



# Leerplan Natuurwetenschappen

Algemeen Secundair onderwijs – derde graad  
studierichting Steinerpedagogie

Federatie Steinerscholen Vlaanderen v.z.w.  
Gitschotellei 188  
2140 Borgerhout

Datum: 14 september 2016  
Goedgekeurd door de inspectie onder het nr. 2016/1340/5//

## Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>1. Beginsituatie</b>	<b>4</b>
1.1. <i>Biologie</i>	4
1.2. <i>Chemie</i>	5
1.3. <i>Fysica</i>	6
<b>2. Vervangende eindtermen natuurwetenschappen derde graad ASO van de Federatie Steinerscholen</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Motivering voor het indienen van vervangende eindtermen Natuurwetenschappen</i>	6
2.2. <i>De gemeenschappelijke eindtermen voor de wetenschappen 3<sup>de</sup> graad (Biologie, Chemie, Fysica)</i>	7
2.2.1 <i>Wetenschappelijke vaardigheden</i>	7
2.2.2 <i>Wetenschap en samenleving</i>	8
2.3. <i>De vakgebonden eindtermen biologie</i>	8
2.4. <i>De vakgebonden eindtermen chemie</i>	9
2.5. <i>De vakgebonden eindtermen fysica</i>	10
2.6. <i>De eigen specifieke eindtermen (ESET) Algemeen Secundair Onderwijs Rudolf Steinerpedagogie</i>	11
<b>3. Doelstellingen</b>	<b>14</b>
3.1 <i>Pedagogische duiding</i>	14
3.1.1 <i>Eindtermen en leerplandoelstellingen</i>	14
3.1.2 <i>Een analytische en een synthetische onderzoeksmethode.</i>	14
3.1.3 <i>STEM-geletterdheid en 21<sup>ste</sup>-eeuwse competenties</i>	16
3.1.4 <i>De ontwikkelingsfase van de adolescent in de derde graad.</i>	17
3.2 <i>Leerplandoelstellingen en leerinhoud</i>	19
3.2.1 <i>Algemene doelstellingen: wetenschappelijke vaardigheden</i>	19
3.2.2 <i>Algemene doelstellingen: wetenschap en cultuur</i>	22
3.2.3 <i>Leerplandoelstellingen biologie</i>	23
3.2.4 <i>Leerplandoelstellingen chemie</i>	33
3.2.5 <i>Leerplandoelstellingen fysica</i>	46
<b>4. Evaluatie</b>	<b>55</b>
4.1 <i>Studiebegeleiding, remediëren en evaluatie</i>	55
4.2 <i>De beoordelingscyclus</i>	55
4.2.1 <i>Beginsituatie</i>	55
4.2.2 <i>De beoordelingscyclus zelf</i>	56
4.3 <i>Wat kunnen we beoordelen en hoe?</i>	57
<b>5. Minimale materiële vereisten</b>	<b>60</b>
5.1 <i>Biologie</i>	60
5.2 <i>Chemie</i>	60
5.3 <i>Fysica</i>	61



## Inleiding

Vanaf 1 september 2016 zijn de nieuwe vervangende en door de Vlaamse regering gelijkwaardig verklaarde eindtermen natuurwetenschappen derde graad van de steinerscholen van kracht. Deze bouwen verder op de vervangende eindtermen natuurwetenschappen tweede graad die vanaf september 2013 in voege zijn.

Dit leerplan is gebaseerd op de nieuwe vervangende eindtermen die op 3 juni 2016 op basis van het besluit van de regering van 11 maart 2016 in het parlement bekrachtigd werden en vervangt de drie leerplannen van biologie, chemie en fysica uit 2004 en 2005.

Dit leerplan geeft de leerplandoelstellingen en de materiële vereisten aan die het voorwerp kunnen zijn van een doorlichting door de onderwijsinspectie. Daarnaast wordt summier aangegeven waarom er gekozen wordt voor bepaalde leerinhouden op basis van de leeftijdsgerichte ontwikkeling van de leerlingen, die door de steinerscholen voorop gesteld wordt. Verder wordt gemotiveerd waarom de fenomenologische benaderingswijze wordt gekozen om de natuurwetenschappen te verkennen. De modelmatige wetenschappelijke benadering komt in de derde graad ook volop aan bod.

Naast het bestuderen en volgen van dit leerplan is het voor beginnende leraren wetenschappen van belang dat men zich via nascholing en/of begeleiding schoolt in de fenomenologische benaderingswijze om het leerplan ten volle te kunnen uitvoeren.

## 1. Beginsituatie

De leerplandoelstellingen in dit leerplan voor de derde graad bouwen verder op die van de tweede graad. Er is een doorlopende leer- en ontwikkelingslijn van het eerste jaar van de eerste graad tot aan het tweede jaar van de derde graad. (Zie ook de motivering van de afwijkingsaanvraag voor de eindtermen hieronder).

### 1.1. Biologie

In de leerlijn biologie ligt in de steinerschool de klemtoon op de mens. Hij verschijnt voor het eerst in de 4de klas, opnieuw in de eerste en tweede graad van het secundair onderwijs, en nog eens in het tweede jaar van de derde graad. Twee maal wordt de volgorde van de natuurrijken doorlopen: van mens tot mineraal en van mineraal tot mens. In de eerste drie jaren van het lager onderwijs komt de natuur in de vorm van sprookjes, sagen en verhalen aan bod. Natuurwezens, goden en mythologische figuren komen even natuurlijk aan bod. In de 4de klas zet het kind een verdere en belangrijke stap in zijn bewustzijnsontwikkeling: vooral een ontwaken naar de buitenwereld en zichzelf. Hier zet de biologie aan en begint met de mens, een driegeleed wezen. In dit leerjaar wordt dan overgegaan naar de dieren: veel menselijke eigenschappen zijn als eenzijdigheden terug te vinden in het dierenrijk. In de 5de klas staat de plantenwereld centraal en in de 6de klas de minerale wereld: aarde, kristallen, gesteenten. In de eerste en tweede graad van het secundair onderwijs wordt vooral aan de mens gewerkt. Ook de leerling werkt in deze periode sterk aan zijn

lichaam: de puberteit. Het is een omvormingsperiode waar aanvankelijk vooral het lichaam omgevormd wordt (aarderijp), nadien ontwaken ook nieuwe zielenkrachten, die dan het ganse leven verder kunnen rijpen en bloeien. De leerstof begint in de eerste graad met de klemtoon op het lichamelijke: voedingsstoffen, gezondheidsleer, menskunde van het skelet, spieren en zintuigen: dat wat 'mechanisch' is aan de mens ... In de tweede graad komen de zielenaspecten meer aan bod. Eerst komt een vergelijking van mens en dier en van de andere natuurrijken. De unieke positie van de mens komt naar voor. De leerlingen voelen op die manier aan dat er nog toekomst is, dat er nog mogelijkheden zijn in deze 'duistere tijd' waarin 'niemand mij begrijpt' en waar de grote stappen gezet worden tot het 'zelf' begrijpen van de wereld. Nadien komt de relatie tussen onze organen en onze zieleneigenschappen: denken, voelen en willen.

In de derde graad worden de natuurrijken omgekeerd doorlopen: van mineraal tot de mens. In het laatste jaar van de tweede graad hebben de leerlingen in de lessen chemie uitvoerig de kristallijnen wereld besproken. In het eerste jaar van de derde graad vertrekt men dan van het kleine (cellenleer, genetica, embryologie) en klimt op: lagere en hogere planten. Nadien komt het gehele dierenrijk aan bod en uiteindelijk opnieuw de mens. De evolutie wordt grondig behandeld. Tijdens de eerste en tweede graad van het secundair onderwijs hebben de leerlingen een grondige studie gemaakt van het menselijk lichaam en van de relatie van de mens met zijn omgeving, de wereld van mineralen, planten en dieren. De basis is dan ook gelegd om deze omgeving en relatie meer diepgaand te behandelen. Hiertoe moet gekend zijn: de lichaamsbouw van de mens, de voortplanting met een minimale notie van embryologie, de rol van planten en dieren in de natuur, de vegetatieve processen in de mens, de animale driften in de mens.

Als kinderen van onze tijd zijn onze leerlingen sterk beïnvloed door het gangbare wereldbeeld, waarin alles wat zich in het heelal bevindt, uit één materiële oersubstantie is ontstaan en de levens- en bewustzijnsprocessen daarvan slechts bijverschijnselen zijn. De mens verschijnt hier als toevalsproduct in de evolutie. Hij is een product van zijn erfelijkheid en zijn omgeving. Steeds meer mechanische verklaringen worden in de biologie en in het onderwijs opgenomen: vergelijkingen met machines, computers, enz.

Een ander wereldbeeld houdt in dat alles in het heelal psychisch-geestelijk van oorsprong is en dat ook de materie (en straling) een soort condensatie is van deze hogere niveaus. De mens verschijnt hier als alfa en omega van de aarde-ontwikkeling. In deze optiek is er weer ruimte voor kunst, ethiek en religie.

## 1.2. Chemie

In het eerste jaar van de derde graad hebben de leerlingen reeds 4 jaar 'ervaring' met Chemie als vak, d.i. met het waarnemen en beschrijven van de proeven, met de besluiten uitgaande van het experiment. In de tweede graad werd het accent verlegd van het beeldend-kwalitatieve naar abstractere begripsvorming. De beeldenrijkdom werd opgevolgd door heldere denkinhouden. De analyse van problemen kon aangepakt worden en de stap van verschijnselen naar begrippen kon bewust gemaakt worden. Zo werden begrippen als concentratie, verzadigde oplossing, diffusie en osmose opgenomen. Ook de stap naar het opstellen van reactievergelijkingen werd gemaakt en tevens het voorspellen van reacties. Dit gebeurde zowel bij de bereiding van een aantal organische stoffen (ethanol, diëthylether, azijnzuur, esters) in het eerste jaar van de tweede graad, als bij de zoutsplitsing en zoutvorming in het tweede jaar van de tweede graad. Wanneer de leerlingen een aanvang maken met de derde graad, wordt van hen verwacht dat ze reeds in voldoende mate abstractie kunnen maken en via hun denken los kunnen komen van het concrete.

### **1.3. Fysica**

In kort bestek kan men de reeds verworven natuurkundige kennis, inzichten en vaardigheden als volgt samenvatten.

In de eerste graad kwamen nog alle onderwerpen aan bod: licht, geluid, warmte, elektriciteit, mechanica, vloeistoffen en gassen. Het onderwijs was vooral gericht op een belevend kennismaken door waarnemen, verwonderen, beschrijven. Bovendien werd aandacht besteed aan dagdagelijkse toepassingen zoals katrollen, takels, camera obscura, warme-luchtballon en elektromotoren en deze werden al doende begrepen. In de tweede graad werden in het vak fysica de eigen nauwkeurige waarneming en verwoording door proefbeschrijvingen verder geoefend. Door het exacte denken aan te spreken werden de losse waarnemingen tot begrippen samengevat. Ook hier werd aandacht geschonken aan allerlei technologische toepassingen van de warmteleer en de mechanica.

Wanneer de leerlingen in de derde graad komen, zijn zij min of meer vertrouwd met een onbevooroordeelde wijze van waarnemen. Tevens hebben zij reeds voldoende kennis gemaakt met een nauwkeurige manier van begripsvorming. Vooral voor het eerste jaar van de derde graad moeten de leerlingen begrippen zoals warmte, energie en vermogen bezitten en kunnen hanteren.

## **2. Vervangende eindtermen natuurwetenschappen derde graad ASO van de Federatie Steinerscholen**

### **2.1. Motivering voor het indienen van vervangende eindtermen Natuurwetenschappen**

De krachtlijnen van de uitgangspunten van waaruit de nieuwe, door de Vlaamse regering bepaalde, eindtermen natuurwetenschappen voor de derde graad ASO vertrekken kunnen grosso modo ook gelden voor de steinerscholen. Toch is het voor de steinerscholen noodzakelijk om vervangende eindtermen te hanteren omdat anders de horizontale en verticale samenhang van de eigen eindtermen in het gedrang komt. De in 2014 door de Vlaamse regering aanvaarde vervangende eindtermen natuurwetenschappen vragen om aangepaste nieuwe vervangende eindtermen in de derde graad.

De consecutieve leer- en ontwikkelingslijn in het geheel van de steinerpedagogie is in dit kader van essentieel belang.

