriciteit;
- omgaan met chemisch en biologisch afval.

Wenk: Gebruik van informatie zoals instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, symbolen, onderhoudsvorschriften, handleidingen en (werk)tekeningen.

Wenk: Je gebruikt als leraar de COS-brochure om op een verantwoorde en veilige manier om te gaan met chemische stoffen op school.

## **LPD 3 De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en vragen te beantwoorden.**

**Samenhang tweede graad:** voeren onderzoek: (II-Bio-d LPD 1S)

1ste graad: Voeren onderzoek (I-Tec-a LPD 2, I-Nat-a LPD 1)

Wenk: Bij het onderzoeken aan de hand van een wetenschappelijke methode kan je aandacht hebben voor:

- scherpstellen en afbakenen van de probleemstelling;
- formuleren van een onderzoeksvraag en hypothese op basis van criteria;

- opstellen en uitvoeren van een onderzoeksplan en experiment;
- formuleren van een conclusie bij een onderzoeksvraag en een antwoord op een hypothese;
- reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten.

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

Wenk: Mogelijke voorbeelden van onderzoeksopdrachten die aansluiten bij leerplandoelen: verband tussen constante snelheid, verplaatsing en tijd, bewegingen in mechanismen, verband tussen toegevoegd vermogen en afgeleverde arbeid in een bepaalde tijd van een systeem, verband tussen druk en oppervlakte...

Wenk: Een onderzoek voeren aan de hand van een wetenschappelijke methode is steeds een wisselwerking tussen een creatieve menselijke ideeënwereld (hypothesen, modellen, theorieën) en data uit waarnemingen (observatie, experiment, meting, test) om betrouwbare verklaringen en oplossingen te ontwikkelen. In die wisselwerking staat kritische argumentatie centraal.

Wenk: Goede observaties waarin een aantal variabelen (afhankelijke versus onafhankelijk) kunnen worden onderscheiden geven vaak spontaan aanleiding tot interessante onderzoeksvragen.

Wenk: Onderzoeksplan voor soorten onderzoekstechnieken zoals observatie, meting, experiment.

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

Wenk: De aandacht van dit leerdoel is gericht op het leren onderzoeken. Je kan in je pedagogisch-didactisch aanpak een onderzoekend leerproces hanteren maar dit is geen must op zich.

Wenk: Na een onderzoek kan je de onderzoeksresultaten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding, portfolio.

Wenk: Het toetsen van de geformuleerde besluiten aan de gestelde hypothese kan de leerling helpen in zijn groei naar wetenschappelijke geletterdheid.

#### **LPD 4 De leerlingen engineeren een oplossing voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.**

- ★ Interactie tussen onderzoeken en ontwerpen  
Modelleren

**Samenhang tweede graad:** ontwerpen een oplossing: II-WisS-d LPD 2; II-WisS''-d LPD 2

1ste graad: Ontwerpen een oplossing (I-Tec-a LPD 3, I-Nat-a LPD 5)

Wenk: Je kan aandacht hebben met de leerlingen voor gestructureerd werken en een plan van aanpak.



- Wenk: Om gefundeerde beslissingen te nemen bij het probleemoplossen kunnen leerlingen wetenschappelijke onderzoeksmethoden toepassen.
- Wenk: Engineeren doe je best in team. Naast het ontwikkelen van sociale vaardigheden binnen groepsdynamische processen, wordt hiermee ook - bij het vinden van creatieve oplossingen - het versterkende effect beoogd dat een groep kan hebben op de creativiteit van het individu. Het is de symbiose van ideeën en creatieve ingaven van meerdere leerlingen die een origineel, vernuftig ontwerp tot stand brengen. Je kan ook gericht inzetten op vergadermethodieken en -technieken bij het doorlopen van de verschillende fasen van het leren onderzoeken en probleemoplossend denken.
- Wenk: Onder 'beschikbare hulpmiddelen' kan je onder meer begrijpen: gereedschappen, machines, robots, computers, grondstoffen, materialen, biologische agentia, energie, informatie, menselijke inzet, geldmiddelen, tijd.  
Onder 'het Bepalen van criteria' kan je onder meer begrijpen: behoeften, duurzaamheid, klimaat, ecologie, veiligheid, ergonomie, esthetisch, ethisch.  
Onder 'ontwerpmethodes' kan je onder meer begrijpen: design-thinking, engineering, productontwikkeling.
- Wenk: Een oplossing kan de gedaante aannemen van een nieuwe of aangepaste werkwijze, een interventie, een technisch systeem.
- Wenk: Onder 'evaluatie van het ontwerp' kan je onder meer begrijpen: debuggen van software, fout zoeken (meten) op hardware.
- Wenk: Bij het ontwerp kan je aandacht hebben voor standaardmaterialen, uniform maken van onderdelen. Je kan een prototype bouwen met behulp van een lasercutter, 3D printer.
- Wenk: Na een engineeringsopdracht kan je de resultaten laten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding of portfolio.

## **LPD 5 De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.**

**Samenhang tweede graad:** wisselwerking wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij: II-Bio-d LPD 3S, II-WisS-d LPD 1; II-WisS''-d LPD 1

- 1ste graad: Wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij (I-Tec-a LPD 4, I-Nat-a LPD 6)
- Wenk: Je kan gebruik maken van de duurzame ontwikkelingsdoelen (SDG's) ter ondersteuning van het onderzoek.
- Wenk: Uitdagingen waarmee onze maatschappij geconfronteerd wordt zijn vaak een drijfveer voor onderzoek en ontwikkeling. Maatschappelijke uitdagingen die in de actualiteit aan bod komen kunnen een goede aanknopng vormen om de onderlinge wisselwerking met Natuurwetenschappen, Technische wetenschappen en Wiskunde te bespreken. Een historische ontwikkeling als voorbeeld kan de (interdisciplinaire) wisselwerking tussen Natuurwetenschappen, Technische wetenschappen en Wiskunde verhelderen en deze laten zien als culturele ontwikkeling.

Wenk: Hedendaagse, relevante, maatschappelijke problemen en uitdagingen: voorbeelden in het kader van duurzame ontwikkeling vind je in de transitiedoelen en de duurzame ontwikkelingsdoelstellingen (SDG's).

Wenk: Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de relatie tussen maatschappelijke behoeften, keuzes en STEM-toepassingen.

Wenk: Contexten en maatschappelijke behoeften zoals klimaatverandering, hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, onderwijs, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceaانvervuiling komen aan bod.

Wenk: Een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstituut of vereniging kan veel relaties tussen de samenleving en 'onderzoek en ontwikkeling' verhelderen.

## **LPD 6 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

1ste graad: Meetinstrumenten en hulpmiddelen (I-Tec-a LPD 5)  
Grootheden en eenheden (I-Tec-a LPD 6)

Wenk: Onder 'hulpmiddelen en meetinstrumenten' kan je onder meer begrijpen: zoals dynamometer, manometer, oscilloscoop, schroefmaat, schuifmaat, multimeter, ampèretang, weegschaal, pH-meter en -indicatoren, thermometer, maatbeker, pipet, gereedschappen, chronometer, (beweging)sensor, camera, fototoestel, ICT, microscoop.

Wenk: Je kan aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en het meetbereik van een meetinstrument in functie van de uit te voeren meting.

Wenk: Je besteedt best aandacht aan het correct gebruik en onderhoud van meetinstrumenten.

## **4.2 Elektriciteit - Elektronica**

### **4.2.1 Elektrostatica**

#### **Minimumdoelen of cesuurdoelen**

**CD 11.05.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking en veldsterkte. (LPD 7)**

– Veldlijnenpatronen: bij een radiaal, dipool en homogeen veld

## **LPD 7 De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking en veldsterkte.**



★ Veldlijnenpatroon: bij een Radiaal, dipool en homogeen veld

**Samenhang tweede graad:** bewerkingen met vectoren: II-WisS-d LPD 13, 14; II-WisS''-d LPD 13, 14

- Wenk: Je kan de vectoriele voorstelling gebruiken als aanzet naar het analytisch bepalen van grootheden.
- Wenk: Je kan elektrische veldlijnen zichtbaar maken met een Vandegraaff-generator, olie en griesmeelkorrels, radiaal en homogeen veld.
- Wenk: Je kan in samenwerking met de engineeringsdoelen de volgende toepassingen bestuderen
- het gevaar van elektrostatische spanning bij het gebruik van halfgeleidermateriaal (voorbeeld een robot op tapijt);
  - elektrische lading bij laserprinten, verfspuiten;
  - capaciteit van een condensator;
  - bliksem.

