

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

BRUSSEL

D/2021/13.758/041

Versie januari 2022



## Disclaimer

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

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

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





# 1 Algemene inleiding

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

## 1.1 Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten

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

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

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

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

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

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

## 1.2 De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs

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



- Een lerarenteam werkt in een katholieke dialogeschool die onderwijs verstrekt vanuit een **specifieke traditie**. Vanuit het eigen pedagogisch project kiezen leraren voor wat voor hen en hun school goed onderwijs is.
- Ze wijzen leerlingen daarbij de weg en gebruiken daarvoor **wegwijzers**. Die zijn een inspiratiebron voor hen en hun collega's en zorgen voor een Bijbelse 'drive' in hun onderwijs.
- De kwetsbaarheid van leerlingen ernstig nemen betekent dat elke leerling **belooftevol** is en alle leerkansen verdient. Die leerling is **uniek als persoon** maar ook **verbonden** met de klas, de leraar, de school en de bredere samenleving. Scholen



zijn daarbij **gastvrije plaatsen** waar leerlingen en leraren elkaar ontmoeten in diverse contexten. De leraar vormt zijn leerlingen vanuit een **genereuze** attitude, hij geeft om zijn leerlingen en hij houdt van zijn vak. Hij durft af en toe de gebaande paden verlaten en stimuleert de **verbeelding en creativiteit** van leerlingen. Zo zaait hij door zijn onderwijs de kiemen van een hoopvolle, **meer duurzame en meer rechtvaardige wereld**.

- Leraren vormen leerlingen door middel van inhouden van vorming, die we groeperen in **vormingscomponenten**: levensbeschouwelijke vorming, culturele vorming, economische vorming, lichamelijke vorming, maatschappelijke vorming, natuurwetenschappelijke en technische vorming, sociale vorming, talige vorming en wiskundige vorming. De aaneengesloten cirkel van vormingscomponenten wijst erop dat vorming een geheel is en zich niet in schijfjes laat verdelen. Je kan onmogelijk over culturele vorming spreken zonder met taal bezig te zijn; je kan niet beweren dat wetenschap en techniek geen band hebben met economie, wiskunde of geschiedenis. Dwarsverbanden doorheen de vakken zijn daarbij belangrijk. De vormingscirkel vormt dan ook een dynamisch geheel van elkaar voortdurend beïnvloedende en versterkende componenten.
- Een leraar vormt leerlingen als **individuele leraar** maar werkt ook binnen **lerarenteams** en binnen een **beleid van de school**. De gemeenschappelijke leerplannen (Gemeenschappelijk funderend leerplan en Gemeenschappelijk leerplan ICT) helpen daartoe. Ze worden gestuurd door keuzes die een school (schoolbestuur, beleidsteam, lerarenteam) maakt. Het Gemeenschappelijk funderend leerplan zorgt voor het fundament van heel de vorming dat gerealiseerd wordt in vakken, in projecten, in schoolbrede initiatieven of in een specifieke schoolcultuur.
- De uiteindelijke bedoeling is om **alle leerlingen** kwaliteitsvol te vormen. Die leerlingen zijn dan ook het hart van de vormingscirkel, zij zijn het op wie we inzetten. Zij dragen onze hoop mee: de nieuwe generatie die een meer duurzame en meer rechtvaardige wereld zal creëren.

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

[zie disclaimer]

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

Vorming is voor die leraar nooit te herleiden tot een cognitieve overdracht van inhouden. Vorming is iets wat hem in die mate beroert dat hij voor iedere leerling de juiste woorden en gebaren zoekt om de wereld te ontsluiten. Hij wil de leerling tot bij de wereld brengen. De leraar introduceert leerlingen in de wereld waarvan hij houdt en hij probeert hen ook vriend van die wereld te laten worden. Een leraar zorgt er bijvoorbeeld voor dat leerlingen gegrepen kunnen worden door de cultuur van het Frans of door het ambacht van een metselaar. Hij initieert leerlingen in een wereld en probeert hen zover te brengen dat ze er hun eigen weg in kunnen vinden.

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

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

## 1.4 Differentiatie

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

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

Differentiëren is van belang in alle leerlingengroepen. Leerlingen die starten in een studierichting van de tweede graad en voor wie dit leerplan bestemd is, behoren immers wel tot de doelgroep, maar bevinden zich niet noodzakelijk in dezelfde beginsituatie. Dikwijls hebben zij reeds een niet te onderschatten – maar soms sterk verschillende – bagage mee vanuit de eerste graad, de gevolgde basisoptie, de thuissituatie en vormen van informeel leren. Het is belangrijk om zicht te krijgen op die aanwezige kennis en vaardigheden en vanuit dat gegeven, soms gedifferentieerd, verder te bouwen.

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

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

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

Didactische differentiatie kan ook betrekking hebben op het flexibel aanwenden van de beschikbare



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

## 1.5 Opbouw van de leerplannen

Elk leerplan is opgebouwd volgens een vaste structuur: algemene inleiding, situering, pedagogisch-didactische duiding, leerplandoelen, basisuitrusting, concordantie. Alle onderdelen van het leerplan maken inherent deel uit van het leerplan. Schoolbesturen van Katholiek Onderwijs Vlaanderen die de leerplannen gebruiken, verbinden zich tot de realisatie van het gehele leerplan.

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

In de **situering** beschrijven we - waar relevant - de samenhang met de eerste graad, de samenhang in de tweede graad en de plaats in de lessentabel.

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 Tot slot

[zie disclaimer]

De nieuwe leerplannen geven richting en laten ruimte. Ze faciliteren de inhoudelijke dynamiek en de continuïteit in een school en lerarenteam. Ze vormen een kwaliteitskader dat inzet op een eigen visie en een identiteitskader dat de unieke identiteit van een school in de diverse samenleving versterkt en ondersteunt. Zo garanderen we binnen het kader dat door de Vlaamse regering werd vastgelegd voldoende vrijheid voor schoolbesturen om het eigen pedagogisch project vorm te geven vanuit de eigen schoolcontext. We versterken het eigenaarschap van scholen die d.m.v. eigen beleidskeuzes de vorming



van leerlingen gestalte geven. We creëren ook ruimte voor het vakinhoudelijk en pedagogisch-didactisch meesterschap van de leraar, maar bieden – via pedagogische begeleiding – ondersteuning waar nodig.

## Situering

### Samenhang met de eerste graad

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

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

### Samenhang in de tweede graad

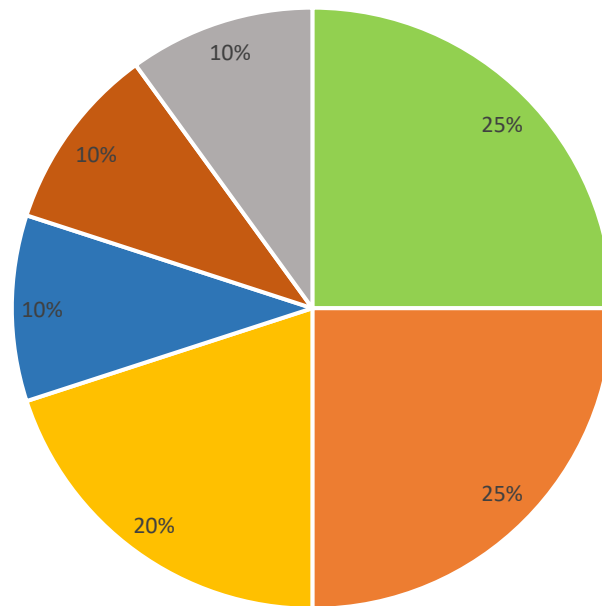
Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen, door de leerlingen een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen te laten ervaren. Dit kan je als leraar realiseren door de leerdoelen van het leerplan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

### Plaats in de lessentabel

De leerdoelen technologische wetenschappen en engineering zijn gericht op 16 graaduren en zijn bestemd voor de studierichting Technologische wetenschappen. Onderstaande grafiek maakt duidelijk dat de onderdelen aan elkaar gelinkt zijn en niet zonder elkaar kunnen binnen het geïntegreerd projectmatig werken. Zonder in een strakke opdeling in vakken te vervallen kan een mogelijke verdeling van onderdelen over de graad als volgt. [\[zie disclaimer\]](#)



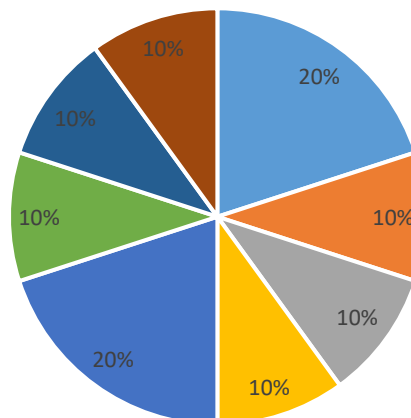
### Leerplandoelen



■ Elektriciteit ■ Mechanica ■ Elektronica - ICT ■ Hydrostatica ■ Thermodynamica ■ Eigen klemtoon

De leerdoelen Chemie en Engineering zijn gericht op 3 graduren en zijn bestemd voor de studierichting Technologische wetenschappen. Onderstaand grafiek maakt duidelijk dat de onderdelen aan elkaar gelinkt zijn en niet zonder elkaar kunnen binnen het geïntegreerd projectmatig werken.

### Leerplandoelen



■ Mengsels en zuivere 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

## Pedagogisch-didactische duiding

### 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 natuur- en technisch-wetenschappelijke vorming en er is een verbinding met de wiskundige vorming en maatschappelijke vorming. De wegwijzers duurzaamheid en verbeelding maken er inherent deel van uit.

#### Natuurwetenschappelijke en technische vorming

Via de verschillende wetenschapsvakken worden jongeren in staat gesteld om op een methodische wijze betrouwbare kennis te verwerven. Leerlingen stellen hun denkbeelden bij door ze te confronteren met denkbeelden van anderen en door samen te argumenteren. Door het inzetten van wetenschappelijke concepten leren leerlingen een fysische werkelijkheid of een natuurlijk fenomeen te vatten. Daarnaast leren ze om wetenschappelijke, technische en wiskundige inzichten in te zetten om complexe vragen of levenschte problemen op te lossen. Verwondering, het voeden van nieuwsgierigheid zijn een belangrijke motor om verschijnselen op een wetenschappelijke manier te beschrijven en te verklaren. Niet alleen de inhouden maar vooral de duurzaamheid van kennis en vaardigheden, het zelf denken en kritisch zijn, het zelf kunnen onderzoeken en ontwerpen zijn richtinggevend.

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

Tijdens de technisch-wetenschappelijke vorming ontwikkelen de leerlingen hun technologisch denken en vaardig zijn, als ook het probleemoplossend leren en het leren ontwerpen.

Een vlot gebruik van informaticatechnologieën in wetenschappen en technische vorming kan een sterk hulpmiddel zijn. Ook simulatie- en tekensoftware kan een krachtig hulpmiddel zijn bij conceptvorming en inzicht in abstracte begrippen. Dit geldt zowel voor het bekijken en gebruiken van simulaties, als voor het zelf creëren ervan.

#### Wiskundige vorming

Wiskunde is een taal om patronen in de werkelijkheid compact en ondubbelzinnig te beschrijven, en wordt daarvoor veelvuldig gebruikt in wetenschap en techniek. Een vlot gebruik van wiskundige symbolen en kennis van bewerkingen en conventies zijn noodzakelijke vaardigheden om zowel wetenschappelijke en technologische kennis te verwerven als om te communiceren. Wiskunde is ook een krachtig instrument om complexe problemen te beschrijven en op te lossen. De lessen binnen het leerplan Technologische wetenschappen bieden een waaier aan opportuniteiten om de leerlingen te laten inzien hoe (op het eerste zicht abstracte) wiskundige technieken concrete toepassingen hebben. De leerlingen kunnen op deze manier dieper inzicht in en appreciatie voor wiskunde verwerven, terwijl ze hun wetenschappelijke en technologische kennis verdiepen.

#### Maatschappelijke vorming

Wetenschappen en techniek vervullen een cruciale rol in onze samenleving. De ontwikkelingen in de geneeskunde, telecommunicatie, biotechnologie ... hebben een grote impact op het welzijn van mensen. Dit vormt dan ook een grote uitdaging voor de wetenschappen en techniek namelijk in het creëren van een



samenleving waarin onderzoeks- & innovatiepraktijken streven naar duurzame, ethisch aanvaardbare en maatschappelijk gewenste resultaten. In de diverse wetenschaps- en technische vakken willen we de maatschappelijke betrokkenheid bij leerlingen bevorderen. Leerlingen moeten in staat worden gesteld om bij te dragen aan en hun zegje te doen over onderzoek & innovatie en om kritisch te reflecteren over de rol van de mens in het systeem aarde.

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 biodiversiteit en duurzaam omgaan met technologie met aandacht voor ecologie

Verbeelding in het leerplan geeft leraren en leerlingen zuurstof om uitdagingen, vragen en problemen niet op één bepaalde manier op te lossen of te beantwoorden en om vooropgestelde methodes niet slaafs te volgen. De praktijk heeft immers in essentie een creatief karakter.

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

## Krachtlijnen

### ***Technische processen en wetenschappelijke methoden toepassen om betrouwbare kennis te verwerven***

In Technologische wetenschappen verwerven leerlingen, op een onderzoekende, experimenterende en exploratieve wijze, inzicht in de fysische concepten: elementen van de krachtenleer, verandering van beweging, statisch evenwicht in het vlak, arbeid en energie, hydrostatica, elektrische gelijkstroomkringen, elektromagnetisme en inductie, elektrostatica, elektronica, ICT en thermodynamica; en inzicht in concepten binnen de chemie.

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

Leerlingen leren wetenschappelijke methoden toepassen. Daarnaast analyseren zij natuurlijke en technische systemen aan de hand van STEM-concepten. Ze leren meetinstrumenten gebruiken en omgaan met grootheden en eenheden. Daarbij leren ze ook om geïnformeerd te werken met materialen en stoffen. Leerlingen leren natuurwetenschappelijke, technologische en wiskundige modellen ontwikkelen om te verklaren of om geïntegreerde STEM-oplossingen voor problemen te ontwikkelen.

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

De leerlingen leren technische processen en systemen engineeren tijdens geïntegreerde projecten met betrekking tot mechanische, elektromechanische, elektrische of elektronische realisaties. Ze leren materialen en constructies aanwenden met een link naar chemie. Ze ontwerpen en programmeren programmeerbare sturingen en leren een eenvoudig netwerk opzetten. Ze leren meettechnieken en -methoden gericht toe te passen tijdens onderzoekstechnieken, debugging of diagnosetechnieken. Zorg voor het milieu, veilig en ergonomisch werken vormen een rode draad doorheen de studierichting.

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

De leerlingen denken in functie van het concept en leggen de link tussen de verschillende STEM-disciplines onderling bij een concretisering in context. Daarbij gebruiken ze de STEM-concepten (cross-cutting

concepts) als vakoverschrijdende denkwijzen en perspectieven om de uitdagingen aan te pakken of vragen te beantwoorden.

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

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

## Opbouw

Het leerplan omvat leerdoelen Engineering en leerdoelen Technologische wetenschappen en Chemie.

### Engineering

Engineering verwijst naar typische, meestal generieke werkwijzen van onderzoekers, ingenieurs, technici ... De leerplandoelen engineering koppelen je steeds aan meerdere inhoud en contexten zodat leerlingen vlotter tot transfer komen. De engineeringdoelen bieden ook ruimte aan de leraar om verschillende verbanden tussen kennis en vaardigheden te leggen vanuit een systematische benadering:

- wetenschappelijke methoden voor onderzoek;
- technische systemen en processen bij ontwikkeling;
- modelleren en problemen oplossen in techniek;
- interacties tussen wetenschappen, techniek, engineering en wiskunde.

### Technologische wetenschappen

De leerplandoelen technologische wetenschappen behandelen kennis, inzicht en vaardigheden in wetenschappelijke fysische wetmatigheden, technische systemen en processen, technologie en materialen.

De doelen zijn geordend volgens onderstaande rubrieken:

- De wetten van Newton
- Bewegingsleer
- Statisch evenwicht in het vlak
- Materialenleer
- Arbeid en energie
- Gelijksstroomkringen
- Elektrostatica
- Elektromagnetisme en inductie
- Elektronica- ICT
- Hydrostatica
- Thermodynamica

### Chemie

De doelen chemie behandelen kennis, inzicht en vaardigheden in wetenschappelijke wetmatigheden en processen in het domein chemie.

De doelen zijn geordend volgens onderstaande rubrieken:

- Mengsels en zuivere stoffen
- Aspecten van een chemische reactie
- Bouw en eigenschappen van atomen



- Chemische bindingen
- Indeling samengestelde stoffen
- Principes van oplossen en elektrische geleiding
- Kwantitatieve aspecten
- Reactiesoorten

## Leerlijnen

### 1.6.1 Samenhang met de eerste graad

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

De leerlingen maakten kennis met een technisch proces en een wetenschappelijke methode, waarbij het leren onderzoeken/ontwerpen en het ontwerpen/onderzoekend leren centraal staat.

### 1.6.2 Samenhang in de tweede graad

Technologische wetenschappen heeft een samenhang met Wiskunde, Chemie en Aardrijkskunde. In Wiskunde leren leerlingen problemen oplossen, wiskundig redeneren, rekenen met reële getallen, 2D-voorstellingen van 3D-situaties analyseren, rekenen met vectoren, formules omvormen, eerstegraadsfuncties en tweedegraadsfuncties gebruiken, beschrijvende statistiek en spreidingsdiagrammen gebruiken. Via de STEM-doelen is het zeker ook interessant samen te werken met het vak Chemie en Biologie. In functie van een duurzame samenleving is er een samenhang met Aardrijkskunde.

### 1.6.3 Samenhang met de derde graad

Het leerplan Technologische wetenschappen is de logische studierichting in de 2<sup>de</sup> graad voor de studierichtingen Technologische wetenschappen en engineering, Informatica- en communicatiewetenschappen en Mechatronica in de derde graad.

