

## Mechanische technieken B+S

2de graad D/A-finaliteit

II-MeTe-da

BRUSSEL

D/2021/13.758/071

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.

## 2 Situering

### 2.1 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.

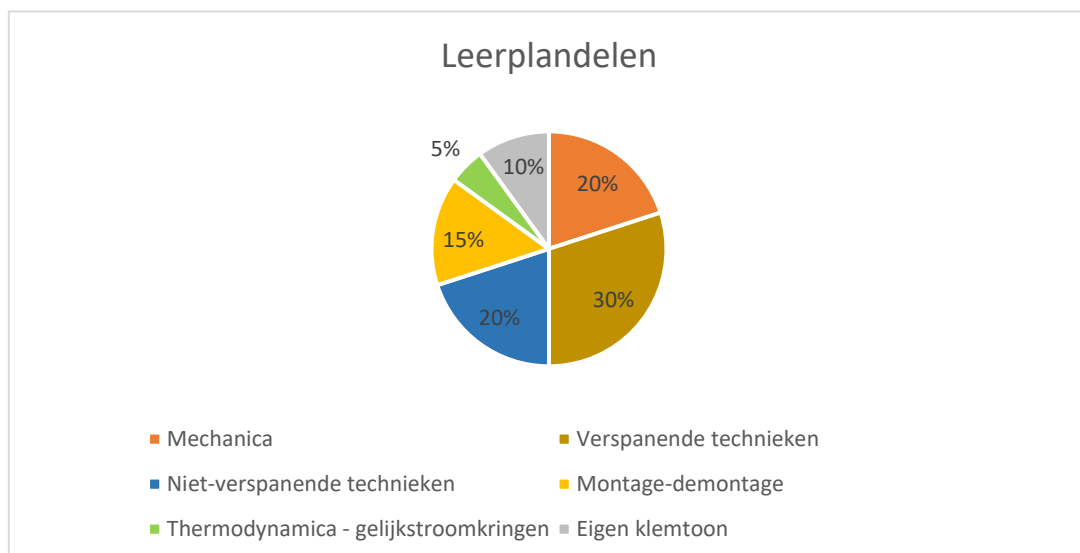
We vinden in het leerplan Natuur, ruimte & techniek doelen terug die betrekking hebben op kracht en (verandering van) beweging, energie, materie, structuur en functies in systemen, interacties tussen mens, natuur, techniek en ruimte, kringlopen en voortplanting. Nieuw voor de eerste graad is dat deze 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'.

### 2.2 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 Mechanische technieken doelgericht te combineren met inhoudelijke doelen in Biologie, Chemie, Aardrijkskunde en Wiskunde.

### 2.3 Plaats in de lessentabel

Het leerplan is gericht op 25 graaduren en is bestemd voor de studierichting Mechanische technieken. 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. [\[zie disclaimer\]](#)

## 3 Pedagogisch-didactische duiding

### 3.1 Mechanische technieken en het vormingsconcept

Het leerplan Mechanische technieken is ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialogeschool. In het leerplan ligt de nadruk op de natuurwetenschappelijke en technische vorming en is er 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 levensechte problemen op te lossen. Verwondering, het voeden van nieuwsgierigheid zijn een belangrijke motor om verschijnselen op een wetenschappelijke manier te beschrijven en te verklaren. Niet alleen de inhouden maar vooral de duurzaamheid van kennis en vaardigheden, het zelf denken en kritisch zijn, het zelf kunnen onderzoeken en ontwerpen zijn richtinggevend.

In 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 technische 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 Mechanische technieken 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 Mechanische technieken. 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.

## 3.2 Krachtlijnen

### *Natuur- en technologische-wetenschappelijke vaardigheden, denk- en werkwijzen ontwikkelen*

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.

### *Natuur- en technologisch-wetenschappelijke kennis ontwikkelen*

In Mechanische technieken verwerven leerlingen contextgericht inzicht in de fysische concepten: kracht, verandering van beweging, statisch evenwicht in het vlak, materiaaleigenschappen, arbeid en energie, thermodynamica. Hierbij is er een sterke verwevenheid met het toepassen van ontwerpmethoden, digitale technologieën en realisatietechnieken in technische processen en systemen.

### *Toepassen van ontwerpmethoden, realisatietechnieken in technische processen en systemen*

De leerlingen leren technische processen en systemen ontwikkelen, analyseren en toepassen tijdens de geïntegreerde projecten met betrekking tot montage, verspanende en niet-verspanende technieken. Ze leren meettechnieken en meetmethoden gericht toe te passen tijdens de realisaties. De leerlingen leren ontwerpen in een CAD/CAM omgeving. Ze maken een studie van het ontwerp, een werkvoorbereiding en leren keuzes maken in functie van materialen, tools, productieproces, constructie ... Zorg voor het milieu, veilig en ergonomisch werken vormen een rode draad doorheen de studierichting.

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

De leerlingen denken in functie van het proces 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.

### 3.3 Opbouw

Het leerplan omvat STEM-doelen en doelen Mechanische technieken.

#### STEM-doelen

De STEM-doelen verwijzen naar typische, meestal generieke werkwijzen van ingenieurs en technici:

- wetenschappelijke methoden voor onderzoek;
- technische processen en technische systemen onderzoeken;
- keuzes beargumenteren;
- modelleren en problemen oplossen in techniek;
- interacties tussen wetenschap, techniek, engineering en wiskunde.

De STEM-doelen bieden ruimte aan de leraar om verschillende verbanden tussen kennis en vaardigheden te leggen vanuit een systematische benadering, toegepast aan meerdere inhouden en contexten.

#### Leerdoelen Mechanische technieken

De leerdoelen Mechanische technieken behandelen kennis en inzicht in wetmatigheden, vaardigheden, technische systemen en processen, kennis van technologie en materialen.

De leerdoelen zijn geordend volgens onderstaande rubrieken.

- Mechanica
  - De wetten van Newton
  - Bewegingsleer
  - Statisch evenwicht in het vlak
  - Arbeid en energie
- Thermodynamica
- Elektrische gelijkstroom
- Mechanische technieken
  - Montage - demontage
  - Niet-verspanende technieken
  - Verspanende technieken

### 3.4 Leerlijnen

#### 3.4.1 Samenhang met de eerste graad

De STEM-doelen in het leerplan Mechanische technieken 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 ontwerpend/onderzoekend leren centraal staat.

### 3.4.2 Samenhang in de tweede graad

Mechanische technieken heeft een samenhang met Wiskunde, Biologie, Chemie en Aardrijkskunde. In Wiskunde leren leerlingen probleem oplossen, rekenen met reële getallen, 2D-voorstellingen van 3D-situaties analyseren, rekenen met vectoren, formules omvormen, eerstegraadsfuncties gebruiken, verbanden beschrijven en beschrijvende statistiek. Via de STEM-doelen is het ook interessant samen te werken met het vak Biologie en Chemie. In functie van een duurzame samenleving is er een samenhang met Aardrijkskunde.

### 3.4.3 Samenhang met de derde graad

Het leerplan Mechanisch technieken is de logische studierichting in de tweede graad voor de studierichting Mechanische vormgevingstechnieken in de derde graad.

## 3.5 Aandachtspunten

Het leerplan Mechanische technieken is een graadleerplan. Het lerarenteam dient de leerplandoelen te spreiden over de twee leerjaren, overleg en een planmatige aanpak is hierbij belangrijk. Het samenspel van kennis, vaardigheden en attitudes onderschrijft het geïntegreerd projectmatig werken volgens het **technisch proces**. Hierbij omschrijven we het geheel vanuit een reële behoefte gekoppeld aan het samengaan van verschillende leerplandoelen: leerdoelen mechanische technieken en STEM-doelen. Tijdens de voorbereiding van de opdracht wordt **relevante kennis en inzichten** aangeboden om de opdracht voldoende sterk aan te vatten. De leerlingen leren ook gemaakte keuzes binnen het technisch proces te beargumenteren. Vervolgens leren de leerlingen een planning opstellen en hun werkplek organiseren. Vaardigheden en handelingen oefenen de leerlingen in gedurende de uitvoering en realisatie. Hierbij wordt zowel het **realiseren van een product als het doorlopen proces** centraal gesteld. Reflectie op het doorlopen proces kan een belangrijk leermoment zijn voor de leerlingen en biedt kans tot remediëring.

Om de beroepsgerichte vorming in de D/A-finaliteit effectief te realiseren, is het van belang dat leerlingen een aantal generieke competenties verwerven. Zij fungeren als onderbouw van de beroepsgerichte vorming, ze zijn de voorwaarde om die vorming te kunnen realiseren. In sommige gevallen worden die generieke competenties in het leerplan binnen specifieke doelen uitgediept of geconcretiseerd, maar in alle gevallen is het belangrijk dat je er als leraar en lerarenteam oog voor hebt. Je vindt die generieke onderbouwende competenties bij LPD 0.

### 3.5.1 Mogelijke organisatievormen

Het raakvlak tussen de leerplandoelen STEM en mechanische technieken 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 mechanische technieken integraal toe te wijzen aan een cluster mechanische technieken en het ontwikkelen van competenties STEM te integreren in functie van het concept. 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 STEM-project op te lossen **centraal** in de cluster mechanische technieken. In deze organisatievorm wordt de keuze van projecten hoofdzakelijk gedacht vanuit de leerplandoelen mechanische technieken.