## 4.2.2 Gelijkstroomkringen

### Minimumdoelen of cesuurdoelen

- MD 06.48** De leerlingen analyseren verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand in een gelijkstroomkring. (LPD 8)
- MD 06.49** De leerlingen gebruiken de grootheid vermogen en het joule-effect om fenomenen in elektrische systemen te verklaren. (LPD 9)
- CD 11.05.02** De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen spanning over en de stroom door een verbruiker in een elektrische stroomkring. (LPD 8)
- Wet van Pouillet
  - Potentiaal en spanning
- CD 11.05.03** De leerlingen analyseren eigenschappen van een serie- en parallelschakeling. (LPD 10)
- CD 11.05.04** De leerlingen berekenen de stromen en spanningen in serie-, parallelle- en gemengde elektrische gelijkstroomkringen en netwerken via verschillende oplossingsmethoden. (LPD 11)

## LPD 8 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen de spanning over en de stroom door een verbruiker in elektrische gelijkstroomkringen.

★ Potentiaal en spanning  
Wet van Pouillet

- Wenk: Je kan de analyse verdiepen door leerlingen de concepten stroom en spanning vooraf te laten bestuderen door metingen en berekeningen.
- Wenk: Een onderzoek in samenwerking met de engineeringsdoelen kan bestaan uit
- verschillende weerstanden gebruiken en uitzetten in een spannings-stroomgrafiek (richtingscoëfficiënt);
  - gebruik maken van een weerstandsdraad (verschillende materialen, lengte, dikte);
  - invloed materiaalsoort op geleidbaarheid.

Wenk: Je kan, bij de bespreking van gelijkspanning, wisselspanning mee opnemen bij de soorten spanningen als ook het begrip frequentie. Bij het gebruik van een spanningsbron kan je ook verwijzen dat er ook stroombronnen zijn.

#### **LPD 9 De leerlingen gebruiken de grootheid vermogen en het Joule-effect om fenomenen in elektrische systemen te verklaren.**

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de veiligheidscomponenten in een elektrische installatie: zekeringen, verliesstroomschakelaar, aarding, elektrische isolatie ...

Wenk: Een onderzoek in samenwerking met de engineeringsdoelen kan bestaan uit

- Joule-effect; werken met weerstanddraad;
- vermogensmetingen uitzetten bij verschillende verbruikers;
- verband bij energieomzettingen; arbeid (Kilowattuur), opbrengst van een groene stroominstallatie;
- kostprijsberekening.

#### **LPD 10 De leerlingen analyseren eigenschappen van serie- en parallelschakeling.**

Wenk: Je kan door onderzoek de leerling inzicht laten verwerven in de wetmatigheden, werking van serie en parallelschakeling.

Wenk: De belaste spanningsdeler kan een toepassing zijn van een gemengde schakeling belast met een constante weerstand. De inwendige weerstand meten van een spanningsmeter en/of stroommeter kan een interessante uitbreiding zijn.

#### **LPD 11 De leerlingen berekenen de stromen en spanningen in serie-, parallel- en gemengde elektrische gelijkstroomkringen en netwerken via verschillende oplossingsmethoden.**

Wenk: Onder 'netwerken' kan je onder meer begrijpen: gelijkstroomkringen met meerdere gelijkstroombronnen of gelijkspanningsbronnen.

Wenk: Onder 'oplossingsmethoden' kan je onder meer begrijpen: wetten van Kirchhoff, superpositie, Thevenin equivalent, Norton equivalent ... je moet minstens 2 oplossingsmethoden behandelen.

### **4.2.3 Elektronica – ICT**

#### **Minimumdoelen of cesuurdoelen**

**CD 07.01.01 De leerlingen passen een gestructureerde programmeertaal toe om zelf ontworpen oplossingen voor concrete problemen te ontwikkelen. (LPD 13)**

- Controlestructuren
- Gebruik van softwarebibliotheken

**CD 11.08.01 De leerlingen modelleren en realiseren een elektronische schakeling met een programmeerbare module. (LPD 12)**

- Gedrag van elektronische componenten



## **LPD 12 De leerlingen modelleren en realiseren een elektronische schakeling met een programmeerbare module.**

### ★ Gedrag van elektronische componenten

Wenk: Het komt er hier vooral op aan de leerlingen via een toepassing inzicht te geven in het gedrag van eenvoudige elektronische componenten.

Wenk: Je heb aandacht voor de schematische voorstelling van beide componenten.

Wenk: Je kan de leerlingen eenvoudige elektronische schakelingen met standaardcomponenten in functie van vooropgestelde criteria laten ontwerpen, hierbij is printontwerp geen criterium.

Wenk: Het ontwerpen kan ook het samenvoegen van modules zijn: PWM, gelijkrichter, spanningsstabilisator.

Wenk: Je kan werken met software voor het tekenen, interpreteren en simuleren van eenvoudige elektronische schakelingen.

Wenk: Je kan de leerlingen laten meten op hardware-fouten, het stimuleert het inzicht in eenvoudige elektronische schakelingen.

Wenk: Je kan gebruik maken van software of een oscilloscoop om signalen in functie van de tijd te visualiseren.

Wenk: Je kan gebruik maken van programmeerbare stuureenheden zoals microcontroller, mini-PLC, PC.

## **LPD 13 De leerlingen programmeren zelf ontworpen oplossingen voor concrete problemen.**

### ★ Algoritmische technieken, algoritmen Ingebouwde functies

Wenk: Een probleem omzetten in een algoritme kan je samen met de leerlingen door het eerst om te zetten in een voorstelling zoals flowchart, toestandsdiagrammen.

Wenk: Je kan de leerlingen wijzen op de leesbaarheid van de code, programma opbouw, documentatie. Het is belangrijk dat leerlingen tekstueel programmeren.

Wenk: In samenhang met de engineeringsdoelen zijn mogelijke te bestuderen engineeringsopdrachten

- sturen , controleren en visualiseren van signalen op afstand, IOT;
- het koppelen (linken) van een database.

## **LPD 14 + De leerlingen configureren een toestel of netwerk om een communicatie tussen toestellen in een netwerk op te zetten.**

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de begripsvorming

- hoe apparaten communiceren in een netwerk;
- de adressering;
- het toegangsprotocol;
- de structuur van het netwerk.

Wenk: Je kan de leerlingen wijzen op het gebruik van tekst-commando's in je besturingssysteem voor netwerkontervraging: ifconfig, ipconfig, ping.

## 4.3 Mechanica

### 4.3.1 Bewegingsleer

#### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.41** De leerlingen interpreteren rechtlijnige bewegingen grafisch en eenparig rechtlijnige bewegingen kwantitatief (LPD 16, 17)

**MD 06.42** De leerlingen stellen krachten vectorieel voor en leggen het verband tussen de verandering van bewegingstoestand van een lichaam en de resulterende kracht. (LPD 15)

- Zwaartekracht, gewicht, normaalkracht, veerkracht
- Dynamische effecten van een resulterende kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen
- verschil massa en gewicht

**CD 11.09.01** De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij eendimensionale bewegingen met constante versnelling. (LPD 18, 19)

**LPD 15** De leerlingen stellen krachten vectorieel voor en leggen het verband tussen de verandering van bewegingstoestand van een lichaam en de resulterende kracht.

- ★ Zwaartekracht, gewicht, normaalkracht, veerkracht  
Dynamische effecten van een resulterende kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen  
verschil massa en gewicht

**Samenhang tweede graad:** bewerkingen met vectoren: II-WisS-d LPD 13, 14; II-WisS''-d LPD 13, 14

1ste graad: Krachten en hun uitwerking (I-Nat-a LPD 21)

Wenk: Je kan de vectoriele voorstelling gebruiken als aanzet voor het analytisch bepalen van grootheden.

Wenk: In het vak Wiskunde wordt het begrip 'vector' gesticht in de tweede graad, met aandacht voor grootte, richting, zin en aangrijpingspunt.

Wenk: Je kan hier het onderscheid tussen scalair (inproduct) en vectoriële grootheid aangeven.

**LPD 16** De leerlingen interpreteren rechtlijnige bewegingen grafisch.

Wenk: Je kan hierbij de grafische voorstelling van de eenparig rechtlijnige bewegingen eenparig versnelde rechtlijnige bewegingen en veranderlijke rechtlijnige bewegingen beschouwen.

