

Mechatronica B+S
3de graad D-finaliteit
III-Mec-d

BRUSSEL

D/2024/13.758/207

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 specifieke minimumdoelen of de doelen die leiden naar een beroepskwalificatie. Indien een leerplandoel verder gaat, vind je een '+' bij het nummer van het leerplandoel. Al die leerplandoelen zijn verplicht te realiseren. In een aantal gevallen zijn keuzedoelen opgenomen; die leerplandoelen zijn weergegeven in een grijze kleur en het nummer van het leerplandoel wordt voorafgegaan door 'K'.

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

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

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

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

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

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

2 Situering

2.1 Samenhang in de derde graad

2.1.1 Samenhang binnen de studierichting Mechatronica

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

2.1.2 Samenhang over de finaliteiten heen

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

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

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



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

2.2 Plaats in de lessentabel

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

Het leerplan is gericht op 18 graaduren en is bestemd voor de studierichting Mechatronica. Een evenwichtige verhouding van onderdelen in het leerplan, zonder in een strakke opdeling in vakken te vervallen, versterkt het pedagogisch-didactisch proces. De vertaling van de leerplandoelen in een uitdagend aanbod is een opdracht van de school en zijn lerarenteam (vakgroep). De onderlinge verdeling en de aandacht die elk doel krijgt, maken deel uit van die oefening. Dit leerplan geeft geen indicatie over de intensiteit waarmee een doel kan worden behandeld. Bepaalde doelen zullen meer onderwijstijd vragen dan andere.

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

3 Pedagogisch-didactische duiding

3.1 Mechatronica en het vormingsconcept

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

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

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

Een vlot gebruik van informaticatechnologieën in wetenschappen en technische vorming komen aan bod. Simulatie- en tekensoftware zijn een krachtig hulpmiddel bij conceptvorming en inzicht in abstractere begrippen. Dat geldt zowel voor het bekijken en gebruiken van simulaties, als voor het zelf creëren van schema's en tekeningen.

Wiskundige vorming

Wiskunde is een taal om patronen in de werkelijkheid compact en ondubbelzinnig te beschrijven, en wordt daarvoor veelvuldig gebruikt in wetenschap en techniek. Een vlot gebruik van wiskundige symbolen en kennis van bewerkingen en conventies zijn noodzakelijke vaardigheden om zowel wetenschappelijke en technologische kennis te verwerven en om te communiceren. Wiskunde is ook een krachtig instrument om complexe problemen te beschrijven en op te lossen. Het leerplan Mechatronica 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 Mechatronica. 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. De praktijk 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 binnen de mechatronica.



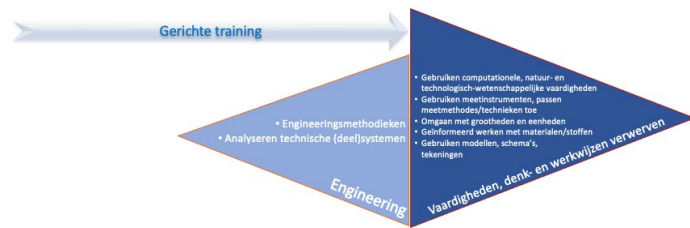
Ze verwerven inzicht in elektromagnetisme, eenfasige en driefasige wisselspanning, wisselstroomkringen en schakelingen, elektronica, samengestelde bewegingen, horizontale worp, éénparig cirkelvormige beweging, statisch en dynamisch evenwicht, mechanische eigenschappen van materialen, krachten en spanningen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