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 STEM-project en koppelt er de relevante technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige inzichten (concepten) aan die nodig zijn om het probleem op te lossen, de **leerplandoelen STEM** staan hier **centraal**.

### 3.5.2 Samenhang tussen wetenschappen

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

- Vertrekken vanuit de ideeën en interesses van de leerlingen. Om dit concreet vorm te geven in de didactische praktijk kan je als leraar de concept-context benadering of context-concept benadering hanteren.
- De STEM-doelen in het leerplan doelgericht combineren met inhoudelijke doelen mechanische technieken. Aan de hand van deze STEM-doelen kunnen leerlingen de rol van een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen ervaren.
- Gebruik maken van STEM-concepten. Dit zijn vakdiscipline-overschrijdende denkwijzen (in de vakdidactische literatuur ook soms perspectieven genoemd) om natuurlijke en technische systemen te analyseren. Deze concepten kunnen leerlingen ondersteunen bij het onderzoeken. Om dit aan bod te laten komen zet je als leraar of lerarenteam het STEM-doel 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.

Die 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.

### 3.5.3 Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de STEM-doelen

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

Als leerlingen deze STEM-doelen inoefenen met verschillende inhouden en in verschillende contexten krijgen zij kansen om vlotter tot transfer te komen. Daarom komen de STEM-doelen steeds in combinatie met doelen uit de leerplanrubrieken van mechanische technieken aan bod. Hierdoor kan het schoolteam

verbanden tussen kennis en vaardigheden op verschillende manieren benaderen en meer betekenis geven aan de doelen.

### 3.5.4 Onderzoekend leren, leren onderzoeken

Onderzoekend leren en leren onderzoeken is een belangrijk item in de STEM-doelen. 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...).

### 3.5.5 Ontwerpend leren, leren ontwerpen

Ontwerpend leren en leren ontwerpen benoemen we in het leerplan Mechanische technieken met de leerdoelen STEM. 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 de mogelijkheden/opportunities afwegen en verfijnen tot een idee van oplossing;
- het idee van oplossing omzetten in een prototype en testen in functie van het proces en het product;
- om tenslotte een degelijk ontwerp te realiseren.

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

### 3.5.6 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.

### 3.5.7 Samenhang vanuit inzicht in 'wetenschappelijke kernideeën' (Big Ideas)

Het is belangrijk dat leerlingen er door het wetenschapscurriculum heen in slagen om een zeker overzicht te behouden en de samenhang te zien tussen wetenschappelijke ideeën. Binnen het omvangrijk geheel van



ideeën die in een wetenschapscurriculum aan bod komen zijn er een aantal kernideeën die breed kunnen ingezet worden.

Onderstaande kernideeën worden in de literatuur vaak onderscheiden:

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

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

### 3.5.8 Samenhang met andere leerplannen binnen de finaliteit

Elektrotechnieken	Elektromechanische technieken	Mechanische technieken	Voertuigtechnieken
<b>Kernwetenschappen:</b>			
Elektriciteit + elektronica	Elektriciteit + elektronica	Elektrische gelijkstroomkringen	Elektriciteit + elektronica
Mechanica	Mechanica	Mechanica + constructieleer	Mechanica
Thermodynamica	Thermodynamica	Thermodynamica	Thermodynamica
Hydrostatica	Hydrostatica		Hydrostatica
<b>Technologisch denken en vaardig zijn:</b>			
Elektrotechnische realisaties: huishoudelijke niet-huishoudelijke installaties	Elektrotechnische realisaties: automatisatie niet-huishoudelijke installaties		Elektrotechnische realisaties: auto-elektriciteit
Programmeerbare sturingen	Programmeerbare sturingen		Programmeerbare sturingen
Elektropneumatica	Elektropneumatica		Elektropneumatica Elektrohydraulica
(de)Montagetechnieken	(de)Montagetechnieken	(de)Montagetechnieken	(de)Montagetechnieken
Onderhouds- en diagnosetechnieken	Onderhouds- en diagnosetechnieken		Onderhouds- en diagnosetechnieken
		CAD/CAM	
		Verspanende technieken	
		Niet-verspanende technieken	
<b>Context</b>			
Elektrotechnische installaties	Elektromechanische installaties	Mechanische vormgeving	Voertuigen

### 3.5.9 Samenhang over de finaliteiten heen

D-finaliteit	D/A-finaliteit	A-finaliteit
--------------	----------------	--------------



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

### 3.6 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.

#### 3.6.1 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 $F = k \cdot \Delta l$
Constante snelheid $\Delta x = v \cdot \Delta t$	Krachtsmoment $M = r \cdot F \cdot \sin \alpha$
	Gemiddelde snelheid $v_g = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
	Gemiddelde versnelling $a_g = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
	Centripetaalkracht $F = m \cdot \frac{v^2}{r}$

#### 3.6.2 Arbeid, energie, vermogen en rendement

Te kennen	Te begrijpen, toepassen
Rendement $\eta = E_{\text{nuttig}}/E_{\text{toegevoegd}}$	
Gemiddeld vermogen $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$	Joule-effect $Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$
Vermogen $P = U \cdot I$	
	Gravitatiele 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 $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha$	

### 3.6.3 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 $G = \frac{I}{U}$	

### 3.6.4 Druk in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, 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 $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$

## 4 Leerplandoelen

### LPD 0 De leerlingen handelen

- **in teamverband (organisatiecultuur, communicatie, procedures);**
- **kwaliteitsbewust;**
- **economisch en duurzaam;**
- **veilig, ergonomisch en hygiënisch.**

- ✓ Het leerplandoel bouwt verder op een aantal funderende doelen opgenomen in het Gemeenschappelijk Funderend leerplan. Door het doel te realiseren draag je bij tot de realisatie van de volgende doelen van het GFL:
  - LPD 2.1: de leerlingen gedragen zich zorgzaam en respectvol in relaties.
  - LPD 2.3: de leerlingen werken samen om bij te dragen aan een gemeenschappelijk resultaat.
  - LPD 3.3: de leerlingen ontwikkelen een integere en op rechtvaardigheid en duurzaamheid gerichte levensbeschouwing.
  - LPD 3.4: de leerlingen werken aan een rechtvaardige en duurzame samenleving waar plaats is voor iedereen.
  - LPD 5.1: de leerlingen doorlopen een creatief denkproces waarbij ze een zelfgekozen idee onderzoeken en vormgeven in de praktijk.
  - LPD 8.3: de leerlingen handelen veilig in de school en respecteren de veiligheidsvoorschriften en procedures.
  - LPD 10.1: de leerlingen gaan op een respectvolle manier om met regels en afspraken in de school en in de samenleving.

- LPD 10.2: de leerlingen maken onderbouwde en verantwoorde ethische keuzes.
- ✓ Door in teamverband te handelen leren de leerlingen de organisatiecultuur, de interne communicatie en procedures kennen.
- ✓ De leerlingen leren gedurende het gehele technisch proces kwaliteitsbewust te handelen door meetbare evaluatiecriteria te hanteren.
- ✓ Economisch en duurzaam handelen kan je realiseren samen met LPD 24 en LPD 25.
- ✓ De leerlingen leren aanwijzingen volgen, problemen melden, communiceren en rapporteren.

## 4.1 STEM-doelen

### 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 (NRTa 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 ontlaadcurve 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 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 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 aangereikte 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 (NRTa LPD 26) en leiden ze energieomzettingen af in systemen (NRTa LPD 29). Daarnaast gebruiken ze aangereikte en zelfgemaakte modellen of simulaties (NRTa 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 (NRTa LPD 24).

- ✓ De aangereikte STEM-concepten zijn een hulpmiddel en leidraad om systemen te analyseren. Ze helpen om in een les vanuit een bepaald perspectief te kijken naar het systeem. 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.
- ✓ Weergeven waar energie en materie vandaan komen of naartoe gaan is belangrijk om een systeem te begrijpen. Je kan leerlingen stromen zoals de invoer, verwerking, uitvoer en opslag van materie, energie en informatie (getallen, data...) in een

systeem met deelsystemen laten onderscheiden en visualiseren met een blokschema als systeemmodel.

- ✓ Willen weten waarom iets gebeurt is een belangrijke drijfveer. Oorzaak-gevolg relaties zoals toestandsveranderingen, 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 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 systemen, 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 zoals 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...
- ✓ Leerlingen hebben reeds een zekere vertrouwdheid opgebouwd met het gebruik van specifieke modellen die een systeem of verschijnsel benaderd weergeven zoals deeltjesmodel,, vectormodel, stroommodel, terugkoppelingsschema.
- ✓ 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.**

#### **★ Controle- en meettechnieken**

##### Meetmethoden en meettechnieken

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad gebruiken leerlingen hulpmiddelen om metingen, lokalisaties, observaties, experimenten en een terreinstudie uit te voeren (NRTa LPD 1). In wiskunde leren ze ICT selectief en doelgericht hanteren (WISa LPD 4).