Wenk: Je kan een veranderlijke beweging beschouwen als een samenstelling van eenparig rechtlijnige bewegingen.

Wenk: Je hebt aandacht voor de grafische voorstelling van afstand, snelheid en versnelling in functie van de tijd. Je kan de begrippen ogenblikkelijke snelheid, gemiddelde snelheid, versnelling, vertraging ... duiden in een grafische



voorstelling. Je kan via een grafische interpretatie de link leggen met de wiskundige vergelijking van een rechte.

Wenk: Je kan leerlingen voor een eenparig rechtlijnige beweging de snelheid laten berekenen en een  $x(t)$ - en  $v(t)$ -grafiek laten maken en interpreteren. Je kan hierbij de oppervlakte onder de snelheidsgrafiek interpreteren als de afgelegde weg.

#### **LPD 17 De leerlingen interpreteren en berekenen eenparig rechtlijnige bewegingen.**

**Samenhang tweede graad:** eerstegraadsfuncties: II-WisS-d LPD 24; II-WisS''-d LPD 24

Wenk: Je kan wijzen op de recht- en omgekeerd evenredige verbanden bij een eenparig rechtlijnige bewegingen.

Wenk: Je hebt met de leerlingen aandacht hebben voor een correcte notatie van tijdsafhankelijke grootheden.

#### **LPD 18 De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem aan de hand van de drie wetten van Newton.**

#### **LPD 19 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij ééndimensionale bewegingen met constante versnelling.**

**Samenhang tweede graad:** algemene tweedegraadsfuncties: II-WisS-d LPD 31; II-WisS''-d LPD 31

Wenk: Je kan de leerlingen er op wijzen dat een verticale worp enkel een verticale en geen horizontale verplaatsing heeft. Zo kan je misconceptie met de schuine worp wegwerken.

Wenk: Je kan werken met videoanalyse om het onderzoekend leren sterk te ondersteunen.

Wenk: Je kan overbrengingsmechanismen als toepassing inbrengen bij de bespreking van de verschillende bewegingen.

Wenk: Een onderzoek kan in samenwerking met de engineeringsdoelen bestaan uit

- Statisch evenwicht in het vlak klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
- mogelijke experimenten rond meten van (gemiddelde) snelheid: een biljartbal, cilindervormige magneet laten rollen in een U-profielvormig aluminiumgootje, luchtkussenbaan, curlingbaan uit speelgoedbaan, luchtbelproof, speelgoedauto op batterij.

### **4.3.2 Statisch evenwicht in het vlak**

#### **Minimumdoelen of cesuurdoelen**

**CD 11.09.04 De leerlingen stellen de evenwichtsvergelijking op bij statisch evenwicht en voeren berekeningen uit. (LPD 20, 21)**

## LPD 20 De leerlingen berekenen krachten en krachtmomenten.

Wenk: Je kan de soorten inwerkende krachten op een systeem bespreken: actiekrachten, reactiekrachten, zwaartekrachten, wrijvingskrachten ... Je kan de statische wrijvingscoëfficiënt van materialen vergelijken.

Wenk: Je kan met de leerlingen het zwaartepunt van een voorwerp bepalen.

Wenk: Toepassing krachtenmoment: de momentsleutel, cranklengte van een fietstrapas.

## LPD 21 De leerlingen onderzoeken de evenwichtsvoorwaarden en stellen de evenwichtsvergelijking op bij statisch evenwicht en voeren berekeningen uit.

**Samenhang tweede graad:** bewerkingen met vectoren: II-WisS-d LPD 13, 14; II-WisS''-d LPD 13, 14

Wenk: Je kan de leerlingen een krachtenbalans of momentenbalans laten schetsen om de resulterende kracht of krachtenmoment te bekomen.  
Je hebt met de leerlingen aandacht voor

- het herkennen van krachten met eenzelfde en tegengestelde zin;
- het herkennen van hoekmakende krachten;
- het samenstellen van resulterende krachten en krachtmomenten;
- het ontbinden van krachten.

Wenk: Het is belangrijk dat leerlingen het referentiestelsel bij het opstellen van de evenwichtsvergelijking vakkundig vastleggen.

Wenk: Bij statisch evenwicht kan je gebruik maken van de momentstelling van Varignon.

Wenk: Je kan dit leerplandoel contextgericht benaderen door gebruik te maken van:

- structuren: vakwerken, een dubbele ladder;
- biomechanica: gewrichten, spieren, botten.

Wenk: Een onderzoek in samenwerking met de engineeringsdoelen kan bestaan uit

- klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
- bepalen van het zwaartepunt;
- stabiliteit van een systeem onderzoeken door het zwaartepunt te veranderen;
- de invloed van massa en zwaartepunt op de lading van een voertuig (vb. laden van een oplegger, caravan).

### 4.3.3 Constructie

#### Minimumdoelen of cesuurdoelen

CD 11.09.05 De leerlingen analyseren de relatie tussen materiaal, structuur en functie. (LPD 22)

CD 11.09.06 De leerlingen modelleren constructies in 3D. (LPD 23)

## LPD 22 De leerlingen analyseren de relatie tussen materiaal, structuur en functie.



1ste graad: Eigenschappen van materialen en grondstoffen (I-Tec-a LPD 7).

Wenk: Bij de analyse kan je aandacht hebben voor: materiaaleigenschappen, constructievorm, externe factoren ...

## **LPD 23 De leerlingen modelleren een constructie in 3D.**

Wenk: Onder 'simuleren met software' kan je onder meer begrijpen: CAD, BIM, simulatiesoftware voor elektrische en elektronische schakelingen.

Wenk: Je kan gebruik maken van technische data bij het ontwikkelen van tekeningen, plannen en modellen. Een model is een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid met de validiteit en reikwijdte ervan. Een tekening is een communicatiemiddel en is gebonden aan normen en afspraken.

### **4.3.4 Arbeid en energie**

#### **Minimumdoelen of cesuurdoelen**

|                     |                                                                                                                                                                                |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MD 06.44</b>     | <b>De leerlingen stellen de energiebalans van energieomzettingen op aan de hand van de van behoud van energie. (LPD 25)</b>                                                    |
| <b>MD 06.45</b>     | <b>De leerlingen stellen kwantitatief de energiebalans op van energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele of elastische energie in eenvoudige situaties. (LPD 25)</b> |
| <b>MD 06.46</b>     | <b>De leerlingen voeren berekeningen uit in verband met vermogen en rendement bij energieomzettingen in systemen. (LPD 24)</b>                                                 |
| <b>CD 11.09.02</b>  | <b>De leerlingen kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationeel en elastische energie. (LPD 25)</b>                                              |
| – Energiedissipatie |                                                                                                                                                                                |
| <b>CD 11.09.03</b>  | <b>De leerlingen berekenen de hoeveelheid arbeid, opgenomen en afgeleverd vermogen in een technisch systeem. (LPD 24)</b>                                                      |

## **LPD 24 De leerlingen berekenen de hoeveelheid arbeid, opgenomen en afgeleverd vermogen en rendement bij energieomzetting in een technisch systeem.**

Wenk: Je kan het verband tussen mechanisch en elektrisch vermogen en hun rendementen berekenen; ook een experiment leent zich hiertoe.

Wenk: Geleverde arbeid kan je laten ervaren door een grotere kracht bij een gelijke snelheid

- een fiets met een platte band, ondergrond zand, ijs;
- karretje met wielen op lagers of geen lagers;
- toepassing: een katrol, optillen van zware massa's;
- smering: onderhoud bij machines.

Wenk: In samenhang met de engineeringsdoelen kan je de begripsvorming van de concepten arbeid, energie, vermogen, rendement en het verband ertussen versterken door

- klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
- de invloed van een open of gesloten stroomkring op een draaiende turbine;

- het verband tussen toegevoegd vermogen en afgeleverde arbeid in een bepaalde tijd van een systeem (het belasten van een machine).

**LPD 25 De leerlingen stellen kwantitatief de energiebalans op van energieomzettingen aan de hand van de wet van behoud van energie en kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele en elastische energie.**

★ **Energiedissipatie**

1ste graad: Energieomvormingen (I-Nat-a LPD 16)

Wenk: Je kan berekeningen uitvoeren met betrekking tot de kinetische en potentiële energie in technische systemen. Je kan aangeven dat velden energie bevatten zoals het zwaarteveld, een magnetisch veld ... We noemen dit potentiële energie. Het verband tussen arbeid en kinetische energie kan je duiden aan de hand van het arbeid-energietheoremata.