## Aandachtspunten

### 1.6.4 Mogelijke organisatievormen

Het raakvlak tussen de leerplandoelen Engineering, Technologische wetenschappen en/of Chemie is groot. De clusters van leerplandoelen interfereren sterk met elkaar en verdienen bijzondere aandacht. Het staat de school, de vakwerkgroep en/of de leraar vrij hoe concreet men met deze verwevenheid omgaat. De leeromgeving, de expertise van de leraren, de leerling in zijn klasgroep ... zijn kritische factoren in de keuze van de geschikte organisatievorm.

De interactie tussen de STEM-disciplines vraagt een doorgedreven vorm van integratie in het leerplan en ook met vakken buiten het leerplan. Om een idee te geven van de mogelijkheden, schetsen we twee uiterste organisatievormen de concept-context-benadering enerzijds en de context-concept-benadering anderzijds, uiteraard behoort elke tussenvorm tot de mogelijkheden.

Men kan ervoor kiezen om de kennis en inzichten (concepten) van de leerdoelen technologische wetenschappen integraal toe te wijzen aan een cluster Technologische wetenschappen, de leerdoelen Chemie aan een cluster Chemie en het ontwikkelen van competenties Engineering te integreren in functie van de context. Deze werkvorm noemen we de **concept-context benadering**. In dat geval stelt men de **technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige kennis**, nodig om een probleem binnen een gekozen engineeringproject op te lossen **centraal** in de cluster Technologische wetenschappen of de cluster Chemie. In deze organisatievorm wordt de keuze van projecten hoofdzakelijk gedacht vanuit de leerplandoelen Technologische wetenschappen en de leerplandoelen Chemie.

Men kan ook kiezen voor de **context-concept benadering** en de clusters integreren. In dat geval vertrekt men van een probleem (context) binnen een gekozen engineeringproject en koppelt er de relevante technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige inzichten (concepten) aan die nodig zijn om het probleem op te lossen, de **leerplandoelen engineering** staan hier **centraal**.

### 1.6.5 Samenhang tussen wetenschappen

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen. Deze samenhang komt op vier verschillende manieren in het leerplan aan bod:

- Vertrekken vanuit de ideeën en interesses van de leerlingen. Om dit concreet vorm te geven in de didactische praktijk kan je als leraar de concept-contextbenadering of context-concept-benadering hanteren.
- De leerdoelen engineering in het leerplan doelgericht combineren met inhoudelijke leerplandoelen Technologische wetenschappen (Fysica) en Chemie. Aan de hand van de leerdoelen engineering kunnen leerlingen de rol van een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen ervaren.
- Gebruik maken van STEM-concepten. Dit zijn vakdiscipline-overschrijdende denkwijzen (in de vakdidactische literatuur ook soms perspectieven genoemd) om natuurlijke en technische systemen te analyseren. Deze concepten kunnen leerlingen ondersteunen bij het onderzoeken. Om dit aan bod te laten komen zet je als leraar of lerarenteam het leerplandoel Engineering LPD 2 in.
- Focussen op breed-wetenschappelijke kernideeën die toepasbaar zijn in meerdere contexten en die de grenzen van individuele disciplines overschrijden. Nadruk op deze kernideeën kan leerlingen helpen om het overzicht te bewaren, om meer complexe ideeën en fenomenen te begrijpen en om problemen op te lossen.

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

### 1.6.6 Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de doelen Engineering

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

Als leerlingen deze leerplandoelen engineering inoefenen met verschillende inhoud en in verschillende contexten krijgen zij kansen om vlotter tot transfer te komen. Daarom komen de leerplandoelen Engineering steeds in combinatie met leerplandoelen uit de leerplanrubrieken van Technologische



wetenschappen en Chemie aan bod. Hierdoor kan het schoolteam verbanden tussen kennis en vaardigheden op verschillende manieren benaderen en meer betekenis geven aan de doelen.

### 1.6.7 Onderzoekend leren, leren onderzoeken

Onderzoekend leren en leren onderzoeken is een belangrijk item in de leerplandoelen Engineering. Het biedt kansen om:

- leerlingen te motiveren vanuit hun verwondering bij het waarnemen van verschijnselen;
- geïnformeerd te leren werken met meetinstrumenten, hulpmiddelen en stoffen;
- ideeën over fenomenen en systemen experimenteel te toetsen en te reflecteren over het wetenschappelijk belang van het empirisch testen van die ideeën;
- ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden en een onderzoekende houding (kritisch willen zijn, willen begrijpen, willen delen, willen vernieuwen, nauwkeurigheid, objectief waarnemen, planmatig werken...).

Vanuit de geschetste overwegingen is het weinig zinvol om een minimum aantal experimenten te omschrijven die leerlingen dienen uit te voeren in een labo. Ook realisaties, reverse-engineering, demo-experimenten, filmmateriaal, concept cartoons ... kunnen een belangrijke rol spelen. Vanuit dit perspectief hoeft een doelgericht practicum niet altijd minstens een lesuur te duren.

### 1.6.8 Ontwerpend leren, leren ontwerpen

Ontwerpend leren en leren ontwerpen benoemen we in het leerplan Technologische wetenschappen met de term Engineering. Het biedt leerlingen de kans om creërend, verbeeldend (nieuwe) ontwikkelingen of verbeteringen aan te brengen door:

- een oorspronkelijke idee/probleem te verbreden en verscheidene mogelijkheden/opportunities te onderzoeken;
- vervolgens mogelijkheden/opportunities af te wegen en te verfijnen tot een idee van oplossing;
- het idee van oplossing om te zetten in een prototype en te testen in functie van het proces en het product;
- om tenslotte een degelijk ontwerp te realiseren.

Het is meestal een groepsdynamisch gebeuren waarbij de individuen elkaar inspireren bij de verschillende ontwerpfasen. Het gericht inzetten van vergadermethodieken en -technieken zal het probleemoplossend denken ondersteunen en verrijken.

### 1.6.9 Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten

STEM-professionals hanteren STEM-concepten (internationaal ook 'crosscutting concepts' genoemd) als 'typische denkwijzen' die kennis uit verschillende disciplines met elkaar kunnen verbinden. Voor leerlingen kunnen deze concepten toegangspoorten zijn om verbanden tussen disciplines te ontdekken.

STEM-concepten:

- patronen;
- systemen;
- modellen;
- schaal, verhouding en hoeveelheid;
- oorzaak en gevolg;
- structuur en functie;



- stabiliteit en verandering;
- behoud, transport en kringloop van energie en materie.

### 1.6.10 Samenhang vanuit inzicht in ‘wetenschappelijke kernideeën’ (Big ideas)

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

Onderstaande kernideeën worden in de literatuur vaak onderscheiden:

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

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

### 1.6.11 Samenhang met andere leerplannen binnen de finaliteit

Technologische wetenschappen	Bouwwetenschappen	Biotechnologische STEM-wetenschappen
Wiskunde:		
Gevorderde wiskunde	Uitgebreide wiskunde i.f.v. wetenschappen	Uitgebreide wiskunde i.f.v. wetenschappen
Kernwetenschappen:		
<i>Elektriciteit:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrostatica</li> <li>• elektromagnetisme</li> <li>• elektrodynamic</li> <li>• gelijkstroomkringen</li> </ul>	<i>Elektriciteit:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrostatica</li> <li>• elektromagnetisme</li> </ul>	<i>Elektriciteit:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrostatica</li> <li>• elektromagnetisme</li> </ul>
<i>Elektronica (ICT)</i>		
<i>Mechanica:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kracht</li> <li>• beweging</li> <li>• statisch evenwicht</li> <li>• arbeid, energie</li> </ul>	<i>Mechanica:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kracht</li> <li>• beweging</li> <li>• statisch evenwicht</li> <li>• arbeid, energie</li> </ul>	<i>Mechanica:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kracht</li> <li>• beweging</li> <li>• statisch evenwicht</li> <li>• arbeid, energie</li> </ul>
<i>Constructieleer</i>	<i>Constructieleer</i>	
<i>Hydrostatica</i>		
<i>Thermodynamica</i>	<i>Thermodynamica</i>	<i>Thermodynamica</i>
<i>Informatica-wetenschappen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• algoritmen en programmeren</li> <li>• modelleren en simuleren</li> </ul>	<i>Informatica-wetenschappen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• algoritmen en programmeren</li> <li>• moduleren en simuleren</li> </ul>	<i>Informatica-wetenschappen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• algoritmen en programmeren</li> <li>• moduleren en simuleren</li> </ul>
	- <i>Bouwkunde</i>	
<i>Pakket uit de uitgebreide chemie</i>	<i>Chemie basis:</i>	<i>Uitgebreide chemie</i>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheidingstechnieken en stofeigenschappen</li> <li>• Atoommodellen, atomen en ionen</li> <li>• Hanteren PSE</li> <li>• Chemische formules anorganische stoffen</li> <li>• Classificeren stoffen vanuit formule/vanuit naam + opstellen chemische formules anorganische stoffen</li> <li>• Toepassingen van organische en anorganische stoffen in het dagelijks leven/ in processen</li> <li>• Chemische reactie - Wet van behoud van massa</li> <li>• Eenvoudige neutralisatiereactie opstellen + Opstellen reactievergelijking van een neerslagreactie, gasvormingsreactie op en ontleden van een eenvoudige redoxreactie</li> <li>• pH, protonen-en hydroxideconcentraties</li> <li>• Mol, molaire massa en molaire concentratie - Stoichiometrische berekeningen</li> <li>• Chemische reactie en energie-uitwisseling met de omgeving oplossen- Elektrisch geleiden + Verband tussen de structuur en de eigenschappen van stoffen: ionrooster, molecuulrooster, atoomrooster, metaalrooster</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheidingstechnieken en stofeigenschappen</li> <li>• Atoommodellen, atomen en ionen</li> <li>• Hanteren PSE</li> <li>• Chemische formules anorganische stoffen</li> <li>• Classificeren stoffen vanuit formule/vanuit naam</li> <li>• Toepassingen van organische en anorganische stoffen in het dagelijks leven/ in processen</li> <li>• Chemische reactie - Wet van behoud van massa</li> <li>• Eenvoudige neutralisatiereactie opstellen</li> <li>• pH, protonen-en hydroxideconcentraties</li> <li>• Mol, molaire massa en molaire concentratie - Stoichiometrische berekeningen</li> <li>• Chemische reactie en energie-uitwisseling met de omgeving oplossen- Elektrisch geleiden</li> <li>• materiaalkunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheidingstechnieken en stofeigenschappen</li> <li>• Atoommodellen, atomen en ionen</li> <li>• Hanteren PSE</li> <li>• Chemische formules anorganische stoffen</li> <li>• Classificeren stoffen vanuit formule/vanuit naam + Uitbreiding van te kennen stoffen + Herkennen van reactiepatronen.</li> <li>• Toepassingen van organische en anorganische stoffen in het dagelijks leven/ in processen</li> <li>• Chemische reactie - Wet van behoud van massa</li> <li>• Eenvoudige neutralisatiereactie opstellen + Opstellen eenvoudige redoxvergelijkingen tussen enkelvoudige stoffen</li> <li>• pH, protonen-en hydroxideconcentraties</li> <li>• Mol, molaire massa en molaire concentratie - Stoichiometrische berekeningen</li> <li>• Chemische reactie en energie-uitwisseling met de omgeving oplossen- Elektrisch geleiden + Verband tussen de structuur en de eigenschappen van stoffen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intermoleculaire krachten: dipoolkrachten, waterstofbruggen, ion-dipoolkrachten</li> <li>- Polariteit</li> <li>- Stofeigenschappen: kookpunt, smeltpunt, oplosgedrag van stoffen, geleidbaarheid, zuur-base eigenschappen, oxidatie en reductie eigenschappen, ionisatie en dissociatie eigenschappen</li> </ul> </li> </ul>
		<i>Uitgebreide biologie</i>
Conceptueel denken:		
<i>Engineering</i>	<i>CAD - BIM</i>	<i>Labo</i>
<i>De 4<sup>de</sup> technologische revolutie (IOT)</i>		
<i>CAD</i>		

### 1.6.12 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
Transfergericht 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 transfer	Groei in complexiteit van processen	Groei in verfijning van de specialisatie

## Leerplanformularium

Ter ondersteuning van de leerplandoelen werden de formules eigen aan het leerplan opgenomen in een leerplanformularium. Hierin werd een onderscheid gemaakt in formules met het label 'te kennen, te begrijpen en toe te passen' enerzijds en formules 'te begrijpen en toe te passen' anderzijds. De formules uit de kolom 'te begrijpen en toe te passen' kunnen in een aangepast formularium aangereikt worden in functie van het leertraject van de leerling.

### 1.6.13 Mechanica

De wetten van Newton, bewegingsleer, statisch evenwicht in het vlak, materialenleer.

Minimum te kennen, begrijpen, toepassen	Te begrijpen, toepassen
2 <sup>de</sup> wet van newton $F = m \cdot a$	Wrijvingskracht $F_w = \mu \cdot F_n$
Zwaartekracht $F = m \cdot g$	Veerkracht $F = k \cdot \Delta l$
	Krachtsmoment $M = r \cdot F \cdot \sin\alpha$
Gemiddelde snelheid $v_g = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	
Gemiddelde versnelling $a_g = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	
	Elasticiteitsmodulus $\sigma = E \cdot \varepsilon$ en torsie veerconstante $M = C \cdot \phi$

### 1.6.14 Arbeid, energie, vermogen en rendement

Te kennen	Te begrijpen, toepassen
Rendement $\eta = E_{nuttig} / E_{toegevoegd}$	
Gemiddeld vermogen $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$	Joule-effect $Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$
Vermogen $P = U \cdot I$	
	Gravitationele energie $E = m \cdot g \cdot h$
	Elastische energie $E = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (\Delta l)^2$



	Kinetische energie $E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
	Elektrische energie $E = Q \cdot V$
	Stralingsenergie $E = h \cdot f$
	Arbeid door constante kracht $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$

### 1.6.15 Elektriciteit

Gelijkstroomkringen, elektrostatica, elektromagnetisme en inductie, elektronica.

Te kennen	Te begrijpen, toepassen
Stroomsterkte $I = \Delta Q / \Delta t$	
Wet van Ohm $U = I \cdot R$	Wet van Pouillet $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$
Geleidbaarheid $G = \frac{I}{U}$	
	Coulombkracht $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$
	Elektrische veldsterkte in een punt $E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$
	Homogeen elektrisch veld $E = \frac{U}{d}$
	Capaciteit van een condensator $C = \frac{Q}{U}$ en $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$
	Magnetische inductie bij een stroomvoerende rechte geleider $B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r}$
	Magnetische inductie bij een stroomvoerende spoel $B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{l}$
	Kracht op een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld $F = B \cdot l \cdot I \cdot \sin \alpha$
	Magnetische flux $\phi = A \cdot B \cdot \cos \alpha$
	Inductiespanning $U = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$
	Zelfinductie $U = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

### 1.6.16 Druk in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, thermodynamica

Hydrostatica, thermodynamica.

Te kennen	Te begrijpen, toepassen
Druk $p = \frac{F}{A}$	Hydrostatische druk $p = \rho \cdot g \cdot h$
Ideale gaswet $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$	Totale druk in vloeistoffen $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$
	Merkbare warmte $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
	Latente warmte $Q = l \cdot m$

# Leerplandoelen

## Engineering

### LPD 1 De leerlingen passen een wetenschappelijke methode toe om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

- ★ Scherpstellen en afbakenen van de probleemstelling.  
Formuleren van een onderzoeksvraag en hypothese op basis van criteria.  
Opstellen en uitvoeren van een onderzoeksplan en experiment.  
Formuleren van een conclusie bij een onderzoeksvraag en een antwoord op een hypothese.  
Reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten.

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad onderzoeken leerlingen een aantal systemen en verschijnselen in aardrijkskunde, natuurwetenschappen en techniek (NRT LPD 1).

- ✓ 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. Deze kunnen beperkt worden in complexiteit of kunnen sterk begeleid worden.
- ✓ Het is niet de bedoeling alle vaardigheden in te oefenen bij elk onderzoek. Deze kunnen ook aan bod komen bij demonstratie-experimenten of simulaties. Zo hoeven data niet altijd in eigen experimenteel onderzoek verzameld te worden maar kan ook gebruik gemaakt worden van gegeven data. Wetenschappelijk onderzoek mag niet worden voorgesteld als het toepassen van een uniforme wetenschappelijke methode die verloopt volgens een vast ritueel of recept.
- ✓ Mogelijke voorbeelden van onderzoeksopdrachten die aansluiten bij leerplandoelen: 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 de stroom door een elektrospool en ontwikkelde magneetkracht, de op- en ontladcurve van een condensator, verband tussen druk en oppervlakte...
- ✓ In wetenschappelijk onderzoek is er steeds wisselwerking tussen de creatieve menselijke ideeënwereld (hypothesen, modellen, theorieën) en data uit waarnemingen (observatie, experiment, meting, test) om betrouwbare verklaringen en oplossingen te ontwikkelen. In die wisselwerking staat kritische argumentatie centraal.
- ✓ Goede observaties waarin een aantal variabelen (afhankelijke versus onafhankelijk) kunnen worden onderscheiden geven vaak spontaan aanleiding tot interessante onderzoeksvragen.
- ✓ Onderzoeksplan voor soorten onderzoekstechnieken zoals observatie, meting, experiment.



- ✓ Criteria voor een onderzoeksvraag en hypothese zoals onderzoekbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt. Criteria voor conclusies zoals onderzoeksgebaseerd, bondig, relevant, eenduidig, gestructureerd.
- ✓ 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.
- ✓ Na een wetenschappelijk onderzoek kan je de onderzoeksresultaten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding, portfolio.
- ✓ Het toetsen van de geformuleerde besluiten aan de gestelde hypothese kan de leerling helpen in zijn groei naar wetenschappelijke geletterdheid.