- ✓ Meetinstrumenten zoals micrometer, schroefmaat, drukmeter, temperatuurmeter, meetkaliber.
- ✓ Hulpmiddelen zoals thermometer, gereedschappen, chronometer, dynamometer, manometer, sensoren, camera, fototoestel, ICT.
- ✓ Technologische en STEM-contexten zoals energieverbruik van toestellen, ruwheidsmeting...
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en het meetbereik van een meetinstrument in functie van de uit te voeren meting.
- ✓ Je besteed 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.**

- ★ Schatten van grootheden aan de hand van referentiepunten

Meetnauwkeurigheid

Herleiden van courante eenheden

**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 (NRTa 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 is op zoek 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 de notaties met machten van 10 of ingenieursnotatie gebruiken.
- ✓ Je kan bewust leren omgaan met nauwkeurigheid van meetresultaten in functie van de gekozen meetinstrumenten en de context.
- ✓ Je kan afspraken maken over symboolgebruik over de vakken heen zodat eventuele verschillen kunnen geduid worden.

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

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 23, 29

**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). Leerlingen 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.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor het opstellen en interpreteren van vectoriële voorstellingen, grafieken en formules.
- ✓ 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 ontwerpen een STEM-oplossing voor een technisch probleem door inzichten, concepten en vaardigheden uit wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische wetenschappen geïntegreerd toe te passen.**

- ★ **Probleemoplossend proces: ontwerpen en technisch proces**
  - Oriënteren/analyseren: leren een probleem ontleden en noden vaststellen, bepalen van criteria, identificeren van deelproblemen
  - Verbeelden: oplossingsmogelijkheden vooropstellen en bespreken met als doel een doordachte technische-technologische keuze te maken
  - Plannen: verschillende bronnen raadplegen 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 ... (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 tweede graad:** II-WisS-da LPD 01, 19, 20

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

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



- ✓ Ontwerpen 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 gericht inzetten van vergadermethodieken en -technieken bij het doorlopen van de verschillende fasen van het leren onderzoeken en probleemoplossend denken.
- ✓ Om gefundeerde beslissingen te nemen bij het probleemoplossen kunnen leerlingen wetenschappelijke onderzoeksmethoden toepassen. Dit leerplandoel wordt dan gecombineerd met LPD 01.
- ✓ Bepalen van criteria zoals behoeften, duurzaamheid, klimaat, ecologie, veiligheid, ergonomie, esthetisch, ethisch.
- ✓ 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, foutzoeken (meten) op hardware ...
- ✓ Algoritmen zoals geconcretiseerd in een diagram (flowchart/stroomschema) van een werkwijze of een proces.
- ✓ Je kan aandacht hebben bij ontwerp voor standaardmaterialen, uniform maken van onderdelen.
- ✓ Je kan de link maken met het ICT-leerplan voor het gebruik van tekstuele programmeertaal.
- ✓ Na een ontwerp opdracht kan je de resultaten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding, portfolio.

## **LPD 7 De leerlingen beargumenteren keuzes bij 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 (NRTa LPD 7).

- ✓ 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 bv. 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 8 De leerlingen leggen aan de hand van concrete maatschappelijke uitdagingen de wisselwerking tussen natuurwetenschappen, technologische wetenschappen, wiskunde en de maatschappij uit.**

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad illustreren de leerlingen de wisselwerking tussen STEM-disciplines onderling en met de maatschappij (NRTa LPD 9) en geven ze toepassingsvoorbeelden van wiskunde (WISa LPD9).

- ✓ 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.
- ✓ Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor de relatie tussen maatschappelijke behoeften, keuzes en STEM-toepassingen.
- ✓ Een historische ontwikkeling als voorbeeld kan de (interdisciplinaire) wisselwerking tussen wiskunde, wetenschappen en technologie verhelderen en deze laten zien als culturele ontwikkeling.
- ✓ 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, keuzes en uitdagingen zoals klimaatverandering, hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, onderwijs,



watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceaانvervuiling komen aan bod.

- ✓ Een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstelling of vereniging kan veel relaties tussen de samenleving en 'onderzoek en ontwikkeling' verhelderen.

## 4.2 Mechanica

### 4.2.1 De wetten van Newton

#### LPD 9 De leerlingen stellen een kracht, snelheid en versnelling vectorieel voor.

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 12, 13

- ✓ Je hebt aandacht voor de grootte, richting, zin, aangrijpingspunt van een vector.
- ✓ Je kan dit leerplandoel in sterke samenhang zien met de leerplandoelen over kracht en beweging, link met LPD 10, 11.

#### LPD 10 De leerlingen onderzoeken kwalitatief en kwantitatief de drie wetten van Newton.

- ★ Soorten krachten: gravitatiekracht, zwaartekracht, wrijvingskracht, normaalkracht, veerkracht

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ De drie wetten van Newton:
  - traagheidswet;
  - het verband tussen kracht, massa en versnelling;
  - actie- en reactiekrachten.
- ✓ De termen massa en gewicht worden vaak met elkaar verward, het is belangrijk om een goed onderscheid tussen beide te maken.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor de dynamische effecten van een kracht: versnellen, vertragen en van richting veranderen.
- ✓ Een onderzoek kan gestart worden van uit een ervaring, experiment, videofragment.
- ✓ Je kan het verband leggen met het fenomeen zwaartekracht: massa, valversnelling (gravitatiekracht) en zwaartepunt.
- ✓ Je kan grootheden opmeten met sensoren.
- ✓ Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd.

## 4.2.2 Bewegingsleer

### LPD 11 De leerlingen onderzoeken het verband tussen constante snelheid, verplaatsing en tijd.

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ Je kan grootheden opmeten met sensoren.
- ✓ Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
- ✓ je kan het verband leggen met een constante snijsnelheid bij het vormgeven. Via videoanalyse kan het onderzoekend leren sterk ondersteund worden.

### LPD 12 De leerlingen berekenen de positie, de grootte van de snelheid en de grootte van de versnelling bij eenparig rechtlijnige en cirkelvormige bewegingen en verticale worp.

- ★ Verplaatsing en afgelegde weg, puntmassa en star lichaam, rotatie en translatie

Kinematica van puntmassa's

Positie, verplaatsing, snelheid en versnelling als vectoriële grootte

Gemiddelde snelheid/versnelling en ogenblikkelijke snelheid/versnelling

Positie- en snelheidsfunctie

Grafische voorstelling:  $x(t)$ ,  $v(t)$ ,  $a(t)$

Centripetaalkracht

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ Je kan overbrengingsmechanismen als toepassing inbrengen bij de bespreking van de verschillende bewegingen.
- ✓ Je kan de veranderlijke beweging bij uitbreiding aan bod laten komen. Een veranderlijke beweging kan bij wijze van differentiatie opgebouwd worden uit samengestelde bewegingen van versnelling, constante snelheid, vertraging.
- ✓ 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 bij de 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.
- ✓ Je kan werken met videoanalyse om het onderzoekend leren sterk te ondersteunen.
- ✓ Leg het verband met snijsnelheden bij vormgeving.
- ✓ Een onderzoek kan in samenhang met de STEM-doelen bestaan uit:



- klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
- beweging in een mechanisme;
- positie van een voertuig in functie van de rotatiefrequentie wielen;
- verband tussen rotatiefrequenties en omtreksnelheden in een overbrengingsmechanisme.

### 4.2.3 Statisch en dynamisch evenwicht in het vlak

#### LPD 13 De leerlingen berekenen krachten, krachtmomenten en koppels.

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 12, 13

- ✓ Toepassing krachtenmoment: de momentsleutel, cranklengte van een fietstrapas.
- ✓ Je kan dit leerplandoel toepassingsgericht benaderen door gebruik te maken van mechanismen: riemen, tandwielen, mechanische geleiders, katrollen, lagers, veersystemen, kruk-drijfstangmechanisme.
- ✓ Je kan de link leggen met de leerplan doelen montage-demontage.

#### LPD 14 De leerlingen stellen de krachten- en krachtmomentbalans op in functie van statisch evenwicht in het vlak.

##### ★ Zwaartepunt, massamiddelpunt, oppervlaktetraagheidsmoment

- ✓ Je kan de leerlingen een krachtenbalans of momentenbalans laten schetsen om de resulterende kracht of krachtmoment te bekomen.
- ✓ Bij het begrip krachtmoment kan je als toepassing de momentsleutel, cranklengte van een fietstrapas gebruiken.
- ✓ 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.
- ✓ Toepassingen: Hefbomen, weegschaal, opspantechieken, uitsteeklengte van een snijgereedschap.

#### LPD 15 De leerlingen tekenen en simuleren plannen en modellen in twee en drie dimensies van constructies en interpreteren de eigenschappen ervan.

- ★ Relatie tussen materiaal, structuur en functie  
Ontwerp- en uitvoeringscriteria  
Uitvoeringsvormen en uitvoeringstechnieken

Samenhang eerste graad: In de eerste graad is de relatie tussen materiaal, structuur en functie aan bod gekomen.