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

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

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



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

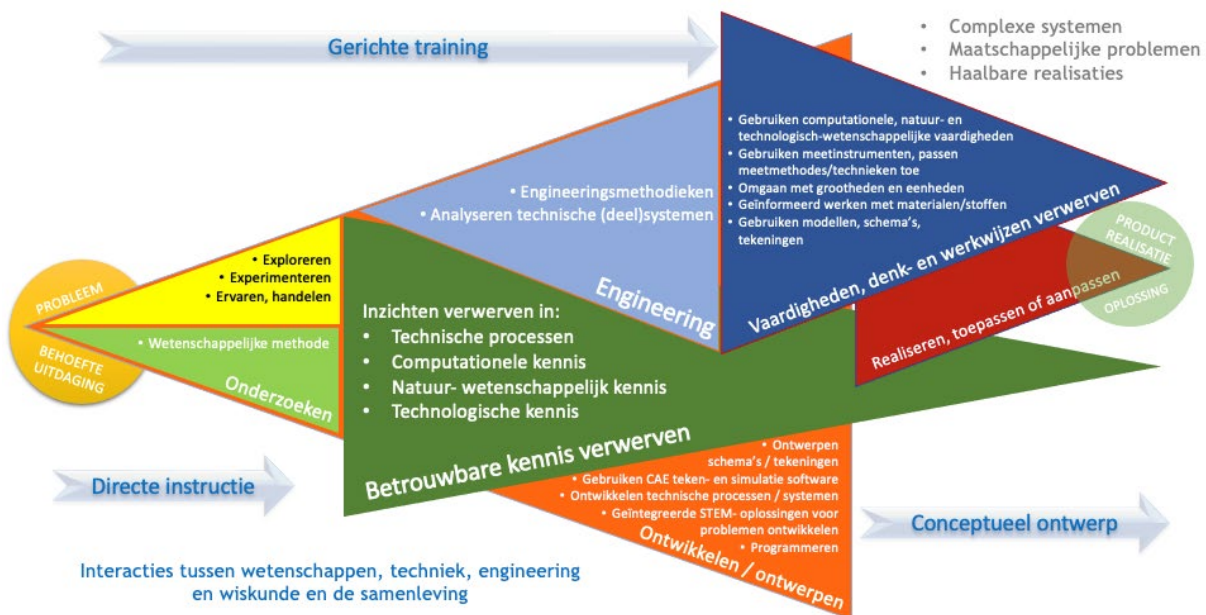
De leerlingen leren technische processen en systemen ontwikkelen tijdens hun projecten mechatronica. Ze analyseren technische (deel-)systemen en processen in functie van hun realisatie of toepassing. De leerlingen ontwerpen en realiseren met CAE-software stuur- en vermogenkringen, elektropneumatische schakelingen, elektronische schakelingen met een microcontroller of PLC en 3D-constructies. Ze gebruiken teken- en simulatiesoftware en programmeren oplossingen door gebruik te maken van algoritmen en datastructuren. Zorg voor het milieu, veilig, kwaliteitsvol en ergonomisch werken vormen een rode draad doorheen de studierichting.



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

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

3.3 Diamantmodel



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

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

Het model is opgebouwd uit meerdere diamanten, links te starten met een probleem of behoefte/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 engineeringsmethodieken 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 Mechatronica omvat de volgende rubrieken:

- STEM-engineering;
- elektriciteit – elektronica:
 - elektromagnetisme;
 - elektrodynamica: eenfasige en driefasige wisselspanning en -stroom;
 - elektrodynamica: wisselstroomschakelingen;
 - elektronica;
- mechanica;
- constructies;
- fluidomechanica;
- kernenergie.

3.5 Leerlijnen

3.5.1 Samenhang met de tweede graad

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

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

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

oppervlakte.

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

3.5.2 Samenhang in de derde graad

Het leerplan Mechatronica heeft een samenhang met Natuurwetenschappen en Wiskunde in de derde graad.