## **LPD 2 De leerlingen analyseren natuurlijke en technische systemen door gebruik te maken van STEM-concepten:**

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

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad herkennen leerlingen verschillende energievormen (NRT LPD 26) en leiden ze energieomzettingen af in systemen (NRT LPD 29). Daarnaast gebruiken ze aangereikte en zelfgemaakte modellen of simulaties (NRT LPD 5). Aan de hand van het deeltjesmodel verklaren ze eigenschappen van materie. In wiskunde bepalen leerlingen de evenredigheidsfactor bij recht evenredige grootheden: schaal, constante snelheid (WISa LPD 36). Leerlingen onderzoeken ook stabiliteit van structuren (NRT LPD 24). Leerlingen hebben reeds een zekere vertrouwdheid met het gebruik van specifieke modellen die een systeem of verschijnsel benaderd weergeven zoals deeltjesmodel, atoommodel, molecuulmodel, periodiek systeem, vectormodel, stroommodel, anatomisch model, terugkoppelingsschema.

- ✓ De STEM-concepten zijn een hulpmiddel en leidraad om systemen te analyseren. Ze helpen om in een les vanuit een bepaald perspectief te kijken naar het systeem. Je kan hier voor informatieve posters en icoontjes aanwenden.
- ✓ Via de STEM-concepten kunnen leerlingen geleidelijk aan een breder en dieper inzicht ontwikkelen in vakinhouden en overeenkomsten ontdekken met andere inhouden. Je kan ze apart of gecombineerd met elkaar aanwenden.
- ✓ Als methode kan je reverse-engineering toepassen om technische systemen en processen te analyseren.
- ✓ Weergeven waar energie en materie vandaan komen of naartoe gaan is belangrijk om een systeem te begrijpen. Je kan leerlingen stromen zoals de invoer, verwerking, uitvoer en opslag van materie, energie en informatie (getallen, data...) in een systeem met deelsystemen laten onderscheiden en visualiseren met een blokschema als systeemmodel.

- ✓ Willen weten waarom iets gebeurt is een belangrijke drijfveer. Oorzaak-gevolg relatie zoals toestandsveranderingen, fysisch-geografische processen, milieu- en gezondheid, kracht als oorzaak van verandering van beweging, warmteontwikkeling door het Joule-effect.
- ✓ Je kan aangeven dat terugkoppeling een grootheid in regelsystemen kan doen evolueren naar een gewenste waarde zoals de temperatuur in het menselijk lichaam, in een verwarmingssysteem.
- ✓ Binnen een technisch systeem kan je op zoek gaan naar gelijkenissen en verschillen om patronen te vinden. Je vindt ze in bepaalde vormen, structuren, gebeurtenissen die zich herhalen in bepaalde verbanden. Je kan patronen zoals kenmerken van organismen, systemen, landschappen, eigenschappen van materialen... laten ontdekken als basis voor classificatie, ordening en optimalisering. Grafieken, diagrammen en kaarten kunnen helpen om patronen te ontdekken.
- ✓ Verhouding en hoeveelheid: veel grootheden zijn op verhoudingen gebaseerd zoals snelheid, dichtheid, druk, rendement ... De schaal (in ruimte of tijd) van waaruit je een systeem bekijkt beïnvloedt de analyse: vanuit micro- of macroscopisch perspectief, veranderingen over een korte of langere tijdspanne onderzoeken ... Je kan tabellen en grafieken gebruiken om bepaalde verhoudingen te achterhalen. Systemen kunnen veranderen in de tijd volgens bepaalde wetmatigheden die je kan onderzoeken: stabiliteit, verandering en de invloed van verstoringen in organismen, biotopen, technische systemen; dynamisch evenwicht wanneer in- en uitstroom elkaar in evenwicht houden zoals het loskomen van een verbinding door trilling, uitwendige krachten (vb. wind) op een constructie, een stoorsignaal in een stuurapparaat ....
- ✓ Structuur (vorm, opbouw) en functie: functies worden verklaard met de vorm en omgekeerd. Je kan voor een systeem aangeven dat vertrouwde vormen niet willekeurig zijn maar kunnen worden verklaard door de functie Voorbeeld de punt van een nagel, veiligheidssystemen om te beschermen tegen krachten, thermische isolatie, de invloed van de oppervlakte op de druk ...
- ✓ Je kan de STEM-concepten met elkaar combineren in redeneringen.

### **LPD 3 De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen om te observeren, te meten, te experimenteren en te onderzoeken in natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.**

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

- ✓ Hulpmiddelen en meetinstrumenten zoals dynamometer, manometer, oscilloscoop, schroefmaat, schuifmaat, multimeter, ampèretang, weegschaal, pH-meter en -indicatoren, thermometer, maatbeker, pipet, gereedschappen, chronometer, (beweging)sensor, camera, fototoestel, ICT, microscoop.
- ✓ Technologische en STEM-contexten zoals energieverbruik van toestellen, snelheidsmeter op een fiets, drukmeting in een persluchtleiding ...



- ✓ Je kan aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en het meetbereik van een meetinstrument in functie van de uit te voeren meting.
- ✓ Je besteedt best aandacht aan het correct gebruik en onderhoud van meetinstrumenten.

#### LPD 4 De leerlingen gebruiken op een gepaste manier meetwaarden, grootheden en eenheden in natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.

##### ★ Omgaan met grootheden:

- Schatten van grootheden aan de hand van referentiepunten
- Meetnauwkeurigheid
- Gebruiken van vuistregels voor de bepaling van het aantal beduidende cijfers en de nauwkeurigheid bij bewerkingen met meetresultaten
- Herleiden van courante eenheden
- Gebruiken van notaties met machten van 10: ingenieursnotatie
- Onderscheid maken tussen vectoriële en scalaire grootheden

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad gebruiken leerlingen juiste grootheden en courante eenheden in een correcte weergave en herleiden in functie van de context: lengte, oppervlakte, massa, inhoud/volume, tijd, spanning, temperatuur, kracht en energie (NRT LPD 3). In wiskunde passen leerlingen benaderingstechnieken toe: zinvol afronden en schatten (WISa LPD 2) en passen ze rekenregels van machten met gehele exponenten toe (WISa LPD 16).

- ✓ Je kan de lessen starten met een link naar het mathematische in fysica bijvoorbeeld aan de hand van een film over de machten van 10 en visualisaties van dimensies in de natuur. Je kan aangeven dat fysica op zoek is naar de basiswetten in de natuur die geldig zijn tot in de verste en kleinste uithoeken van het universum. Fysica gaat ervan uit dat de natuur logisch in elkaar steekt, kan begrepen worden met een wiskundige taal, en vrij is van tegenspraak bv. bewegingswetten moeten niet enkel op aarde gelden maar overal, anders hebben we de juiste wetten nog niet gevonden.
- ✓ Vuistregels kunnen handig zijn voor de bepaling van het aantal beduidende cijfers en de nauwkeurigheid bij bewerkingen met meetresultaten.
- ✓ Je kan bewust leren omgaan met nauwkeurigheid van meetresultaten in functie van de gekozen meetinstrumenten en de context.
- ✓ Herleiden van courante eenheden kan een aandachtspunt zijn.
- ✓ Je kan afspraken maken over symboolgebruik over de vakken heen zodat eventuele verschillen kunnen geduid worden.

#### LPD 5 De leerlingen onderzoeken verbanden tussen grootheden op kwantitatieve wijze.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 59

**Samenhang eerste graad:** in de eerste graad komen leerlingen vanuit omtrek, oppervlakte en inhoud/volume (WISa LPD 28) in contact met verschillende verbanden (lineair, kwadratisch en kubisch). Daarnaast leggen leerlingen het verband tussen enerzijds recht- en omgekeerd evenredige verbanden en hun voorstellingswijzen (WISa LPD 35). Ze voeren een eenvoudig



statistisch onderzoek uit (WISa LPD 37 tot LPD 41) en gebruiken en interpreteren daarbij voorstellingswijzen.

- ✓ Het is belangrijk dat leerlingen de (vaak meerdere) veranderlijke grootheden in een situatie leren herkennen. Om een verband te bestuderen moeten de andere grootheden constant gehouden worden. Dit is een manier om de werkelijkheid te modelleren.
- ✓ Verbanden die in het vak Wiskunde aan bod komen in de tweede graad: lineair verband, kwadratisch verband.
- ✓ In het vak Wiskunde verwerven leerlingen conceptueel inzicht in het opstellen, interpreteren van grafieken, tabellen en formules en informeel begrip van de correlatiecoëfficiënt.
- ✓ Verbanden tussen grootheden zoals:
  - tussen massa en volume of inhoud;
  - tussen stroomsterkte en spanning;
  - tussen de grootte van de zwaartekracht en de massa;
  - tussen temperatuurverandering, warmtehoeveelheid en massa.

## **LPD 6 De leerlingen werken geïnformeerd op een veilige en duurzame manier met materialen, chemische stoffen en technische en biologische systemen.**

### ★ Veiligheidspictogrammen , H/P-zinnen

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

- ✓ 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.
- ✓ Bij werken aan elektrische schakelingen heb je met de leerlingen aandacht voor de BA4-bevoegheden.
- ✓ Een veilige houding en werkomgeving kan versterkt worden als de leerlingen leren gevaarlijke situaties herkennen en melden.
- ✓ Technische systemen zoals handwerkgereedschappen, machines, toestellen, glaswerk, meetinstrumenten, computers.
- ✓ Onderhouden van systemen zoals reinigen, preventief onderhoud, juist gebruik van hulpmiddelen.
- ✓ Veiligheidsvoorschriften zoals H/P-zinnen, handleidingen, VIK, EURAL.
- ✓ 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.
- ✓ Gebruik van informatie zoals instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, symbolen, onderhoudsvorschriften, handleidingen en (werk)tekeningen.
- ✓ Je gebruikt als leraar de COS-brochure om op een verantwoorde en veilige manier om te gaan met chemische stoffen op school.

**LPD 7 De leerlingen ontwikkelen tekeningen, plannen en modellen in twee en drie dimensies om te visualiseren, te onderzoeken, op te lossen en te verklaren.**

★ Ontwerp- en uitvoeringscriteria

Uitvoeringsvormen en uitvoeringstechnieken

Relatie tussen materiaal, structuur en functie in constructies

Simuleren constructies en interpreteren eigenschappen ervan

**Samenhang tweede graad: II-WisS-d LPD 21**

- ✓ Simuleren met software zoals CAD, BIM, simulatiesoftware voor elektrische en elektronische schakelingen.
- ✓ 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.
- ✓ Ontwerpmodellen, ontwerpplannen en uitvoeringsplannen.
- ✓ Een tekening is een communicatiemiddel en is gebonden aan normen en afspraken.

**LPD 8 De leerlingen engineeren een STEM-oplossing voor een probleem door het geïntegreerd aanwenden van natuurlijkwetenschappelijke, technologisch-wetenschappelijke, computationele en wiskundige concepten en praktijken.**

★ Probleemoplossend proces: ontwerpen en technisch proces

- Oriënteren/analyseren: leren een probleem ontleden en noden vaststellen, bepalen van criteria en specificaties, identificeren van deelproblemen.
- Verbeelden: oplossingsmogelijkheden en -strategieën vooropstellen en bespreken met als doel een doordachte keuze te maken.
- Plannen: opstellen van een planning en verschillende bronnen raadplegen en wetenschappelijke onderzoeksmethoden toepassen om zich te (begeleid) informeren en achtergrondkennis op te doen.
- Uitvoeren en realiseren: met een gekozen techniek een oplossing creëren/vormgeven en de functionaliteit ervan testen en evalueren van een prototype.
- Reflecteren: over het resultaat en de toegepaste oplossingen/methoden/materiaalgebruik/effectenonderzoek/kosten-batenanalyse ...

(begeleid) reflecteren en indien nodig leren bijsturen door het hernemen van bovenstaande fasen in het proces

- Rapporteren: over het ontwerpproces en het resultaat rapporteren op basis van een model

#### Computationele vaardigheden inzetten

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad doorlopen leerlingen een probleemoplossend proces waarbij kennis en vaardigheden uit meerdere STEM-disciplines geïntegreerd worden aangewend (NRT LPD 6); ze ontwerpen een systeem (NRT LPD 13) en verwerven conceptueel inzicht in een technisch proces (NRT LPD 11).

- ✓ Je kan aandacht hebben met de leerlingen voor gestructureerd werken en een plan van aanpak.
- ✓ Problemen kunnen breed-maatschappelijk zijn, oplossingen STEM-gerelateerd.
- ✓ Om gefundeerde beslissingen te nemen bij het probleemoplossen kunnen leerlingen wetenschappelijke onderzoeksmethoden toepassen. Dit leerplandoel wordt dan gecombineerd met LPD 01.
- ✓ Samenwerkingsmodellen: projectwerk, teamwerk, scrum.
- ✓ 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.
- ✓ Beschikbare hulpmiddelen zoals gereedschappen, machines, robots, computers, grondstoffen, materialen, biologische agentia, energie, informatie, menselijke inzet, geldmiddelen, tijd.
- ✓ Bepalen van criteria zoals behoeften, duurzaamheid, klimaat, ecologie, veiligheid, ergonomie, esthetisch, ethisch.
- ✓ Ontwerpmethodes zoals design-thinking, engineering, productontwikkeling.
- ✓ Hedendaagse, relevante, maatschappelijke problemen en uitdagingen: voorbeelden in het kader van duurzame ontwikkeling vind je in de transitiedoelen en de duurzame ontwikkelingsdoelstellingen (SDG's).
- ✓ Voorbeelden in het kader van veiligheid en gezondheid: ontwikkelen van een oplossing om een veiligheidsrisico te verminderen of de mobiliteit te verbeteren.
- ✓ Een oplossing kan de gedaante aannemen van een nieuwe of aangepaste werkwijze, een interventie, een technisch systeem.
- ✓ De nadruk ligt op het ontwerpproces binnen het technisch proces.
- ✓ Evaluatie van het ontwerp zoals debuggen van software, fout zoeken (meten) op hardware.



- ✓ Algoritmen zoals geconcretiseerd in een diagram (flowchart/stroomschema) van een werkwijze of een proces.
- ✓ 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.
- ✓ Je kan de link leggen met het gemeenschappelijk ICT-leerplan voor het gebruik van een tekstuele programmeertaal.
- ✓ Na een engineeringsoopdracht kan je de resultaten laten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding of portfolio.

## **LPD 9 De leerlingen beargumenteren vanuit verschillende invalshoeken keuzes bij het ontwerp en het gebruik van technische systemen en andere STEM-oplossingen.**

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad beargumenteren leerlingen keuzes die ze maken om een wiskundig, wetenschappelijk, technologisch of STEM-probleem op te lossen (NRT LPD 1).

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

## LPD 10 De leerlingen onderzoeken aan de hand van concrete maatschappelijke uitdagingen de wisselwerking tussen natuurwetenschappen, technologische wetenschappen, wiskunde en de maatschappij

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

- ✓ Je kan gebruik maken van de duurzame ontwikkelingsdoelen (SDG's) ter ondersteuning van het onderzoek.
- ✓ Uitdagingen waarmee onze maatschappij geconfronteerd wordt zijn vaak een drijfveer voor onderzoek en ontwikkeling. Maatschappelijke uitdagingen die in de actualiteit aan bod komen kunnen een goede aanknopingspunt vormen om de onderlinge wisselwerking met Natuurwetenschappen, Technische wetenschappen en Wiskunde te bespreken. Een historische ontwikkeling als voorbeeld kan de (interdisciplinaire) wisselwerking tussen Natuurwetenschappen, Technische wetenschappen en Wiskunde verhelderen en deze laten zien als culturele ontwikkeling.
- ✓ Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor de relatie tussen maatschappelijke behoeften, keuzes en STEM-toepassingen.
- ✓ Onderzoek van een concrete maatschappelijke uitdaging gebeurt vanuit meerdere invalshoeken (multiperspectiviteit), met aandacht voor de duurzame ontwikkelingsdoelen.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor systeemdenken, de samenhang en wisselwerking tussen (onderdelen van) systemen om specifieke (gedrags-)patronen in bepaalde contexten te begrijpen. Keuzes in het ontwerp, duurzaam ontwikkelen, kunnen hier een maatstaf zijn. Voorbeeld bij plaatmateriaal het patroon schikken om het snijafval te beperken, vastschroeven i.p.v. lijmen.
- ✓ Contexten en maatschappelijke behoeften zoals klimaatverandering, hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, onderwijs, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceaansvervuiling komen aan bod.
- ✓ Een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstituut of vereniging kan veel relaties tussen de samenleving en 'onderzoek en ontwikkeling' verhelderen.

## Technologische wetenschappen

### 1.6.17 De Wetten van Newton

#### LPD 11 De leerlingen stellen een kracht, snelheid en versnelling vectorieel voor.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 18, 19

- ✓ Je kan de vectoriële voorstelling gebruiken als aanzet voor het analytisch bepalen van grootheden.



- ✓ In het vak Wiskunde wordt het begrip ‘vector’ gesticht in de tweede graad, met aandacht voor grootte, richting, zin en aangrijpingspunt.
- ✓ Je kan dit leerplandoel in sterke samenhang zien met de leerplandoelen over kracht en beweging (LPD 12, 13).

## LPD 12 De leerlingen onderzoeken de drie wetten van Newton en passen de wetmatigheden toe:

★ Concepten: veerkracht, zwaartekracht, veld

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 18, 19, 37

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad tonen leerlingen soorten krachten aan in voorbeelden: zwaartekracht, wrijvingskracht, trek- en duwkracht (NRTa LPD 32). Ze onderzoeken kwalitatief het verband tussen krachten en hun uitwerking: verandering van de bewegingstoestand (dynamisch) of vervorming (statisch) (NRTa LPD 33). De leerlingen stellen in eenvoudige en concrete situaties krachten voor met behulp van het vectormodel (NRTa LPD 21). In Wiskunde verklaren ze het beeld van een vlakke figuur door verschuiving over een vector (WISa LPD 22).