Wenk: Je kan om inzicht te verwerven bij energieomzettingen de begrippen warmte, energiedissipatie, open en geïsoleerde systemen aanbrengen. Het opslaan van energie kan je verduidelijken door te verwijzen naar: een batterij, waterreservoir, veren. Je kan de link leggen met duurzame energieproductie. Productie betekent hier een energie-omzetting naar een door de mens bruikbare vorm.

Wenk: Energieomzettingen kan je in verband brengen met Chemie met betrekking tot reactiesnelheid.

Wenk: Je kan arbeid hier beschouwen als overdrachtsvorm van energie: bij omzetting van de ene energiesoort naar de andere wordt arbeid verricht. Bijvoorbeeld: de zwaartekracht verricht arbeid op een vallend voorwerp waarbij gravitationele potentiële energie omgezet wordt in kinetische energie.

## 4.4 Fluidomechanica

### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.43 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen uit het dagelijkse leven aan de hand van het concept druk bij vaste stoffen, gasen en vloeistoffen. (LPD 26)**

- Druk als grootte van de kracht per oppervlakte
- Invloedsfactoren op de totale druk in vloeistoffen

**CD 11.14.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren verbanden tussen grootheden bij vloeistoffen en gasen. (LPD 27)**

**CD 11.04.02 De leerlingen tekenen en realiseren een elektropneumatische schakeling. (LPD 28)**

- Gedrag van elektropneumatische componenten

**LPD 26 De Leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen uit het dagelijkse leven aan de hand van het concept druk bij vaste stoffen, gasen en vloeistoffen.**

★ **Druk als grootte van de kracht per oppervlakte  
Invloedsfactoren op de totale druk in vloeistoffen**

Wenk: Je kan de samendrukbaarheid van vloeistoffen, vaste stoffen en gasen



vergelijken in technische toepassingen.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de gevolgen van een te grote druk met hun oplossingen (drukverdelers, verband druk-vervorming).

Wenk: Je kan het verband leggen tussen druk, oppervlakte en geleverde kracht van een pneumatische cilinder. De krachtverhoging in remsystemen, heftoestellen, ... als toepassing op het verhogen van de kracht bestuderen door in te spelen op de oppervlakte.

Wenk: Je kan de link leggen met fenomenen zoals luchtdrukdaling in functie van de hoogte, druk en drukverschillen in de atmosfeer, wind.

Wenk: Je kan aandacht besteden aan toepassingen zoals onderdruk en overdruk in een vat of een leiding, hoogtemeters die werken op basis van luchtdrukmeting, de invloed van luchtdrukbeïnvloeding in een vliegtuig op de constructiewijze, het gevaar voor caissonziekte bij het duiken, de invloed van de temperatuur op de luchtdruk in banden, de hydraulische pers als toepassing van het beginsel van Pascal.

#### **LPD 27 De leerlingen analyseren en kwantificeren verbanden tussen druk, volume, temperatuur, kracht en oppervlakte bij vloeistoffen en gassen.**

1ste graad: Thermische uitzetting of krimp; deeltjesmodel (I-Nat-a LPD 11)

Wenk: Je kan aandacht hebben voor

- overdruk, onderdruk, atmosferische en hydrostatische druk;
- totale druk in vloeistoffen.

Wenk: Je kan het deeltjesmodel gebruiken om de invloed van temperatuur op gasdruk en het verschijnsel absoluut nulpunt te verklaren.

Wenk: Je kan de link leggen met de engineeringsdoelen en via een experiment het bestaan van het absoluut nulpunt aannemelijk maken door extrapolatie van een druk-temperatuur grafiek.

#### **LPD 28 De leerlingen tekenen en realiseren elektro-pneumatische schakelingen.**

##### **★ Gedrag van elektropneumatische componenten**

Wenk: Onder 'elektropneumatische componenten' kan je onder meer begrijpen: monostabiel ventiel, bistabiel ventiel, snelheidsregelventiel, enkelwerkende en dubbelwerkende cilinder.

Wenk: Je kan werken met software voor het tekenen, interpreteren en simuleren van schakelingen.

## **4.5 Thermodynamica**

### **Minimumdoelen of cesuurdoelen**

**MD 06.47 De leerlingen verklaren het energietransport bij faseovergangen en bij temperatuursveranderingen van stoffen aan de hand van het deeltjesmodel. (LPD 29)**

– Absolute temperatuur

**LPD 29 De leerlingen verklaren het energietransport bij faseovergangen en bij temperatuursveranderingen van stoffen aan de hand van het deeltjesmodel en kwantificeren de warmtebalans bij faseovergangen en bij temperatuursveranderingen.**

1ste graad: Thermische uitzetting of krimp; deeltjesmodel (I-Nat-a LPD 11)  
Aggregatietoestanden en faseovergangen; deeltjesmodel (I-Nat-a LPD 10)

Wenk: Je kan geleiding en convectorie verklaren met het deeltjesmodel. Straling kan je duiden als een vorm van energietransport. Bijvoorbeeld warmtestaling van de zon doet deeltjes in materie harder trillen.

Wenk: Je kan de link leggen met praktische gevolgen van de grote specifieke warmtecapaciteit van water: de invloed van de zee op het klimaat, invloed van de grote hoeveelheid water in het menselijk lichaam op het constant houden van de lichaamstemperatuur.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de warmtebalans als behoud van energie en thermisch evenwicht.

Wenk: Je kan warmtecapaciteit  $C$  van een systeem duiden als de capaciteit om een hoeveelheid warmte op te nemen per Kelvin.

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de omrekening tussen graden Kelvin naar graden Celsius en omgekeerd.

Wenk: Je kan aangeven dat de toegevoegde energie tijdens de faseovergang gebruikt wordt om de potentiële energie te laten toenemen en dus de cohesiekrachten te overwinnen. Dit geldt zowel bij smelten als bij koken. Cohesiekrachten zijn op moleculair niveau elektrische krachten.

Wenk: Je kan gebruik maken van tabellen om de grootteorde van de latente warmte en de specifieke warmtecapaciteit van water aan te tonen. Je kan de beïnvloedende grootheden aangeven aan de hand van de formules voor latente en merkbare warmte.

Wenk: Je kan de link leggen met praktische gevolgen van latente warmte: afkoeling van het lichaam door verdamping van transpiratievocht, benutten van condensatie-energie in een condensatieketel.

## 4.6 Chemie

### 4.6.1 Mengsels en zuivere stoffen

#### Minimumdoelen of cesuurodoelen

**MD 06.32 De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en soorten mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en scheidingstechnieken. (LPD 30)**

– Stofeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, deeltjesgrootte, oplosgedrag van stoffen



- MD 06.35** De leerlingen interpreteren de naam en symbolische schrijfwijze van enkelvoudige en samengestelde stoffen. (LPD 31, 32, 41, 44)
- CD 09.02.06** De leerlingen stellen chemische structuurformules op van enkelvoudige en binaire anorganische stoffen. (LPD 31, 38, 39, 40, 46)
- Lewisstructuur
  - Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding
  - Roostermodel
  - Elektronegativiteit

**LPD 30 De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en soorten mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en scheidingstechnieken.**

- ★ Stofeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, deeltjesgrootte, oplosgedrag van stoffen

1ste graad: aggregatiestostanden en faseovergangen (I-Nat-a LPD 10); mengsels en zuivere stoffen (I-Nat-a LPD 14); massadichtheid (I-Nat-a LPD 15)

Wenk: Homogene en heterogene mengsels: aerosol (rook, nevel), oplossing, schuim, suspensie, emulsie, rook, nevel, legering ...

Wenk: Leerlingen voeren zelf slechts eenvoudige scheidingstechnieken uit zoals filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen of zeven.  
Je kan principes van scheidingstechnieken aanbrengen zoals filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen, zeven.

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

- bepaling kook-en smeltpunt van water;
- bepaling kook-en smelttraject van een water/zout-mengsel.

**LPD 31 De leerlingen geven de naam aan de formule van enkelvoudige stoffen en omgekeerd.**

Wenk: Je kan aantonen dat verschillende enkelvoudige stoffen vanuit eenzelfde atoomsoort kunnen worden gevormd.  
De naamgeving gebeurt op basis van de IUPAC-nomenclatuur.  
Triviale namen komen aan bod: zuurstofgas, ozon, stikstofgas, waterstofgas ...