De Federatie van Steinerscholen huldigt een ontwikkelingsgerichte pedagogie, zoals reeds in de algemene inleiding tot de aanvraag voor vervangende eindtermen van 2010 staat beschreven bij de basisprincipes van de steinerpedagogie. In die optiek is het gemakkelijk te begrijpen dat leerlingen van de eerste graad secundair onderwijs abstracte begrippen slechts matig beheersen. Jongere kinderen hebben een benadering van de werkelijkheid nodig die aansluit bij hun wijze van

begrijpen. Geleidelijk aan kunnen ze meer en meer abstracties aan. In de steinerpedagogie betekent dit dat men het niveau van abstractie aanpast aan de leeftijd. Dat heeft voor gevolg dat men in de steinerpedagogie verregaande abstracties pas aanreikt in de tweede en derde graad, als de leerlingen daar meer aan toe zijn. Zo komt het dat aan de ene kant bepaalde inhouden zowel in de eerste graad als later aangepakt worden maar telkens op een aan de leeftijd aangepaste manier: concreter in de eerste graad en steeds abstracter naarmate de leerling ouder wordt.

Een tweede onderscheid tussen de door de Vlaamse regering bepaalde eindtermen Natuurwetenschappen en de vervangende eigen eindtermen van de Federatie Steinerscholen is de manier waarop met het gegeven van de wetenschappelijke methode omgegaan wordt binnen de steinerpedagogie.

Zoals reeds geargumenteed in eerdere motiveringen van de eigen vervangende eindtermen, vertrekken de steinerscholen bij hun wetenschapsonderwijs bij de verschijnselen zelf. Pas na de exacte waarneming en de beschrijving van de verschijnselen, volgt de mogelijke hypothese. Zoals we in de algemene inleiding tot de eigen alternatieve eindtermen van de steinerscholen in 2010 beschreven, gebruikt de steinerpedagogie daarbij de fenomenologische beschouwingswijze. Deze werkwijze bevordert bij de leerlingen het inlevingsvermogen en het levendig denken. Ze schept de mogelijkheid om, naast parate kennis, de nodige eerbiedskrachten voor de fenomenen van de natuur en de wetenschappen op te wekken.

## **2.2. De gemeenschappelijke eindtermen voor de wetenschappen 3<sup>de</sup> graad (Biologie, Chemie, Fysica)**

Gemeenschappelijke eindtermen gelden voor het geheel van de wetenschappen

### **2.2.1 Wetenschappelijke vaardigheden**

Het wetenschapsonderricht in de derde graad is erop gericht dat de leerlingen:

- W - 1. de volgende stappen oefenen van experimenteel testonderzoek :
  - a. vanuit een onderzoeksvraag een eigen hypothese of verwachting formuleren en relevante variabelen aangeven;
  - b. uit data, een tabel of een grafiek relaties en waarden afleiden om een besluit te formuleren;
- W - 2. bewustzijn ontwikkelen aangaande hun wetenschappelijk denken, met name
  - a. onderscheid kunnen maken tussen feiten, meningen, vermoedens, modellen en hypothesen;
  - b. hun denkbeelden kunnen verwoorden;
  - c. hun denkbeelden confronteren met denkbeelden van anderen, metingen, observaties, onderzoeksresultaten of wetenschappelijke inzichten;
- W - 3. wetenschappelijke terminologie, symbolen en SI-eenheden gebruiken;
- W - 4. veilig en verantwoord omgaan met stoffen, elektrische toestellen, geluid en EM-straling.

### 2.2.2 Wetenschap en samenleving

De leerlingen kunnen

- W - 5. deelnemen aan de oordeelsvorming omtrent duurzaamheidsvraagstukken en hun mogelijke oplossingen die betrekking hebben op tenminste grondstoffenverbruik, energieverbruik, biotechnologie, biodiversiteit en het leefmilieu;
- W - 6. de natuurwetenschappen als onderdeel van de culturele ontwikkeling duiden en de wisselwerking met de maatschappij op ecologisch, ethisch, technisch, socio-economisch en filosofisch vlak illustreren.

### 2.3. De vakgebonden eindtermen biologie

De leerlingen kunnen

- B - 1. celorganellen, zowel op lichtmicroscopisch als op elektronenmicroscopisch niveau, benoemen en functies ervan aangeven;
- B - 2. het belang van sachariden, lipiden, proteïnen, nucleïnezuren, mineralen en water voor het metabolisme toelichten;
- B - 3. het belang van mitose en meiose duiden;
- B - 4. de betekenis van DNA bij de celdeling en genexpressie verduidelijken;
- B - 5. de functie van geslachtshormonen bij de gametogenese en bij de menstruatiecyclus toelichten;
- B - 6. stimulering en beheersing van de vruchtbaarheid bespreken in functie van de hormonale regeling van de voorplanting;
- B - 7. de bevruchting en de geboorte beschrijven en de invloed van externe factoren op de ontwikkeling van embryo en foetus bespreken;
- B - 8. aan de hand van eenvoudige voorbeelden toelichten hoe kenmerken van generatie op generatie overerven;
- B - 9. de impact illustreren van erfelijkheid en omgevingsinvloeden op kenmerken en variatie van organismen;
- B - 10. wetenschappelijk onderbouwde argumenten geven voor de biologische evolutie van organismen met inbegrip van de mens.



## 2.4. De vakgebonden eindtermen chemie

De leerlingen kunnen

- C - 1. het onderscheid tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven, alsook het onderscheid tussen enkelvoudige en samengestelde stoffen;
- C - 2. de samenstelling van een atoom afleiden uit het nucleonengetal en atoomnummer en, voor de atomen met  $Z \leq 18$ , hun elektronenconfiguratie en hun plaats in het periodiek systeem van de elementen geven;
- C - 3. voor alle atomen uit de hoofdgroepen het aantal elektronen op de buitenste hoofdschil afleiden uit hun plaats in het periodiek systeem;
- C - 4. met voorbeelden uitleggen hoe een ionbinding, een atoombinding en een metaalbinding tot stand komen en het verband leggen tussen bindingstype en elektrisch geleidingsvermogen van een zuivere stof;
- C - 5. aan de hand van een chemische formule een representatieve stof benoemen en classificeren als
  - a. anorganische of organische stof;
  - b. enkelvoudige of samengestelde stof;
    - i. in het geval van een enkelvoudige stof als metaal, niet-metaal of edelgas;
    - ii. in het geval van een anorganische samengestelde stof als oxide, hydroxide, zuur of zout;
- C - 6. aan de hand van de chemische formule een representatieve stof of stofdeeltje classificeren als: – opgebouwd uit atomen, moleculen, mono- en/of polyatomische ionen; – atoom, molecule of ion;
- C - 7. atoom-, molecuul- en roostermodellen interpreteren;
- C - 8. voor een watermolecule het verband uitleggen tussen enerzijds de polariteit en anderzijds de ruimtelijke structuur en het verschil in elektronegatieve waarde van de samenstellende atomen;
- C - 9. de begrippen stofhoeveelheid en molaire concentratie kwalitatief en kwantitatief hanteren;
- C - 10. eenvoudige reacties corpusculair voorstellen, symbolisch weergeven en interpreteren;
- C - 11. aan de hand van een gegeven reactievergelijking een chemische reactie classificeren als ionen-, protonen- of elektronenuitwisselingsreactie;
- C - 12. in verbrandingsreacties, in synthesesreacties met enkelvoudige stoffen en in ontledingsreacties van binaire stoffen oxidatie en reductie aanduiden aan de hand van elektronenuitwisseling;
- C - 13. eigenschappen en actuele toepassingen noemen van stoffen waaronder kunststoffen en opvallende kenmerken van hun moleculaire structuur beschrijven;
- C - 14. chemische reacties uit de koolstofchemie in verband brengen met hedendaagse toepassingen;

- C - 15. voor een aflopende reactie, waarvan de reactievergelijking gegeven is, en op basis van gegeven stofhoeveelheden of massa's, de stofhoeveelheden en massa's bij de eindsituatie berekenen;
- C - 16. het onderscheid tussen een evenwichtsreactie en een aflopende reactie illustreren;
- C - 17. de werking van een buffermengsel uitleggen als voorbeeld van een chemisch evenwicht bij een zuur/basekoppel;
- C - 18. kunnen aan de hand van de activeringsenergie uitleggen welke factoren invloed uitoefenen op de reactiesnelheid.

## 2.5. De vakgebonden eindtermen fysica

De leerlingen kunnen

- F - 1. met het deeltjesmodel van de materie het begrip inwendige energie uitleggen;
- F - 2. het magnetisch veld (rond permanente magneten en als gevolg van bewegende elektrische ladingen zoals in stroomvoerende geleiders), magnetische inductie en zelfinductie karakteriseren en van daaruit de werking van een transformator beschrijven, alsook de eigenschappen van een solenoïde (onder gelijk- en wisselspanning);
- F - 3. de volgende optische fenomenen karakteriseren en een voorbeeldsituatie beschrijven waarin zij zich voordoen:
  - a. schaduwvorming;
  - b. gekleurde schaduwen;
  - c. terugkaatsing;
  - d. breking;
  - e. beeldvorming bij vlakke spiegels en bolle lenzen, ook geïllustreerd bij de werking van het oog;
  - f. diffractie;
  - g. interferentie;
- F - 4. de kenmerken van een harmonische trilling en een lopende golf benoemen;
- F - 5. geluid als golfverschijnsel karakteriseren, eigenschappen van geluid en mogelijke invloeden van geluid op de mens beschrijven;
- F - 6. elektromagnetische straling beschrijven als golven, het effect van deze straling in verband brengen met haar frequentie, en de verschillende types ordenen volgens het elektromagnetisch spectrum;
- F - 7. volgende kernfysische aspecten aan de hand van toepassingen of voorbeelden illustreren:
  - a. aard van  $\alpha$ -,  $\beta$ - en  $\gamma$ -straling;
  - b. activiteit en halveringstijd;
  - c. kernfusie en kernsplijting;
  - d. effecten van ioniserende straling op mens en milieu.

## 2.6. De eigen specifieke eindtermen (ESET) Algemeen Secundair Onderwijs Rudolf Steinerpedagogie

Bij de leerplandoelstellingen van de natuurwetenschappen wordt af en toe naar één of meerdere van de onderstaande ESET's verwezen. Deze onderstaande eigen specifieke eindtermen kunnen in hun volledigheid maar behaald worden door de totaliteit van alle leerprocessen die binnen het curriculum plaatsvinden. De lessen natuurwetenschappen dragen daartoe bij.

### 1 Waarnemen.

De leerlingen kunnen :

- ESET - 1. waarnemen door in een opdracht fenomenen zintuiglijk te observeren en hun waarnemingen exact te verwoorden en bij te stellen;
- ESET - 2. in de waarnemingsfase afzien van oordelen en/of interpretaties;
- ESET - 3. kunstzinnige activiteiten en/of wetenschappelijke experimenten gebruiken om
  - a. het waarnemen te verscherpen en te verdiepen;
  - b. en dit aanwenden in verschillende cultuurdomeinen zoals exacte wetenschappen, geschiedenis, kunstgeschiedenis, talen, kunst en muziek;
- ESET - 4. het gevoel als waarnemingsorgaan gebruiken in welbepaalde opdrachten
  - a. bij het beschrijven van fenomenen;
  - b. \*en om de gevoelens van anderen te leren waarnemen;
- ESET - 5. tijdens welbepaalde opdrachten geconcentreerd en met hun gevoel luisteren
  - a. naar meer complexe cultuurproducten zoals literatuur, voordracht, toneel en muziek;
  - b. naar zichzelf en anderen bij activiteiten zoals toneel spelen en musiceren.

### 2 Denken

De leerlingen kunnen :

- ESET - 6. hun denkbeelden tot een visuele of auditieve uitvoering brengen
  - a. binnen een welbepaalde opdracht;
  - b. en in verschillende cultuurdomeinen zoals exacte wetenschappen, kunstgeschiedenis, talen, kunst en muziek;
- ESET - 7. \*erkennen dat hun eigen voorstellingen en oordelen een kleuring kunnen hebben, afhankelijk van hun denkstijl, hun positie en hun relatie met de waarneming;
- ESET - 8. hun wiskundig ruimtelijk denken verrijken met driedimensionale weergaven bij kunstzinnige of technische opdrachten en bij het maken van een ontwerp voor welbepaalde opdrachten;
- ESET - 9. voorstellingsvrij denken in welomschreven wiskundige oefeningen;
- ESET - 10. theoretisch denken zowel in welomschreven kunstzinnige als wetenschappelijke opdrachten;
- ESET - 11. aangeven welk denkmodel ze gebruiken in bepaalde leeropdrachten.