- ✓ Het is belangrijk dat leerlingen het verschil weten tussen:
  - puntmassa en star lichaam;
  - rotatie en translatie.
- ✓ De drie wetten van Newton:
  - Traagheidswet
  - Het verband tussen kracht, massa en versnelling
  - Actie- en reactiekrachten
- ✓ Je hebt aandacht voor het traagheidsbeginsel: dynamische effecten van een kracht; versnellen, vertragen, van richting veranderen.
- ✓ De termen massa en gewicht worden vaak met elkaar verward, het is belangrijk om een goed onderscheid tussen beide te maken.
- ✓ Je kan de relatie leggen tussen veerkracht en de wet van Hooke, link met LPD 16.
- ✓ Je kan het verband leggen met het fenomeen zwaartekracht: massa, valversnelling (gravitatiekracht) en zwaartepunt.
- ✓ Je kan ingaan op het recht evenredig verband tussen veerkracht en verlenging. Je kan dit experimenteel vaststellen in het lineair werkingsgebied van een veer. Je kan de link leggen met het STEM-concept ‘systemen en hun modellen’: de idealisering geldt slechts voor een beperkt gebied.
- ✓ Je kan concrete voorbeelden van veldkrachten geven: zwaartekracht, elektrische kracht, magnetische kracht.
- ✓ Je kan aangeven dat contactkrachten ook veldkrachten zijn op moleculaire schaal. Je kan de link leggen naar elektromagnetische krachten tussen de moleculen. Deze noemen we co- en adhesiekrachten. De kracht tussen ladingen in een atoom zijn een gevolg van een elektrisch veld. Je kan dit verschijnsel verbinden met veerkracht.

- ✓ Je kan krachten definiëren als mogelijke oorzaak van vormverandering of verandering van de bewegingstoestand.
- ✓ Bij het benoemen van krachten kan je de notatie  $F_{AB}$  gebruiken: de kracht van object A op object B.
- ✓ Als de resultante van de inwerkende krachten gelijk is aan nul blijft de bewegingstoestand behouden. Het voorwerp blijft in rust of de snelheid zal dus onveranderd blijven: zowel grootte als richting van de snelheid blijven constant. Dit is het traagheidsbeginsel.
- ✓ Je kan voorbeelden geven van verandering van de bewegingstoestand om aan te sluiten bij de eerste graad: botsen van een bal (veranderen van zin), een bocht nemen (verandering van richting), versnellen of vertragen (verandering van grootte).
- ✓ Je kan hier een link leggen naar het historische gedachtenexperiment van Galileo Galilei rond het traagheidsbeginsel: waarnemen van een bal die de wrijvingsloos hellingen af- en oprolt. Wat gebeurt er als de helling overgaat in een plat vlak? Je kan dit ook koppelen aan een eenvoudig experiment.
- ✓ De zwaartekracht per eenheid van massa is de zwaarteveldsterkte. Andere hemellichamen hebben een andere zwaarteveldsterkte. Je kan dit tonen met beeldmateriaal van maanwandelaars.
- ✓ Je kan gebruik maken van sensoren om grootheden op te meten tijdens het onderzoeken.

### 1.6.18 Bewegingsleer

#### LPD 13 De leerlingen onderzoeken eenparig rechtlijnige en cirkelvormige beweging en verticale worp door het verband te leggen tussen positie, tijdstip, snelheid en versnelling en passen de wetmatigheden toe.

- ★ Verplaatsing, afgelegde weg, puntmassa, star lichaam, rotatie en translatie  
 Positie, verplaatsing, snelheid en versnelling als vectoriële grootheden  
 Gemiddelde snelheid/versnelling en ogenblikkelijke snelheid/versnelling  
 Hoek- en omtreksnelheid  
 Grafische voorstelling:  $x(t)$ ,  $v(t)$ ,  $a(t)$

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 018, 019, 037, 040

- ✓ Je kan de verticale worp verduidelijken met de grafische voorstelling van afstand, snelheid en versnelling in functie van de tijd.
- ✓ 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.
- ✓ Je kan de grafische voorstelling van snelheid en versnelling in functie van de tijd gebruiken om het begrip cirkelvormige beweging te verduidelijken. Een link met de eerstegraadsfunctie in wiskunde biedt mogelijkheden.



- ✓ Je kan de veranderlijke beweging bij uitbreiding aan bod laten komen. Bij de veranderlijke beweging komt er een tweedegraadsfunctie aan bod. Je kan hier een link maken met het leerplan wiskunde.
- ✓ 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.
- ✓ Vectorieel samenstellen en ontbinden in zijn componenten van bewegingen voer je best grafisch en via berekening uit.
- ✓ Je kan hier het onderscheid tussen scalair (inproduct) en vectoriële grootheid aangeven.
- ✓ Je kan werken met videoanalyse om het onderzoekend leren sterk te ondersteunen.
- ✓ Je kan overbrengingsmechanismen als toepassing inbrengen bij de bespreking van de verschillende bewegingen.
- ✓ Een onderzoek kan in samenwerking met de engineeringsdoelen bestaan uit:
  - klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
  - bewegingen in een mechanisme;
  - mogelijke experimenten rond meten van (gemiddelde) snelheid: een biljartbal, cilindervormige magneet laten rollen in een U-profielvormig aluminiumgootje, luchtkussenbaan, curlingbaan uit speelgoedbaan, luchtbelproef, speelgoedauto op batterij.
  - positie van een voertuig in functie van de rotatiefrequentie wielen;
  - verband tussen rotatiefrequenties en omtreksnelheden in een overbrengingsmechanisme.

### 1.6.19 Statisch evenwicht in het vlak

#### LPD 14 De leerlingen berekenen krachten, krachtmomenten en koppels.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 18, 19

- ✓ Toepassing krachtenmoment: de momentsleutel, cranklengte van een fietstrapas.
- ✓ Je kan dit leerplandoel contextgericht benaderen door gebruik te maken van:
  - mechanismen: riemen, tandwielen, mechanische geleiders, katrollen, lagers, scharnieren, veersystemen, kruk-drijfstangmechanisme;
  - structuren: vakwerken, een dubbele ladder;
  - biomechanica: gewrichten, spieren, botten.

#### LPD 15 De leerlingen onderzoeken de evenwichtsvoorwaarden en stellen de evenwichtsvergelijking op bij statisch evenwicht in het vlak.

- ★ Zwaartepunt, massamiddelpunt, wrijvingskracht, normaalkracht



- ✓ 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.
- ✓ Het is belangrijk dat leerlingen het referentiestelsel bij het opstellen van de evenwichtsvergelijking vakkundig vastleggen.
- ✓ Bij statisch evenwicht kan je gebruik maken van de momentstelling van Varignon.
- ✓ Het oppervlaktetraagheidsmoment als eigenschap van een constructiedeel kan je onder de aandacht brengen bij statisch evenwicht.
- ✓ Je kan dit leerplandoel contextgericht benaderen door gebruik te maken van:
  - mechanismen: riemen, tandwielen, mechanische geleiders, katrollen, lagers, scharnieren, veersystemen, kruk-drijfstangmechanisme;
  - structuren: vakwerken, een dubbele ladder;
  - biomechanica: gewrichten, spieren, botten.
- ✓ 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).

### 1.6.20 Materialenleer

#### LPD 16 De leerlingen onderzoeken eigenschappen van materialen.

##### ★ Verband massa, volume en massadichtheid

Plastische en elastische vervorming, breuk

Trek, druk, wringing, axiale en radiale krachten

Elasticiteitsmodus en torsievoorconstante

Spanning-rekdiagrammen

- ✓ Aandacht voor de wet van Hooke, elasticiteitsmodus en torsievoorconstante is aangewezen.
- ✓ Je kan bij de analyse van materialen ook de volgende eigenschappen onderzoeken: hardheid, taaierheid, vervormbaarheid.
- ✓ Link met leerdoelen Chemie: LPD 34, 36.
- ✓ 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;
- de invloed van de vorm van een voorwerp op de materiaaleigenschappen (vervormbaarheid);
- de invloed van de materiaalsoort op de spanningsdiagrammen;
- de invloed van de temperatuur op de taaiheid van staal;
- de invloed van het combineren van materialen met verschillende eigenschappen op de systeemeigenschappen (gewapend beton , bimetaal).

### 1.6.21 Arbeid en energie

#### LPD 17 De leerlingen gebruiken de concepten arbeid, energie, vermogen, rendement en het verband ertussen.

- ★ Arbeid geleverd door een constante kracht

Arbeid-energietheorema

Energieopslag en energiedissipatie, kWh en kcal

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD37

- ✓ 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.
- ✓ 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 18 De leerlingen gebruiken de wet van behoud van energie om energieomzettingen, rendement en vermogen in systemen te beschrijven.

- ★ Gemiddeld rendement en vermogen

Kwantitatief opstellen van de energiebalans bij een omzetting van gravitationele energie, elastische energie en kinetische energie

Kwalitatief opstellen van de energiebalans bij een omzetting van gravitationele energie, elastische energie, kinetische energie, chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie en elektrische energie

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad herkennen leerlingen verschillende energievormen en leiden ze energieomzettingen af (NRTa LPD 26 en 29).

- ✓ Je kan het verband tussen mechanisch en elektrisch vermogen en hun rendementen berekenen; ook een experiment leent zich hiertoe.
- ✓ Je kan berekeningen samen met de leerlingen 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.
- ✓ Link met Chemie, LPD 40.
- ✓ Je kan om inzicht te verwerven bij energieomzettingen de begrippen warmte, energiedissipatie, open en geïsoleerde systemen aanbrengen.
- ✓ Het verband tussen arbeid en kinetische energie kan je duiden aan de hand van het arbeid-energietheorema. Onder invloed van een resulterende kracht zal de snelheid veranderen waardoor de kinetische energie toeneemt. Deze toename is gelijk aan de arbeid verricht door die kracht. Dit is het arbeid-energietheorema.
- ✓ Het opslaan van energie kan je verduidelijken door te verwijzen naar: een batterij, waterreservoir, veren.
- ✓ Energieomzettingen kan je in verband brengen met Chemie met betrekking tot reactiesnelheid.
- ✓ 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.
- ✓ Je kan de link leggen met duurzame energieproductie. Productie betekent hier een energie-omzetting naar een door de mens bruikbare vorm. Je kan hier de link leggen met het STEM-doel rond interacties met de samenleving.
- ✓ Je kan gebruik maken van het STEM-concepten 'systemen en hun modellen' en 'stromen van energie' door de aanvoer en uitvoer van energie aan te geven in een blokschema. Je kan de uitgevoerde energie ook classificeren in voor de mens bruikbare en niet-bruikbare energiesoorten.
- ✓ Je kan de link leggen naar het STEM-concept: stromen en behoud van energie.

### 1.6.22 Gelijkstroomkringen

**LPD 19 De leerlingen onderzoeken aan de hand van metingen en berekeningen het verband tussen de spanning over en de stroom door een verbruiker in elektrische gelijkstroomkringen.**

- ★ Stroomsterkte, weerstand, geleidbaarheid  
Spanningsbronnen, gelijkspanning  
Conventionele en werkelijke stroomzin



**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 37

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad realiseren leerlingen een elektrische stroomkring aan de hand van een schematische voorstelling (NRTa LPD 30).

- ✓ Link Chemie, LPD 41, 55.
- ✓ Je kan de analyse verdiepen door leerlingen de concepten stroom en spanning vooraf te laten bestuderen door metingen en berekeningen.
- ✓ Een onderzoek in samenwerking met de engineeringdoelen 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.
- ✓ Je kan de link leggen met het meten van grootheden, LPD 3.
- ✓ 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.
- ✓ Een simulatie kan een hulpmiddel zijn.

**LPD 20 De leerlingen onderzoeken aan de hand van metingen en berekeningen de concepten vermogen, Joule-effect, energie en de verbanden ertussen in elektrische gelijkstroomkringen.**

- ★ Veiligheidsaspecten in een elektrische installatie ter voorkoming van elektrocutie, kortsluiting en overbelasting

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 37

- ✓ Je kan aandacht hebben voor de veiligheidscomponenten in een elektrische installatie: zekeringen, verliesstroomschakelaar, aarding, elektrische isolatie.
- ✓ Je kan de link leggen met energieomzettingen, LPD 18.
- ✓ Meten van vermogen met een wattmeter kan een verbreding zijn bij dit leerplandoel.
- ✓ Een onderzoek in samenwerking met de engineeringdoelen 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 21 De leerlingen onderzoeken aan de hand van metingen en berekeningen

- de serie-, parallel- en gemengde schakeling met weerstanden;
  - de onbelaste spanningsdeler.
- ★ De wetten van Kirchhoff met één spanningsbron
- ✓ Je kan door onderzoek de leerling inzicht laten verwerven in de wetmatigheden, werking van serie en parallelschakeling.
  - ✓ Je kan de link leggen met meten van grootheden, LPD 3.
  - ✓ 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.
  - ✓ De wetten van Kirchhoff kan je gebruiken ter controle in een gemengde schakeling.
  - ✓ Je kan ook stelsels van vergelijkingen met ICT-hulpmiddelen oplossen.

### 1.6.23 Electrostatica, elektromagnetisme en inductie

## LPD 22 De leerlingen analyseren elektrostatische fenomenen en toepassingen ervan kwalitatief en kwantitatief aan de hand van de concepten lading, Coulombkracht en elektrisch veld.

- ★ Verband tussen elektrische veldsterkte als vectoriële grootheid en elektrische veldlijnen
- Radiaal en homogeen veld
- Elektrische potentiaal en elektrische spanning

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 18, 19

- ✓ Je kan de vectoriële voorstelling gebruiken als aanzet naar het analytisch bepalen van grootheden.
- ✓ Je kan een eenvoudig onderzoek uitvoeren op elektromagnetische toepassingen.
- ✓ Je kan de link leggen met het leerdoel chemie, LPD 41
- ✓ Je kan elektrische veldlijnen zichtbaar maken met een Vandegraaff-generator, olie en griesmeelkorrels, radiaal en homogeen veld.
- ✓ De nadruk ligt op de begripvorming en minder op elektrostatische berekeningen.
- ✓ Je kan in samenwerking met de engineeringdoelen 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.



## LPD 23 De leerlingen onderzoeken elektromagnetische inductie en kracht en zijn toepassingen bij een stroomvoerende rechte geleider en een spoel.

- ★ Verband tussen magnetische inductie als vectoriële grootte en magnetische veldlijnen

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 18, 19, 37

- ✓ Aandacht voor het vectorieel samenstellen of ontbinden in zijn componenten is belangrijk: grafisch en via berekening.
- ✓ Je kan informeel begrip rond magnetische spin bij atomen bijbrengen door de link te leggen met het atoommodel (chemie) en aan te geven dat elektronen bewegen rond de kern en rond hun as draaien (spin). Op atomair niveau ontstaan hierdoor magnetische velden. In de meeste stoffen heffen deze kleine magnetische velden elkaar op. In ferromagnetische stoffen zoals ijzer, kobalt en nikkel kunnen deze magnetische velden elkaar versterken waardoor ze gemagnetiseerd worden. In een stof kunnen zones ontstaan waarin een netto magnetisch veld ontstaat: de Weissgebieden.
- ✓ Je kan met de leerlingen een elektromagneet maken waarbij een onderzoek kan bestaan uit:
  - verband tussen het aantal wikkelingen en de magneetkracht;
  - de stroom door de elektrospoel en het verband met de ontwikkelde magneetkracht.
- ✓ In samenwerking met de engineeringdoelen zijn mogelijk te bestuderen engineeringopdrachten:
  - relais, solenoïde, elektrisch deurslot, afvalscheiding, elektromotor, magneettrein;
  - uitschakelmechanisme bij kortsluiting in een automaat.

## LPD 24 De leerlingen onderzoeken het genereren van spanning door middel van elektromagnetische inductie en zijn toepassingen.

- ★ Wetten van Lenz en Faraday

Magnetische flux, inductiespanning

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 37

- ✓ Aandacht voor het vectorieel samenstellen of ontbinden in zijn componenten is belangrijk: grafisch en via berekening.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het hysteresisverschijnsel en de wet van Hopkinson.
- ✓ In samenhang met de engineeringdoelen zijn mogelijke te bestuderen engineeringopdrachten:
  - een generator bouwen.

## LPD 25 De leerlingen onderzoeken het opladen en ontladen van

- **een condensator in een gelijkstroomkring met een weerstand en bepalen de capaciteit van de condensator;**
- **een spoel in een gelijkstroomkring met een weerstand.**
  - ✓ Je hebt aandacht voor de oplaad- en ontladcurves voor spanning en stroom, het tijdsafhankelijk gedrag, de tijdsconstante en het niet-lineair verloop van de curves.
  - ✓ Je kan het onderzoek richten op het gedrag van een condensator op gelijkstroom.
  - ✓ Je stimuleert de leerlingen om de schakeling te realiseren met componenten en de curves zichtbaar te maken met een oscilloscoop.
  - ✓ Je kan bij uitbreiding de meetwaarden in een rekenblad opnemen om de stroom- en spanningsgrafieken te analyseren.
  - ✓ In samenwerking met de engineeringdoelen zijn mogelijke te bestuderen engineeringopdrachten:
    - de condensator/spoel als opslag van energie;
    - anti-denderschakeling.

### 1.6.24 Elektronica - ICT

## LPD 26 De leerlingen verklaren de werking van een diode en een MOSFET-transistor als schakelaar.

- ★ Kristalstructuur van halfgeleiders  
p- en n-gedopeerde halfgeleiders
  - ✓ Je kan bij de bespreking van de werking van een diode en MOSFET-transistor gebruik maken van een vereenvoudigde voorstelling.
  - ✓ Je heb aandacht voor de schematische voorstelling van beide componenten.

## LPD 27 De leerlingen tekenen, interpreteren, simuleren en ontwerpen eenvoudige elektronische schakelingen met analoge en digitale componenten in functie van vooropgestelde criteria.