Wenk: Je kan aandacht besteden aan het belang en voorkomen van enkelvoudige stoffen zoals ozon, stikstofgas, zuurstofgas of waterstofgas.  
Je kan edelgassen en metalen behandelen.

**LPD 32 De leerlingen interpreteren de symbolische schrijfwijze van enkelvoudige en samengestelde stoffen.**

1ste graad: verbindingen en atomen (I-Nat-a LPD 13)

Wenk: Je kan het verschil tussen een enkelvoudige en een samengestelde stof illustreren met de elektrolyse van water en de thermolyse van suiker.

Wenk: Molecuulmodellen (bolschil-, bolstaafmodel) kunnen aan bod komen via simulatie of via molecuulmodelbouwdozen waarbij de begrippen index en coëfficiënt

worden ingeoeft.

Wenk: Je kan de naam en symbolische voorstelling van de elementen aanbrengen in relatie tot de behandelde stoffen en verder uitbreiden waar relevant.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: model.

#### 4.6.2 Aspecten van een chemische reactie

##### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.37** De leerlingen balanceren gegeven eenvoudige chemische reacties en interpreteren ze in termen van materie- en energie-uitwisseling. (LPD 33, 34)

#### **LPD 33 De leerlingen balanceren gegeven eenvoudige anorganische chemische reacties door gebruik te maken van de wet van behoud van massa.**

1ste graad: chemisch en fysisch verschijnsel (I-Nat-a LPD 12)

Wenk: Het verschil tussen een chemische reactie en een fysisch verschijnsel kan je herhalend aanbrengen vanuit de eerste graad aan de hand van een aantal (demonstratie-)experimenten.

Wenk: Het aanwenden van een stappenplan als oplossingsstrategie bij het balanceren van een chemische reactievergelijking kan aan bod komen.

Wenk: De wet van behoud van massa (wet van Lavoisier) kan je toelichten aan de hand van een experiment en dat kan in samenhang met STEM-doelen en met STEM-concept: modellen.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: samenvoegen van bakpoeder en tafellazijn ...

#### **LPD 34 De leerlingen interpreteren bij een chemische reactie de energie-uitwisseling met de omgeving.**

1ste graad: energieomzettingen (I-Nat-a LPD 16)

Wenk: Je behandelt dit leerplandoel bij voorkeur vanuit waarnemingen. Zowel exo-energetische als endo-energetische reacties kunnen aan bod komen. Authentieke contexten die je kan behandelen: verbrandingsreactie, werking van een batterij, fotosynthese, explosie, coldpacks, verkleuren van textiel ...

Wenk: Het gebruik en de interpretatie van een grafiek kunnen aan bod komen. Je laat een energiediagram aan bod komen waarbij je kan focussen op het verschil tussen de energie van de beginproducten en de energie van de eindproducten.

Wenk: Inhouden over energie en warmte komen in Thermodynamica aan bod.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: oplossen van zouten (endo-energetisch) ...

#### 4.6.3 Bouw en eigenschappen van atomen

##### Minimumdoelen of cesuurdoelen



|                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MD 06.33                                                                                                                                                                                         | De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen en ionen te beschrijven. (LPD 35)                           |
| MD 06.34                                                                                                                                                                                         | De leerlingen leggen het verband tussen de plaats en de eigenschappen van atomen in het PSE. (LPD 37, 38)                     |
| CD 09.02.03                                                                                                                                                                                      | De leerlingen leggen kwantitatief het verband tussen stofhoeveelheid en molaire grootheden en concentraties. (LPD 36, 49)     |
| CD 09.02.06                                                                                                                                                                                      | De leerlingen stellen chemische structuurformules op van eenvoudige en binaire anorganische stoffen. (LPD 31, 38, 39, 40, 46) |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lewisstructuur</li> <li>– Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding</li> <li>– Roostermodel</li> <li>– Elektronegativiteit</li> </ul> |                                                                                                                               |

## **LPD 35 De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen en ionen te beschrijven.**

1ste graad: verbindingen en atomen (I-Nat-a LPD 13)

Wenk: De beperktheid en geldigheid van een atoommodel kan je kort behandelen via de historische evolutie van het atoommodel.

Je kan best het atoommodel van Bohr bestuderen.

Je kan namen van elementaire deeltjes, begrippen als massagetal en atoomnummer behandelen en aandacht besteden aan de symbolische voorstelling. Ook het elektron-stipmodel komt aan bod.

Inhouden over elektrische ladingen komen aan bod in Elektriciteit.

Wenk: Je kan de verschillende elementaire deeltjes kwantitatief bepalen vanuit A en Z met behulp van het PSE.

Je kan de structuur van ionen aan bod laten komen in samenhang met het afleiden van atomeigenschappen vanuit het PSE en linken aan het opstellen van chemische bindingen.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met de STEM-concepten: schaal en verhouding en modellen. Je kan aandacht besteden aan de link tussen experiment en model in de vorm van modelverfijning.

## **LPD 36 De leerlingen tonen het verband aan tussen de relatieve en absolute massa van atomen.**

Wenk: Het is aangewezen om te kaderen waarom het nodig is om over te stappen naar een relatief begrip.

Je kan verwijzen naar de massa van een kerndeeltje ( $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg) en dat terugkoppelen naar  $1/12^{\text{de}}$  C-atoom.

Wenk: Je kan verwijzen naar de opbouw van het PSE.

## **LPD 37 De leerlingen beschrijven het PSE als een rangschikking van elementen volgens toenemend atoomnummer voor elementen uit de a-groepen en de edelgassen.**

Wenk: Je kan het verband aangeven tussen de elektronenconfiguratie enerzijds en het periodenummer en groepsnummer van de hoofdgroepen anderzijds, met speciale

aandacht voor de stabiele edelgasconfiguratie.

Je kan het begrip overgangsmetalen (nevangroepen) kort aanhalen.

Je kan verwijzen naar de nummering van de groepen volgens IUPAC.

Wenk: Je kan dit leerplandoel behandelen in samenhang met de eigenschappen van atomen en met het STEM-concept: modellen.

## LPD 38 De leerlingen gebruiken het PSE om eigenschappen van atomen af te leiden.

### ★ Elektronegativiteit

Wenk: Je kan bij eigenschappen van atomen focussen op metaal-en niet-metaalkarakter en op elektronegativiteit.

Je kan aandacht besteden aan het reactievermogen van alkali- en aardalkalimetalen.

Je kan eigenschappen van metalen, niet-metalen en edelgassen bv. geleidbaarheid, inerteid, kookpunt, smeltpunt, warmtegeleiding, aggregatietoestand, vervormbaarheid in verband brengen met toepassingen. Elektronegativiteit kan je linken aan ionvorming en het vormen van chemische bindingen.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: patronen.

## 4.6.4 Chemische bindingen

### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**CD 09.02.06 De leerlingen stellen chemische structuurformules op van enkelvoudige en binaire anorganische stoffen. (LPD 31, 38, 39, 40, 46)**

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

## LPD 39 De leerlingen stellen de ionbinding, de atoombinding en de metaalbinding op als streven van atomen naar de edelgasconfiguratie.

### ★ Lewisstructuur opstellen beperkt tot binaire stoffen Ionrooster, molecuulrooster, atoomrooster, metaalrooster

Wenk: Bij ionvorming beperk je je best tot metalen en niet-metalen uit de hoofdgroepen Ia, IIa, IIIa, Via en VIIa.

Je kan volgende vuistregel hanteren: een ionbinding wordt gevormd tussen metalen en niet-metalen, een atoombinding (covalente binding) tussen niet-metalen en een metaalbinding tussen metalen, omdat de regel op basis van het verschil in elektronegatieve waarde niet altijd klopt.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: model als vereenvoudiging.



## LPD 40 De leerlingen stellen chemische formules op van binaire anorganische stoffen.

Wenk: Je kan het oxidatiegetal aanbrengen vanuit het PSE.