- ✓ Je kan gebruik maken van een CAD-simulatieprogramma, videofragmenten, experimenten ter ondersteuning in samenhang LPD 29.
- ✓ Je houdt best rekening het onderzoek te beperken tot eenvoudige constructies:
  - een mobiele werkplaatskraan (giraf);
  - opspanmethoden;
  - zachte materialen bij inklemming.
- ✓ Onderzoek van mechanische eigenschappen van materialen kan een onderdeel zijn.
- ✓ Een onderzoek in samenwerking met de STEM-doelen 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.

#### 4.2.4 Arbeid - energie

##### LPD 16 De leerlingen gebruiken de concepten arbeid, energie vermogen en rendement en het verband ertussen.

- ★ Arbeid geleverd door een constante kracht

Arbeid-energietheorema

Energiedissipatie

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ Geleverde arbeid kan je laten ervaren door de verplaatsing van:
  - een fiets met een platte band, ondergrond zand, ijs;
  - karretje met wielen op lagers of geen lagers;
  - smering: onderhoud bij machines.
- ✓ In samenhang met de STEM-doelen kan je de begripsvorming van de concepten arbeid en energie en het verband er tussen versterken door:
  - klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
  - het verband tussen toegevoegd vermogen en afgeleverde arbeid in een bepaalde tijd van een systeem (het belasten van een machine).

##### LPD 17 De leerlingen gebruiken de wet van behoud van energie om energieomzettingen, rendement en vermogen in systemen te beschrijven.

- ★ Gemiddeld vermogen en rendement

Soorten energie: gravitationele energie, elastische energie, kinetische energie, chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie, elektrische energie



## Berekeningen met betrekking tot vermogen, energie en rendement

### Kwalitatief opstellen van de energiebalans bij een energieomzetting

- ✓ Je kan vertrekken van uit een toepassing en de leerlingen inzicht laten verwerven in de verschillende vormen van energie.
- ✓ 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.
- ✓ Het opslaan van energie kan je verduidelijken door te verwijzen naar: een waterreservoir, veren.
- ✓ Je kan eenheden die niet voorkomen in het SI-stelsel vermelden: kilowattuur, (kilo)calorie (voedingswaren).

## 4.3 Thermodynamica - hydrostatica

### LPD 18 De leerlingen passen wetmatigheden en concepten toe met betrekking tot de hydrostatica.

- ★ Druk, hydrostatiche druk, atmosferische druk  
Beginsel van Pascal

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ In Elektrotechnieken in de tweede graad ligt de focus op elektropneumatica.
- ✓ Bij de bespreking van de wetmatigheden en concepten tot de hydrostatica kan je aandacht hebben voor: overdruk, onderdruk, drukverschil als oorzaak van stroom, oorzakelijk verband tussen drukverschil en (gemiddeld) debiet .
- ✓ Je kan de (on)samendrukbaarheid van fluïda aan bod laten komen.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan het STEM-concept 'structuur en functie' door de nadruk te leggen op het omgekeerd evenredig verband tussen druk en oppervlakte. Door het oppervlak van een systeem aan te passen kan je invloed van een gegeven kracht  $F=p \cdot A$  gewijzigd worden. Je kan ook de grafiek  $p=f(A)$  opstellen bij  $F=Cte$  en zo het wiskundig model opbouwen van het omgekeerd evenredig verband.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan veiligheidsaspecten waar druk een belangrijke rol speelt: overdrukbeveiliging van een boiler, verlagen of verhogen van de druk op een ondergrond om het effect van de kracht aan te passen zoals bij het plaatsen van een ladder, het perforeren van materiaal, druk op het trommelvlies bij het duiken of vliegen.
- ✓ Je kan gasdruk verklaren als de kracht die uitgeoefend wordt door de op wand botsende gasdeeltjes per eenheid van oppervlakte in een bepaald afgesloten volume. Je kan dit het gemakkelijkst illustreren met een simulatie.

- ✓ Je kan aangeven dat de hydrostatische en de atmosferische druk veroorzaakt wordt door de zwaartekracht op de massa van de bovenliggende deeltjes en afhangt van de hoogte van de bovenliggende lagen.
- ✓ Je kan aangeven dat de luchtdruk kan gemeten worden met een barometer.
- ✓ Door een verschil tussen onderdruk en bovendruk ontstaat er een kracht waardoor de bewegingstoestand verandert (bv. in het weer, in de longen, bloedcirculatie ...). Je ingaan op het belang van overdruk in steriele ruimtes en onderdruk in kerncentrales.
- ✓ Toepassingen zoals opzuigen van stoffen, rondpompen van vloeistoffen in verwarmingssystemen, ademhaling, watertoren, weersfenomenen.
- ✓ Je kan werken met een simulatieprogramma om begrippen in de hydrostatica te onderbouwen.

### **LPD 19 De leerlingen onderzoeken het verband tussen druk, volume en temperatuur om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren.**

### **LPD 20 De leerlingen lichten kwalitatief het verband toe tussen warmtehoeveelheid en temperatuursverandering.**

- ★ **Temperatuur, thermische energie, warmte**

Temperatuursveranderingen en faseovergangen aan de hand van het deeltjesmodel

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 19, 20

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad lichten leerlingen aggregatietoestanden van stoffen toe met behulp van een deeltjesmodel (NRTa LPD 37) en verklaren uitzetting van stoffen via een deeltjesmodel (NRTa LPD 38).

- ✓ Het is belangrijk om het onderscheid tot te lichten tussen temperatuur en warmte. In de dagelijkse omgangstaal wordt warmte immers vaak als synoniem voor temperatuur gebruikt: “het is hier warm”.
- ✓ Je kan aangeven dat de hoeveelheid warmte die nodig is om een temperatuursverandering te veroorzaken ook afhangt van de soort stof en de massa ervan. Denk aan de proef met een gloeiende spijker versus een bakje water.
- ✓ Je kan aangeven dat temperatuur geen bovengrens heeft, maar wel een ondergrens: het absolute nulpunt.

### **LPD 21 De leerlingen beredeneren het ontstaan van thermisch evenwicht kwalitatief aan de hand van de warmtebalans.**

- ★ **Veiligheidsaspecten**

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad leggen leerlingen geleiding, stroming/convectie en straling uit als transportmogelijkheden van thermische energie (NRTa LPD 32)

- ✓ Veiligheidsaspecten zoals warmtecapaciteit, isolatie om te beschermen tegen hoge temperatuur, koelvinnen en ventilatoren om oververhitting te vermijden.



- ✓ Je kan simulaties rond thermodynamica inzetten.
- ✓ Je kan de link leggen met het STEM-concept: systemen en hun modellen (aanduiden van de warmtestroom in een blokschema).

## 4.4 Elektrische gelijkstroomkringen

### LPD 22 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.

★ Geleidbaarheid, weerstand

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ Je kan de analyse verdiepen door leerlingen de concepten stroom en spanning vooraf te laten bestuderen door metingen en berekeningen.
- ✓ Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
  - verschillende weerstanden gebruiken en uitzetten in een spannings-stroomgrafiek (richtingscoëfficiënt);
  - invloed materiaalsoort op geleidbaarheid.
- ✓ Je kan de link leggen met meten van grootheden, LPD 3.
- ✓ Een simulatie kan een hulpmiddel zijn.

### LPD 23 De leerlingen onderzoeken aan de hand van metingen en berekeningen de concepten, vermogen Joule-effect, energie en de verbanden ertussen in elektrische gelijkstroomkringen.

Samenhang tweede graad: II-WisS-da LPD 19, 20

- ✓ Je kan aandacht hebben voor de veiligheidscomponenten in een elektrische installatie: zekeringen, verliesstroomschakelaar, aarding, elektrische isolatie.
- ✓ Je kan de link leggen met energieomzettingen, LPD 17.
- ✓ Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
  - Joule-effect; werken met weerstanddraad;
  - vermogensmetingen uitzetten bij verschillende verbruikers;
  - verband bij energieomzettingen; arbeid (Kilowattuur).
- ✓ Je kan vermogensmetingen uitzetten bij verschillende verbruikers. Bijvoorbeeld het vermogen meten op een verspaningsmachine bij verschillende snelheden.



## 4.5 Mechanische technieken

### LPD 24 De leerlingen werken geïnformeerd op een veilige en duurzame manier met materialen, chemische stoffen en technische systemen.

#### ★ Veiligheidspictogrammen

H/P-zinnen

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

- ✓ Technische systemen zoals handwerkgereedschappen, meetinstrumenten, computers.
- ✓ Onderhouden van systemen zoals reinigen, preventief onderhoud door juist gebruik van hulpmiddelen.
- ✓ Goede praktijken:
  - 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.
- ✓ Gebruik van informatie zoals instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, symbolen, onderhoudsvorschriften, handleidingen en (werk)tekeningen.

### LPD 25 De leerlingen passen veiligheidsvoorschriften en -richtlijnen toe.

- ✓ Bij gebruik van een werkplaats en/of technische systemen is het wenselijk het werkplaatsreglement, het gebruik van persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen, de veiligheidsinstructiekaart (VIK) en handleiding te bespreken met de leerlingen.
- ✓ Een veilige houding en werkomgeving wordt versterkt als de leerlingen leren gevaarlijke situaties herkennen en melden.
- ✓ De veiligheidshouding van de leerling kan aangescherpt worden door met hen een laatste minuut risicoanalyse (LMRA) uit te voeren alvorens de werkzaamheden te starten. Een aangereikte beknopte checklist is een hulp voor de leerlingen.
- ✓ Een attitude van veilig werken is een proces; je kan de leerlingen regelmatig attenderen en bijsturen naar een veilige werkhouding.