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

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

3.6 Aandachtspunten

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

De onderzoekscompetentie kan worden gerealiseerd met inhouden van dit leerplan die gerelateerd zijn aan specifieke minimumdoelen. In de studierichtingen waarin dit leerplan moet worden gerealiseerd kan de onderzoekscompetentie ook aan bod komen via inhouden van andere leerplannen. Om dat duidelijk te maken wordt het leerplandoel over de onderzoekscompetentie voorafgegaan door een #. Dat geeft aan dat het leerplandoel hier aan bod kan komen, maar dat het ook kan worden gerealiseerd via andere leerplannen van het specifiek gedeelte van de studierichting. Je overlegt op schoolniveau welke keuzes worden gemaakt met betrekking tot de realisatie van de onderzoekscompetentie. Op de PRO-tegel [onderzoekscompetentie](#) kan je voor elke studierichting terugvinden via welke leerplannen onderzoeken kan worden gerealiseerd.

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



3.7 Leerplanpagina

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



4 Leerplandoelen

4.1 STEM-engineering

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

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

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

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

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

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

2de graad: De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen (II-TeWe-d LPD 2).

Wenk: Je kan aandacht besteden aan geïnformeerd werken door gebruik van informatie zoals veiligheids- en machine-instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, H/P-zinnen, symbolen, onderhoudsvoorschriften, handleidingen, schema's en (werk)tekeningen.
Je gebruikt als leraar de COS-brochure om op een verantwoorde en veilige manier om te gaan met chemische stoffen op school in een aangepaste labo-omgeving afgestemd op de leerlingengroep en de uit te voeren handelingen.

Wenk: Voorbeelden van goede praktijk

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

- omgaan met afval.

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

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

Duiding: Specifieke inhouden Fysica: elektromagnetisme, elektrodynamica, elektronica, dynamica, kinematica, fluidomechanica.

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Wenk: Mogelijke voorbeelden van onderzoeksopdrachten:

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

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

Je kan gebruik maken van criteria.

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

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

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

★ Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen Modelleren

Samenhang derde graad: een oplossing ontwerpen: III-WisS'-d LPD 2

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

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

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

Wenk: Je kan een informatierijke omgeving voorzien waarin leerlingen vlot inspiratie kunnen verzamelen. Het is ook waardevol om tussentijdse resultaten te bespreken. Leerlingen kunnen feedback aan elkaar geven. Je kan aandacht besteden aan het beargumenteren van keuzes bij het ontwerpen van een oplossing. Leerlingen kunnen evenwel ook op andere manieren hun denkproces illustreren: door foto's te nemen van deeloplossingen, documentatie te verzamelen, tekeningen, schema's, een eenvoudige berekening, een proefmodel samen te stellen...

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

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

Samenhang derde graad: wisselwerking wetenschappen, technologie, wiskunde en maatschappij: III-WisS'-d LPD 1, III-BiCh-d LPD 2S

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

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 aanknopingspunt vormen om de onderlinge wisselwerking met wetenschappen, technologie en wiskunde te bespreken.

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

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

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

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

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

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

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

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

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



4.2 Elektriciteit – elektronica

4.2.1 Elektromagnetisme

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Wenk: Je kan in de analyse het gebruik van magnetische materialen als kernmateriaal in een stroomvoerende spoel en bijhorende hysteresis duiden dat magnetische inductie een richting en zin heeft en zo een vectoriële grootheid is.

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

Wenk: Je kan aangeven dat de Lorentzkracht de totale elektromagnetische kracht op een

lading beschrijft als som van de elektrische en de magnetische kracht.

Je kan aangeven dat de elektrische en magnetische krachten aanwezig zijn in hall-sensoren, maglev-trein, deeltjesversnellers, kathodestraalbuis....

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

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

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

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

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

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

LPD 15 De leerlingen verklaren het opwekken van een wisselspanning.

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

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

4.2.2 Elektrodynamica: eenfasige en driefasige wisselspanning en -stroom

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

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

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



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

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

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

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

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

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

4.2.3 Elektrodynamica: wisselstroomschakelingen

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

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

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

LPD 20 De leerlingen modelleren een stuur- en vermogenkring.

★ Wisselstroomkring

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

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

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

LPD 21 De leerlingen realiseren een stuur- en vermogenkring.