### 3 Oordelen

De leerlingen kunnen :

- ESET - 12. onderscheiden in welke mate sympathie en antipathie hebben meegespeeld bij het vormen van een oordeel binnen een bepaalde opdracht;

- ESET - 13. na het kennismaken met verschillende standpunten een eigen oordeel formuleren binnen welomschreven leersituaties in verschillende cultuurdomeinen zoals geschiedenis, talen, kunst en muziek;
- ESET - 14. op basis van eigen ervaringen tijdens projecten en excursies en die van hun medeleerlingen hun denkbeelden omtrent maatschappelijke vraagstukken aanvullen en hierover een genuanceerd oordeel vormen.

#### **4 Onderzoeken**

De leerlingen kunnen :

- ESET - 15. aan de hand van diverse zoeksystemen - waaronder geautomatiseerde - en binnen verschillende cultuurdomeinen zoals wetenschappen, geschiedenis, talen, kunst en muziek gericht bronnenmateriaal verzamelen, ordenen en selecteren;
- ESET - 16. een onderzoeksopdracht plannen, uitvoeren en evalueren bij een theoretisch, een kunstzinnig of een technisch project;
- ESET - 17. de resultaten van een onderzoeksopdracht formuleren, een standpunt bepalen, beargumenteren, toetsen aan andere standpunten en hierover rapporteren.

#### **5 Kunstzinnigheid**

De leerlingen kunnen :

- ESET - 18. grote kunststromingen herkennen, het verband met hun tijdsgeest leggen en dit als referentiekader gebruiken tijdens kunstzinnige activiteiten en bij het onderzoek van hun eigen tijd, cultuur en geschiedenis;
- ESET - 19. in een kunstzinnig proces structuren herkennen zoals bij muzikale, plastische en architecturale composities;
- ESET - 20. de eigenheid herkennen van artistieke domeinen zoals architectuur, muziek, beeldende kunst en literatuur;
- ESET - 21. \* creativiteit omvormen tot kunstzinnigheid
- a. door uit te gaan van waarneming, inleving en de eigenheid van context en materialen;
  - b. door het pendelen tussen waarnemen en handelen bij het kunstzinnig proces;
  - c. en dit ook gebruiken in welbepaalde leeropdrachten zoals in het wetenschappelijk onderzoek, teamvorming, zelfreflectie, expressie, praktische opdrachten en sociale interactie;
- ESET - 22. zich afstemmen op het geheel om tot een gemeenschappelijk kunstzinnig proces te komen zoals bij het musiceren, toneelspelen en sociale projecten;
- ESET - 23. \* inzien dat mensen in het kunstzinnig proces vele facetten van hun wezen tonen en brengen hiervoor respect op;
- ESET - 24. \* vertrouwen ontwikkelen in het eigen en het gemeenschappelijke kunstzinnige proces en kunnen de kunstenaar in andere mensen en in zichzelf ervaren.

#### **6 Vormgeven**

De leerlingen kunnen binnen de context van een leeropdracht en mits begeleiding :

- ESET - 25. voor een concrete opdracht een ontwerp en/of plan maken dat beantwoordt aan een bepaalde vraag of probleemstelling;
- ESET - 26. voor een concrete opdracht een ontwerp en/of plan maken dat beantwoordt aan een bepaalde vraag of probleemstelling;
- ESET - 27. bij een ruimtelijke opdracht de voorstelling van hun ontwerp omzetten in een precieze visuele weergave en deze gebruiken tijdens het uitvoeren;

- ESET - 28. van een concreet project
  - a. een tijdsplanning maken;
  - b. en bij de uitvoering overleggen, bijsturen en beslissingen nemen;
- ESET - 29. bij de uitvoering van de opdracht :
  - a. regels van de vakdiscipline toepassen;
  - b. kennis van en inzicht in het gebruik van de materialen toepassen;
  - c. met zorg en respect omgaan met gereedschap en uitrusting;
  - d. de opgegeven maten en/of criteria respecteren;
  - e. door orde en netheid de veiligheid en efficiëntie bevorderen;
  - f. omgaan met machines en apparaten en daarbij rekening houden met de veiligheidsvoorschriften.

## **7. Ondernemen**

De leerlingen kunnen in de verschillende cultuurdomeinen zoals exacte wetenschappen, geschiedenis, kunstgeschiedenis, talen, kunst en muziek, binnen de context van een leeropdracht en mits begeleiding :

- ESET - 30. initiatief nemen en verantwoordelijkheid dragen tijdens individuele en groepsprojecten;
- ESET - 31. bij een eigen initiatief
  - a. plannen, organiseren en communiceren;
  - b. toetsen aan de realiteit;
  - c. en de deadlines respecteren;
- ESET - 32. hun zin tot ondernemen tonen in een individueel en/of een groepsproject en dit ook presenteren voor een ruim publiek;
- ESET - 33. \* concentratie, doorzettingsvermogen opbrengen, geduld nastreven, flexibel zijn, creativiteit nastreven en leren omgaan met stress.

## **8. Team vormen**

De leerlingen kunnen in de verschillende cultuurdomeinen zoals exacte wetenschappen, geschiedenis en kunstgeschiedenis, talen, kunst en muziek, binnen de context van een leeropdracht en mits begeleiding :

- ESET - 34. in een dialoogcultuur actief deelnemen;
- ESET - 35. door onderling overleg tot een taakverdeling komen;
- ESET - 36. alle teamleden respecteren ongeacht hun taak of rol, en leiding nemen of aanvaarden in groepsprocessen;
- ESET - 37. door teamwerk oplossingen laten ontstaan bij onverwachte situaties in groepsprojecten;
- ESET - 38. \* hun eigen gedrag waarnemen tijdens teamwerk.

## **9. Zelfreflecteren**

De leerlingen kunnen :

- ESET - 39. terugkijken naar zichzelf in leersituaties en groepsprocessen en daarover rapporteren;
- ESET - 40. aangeven binnen een bepaalde leercontext en onder begeleiding dat ze zich bewust zijn van eigen beperkingen en talenten;
- ESET - 41. zich bij welbepaalde leersituaties verplaatsen in verschillende standpunten en zienswijzen en dit gebruiken om het eigen standpunt te vormen of bewust te maken.

## 3. Doelstellingen

### 3.1 Pedagogische duiding

#### 3.1.1 Eindtermen en leerplandoelstellingen

De meeste leerplandoelstellingen in dit leerplan omschrijven op welke wijze de bovenstaande vervangende eindtermen kunnen worden bereikt. Deze vervangende eindtermen hebben betrekking op kennis en inzicht in de gangbare wetenschappelijke modellen, en op vaardigheid met de gangbare natuurwetenschappelijke methode waarmee de werkelijkheid analytisch onderzocht kan worden. Deze inzichten en vaardigheden zijn belangrijk om de leerlingen wegwijs te maken in de moderne wetenschappelijke beschouwingen die vaak ook in breed maatschappelijk debat aan de orde zijn. Ze zijn uiteraard onontbeerlijk voor wie doorstroomt naar hogere wetenschappelijke opleidingen. Wellicht nog belangrijker dan de kennis en vaardigheden op zich is de aanwakking van een verwonderde, bij sommigen passionele, interesse in de wereld: een liefde voor de wetenschappelijke ontdekkingsreis.

De bovenstaande lijst eindtermen bevat weinig specifiek steinerpedagogische klemtonen. De vervangende eindtermen moeten één op één corresponderen met de eindtermen van de overheid. Het leerplan daarentegen biedt meer ruimte om de eigenheid van de steinerpedagogie te waarborgen, en dit in twee opzichten. Enerzijds bestaat hier de pedagogische vrijheid om eigen opvoedkundige en didactische methodes uit te diepen. Anderzijds kan men met extra leerplandoelstellingen inzichten en vaardigheden beogen die verder gaan dan de bovenstaande eindtermen.

Vanuit drie oogpunten dringen zich 'extra's' op:

- a) Enkele extra leerplandoelstellingen zorgen voor verdieping (met bijkomende wetenschappelijke begrippen) of verbreding (met alternatieve interpretaties of wetenschappelijke modellen naast de meest gangbare).
- b) De Eigen Specifieke Eindtermen (ESETs) markeren de eigenheid van de studierichting ASO Rudolf Steinerpedagogie. Zij vormen dan ook een bijkomend referentiepunt bij de uitbouw van dit leerplan.
- c) Binnen de natuurwetenschappelijke vakken hechten steinerpedagogen veel belang aan de fenomenologische benadering als aanvulling op de klassieke natuurwetenschappelijke methode.

Het laatste aspect wordt in de volgende paragraaf verduidelijkt.

#### 3.1.2 Een analytische en een synthetische onderzoeksmethode.

De klassieke natuurwetenschap bereikt indrukwekkende resultaten in haar abstracte denkkaders en technische verwezenlijkingen. Ontdekkingen, inzichten en uitvindingen vloeien voort uit de analytische onderzoeksmethode waarmee vele wetenschappers, in het spoor van Francis Bacon, de werkelijkheid ontleden. Kwantitatieve eigenschappen van geïsoleerde objecten en hun respons op invloeden van buitenaf worden via gedetailleerde waarnemingen in kaart gebracht. Wat de waarnemer hierbij in zichzelf waarneemt, zijn eigen gewaarwording dus, is niet van belang, omdat zij niet bijdraagt tot een objectieve kennis van de werkelijkheid. Vanuit nauwkeurige observaties, vaak dankzij het gebruik van verfijnde meetapparatuur, ontstaan onderzoeksvragen. De

onderzoeker probeert zijn waarnemingen te begrijpen binnen een (bestaand of nieuw) abstract theoretisch model. Hierbij wordt een verfijnde wetenschappelijke taal ontwikkeld, meestal met een stevig wiskundig fundament. Uit zo'n model ontstaan voorspellingen (hypotheses) die aan de werkelijkheid getoetst moeten worden om het model te verifiëren. Daartoe voert men experimenten uit, die nieuwe informatie opleveren en het denkspoor bekrachtigen of in vraag stellen.

Leerlingen moeten zich bekwamen in deze analytische onderzoeksmethode. De bijhorende onderzoekscompetenties zijn belangrijk, als algemene eigentijdse vorming en zeker in de voorbereiding tot hogere wetenschappelijke studies.

De klassieke natuurwetenschappelijke methode kent echter ook haar grenzen. Vaak gaan onderzoekers uit van onuitgesproken premissen, zoals:

- de werkelijkheid (reductionistisch) valt te begrijpen vanuit de kwantitatieve eigenschappen van de materiële objecten en de krachten waaraan die onderhevig zijn;
- macroscopische verschijnselen worden beschouwd als resultaten van een interactie tussen een groot aantal microscopische of zelfs niet waarneembare deeltjes;
- de 'gebeurtenissen' in de werkelijkheid zijn te vatten in universele wetmatigheden;
- alle aspecten van de werkelijkheid (ook het leven) zijn verklaarbaar vanuit de dode materie;
- niet-reproduceerbare waarnemingen zijn verwaarloosbaar;
- de menselijke gewaarwording levert enkel onbetrouwbare, subjectieve informatie;
- de begrippen waarmee we inzicht in de werkelijkheid kunnen verkrijgen moeten eenduidig gedefinieerd zijn;
- de resultaten van de natuurwetenschap zijn absoluut objectief.

Wetenschapsfilosofen zoals Paul Feyerabend bepleiten een pluralisme in theorieën en methoden. De eenzijdige toepassing van de klassieke (analytische) natuurwetenschappelijke methode leidt tot een vernauwing van onze menselijke mogelijkheden. Het gevaar is bijvoorbeeld reëel dat men de werkelijkheid al te sterk doorheen de bril van een abstract model gaat bekijken, waardoor men oog verliest voor aspecten die niet in het model thuishoren.

Vanuit pedagogisch standpunt is het uiterst belangrijk om de ontwikkeling van een open wetenschappelijke onderzoekshouding te stimuleren. Een aandachtige, maar onbevangen, waarneming van de fenomenen is hierbij essentieel, de vaardigheid ook om uit eigen ervaring en inzicht oordelen en wereldbeeld te vormen. 'De onderzoeker in elke mens' staat centraal, met zijn inlevend denkvermogen én zijn gewaarwordingen (waarbij relevante en niet-relevante delen moeten worden onderscheiden). In hun individuele existentiële en wereldbeschouwelijke zoektocht worden jongeren overigens niet vooruit geholpen door absolute verklaringen van onwrikbare kennis.