- ★ Gedrag van logische poorten, sensoren en actuatoren.  
Weerstand als fysieke component  
Dender- en vrijloopdiode  
Minimaliseren van digitale logica.  
Visualiseren van signalen in functie van de tijd
  - ✓ Het komt er hier vooral op aan de leerlingen via een toepassing inzicht te geven in het gedrag van eenvoudige digitale en analoge componenten, interfaces, sensoren, actuatoren.



- ✓ Je kan de LED onder de aandacht brengen.
- ✓ Je kan aandacht hebben omtrent het doel van minimalisatie van digitale logica.
- ✓ Je kan de leerlingen eenvoudige elektronische schakelingen met standaardcomponenten in functie van vooropgestelde criteria laten ontwerpen, hierbij is printontwerp geen criteria.
- ✓ Het ontwerpen kan ook het samenvoegen van modules zijn: PWM, gelijkrichter, spanningsstabilisator.
- ✓ Je kan werken met software voor het tekenen, interpreteren en simuleren van eenvoudige elektronische schakelingen.
- ✓ Je kan de link leggen met LPD 8 om een probleemstelling om te zetten in een eenvoudige elektronische schakeling.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor het vergelijken en kiezen van componenten.
- ✓ Je kan de leerlingen laten meten op hardware-fouten, het stimuleert het inzicht in eenvoudige elektronische schakelingen.
- ✓ Je kan gebruik maken van software of een oscilloscoop om signalen in functie van de tijd te visualiseren.
- ✓ Je kan gebruik maken van programmeerbare stureenheden zoals microcontroller, mini-PLC, PC.

### **LPD 28 De leerlingen ontwerpen een programma in functie van vooropgestelde criteria.**

- ★ Elementen van programmeertalen: variabelen, datatypes, eenvoudige gegevensstructuren, operatoren, parameters, condities, procedures of functies

Concepten van computationeel denken: decompositie, patroonherkenning, abstractie, algoritme

Debuggen

Controlestructuren: sequentie, herhalingsstructuren, keuzestructuur

Programmeren van een programmeerbare stureenheid

#### **Samenhang tweede graad: II-WisS-d LPD 1**

- ✓ Je kan gebruik maken van stureenheden zoals microcontroller, PC.
- ✓ Een probleem omzetten in een algoritme kan je samen met de leerlingen door het eerst om te zetten in een voorstelling zoals flowchart, toestandsdiagrammen.
- ✓ Je kan de leerlingen wijzen op de leesbaarheid van de code, programma opbouw, documentatie.
- ✓ Het is belangrijk dat leerlingen tekstueel programmeren.
- ✓ 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 29 De leerlingen configureren een toestel of netwerk om een communicatie tussen toestellen in een netwerk op te zetten.

- ✓ Je kan aandacht hebben voor de begripsvorming:
  - hoe apparaten communiceren in een netwerk;
  - de adressering;
  - het toegangsprotocol;
  - de structuur van het netwerk.
- ✓ Je kan de leerlingen wijzen op het gebruik van tekst-commando's in je besturingssysteem voor netwerkondervraging: ifconfig, ipconfig, ping.
- ✓ In samenwerking met de engineeringdoelen zijn mogelijke te bestuderen engineeringopdracht
  - sturen en controleren van apparaten/devices op afstand, IOT.

### 1.6.25 Hydrostatica

## LPD 30 De leerlingen onderzoeken druk bij vaste stoffen, gassen en vloeistoffen en hun toepassingen ervan kwalitatief en kwantitatief.

- ★ Beginsel van Pascal  
Overdruk, onderdruk, atmosferische en hydrostatische druk  
Totale druk in vloeistoffen  
(On)samendrukbaarheid van fluida

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-d LPD 37

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad vergelijken leerlingen materialen in functie van krachten bij trek en druk op een kwalitatieve manier (NRTa LPD 23).

- ✓ Je kan aandacht hebben voor:
  - grootte  $h$  als diepte in vloeistof;
  - de wet van Archimedes.
- ✓ Je kan de link leggen met fenomenen zoals luchtdrukdaling in functie van de hoogte, druk en drukverschillen in de atmosfeer, wind.
- ✓ 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.
- ✓ Je kan het deeltjesmodel gebruiken om de invloed van temperatuur op gasdruk en het verschijnsel absoluut nulpunt te verklaren.
- ✓ Je kan de link leggen met de engineeringdoelen en via een experiment het bestaan van het absoluut nulpunt aannemelijk maken door extrapolatie van een druk-temperatuur grafiek.



- ✓ Je kan ingaan op het omgekeerd evenredig verband tussen druk en oppervlakte.
- ✓ In samenhang met de engineeringdoelen zijn mogelijke te bestuderen engineeringopdrachten:
  - een hydraulische lift;
  - een reminstallatie.

### LPD 31 De leerlingen tekenen, interpreteren, simuleren en realiseren elektro-pneumatische schakelingen.

#### ★ Druk, debiet en vermogen

Componenten: pompen, ventielen, cilinders, smookkleppen

Eigenschappen en schakelingen van componenten

- ✓ ventielen: monostabiel, bistabiel, snelheidsregelventiel.
- ✓ Cilinders: enkelwerkend, dubbelwerkend ...
- ✓ Je kan werken met software voor het tekenen, interpreteren en simuleren van schakelingen.
- ✓ Je kan de link leggen met LPD 7 en 8.

### 1.6.26 Thermodynamica

### LPD 32 De leerlingen verklaren het energietransport bij faseovergangen en bij temperatuursveranderingen van stoffen aan de hand van het deeltjesmodel.

#### ★ (absolute) temperatuur, thermische energie, warmte.

Thermisch evenwicht

Merkbare warmte bij temperatuursveranderingen

- Verband met kinetische energie van de deeltjes
- Specifieke warmtecapaciteit

Latente warmte bij faseovergangen

- Verband met potentiële energie van de deeltjes
- Cohesiekrachten

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad leggen leerlingen geleiding, convectie en straling uit als transportmogelijkheden van thermische energie met voorbeelden uit het dagelijks leven (NRTa LPD 32). Ze lichten aggregatietoestanden van stoffen toe met behulp van een deeltjesmodel (NRTa LPD 37) en verklaren uitzetting van stoffen via een deeltjesmodel (NRTa LPD 38). Ze leggen de faseovergangen smelten, stollen, condenseren, verdampen, sublimeren en desublimeren van stoffen uit met behulp van een deeltjesmodel (NRTa LPD 39).

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

- ✓ Je kan de link leggen met praktische gevolgen van de grote specifieke warmtecapaciteit van water: de invloed van de zee op het klimaat, invloed van de grote hoeveelheid water in het menselijk lichaam op het constant houden van de lichaamstemperatuur.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor de warmtebalans als behoud van energie en thermisch evenwicht.
- ✓ Je kan warmtecapaciteit  $C$  van een systeem duiden als de capaciteit om een hoeveelheid warmte op te nemen per Kelvin.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor de omrekening tussen graden Kelvin naar graden Celsius en omgekeerd.
- ✓ Je kan aangeven dat de toegevoegde energie tijdens de faseovergang gebruikt wordt om de potentiële energie te laten toenemen en dus de cohesiekrachten te overwinnen. Dit geldt zowel bij smelten als bij koken. Cohesiekrachten zijn op moleculair niveau elektrische krachten.
- ✓ Je kan gebruik maken van tabellen om de grootte-orde 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.
- ✓ 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.

### LPD 33 De leerlingen passen concepten met betrekking tot de thermodynamica kwalitatief en kwantitatief toe om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren.

#### ★ Ideale gaswet

Arbeid verricht door een systeem, verandering van inwendige energie van een systeem en warmtehoeveelheid toegevoegd aan een systeem

De 0<sup>de</sup> en 1<sup>ste</sup> hoofdwet van de thermodynamica

Open, gesloten en geïsoleerd systeem

Thermodynamische processen

Fasediagrammen

Warmtebalans bij temperatuurveranderingen en faseovergangen

- ✓ 0<sup>de</sup> hoofdwet van de thermodynamica: transitieve relatie; als A in thermisch evenwicht is met B, en B met C, is A ook in thermisch evenwicht met C.
- ✓ 1<sup>ste</sup> hoofdwet van de thermodynamica: wet van behoud van energie; energie kan niet verloren gaan of uit het niets ontstaan.
- ✓ Je kan de leerlingen het smelt- en kookproces visueel laten waarnemen (fase in functie van temperatuur).
- ✓ Het is belangrijk dat leerlingen het verschil weten tussen:
  - zuivere stoffen en mengsels;



- energiedissipatie, rendement.
- ✓ Een onderzoek kan ondersteunend zijn in de begripsvorming.
- ✓ De inwendige energie of thermische energie van een object wordt bepaald door het aantal deeltjes en hun bewegingsenergie. Een adiabatisch proces verloopt te snel om transport van energie onder de vorm van warmte mogelijk te maken. De te leveren arbeid om het gas samen te drukken doet de inwendige energie ervan toenemen. Leerlingen kunnen waarnemen dat de temperatuur van het gas toeneemt. Omgekeerd gebruikt een adiabatisch expanderend gas inwendige energie waardoor de temperatuur van het gas daalt. Deze energie wordt dan omgezet in arbeid om het gas te laten uitzetten.
- ✓ Je kan een adiabatisch proces laten observeren zoals het oppompen of aflaten van een fietsband. Bij het ontkurken van een fles schuimwijn ontstaat een adiabatische expansie. De daling van temperatuur zorgt voor de vorming van waterdruppels (condenspluimpje).
- ✓ Je kan dit doel koppelen aan het engineeringdoel rond interacties met de samenleving en ingaan op het maatschappelijk belang van thermische isolatie.

## Chemie

### 1.6.27 Mengsels en zuivere stoffen

#### LPD 34 De leerlingen onderzoeken zuivere stoffen en mengsels in het dagelijkse leven aan de hand van eigenschappen en geschikte scheidingstechnieken.

Homogeen – heterogeen mengsel

Stofeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, deeltjesgrootte

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

**Samenhang eerste graad:** in de eerste graad leren leerlingen zuivere stoffen en mengsel onderscheiden op basis van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 42). Ze lichten ook de aggregatiestoestand van stoffen toe op basis van het deeltjesmodel (I-NRT-a LPD 37).

- ✓ Mengsels zoals aerosol (rook, nevel), oplossing, schuim, suspensie, emulsie, rook, nevel, legering.
- ✓ Je kan de link leggen met leerplandoel LPD 16, 32.
- ✓ Je kan de leerlingen eenvoudige scheidingstechnieken laten uitvoeren zoals filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen of zeven.
- ✓ In samenhang met Engineering, LPD 1, LPD 3, LPD 6 zijn mogelijke experimenten:
  - bepaling kook-en smeltpunt water;
  - bepaling kook-en smelttraject water/zout-mengsel.

### LPD 35 Vanuit experimentele waarnemingen verklaren de leerlingen aan de hand van het deeltjesmodel het verschil tussen een enkelvoudige en samengestelde stof.

- ✓ Het deeltjesmodel (molecuulmodel) kan je kort omschrijven in relatie tot het atoommodel.
- ✓ Dit leerplandoel kan je in samenhang behandelen met Engineering, LPD 2: modellen.
- ✓ In samenhang met Engineering, LPD 1, LPD 3, LPD 6 zijn mogelijke experimenten:
  - elektrolyse van water (demo);
  - thermolyse van suiker.

### LPD 36 De leerlingen geven de naam en symbolische voorstelling weer van elementen.

- ★ Elementen: H, He, Li, Be, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, Cd, Sn, I, Au, Hg, Pb, U

### LPD 37 De leerlingen geven de naam aan de formules van enkelvoudige stoffen en omgekeerd.

- ★ Index
  - IUPAC-naamgeving
  - Triviale namen
- ✓ Je kan hier aantonen dat verschillende enkelvoudige stoffen vanuit eenzelfde atoomsoort gevormd kunnen worden.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor triviale namen zoals zuurstofgas, ozon, stikstofgas, waterstofgas.
- ✓ Je kan hier aandacht besteden aan het belang en het voorkomen van enkelvoudige stoffen zoals ozon, stikstofgas, zuurstofgas, waterstofgas.

### LPD 38 De leerlingen interpreteren de symbolische schrijfwijze van enkelvoudige en samengestelde stoffen.

- ★ Index en coëfficiënt
  - ✓ Je kan hier aandacht besteden aan het gebruik van molecuulmodellen (bolschil – bolstaaf- model). Dit kan via simulatie of via molecuulmodelbouwdozen.
  - ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met Engineering, LPD2: model.

## 1.6.28 Aspecten van een chemische reactie

### LPD 39 De leerlingen balanceren gegeven eenvoudige anorganische chemische reacties door gebruik te maken van de wet van behoud van massa.

- ★ Principe van een aflopende chemische reactie
- Voorstellingswijze van een chemische reactie



## Reagentia en reactieproducten

- ✓ Het verschil tussen een chemische en een fysische reactie kan je hier aantonen aan de hand van een aantal (demonstratie-)experimenten.
- ✓ Aanwenden van een stappenplan bij het balanceren van chemische reacties als oplossingsstrategie kan hier aan bod komen.
- ✓ In samenhang met Engineering, LPD 1, LPD 3, LPD 6 kan je in een experiment de wet van behoud van massa (wet van Lavoisier) toelichten.
- ✓ Dit LPD kan je behandelen in samenhang met STEM-concept (Engineering, LPD 2): modellen.
- ✓ In samenhang met Engineering, LPD 1, LPD 3, LPD 6 is een mogelijk experiment:
  - samenvoegen van bakpoeder en tafelazijn.

### LPD 40 De leerlingen leiden bij een chemische reactie de energie-uitwisseling met de omgeving af als endo- of exo-energetisch in authentieke contexten.

#### ★ Energiediagram

- ✓ Het gebruik en de interpretatie van een grafiek kan hier aan bod komen.
- ✓ Je kan de link leggen met LPD 18.
- ✓ Bij het energiediagram kan je best enkel het verschil tussen de energie van de beginproducten en de energie van de eindproducten aangeven.
- ✓ Authentieke contexten kunnen zijn: verbrandingsreactie, werking van een batterij, fotosynthese, explosie, coldpacks, verkleuren van textiel ...
- ✓ In samenhang met Engineering, LPD 1, LPD 3, LPD 6 is een mogelijk experiment:
  - oplossen van zouten (endo-energetisch).

## 1.6.29 Bouw en eigenschappen van atomen

### LPD 41 De leerlingen gebruiken een atoommodel om de structuur van atomen te beschrijven aan de hand van de eerste 18 elementen van het PSE.

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

**Samenhang eerste graad:** in de eerste graad toonden leerlingen aan de hand van een deeltjesmodel aan dat moleculen uit atomen zijn opgebouwd (I-NRT-a LPD 40).

- ✓ Je kan hier best het atoommodel van Bohr gebruiken.
- ✓ Er is een link met de leerplandoelen LPD 19, 21.
- ✓ De beperktheid en geldigheid van een atoommodel kan je behandelen via de evolutie van het atoommodel. Dit kan kort aangebracht worden.
- ✓ Dit leerplandoel kan je in samenhang behandelen met STEM – concept (Engineering LPD 2): schaal en verhouding, model. Je kan aandacht besteden aan de link tussen experiment en model: modelverfijning.
- ✓ Je kan de verschillende elementaire deeltjes kwantitatief bepalen vanuit A en Z met behulp van het PSE.

#### **LPD 42 De leerlingen tonen het verband aan tussen de relatieve en absolute massa van atomen.**

##### ★ Atoommassa – atoommassaeenheid

- ✓ 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 dit terugkoppelen naar 1/12 C-atoom.
- ✓ Hier kan verwezen worden naar de opbouw van het PSE (LPD 43).

#### **LPD 43 De leerlingen beschrijven het PSE als een rangschikking van elementen volgens toenemend atoomnummer voor elementen uit de a-groepen en de edelgassen.**

##### ★ Opbouw van het PSE in functie van een atoommodel

Groep, periode

Edelgasconfiguratie

- ✓ Je kan hier het verband aangeven tussen de elektronenconfiguratie enerzijds en het periodenummer en groepsnummer van de hoofdgroepen anderzijds, met speciale aandacht voor de stabiele edelgasconfiguratie.
- ✓ Je kan het begrip overgangsmetalen (nevangroepen) kort aanhalen.
- ✓ Je kan hier verwijzen naar de nummering van de groepen volgens IUPAC.
- ✓ Dit leerplandoel kan je in samenhang behandelen met STEM-concept (Engineering, LPD 2): modellen.

#### **LPD 44 De leerlingen gebruiken het PSE om eigenschappen van atomen af te leiden.**

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

- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept (Engineering, LPD 2): patronen.



### 1.6.30 Chemische bindingen

#### LPD 45 De leerlingen stellen de ionbinding, de atoombinding en de metaalbinding op als streven van atomen naar de edelgasconfiguratie.

★ Onderscheid tussen atoom en ion

Ionvorming

Formule-eenheid

Lewisstructuur opstellen beperkt tot binaire stoffen

Ionrooster, molecuulrooster, atoomrooster, metaalrooster

- ✓ Bij ionvorming beperk je je tot metalen en niet-metalen uit de hoofdgroepen Ia, IIa, IIIa, VIa en VIIa.
- ✓ Dit leerplandoel heeft een link met LPD 21.
- ✓ 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, dit omdat de regel op basis van het verschil in elektronegatieve waarde niet altijd klopt.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept (Engineering, LPD 2): model als vereenvoudiging.

#### LPD 46 De leerlingen brengen metalen, niet-metalen en edelgassen in verband met toepassingen in het dagelijkse leven.

★ Eigenschappen van metalen, niet-metalen en edelgassen

- ✓ Eigenschappen van metalen, niet-metalen en edelgassen zoals geleidbaarheid, inertie, kookpunt, smeltpunt, warmtegeleiding, aggregatietoestand, vervormbaarheid.
- ✓ Dit leerplandoel heeft een link met LPD 16.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met Engineering, LPD 1 en LPD 5.