- ★ Asynchrone, servo- en stappenmotor; elektropneumatica

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

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

4.2.4 Elektronica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

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

- ★ Gedrag van elektronische componenten
Principe van communicatie

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

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

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

Wenk: Je hebt aandacht voor de principiële opbouw van een microcontroller of PLC en de elementaire werking en de aansluiting van sensoren, NPN, PNP...

Wenk: Je hebt aandacht voor het selecteren van de geschikte componenten (sensoren, hardware configuratie, transmitters, vrijlooptiode, encoders...) of modules (H-brug, shields, voeding, AC/DC-kaart...).

Wenk: Je hebt aandacht voor foutdiagnose.

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

- ★ Algoritmen en datastructuren
Algoritmische technieken
Gebruik van softwarebibliotheken
Gestructureerde programmeertaal
In- en uitvoer van externe gegevens

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

Wenk: Onder 'algoritmen en datastructuren' kan je onder meer begrijpen: sorteeralgoritmen, list, stapel (stack), wachtrij (queue), boom, graaf, hashtable...



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

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

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

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

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

Je kan de leerlingen een concreet probleem met verschillende algorithmische technieken laten oplossen en dan analyseren de leerlingen wat de beste methode is, wat het verschil is in gebruik op gebied van geheugengebruik, doorlooptijd. Voorbeelden van eenvoudige algoritmen die zich lenen om met of zonder recursie op te lossen zijn: het bepalen van de grootste gemene deler van 2 gehele getallen, het berekenen van $n!$ (faculteit), het opstellen van de rij van Fibonacci...

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

LPD 24 De leerlingen lichten de opbouw en de werking toe van een computersysteem.

Wenk: Je kan met de leerlingen aandacht hebben voor de werking van een processor, intern geheugen, het gegevenstransport tussen de verschillende componenten, invoer, uitvoer en opslag.

Wenk: Je kan de belangrijkste stappen bij de verwerking van eenvoudige instructies, n.l. halen, interpreteren en uitvoeren, beschrijven en de functie van de klok toelichten. Het is niet de bedoeling om hier diep op in te gaan. De leerlingen moeten inzicht krijgen in hoe de processor een instructie verwerkt.

Wenk: Je kan de soorten intern geheugen van verschillende computersystemen toelichten: werkgeheugen, cachegeheugen, programmeergeheugen, datageheugen.

LPD 25 De leerlingen lichten de opbouw en de werking toe van datacommunicatie en van een netwerk.

Wenk: Je kan volgende communicatieprotocollen aan bod laten komen: TCP/IP, seriële communicatie tussen controllers of tussen controllers en sensoren of actuatoren (I2C, SPI, Asynchroon), communicatie tussen controllers en computersystemen (USB, Bluetooth, Wifi, Lora, 4G, 5G...).

LPD 26 De leerlingen ontwerpen een configuratie voor een mechatronisch systeem.

Wenk: Onder een 'mechatronisch systeem' kan je onder meer een systeem begrijpen waarbij sensoren, actuatoren en een processor/controller samenwerken om een automatisatie te realiseren.

Wenk: Dit leerplandoel heeft een sterke samenhang met leerplandoel 22.

4.3 Mechanica

4.3.1 Kinematica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 27 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de horizontale worp.

★ Ogenblikkelijke en gemiddelde waarde

Samenhang derde graad: afgeleiden (III-WisS'-d LPD 19)

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

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

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

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

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

LPD 28 + De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de samengestelde beweging.

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

LPD 29 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de eenparig cirkelvormige beweging.



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

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

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

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

4.3.2 Statisch en dynamisch evenwicht

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 30 De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.

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

Wenk: Het leerplandoel kan je in deze studierichting theoretisch behandelen of in samenhang met een engineeringproject.

LPD 31 De leerlingen stellen de evenwichtsvergelijkingen op bij statisch evenwicht in het vlak en driedimensionaal en voeren berekeningen uit.

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

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

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

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

LPD 32 De leerlingen analyseren en kwantificeren de dynamica van systemen bij translatie en rotatie.