Rudolf Steiner heeft in meerdere opzichten op het belang gewezen van de meer synthetische onderzoeksmethode, zoals die al vóór hem door Goethe was toegepast. Enerzijds biedt deze fenomenologische methode méér kansen om wezenlijke aspecten van de werkelijkheid te leren kennen, anderzijds ondersteunt zij de gezonde ontwikkeling van de denkvermogens bij de jonge mens. Antonovsky benadrukt in zijn leer van de salutogenese het belang van de zin van coherentie: een mens weet zich gezond als hij zijn omgeving kan verstaan en er zin kan aan geven, als hij verder mogelijkheden ziet om er invloed op uit te oefenen en zich ergens mee te identificeren. Heel veel van de steinerpedagogie kan vanuit deze visie begrepen worden. Bijvoorbeeld, zo ontstaat bij een té ver doorgedreven abstraheren de moeilijkheid om zich nog door eigen ervaringen en belevingen te verbinden met de werkelijkheid. De natuurkundige krachten bijvoorbeeld die van belang zijn bij

het fietsen, leert men maar echt verstaan door daadwerkelijk te leren fietsen, niet door een verbale uitleg er over.

Elementen van de Goetheanistische fenomenologische methode zijn:

- niet de objecten, maar de fenomenen primieren: in elk fenomeen toont zich een uniek wezenlijk idee, dat kan worden gekend door de werkelijkheid via een onbevooroordeelde en onbevange waarneming te karakteriseren;
- het geheel is in deze holistische benadering meer dan de som der delen;
- de fenomenen worden in deze synthetische methode bestudeerd zonder ze uiteen te rafelen;
- het is niet zinvol om de oorzaken van fenomenen in theorieën te zoeken;
- vooral kwaliteiten zijn van belang voor de beschrijving van de levende werkelijkheid;
- eenmalige waarnemingen en ervaringen dragen bij tot kennis van de werkelijkheid;
- niet de menselijke zintuigen misleiden, maar het menselijke oordeel;
- de menselijke gewaarwording en gevoelsmatige inleving kan, mits oefening, een relevante bron van inzicht zijn;
- de begrippen en ideeën die zich in de fenomenen tonen kunnen niet volledig in definities worden gegoten; men kan ze zo goed mogelijk karakteriseren; men spreekt van 'levende begrippen'.

De fenomenologische methode werd volop beoefend in de lessen natuurwetenschappen van de tweede graad. In de derde graad komen de modellen hoe dan ook sterker op de voorgrond, maar toch vaak pas na belangrijke observatie-oefeningen. Zo komen de leerlingen in de lessen fysica bijvoorbeeld via een veelheid van proeven dicht bij het wezenlijke van elektrische en magnetische velden – die op zich onzichtbaar zijn – en hun eigenschappen en toepassingen. Dit beschouwen we als een voorbereiding op de abstractere elektromagnetische veld- en golftheorie en het elektromagnetisch spectrum. Parallel worden in de lessen chemie het atoommodel van Bohr en de tabel van Mendelejev aangebracht .

Soms worden verschillende modellen met diepgang bestudeerd om de relativiteit van wetenschappelijke standpunten te leren kennen. Men vindt dit bijvoorbeeld terug in de lessen biologie waar de evolutieleer vanuit meerdere oogpunten wordt besproken. Ook het licht wordt in de lessen optica vanuit verschillende benaderingen bestudeerd:

- zuiver fenomenologisch;
- vanuit het stralenmodel;
- vanuit het deeltjesmodel (fotonen);
- vanuit het golfmodel (EMG).

Een belangrijke doelstelling is dat de leerlingen beseffen met welke modellen ze een optisch verschijnsel kunnen benaderen en dat één model op zich geen absoluut waarheidskarakter heeft.

### 3.1.3 STEM-geletterdheid en 21<sup>ste</sup>-eeuwse competenties

In de terminologie van het STEM (Science Technology Engineering Mathematics)-kader voor het Vlaamse onderwijs (november 2015) beogen de onderstaande doelstellingen eerder gevorderde STEM-geletterdheid, geen STEM-specialisatie. Dit neemt uiteraard niet weg dat sommigen van onze leerlingen zullen kiezen voor een natuurwetenschappelijke of technisch getinte hogere opleiding, eventueel met een schakeljaar. Citeren wij de tekst van het STEM-kader van het departement Onderwijs en Vorming:



*Volgens het 'You for Youth' netwerk is STEM-geletterdheid "(...)de mogelijkheid van iemand om fundamentele concepten uit wetenschap, techniek, engineering en wiskunde te verstaan en toe te passen om zo te komen tot weloverwogen beslissingen, om problemen op te lossen en/of nieuwe producten en processen te creëren." Een aanvulling hierop is dat STEM-geletterdheid eveneens het bewustzijn omvat van de rollen die wetenschappen, techniek, engineering en wiskunde vervullen in de moderne samenleving.*

Volgens een belangrijke krachtlijn in de steinerpedagogie moet elke leerstof ook ontwikkelingsstof zijn. Met andere woorden, het komt er niet alleen op aan jonge mensen te kwalificeren met voldoende wetenschappelijke competenties, we willen ook bijdragen aan hun brede persoonlijkheidsvorming en socialisatie in de moderne maatschappij. Deze visie vindt ook haar plek in het Vlaamse STEM-kader, dat STEM als drager ziet van de 21<sup>ste</sup>-eeuwse competenties:

*'De 21<sup>e</sup> eeuw competenties' zijn een combinatie van cognitieve, interpersoonlijke en intrapersoonlijke karakteristieken die dieper leren en kennistransfers ondersteunen. Tot de cognitieve competenties behoren kritisch, innovatief en creatief denken; de interpersoonlijke kenmerken omvatten communicatie, samenwerking en verantwoordelijkheid en de intrapersoonlijke kenmerken omvatten flexibiliteit, initiatief en metacognitie. (naar Honey et al, 2014)*

### **3.1.4 De ontwikkelingsfase van de adolescent in de derde graad.**

Om de aangeboden leerstof te kunnen gebruiken als ontwikkelingsstof, als steun bij de individuele persoonlijkheidsontwikkeling van de leerling, is het belangrijk dat de leraar een menskundig inzicht heeft in de ontwikkelingsfase van de adolescent.

Wat zich op het einde van de tweede graad reeds aankondigde, voltrekt zich in de levensfase van de derde graad volop. In het eerste jaar van de derde graad komen de jongeren uit de diepte van de puberteit, wat zich in een nieuwe zielenstemming weerspiegelt. De leerlingen vinden een rustpunt in zichzelf. In de binnenruimte verwerft de adolescent steeds houvast en kan meer orde in de chaos scheppen. Er ontwikkelt zich een nieuw innerlijk evenwicht, gekenmerkt door een zich ontplooiend sociaal, bezielde oordeelsvermogen. In de loop van dit eerste jaar komen antipathieën en sympathieën tot een evenwicht; scherpe kantjes worden afgerond; er wordt getracht een verbinding tussen innerlijk en uiterlijk tot stand te brengen. De basisvragen zijn: 'Hoe weerklinkt de wereld in mij en hoe kan ik uiting geven aan deze weerklink? Waarom zijn wij hier op deze wereld?' 'Wat is mijn plaats in deze wereld?'

Het stellen van de juiste vraag is een thema dat uitgebreid aan bod komt in de Parcivalperiode (zie het leerplan Nederlands), wat ondersteunend werkt op de ontwikkeling van de jonge adolescent. Het denkbaar dat in deze levensfase wordt ontwikkeld, is het denken in levende begrippen. Voor het eerst wordt een gesprek over begrippen mogelijk. In de projectieve geometrie komen de begrippen punt op oneindig, rechte op oneindig, dualiteit of polariteit en dergelijke aan de orde (zie het leerplan wiskunde). Ook in de fysica wordt de nadruk gelegd op polariteiten: positieve en negatieve ladingen, magnetische polen – en op een zorgvuldige begripsontwikkeling: lading, stroom, veld. Het komt erop aan om levende, beweeglijke begrippen te laten ontstaan, geen afgesloten en verstarde definities, maar open karakterisering die op elk moment kunnen verrijkt, bijgesteld en genuanceerd worden. Zo kan er in de ziel van de jonge man of vrouw een sprekend en

klinkend beeld van de wereld ontstaan, een zin voor muzikale schoonheid vanuit een eenheidsgevoel met de wijze harmonie die in de werkelijkheid waargenomen wordt.

De ziel kan immers niet bloeien met een wereldbeeld waarin de mens een nietige zandkorrel is in een eindeloze ruimte, met gevoelens en gedachten die enkel het resultaat zijn van biochemische processen. In de derde graad wordt in het denken de vrije opening gecreëerd voor een individueel gekleurd wereldbeeld waarin de adolescent zich een plek kan zoeken als burger van de materiële én de geestelijke werkelijkheid. Dit zoeken is in wezen een religieus streven. Voor velen betekent deze periode een onstuimig ontwaken van idealen. Voor anderen is het de periode van de romantiek. Het is de taak van het onderwijs in deze leeftijdsfase, en van de natuurwetenschappelijke vakken in het bijzonder, om richting te geven aan dit streven en leidende gedachten aan te reiken. We willen duidelijk maken dat een moreel en spiritueel wereldbeeld verenigbaar is met de hedendaagse natuurwetenschappelijke inzichten.

Met het bereiken van het tweede jaar van de derde graad komt de leerling-adolescent op een grens te staan. Het is een jaar van overzicht en synthese. Centraal staat het zoeken van een eigen weg in het sociale. De leerlingen zijn stilaan klaar om hun denkbeelden in daden om te zetten. Hun individualiteit ontwaakt in een opstuwen van wilskracht om aan het beroepsvoorbereidend leven te beginnen. Het is zaak om tijdens dit laatste jaar nog een aantal vragen bij de leerlingen wakker te roepen die van kapitaal belang zijn voor hun oriëntatie in het latere leven. Dit oproepen van vragen is op zich belangrijker dan het geven van pasklare antwoorden. Deze vragen zijn: 'Waar komen mens en mensheid vandaan?', 'Waar gaan ze naartoe?', 'Wat is hun rol op aarde?'. Hier sluiten individuele existentiële vragen bij aan, zoals: 'Wat kan ik?', 'Wat wil ik?', 'Wie ben ik?'. Het denkgebaar dat een abiturient daarbij maakt, is een globaal denken, het denken in grote samenhangen, ondersteund door een individueel oordeelsvermogen. Vanuit het besef van een eigen plek en standpunt kan de achttien-, negentienjarige inzicht en overzicht verwerven. Dit is belangrijk omdat men pas de weg van de vrijheid kan ervaren door te handelen uit inzicht. De werkelijkheid kan vanuit vele invalshoeken worden waargenomen en er kunnen verschillende denkwijzen en -stijlen worden ontwikkeld. Daarom is het net zo belangrijk om een variatie aan wetenschappelijke modellen en denkstromingen aan te bieden. In een rijpingsproces ontstaat dan vanuit een diepe persoonlijke wil een eigen geïndividualiseerd oordeel.

Juist in deze tijd, waarin het streven van de wil een zaak is geworden van de individuele keuzevrijheid van de mens, is het wel één van de belangrijkste pedagogische doelstellingen, het besef van de immense draagkracht van het wilsprincipe aan een leerling van het laatste jaar mee te geven op zijn individuele levens- en ontwikkelingsweg. De adolescent neemt ook steeds meer waar hoe de unieke 'ik-signatuur' is van hem-/haarzelf en van de ander. Die signatuur wordt merkbaar in de morele standpunten. De adolescent wordt er zich immers steeds meer van bewust dat de krachten van goed en kwaad in hem- of haarzelf werkzaam zijn. Zoals Bernard Lievegoed het verwoordt: voor de achttien-tot éérentwintigjarige gaat het erom, ondanks de beperking van fysieke voorwaarden, geestelijke en culturele taboes en ondanks een onwrikbare concrete sociale situatie iets éénmaligs en unieks te doen. Een eindwerk kan in rol spelen in deze context.

## 3.2 Leerplandoelstellingen en leerinhoud

Opmerking vooraf: de wenken zijn niet-bindende adviezen!