### 4.6.5 Indeling van samengestelde stoffen

#### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.35** De leerlingen interpreteren de naam en symbolische schrijfwijze van eenvoudige en samengestelde stoffen. (LPD 31, 32, 41, 44)

**MD 06.36** De leerlingen leggen het verband tussen de chemische binding en de eigenschappen van een stof. (LPD 41, 46, 47)

– Oxiden, basen, zuren, zouten en alkanen

**CD 09.02.04** De leerlingen classificeren stoffen zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam. (LPD 41, 44)

– Anorganische zuren, basen, zouten, oxiden

– Alkanen

**CD 09.02.05** De leerlingen hanteren de IUPAC-naamgeving voor alkanen en anorganische zuren, basen, zouten en oxiden. (LPD 42, 45)

**CD 09.02.06** De leerlingen stellen chemische structuurformules op van eenvoudige en binaire anorganische stoffen. (LPD 31, 38, 39, 40, 46)

– Lewisstructuur

– Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding

– Roostermodel

– Elektronegativiteit

## LPD 41 De leerlingen classificeren anorganische stoffen als zuren, basen, zouten of oxiden zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam.

Wenk: Je kan het onderscheid maken tussen organische en anorganische stoffen. Als chemische formule komen de brutoformule en de formule-eenheid aan bod.

Wenk: Het onderscheid tussen een binair zuur en een ternair zuur komt aan bod. Bij de basen komen zowel hydroxiden als ammoniak aan bod. Je kan aandacht besteden aan formule en naam van polyatomische ionen.

Wenk: Dit leerplandoel kan je best samen behandelen met het leerplandoel over formule- en naamvorming vanuit IUPAC en met het leerplandoel over opstellen van chemische formules.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: patronen.

## LPD 42 De leerlingen vormen vanuit de IUPAC-naamgeving van anorganische zuren, basen, zouten, oxiden met gegeven formule de naam en omgekeerd.

Wenk: Je kan focussen op de naamgeving zonder dat dit doorgedreven en complex aan bod komt. Afhankelijk van de doelgroep kan je gebruik maken van stappenplannen en tabellen met de relevante gegevens van de behandelde stoffen.

Je kan gebruik maken van courante triviale namen van stoffen: zoutzuur, ammoniak, salpeterzuur, zwavelzuur, soda, koolzuur ...

Wenk: In de tweede graad wordt de chemische naamgeving eenvoudig gehouden, door bij voorkeur namen te gebruiken die zo volledig mogelijk de formulesamenstelling weerspiegelen volgens de internationaal geldende nomenclatuurregels. Het schrappen van overbodige indices (Griekse telwoorden) en het gebruik van de stocknotatie worden omwille van bijkomende complexiteit voor de leerling best uitgesteld tot de derde graad.

Wenk: Voor elementen uit de hoofdgroepen Ia, Iia, IIIa, Via en VIIa kan je het oxidatiegetal afleiden via het periodiek systeem. In de andere gevallen wordt het oxidatiegetal gegeven.

Wenk: Je kan anorganische stoffen in verband brengen met toepassingen en biologische en chemische processen in het dagelijks leven bv. metaaloxiden in glas, zuren en basen in batterijen, zouten in sportdranken, fosforzuur in cola (roest).

Wenk: De namen en symbolen van chemische elementen worden in de media en dagelijkse omgang vaak gebruikt én om zuivere stoffen te vermelden én om de aanwezigheid van deze atoomsoorten in bepaalde componenten van mengsels aan te duiden. Voorbeelden zijn: het 'ijzer'-gehalte in het bloed, 'zware metalen' in de grond, 'fosfor' en 'stikstof' in de meststoffen, 'chloor' in het zwembadwater. Dergelijke uitdrukkingen geven enkel de aanwezigheid van bepaalde atoomsoorten weer, maar doen geen uitspraak over de samenstelling van de zuivere stoffen of mengsels waarin deze atoomsoorten voorkomen.

#### **LPD 43 + De leerlingen stellen chemische formules op van anorganische samengestelde stoffen met behulp van het PSE.**

Wenk: Voor elementen waar het oxidatiegetal niet kan worden afgeleid uit het PSE, wordt het oxidatiegetal gegeven.

Afhankelijk van de doelgroep kan je gebruik maken van stappenplannen en tabellen met de relevante gegevens van de behandelde stoffen.

Wenk: Je kan vertrekken vanuit voorbeelden uit het dagelijkse leven: verbrandingsreactie, roesten fiets, kalkwater, CO<sub>2</sub> in water, zure regen, grotvorming ...

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: bereiden van MO/nMO vanuit de enkelvoudige stoffen M/nM en O<sub>2</sub> (bijvoorbeeld Mg verbranden).

#### **LPD 44 De leerlingen classificeren alkanen in hun stofklasse zowel op basis van een gegeven formule als op basis van een naam.**

Wenk: Je kan verwijzen naar de regels van de IUPAC-naamgeving; de nadruk wordt gelegd op het gebruik van achtervoegsels bij de karakterisering van de functionele groep. Uitgebreide principes van de naamgeving komen aan bod in de derde graad.

Enkel de onvertakte n-alkanen worden behandeld.

Wenk: Je kan een tabel van de stofklassen met stam en verschillende achtervoegsels



aanbieden in voorbereiding op de derde graad.  
Je kan aandacht besteden aan de triviale namen.

Wenk: Alkanen in toepassingen en biologische en chemische processen in het dagelijks leven bv. aardgas, methaangas.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met het STEM-concept: patronen.

**LPD 45** De leerlingen vormen van de laagste 10 n-alkanen met gegeven formule de naam en omgekeerd.

#### 4.6.6 Principe van oplossen en elektrische geleiding

##### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.36** De leerlingen leggen het verband tussen de chemische binding en de eigenschappen van een stof. (LPD 41, 46, 47)

– Oxiden, basen, zuren, zouten en alkanen

**CD 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. (LPD 46, 47)

– Elektrolyten

**CD 09.02.06** De leerlingen stellen chemische structuurformules op van enkelvoudige en binaire anorganische stoffen. (LPD 31, 38, 39, 40, 46)

– Lewisstructuur  
– Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding  
– Roostermodel  
– Elektronegativiteit

**LPD 46** De leerlingen brengen het oplossen van stoffen in water in verband met het dissociëren van ionaire verbindingen en het ioniseren van polaire moleculaire verbindingen.

##### ★ Polaire en apolaire atoombinding

Wenk: De tijd die wordt besteed aan dit leerplandoel kan je beperkt houden: bij elk oplossingsprincipe is het voldoende om één voorbeeld uit te werken.

Wenk: Je kan elektronegativiteit behandelen als verschil in EN-waarde tussen de bindingsatomen om een polaire van een apolaire binding te onderscheiden. Je kan aangeven dat er stoffen zijn met polaire bindingen maar toch een apolaire verbinding zijn vanuit de geometrie (zoals CO<sub>2</sub>).

Wenk: Je kan bij het oplossen van stoffen in water principes van dissociatie, ionisatie en hydratatie aan bod laten komen. Je kan wijzen op het verschil tussen het vrijkomen van ionen (dissociatie) en het vormen van ionen (ionisatie). Je kan dit linken aan water als dipoolmolecule.

**LPD 47** De leerlingen leggen het verband uit tussen het bindingstype en het geleidingsvermogen.

## ★ Elektrolyten

Wenk: Je kan het principe van elektrische geleiding en begrippen als geleider en isolator aan bod laten komen. Inhouden over geleiders en isolatoren komen in Elektriciteit aan bod.

Je behandelt het onderscheid tussen elektrolyten en niet-elektrolyten.

Wenk: Je kan het verband tonen tussen het aantal ionen in een oplossing en geleidbaarheid en het onderscheid tussen geleidbaarheid van zuivere stoffen en van oplossingen behandelen.

Wenk: Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-doelen bv. over onderzoeken.

### 4.6.7 Kwantitatieve aspecten

#### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.39** De leerlingen interpreteren massaconcentratie en molaire concentratie. (LPD 48)

**CD 09.02.03** De leerlingen leggen kwantitatief het verband tussen stofhoeveelheid en molaire grootheden en concentraties. (LPD 36, 49)

#### LPD 48 De leerlingen interpreteren massaconcentratie en molaire concentratie.

Wenk: Je kan vanuit massaconcentratie de link leggen met molaire concentratie.

#### LPD 49 De leerlingen leggen kwantitatief het verband tussen stofhoeveelheid enerzijds en molaire massa, molaire concentratie en molair volume anderzijds.

**Samenhang tweede graad:** formules omvormen (II-WisS-d LPD 20; II-WisS''-d LPD 20)

Wenk: Je vertrekt best vanuit een gegeven context en je beperkt de rekentijd. Het is niet de bedoeling om de ideale gaswet aan bod te laten komen. Je werkt enkel bij normomstandigheden.

Wenk: Afhankelijk van de doelgroep kan je verschillende formules combineren en kan je eventueel gebruik maken van een formularium.