- ★ Wrijvingskracht met inbegrip van de dynamische wrijvingscoëfficiënt

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

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

4.4 Constructies

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 33 De leerlingen onderzoeken mechanische eigenschappen van materialen.

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

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

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

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

LPD 34 De leerlingen ontwerpen en tekenen een 3D-constructie door gebruik te maken van CAE-software.

- ★ Relatie tussen materiaal, structuur en functie
Trekspanning, drukspanning, afschuiving, buigspanning, wringing
Dwarskrachten, momentlijnen

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

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

Onder 'structuur' kan je onder meer gebruiken; vorm, combinatie van materialen, opbouw..

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

4.5 Fluïdomechanica

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 35 De leerlingen verklaren verbanden tussen druk, snelheid en hoogte in fluïda aan de hand van de wet van Bernoulli.

2de graad: Verbanden tussen druk, volume, temperatuur, kracht en oppervlakte bij vloeistoffen en gassen (II-TeWe-d LPD 27).

Wenk: Je kan de regel van Castelli bespreken alvorens de wet van Bernoulli te verklaren. De begrippen overdruk, onderdruk, hydrostatische druk ... kan je eerst onder de aandacht brengen alvorens de wet van Bernoulli te verklaren. Je kan de wet op



verschillende technische toepassingen gebruiken: opstijgen van een vliegtuig, uitstroom snelheid van een vat, venturi, Pitobuis, bunsenbrander, waterstraalpomp, verstuiver, hydraulische pers...

LPD 36 De leerlingen ontwerpen en tekenen een elektropneumatische schakeling.

★ Gedrag van elektropneumatische componenten

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

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

LPD 37 + De leerlingen ontwerpen en tekenen een elektrohydraulische schakeling.

★ Gedrag van elektrohydraulische componenten

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

LPD 38 De leerlingen realiseren een elektropneumatische schakeling in een geautomatiseerd proces.

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

4.6 Trillingen en golven

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 39 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van trillingen en golven met inbegrip van geluid, de decibelschaal en het elektromagnetisch spectrum.

- ★ Kenmerken van een harmonische trilling
 - Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid
 - Golf als energietransport

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

Wenk: Onder 'fenomenen en toepassingen' kan je onder meer begrijpen: werking van sensoren, warmtebeelden, communicatiesystemen...

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

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

Wenk: Het leerplandoel kan je in deze studierichting theoretisch behandelen of in samenhang met een engineeringproject..

4.7 Kernenergie

Minimumdoelen, specifieke minimumdoelen of doelen die leiden naar BK

LPD 40 De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening en bijbehorende veiligheidsaspecten.

2de graad: Een atoommodel (II-TeWe-d LPD 35).

Relatieve en absolute massa van atomen (II-TeWe-d LPD 36).

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

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

LPD 41 De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.

Samenhang derde graad: exponentiële functies (III-WisS'-d LPD 10)

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

Wenk: Je kan aandacht hebben voor de schadelijke effecten van ioniserende straling. Je kan aangeven dat ioniserende straling van nature aanwezig is in ons leefmilieu. Je kan de bijdragen van de verschillende bronnen aan de jaarlijkse gemiddelde blootstelling van mensen aan ioniserende straling met elkaar vergelijken en bespreken.

Je kan wijzen op het verschil tussen bestraling (stralingsenergie absorberen vanop een afstand en buiten het lichaam) en besmetting (fysiek contact met een radioactieve stof, inwendig of uitwendig).

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



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.

5.1 Infrastructuur

Een leslokaal

- dat qua grootte, akoestiek en inrichting geschikt is om communicatieve werkvormen te organiseren;
- met een (draagbare) computer waarop de nodige software en audiovisueel materiaal kwaliteitsvol werkt en die met internet verbonden is;
- met de mogelijkheid om (bewegend beeld) kwaliteitsvol te projecteren;
- met de mogelijkheid om geluid kwaliteitsvol weer te geven;
- met de mogelijkheid om draadloos internet te raadplegen met een aanvaardbare snelheid.