#### LPD 47 De leerlingen stellen chemische formules op van binaire anorganische stoffen vanuit elementen van de a-groepen met behulp van het PSE.

★ Brutoformule en formule-eenheid

Oxidatiegetal

- ✓ Het oxidatiegetal kan je aanbrengen vanuit het PSE.



### 1.6.31 Indeling van samengestelde stoffen

#### LPD 48 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.

- ★ Monoatomische en polyatomische ionen: nitraation, sulfaation, fosfaation, carbonaation, hydroxide-ion, bromaation, chloraation, jodaation
  - ✓ 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 hier het onderscheid maken tussen organische en anorganische stoffen.
  - ✓ Als chemische formule kan je de brutoformule en de formule-eenheid aan bod laten komen.
  - ✓ Dit leerplandoel wordt best samen behandeld met LPD 49 en LPD 50.
  - ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept (Engineering, LPD 2): patronen.

#### LPD 49 De leerlingen vormen van anorganische stoffen met gegeven formule de naam en omgekeerd.

- ★ Courante triviale namen van stoffen  
Naamgeving:
  - regels van de IUPAC-naamgeving
  - regels voor stocknotatie bij ionverbindingen
  - regels voor naamgeving met Griekse telwoorden bij moleculaire stoffen
- ✓ Je kan met de leerlingen aandacht hebben voor 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 zoals zoutzuur, ammoniak, salpeterzuur, zwavelzuur, soda, koolzuur.
- ✓ 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.

#### LPD 50 De leerlingen stellen chemische formules op van anorganische samengestelde stoffen met behulp van het PSE.

- ✓ Voor elementen waar het oxidatiegetal niet kan afgeleid worden uit het PSE, kan je het oxidatiegetal gegeven.
- ✓ Afhankelijk van de doelgroep kan je gebruik maken van stappenplannen en tabellen met de relevante gegevens van de behandelde stoffen.



## LPD 51 De leerlingen classificeren organische stoffen zowel op basis van een gegeven formule als op basis van een naam.

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

Regels van de IUPAC-naamgeving

Structuurformule, brutoformule

- ✓ Regels van de IUPAC-naamgeving: in de tweede graad ligt de nadruk op het gebruik van achtervoegsels bij de karakterisering van de functionele groep. Uitgebreide principes van de naamgeving komen aan bod in de derde graad.
- ✓ Je kan een tabel van de stofklassen met stam en verschillende achtervoegsels aanbieden.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de triviale namen.
- ✓ De klemtoon ligt hier op de onvertakte n-alkanen.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept (Engineering, LPD 2): patronen.

## LPD 52 De leerlingen brengen organische en anorganische stoffen in verband met toepassingen en biologische en chemische processen in het dagelijks leven.

- ★ Belang, voorkomen, toepassingen van monoatomische ionen en polyatomische ionen en organische stoffen

Eigenschappen van zuren, zouten, basen en oxiden

Samenhang tweede graad: II-Bio-d LPD 20

- ✓ Eigenschappen van zuren, zouten, basen, oxiden zoals oplosgedrag, geleiding (samenhang met LPD 54 en LPD 55).
- ✓ Je kan hierbij vertrekken vanuit een gebeurtenis in de media.
- ✓ Toepassingen en processen voor anorganische stoffen: metaaloxiden in glas, zuren en basen in batterijen, zouten in sportdranken, zure regen, fosforzuur in cola en roest ... Toepassingen voor organische stoffen: etheen, propeen als basis voor kunststoffen, aardgas, methaangas, ethanol in drank, methanol als brandspiritus, azijnzuur bij fixeren van kleuren ...
- ✓ 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 hiervan zijn: het 'ijzer'-gehalte in het bloed, 'zware metalen' in de grond, 'fosfor' en 'stikstof' in de meststoffen, 'chloor' in het zwembadwater. De leerlingen worden er attent op gemaakt dat dergelijke uitspraken enkel de aanwezigheid van bepaalde atoomsoorten weergeven, maar totaal niets zeggen over de samenstelling van de zuivere stoffen of mengsels waarin deze atoomsoorten voorkomen.
- ✓

## 1.6.32 Principe van oplossen en elektrische geleiding

### LPD 53 De leerlingen onderscheiden polaire en apolaire stoffen op basis van hun oplosbaarheid in water.

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

Water als polair oplosmiddel

- ✓ Je kan de chemische structuur van water aanreiken.
- ✓ Hierbij kan de regel 'Soort zoekt soort' gehanteerd worden.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met Engineering, LPD 1 en LPD 5.

### LPD 54 De leerlingen leggen het verband uit tussen bindingstype en oplosbaarheid in water.

- ★ Water als dipoolmolecule

Intermoleculaire krachten: dipoolkrachten, ion-dipool interacties

Principe van oplossen: dissociatie, hydratatie, ionisatie

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

### LPD 55 De leerlingen leggen het verband uit tussen het bindingstype en het geleidingsvermogen.

- ★ Principe van elektrische geleiding, geleider en isolator

Elektrolyten en niet-elektrolyten

- ✓ Je kan het verband tonen tussen het aantal ionen in een oplossing en geleidbaarheid.
- ✓ Er is een link met leerplandoel LPD 19.
- ✓ Je kan hier een onderscheid maken tussen de geleidbaarheid van zuivere stoffen en oplossingen.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met Engineering, LPD 1 en LPD 6.

## 1.6.33 Kwantitatieve aspecten

### LPD 56 De leerlingen passen het verband toe tussen stofhoeveelheid enerzijds en molaire massa, molaire concentratie en molair volume anderzijds.

- ★ Constante van Avogadro

Verdunning

Evenredigheid

- ✓ Je kan hier best vertrekken vanuit een gegeven context en de rekentijd beperken.



- ✓ Je hoeft de ideale gaswet niet aan bod te laten komen. Je werkt hier enkel bij normomstandigheden.
- ✓ Afhankelijk van de doelgroep kan je verschillende formules combineren.
- ✓ Afhankelijk van de doelgroep kan je gebruik maken van een formularium.
- ✓ In samenhang met Engineering, LPD 1, LPD 3, LPD 6) is een mogelijk experiment:
  - bepalen en vergelijken van de stofhoeveelheid en aantal atomen in Cu en Mg;
  - bereiden van oplossingen met welbepaalde concentratie;
  - verdunnen van oplossingen.

#### **LPD 57 De leerlingen leiden de stoichiometrische stofhoeveelheden uit de reactievergelijking af.**

- ✓ Binnen de rubriek 'Kwantitatieve aspecten' ligt de nadruk op LPD 56.
- ✓ Hier kan je het verband leggen met het balanceren van reactievergelijkingen (LPD 39) gekoppeld aan evenredige stofhoeveelheden.
- ✓ Het is de bedoeling dat leerlingen van een gegeven stofhoeveelheid de hoeveelheid van een andere verbinding via de reactievergelijking kunnen berekenen. Het is niet de bedoeling om molaire massa, molaire concentratie en molair volume te gebruiken in stoichiometrische berekeningen.

### **1.6.34 Reactiesoorten**

#### **LPD 58 De leerlingen classificeren aan de hand van waarnemingen een chemische reactie als neerslag-, gasontwikkelings- of neutralisatiereactie.**

- ★ Notatie van aggregatietoestanden in chemische reacties
  - ✓ Je kan hierbij linken leggen naar concrete toepassingen zoals waterontkalker, waterzuiveringsinstallatie, maagzuur, bakpoeder, bruistablet, kalkaanslag op verwarmingsweerstand. Het is de bedoeling om hierbij kort kennis te maken met de verschillende reactietypes.

#### **LPD 59 De leerlingen stellen de vergelijking op van een neerslagreactie, een gasontwikkelingsreactie en een neutralisatiereactie.**

- ★ Ionisatie van zuren en dissociatie van hydroxiden en zouten
  - Opstellen van ionisatie- en dissociatievergelijking van de samenvoegende stoffen
  - Opstellen van essentiële ionenreactie
  - Opstellen van stoffenreactievergelijking
    - ✓ Je kan een stappenplan aanwenden als oplossingsstrategie en gebruik maken van gegevenstabellen (oplosbaarheidstabel).
    - ✓ Bij het opstellen van de stoffenreactievergelijking kan je de nadruk leggen op het inoefenen van de systematiek.

- ✓ Bij de neutralisatiereactie beperk je je best tot éénwaardige zuren en éénwaardige hydroxiden. Bij het opstellen van de reactievergelijking kan je aandacht besteden aan de combinatie van waterstofionen met hydroxide-ionen waarbij water wordt gevormd.
- ✓ Bij neerslag- en gasontwikkelingsreacties behandel je bij voorkeur reacties met stoffenreactievergelijkingen met enkel coëfficiënt 1.
- ✓ Je kan de link leggen met LPD 48.

### **LPD 60 De leerlingen brengen de pH-schaal in verband met het zuur, basisch of neutraal karakter van een waterige oplossing.**

#### ★ pH-begrip als zuurtegraad

Waterstofionenconcentratie en hydroxide-ionenconcentratie

Functie van een zuur-base indicator

- ✓ Het in verband brengen van de pH met waterstofionenconcentratie en hydroxide-ionenconcentratie kan geïllustreerd worden 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 hieruit geeft een hogere waterstofionenconcentratie een pH lager dan 7 en omgekeerd een hogere hydroxide-ionenconcentratie een pH hoger dan 7.
- ✓ In samenhang met de engineeringdoelen is een mogelijk experiment:
  - Onderzoek naar het zuur, basisch of neutraal karakter m.b.v. UI-papier/ indicatoren.

### **LPD 61 De leerlingen leggen het concept buffer uit.**

- ✓ Je kan het concept zeer eenvoudig en kort aanbrengen via een experiment waarbij je zuur of base toevoegt aan een buffer en de pH stabiel blijft.
- ✓ Hier kunnen het nut en de toepassingen van een buffer aan bod komen zoals in bloed, lenzenvloeistof, aquarium, voeding, zeewater.
- ✓ Dit leerplandoel kan je behandelen in samenhang met STEM-concept (Engineering, LPD2): stabiliteit en verandering. Dit leerplandoel kan je ook in samenhang behandelen met Engineering, LPD 1 en LPD 6.

### **LPD 62 De leerlingen ontleden in een eenvoudige redoxreactie de begrippen oxidator, reductor, oxidatie en reductie, elektronenoverdracht.**

#### ★ Verandering van oxidatiegetal

- ✓ Eenvoudige redoxreacties tussen enkelvoudige stoffen kunnen aan bod komen.
- ✓ De leerlingen kunnen de oxidatiegetallen bepalen in enkelvoudige stoffen en samengestelde stoffen aan de hand van een stappenplan.



- ✓ Je kan gebruik maken van een tabel met oxidatiegetallen.
- ✓ Je kan hierbij contexten aan bod laten komen zoals de brandstofcel, de verbranding.

## 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.

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 veiligheids onderricht 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](#)'.

## Infrastructuur

Voor elke les een lokaal

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

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.

## **Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur**

- 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
- Voor chemie: basismateriaal zoals glaswerk, (meet)toestellen, sensoren, 2D- en 3D-modellen, preparaten, chemicaliën, tabellen. Dit basismateriaal is afgestemd op de realisatie van de leerplandoelen. De beschikbaarheid van opstellingen om experimenten uit te voeren kan de lessen vlotter laten verlopen. Er worden persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen voorzien in functie van het uit te voeren onderzoek.

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

## **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.

## **Concordantie**

De concordantietabel geeft duidelijk aan welke leerplandoelen de eindtermen (ET) en de cesuurdoelen (CD) realiseren.



Leerplandoel	Eindtermen en cesuurdoelen
1	ET 6.53; ET 13.11; ET 13.12; ET 13.14
2	ET 6.54; CD 12.1.1
3	ET 6.47
4	ET 6.49
5	ET 6.50
6	ET 6.48
7	ET 6.52; ET 13.11; ET 13,13; CD 11.6.2
8	ET 6.55; ET 13.11; ET 13.13; CD 12.1.1
9	ET 6.56
10	ET 6.57
11	ET 6.34
12	ET 6.34; CD 11.5.2
13	ET 6.33; CD 11.5.1
14	ET 6.34; CD 11.5.2
15	ET 6.34; CD 11.5.2
16	ET 6.34; ET 6.51; CD 11.6.1
17	CD 11.5.3
18	ET 6.36
19	ET 6.40; CD 11.2.2
20	ET 6.40; CD 11.2.2
21	ET 6.40; CD 11.2.2; CD 11.3.2
22	CD 11.2.1
23	CD 11.2.1
24	CD 11.2.1
25	CD 11.2.1; CD 11.2.2
26	CD 11.4.1



27	CD 11.4.2
28	ET 4.5; CD 11.4.2
29	CD 11.4.2
30	ET 6.35; CD 11.10.1
31	CD 11.10.3
32	ET 6.37
33	CD 11.9.1
34	ET 6.23
35	ET 6.26
36	ET 6.27
37	ET 6.26
38	ET 6.26
39	ET 6.29
40	ET 6.38
41	ET 6.24
42	ET 6.24
43	ET 6.25
44	ET 6.25
45	ET 6.24; ET 6.25; ET 6.26
46	ET 6.28
47	ET 6.26
48	ET 6.27
49	ET 6.27
50	ET 6.27
51	ET 6.27
52	ET 6.28
53	ET 6.39
54	ET 6.39



55	ET 6.39
56	ET 6.32; ET 6.51
57	ET 6.32
58	ET 6.30
59	ET 6.30
60	ET 6.31
61	ET 6.31
62	ET 6.30

## Eindtermen

### 4.5 De leerlingen ontwerpen algoritmen om problemen digitaal op te lossen.

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Concepten van computationeel denken: decompositie, patroonherkenning, abstractie, algoritme
- Organisatie, modellering, simulatie en digitale representatie van informatie
- Debuggen: testen en bijsturen
- Principes van programmeren: sequentie, herhalingsstructuur, keuzestructuur
- Ingebouwde functies
- Elementen van programmeertalen: variabelen, datatypes, operatoren, parameters, condities, procedures of functies

\*Procedurele kennis

- Toepassen van principes van computationeel denken: decompositie, patroonherkenning, abstractie, algoritme
- Toepassen van principes van organisatie, modellering, simulatie en digitale representatie van informatie
- Toepassen van principes om te debuggen
- Toepassen van principes van programmeren: sequentie, herhalingsstructuur, keuzestructuur
- Toepassen van controlestructuren en eenvoudige gegevensstructuren bij het formuleren van algoritmen
- Toepassen van principes om algoritmen bestaande uit een aantal samenwerkende procedures te ontwerpen en te implementeren in een programmeeromgeving

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: creëren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Onderscheid tussen een zuivere stof, een bestanddeel en een mengsel
- Soorten mengsels: homogene en heterogene mengsels zoals aerosols (rook, nevel), oplossing, schuim, suspensie, emulsie



- Stofeigenschappen: massadichtheid, kookpunt, smeltpunt, deeltjesgrootte en andere zoals geleidbaarheid, oplosgedrag van stoffen
- Principe van scheidingstechnieken: filtreren, decanteren, centrifugeren, destilleren, uitdampen, zeven

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Atoomkern
- Energieniveau
- Atoommassa
- Atoommassa-eenheid
- Relatieve en absolute massa
- Massagetal en atoomnummer
- Onderscheid tussen een atoom en een ion
- Beperkte en geldigheid van een atoommodel
- Eenheidslading van elementaire deeltjes

\*Procedurele kennis

- Gebruiken van het PSE

*Met inbegrip van context*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

## **6.25 De leerlingen gebruiken het PSE om eigenschappen van atomen en ionen af te leiden.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Groep, periode, valentie-elektron, edelgasconfiguratie

\*Conceptuele kennis

- Opbouw van het PSE in functie van een atoommodel
- Groep, periode
- Valentie-elektronen, edelgasconfiguratie
- Eigenschappen: massa van een atoom en ion, ionvorming
- Onderscheid tussen een atoom en een ion
- Onderscheid tussen een metaal atoom en een niet-metaal atoom

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van context*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

**6.26 De leerlingen stellen chemische formules op voor enkelvoudige en samengestelde anorganische stoffen met behulp van het PSE.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Index, coëfficiënt
- Structuurformule, brutoformule, formule-eenheid

\*Conceptuele kennis

- Onderscheid tussen een atoom en een molecule
- Onderscheid tussen een enkelvoudige en een samengestelde stof
- Anorganische stof
- Soorten chemische formules: structuurformule, brutoformule, formule eenheid
- Soorten chemische bindingen: ionbinding, covalente binding, metaalbinding
- Onderscheid tussen een index en een coëfficiënt
- Elektronegativiteit

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van context*

- Elementen uit de a-groepen van het PSE komen aan bod.
- In geval van samengestelde stoffen komen enkel binaire stoffen aan bod.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*



Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

### **6.27 De leerlingen classificeren stoffen zowel op basis van een gegeven chemische formule als op basis van een naam.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Onderscheid tussen een binair zuur en een ternair zuur
- Zuren als een samenstelling van proton(en) + zuurrest
- Hydroxiden als een samenstelling van een metaalion + hydroxide-ion(en)
- Zouten als een samenstelling van een metaalion + zuurrest
- Oxiden als een samenstelling van een metaal atoom of niet-metaal atoom+ zuurstofato(o)m(en)
- Algemene structuur van alkanen en karakteristieke functionele groep van alkenen, alcoholen, carbonzuren als organische stoffen

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.
- Volgende stoffen en poly-atomische ionen komen aan bod
- Anorganische stoffen: zuren, zouten, basen, oxiden, metalen, niet-metalen, edelgassen
- Organische stoffen: alkanen, alkenen, alcoholen, carbonzuren
- Polyatomische ionen zoals nitraation, nitrietion, sulfaation, sulfietion, fosfaation, carbonaation, hydroxide-ion.
- Als chemische formule komen de brutoformule, de structuurformule en de formule-eenheid aan bod.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