Wenk: Je kan de constante van Avogadro aan bod laten komen.

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

- bepalen en vergelijken van de stofhoeveelheid en aantal atomen in Cu en Mg;
- bereiden van oplossingen met een welbepaalde concentratie;
- verdunnen van oplossingen. Principes van verdunnen komen aan bod in de derde graad bij concentratieberekeningen- en omzettingen.

### 4.6.8 Reactiesoorten

#### Minimumdoelen of cesuurdoelen

**MD 06.38** De leerlingen brengen pH in verband met het zuur, basisch of neutraal karakter van een waterige oplossing en lichten de functie van een zuur-base indicator toe. (LPD 51)



**LPD 50 De leerlingen stellen de reactievergelijking op van een eenvoudige neerslagreactie en een neutralisatiereactie.**

Wenk: Je kan linken leggen naar concrete toepassingen zoals waterontkalker, waterzuiveringsinstallatie, maagzuur, kalkaanslag op verwarmingsweerstand.

Wenk: Bij de neutralisatiereactie beperk je je het best tot éénwaardige zuren en éénwaardige hydroxiden. Bij het opstellen van de reactievergelijking besteed je aandacht aan de combinatie van waterstofionen met hydroxide-ionen waarbij water wordt gevormd.

Bij neerslagreacties behandel je bij voorkeur reacties met stoffenreactievergelijkingen met enkel coëfficiënt 1.

Wenk: Je kan een stappenplan aanwenden als oplossingsstrategie en gebruik maken van gegevenstabellen (oplosbaarheidstabel).

Het opstellen van de ionisatie- en dissociatievergelijking van de samenvoegende stoffen en van de essentiële ionenreactie komen aan bod.

Bij het opstellen van de stoffenreactievergelijking kan je de nadruk leggen op het inoefenen van de systematiek.

Je kan de link leggen met naam- en formulevorming van anorganische stoffen.

Wenk: Je kan differentiëren en ook gasvormingsreacties aan bod laten komen. Je kan linken leggen naar concrete toepassingen bv. bakpoeder, bruistablet.

**LPD 51 De leerlingen brengen pH in verband met het zuur, basisch of neutraal karakter van een waterige oplossing en lichten de functie van een zuur-base indicator toe.**

Wenk: Het in verband brengen van de pH met waterstofionenconcentratie en hydroxide-ionenconcentratie wordt geïllustreerd met oplossingen van sterke zuren en sterke basen (hydroxiden).

Vanuit het opstellen van neutralisatiereacties kan je neutralisatie linken aan gelijke concentraties van waterstofionen en hydroxide-ionen. Van daaruit geeft een hogere waterstofionenconcentratie een pH lager dan 7 en omgekeerd een hogere hydroxide-ionenconcentratie een pH hoger dan 7.

Wenk: Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen in samenhang met STEM-doelen: het onderzoek naar het zuur, basisch of neutraal karakter met behulp van UI-papier/ indicatoren ...

**LPD K1 De leerlingen ontleden in een eenvoudige redoxreactie de begrippen oxidator, reductor, oxidatie en reductie, elektronenoverdracht.**

Wenk: Je kan best eenvoudige redoxreacties tussen enkelvoudige stoffen aan bod laten komen.

Contexten zoals de brandstofcel, de verbranding, synthese- en analysereacties.

Wenk: Het is niet de bedoeling dat de oxidatiegetallen uit het hoofd worden geleerd. De leerlingen bepalen de oxidatiegetallen in enkelvoudige stoffen en samengestelde stoffen aan de hand van een stappenplan. Je kan gebruik maken van een tabel

met oxidatiegetallen.

## 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 worden in de context van de school nog geconcretiseerd op basis van pedagogisch-didactische keuzes waaronder de geselecteerde proeven, de gebruikte stoffen en de aanwezige (basis)uitrusting. We adviseren de school om de grootte van de klasgroep en de beschikbare infrastructuur en uitrusting op elkaar af te stemmen.

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

### Risicoanalyses voor chemicaliën en voor infrastructuur

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

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

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



## 5.1 Infrastructuur

Een leslokaal

- met een (draagbare) computer waarop de nodige software en audiovisueel materiaal kwaliteitsvol werkt en die met internet verbonden is;
- met de mogelijkheid om (bewegend beeld) kwaliteitsvol te projecteren;
- met de mogelijkheid om geluid kwaliteitsvol weer te geven;
- met de mogelijkheid om draadloos internet te raadplegen met een aanvaardbare snelheid.

Om kennis en vaardigheden geïntegreerd aan te reiken en het procesmatig werken 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

- Persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen
- Opstellingen en uitrustingen tot het uitvoeren van de experimenten
- Componenten en onderdelen in functie van de gekozen engineeringprojecten
- Klein handgereedschap
- Hulpmiddelen om te prototypen
- Meettoestellen: oscilloscoop;
- Voedingsbronnen: spanningsbron; stroombron.
- Diverse microcontrollers of mini-plc's
- Diverse actuatoren en sensoren
- Om aan onderzoekgericht 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.

- Meettoestellen: multimeter; schuifmaat.
- Informatie- en communicatiemedia: per leerling een actueel computersysteem met de nodige software voor 3D-CAD-teken-, programmeer- en simulatiesoftware. De gebruikte programma's werken met een aanvaardbare performantie op dit computersysteem. Dit computersysteem is verbonden met internet indien dit vereist is voor de doelen.

## 6 Glossarium

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

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



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

## 7 Concordantie

### 7.1 Concordantietabel

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

| Leerplandoel | Minimumdoelen, cesuurdoelen of doelen die leiden naar één of meer beroepskwalificaties |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | MD 06.40                                                                               |
| 2            | MD 06.50                                                                               |
| 3            | MD 06.51                                                                               |
| 4            | MD 06.52; CD 12.01.01                                                                  |
| 5            | MD 06.53                                                                               |
| 6            | CD 12.01.02                                                                            |
| 7            | CD 11.05.01                                                                            |
| 8            | MD 06.48; CD 11.05.02                                                                  |
| 9            | MD 06.49                                                                               |
| 10           | CD 11.05.03                                                                            |

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 11 | CD 11.05.04                     |
| 12 | CD 11.08.01                     |
| 13 | CD 07.01.01                     |
| 14 | -                               |
| 15 | MD 06.42                        |
| 16 | MD 06.41                        |
| 17 | MD 06.41                        |
| 18 | CD 11.09.01                     |
| 19 | CD 11.09.01                     |
| 20 | CD 11.09.04                     |
| 21 | CD 11.09.04                     |
| 22 | CD 11.09.05                     |
| 23 | CD 11.09.06                     |
| 24 | MD 06.46; CD 11.09.03           |
| 25 | MD 06.44, MD 06.45; CD 11.09.02 |
| 26 | MD 06.43                        |
| 27 | CD 11.14.01                     |
| 28 | CD 11.14.02                     |
| 29 | MD 06.47; CD 11.12.01           |
| 30 | MD 06.32                        |
| 31 | MD 06.35; CD 09.02.06           |
| 32 | MD 06.35                        |
| 33 | MD 06.37                        |
| 34 | MD 06.37                        |
| 35 | MD 06.33                        |
| 36 | CD 09.02.03                     |



|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| 37 | MD 06.34                           |
| 38 | MD 06.34; CD 09.02.06              |
| 39 | CD 09.02.06                        |
| 40 | CD 09.02.06                        |
| 41 | MD 06.35; MD 06.36; CD 09.02.04    |
| 42 | CD 09.02.05                        |
| 43 | -                                  |
| 44 | MD 06.35; CD 09.02.04              |
| 45 | CD 09.02.05                        |
| 46 | MD 06.36; CD 09.02.01; CD 09.02.06 |
| 47 | MD 06.36; CD 09.02.01              |
| 48 | MD 06.39                           |
| 49 | CD 09.02.03                        |
| 50 | CD 09.02.02                        |
| 51 | MD 06.38                           |

## 7.2 Minimumdoelen basisvorming

06.32 De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en soorten mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en scheidingstechnieken.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Stofeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, deeltjesgrootte, oplosgedrag van stoffen

06.33 De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen en ionen te beschrijven.

06.34 De leerlingen leggen het verband tussen de plaats en de eigenschappen van atomen in het PSE.

06.35 De leerlingen interpreteren de naam en symbolische schrijfwijze van enkelvoudige en samengestelde stoffen.

06.36 De leerlingen leggen het verband tussen de chemische binding en de eigenschappen van een stof.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Oxiden, basen, zuren, zouten en alkanen