### LPD 26 De leerlingen nemen een ergonomische houding aan bij werkzaamheden.

**Samenhang tweede graad:** II-LIOP-ddaa LPD 7, 8

- ✓ Je kan met de leerlingen de ergonomische knelpunten bespreken.
- ✓ Je kan aandacht besteden aan de fysieke belasting van bepaalde taken en hoe deze te verlichten.



- ✓ Je kan de leerlingen wijzen op de Codex over het welzijn op het werk. Het vormt een geheel van technische en organisatorische maatregelen met als doel arbeidsongevallen en beroepsziekten te voorkomen en het verhogen van het welbevinden op het werk.

### **LPD 27 De leerlingen analyseren de opdracht , maken een planning en voeren voorbereidende werkzaamheden uit.**

- ★ Positioneringstechnieken, opspanmethodes  
regelgeving, normen, technische voorschriften en aanbevelingen
  - ✓ De analyse kan bestaan uit het bestuderen van het technisch dossier.
  - ✓ Je kan de leerlingen een checklist aanreiken als hulpmiddel bij de analyse.
  - ✓ De analyse kan aangevuld worden door toevoeging van bijkomende elementen aan het technisch dossier door de leerlingen: tekeningen, technische bronnen en opgezochte informatie over snijsnelheden, snijplaatjes.

### **LPD 28 De leerlingen gebruiken machines en gereedschappen en controleren de staat ervan.**

- ★ Onderhoudstechnieken en procedures
- ★ Uitvoeren van preventief basisonderhoud
  - ✓ Onderhoudsacties: reinigen, smeren, onderdelen vervangen ...
  - ✓ Je kan om de veiligheidsattitude aan te scherpen, de leerlingen de gebruikte machines en gereedschappen laten controleren op zichtbare gebreken en degelijkheid voor en na gebruik.
  - ✓ Een toolboxmeeting, veiligheidsinstructiekaarten, en een checklist kan je gebruiken ter ondersteuning.
  - ✓ Je kan een machine-instructiekaart gebruiken als leidraad bij het correct en ergonomisch hanteren van een machine, gereedschap of meetinstrument.
  - ✓ Het is belangrijk dat het gereedschap correct gebruikt wordt.
  - ✓ Breng het correct opbergen van machines, meetinstrumenten en gereedschappen na gebruik onder de aandacht van de leerlingen.
  - ✓ Je kan de leerlingen kennis bijbrengen van visuele en auditieve kenmerken van slijtage en defecten.

### **LPD 29 De leerlingen lezen en tekenen technische tekeningen met 3D-CAD-software.**

- ★ Toepassen van gebruikte toleranties binnen de ISO-norm

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 16, 17

- ✓ Technische tekeningen: Mechanische tekeningen, CAD-tekening, constructie en samenstellingstekeningen.

- ✓ Het komt er hier vooral op aan de leerlingen via een opdracht/project inzicht te geven in mechanische tekeningen:
  - aanzichten (projectiemethode);
  - lijnsoorten;
  - doorsnedes;
  - ontvouwingen;
  - afmetingen (coördinaten), kritische maten, CNC-bemating;
  - maattoleranties, vorm- en plaatstoleranties;
  - schaal (kan ook een detailtekening zijn);
  - plooilijnen in functie van plaatbewerking;
  - ruwheidsaanduiding.
- ✓ Je kan met de leerling van de 3D-tekening de essentiële 2D-tekeningen genereren.
- ✓ Je kan de leerlingen een eenvoudige handmatig getekende schets laten tekenen als communicatiemiddel.
- ✓ Je kan de leerlingen tijdens de opbouw van een werkvolgorde ondersteunen met een mechanische tekening.

#### **LPD 30 De leerlingen passen aftekentechnieken toe op plaatmateriaal.**

- ✓ Je kan aandacht hebben voor aftekengereedschappen en aftekentechnieken.
- ✓ Je kan als aftekenmethode een lasersnijder of graveertoestel gebruiken.

#### **LPD 31 De leerlingen delen materialen in naar eigenschappen en toepassing.**

- ✓ De meest gebruikte opdeling is Ferro, non-ferro, kunststoffen, legeringen.
- ✓ Dit leerdoel kan je combineren met het leerdoel over eigenschappen van constructies LPD 16 en het leerplandoel over de STEM-concepten LPD 02.
- ✓ Een CAD-pakket kan visueel ondersteunend werken, bijvoorbeeld in functie van stress-analyse ...
- ✓ Je kan gebruiken maken van technische documentatie.

### **4.5.1 Montage – demontage**

#### **LPD 32 De leerlingen (de)monteren overbrengingsmechanismen.**

- ✓ Je kan de bewegingen opdelen in translatie en rotatie, rechtlijnig – cirkelvormig, cirkelvormig – cirkelvormig.
- ✓ Overbrengingsmechanismen: riemoverbrenging, wrijvingswiel, tandwielmechanismen (tandwiel – tandlat), kettingaandrijving, kruk-drijfstang mechanisme.
- ✓ De leerling kan een overbrengingsverhouding berekenen.
- ✓ Je kan een link leggen met LPD 12.



### LPD 33 De leerlingen (de)monteren losneembare verbindingen.

- ✓ Je kan verschillende verbindingen aan bod laten komen: bout-moer, sluitringen, veerringen, dichtingen, schroefdraadborging, cilindrische en conische pennen, vlakke en conische inlegspie, klembussen, meervoudige spiebaanverbindingen (splines).
- ✓ Je kan een onderscheid maken tussen bewegings- en bevestigingsschroefdraad.
- ✓ Je kan een onderscheid maken tussen rechtse en linkse schroefdraad.
- ✓ Je kan gebruik maken van technische documentatie.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor normeringen.
- ✓ Een mooie toepassing kan het aandraaimoment van een bout zijn, link met LPD 13.
- ✓ Je kan hierbij specifieke gereedschappen gebruiken.

### LPD 34 De leerlingen (de)monteren borgingen.

- ✓ Je kan verschillende borgingen aan bod laten komen: borgmoer, borgring, borgplaat, draadborging, borgmiddel (lijm).
- ✓ Je kan aandacht hebben voor normeringen.
- ✓ Je kan hierbij specifieke gereedschappen gebruiken.

### LPD 35 De leerlingen monteren permanente verbindingen.

- ✓ Permanente verbindingen zoals lijmen, blinde klinknagel, puntlassen.
- ✓ Lassen kan een uitbreiding zijn voor de leerling, staat niet in de beroepskwalificaties.

### LPD 36 De leerlingen (de)monteren lagers.

- ✓ Soorten lagers in functie van het toepassingsgebied: een glijlager, een conisch lager, een rollager ...
- ✓ Je kan de leerlingen wijzen op aandachtspunten bij het opzoeken van een lager: soort lager, binnen en buitenmaat, axiale en radiale krachten.
- ✓ Je kan hierbij specifieke gereedschappen gebruiken.

## 4.5.2 Niet-verspanende technieken

### LPD 37 De leerlingen passen niet-verspanende technieken toe.

- ★ Plooien, persen en ponsen  
knippen/snijden  
Thermisch vervormen  
3D-printen

## Nabewerkingen

- ✓ Je kan om plaatonderdelen op maat te brengen de niet-verspanende bewerkingen knippen of snijden gebruiken. Bij de niet-verspanende bewerking snijden kan je gebruik maken van een lasersnijder of plasmassnijder.
- ✓ Je kan een CAD/CAM-omgeving ter ondersteuning gebruiken om beter inzicht te krijgen in de werking van de CNC-plooiemachine.
- ✓ Nabewerkingen: ontbramen, slijpen, trimmen, schuren, vijlen.

### 4.5.3 Verspanende technieken

#### LPD 38 De leerlingen zoeken snijparameters van snijgereedschappen op.

- ✓ Snijparameters: snijsnelheid, voedingssnelheid.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor het verband tussen snijsnelheid en het toerental.
- ✓ Je kan gebruik maken van tabellen, grafieken, tools.
- ✓ Als uitbreiding kan je de leerlingen een eenvoudige berekening laten maken van het in te stellen toerental ifv de snijsnelheid.
- ✓ Je kan gebruik maken van technische documentatie.