### **6.28 De leerlingen brengen organische en anorganische stoffen in verband met toepassingen en biologische en chemische processen in het dagelijks leven.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Courante triviale namen van stoffen zoals zuurstofgas, zoutzuur, ammoniak, salpeterzuur, zwavelzuur, soda, koolzuur, stikstofgas, ozon
- Regels van de IUPAC-naamgeving
- Regels voor stocknotatie bij ionverbindingen

- Regels voor naamgeving met Griekse telwoorden bij moleculaire stoffen
- Eigenschappen van zuren, zouten, basen, oxiden, metalen, niet-metalen en edelgassen zoals oplosgedrag, geleiding, inertheid in functie van de contexten

*\*Conceptuele kennis*

- Belang, voorkomen, toepassingen van mono-atomische ionen en poly-atomische ionen zoals nitraation, nitrietion, sulfaation, sulfietion, fosfaation, carbonaation, hydroxide-ion
- Belang, voorkomen, toepassingen van alkanen, alkenen, alcoholen, carbonzuren

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

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

*Met inbegrip van kennis*

*\*Feitenkennis*

- Coëfficiënt, index

*\*Conceptuele kennis*

- Principe van een aflopende chemische reactie
- Voorstellingswijze van een chemische reactie
- Reagentia en reactieproducten
- Onderscheid tussen een index en een coëfficiënt
- Wet van behoud van massa

*\*Procedurele kennis*

- Toepassen van de wet van behoud van massa

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

**6.30 De leerlingen stellen een reactievergelijking van een eenvoudige anorganische reactie op.**

*Met inbegrip van kennis*

*\*Feitenkennis*

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

*\*Conceptuele kennis*

- Principe van een reactie zoals



- Een zuur-basereactie inclusief ionisatie van zuren en dissociatie van basen en zouten
- Een neerslagreactie inclusief dissociatie van basen en zouten
- Een redoxreactie inclusief oxidatiegetal

*\*Procedurele kennis*

- Noteren van chemische formules
- Toepassen van een methode voor het opstellen van een reactie zoals zuur-basereacties, neerslagreacties, eenvoudige redoxreacties
- Opstellen van een dissociatievergelijking

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.
- Bij keuze voor neerslagreacties wordt een oplosbaarheidstabel gebruikt.
- Bij keuze voor redoxreacties wordt een tabel met oxidatiegetallen gebruikt.
- Redoxreacties met enkelvoudige stoffen komen aan bod.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

**6.31 De leerlingen leggen een verband tussen de zuurtegraad van een oplossing en de protonen- en hydroxideconcentraties.**

*Met inbegrip van kennis*

*\*Feitenkennis*

- pH
- Indicator

*\*Conceptuele kennis*

- Onderscheid tussen een zure, een basische en een neutrale oplossing
- Ionisatie van zuren en dissociatie van basen
- pH-begrip als zuurtegraad, protonen- en hydroxideconcentratie
- pH-schaal
- Functie van een indicator
- Buffer

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.
- Sterke zuren en basen komen aan bod.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

**6.32 De leerlingen leggen het verband tussen mol, molaire massa en molaire concentratie aan de hand van eenvoudige stoichiometrische berekeningen.**

*Met inbegrip van kennis*

*\*Feitenkennis*



- Mol, molaire massa

\*Conceptuele kennis

- Mol, molaire massa
- Getal van Avogadro
- Molaire concentratie

\*Procedurele kennis

- Gebruiken van het PSE
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Rekenen met verhoudingen

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

**6.33 De leerlingen analyseren rechtlijnige bewegingen door het verband te leggen tussen positie, tijdstip, snelheid en versnelling.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Positie, tijdstip, verplaatsing, afgelegde weg en tijdsverloop
- Gemiddelde snelheid, gemiddelde versnelling
- Differentiequotient
- Formules
  - > Gemiddelde snelheid  $v_g = \Delta x / \Delta t$
  - > Gemiddelde versnelling  $a_g = \Delta v / \Delta t$

\*Conceptuele kennis

- Positie, tijdstip, verplaatsing, afgelegde weg en tijdsverloop
- Onderscheid tussen afgelegde weg en verplaatsing
- Positie- en snelheidsfunctie inclusief grafieken
- Gemiddelde snelheid als differentiequotient inclusief formule  $v_g = \Delta x / \Delta t$
- Onderscheid tussen gemiddelde snelheid en ogenblikkelijke snelheid
- Gemiddelde versnelling als differentiequotient inclusief formule  $a_g = \Delta v / \Delta t$

\*Procedurele kennis

- Omvormen van formules: 1 variabele uitdrukken in functie van de andere
- Beschrijven van een rechtlijnige beweging a.d.h.v. een grafiek

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.
- De bewegingen zijn beperkt tot die met een constante versnelling en zonder een versnelling.



*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

### **6.34 De leerlingen gebruiken de concepten kracht en veld om interacties tussen systemen te beschrijven.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Kracht, veld
- Vector, grootte, richting, zin, aangrijpingspunt
- Normaalkracht, wrijvingskracht
- Zwaartekracht, gewicht, zwaarteveldsterkte, zwaartepunt
- Veerkracht, veerconstante
- Formule voor de grootte van de zwaartekracht  $F=m \cdot g$

\*Conceptuele kennis

- Kracht als vectoriële grootheid: grootte, richting, zin, aangrijpingspunt
- Soorten krachten: normaalkracht, wrijvingskracht, veerkracht, zwaartekracht
- Dynamische effecten van een kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen
- Snelheid en versnelling
- Zwaartekracht
  - > Zwaartepunt
  - > Verband tussen grootte van de zwaartekracht, massa en zwaarteveldsterkte inclusief formule  $F=m \cdot g$
  - > Verschil tussen zwaartekracht, massa en gewicht
  - > Verband tussen zwaarteveld en zwaartekracht
- Zwaarteveld van hemellichamen
- Veerkracht
  - > Verband tussen grootte van de veerkracht, veerconstante en lengteverandering van een elastisch voorwerp inclusief formule  $F=k \cdot \Delta \ell$

\*Procedurele kennis

- Tekenen van krachten als vectoren
- Bepalen van de richting en de zin van een vectoriële grootheid
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

### **6.35 De leerlingen gebruiken het concept druk bij vaste stoffen, gassen en vloeistoffen kwalitatief en kwantitatief om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren.**

### *Met inbegrip van kennis*

#### \*Feitenkennis

- Druk, hydrostatische druk, atmosferische druk
- Beginsel van Pascal
- Formule voor druk  $p=F/A$
- Absolute temperatuur, Kelvin

#### \*Conceptuele kennis

- Druk als grootte van de kracht per oppervlakte inclusief formule  $p=F/A$
- Druk op vaste stoffen
- Druk op en in gassen
  - > Atmosferische druk
  - > Absoluut nulpunt voor druk en temperatuur, absolute temperatuur, Kelvinschaal
- Druk op en in vloeistoffen
  - > Beginsel van Pascal
  - > Hydrostatische druk
  - > Invloedsfactoren op de hydrostatische druk uitgaande van de formule  $p=\rho\cdot g\cdot h$
  - > Grootte  $h$  als diepte in de vloeistof
  - > Totale druk in een vloeistof inclusief formule  $p=p_o+\rho\cdot g\cdot h$
- Recht en omgekeerd evenredig verband

#### \*Procedurele kennis

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium

### *Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

### *Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

### *Met inbegrip van kennis*

#### \*Feitenkennis

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

#### \*Conceptuele kennis



- Verbanden tussen energie, rendement en vermogen inclusief formules voor gemiddeld vermogen  $P=\Delta E/\Delta t$  en rendement  $\eta=E_{\text{nuttig}}/E_{\text{totaal}}$
- Soorten energie: gravitationele energie inclusief formule  $E=m\cdot g\cdot h$ , elastische energie inclusief formule  $E=1/2\cdot k\cdot(\Delta l)^2$ , kinetische energie inclusief formule  $E=1/2\cdot m\cdot v^2$ , chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie, elektrische energie
- Energie-eenheden die niet in het SI voorkomen: kilowattuur, kilocalorie
- Wet van behoud van energie, energiebalans
- Energiedissipatie, open en geïsoleerde systemen

*\*Procedurele kennis*

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Kwantitatief opstellen van de energiebalans bij een omzetting van gravitationele energie, elastische energie en kinetische energie
- Kwalitatief opstellen van de energiebalans bij een omzetting van gravitationele energie, elastische energie, kinetische energie, chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie en elektrische energie

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

**6.37 De leerlingen verklaren het energietransport bij faseovergangen en bij temperatuursveranderingen van stoffen kwalitatief aan de hand van het deeltjesmodel.**

*Met inbegrip van kennis*

*\*Feitenkennis*

- (Absolute) temperatuur, thermische energie, warmte, cohesiekrachten, deeltjesmodel, smeltpunt
- Aggregatietoestanden: vast, vloeibaar, gas
- Faseovergangen: smelten, stollen, verdampen, condenseren, sublimeren, desublimeren

*\*Conceptuele kennis*

- (Absolute) temperatuur, thermische energie, warmte en de kwalitatieve verbanden ertussen
- Warmtebalans als behoud van energie
- Thermisch evenwicht
- Merkbare warmte bij temperatuursveranderingen
  - > Verband met kinetische energie van de deeltjes
  - > Specifieke warmtecapaciteit
- Latente warmte bij faseovergangen
  - > Verband met potentiële energie van de deeltjes
  - > Cohesiekrachten

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

**6.38 De leerlingen leiden bij een chemische reactie de energie-uitwisseling met de omgeving af aan de hand van waarnemingen en voorbeeldreacties in authentieke contexten.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Exo-energetische reactie, endo-energetische reactie

\*Conceptuele kennis

- Onderscheid tussen een exo-energetische reactie en een endo-energetische reactie
- Energiediagram

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

**6.39 De leerlingen verklaren de principes van oplossen en elektrische geleiding met behulp van een gegeven chemische structuur.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Polair, apolair
- Ionisatie, dissociatie, hydratatie

\*Conceptuele kennis

- Water als dipoolmolecule
- Polaire en apolaire stoffen
- Verband tussen het bindingstype en het geleidingsvermogen
- Verband tussen het bindingstype en het oplosgedrag van stoffen
- Intermoleculaire krachten: dipoolkrachten, ion-dipool interacties
- Elektronegativiteit
- Principe van elektrische geleiding, geleider en isolator
- Elektrolyten en niet-elektrolyten: ionisatie en dissociatie
- Principe van oplossen: dissociatie, hydratatie

*Met inbegrip van context*

- Chemische structuren zoals binaire stoffen,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CCl}_4$  komen aan bod.
- De chemische structuur wordt aangereikt.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen



**6.40 De leerlingen beschrijven eenvoudige elektrische stroomkringen aan de hand van de concepten elektrische stroomsterkte, spanning, weerstand, geleidbaarheid, vermogen, energie en de verbanden ertussen.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Geleider en isolator
- Stroomsterkte, spanning, weerstand, geleidbaarheid
- Spanningsbron, gelijkspanning
- Wet van Ohm
- Serie- en parallelschakeling

\*Conceptuele kennis

- Geleider en isolator
- Spanningsbronnen, gelijkspanning
- Elektrische stroomsterkte, spanning, weerstand, geleidbaarheid en de verbanden ertussen
- Wet van Ohm
- Weerstand, geleidbaarheid, stroomsterkte en spanning bij serie- en parallelschakeling
- Vermogen
- Joule-effect
- Veiligheidsaspecten: elektrocutie, kortsluiting en overbelasting
- Recht en omgekeerd evenredig verband

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.
- Er is aandacht voor de veiligheid in een elektrische installatie: zekeringen, verliesstroomschakelaar, aarding, elektrische isolatie.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Hulpmiddelen en meetinstrumenten verbonden aan eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit

\*Procedurele kennis

- Gebruiken van hulpmiddelen en meetinstrumenten verbonden aan eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit zoals weegschaal, pH-meter en -indicatoren, thermometer, maatbeker, pipet, gereedschappen, chronometer

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Veiligheidspictogrammen

\*Conceptuele kennis

- H/P-zinnen

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Beduidende cijfers
- Meetnauwkeurigheid
- Onderscheid tussen vectoriële en scalaire grootheden

\*Procedurele kennis

- Gebruiken van relevante symbolen van grootheden en (SI-) eenheden uit eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit
- Herleiden van courante eenheden
- Gebruiken van notaties met machten van 10 zoals wetenschappelijke notatie, ingenieursnotatie
- Gebruiken van vuistregels voor de bepaling van het aantal beduidende cijfers en de nauwkeurigheid bij bewerkingen met meetresultaten



- Schatten van grootheden aan de hand van referentiepunten

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

### **6.50 De leerlingen onderzoeken verbanden tussen grootheden op kwantitatieve wijze.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Recht en omgekeerd evenredig verband
- Kwadratisch verband, lineair verband
- Spreidingsdiagram
- Informeel begrip van trendlijn
- Informeel begrip van de correlatiecoëfficiënt bij een lineair verband

\*Procedurele kennis

- Opstellen en interpreteren van grafieken en formules
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Met ICT
  - > Bepalen en interpreteren van de trendlijn met bijhorend voorschrift en correlatiecoëfficiënt
  - > Opstellen en interpreteren van een spreidingsdiagram

*Met inbegrip van context*

\*Volgende verbanden tussen grootheden zoals

- Tussen massa en volume of inhoud
- Tussen de grootte van de zwaartekracht en de massa
- Tussen temperatuursverandering, warmtehoeveelheid en massa

komen aan bod.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

### **6.52 De leerlingen ontwikkelen natuurwetenschappelijke, technologische, en wiskundige modellen in disciplinespecifieke en STEM-contexten om te visualiseren, te onderzoeken, op te lossen en te verklaren.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit de eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit
- Model als vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid met de validiteit en reikwijdte ervan
- Modellen zoals schema's, schetsen, diagrammen, tekeningen, replica's, prototypes, (computer)simulaties, grafieken, tabellen, formules, vergelijkingen

\*Procedurele kennis



- Toepassen van relevante wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit
- Modelleren
  - > Conceptualiseren
    - # Analyseren van de vraag of probleemstelling om verbanden/relaties/patronen te identificeren
    - # Kiezen van een geschikt model
  - > Concretiseren van het gekozen model
  - > Analyseren van de validiteit en reikwijdte van het model in de context

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

### **6.53 De leerlingen passen een wetenschappelijke methode toe om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit
- Wetenschappelijke methode
- Toepasbaarheid van empirische onderzoeksmethoden op natuurlijke en technische systemen

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

### **6.54 De leerlingen analyseren natuurlijke en technische systemen aan de hand van verschillende STEM-concepten.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijk en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit
- Natuurlijke en technische systemen
- STEM-concepten (cross-cutting concepts)
  - > Energie, materie en informatie (getallen, data, ...)
  - > Oorzaak en gevolg, terugkoppeling



- > Patronen
- > Verhouding en hoeveelheid
- > Stabiliteit en verandering
- > Structuur en functie
- > Systemen en modellen

*\*Procedurele kennis*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

*Met inbegrip van kennis*

*\*Conceptuele kennis*

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

*\*Procedurele kennis*

- Toepassen van probleemoplossende strategieën
  - > Definiëren van het probleem
  - > Bepalen van criteria voor de oplossing
  - > Identificeren van deelproblemen en erbij horende wiskundige, wetenschappelijke of technologische concepten
  - > Bedenken van mogelijke oplossingen voor deelproblemen
  - > Testen, evalueren en bijsturen van de totaaloplossing
  - > Toepassen van wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en STEM- concepten en praktijken om deelproblemen op te lossen
  - > Integreren van deeloplossingen
  - > Testen, evalueren en bijsturen van de totaaloplossing

*Met inbegrip van context*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

**6.56 De leerlingen beargumenteren vanuit verschillende invalshoeken keuzes bij het ontwerp en het gebruik van technische systemen en andere STEM-oplossingen.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad doorstroomfinaliteit
- Ontwerpen als scheppend proces waarbij afwegingen en keuzes worden gemaakt
- Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk

\*Procedurele kennis

- Toepassen van criteria om een geschikte keuze te bepalen

\*Metacognitieve kennis

- Eigen normen en waarden

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau evalueren

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

**6.57 De leerlingen onderzoeken aan de hand van concrete maatschappelijke uitdagingen de wisselwerking tussen STEM-disciplines onderling en tussen STEM-disciplines met de maatschappij.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

- Systeemdenken

*Met inbegrip van context*

- Contexten zoals klimaatverandering, hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, onderwijs, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceaanvervuiling komen aan bod.
- De duurzame ontwikkelingsdoelen zoals geformuleerd door de internationale gemeenschap worden aangereikt (SDG's, sustainable development goals).

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Onderzoeksvraag



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

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

- Toepassen van een onderzoekstechniek

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau evalueren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

## Cesuurdoelen

### 11.2.1 De leerlingen analyseren elektromagnetische fenomenen en toepassingen ervan kwalitatief en kwantitatief aan de hand van de concepten kracht en veld.