Toegang tot (mobile) devices voor leerlingen.

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

5.2 Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen

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

- elektrische motoren (asynchrone, stappen en servomotoren);
- omvormer (zoals een temperatuurtransmitter, koppelomvormer...);
- communicatiemogelijkheden voor plc of microcontrollers;
- soldeerbout;
- diverse handgereedschappen;
- schuifmaat;
- handboormachine;
- compressorgroep met luchtconditioneringsgroep;
- manometer;
- pneumatica schakeling- en simulatiesoftware;
- pneumatische cilinders, ventielen;
- persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen;
- opstellingen en uitrustingen tot het uitvoeren van de experimenten.

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

5.3 Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken

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

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

6 Glossarium

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

Handelingswerkwoord	Synoniem	Toelichting
Analyseren		Verbanden zoeken tussen gegeven data en een (eigen) besluit trekken
Beargumenteren	Verklaren	Motiveren, uitleggen waarom
Beoordelen	Evalueren	Een gemotiveerd waardeoordeel geven
Berekenen	Berekeningen uitvoeren	
Berekeningen uitvoeren	Berekenen	
Beschrijven	Toelichten, uitleggen	
Betekenis geven aan	Interpreteren	
Een (...) cyclus doorlopen	Een (...) proces doorlopen	Via verschillende fasen tot een (deel)resultaat komen of een doel bereiken



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

7 Concordantie

7.1 Concordantietabel

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

Leerplandoel	Minimumdoelen of specifieke minimumdoelen
--------------	---

1	MD 06.36
2	MD 06.43
3	SMD 01.01.01
4	MD 06.44
5	MD 06.45; SMD 12.01.01
6	MD 06.46
7	SMD 12.01.02
8	MD 06.37; MD 06.38; SMD 11.05.05
9	MD 06.38; SMD 11.05.05
10	MD 06.38; SMD 11.05.05
11	MD 06.38; SMD 11.05.05
12	MD 06.38; SMD 11.05.05
13	MD 06.38; SMD 11.05.05
14	SMD 11.05.06
15	SMD 11.05.06
16	SMD 11.07.03
17	SMD 11.07.04
18	--
19	SMD 11.07.01
20	SMD 11.07.02
21	SMD 11.07.02
22	SMD 11.08.01
23	SMD 07.02.01
24	SMD 07.08.01
25	SMD 07.08.02
26	SMD 07.08.03



27	SMD 11.09.04
28	--
29	SMD 11.09.04
30	MD 06.39
31	SMD 11.09.05
32	SMD 11.09.06
33	SMD 11.09.07
34	SMD 11.09.07; SMD 11.09.08
35	SMD 11.14.02
36	SMD 11.14.03
37	--
38	SMD 11.14.03
39	MD 06.40
40	MD 06.41
41	MD 06.42

7.2 Minimumdoelen basisvorming

- 06.36 De leerlingen lossen fysische problemen met en zonder formularium op.
Voetnoot:
Rekening houdend met concepten van de derde graad.
- 06.37 De leerlingen lichten eigenschappen van elektrische krachtwerking toe.
- 06.38 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van permanente magneten, elektromagneten en elektromagnetische inductie.
- 06.39 De leerlingen verklaren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem in één en twee dimensies aan de hand van de drie wetten van Newton.
- 06.40 De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van trillingen en golven met inbegrip van geluid, de decibelschaal en het elektromagnetisch spectrum.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Kenmerken van een harmonische trilling
 - Verband tussen frequentie, golflengte en golfsnelheid
 - Golf als energietransport
- 06.41 De leerlingen beschrijven kernfusie en kernsplitsing in het kader van energievoorziening met bijbehorende veiligheidsaspecten.
- 06.42 De leerlingen lichten het spontaan radioactief verval van isotopen toe en de effecten van de vrijgekomen ioniserende straling op organismen.