#### LPD 39 De leerlingen onderzoeken de invloed van snijparameters in verspanende bewerkingen.

- ✓ Invloed van de snijparameters op standtijd, snijgereedschap, snijmateriaal, spaanvorming, afwerkingsgraad.
- ✓ Je kan aandacht hebben voor de geometrie van het snijgereedschap.
- ✓ Je kan met de leerlingen aandacht hebben bij de bespreking van de snijparameters voor het geproduceerde geluid, de opgewekte trilling en de soort koeling (snijolie is ook een vorm van koeling).
- ✓ In combinatie met STEM leerplandoel 2 kan je leerlingen laten onderzoeken wat de invloed is van voedingssnelheid, snijsnelheid, koelmiddel, ... op het resultaat (ruwheid, geluid, temperatuursontwikkeling, ...) en hier gepaste conclusies uittrekken.
- ✓ Je kan als visueel onderzoek de ruwheid van het oppervlak controleren of de verkleuring van de spanen.
- ✓ Je kan de relatie leggen tussen de keuze van het materiaal en de invloed op de instelling van de snijparameters.
- ✓ Een onderzoek in samenwerking met de STEM-doelen kan bestaan uit de spaanvorming, standtijd en afwerkingsgraad laten waarnemen tot een aanzet van wijziging van snijparameters.



#### **LPD 40 De leerlingen monteren en positioneren snijgereedschappen, werkstukken en onderdelen.**

- ✓ Je hebt aandacht voor het uitlijnen, uitspanlengte, op- en inspanstechnieken.
- ✓ Je kan daarvoor:
  - de leerlingen het nulpunt laten bepalen;
  - de leerlingen een spanschroef laten uitlijnen.

#### **LPD 41 De leerlingen voeren de verspaningsbewerking boren uit.**

- ✓ Mogelijke boringen zijn: blinde boring, doorlopende boring, verzonken boring.
- ✓ Parameters: snijparameters, instellen van diepte.
- ✓ Je kan de verspanende bewerking boren op een CNC-machine laten uitvoeren.
- ✓ Je kan de leerlingen controlemetingen laten uitvoeren.

#### **LPD 42 De leerlingen voeren de verspaningsbewerking zagen uit.**

- ✓ Je kan de leerlingen controlemetingen laten uitvoeren.
- ✓ Je kan gebruik maken van de aanslag op de zaagmachine om meerdere stukken op eenzelfde maat af te zagen.
- ✓ Je kan aandacht besteden bij het instellen van parameters in functie van het te zagen materiaal: toerental, snijsnelheid ...

#### **LPD 43 De leerlingen voeren de verspaningsbewerking slijpen uit.**

- ✓ Laat de leerling regelmatig controlemetingen uitvoeren.
- ✓ Je kan er de leerlingen op wijzen dat het verspanen de laatste tijd een enorme innovatie heeft doorgemaakt en het slijpen nog een uitzonderlijke bewerking is. Ter vervanging zijn er andere CNC-bewerkingen (CNC-draaien en CNC-Frezen) met een hoge afwerkingsgraad.

#### **LPD 44 De leerlingen voeren de verspaningsbewerking draaien met een CNC-draaibank uit.**

- ✓ Je kan de leerlingen controlemetingen laten uitvoeren.
- ✓ Verspanende bewerkingen: vlakdraaien, cilindrisch, gleuf, afsteken.
- ✓ Je kan wijzen op de typische bewerkingen voor- en nadraaien.
- ✓ Je kan een CAD/CAM-omgeving ter ondersteuning gebruiken om beter inzicht te krijgen in de werking van de CNC-machine.
- ✓ Je kan een bewerking of instellingen vooraf filmen om het zelfstandig en voorbereid werken van de leerling te bevorderen.
- ✓ Je kan zachte materialen gebruiken bij het aanleren van CNC-bewerkingen.

### LPD 45 De leerlingen voeren de verspaningsbewerking frezen met een CNC-freesmachine uit.

- ✓ Je kan de leerlingen controlemetingen laten uitvoeren.
- ✓ Verspanende bewerkingen: vlakken, contourfrezen, boorcycli, rechthoekige en ronde kameringen.
- ✓ Je kan een CAD/CAM-omgeving ter ondersteuning gebruiken om beter inzicht te krijgen in de werking van de CNC-machine.
- ✓ Je kan een bewerking of instellingen vooraf filmen om het zelfstandig en voorbereid werken van de leerling te bevorderen.
- ✓ Je kan zachte materialen gebruiken bij het aanleren van CNC-bewerkingen.

### LPD 46 De leerlingen programmeren en wijzigen een eenvoudig CNC-programma.

#### ★ CAD/CAM

Elementen van programmeertalen: variabelen, datatypes, operatoren, eenvoudige gegevensstructuren

Computationeel denken: decompositie, patroonherkenning, abstractie, algoritme

Debuggen

Controlestructuren: sequentie, herhalingsstructuur, keuzestructuur

**Samenhang Tweede graad:** II-WisS-da LPD 01

- ✓ Principes en elementen van programmeertalen: sequentie, herhalingstructuur, keuzestructuur, variabelen, datatypes, operatoren.
- ✓ Een algoritme kan je samen met de leerlingen wijzigen door het eerst om te zetten in een voorstelling zoals flowchart, toestandsdiagramma, Nassi-schneiderman diagram, pseudocode.
- ✓ Aandacht voor het debuggen is aangewezen bij het ontwikkelen van een programma.
- ✓ Je kan de leerlingen controlemetingen laten uitvoeren.
- ✓ Je kan de link leggen met LPD 44, 45 en 47.

### LPD 47 De leerlingen stellen parameters van een CNC-machine bij in functie van meetresultaten.

- ✓ Je kan de link leggen met LPD 44, 45 en 46.

## 5 Basisuitrusting

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



## 5.1 Infrastructuur

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. We adviseren de school om de grootte van de klasgroep en de beschikbare infrastructuur en uitrusting op elkaar af te stemmen.

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

Voor elke les een instructielokaal

- 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.

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

- Machines/apparaten/toestellen:
  - boormachine;
  - zaagmachine;
  - CNC draaibank voorzien van basisuitrusting van opspan- en snijgereedschap;
  - CNC freesmachine voorzien van basisuitrusting van opspan- en snijgereedschap;
  - slijpmachine;
  - plaatschaar;
  - plooi bank (CNC gestuurd);
  - pons;
  - pers;
  - 3D-printer;
  - lasersnijder of plasmasnijder.
- Grondstoffen:
  - diverse constructiematerialen;
  - diverse moeren en bouten;
  - diverse borgingen;
  - diverse lagers;
  - ferro, non-ferro, kunststoffen en legeringen voor vormgeving;
  - diverse overbrengingen en koppelingen.
- Klein gereedschap:
  - snijgereedschappen voor de diverse machines en toestellen;
  - om schroefdraad te tappen of te snijden;
  - om borgingen te (de)monteren;
  - om lagers te (de)monteren;
  - diverse schroevendraaiers;
  - diverse inbussleutels;



- steek- en ringsleutels;
  - dopsleutels;
  - opspangereedschap;
  - aftekengereedschap.
- Meettoestellen:
    - schroefmaat;
    - meetlat;
    - hoekmeter;
    - hoogtemeter;
    - winkelhaak;
    - ruwheidsmeter;
    - multimeter;
    - manometer;
    - schroefdraadkam;
    - diktelemmers;
    - meetklok + statief;
    - 3D-taster;
    - diverse kalibers.
  - Informatie- en communicatiemedia:
    - simulatiesoftware ter ondersteuning bij het onderzoeken van wetmatigheden.

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

### 5.3 Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken

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

- Meettoestellen:
  - schuifmaat.
- Informatie- en communicatiemedia:
  - 3D-tekensoftware;
  - CAD/CAM software.
- Persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen:
  - gehoorbescherming;
  - werkkledij;
  - veiligheidsbril met zijschermen;
  - veiligheidsschoenen;
  - veiligheidshandschoenen.



## 6 Concordantie

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

Leerplandoel	Eindtermen, cesuurdoelen en doelen die leiden naar een of meer beroepskwalificaties
0	BK 1.1; BK 1.2; BK 1.3; BK 1.4
1	ET 6.29; ET 13.11; ET 13.12; 13.14
2	ET 6.30
3	ET 6.25; BK 2.7; BK 2.8
4	ET 6.27
5	ET 6.28
6	ET 6.31; ET 13.13; CD 12.2.1
7	ET 6.32
8	ET 6.33
9	ET 6.20
10	ET 6.20; CD 11.12.2
11	CD 11.12.1
12	CD 11.12.1; CD 11.15.1
13	CD 11.16.1
14	CD 11.15.1; CD 11.16.1
15	CD 11.16.3
16	ET 6.17; CD 11.12.1; CD 11.15.2
17	ET 6.17;
18	ET 6.20
19	CD 11.12.1
20	ET 6.18
21	ET 6.18
22	CD 11.12.1

23	--
24	ET 6.26; BK 1.4
25	ET 6.26; BK 1.4
26	BK 1.4
27	BK 2.1; BK 2.2; BK 2.3
28	BK 2.9; BK 2.10
29	BK 2.5; BK 2.6
30	BK 2.13
31	CD 11.16.3
32	BK 2.12
33	BK 2.12
34	BK 2.12
35	BK 2.12
36	BK 2.12
37	BK 2.11; BK 2.14; BK 2.15; BK 2.16
38	BK 2.18
39	BK 2.18
40	BK 2.18; BK 2.19; BK 2.20
41	BK 2.19
42	BK 2.14
43	BK 2.19
44	BK 2.17; BK 2.20; BK 2.21
45	BK 2.17; BK 2.20; BK 2.21
46	ET 4.5; BK 2.17; BK 2.21
47	ET 6.25; BK 2.8; BK 2.18; BK 2.21

## 6.1 Eindtermen

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



### *Met inbegrip van kennis*

#### \*Conceptuele kennis

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

#### \*Procedurele kennis

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

### *Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

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

### *Met inbegrip van kennis*

#### \*Feitenkennis

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

#### \*Conceptuele kennis

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

#### \*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

- Temperatuur, thermische energie, warmte
- Thermisch evenwicht

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

- Gebruiken van concepten om fenomenen en toepassingen ervan te verklaren

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Kracht en beweging
  - > Kracht, snelheid en versnelling
  - > Kracht en snelheid als vectoriële grootheden
  - > Grootte, richting, zin, aangrijpingspunt
  - > Resulterende kracht
  - > Eerste wet van Newton



- > Tweede wet van Newton: dynamische effecten van een kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen
- Druk
  - > Druk als grootte van de kracht per oppervlakte inclusief formule  $p=F/A$
  - > Hydrostatische druk, atmosferische druk
  - > Beginsel van Pascal
- Geluid
  - > Principe van de decibelschaal
  - > Geluidssnelheid
- Veiligheidsaspecten

*\*Procedurele kennis*

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

*Met inbegrip van context*

- De eindterm wordt met context gerealiseerd.