### 3.2.1 Algemene doelstellingen: wetenschappelijke vaardigheden

LPD W1	De zuivere waarneming verwoorden.	→ ESET 1,2,3,4
-----------	-----------------------------------	----------------

Het wetenschapsonderricht in de derde graad is erop gericht dat de leerlingen zuiver leren waarnemen, hetgeen inhoudt dat zij

- aandachtig leren waarnemen door in een opdracht fenomenen zintuiglijk te observeren en
- hun waarnemingen exact leren verwoorden en die verwoording leren bijstellen;
- in de waarnemingsfase leren afzien van oordelen en/of interpretaties;
- wetenschappelijke experimenten leren gebruiken om het waarnemen te verscherpen en te verdiepen;

Wenken:

- Omwille van de relatief grote hoeveelheid leerstof in dit leerplan, is het van belang om slechts bij een eerder beperkt aantal proeven voldoende tijd te nemen, zodat de juiste aandacht en grondstemming kan ontstaan die nodig is om zich écht te verbinden met een natuurwetenschappelijk verschijnsel. Experimenten die zich daartoe bijzonder lenen zijn:
  - o metamorfose van de bladvormen bij eenjarige planten;
  - o vergelijking van schedels bij de zoogdieren;
  - o de skeletten van zoogdier en mens vergelijken;
  - o het bevrijden van een metaal uit zijn erts onder invloed van hitte;
  - o vlamproeven bij verhitting van metalen of metaalverbindingen;
  - o vorming van ammoniumnitraten vanuit koper, waterstofnitraat en ammoniak;
  - o opwarming van zwavel;
  - o invloed van licht op zilverzouten;
  - o aantrekking en afstoting van elektrostatische ladingen;
  - o patroonvorming van ijzervijlsel rond een permanente magneet en rond geleiders waar elektrische stroom doorheen vloeit;
  - o breking van licht aan grensooppervlakken;
  - o kleurvorming bij gebruik van prisma's;
  - o beeldvorming bij een bolle lens.
- De vaardigheid van de zuivere waarneming kan verhoogd worden door de waarneming te herhalen en na te gaan in welke mate herinneringsbeelden overeenstemmen met de zintuiglijke indrukken.
- De totaliteit van het fenomeen moet in bewustzijn worden genomen.
- Men kan het voorstellingsvermogen aanwakkeren door een kunstzinnige weergave (via tekenen, schilderen, boetseren).
- Het is een ware kunst om definitieve en afsluitende oordelen terug te houden. Soms is een langdurig proces van inleving nodig. Het is duidelijk dat het korte bestek van de lessen vooral toelaat om (1) de grondhouding aan te leren (2) feiten, indrukken en gewaarwordingen te 'verzamelen' en op objectiviteit te toetsen.
- De scholing van de objectiviteit van het gevoel komt om de hoek kijken: het blijkt mogelijk om los van persoonlijke sympathieën of antipathieën via het innerlijk gevoel te leren 'proeven'

welke kwaliteiten zich in een verschijnsel manifesteren. Een hulpmiddel hierbij is het samenbrengen van gevoelsindrukken en een 'gemeenschappelijke noemer' hierin te zoeken.

- Eenvoudige experimenten mogen geen aantasting van het fenomeen veroorzaken, de totaliteit moet behouden blijven.
- Bijkomende documentatie, ter voorbereiding van de lessen natuurwetenschappen, is verkrijgbaar bij de Federatie Steinerscholen.

LPD W2	De essentie van fenomenen benoemen.	→ ESET 1,2,3
-----------	-------------------------------------	--------------

De leerlingen leren onder begeleiding de volgende bijkomende aspecten oefenen van de fenomenologische methode:

- a. de essentie of het fenomeen benoemen dat zich via een concreet natuurverschijnsel manifesteert;
- b. concepten of wetmatigheden beschrijven die individuele fenomenen met elkaar in verband brengen.

Wenken:

- Omdat het vaak heel wat tijd en 'rijping' vraagt om een fenomeen te doorgronden moet men, jammer genoeg, snel overgaan tot een poneren van een 'oerbeeld' of 'oer-idee' waarmee de essentiële gebarentaal van verschijnselen wordt gekenmerkt.
- Een eerste stap kan vaak gezet worden daags na een experiment. De nawerking tijdens de nacht levert soms verrassende toevoegingen waardoor in een synthetisch gebaar méér wordt gezegd van een fenomeen dan gedetailleerde fysieke waarnemingen.
- Soms moet men, om een 'rode draad' te ontdekken doorheen een voldoende aantal verschijnselen, experimentele waarnemingen in de klas laten aanvullen met herinneringsbeelden van ervaringen die de leerlingen hebben opgedaan.
- In uitzonderlijke gevallen moet men zich beperken tot projectie of afdruk van waarnemingsbeelden door anderen (bijvoorbeeld om de groei van de schedel bij primaten zichtbaar te maken).
- Fenomenen die zich het meest lenen tot experimenten waarbij deze gevorderde fenomenologische stappen kunnen worden geoefend, zijn:
  - o het fenomeen 'mens' als meest teruggehouden type;
  - o de polariteiten bij stoffeïenschappen bijv. vormend versus chaotiserend;
  - o de vergelijkbare samenhang van de elementen in de natuur met hun rol in het menselijk lichaam;
  - o elektrische en magnetische krachtvelden;
  - o roodkleuring bij de verduistering van licht, blauwkleuring bij de oplichting van duister.

LPD W3	Een onderzoeksvraag hanteren en indien mogelijk een hypothese of verwachting formuleren.	→ ET W1a, W3
-----------	--	--------------

Wenken:

Naar aanleiding van de uitvoering van (demo-)experimenten of de presentatie van onderzoeksbevindingen door wetenschappers kan men de leerlingen (bijv in activerende werkvormen) uitdagen om veronderstellingen te formuleren omtrent de diepere verbanden tussen de experimentele gegevens. Zij kunnen een mogelijke bijkomende onderzoeksvraag stellen. Er wordt hierbij aandacht geschonken aan het zorgvuldig gebruik van wetenschappelijke begrippen en terminologie.

LPD W4	Uit data, een tabel of een grafiek relaties en waarden afleiden om een besluit te formuleren.	→ ET W1b, W3 → ESET 15
-----------	---	---------------------------

Wenken:

De leerlingen kunnen voor deze doelstelling aangespoord worden om zelf tendensen, samenhangen of verbanden in de experimentele gegevens (al dan niet in tabelvorm of grafisch voorgesteld) op te merken en te verwoorden met gebruik van zuivere wetenschappelijke begrippen.

Bij de verwerking van, en berekeningen met, kwantitatieve meetwaarden gebruikt men de wetenschappelijke symbolen voor de grootheden en de SI-eenheden.

In sommige gevallen kan men al tot enige besluitvorming komen omtrent een onderzoeksvraag.

LPD W5	Over het resultaat van een experiment/waarnemingsopdracht op wetenschappelijke wijze reflecteren: eigen denkbeelden verwoorden; hierbij het onderscheid maken tussen feiten, meningen, vermoedens, modellen en hypothesen; en eigen denkbeelden confronteren met denkbeelden van anderen, metingen, observaties, onderzoeksresultaten of wetenschappelijke inzichten.	→ ET W2 → ESET 6, 17
-----------	---	-------------------------

Wenken:

Zoals in de aangeduide eindtermen staat, komt het er op aan dat de leerlingen worden aangezet om hun denken en verwoorden te verfijnen én ook metacognitieve vaardigheden te ontwikkelen: bewustzijn over hun eigen denken.

Het komt erop aan om te reflecteren over de stappen en bouwstenen die nodig zijn om tot zinvolle oordelen te komen aangaande de waargenomen werkelijkheid. De leerlingen ontdekken hoe vaak een oordeel fout, onvolledig of té snel genomen wordt. Zij ervaren de relativiteit van hun eigen standpunt en perspectief.

Verschillende methodes kunnen daartoe worden aangewend:

- Men kan vragen stellen die aanleiding geven tot gesprek over een wetenschappelijke constatering: 'Kwam het resultaat van de meting overeen met je verwachting? Hoe zou het waargenomen effect beïnvloed kunnen worden? Welke situatie uit je leefwereld houdt verband met het uitgevoerde experiment?'
- Men kan kritische vragen stellen die aanleiding geven tot reflectie over de eigen oordeelsvorming. 'Wat kan je als een feit bestempelen? Waar moet je eerder van een interpretatie, mening of vermoeden spreken? Werd de conclusie genomen vanuit een bepaald wetenschappelijk model? In hoeverre is de conclusie eigenlijk nog maar een hypothese die kan staan of vallen met nieuwe experimentele feiten?'
- Men kan leerlingen in gesprek met elkaar laten komen, bijvoorbeeld na het formuleren van uiteenlopende hypothesen.

LPD W6	Wetenschappelijk verantwoorde adviezen hanteren om gezond en veilig te handelen, in het bijzonder veilig en verantwoord omgaan met stoffen en apparaten, gevarensymbolen en P(recaution)- en	→ ET W4
-----------	--	---------

	H(azard)-zinnen interpreteren.	
--	--------------------------------	--

Wenken:

Naar aanleiding van experimenten is het evident dat de leerlingen inzicht hebben in de mogelijke risico's en voorzorgsmaatregelen die van toepassing zijn bij het gebruik van apparatuur of de aanwending van stoffen. De leerlingen moeten de relevante etiketten en veiligheidspictogrammen correct kunnen interpreteren, vereiste beschermingsmiddelen gebruiken, en aandacht schenken aan veiligheids- en duurzaamheidsaspecten.

Ook bij de studie van thema's zoals elektrische spanning en stoomsterkte, elektromagnetische straling, geluidsgolven, voedings- en geneesmiddelen, kunststoffen en voorbehoedsmiddelen maken veiligheid, gezondheid, duurzaamheid (milieu-impact, afvalverwerking, recyclage, schaarste) deel uit van de bespreking.

### 3.2.2 Algemene doelstellingen: wetenschap en cultuur

LPD W7	Deelnemen aan de oordeelsvorming omtrent duurzaamheidsvraagstukken en hun mogelijke oplossingen die betrekking hebben op tenminste grondstoffenverbruik, energieverbruik, biotechnologie, biodiversiteit en het leefmilieu.	→ ET W5, → ESET 12,14,34,41
-----------	---	-----------------------------------

Wenken:

Fossiele brandstoffen, kunststoffen, batterijen, kernfysische toepassingen en genetische modificatie zijn ideale onderwerpen om de leerlingen gevoelig te maken voor het maatschappelijk debat aangaande duurzaamheid. Waarom leidt bekendheid met dezelfde experimentele feiten toch tot uiteenlopende standpunten? Men kan in een klein rollenspel de leerlingen de uiteenlopende standpunten laten verdedigen en verwoorden van waaruit die positie verdedigbaar is.

LPD W8	De natuurwetenschappen als onderdeel van de culturele ontwikkeling duiden en de wisselwerking tussen natuurwetenschappen en de maatschappij op ecologisch, ethisch, technisch, socio-economisch, filosofisch en spiritueel vlak illustreren.	→ ET W6
-----------	--	---------

Wenken:

Technische mogelijkheden stellen de mensheid voor vragen zoals: zijn er kwalijke gevolgen voor het milieu? In welke mate is het aanwenden van de nieuwe mogelijkheden ethisch verantwoord? In hoeverre overheersen economische belangen bij moderne ontwikkelingen? Welke zijn er de sociale gevolgen van? Hoe zit het met de balans tussen welzijn en welvaart?

Sommige natuurwetenschappelijke bevindingen en theorieën hebben een wereldbeschouwelijk effect. Zo kunnen er bijvoorbeeld filosofische vragen rijzen naar aanleiding van de evolutieleer: wat maakt de mens tot mens?

Het is belangrijk dat onze leerlingen op wetenschappelijk verantwoorde wijze kunnen deelnemen aan de beeldvorming rond thema's zoals de aard van licht en materie, de invloed van straling, het ontstaan van het leven, de menselijke evolutie, de mogelijkheid tot vrijheid, de vraag of wetenschap, spiritualiteit en godsdienst verzoenbaar zijn. Zij moeten door het voorbeeld van de

leraar ervaren welke elementen essentieel zijn voor een open wetenschappelijk-kritische houding bij zulke vragen, namelijk:

- de kennis van, en het respect voor, vaststaande metingen en observaties;
- het besef dat bepaalde hedendaagse bevindingen nog geen verklaring vonden binnen de bestaande theorieën;
- de bereidheid om mogelijke alternatieve verklaringen, interpretaties en benaderingen te toetsen op hun coherentie en vruchtbaarheid (in welke mate ze nieuwe inzichten scheppen).

### 3.2.3 Leerplandoelstellingen biologie

De mens streeft ernaar de wereld te begrijpen. In de dode wereld is hij daar een stevige weg in gegaan en meende hij deze eenvoudig ('Newtoniaans') te kunnen verklaren. De moderne fysica bracht hierin verandering en legde grenzen van onze huidige kennis bloot.

Inzicht verwerven in het leven is wellicht nog moeilijker dan in de dode materie. Soms merkt men dan ook bij biologen de neiging om fenomenen bij levende wezens te behandelen alsof het processen in dode materie zouden zijn. Hiermee wordt een vereenvoudiging doorgevoerd die leidt tot een vergaande materialistische verklaring van de verschijnselen, tot en met het bewustzijn van de mens. Anderzijds worden er ongelooflijk knappe technische prestaties geleverd (denk bijvoorbeeld aan de gentechnologie).