- 06.37 De leerlingen balanceren gegeven eenvoudige chemische reacties en interpreteren ze in termen van materie- en energie-uitwisseling.
- 06.38 De leerlingen brengen pH in verband met het zuur, basisch of neutraal karakter van een waterige oplossing en lichten de functie van een zuur-base indicator toe.
- 06.39 De leerlingen interpreteren massaconcentratie en molaire concentratie.
- 06.40 De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.  
Voetnoot:  
Rekening houdend met concepten van de tweede graad.
- 06.41 De leerlingen interpreteren rechtlijnige bewegingen grafisch en eenparig rechtlijnige bewegingen kwantitatief.
- 06.42 De leerlingen stellen krachten vectorieel voor en leggen het verband tussen de verandering van bewegingstoestand van een lichaam en de resulterende kracht.  
Onderliggende (kennis)elementen:
- Zwaartekracht, gewicht, normaalkracht, veerkracht
  - Dynamische effecten van een resulterende kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen
  - Verschil massa en gewicht
- 06.43 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen uit het dagelijkse leven aan de hand van het concept druk bij vaste stoffen, gassen en vloeistoffen.  
Onderliggende (kennis)elementen:
- Druk als grootte van de kracht per oppervlakte
  - Invloedsfactoren op de totale druk in een vloeistof
- 06.44 De leerlingen stellen de energiebalans van energieomzettingen op aan de hand van de wet van behoud van energie.
- 06.45 De leerlingen stellen kwantitatief de energiebalans op van energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele of elastische energie in eenvoudige situaties.
- 06.46 De leerlingen voeren berekeningen uit in verband met vermogen en rendement bij energieomzettingen in systemen.
- 06.47 De leerlingen verklaren het energietransport bij faseovergangen en bij temperatuursveranderingen van stoffen aan de hand van het deeltjesmodel.  
Onderliggende (kennis)elementen:
- Absolute temperatuur
- 06.48 De leerlingen analyseren verbanden tussen stroomsterkte, spanning en weerstand in een gelijkstroomkring.
- 06.49 De leerlingen gebruiken de grootheid vermogen en het Joule-effect om fenomenen in elektrische systemen te verklaren.
- 06.50 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
- 06.51 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 tweede graad.
- 06.52 De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.  
Voetnoot:  
Rekening houdend met concepten van de tweede graad en de context waarin dit minimumdoel aan bod komt.  
Memorie:



STEM betekent per definitie dat je geïntegreerd denkt. De mate van integratie is afhankelijk van het probleem.

Ook niet-STEM-disciplines kunnen aan bod komen.

- 06.53 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 Cesuurdoelen

- 07.01.01 De leerlingen passen een gestructureerde programmeertaal toe om zelf ontworpen oplossingen voor concrete problemen te ontwikkelen.
- Controlestructuren
  - Gebruik van softwarebibliotheken
- 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.
- 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 stoffen zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam.
- Anorganische zuren, basen, zouten, oxiden
  - Alkanen
- 09.02.05 De leerlingen hanteren de IUPAC-naamgeving voor alkanen en anorganische zuren, basen, zouten en oxiden.
- 09.02.06 De leerlingen stellen chemische structuurformules op van enkelvoudige en binaire anorganische stoffen.
- Lewisstructuur
  - Ionbinding, polaire en apolaire atoombinding, metaalbinding
  - Roostermodel
  - Elektronegativiteit
- 11.05.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking en veldsterkte.
- Veldlijnenpatronen: bij een radiaal, dipool en homogeen veld.
- 11.05.02 De leerlingen analyseren het verband tussen spanning over en de stroom door een verbruiker in een elektrische gelijkstroomkring.
- 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.
- 11.08.01 De leerlingen modelleren en realiseren een elektronische schakeling met een programmeerbare module.
- Gedrag van elektronische componenten
- 11.09.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij eendimensionale bewegingen met constante versnelling.
- 11.09.02 De leerlingen kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele en elastische energie.

- Energiedissipatie
- 11.09.03 De leerlingen berekenen de hoeveelheid arbeid, opgenomen en geleverd vermogen in een technisch systeem.
- 11.09.04 De leerlingen stellen de evenwichtsvergelijkingen op bij statisch evenwicht in het vlak en voeren berekeningen uit.
- 11.09.05 De leerlingen analyseren de relatie tussen materiaal, structuur en functie.
- 11.09.06 De leerlingen modelleren constructies in 3D.
- 11.12.01 De leerlingen kwantificeren de warmtebalans bij temperatuursveranderingen en faseovergangen.
- 11.14.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren verbanden tussen grootheden bij vloeistoffen en gassen.
- 11.14.02 De leerlingen tekenen en realiseren een elektropneumatische schakeling
  - Gedrag van elektropneumatische componenten
- 12.01.01 De leerlingen ontwikkelen een oplossing voor een probleem door STEM-disciplines geïntegreerd toe te passen.
  - Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
  - Modelleren
- 12.01.02 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





## Inhoud

|          |                                                                      |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding.....</b>                                                | <b>3</b>  |
| 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         |
| <b>2</b> | <b>Situering .....</b>                                               | <b>7</b>  |
| 2.1      | Samenhang in de tweede graad .....                                   | 7         |
| 2.1.1    | Samenhang binnen de studierichting Technologische wetenschappen..... | 7         |
| 2.1.2    | Samenhang over de finaliteiten heen.....                             | 7         |
| 2.2      | Plaats in de lessentabel.....                                        | 7         |
| <b>3</b> | <b>Pedagogisch-didactische duiding .....</b>                         | <b>8</b>  |
| 3.1      | Technologische wetenschappen en het vormingsconcept.....             | 8         |
| 3.2      | Krachtlijnen .....                                                   | 9         |
| 3.3      | Diamantmodel .....                                                   | 10        |
| 3.4      | Opbouw.....                                                          | 11        |
| 3.5      | Leerlijnen.....                                                      | 12        |
| 3.5.1    | Samenhang met de eerste graad .....                                  | 12        |
| 3.5.2    | Samenhang in de tweede graad .....                                   | 12        |
| 3.5.3    | Samenhang in de derde graad .....                                    | 12        |
| 3.6      | Aandachtspunten.....                                                 | 12        |
| 3.7      | Leerplanpagina.....                                                  | 12        |
| <b>4</b> | <b>Leerplandoelen .....</b>                                          | <b>13</b> |
| 4.1      | STEM-engineering .....                                               | 13        |
| 4.2      | Elektriciteit - Elektronica .....                                    | 17        |
| 4.2.1    | Elektrostatica .....                                                 | 17        |
| 4.2.2    | Gelijkstroomkringen.....                                             | 18        |
| 4.2.3    | Elektronica – ICT.....                                               | 19        |
| 4.3      | Mechanica.....                                                       | 21        |
| 4.3.1    | Bewegingsleer .....                                                  | 21        |
| 4.3.2    | Statisch evenwicht in het vlak.....                                  | 22        |
| 4.3.3    | Constructie .....                                                    | 23        |
| 4.3.4    | Arbeid en energie.....                                               | 24        |

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4      | Fluïdomechanica .....                                                   | 25        |
| 4.5      | Thermodynamica .....                                                    | 26        |
| 4.6      | Chemie .....                                                            | 27        |
| 4.6.1    | Mengsels en zuivere stoffen .....                                       | 27        |
| 4.6.2    | Aspecten van een chemische reactie.....                                 | 29        |
| 4.6.3    | Bouw en eigenschappen van atomen.....                                   | 29        |
| 4.6.4    | Chemische bindingen .....                                               | 31        |
| 4.6.7    | Kwantitatieve aspecten.....                                             | 35        |
| 4.6.8    | Reactiesoorten .....                                                    | 35        |
| <b>5</b> | <b>Basisuitrusting .....</b>                                            | <b>37</b> |
| 5.1      | Infrastructuur .....                                                    | 38        |
| 5.2      | Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen.....                  | 38        |
| 5.3      | Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken..... | 39        |
| <b>6</b> | <b>Glossarium.....</b>                                                  | <b>39</b> |
| <b>7</b> | <b>Concordantie .....</b>                                               | <b>40</b> |
| 7.1      | Concordantietabel.....                                                  | 40        |
| 7.2      | Minimumdoelen basisvorming .....                                        | 42        |
| 7.3      | Cesuurdoelen .....                                                      | 44        |