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

*Met inbegrip van kennis*

*\*Conceptuele kennis*

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

*\*Procedurele kennis*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

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

*Met inbegrip van kennis*

*\*Feitenkennis*

- Veiligheidspictogrammen

\*Conceptuele kennis

- H/P-zinnen

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Meetnauwkeurigheid

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

**6.28 De leerlingen onderzoeken verbanden tussen grootheden op kwantitatieve wijze.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Recht en omgekeerd evenredig verband



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

*\*Procedurele kennis*

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

*Met inbegrip van context*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

*Met inbegrip van kennis*

*\*Conceptuele kennis*

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

*\*Procedurele kennis*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

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

*Met inbegrip van kennis*

*\*Conceptuele kennis*

- Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technologische concepten uit eindtermen van de tweede graad dubbele finaliteit
- Natuurlijke en technische systemen
- STEM-concepten (cross-cutting concepts)
  - > Energie, materie en informatie



- > Oorzaak en gevolg, terugkoppeling
- > Patronen
- > Verhouding en hoeveelheid
- > Stabiliteit en verandering
- > Structuur en functie
- > Systemen en modellen

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau analyseren

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

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

*Met inbegrip van context*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

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



*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

- Toepassen van criteria om een geschikte keuze te bepalen

\*Metacognitieve kennis

- Eigen normen en waarden

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau evalueren

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

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

*Met inbegrip van context*

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

*Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: beheersingsniveau begrijpen

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

- Onderzoeksvraag
- Hypothese
- Invalshoeken om een probleem te bekijken

- Criteria voor een onderzoeksvraag zoals onderzoekbaar, haalbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt, vraagvorm
- Criteria voor een hypothese zoals toetsbaar, ondubbelzinnig, afgebakend, relevant, beknopt
- \*Procedurele kennis
- Toepassen van criteria bij de formulering van een onderzoeksvraag en een hypothese
- Toepassen van principes van inductief en deductief redeneren
- Uitvoeren van een probleemanalyse

Met inbegrip van dimensies eindterm  
Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren

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

- Met inbegrip van kennis
- \*Conceptuele kennis
  - Soorten onderzoekstechnieken: experiment en meting en andere technieken zoals observatie, interview, enquête, algoritme
  - \*Procedurele kennis
  - Toepassen van een onderzoekstechniek

Met inbegrip van dimensies eindterm  
Cognitieve dimensie: beheersingsniveau toepassen

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

- Met inbegrip van kennis
- \*Conceptuele kennis
  - Algoritme, heuristiek
  - Criteria om een geschikte oplossingsstrategie te bepalen zoals doelstellingen, beschikbaarheid van gegevens, tijd, middelen
  - \*Procedurele kennis
  - Toepassen van specifieke oplossingsstrategieën en specifieke vuistregels
  - Toepassen van criteria om een geschikte oplossingsstrategie te bepalen
  - Toepassen van reflectievaardigheden

Met inbegrip van dimensies eindterm  
Cognitieve dimensie: beheersingsniveau evalueren

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

- Met inbegrip van kennis
- \*Conceptuele kennis
  - Criteria voor een conclusie zoals onderzoeksgebaseerd, bondig, relevant, eenduidig, gestructureerd
  - \*Procedurele kennis
  - Gebruiken van voorkennis
  - Gebruiken van de tijdens het onderzoek verworven informatie
  - Toepassen van criteria voor het formuleren van een conclusie

Met inbegrip van dimensies eindterm  
Cognitieve dimensie: beheersingsniveau creëren



## 6.2 Cesuurdoelen

### 11.12.1 De leerlingen analyseren concepten met betrekking tot verschillende takken van de fysica 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 verplaatsing, snelheid, weerstand, geleidbaarheid, arbeid, kracht, energie
- Formules:
  - > Weerstand  $R=U/I$
  - > Geleidbaarheid  $G=I/U$
  - > Verplaatsing bij constante snelheid  $\Delta x=v \cdot \Delta t$
  - > Arbeid geleverd door een constante kracht  $W=F \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha$
  - > Ideale gaswet  $p \cdot V=n \cdot R \cdot T$

#### \*Conceptuele kennis

- Grootheden en concepten m.b.t. de eindtermen basisvorming wetenschappen tweede graad dubbele finaliteit
- Grootheden en concepten m.b.t. de formules
- Recht evenredig verband, omgekeerd evenredig verband, zuiver kwadratisch verband
- Richtingscoëfficiënt
- Verband tussen een formule en een grafiek
- Formules m.b.t. mechanica
  - > Verplaatsing bij constante snelheid  $\Delta x=v \cdot \Delta t$
  - > Arbeid geleverd door een constante kracht  $W=F \cdot \Delta x \cdot \cos\alpha$
  - > Kinetische energie  $E=1/2 \cdot m \cdot v^2$ , gravitationele energie  $E=m \cdot g \cdot h$  en elastische energie  $E=1/2 \cdot k \cdot (\Delta \ell)^2$
- Formules m.b.t. thermodynamica
  - > Ideale gaswet  $p \cdot V=n \cdot R \cdot T$

#### \*Procedurele kennis

- Gebruiken van een formularium
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Schetsen van een grafiek
- Interpreteren van het verband tussen twee grootheden, waarbij de andere grootheden constant zijn, a.d.h.v. de grafiek en a.d.h.v. de formule
- Berekenen van een richtingscoëfficiënt

*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

### 11.12.2 De leerlingen analyseren het effect van inwerkende krachten op de bewegingsverandering van een systeem kwalitatief en kwantitatief aan de hand van de drie wetten van Newton.

### *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 kracht, snelheid, versnelling
- Vectoriële formule voor de tweede wet van Newton  $F=m \cdot a$

#### \*Conceptuele kennis

- Vector
  - > Grootte, richting, zin
  - > Samenstelling van vectoren
- Kracht, snelheid en versnelling als vectoriële grootheden
- Soorten krachten: normaalkracht, wrijvingskracht, veerkracht, zwaartekracht, gravitatiekracht
- Formules voor de grootte van krachten: wrijvingskracht  $F_w = \mu \cdot F_n$ , zwaartekracht  $F = m \cdot g$
- Samenstelling van krachten, resulterende kracht
- Snelheid en versnelling
- Dynamische effecten van een kracht: versnellen, vertragen, van richting veranderen
- Drie wetten van Newton inclusief vectoriële formule  $F = m \cdot a$
- Centripetaalkracht bij een eenparig cirkelvormige beweging inclusief formule voor de grootte ervan  $F = m \cdot v^2 / r$

#### \*Procedurele kennis

- Werken met vectoriële grootheden
  - > Bepalen van de richting en de zin van een vectoriële grootheid
  - > Samenstellen van vectoren
    - # Grafisch in één en twee dimensies
    - # Via berekening in één dimensie
- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium

### *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

#### **11.15.1 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot de verticale worp en de eenparig cirkelvormige beweging 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 verplaatsing, afgelegde weg, snelheid, versnelling

#### \*Conceptuele kennis

- Puntmassa en star lichaam



- Rotatie en translatie
- Zwaartepunt
- Kinematica van puntmassa's
  - > Positie, verplaatsing, snelheid en versnelling als vectoriële grootheden
  - > Onderscheid tussen verplaatsing en afgelegde weg
  - > Gemiddelde snelheid en gemiddelde versnelling inclusief formules  $v_g = \Delta x / \Delta t$  en  $a_g = \Delta v / \Delta t$
  - > Ogenblikkelijke snelheid en ogenblikkelijke versnelling
  - > Positie- en snelheidsfunctie
- Verbanden tussen de beweging en grafieken:
  - > Worp:  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $a_x(t)$
  - > ECB:  $v(t)$ ,  $a(t)$
- Formules m.b.t. verticale worp en eenparig cirkelvormige beweging