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder lading, kracht, elektrische veldsterkte, elektrische potentiaal, elektrische spanning, magnetische inductie

\*Conceptuele kennis

- Het elektrisch veld
  - > Coulombkracht inclusief formule voor de grootte ervan  $F=k \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|/r^2$
  - > Elektrische veldsterkte als vectoriële grootheid, elektrische veldlijnen en het verband tussen die twee
  - > Elektrische potentiaal en elektrische spanning
  - > Radiaal veld: elektrische veldsterkte in een punt inclusief formule voor de grootte ervan  $E=k \cdot |Q|/r^2$
  - > Homogeen veld: elektrische veldsterkte in een punt en elektrische spanning tussen twee punten inclusief formule voor het verband tussen de groottes ervan  $E=U/d$
  - > Capaciteit van een condensator en van een vlakke condensator inclusief formules  $C=Q/U$  en  $C=\epsilon \cdot A/d$
- Het magnetisch veld
  - > Magnetische inductie als vectoriële grootheid, magnetische veldlijnen en het verband tussen die twee
  - > Magnetische inductie bij een stroomvoerende rechte geleider en bij een stroomvoerende spoel inclusief formules voor de groottes ervan  $B=\mu \cdot I/(2\pi \cdot r)$  en  $B=\mu \cdot I \cdot N/\ell$
  - > Informeel begrip van magnetische spin bij atomen
  - > Weissgebieden
  - > Kracht op een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld inclusief formule voor de grootte ervan  $F=B \cdot \ell \cdot I \cdot \sin\alpha$
- Het fenomeen elektromagnetische inductie
  - > Magnetische flux inclusief formule  $\Phi=A \cdot B \cdot \cos(\alpha)$
  - > Wetten van Lenz en Faraday
  - > Inductiespanning inclusief formule  $U=-N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$

\*Procedurele kennis



- Werken met vectoriële grootheden
  - > Bepalen van richting en zin van een vectoriële grootheid
  - > Ontbinden van een vector in zijn componenten: grafisch en via berekening
  - > Samenstellen van vectoren: grafisch en via berekening
- Schetsen van vectoren en grafieken
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Oplossen van problemen m.b.t. elektromagnetisme

*Met inbegrip van context*

- Het cesuurdoel wordt met context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur. Het gebruik en het nut van relevante niet-SI-eenheden worden behandeld.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: Analyseren

**11.2.2 De leerlingen analyseren elektrische gelijkstroomkringen kwalitatief en kwantitatief.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder lading, elektrische spanning, stroomsterkte, weerstand, geleidbaarheid, vermogen
- Symbolen en regels voor schematische voorstellingen inherent aan de afbakening van de specifieke eindterm
- Formules
  - > Stroomsterkte  $I = \Delta Q / \Delta t$
  - > Weerstand  $R = U / I$
  - > Geleidbaarheid  $G = I / U$
  - > Vermogen inclusief formule  $P = U \cdot I$
- Wet van Ohm

\*Conceptuele kennis

- Gelijkstroomkringen
- Conventionele stroomzin en werkelijke stroomzin
- Stroomsterkte inclusief formule  $I = \Delta Q / \Delta t$
- Weerstand: concept, fysieke component en grootheid inclusief formule  $R = U / I$
- Geleidbaarheid inclusief formule  $G = I / U$
- Wet van Ohm
- Joule-effect inclusief formule  $Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$
- Vermogen inclusief formule  $P = U \cdot I$
- Wet van Pouillet inclusief formule  $R = \rho \cdot \ell / A$
- Serie- en parallelschakeling van weerstanden
  - > Onbelaste spanningsdeler
  - > Substitutieweerstand
  - > Verdelingswetten voor spanning en stroomsterkte
- Condensator, capaciteit van een condensator inclusief formule  $C = Q / U$

- Opladen en ontladen van een condensator in een gelijkstroomkring met een condensator en een weerstand inclusief oplaadings- en ontladingscurve

**\*Procedurele kennis**

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Berekenen van de substitutieweerstand van een gemengde schakeling van weerstanden
- Oplossen van gemengde schakelingen van weerstanden en één spanningsbron in gelijkstroomkringen

*Met inbegrip van context*

- Het cesuurdoel wordt met context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: Analyseren

**11.3.2 De leerlingen analyseren gelijkstroomstromkringen kwantitatief aan de hand van de wetten van Kirchhoff.**

*Met inbegrip van kennis*

**\*Feitenkennis**

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder elektrische spanning, stroomsterkte, weerstand, geleidbaarheid
- Symbolen en regels voor schematische voorstellingen inherent aan de afbakening van het cesuurdoel
- Formules
  - > Weerstand  $R=U/I$
  - > Geleidbaarheid  $G=I/U$
- Wet van Ohm

**\*Conceptuele kennis**

- Gelijkstroomkringen
- Conventionele stroomzin
- Wet van Ohm
- Serie- en parallelschakeling van weerstanden
- Substitutieweerstand
- Wetten van Kirchhoff

**\*Procedurele kennis**

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Oplossen van netwerken van weerstanden en spanningsbronnen in gelijkstroomkringen a.d.h.v. de wetten van Kirchhoff
  - > Opstellen van het stelsel van vergelijkingen
  - > Oplossen van het stelsel van vergelijkingen met ICT

*Met inbegrip van context*



- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur

-

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Analyseren

#### **11.4.1 De leerlingen verklaren de inwendige werking van elementaire elektronische componenten Met inbegrip van kennis**

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder halfgeleider, transistor
- Symbolen en regels voor schematische voorstellingen inherent aan de afbakening van het cesuurdoel

\*Conceptuele kennis

- Kristalstructuur van halfgeleiders, p- en n-gedopeerde halfgeleiders
- Inwendige werking van een diode en een MOSFET-transistor

Met inbegrip van context

- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Begrijpen

#### **11.4.2 De leerlingen ontwerpen elektronische schakelingen in functie van vooropgestelde criteria.**

Met inbegrip van kennis

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder sensor, actuator
- Symbolen en regels voor schematische voorstellingen inherent aan de afbakening van het cesuurdoel

\*Conceptuele kennis

- Elektronische schakelingen met digitale en analoge componenten
- Dender, vrijlooptiode
- Gedrag van logische poorten
- Programmeerbare stuureenheden zoals een microprocessor, een pc
- Gedrag van eenvoudige sensoren en actuatoren

\*Procedurele kennis

- Minimaliseren van digitale logica
- Vergelijken en kiezen van componenten a.d.h.v. technische data, i.f.v. vooropgestelde criteria
- Omzetten van een probleemstelling in een schakeling met programmeerbare stuureenheid, sensoren en actuatoren
- Tekenen, interpreteren en simuleren van schakelingen met software
- Programmeren van een programmeerbare stuureenheid
- Visualiseren van signalen i.f.v. de tijd met software of met een oscilloscoop

Met inbegrip van context



- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur. Het gebruik en het nut van relevante niet-SI-eenheden worden behandeld.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Creëren

### 11.2.1 De leerlingen analyseren elektromagnetische fenomenen en toepassingen ervan kwalitatief en kwantitatief aan de hand van de concepten kracht en veld.

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder lading, kracht, elektrische veldsterkte, elektrische potentiaal, elektrische spanning, magnetische inductie

\*Conceptuele kennis

- Het elektrisch veld
  - > Coulombkracht inclusief formule voor de grootte ervan  $F = k \cdot |Q_1| \cdot |Q_2| / r^2$
  - > Elektrische veldsterkte als vectoriële grootheid, elektrische veldlijnen en het verband tussen die twee
  - > Elektrische potentiaal en elektrische spanning
  - > Radiaal veld: elektrische veldsterkte in een punt inclusief formule voor de grootte ervan  $E = k \cdot |Q| / r^2$
  - > Homogeen veld: elektrische veldsterkte in een punt en elektrische spanning tussen twee punten inclusief formule voor het verband tussen de groottes ervan  $E = U/d$
  - > Capaciteit van een condensator en van een vlakke condensator inclusief formules  $C = Q/U$  en  $C = \epsilon \cdot A/d$
- Het magnetisch veld
  - > Magnetische inductie als vectoriële grootheid, magnetische veldlijnen en het verband tussen die twee
  - > Magnetische inductie bij een stroomvoerende rechte geleider en bij een stroomvoerende spoel inclusief formules voor de groottes ervan  $B = \mu \cdot I / (2\pi \cdot r)$  en  $B = \mu \cdot I \cdot N / \ell$
  - > Informeel begrip van magnetische spin bij atomen
  - > Weissgebieden
  - > Kracht op een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld inclusief formule voor de grootte ervan  $F = B \cdot \ell \cdot I \cdot \sin\alpha$
- Het fenomeen elektromagnetische inductie
  - > Magnetische flux inclusief formule  $\Phi = A \cdot B \cdot \cos(\alpha)$
  - > Wetten van Lenz en Faraday
  - > Inductiespanning inclusief formule  $U = -N \cdot \Delta\Phi / \Delta t$

\*Procedurele kennis

- Werken met vectoriële grootheden
  - > Bepalen van richting en zin van een vectoriële grootheid
  - > Ontbinden van een vector in zijn componenten: grafisch en via berekening
  - > Samenstellen van vectoren: grafisch en via berekening
- Schetsen van vectoren en grafieken
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium



- Oplossen van problemen m.b.t. elektromagnetisme

*Met inbegrip van context*

- Het cesuurdoel wordt met context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur. Het gebruik en het nut van relevante niet-SI-eenheden worden behandeld.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: Analyseren

**11.2.2 De leerlingen analyseren elektrische gelijkstroomkringen kwalitatief en kwantitatief.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder lading, elektrische spanning, stroomsterkte, weerstand, geleidbaarheid, vermogen
- Symbolen en regels voor schematische voorstellingen inherent aan de afbakening van de specifieke eindterm
- Formules
  - > Stroomsterkte  $I = \Delta Q / \Delta t$
  - > Weerstand  $R = U / I$
  - > Geleidbaarheid  $G = I / U$
  - > Vermogen inclusief formule  $P = U \cdot I$
- Wet van Ohm

\*Conceptuele kennis

- Gelijkstroomkringen
- Conventionele stroomzin en werkelijke stroomzin
- Stroomsterkte inclusief formule  $I = \Delta Q / \Delta t$
- Weerstand: concept, fysieke component en grootheid inclusief formule  $R = U / I$
- Geleidbaarheid inclusief formule  $G = I / U$
- Wet van Ohm
- Joule-effect inclusief formule  $Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$
- Vermogen inclusief formule  $P = U \cdot I$
- Wet van Pouillet inclusief formule  $R = \rho \cdot \ell / A$
- Serie- en parallelschakeling van weerstanden
  - > Onbelaste spanningsdeler
  - > Substitutieweerstand
  - > Verdelingswetten voor spanning en stroomsterkte
- Condensator, capaciteit van een condensator inclusief formule  $C = Q / U$
- Opladen en ontladen van een condensator in een gelijkstroomkring met een condensator en een weerstand inclusief opladings- en ontladingscurve

\*Procedurele kennis

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Berekenen van de substitutieweerstand van een gemengde schakeling van weerstanden
- Oplossen van gemengde schakelingen van weerstanden en één spanningsbron in gelijkstroomkringen

### *Met inbegrip van context*

- Het cesuurdoel wordt met context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur.

### *Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: Analyseren

## **11.9.1 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot de thermodynamica kwalitatief en kwantitatief om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren.**

### *Met inbegrip van kennis*

#### \*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel waaronder arbeid, energie, warmte
- Formule voor ideale gaswet  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

#### \*Conceptuele kennis

- Wet van behoud van energie
- Arbeid verricht door een systeem, verandering van inwendige energie van een systeem en warmtehoeveelheid toegevoegd aan een systeem
- De 0<sup>de</sup> en 1<sup>ste</sup> hoofdwet van de thermodynamica
- Energiedissipatie
- Open, gesloten en geïsoleerd systeem
- Thermodynamische processen zoals een smeltproces, een kookproces
- Rendement inclusief formule  $\eta = E_{\text{nuttig}} / E_{\text{totaal}}$
- Fasediagrammen
- Ideale gaswet als toestandsvergelijking inclusief formule  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
- Merkbare en latente warmte inclusief formules  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  en  $Q = \ell \cdot m$
- Warmtebalans bij temperatuursveranderingen en faseovergangen

#### \*Procedurele kennis

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruik van een formularium
- Oplossen van kwantitatieve problemen m.b.t. de ideale gaswet en de warmtebalans
- Oplossen van problemen m.b.t. thermodynamica

### *Met inbegrip van context*

Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.

- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur. Het gebruik en het nut van relevante niet-SI-eenheden worden behandeld.
- Faseovergangen m.b.t. de warmtebalans zoals verdampen, condenseren, smelten en stollen

### *Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: Toepassen

## **11.10.1 De leerlingen analyseren fenomenen met betrekking tot de statica van vloeistoffen en toepassingen ervan kwalitatief en kwantitatief.**



Met inbegrip van kennis

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van het cesuurdoel, waaronder druk, kracht
- Formules
  - > Druk  $p=F/A$
  - > Ideale gaswet  $p \cdot V=n \cdot R \cdot T$

\*Conceptuele kennis

- Fluida, gassen, vloeistoffen
- (On)samendrukbaarheid van fluida
- Druk op en in fluida
- Overdruk, onderdruk, atmosferische druk
- Hydrostatische druk in een fluïdum
- Totale druk in een fluïdum inclusief formule  $p=p_0+p \cdot g \cdot h$
- Beginsel van Pascal
- Ideale gaswet inclusief formule  $p \cdot V=n \cdot R \cdot T$

\*Procedurele kennis

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Kwalitatief en kwantitatief analyseren van problemen m.b.t. fluïdostatica
- Oplossen van kwantitatieve problemen m.b.t. totale druk in een fluïdum en de ideale gaswet

Met inbegrip van context

- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur. Het gebruik en het nut van relevante niet-SI-eenheden worden behandeld.

Met inbegrip van dimensies eindterm

Cognitieve dimensie: Analyseren

### **11.10.3 De leerlingen analyseren ofwel hydraulische ofwel elektrohydraulische ofwel pneumatische ofwel elektropneumatische schakelingen.**

Met inbegrip van kennis

\*Feitenkennis

- Vakterminologie, notaties, namen van grootheden en eenheden, symbolen van grootheden en eenheden inherent aan de afbakening van de specifieke eindterm waaronder pomp, ventiel, smoorklep, cilinder
- Symbolen en regels voor schematische voorstellingen inherent aan de afbakening van het cesuurdoel

\*Conceptuele kennis

- Druk, debiet, vermogen
- Componenten: pompen, ventielen, cilinders, smoorkleppen
- Eigenschappen van componenten

- Schakelingen van componenten

\*Procedurele kennis

- Vergelijken van componenten a.d.h.v. technische data
- Tekenen, interpreteren en simuleren van schakelingen met software

Met inbegrip van context

- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.
- Het gebruik van grootheden en eenheden uit het SI krijgt de voorkeur. Het gebruik en het nut van relevante niet-SI-eenheden worden behandeld.

Met inbegrip van dimensies eindterm

\*Cognitieve dimensie: Analyseren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en computationele concepten uit de studierichtingspecifieke eindtermen
- Wetenschappelijke methode
- Technisch proces

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van context*

- De problemen hebben een maatschappelijke relevantie.
- Elke STEM-discipline komt tenminste met één andere STEM-discipline geïntegreerd aan bod.
- De duurzame ontwikkelingsdoelen zoals geformuleerd door de internationale gemeenschap worden aangereikt (SDG's, sustainable development goals).

*Met inbegrip van dimensies eindterm*



Cognitieve dimensie: Creëren

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

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Algemene inleiding .....</b>	<b>5</b>
1.1	Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten .....	5
1.2	De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs .....	5
1.3	Ruimte voor leraren(teams) en scholen .....	6
1.4	Differentiatie .....	7
1.5	Opbouw van de leerplannen.....	8
1.6	Tot slot .....	8
<b>2</b>	<b>Situering .....</b>	<b>9</b>
2.1	Samenhang met de eerste graad .....	9
2.2	Samenhang in de tweede graad .....	9
2.3	Plaats in de lessentabel.....	9
<b>3</b>	<b>Pedagogisch-didactische duiding .....</b>	<b>11</b>
3.1	Technologische wetenschappen en het vormingsconcept.....	11
3.2	Krachtlijnen .....	12
3.3	Opbouw.....	13
3.4	Leerlijnen.....	14
3.4.1	Samenhang met de eerste graad .....	14
3.4.2	Samenhang in de tweede graad .....	14
3.4.3	Samenhang met de derde graad.....	14
3.5	Aandachtspunten.....	14
3.5.1	Mogelijke organisatievormen .....	14
3.5.2	Samenhang tussen wetenschappen .....	15
3.5.3	Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de doelen Engineering .....	15
3.5.4	Onderzoekend leren, leren onderzoeken .....	16
3.5.5	Ontwerpend leren, leren ontwerpen.....	16
3.5.6	Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten .....	16
3.5.7	Samenhang vanuit inzicht in ‘wetenschappelijke kernideeën’ (Big ideas) .....	17
3.5.8	Samenhang met andere leerplannen binnen de finaliteit .....	17
3.5.9	Samenhang over de finaliteiten heen .....	19
3.6	Leerplanformularium .....	19
3.6.1	Mechanica.....	19
3.6.2	Arbeid, energie, vermogen en rendement .....	19
3.6.3	Elektriciteit .....	20

3.6.4	Druk in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, thermodynamica .....	20
<b>4</b>	<b>Leerplandoelen .....</b>	<b>21</b>
4.1	Engineering .....	21
4.2	Technologische wetenschappen .....	29
4.2.1	De Wetten van Newton .....	29
4.2.2	Bewegingsleer .....	31
4.2.3	Statisch evenwicht in het vlak.....	32
4.2.4	Materialenleer .....	33
4.2.5	Arbeid en energie.....	34
4.2.6	Gelijkstroomkringen.....	35
4.2.7	Electrostatica, elektromagnetisme en inductie .....	37
4.2.8	Elektronica - ICT .....	39
4.2.9	Hydrostatica .....	41
4.2.10	Thermodynamica .....	42
4.3	Chemie .....	44
4.3.1	Mengsels en zuivere stoffen .....	44
4.3.2	Aspecten van een chemische reactie.....	45
4.3.3	Bouw en eigenschappen van atomen.....	46
4.3.4	Chemische bindingen .....	48
4.3.5	Indeling van samengestelde stoffen .....	49
4.3.6	Principe van oplossen en elektrische geleiding .....	51
4.3.7	Kwantitatieve aspecten.....	51
4.3.8	Reactiesoorten .....	52
<b>5</b>	<b>Basisuitrusting .....</b>	<b>54</b>
5.1	Infrastructuur .....	54
5.2	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur .....	55
5.3	Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken .....	55
<b>6</b>	<b>Concordantie .....</b>	<b>55</b>
6.1	Eindtermen.....	59
6.2	Cesuurdoelen .....	77