Ook de moderne biologie stoot op grenzen en staat voor raadsels. De wereld is gecompliceerder en rijker dan men vermoedt. Steinerpedagogen vinden het een deel van hun opdracht om de leerlingen wakker te maken voor al te grove vereenvoudigingen én voor belangrijke moderne onderzoeksvragen. Zij bieden de mogelijkheid tot alternatieve mens- en wereldbeelden waarin wetenschappelijke feiten hun plek vinden. De leerlingen leren dat ze in een wereld leven waar ze hun eigen visie mogen ontwikkelen. Eén onomstotelijke visie is niet meer gegeven.

#### Thema 1: biochemische stoffen in organismen

LPD B1	Het belang van sachariden, lipiden, proteïnen, nucleïnezuren, mineralen en water voor het metabolisme toelichten.	→ ET B2
-----------	---	---------

#### Thema 2: de opbouw van de cel

LPD B2	Celorganellen, zowel op lichtmicroscopisch als op elektronenmicroscopisch niveau, benoemen en functies ervan aangeven.	→ ET B1
-----------	--	---------

Wenken:

Door onderzoek met de lichtmicroscop en door waarneming van elektronenmicroscopische foto's kan de celstructuur bestudeerd worden. De leerlingen moeten de bouw van een cel met de vorm en de functie van de celorganellen kunnen beschrijven. Voldoende celorganellen kunnen worden besproken, zoals mitochondriën, lysosomen, Golgiapparaat. De celorganellen zoals celkern en ribosomen die betrokken zijn bij de celdeling worden ook binnen thema 2 besproken.

De fenomenoloog Louis Bolk adviseerde het gebruik van een 'macroscoop', naast een microscoop die ons toelaat fascinerende details te ontdekken. De macroscoop is ons denkproces dat toelaat coherentie en onderlinge verbanden waar te nemen. Vanuit fenomenologisch standpunt is het zinvol om 'een stapje achteruit te zetten' en tijd te nemen om de kwaliteiten te benoemen die spreken uit de 'architectuur' van de cel en het wonderbare samenspel tussen de celorganellen. (hetgeen in de lijn ligt van LPD W1)

*Methodische opmerking van Goethe:*

"Belangrijk heb ik steeds de beschouwing gevonden, die ons de macro-micro-processen van de natuur begrijpelijk maakt: zij doet niets in het groot, wat zij ook niet in het klein doet, brengt niets tot stand in het verborgene, wat zij ook niet in het daglicht openbaart."

(„Bedeutend hab ich immer die Betrachtung gefunden, die uns das makro-mikromegische Verfahren der Natur einzusehen fähig macht: denn diese tut nichts im Grossen, was sie nicht auch im Kleinen täte, bewirkt nichts im Verborgenen, was sie nicht auch am Tagelslicht offenbarte“)

Goethe, 1824.

De cel is van het organisme afhankelijk. Het is als een soort elementair orgaan van het levende geheel. Welke processen zich afspelen wordt bepaald door de plaats waar de cel zich bevindt in het lichaam en de behoefte van het organisme of de cel.

Thema 3: de celdeling

LPD B3	De betekenis van DNA bij de celdeling en de genexpressie verduidelijken.	→ ET B2, B4, W3
LPD B4	Het belang van mitose en meiose toelichten en verschillen tussen deze delingen aangeven.	→ ET B3, W3

Wenken:

De bouw van DNA uit nucleotiden, de bouw van chromatine uit eiwitten en DNA, en het spiraliseren van de chromatine tot chromosomen kan men schematisch voorstellen.

De eiwitsynthese wordt toegelicht. Bij de eiwitsynthese (genexpressie) komt het verband DNA-eiwit vanuit de kennis van de nucleotidestructuur van het DNA en de aminozurensamenstelling van polypeptiden/eiwitten aan bod. De rol van de tripletcode als universele vertaalcode bij de opbouw van eiwitten wordt verduidelijkt.

Het is belangrijk om aandacht te schenken aan splicing en andere RNA-factory activiteiten, die een veelvoud aan mogelijkheden van het organisme geven om zelf zijn eigen DNA-code te interpreteren. Ook zijn er indicaties dat vanuit het organisme de omgekeerde weg wordt gegaan, dus dat er terugkoppelingen zijn van eiwitten naar RNA en DNA.

DNA replicatie en mitose worden gesitueerd in de celcyclus.

De nadruk wordt gelegd op het belang van de mitose en celvermeerdering voor groei, herstel van weefsel, kanker, ongeslachtelijke/aseksuele voortplanting, klonen.

De begrippen diploïde en haploïde cellen, crossing-over, gameet en zygote komen aan bod.



De klemtoon ligt op het verschil tussen de twee delingen, niet op een detaillistische beschrijving van de onderscheiden fasen van de mitose en de meiose.

Het belang van de meiose voor het constant houden van het aantal chromosomen van een soort, de rol van meiose bij het ontstaan van variatie tussen de gameten en het belang van variatie voor evolutie worden vermeld.

In de Goetheanistische benadering (zie LPD W1 en W2) zoekt de wetenschapper naar het werkzame principe dat 'achter de feiten' schuilgaat. Bij de gametogenese wordt het principe van 'polarisatie' uitermate helder. Als we enkele kenmerken van eicel en zaadcel naast elkaar stellen, wordt dit meteen duidelijk. Men kan de vorm, het celvolume, aantal en de leeftijd beschouwen (de eicel is reeds vanaf de geboorte bij het meisje aanwezig). Ook de verschillende functies en de mobiliteit illustreren de polarisatie.

Men kan deze polarisatie als volgt karakteriseren: de eicel neigt te specialiseren in de zin dat zij vooral de kenmerken en kwaliteiten van het cytoplasma van een gewone cel uitdrukt, terwijl de zaadcel vooral de kwaliteiten van de nucleus vertoont.

Polarisatie kan begrepen worden als de creatie van voorwaarden en mogelijkheden voor een nieuwe ontwikkeling, in dit geval de ontwikkeling van de zygote. Bevruchting kan plaatsvinden als zowel eicel als zaadcel op het einde van hun leven zijn. Als de bevruchting niet plaatsvindt, zullen zij binnen één (eicel) of meerdere (zaadcel) dagen sterven. Daarom kunnen zij beschouwd worden als cellen op de rand van leven en dood. De ontwikkeling komt tot een eind in de doorgedreven specialisatie. Een nieuwe impuls is nodig om verdere ontwikkeling mogelijk te maken.

#### Thema 4: voortplanting

LPD B5	De functie van geslachtshormonen bij de gametogenese en bij de menstruatiecycclus toelichten.	→ ET B5
--------	---	---------

Wenken:

Met de seksuele cyclus van de vrouw wordt de periodiciteit van de eicelvorming, hormoonconcentraties, veranderingen van lichaamstemperatuur, groei van het baarmoederslijmvlies bedoeld. De cycli kunnen grafisch en schematisch voorgesteld worden. Aangezien het leerplan van de tweede graad al op dit onderwerp ingaat, kan men hier focuseren op de gametogenese. Bij de bespreking van de eicelvorming en de zaadcelvorming moet de link met de meiose gelegd worden. De seksuele cyclus bij de man omvat een hormonale cyclus die gekoppeld is aan de spermatogenese.

LPD B6	De bevruchting, de ontwikkeling van de vrucht en de geboorte beschrijven en de invloed van externe factoren op de ontwikkeling van embryo en foetus bespreken.	→ ET B7
--------	--	---------

Wenken:

Het verloop van de bevruchting, embryonale ontwikkeling, de foetale groei en geboorte bieden een uitgelezen kans om fenomenologie te beoefenen (zie ook LPD W1 en W2). Vooral de eerste weken van de embryonale ontwikkeling zijn illustratief. Het wonder van de ontwikkeling van een mens uit

één cel wordt des te meer voelbaar, naarmate men de juiste concepten vindt om de morfogenese te beschrijven.

Het is interessant de morfogenese te brengen in het licht van de evolutie van het dierrijk – bijv. de holtedieren als een ingestulpte blastocyt enz. Ook het verschil tussen oud- en nieuwmondigen kan hier gebracht worden, dit is bruikbaar voor de ‘stamboom’ van de dieren:

- In de eerste week spreekt men van de morula fase.
- In de tweede week, zodra de blastula in contact komt met het slijmvlies van de baarmoeder, treedt een snelle groei op, een ware vitale activiteit, vergelijkbaar met de ontkiemende en groeiende plant.
- In de derde week treden nieuwe fenomenen op. Er treedt een vouwing op (zowel in cephalo-caudale als in laterale zin). Er wordt een binnenruimte gevormd. Men spreekt van gastrulatie. Dit kan begrepen worden als een ‘verdieping’ van het lichaam. Dieren hebben interne organen en een zintuig-zenuwstelsel. De buitenwereld komt het organisme binnen door opname of gewaarwording, zal geïntegreerd worden door vertering of assimilatie, en het organisme interageert met de buitenwereld door uitscheiding of reactie.
- Vanaf de vierde week ontrolt de wervelkolom, in een veel sterker doorgedreven mate dan bij dieren. Men kan stellen dat het embryo vanaf de vierde week specifiek menselijk is geworden.

Het is belangrijk die aspecten van de ontwikkeling van embryo en de groei van de foetus te belichten die beïnvloed worden door externe factoren zoals de leeftijd van de moeder, roken, alcohol, medicatie, drugs en stress en spannend ondergoed. Het is niet de bedoeling om een opsomming te geven van de afwijkingen die kunnen optreden maar eerder om preventief de aandacht te vestigen op de gevaren voor moeder en kind.

LPD B7	Stimulering en beheersing van de vruchtbaarheid bespreken in functie van de hormonale regeling van de voortplanting.	→ ET B6, W6
-----------	--	-------------

Wenken:

Methoden voor anticonceptie en methoden voor vruchtbaarheidsbehandeling komen opnieuw aan bod (nadat ze in de tweede graad behandeld zijn). Voor- en nadelen van verschillende methoden kunnen besproken worden. De behandeling van het thema SOA is aan te bevelen..

Als men het terrein van de seksualiteit betreedt, is het belangrijk om naast de nuchtere feiten ook bewust om te gaan met de gevoelsmatige beleving van seksualiteit in de jonge en latere biografie.

Deze leerstof laat toe om de aandacht van de leerlingen niet alleen te richten op de mogelijkheden en beperkingen van de moderne wetenschap, maar vooral op het wonder van het leven. Er ligt een kans tot gesprek over spiritualiteit: welke rol spelen de materiële wetmatigheden in iemands ontwikkeling?

Bij deze leerinhouden kan en moet aandacht geschonken worden aan ethische aspecten zoals het belang van respect voor elkaars lichamelijke en de verantwoordelijkheid van beide partners in het opbouwen van een relatie. Welke daad stelt men eigenlijk bij een vroegtijdige beëindiging van de zwangerschap? Welke impact heeft dat voor de moeder?

## Thema 5: genetica

LPD B8	De wetten van Mendel toepassen bij mono- en dihybride kruisingsproeven.	→ ET B8, W1b, W3, W6
LPD B9	Aan de hand van eenvoudige kruisingsschema's en stambomen de overerving van kenmerken bij de mens toelichten.	→ ET B8, W2

### Wenken:

De bevindingen van Mendel worden als een mijlpaal in de historische en conceptuele ontwikkeling beschreven. De hoofdlijnen worden afgeleid en geïllustreerd met voorbeelden (ook bij de mens): mucoviscidose, tongrollen, vergroeiing van het oorleletje, blindheid, doofheid, resusfactor ...

Multiple allelen kunnen besproken worden met de bloedgroepen, oogkleur ... Hierbij kan het belang van de bloedgroepen en de resusfactor voor bloedtransfusies en zwangerschappen worden toegelicht. Geslachtsgebonden allelen als Duchenne-spierdystrofie, kleurenblindheid, hemofilie en de overerving van het geslacht kunnen aan de hand van stamboomanalyse (koningshuizen in Europa) worden geïllustreerd.

Er is gelegenheid om de verdere ontwikkeling van het erfelijkheidsonderzoek na Mendel toe te lichten. De basisprincipes van de erfelijkheidsleer (overkruising en recombinatie) worden verduidelijkt.

LPD B10	De impact illustreren van erfelijkheid en omgevingsinvloeden op kenmerken en variatie van organismen; en bij de mens alternatieve standpunten verwoorden aangaande de aanwezigheid van een mogelijke derde, individuele, factor.	→ ET B9, W7
------------	--	-------------

### Wenken:

De invloed van factoren (biologische, chemische en fysische) bij het ontstaan van mutaties kan verbonden worden aan aspecten van lichamelijke gezondheid en zwangerschap. Concrete voorbeelden van modificaties zijn: proef van Bonnier met paardenbloemen; ontwikkeling tot werkster of koningin bij bijen als gevolg van verschil in voedsel; verschillende bladeren bij waterranonkel en pijlkruid.