*\*Procedurele kennis*

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

*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: Toepassen

**11.15.2 De leerlingen gebruiken de concepten arbeid, energie en het verband ertussen om energieomzettingen te kwantificeren.**

*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 arbeid geleverd door een constante kracht  $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$

*\*Conceptuele kennis*

- Arbeid geleverd door een constante kracht inclusief formule  $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$
- Arbeid-energietheorema
- Soorten energie inclusief formules: kinetische energie  $E = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ , gravitationele energie  $E = m \cdot g \cdot h$ , elastische energie  $E = 1/2 \cdot k \cdot (\Delta \ell)^2$
- Rendement en vermogen inclusief formules voor rendement  $\eta = E_{\text{nuttig}} / E_{\text{totaal}}$  en gemiddeld vermogen  $P = \Delta E / \Delta t$
- Wet van behoud van energie
- Warmte
- Energiedissipatie

\*Procedurele kennis

- Omvormen van formules: één variabele uitdrukken in functie van de andere
- Gebruiken van een formularium
- Oplossen van kwantitatieve problemen m.b.t. arbeid en energieomzettingen

*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: Toepassen

**11.16.1 De leerlingen gebruiken concepten met betrekking tot statica 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 kracht, krachtmoment

\*Conceptuele kennis

- Puntmassa en star lichaam
- Rotatie en translatie
- Zwaartepunt en massamiddelpunt
- Krachten, krachtmomenten en koppels
- Wrijvingskracht en normaalkracht inclusief formule voor de het verband tussen de groottes ervan  $F_w = \mu \cdot F_n$
- Krachtenbalans, resulterende kracht
- Drie wetten van Newton inclusief vectoriële formule  $F = m \cdot a$
- Krachtmoment inclusief formule voor de grootte ervan  $M = r \cdot F \cdot \sin \alpha$
- Momentenbalans, resulterend krachtmoment
- Oppervlaktetraagheidsmoment
- Statisch evenwicht

\*Procedurele kennis

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

*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: Toepassen

### **11.16.3 De leerlingen analyseren eigenschappen van constructies.**

*Met inbegrip van kennis*

\*Feitenkennis

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

\*Conceptuele kennis

- Ontwerp- en uitvoeringscriteria
- Ontwerpmodellen, ontwerpplannen en uitvoeringsplannen
- Uitvoeringsvormen en -technieken
- Relatie tussen materiaal, structuur en functie

\*Procedurele kennis

- Vergelijken van materialen en structuren a.d.h.v. technische data
- Tekenen, interpreteren en simuleren van constructies met software zoals BIM, CAD
- Interpreteren van plannen en modellen in twee en drie dimensies

*Met inbegrip van context*

- Het cesuurdoel wordt met studierichtingspecifieke context gerealiseerd.
- Contexten zoals bouw- en houtconstructies, infrastructuur, product- en projectontwikkeling komen aan bod.
- 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

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

*Met inbegrip van kennis*

\*Conceptuele kennis

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

\*Procedurele kennis

- Definiëren van het probleem, de behoefte
- Bepalen van criteria en specificaties
- Opstellen van een planning



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

#### *Met inbegrip van context*

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

#### *Met inbegrip van dimensies eindterm*

Cognitieve dimensie: Creëren

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

## **6.3 Doelen die leiden naar een of meer beroepskwalificaties**

1.1 De leerlingen werken in teamverband.

1.2 De leerlingen handelen kwaliteitsbewust.

1.3 De leerlingen handelen economisch en duurzaam.

1.4 De leerlingen handelen ergonomisch en hygiënisch.

2.1 De leerlingen analyseren de opdracht en leggen de volgorde van bewerkingen/werkzaamheden vast met aandacht voor: regelgeving, normen, technische voorschriften en aanbevelingen.

2.2 De leerlingen raadplegen technische dossiers.

2.3 De leerlingen voeren voorbereidende werkzaamheden uit (zoals positioneren van werkstuk, opspannen, verankeren, optillen, beschermen)

met aandacht voor:

- positioneringstechnieken, opspanmethodes, regelgeving, normen, technische voorschriften en aanbevelingen.

2.4 De leerlingen stellen snijgereedschappen af.

2.5 De leerlingen lezen technische tekeningen (mechanisch 3D, constructietekeningen, maattoleranties, kritische maten, vorm- en plaatstoleranties, passingstelsel)



met inbegrip van kennis van: symbolen en normen.

2.6 De leerlingen maken technische tekeningen (mechanisch 3D, constructietekeningen, maattoleranties, kritische maten, vorm- en plaatstoleranties, passingstelsel)

met inbegrip van kennis van: symbolen en normen.

2.7 De leerlingen gebruiken meetinstrumenten zoals schuifmaat, meetkaliber

met inbegrip van kennis van: controlemethoden, meetmethoden en meettechnieken.

2.8 De leerlingen passen meetmethoden toe.

2.9 De leerlingen gebruiken machines en gereedschappen.

2.10 De leerlingen voeren preventief basisonderhoud uit aan machines en uitrusting (reinigen, smeren, onderdelen vervangen, ...)

met aandacht voor: onderhoudstechnieken en procedures.

2.11 De leerlingen vervaardigen stukken met een 3D-printer of lasercutter.

2.12 De leerlingen passen borg-, verbinding-, montage- en demontagetechnieken toe zoals, schroeven, bout-moer, pennen, lijmen, dichtingen.

2.13 De leerlingen tekenen maten af

met inbegrip van kennis van: maat- en vormtoleranties.

2.14 De leerlingen brengen een plaat op maat door te knippen, snijden en zagen

met inbegrip van kennis van:

- maat- en vormtoleranties;
- procesparameters.

2.15 De leerlingen vormen een plaat door plooiën, persen en ponsen

met inbegrip van kennis van:

- maat- en vormtoleranties;
- procesparameters.

2.16 De leerlingen voeren nabewerkingen uit zoals ontbramen, slijpen, trimmen, schuren en vijlen.

2.17 De leerlingen stellen een eenvoudig bewerkingsprogramma op in functie van het materiaal: ferro, non-ferro, kunststoffen.

2.18 De leerlingen stellen bewerkingsparameters in volgens instructie

met inbegrip van kennis van:

- maat- en vormtoleranties;
- verspaningstechnieken.

2.19 De leerlingen boren en slijpen stukken

met inbegrip van kennis van:

- maat- en vormtoleranties;
- verspaningstechnieken.

## 2.20 De leerlingen frezen en draaien stukken met CNC-machine

met inbegrip van kennis van:

- maat- en vormtoleranties;
- verspaningstechnieken.

## 2.21 De leerlingen lezen, wijzigen, schrijven en controleren een eenvoudig CNC-programma

met inbegrip van kennis van: een CNC-programmeertaal.



## 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>
	Samenhang met de eerste graad .....	9
	Samenhang in de tweede graad .....	9
	Plaats in de lessentabel .....	9
<b>3</b>	<b>Pedagogisch-didactische duiding .....</b>	<b>10</b>
	Mechanische technieken en het vormingsconcept.....	10
	Krachtlijnen.....	11
	Opbouw 12	
	Leerlijnen.....	12
3.1.1	Samenhang met de eerste graad .....	12
3.1.2	Samenhang in de tweede graad .....	13
3.1.3	Samenhang met de derde graad.....	13
	Aandachtspunten .....	13
3.1.4	Mogelijke organisatievormen .....	13
3.1.5	Samenhang tussen wetenschappen .....	14
3.1.6	Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de STEM-doelen .....	14
3.1.7	Onderzoekend leren, leren onderzoeken .....	15
3.1.8	Ontwerpend leren, leren ontwerpen.....	15
3.1.9	Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten .....	15
3.1.10	Samenhang vanuit inzicht in ‘wetenschappelijke kernideeën’ (Big Ideas) .....	15
3.1.11	Samenhang met andere leerplannen binnen de finaliteit .....	16
3.1.12	Samenhang over de finaliteiten heen .....	16
	Leerplanformularium.....	17
3.1.13	Mechanica.....	17
3.1.14	Arbeid, energie, vermogen en rendement .....	17
3.1.15	Elektriciteit .....	18

3.1.16	Druk in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, thermodynamica .....	18
<b>4</b>	<b>Leerplandoelen .....</b>	<b>18</b>
	STEM-doelen .....	19
	Mechanica .....	26
4.1.1	De wetten van Newton .....	26
4.1.2	Bewegingsleer .....	27
4.1.3	Statisch en dynamisch evenwicht in het vlak .....	28
4.1.4	Arbeid - energie.....	29
	Thermodynamica - hydrostatica.....	30
	Elektrische gelijkstroomkringen .....	32
	Mechanische technieken.....	33
4.1.5	Montage – demontage.....	35
4.1.6	Niet-verspanende technieken.....	36
4.1.7	Verspanende technieken .....	37
<b>5</b>	<b>Basisuitrusting .....</b>	<b>39</b>
	Infrastructuur .....	40
	Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur.....	40
	Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken .....	41
<b>6</b>	<b>Concordantie .....</b>	<b>42</b>
	Eindtermen .....	43
	Cesuurdoelen.....	52
	Doelen die leiden naar een of meer beroepskwalificaties.....	57