- 06.43 De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.
- 06.44 De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.
Voetnoot:
Rekening houdend met concepten van de derde graad.
- 06.45 De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.
Voetnoot:
Rekening houdend met concepten van de derde graad en de context waarin dit minimumdoel aan bod komt.
- 06.46 De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.
Voetnoot:
Rekening houdend met de context waarin dit minimumdoel aan bod komt.

7.3 Specifieke minimumdoelen

- 01.01.01 De leerlingen doorlopen een onderzoekscyclus in samenhang met inhouden van minstens 1 wetenschapsdomein verbonden aan de studierichting.
- 07.02.01 De leerlingen programmeren zelf ontworpen oplossingen voor concrete problemen.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Algoritmen en datastructuren
 - Algoritmische technieken
 - Gebruik van softwarebibliotheken
 - Gestructureerde programmeertaal
 - Invoer van en uitvoer naar externe gegevensbronnen
- 07.08.01 De leerlingen lichten de opbouw en de werking toe van een computersysteem.
- 07.08.02 De leerlingen lichten de opbouw en de werking toe van datacommunicatie en van een netwerk.
- 07.08.03 De leerlingen ontwerpen een configuratie van een mechatronisch systeem op basis van vooropgestelde criteria.
- 11.05.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren de elektrische krachtwerking en veldsterkte.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Veldlijnenpatronen: bij een radiaal, dipool en homogeen veld
- 11.05.02 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen spanning over en de stroom door een verbruiker in een elektrische gelijkstroomkring.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Wet van Pouillet
 - Potentiaal en spanning
- 11.05.03 De leerlingen analyseren eigenschappen van een serie- en parallelschakeling.
- 11.05.04 De leerlingen berekenen de stromen en spanningen in serie-, parallel- en gemengde elektrische gelijkstroomkringen en netwerken via verschillende oplossingsmethoden.
- 11.05.05 De leerlingen analyseren en kwantificeren de magnetische krachtwerking en het magnetisch veld in een technische toepassing.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Veldlijnenpatronen bij een stroomvoerende rechte geleider en bij een stroomvoerende spoel
 - Kracht op een bewegende lading, kracht op een stroomvoerende rechte geleider
- Voetnoot:
Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 11.05.06 De leerlingen analyseren en kwantificeren elektromagnetische inductie.
Onderliggende (kennis)elementen:



- Wet van Faraday, wet van Lenz
 - Opwekking van wisselspanning
- 11.07.01 De leerlingen analyseren wisselstroomschakelingen rekening houdend met de distributienetten TT, IT, TN.
- 11.07.02 De leerlingen modelleren en realiseren een wisselstroomschakeling met een stuur- en vermogenkring.
- 11.07.03 De leerlingen analyseren karakteristieke eigenschappen van eenfasige en driefasige wisselspanning en wisselstroom.
- 11.07.04 De leerlingen analyseren en kwantificeren het gedrag van gemengde wisselstroomschakelingen met passieve componenten in functie van frequentieafhankelijkheid, faseverschuiving en impedantie.
- 11.08.01 De leerlingen modelleren en realiseren een elektronische schakeling als input/output-interface voor een microcontroller of PLC.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Gedrag van elektronische componenten
- 11.09.01 De leerlingen kwantificeren arbeid en energieomzettingen tussen kinetische, gravitationele en elastische energie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Energiedissipatie
- 11.09.02 De leerlingen berekenen de hoeveelheid arbeid, opgenomen en geleverd vermogen in een technisch systeem.
- 11.09.03 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij eendimensionale bewegingen met constante versnelling.
- 11.09.04 De leerlingen analyseren en kwantificeren het verband tussen kracht, positie, tijdstip, snelheid en versnelling bij de horizontale worp en bij de eenparig cirkelvormige beweging.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Ogenblikkelijke en gemiddelde waarde
- 11.09.05 De leerlingen stellen de evenwichtsvergelijkingen op bij statisch evenwicht in het vlak en driedimensionaal en voeren berekeningen uit.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Wrijvingskracht met inbegrip van de statische wrijvingscoëfficiënt
 - Samenstellen en ontbinden van vectoren
 - Krachten- en krachtmomentenbalans
- 11.09.06 De leerlingen analyseren en kwantificeren de dynamica van systemen bij translatie en rotatie.
Onderliggende (kennis)elementen:
Wrijvingskracht met inbegrip van de dynamische wrijvingscoëfficiënt
- Memorie van Toelichting:
 - Het betreft het analyseren en kwantificeren van de invloed van krachten op de bewegingstoestand van systemen.
- 11.09.07 De leerlingen ontwerpen een constructie.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Relatie tussen materiaal, structuur en functie
 - Mechanische eigenschappen
- Voetnoot:
Rekening houdend met de context van de studierichting.
- 11.09.08 De leerlingen tekenen constructies in 3D met CAD-software.
- 11.14.01 De leerlingen analyseren en kwantificeren verbanden tussen grootheden bij vloeistoffen en gassen.
Onderliggende (kennis)elementen:
- Druk, volume, temperatuur, kracht, oppervlakte
- 11.14.02 De leerlingen verklaren verbanden tussen druk, snelheid en hoogte in fluïda aan de hand van de wet van Bernoulli.
- 11.14.03 De leerlingen tekenen en realiseren een elektropneumatische schakeling.