Het is belangrijk dat de leerlingen inzicht verwerven in het feit dat de variabiliteit tussen organismen van eenzelfde soort enerzijds ontstaat door geslachtelijke voorplanting maar dat anderzijds ook de omgeving een invloed uitoefent op het tot expressie komen van genen. Door omgevingsinvloeden kunnen zowel modificaties als mutaties ontstaan. De begrippen "nature and nurture" en "epigenetica" kunnen hier aan bod komen.

De vraag naar de unieke individualiteit van de mens dringt zich hier op. Ben ik enkel een samenspel van erfelijkheid en omgevingsfactoren? We willen op zijn minst de vraag wekken en de leerlingen stimuleren in de oordeelsvorming ter zake en hen op genuanceerde wijze meningen naar voor laten brengen in verband met de rol van individu, erfelijkheid en milieu in de ontwikkeling van de mens.

In sommige opzichten is de aanwezigheid van een individuele factor aannemelijk, maar niet bewijsbaar. We kunnen denken aan verschillende ontwikkelingen bij eenige tweelingen of sterk verschillend gedrag bij leden van een zelfde gezin (bijv. in rookgedrag). Als men enkel de invloed van erfelijkheid en omgeving beschouwt, hoe staat men dan tegenover vrijheid? Het is belangrijk om jongeren mogelijkheden te tonen om een eigen, wetenschappelijk verantwoord, mensbeeld te vormen waarin vrijheid een plek heeft.

LPD B11	In grote lijnen de bouw, de levens- en voortplantingswijzen van virussen en bacteriën weergeven.	
------------	--	--

Wenken:

De bacteriën en virussen in hun polariteit behandelen (materie en leven versus informatie en dood): bacteriën als uitgesproken stofwisselorganismen tegenover de virussen als uitgesproken 'informatiepool-wezens'. Bacteriën zijn de organismen die het best met alle mogelijke 'materie' kunnen omgaan en omzetten, zij zijn super levenskrachtig. De virussen daarentegen bezitten zelf niet de eigenschap van leven, Zij zijn louter informatie ingepakt in een 'omslag'. De driegeleding valt hier bij de eenvoudige wezens uit elkaar in de polen.

Aan bacteriën en virussen werd veel 'geleerd' om aan genetische manipulatie te doen (knipenzymen, gen-transfers enz.)

LPD B12	Enkele technieken en toepassingen van gentechnologie noemen, enkele facetten aangeven van het debat rond genetische modificatie en de maakbaarheid van organismen.	→ ET B8, W6, W7
------------	--	-----------------

Wenken:

De stappen in een gentechnologisch proces worden verduidelijkt: (1) isolatie van het gen dat je wilt aanpassen, (2) het eventueel aanpassen van het geïsoleerde gen, (3) overbrengen van het gen in een geschikte **vector**, (4) transformatie van de cel of het organisme dat je wilt aanpassen en (5) selectie van de gemodificeerde organismen of cellen.

Voorbeelden van gentechnologie zijn:

- ontrafelen van het genoom van de mens, bacteriën, dieren en planten;
- het opsporen van DNA-fragmenten bij forensisch onderzoek, het zoeken naar genmutaties;
- diagnose van ziekten en verwantschappen;
- ontwikkelen van GGO's (genetisch gemodificeerde organismen);
- productie van medicijnen in ovariële cellen van muizen en ratten.

Gentechnologie bespreken biedt de kans om het maatschappelijk debat in de klas te betrekken. Men kan de (potentiële) voor- en nadelen benoemen, standpunten en regelgeving aanhalen (bijv. patentering en gebruik van GGO's in ontwikkelingslanden). Het zou voor de leerlingen duidelijk moeten zijn waarom verschillende maatschappelijke organisaties kritisch staan tegenover genetische modificatie in de voedselproductie.

De bespreking van de gentechnologie kan ook een aanleiding vormen om de reductionistische visie te verduidelijken en te bevragen. Klopt het wat Descartes in 1622 beweerde: dat alle niet-

menselijke dieren reductionistisch verklaard konden worden als machines? Is het leven te verklaren uit natuurkundige en biochemische processen van de dode materie? In hoeverre zijn complexe fenomenen zoals bewustzijn en emoties te herleiden tot neurowetenschap? Misschien zijn de materialistische modellen te éézijdig, zoals ook de aard van het licht niet binnen één model kan worden verklaard. Welke, meer holistische visies op de werkelijkheid zijn mogelijk? Hier kunnen begrippen zoals ziel en geest worden genoemd, die volgens het eliminatief materialisme geen werkelijkheidswaarde hebben, maar in andere visies wel degelijk.

Alleen al de formulering: het DNA is de drager van de erfelijke informatie wijst op het feit dat het de materiële drager is en niet de informatie zelf. Bij het leven zijn steeds de twee componenten materie en informatie aanwezig.

### Thema 6: evolutie

LPD B13	De gangbare hypothese omtrent het ontstaan van het leven verwoorden en daar kritische vragen bij formuleren.	→ ET W7
------------	--	---------

Wenken:

Is het leven ontstaan uit de dode materie? Nabootsing van de atmosferische omstandigheden in de oertijd liet in een labo-experiment zien dat er complexere biochemische moleculen kunnen ontstaan. Maar is leven niet meer dan scheikunde? Hoe zijn de gemeenschappelijke biochemische eigenschappen van alle levende wezens ontstaan (zoals fosfolipidenmembraan, ribosoom en RNA)?

Bij de bespreking van deze 'ontstaansvragen' kan men het begrip 'kosmische evolutie' hanteren zoals Johannes Brückner het formuleert in *Kosmozentrische Sicht, Universum, Leben und Bewusstsein* (2014). Op drie niveaus ontstaan complexere structuren.

Nog geen 14 miljard jaar geleden ontstond onze kosmos. Hierin vonden veranderingen plaats, evoluties. Deze speelden zich af op drie niveaus:

- de ontwikkeling van het universum:
- de ontwikkeling van het leven:
- en de ontwikkeling van het bewustzijn.

Kenmerkend voor deze drie evoluties is dat er complexere structuren ontstaan.

Vanuit de biologische evolutie kennen we de begrippen mutatie en selectie als werktuigen van de veranderingen. Dergelijke mechanismen zijn niet bekend bij het ontstaan van het universum.

Bij de ontwikkeling van het universum ontstaan uit weinig geordende materie meer soorten elementen en structuren: miljarden sterrenstelsels (galaxieën), sterren ( 200 miljard alleen in ons melkwegstelsel) en planeten.

Bij de ontwikkeling van het leven zien we een evolutie van eenvoudige levensvormen naar meer gestructureerde ontstaan. Zo ziet men het menselijk brein als de meest gecompliceerde structuur in het universum.

Het bewustzijn ontwikkelt zich van eenvoudige vormen tot het menselijke zelfbewustzijn.

Beschouwt de mens de aarde binnen de onmetelijke kosmos dan kan deze verschijnen als een kleine stofkorrel en een gevoel veroorzaken van extreme betekenisloosheid. Anderzijds is iedere mens als beschouwend individu het centrum van de kosmos en daarmee het middelpunt van het (en zijn) bestaan.

LPD B14	Stamboom van het leven in de drie grote domeinen indelen: bacteria, Archaea en Eukarya. De virussen als niet levende wezens naast deze drie situeren. De oude groepen protisten, fungi, planten en dieren binnen deze indeling situeren.	
LPD B15	In grote lijnen de evolutie van het dierenrijk, vanaf het begin tot nu en verwijzend naar de paleontologische tijdschaal schetsen en de bouw, de levens- en voortplantingswijzen van enkele diergroepen onderling vergelijken.	→ ET B10, W6,

Wenken:

In het kader van deze studies voert men macroscopische en microscopische observaties uit.

Bij het overzicht van het dierenrijk kan men de stamboom volgen. Deze kennis is dan later te gebruiken bij de evolutieleer zodat kan worden gekeken waar retardatietendensen werken en waar ze toenemen.

Bij het overzicht van het dierenrijk kan men twaalf groepen bespreken: (1) eencelligen, (2) holtedieren, (3) stekelhuidigen, (4) manteldieren, (5) weekdieren, (6) wormen, (7) geleedpotigen, (8) vissen, (9) amfibieën, (10) reptielen, (11) vogels, (12) zoogdieren. Als men de kenmerken van deze groepen fenomenologisch bekijkt (zie LPD W1 en W2), dan komt men tot zes polariteiten (1 en 7, 2 en 8, 3 en 9, 4 en 10, 5 en 11, 6 en 12). De mens vertoont niet de éénzijdigheden die in deze groepen voorhanden zijn. Hij kan als een harmonisch midden worden beschouwd.

LPD B16	Klassiek Darwinisme en moderne evolutieleer bespreken.	→ ET B10, W6,
---------	--	---------------

Wenken:

Moderne evolutieleer:

- evolutietypes (divergent, convergent, parallel, coëvolutie, micro-en macro-evolutie):
- werkingsmechanismen: genmigratie, genetische drift, natuurlijke selectie:
- het ontstaan van soorten (bevruchtingsbarrières, geografische spreiding, adaptieve radiatie).

LPD B17	De toename van de onafhankelijkheid van externe factoren in de loop van de evolutie van het dierenrijk illustreren	→ ET B10, W6,
---------	--	---------------

Wenken:

Bekijken we en vergelijken we de dierlijke organismen die in de loop van de tijd zijn ontstaan (evolutie) dan kunnen we o.a. volgende tendensen vaststellen:

- Toename van de complexiteit. Onder complexiteit verstaan we het aantal structuren binnen een organisme. Structuren kunnen celtypen zijn, morfologische structuren zoals tandenknobbels of morfologische eenheden zoals tanden. In de evolutie zijn er trends zichtbaar, zowel in de toename van complexiteit (in zijn geheel) als in de afname (bijv. het aantal schedelbeenderen neemt af, maar de overgebleven beenderen worden in hun contacten en functie complexer.)
- Toename van de autonomie. Autonomie = ( auto = zelf, nomen = wet, autonomie = kunnen handelen volgens je eigen normen, wetten; in tegenstelling tot bijv. slaven bij de Romeinen of kinderen)

Bij autonomie vinden we:

- Een evolutieve verschuiving van de individuele organisme-omgeving relatie, zo dat de directe invloed van de omgeving geleidelijk gereduceerd wordt en een stabilisering en flexibiliteitstijging van de intrinsieke functies stijgt.
  - stabilisering: bijv. handhaven van de eigen lichaamstemperatuur rond 36°C
  - flexibiliteitstijging: het lichaam kan zowel op koude als warme buitentemperaturen reageren
  - intrinsieke functies: wezenlijke, fundamentele functies het organisme
  - door de temperatuursbeheersing kunnen bijv. vogels en zoogdieren alle klimaten gaan bewonen, reptielen en amfibieën daarentegen leven bijv. niet aan de polen
- Een relatieve emancipatie van de omgeving, doch gelijktijdig blijven omgevingsverbindingen bestaan.
- De toename van de autonomie gaat met een ‘verinnerlijking’ van een aantal functies gepaard (bijv. overgang van amfibie naar reptiel: de waterhuishouding wordt verinnerlijkt, of de waterhuishouding wordt beheersbaar, hierdoor kunnen deze dieren leven in droge gebieden; overgang naar warmbloedigheid: de eigen temperatuur kan geregeld worden en is niet meer afhankelijk van de buitenwereld; of embryo’s groeien in het eigen lichaam enz).
- Er is hier sprake van een toename in emancipatie i.p.v. een toename van aanpassing! Aanpassing en emancipatie zijn twee tegengestelde evolutiebewegingen alhoewel bovengenoemde voorbeelden traditioneel als ‘aanpassing’ gezien worden.

- De mens heeft binnen de zoogdieren een uitzonderlijke positie zowel wat betreft
  - (1) complexiteit (het menselijke brein wordt als de meest complexe structuur in de kosmos gezien)
  - (2) autonomie (kan zijn eigen doelen stellen)
  - (3) zelfbewustzijn

LPD B18	In grote lijnen de lichaamsbouw van de mens vergelijken met die van de gewervelde dieren, in het bijzonder met die van de zoogdieren en primaten.	→ ET B10, W6,
------------	---	---------------

LPD	Het concept van retardatie bespreken als kritische bevraging van	→ ET B10, W6,
-----	--	---------------

B19	de moderne evolutieleer.	
-----	--------------------------	--

Wenken:

Opnieuw is dit een gelegenheid tot studie van de fenomenen (zie ook LPD W1 en W2).