Onderliggende (kennis)elementen:

- Gedrag van elektropneumatische componenten

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

Onderliggende (kennis)elementen:

- Interactie tussen onderzoeken en ontwikkelen
- Modelleren

12.01.02 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen.

Onderliggende (kennis)elementen:

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

7.4 Concordantietabel van SMD naar LPD

SMD 01.01.01	III-Mec-d LPD 3
SMD 07.02.01	III-Mec-d LPD 23
SMD 07.08.01	III-Mec-d LPD 24
SMD 07.08.02	III-Mec-d LPD 25
SMD 07.08.03	III-Mec-d LPD 26
SMD 11.05.01	II-TeWe-d LPD 7
SMD 11.05.02	II-TeWe-d LPD 8
SMD 11.05.03	II-TeWe-d LPD 10
SMD 11.05.04	II-TeWe-d LPD 11
SMD 11.05.05	III-Mec-d LPD 8, 9, 10, 11, 12, 13
SMD 11.05.06	III-Mec-d LPD 14, 15
SMD 11.07.01	III-Mec-d LPD 19
SMD 11.07.02	III-Mec-d LPD 20, 21
SMD 11.07.03	III-Mec-d LPD 16
SMD 11.07.04	III-Mec-d LPD 17
SMD 11.08.01	III-Mec-d LPD 22
SMD 11.09.01	II-TeWe-d LPD 25
SMD 11.09.02	II-TeWe-d LPD 24
SMD 11.09.03	II-TeWe-d LPD 18, 19
SMD 11.09.04	III-Mec-d LPD 27, 29
SMD 11.09.05	III-Mec-d LPD 31
SMD 11.09.06	III-Mec-d LPD 32
SMD 11.09.07	III-Mec-d LPD 33, 34
SMD 11.09.08	III-Mec-d LPD 34
SMD 11.14.01	II-TeWe-d LPD 27
SMD 11.14.02	III-Mec-d LPD 35
SMD 11.14.03	III-Mec-d LPD 36, 38
SMD 12.01.01	III-Mec-d LPD 5
SMD 12.01.02	III-Mec-d LPD 7



Inhoud

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

4.6	Trillingen en golven.....	26
4.7	Kernenergie.....	27
5	Basisuitrusting	28
5.1	Infrastructuur	28
5.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen.....	28
5.3	Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken.....	29
6	Glossarium.....	29
7	Concordantie	30
7.1	Concordantietabel.....	30
7.2	Minimumdoelen basisvorming	32
7.3	Specifieke minimumdoelen.....	33
7.4	Concordantietabel van SMD naar LPD.....	35

ONTWERP