Men kan starten met de grote gelijkenissen (geleding kop/hoofd –romp- ledematen, aantal ledematen, aantal ogen, oren, symmetrie ...)

We ontdekken een grondplan bij de zoogdieren (vgl. Urtier van Goethe). Het toont zich dat dit grondplan bij de mens sterk bewaard wordt (foetalisatie) en dat bij dieren dit snel verlaten wordt en zij zich eenzijdig specialiseren.

We spreken hier van heterochronie = verschuivingen in relatief tijdstip van ontwikkelingen binnen de individuele ontwikkeling van de afstammeling (ontogenese) en of stamontwikkeling (voorouder) (fylogenese)

Enkele typisch menselijke kenmerken zijn de meeste dieren al 'ontgroeid': zij vertoonden deze kenmerken in de embryonale of zeer jonge fase zoals

- vorm van de schedel (positie van het achterhoofds gat):
- vorm van het gebit:
- haargroei:
- positie van hart en longen t.o.v. het middenrif:
- vijfstralige hand.

Deze eigenaardigheden worden in de gangbare evolutieleer wel opgemerkt, maar kunnen er niet worden geduid via toevallige en ongerichte mutaties.

Omdat de mens, wat deze kenmerken betreft, a.h.w. achtergebleven is in zijn ontwikkeling (t.o.v. de dieren) kan men spreken van 'retardatie'.

Bij andere typisch menselijke kenmerken (zoals de uitzonderlijk lange benen en het zeer laag geplaatste strottenhoofd) toont zich de retardatie in het lang blijven doorgroeien van een aantal kenmerken die te maken hebben met de drie grote menselijke eigenschappen: rechtop lopen, spreken en denken. De structuren hiervoor vertonen een doorgroeien of hypermorphose (=een verlaat einde van de groei).

Beide tendensen van de retardatie: foetalisatie en hypermorphose zorgen voor een compositiefenomeen waarbij het dierlijke onderdrukt wordt en het menselijke mogelijk gemaakt. Dit is uniek bij levende wezens.

LPD B20	De evolutie van de moderne mens, fossiele mensen en mensachtigen bespreken.	→ ET B10, W6,
---------	---	---------------

Wenken:

Vergelijken we de voorlopers van Homo sapiens dan kunnen we ook hier een retardatie vaststellen: we zien een verjonging van de mens bij de schedels. De volgende volwassen mensachtige gelijkt op de kind- vorm van de vorige soort.

Er kunnen parallellen gezien worden met de ontwikkeling van de bladeren aan een eenjarige plant.



### 3.2.4 Leerplandoelstellingen chemie

#### Thema 1: chemische elementen in stoffen

LPD C1	Het onderscheid tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven, alsook het onderscheid tussen enkelvoudige en samengestelde stoffen.	→ ET C1
-----------	--	---------

Wenken:

Fysische scheidingstechnieken zoals filtratie en destillatie worden vernoemd. Emulsies en suspensies kunnen als soort mengsel vermeld worden.

Het begrip 'zuiverheid' dat hier in wetenschappelijke termen opduikt, is strenger dan courant. Dit kan duidelijk gemaakt worden door een gesprek over 'zuiver water'. Etiketten van verschillende merken fleswater kunnen worden vergeleken.

Het kenmerkende aan de scheikundige ontbinding van een samengestelde stof (bijvoorbeeld water) is de verschijning van enkelvoudige stoffen (in casu waterstofgas en zuurstofgas) met totaal verschillende eigenschappen.

Het is historisch interessant om te zien dat in Daltons eerste lijstje van elementen nog verbindingen staan.

Het zuiveren van stoffen als veredelingsproces is sinds de alchemie een belangrijk streven naar de pure essentie. Sommige grenzen zijn bediscussieerbaar. Het is bijvoorbeeld moeilijk om een scherp onderscheid te maken tussen een oplossing en een reactie. Voor de waarneming is de opgeloste stof even goed 'verdwenen' in een oplossing terwijl enkele van zijn eigenschappen nog waarneembaar zijn. Bij een reactie kunnen we vanuit de waarneming hetzelfde zeggen: de stof is verdwenen, kenmerken zijn in het nieuwe product nog herkenbaar (weliswaar minder direct of duidelijk dan bij een oplossing) én men kan het originele product terug bekomen bij een reversibele reactie.

LPD C2	Naam en symbolische voorstelling van de belangrijkste elementen (atoomsoorten) en enkelvoudige stoffen schrijven.	→ ET C5, W3
-----------	---	-------------

LPD C3	Het verschil verwoorden tussen een fenomenologische en een modelmatige beschrijving van een stof.	→ ESET 7,11
-----------	---	-------------

Wenken:

In de fenomenologische beschrijving benoemt men kwaliteiten van de stof. We willen kenmerken opsommen: een onuitputtelijke karakterisering waarmee men dichterbij de essentie komt, zonder die ooit te kunnen definiëren:

- Fysisch: haar voorkomen en ontginning; haar aggregatietoestand; smelt- en kooktemperatuur; mechanische, thermische, elektrische, magnetische en optische eigenschappen en toepassingen. Ook de pure zintuiglijke beschrijving hoort hier thuis.
- Chemisch: hoe reactief is de stof, met welke andere stoffen komt de stof snel in verbinding, welke verschijnselen zijn waarneembaar als zij in reactie gaat (geluid, reuk, licht, kleur, warmte), welke soort stoffen ontstaan er?
- Welke functie heeft de stof (of aanverwante stoffen) in het minerale rijk, in de plant, in het dier, in de mens ? Wat is daar zijn voorkomen en werking?

Met de fenomenologische omschrijving van een stof of een element zoeken we naar een totaalbeeld. De stof wordt bestudeerd binnen zijn volledige context. We zoeken naar een karakteristieke rol binnen dat geheel. Belangrijk bij de fenomenologische benadering is dat je tot een kerngedachte komt waarin alle 'details' vervat zijn en die dus veelzeggend is. Daarom heeft deze kerngedachte vaak beeldkarakter. De fenomenologische benadering richt zich op de kwaliteit van de stof. Een kwaliteit is eigenlijk een geestelijk principe dat zich uitsprekt in de materie. Alle kwantitatieve eigenschappen zijn uiting van die kwaliteit. We gebruiken die kwantitatieve eigenschappen om de geestelijke kwaliteit terug te vinden.

In de modelmatige beschrijving van een stof specificeert men parameters van de stof binnen een denkkader dat zich aan de fysische waarneming onttrekt. Daartoe behoren bijvoorbeeld het aantal valentie-elektronen, de atoommassa, de elektronegatieve waarde. De bepaling van deze parameters kan pas na technisch hoogstaande experimenten.

De modelmatige beschrijving maakt van de kwaliteit een voorstelling. Het is altijd een mechanisch en/of wiskundig concept waarmee men zoveel mogelijk eigenschappen moet kunnen berekenen en dat wordt verlaten als er een nieuw concept ontdekt wordt dat (eventueel nieuwe) metingen beter verklaart of beter laat berekenen. De overeenkomst tussen waarnemingen en hun berekenbaarheid wordt gezien als 'bewijs' van de echtheid van het model.

LPD C4	Een stof karakteriseren vanuit de klassikaal verzamelde informatie (voorkomen, wezenlijke eigenschappen, toepassingen, experimenten).	→ ESET 1,4,
-----------	---	-------------

Wenken:

Hier komen 'vingeroefeningen in de fenomenologie' aan bod. Gezien het korte tijdsbestek kan men enkel de benaderingswijze illustreren. Het blijft nochtans een belangrijke doelstelling in het chemie programma van de elfde en twaalfde klassen. Het omschrijven van de kwaliteit van een element zoals zwavel, stikstof, natrium enz. of van de eigenheid van metalen (tegenover niet-metalen en zouten), of nog de natuur van koolhydraten t.o.v. eiwitten, vormt het deel van de chemie dat de toekomstige volwassene meer dan alleen verstandelijk aanspreekt.

Neem nu 'hout', 'lucht' of 'aarde' (als mengsels): hoe zou men deze 'vormen van materie' zo duidelijk mogelijk beschrijven? Het is ook raadzaam onderscheid te maken tussen fysische en chemische eigenschappen. Welke zuivere stoffen zou men vinden door ontmenging? Welke enkelvoudige stoffen ontstaan door chemische ontbinding van die zuivere componenten?

LPD C5	De wezenlijke eigenschappen benoemen van enkele belangrijke chemische elementen of stoffen die hen specifiek maken ten opzichte van elkaar.	→ ESET 1,4
-----------	---	------------

Wenken:

De uiteenlopende eigenschappen van bijvoorbeeld zuurstof, waterstof, koolstof en stikstof worden besproken. Men kan uitbreiden met twee andere 'viertallen' (zoals calcium, silicium, aluminium en fosfor, of zwavel, magnesium, natrium en chloor) en zo twaalf 'eigen-aardige' elementen in kaart brengen.

LPD C6	De metalen als groep karakteriseren.	→ ESET 1,4
-----------	--------------------------------------	------------

Wenken:

Gemeenschappelijke fysische (mechanische, thermische, optische, elektrische) eigenschappen worden benoemd.

Bij voldoende tijd kan men de spanningsreeks van de metalen duiden, waardoor een opdeling ontstaat tussen onedele, halfedele en edele metalen.

Men kan ook verder gaan en de wezenlijke eigenschappen bespreken van enkele belangrijke metalen die hen specifiek maken tegenover elkaar. De gemeenschappelijke én de onderling verschillende eigenschappen van metalen kunnen duidelijk worden gemaakt aan de hand van de zeven 'klassiekers' (ijzer, tin, lood, koper, kwik, zilver en goud). Eigenschappen zoals voorkomen en ontginning, gedegenheid, smeedbaarheid, elektrische en thermische geleidbaarheid worden besproken. De metalen worden onderling vergeleken waardoor een gevoel en inzicht ontstaat voor hun onderling wezenlijk verschillende natuur (ook hier komen LPD W1 en W2 aan bod).

Het is een unieke gelegenheid om vanuit wetenschap, de zevenheid te karakteriseren. De samenhang tussen de metalen toont zich als een zevenheid (terwijl de twaalfheid zich eerder bij de niet-metalen manifesteert). De zeven metalen staan in een welbepaalde verhouding tegenover elkaar waardoor een wetmatigheid zichtbaar wordt. Elk metaal voegt zich in een geheel.

LPD C7	De samenhangen beschrijven in het periodiek systeem van de elementen.	→ ET C2, W3
-----------	---	-------------

Wenken:

Het periodiek systeem van de elementen wordt hier aangereikt als een rangschikking van de gekende atoomsoorten volgens toenemend atoomnummer en overeenkomstige eigenschappen. De begrippen periode, groep, groepsnaam, metalen, niet-metalen, edelgassen en elektronegatieve waarde worden toegepast.

De groep van de edelgassen dient hier zeker vermeld te worden. De metalen en de niet-metalen worden aangegeven.

Het periodiek systeem laat zich gemakkelijk aanbrengen wanneer men het inpast in de geschiedenis van de ontdekking van het element (zie verder). Op die manier wordt het in zijn natuurlijke context geplaatst.

## Thema 2: atoommodellen

LPD C8	De historische evolutie van de atoommodellen van Dalton tot Bohr en verder bondig en chronologisch weergeven.	→ ET C7, W6
-----------	---	-------------

Wenken:

De typische 'stappen' in deze evolutie zijn verbonden met de namen van Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr (Sommerfeld) en Schrödinger (de Broglie, Heisenberg). Er kan op gewezen worden in welke mate een wetenschappelijk symbolische voorstelling (zoals het atoommodel van Bohr) bijna een icoon wordt binnen de moderne cultuur.

Wanneer men zelfs aanvangt bij de Grieken en eerder de geschiedenis van het element bestudeert (i.p.v. atoommodellen) dan geeft men aan de leerlingen ook de kans om zelf te ontdekken hoe de mens met dat begrip worstelt. Want ook het element is als een begrip een kind van zijn tijd dat de cultuur weerspiegelt. Dan toont men dat met Dalton op een drastische manier een bladzijde omgeslagen wordt: van denken in kwaliteiten naar denken in concrete, materiële voorstellingen. De geschiedenis die daarop volgt, is in zekere zin een bijstellen van dat al te concrete. Tot Heisenberg met zijn onzekerheidsprincipe de onbepaaldheid van de materie vastlegt.

LPD C9	Van protonen, neutronen en elektronen de relatieve massa en lading kennen en hun plaats op een voorstelling van het atoommodel van Bohr aanduiden.	→ ET C7, W6
-----------	--	-------------

Wenken:

Verduidelijken dat niet de werkelijke waarden (absolute) worden gehanteerd maar de vergelijkende (relatieve): relatieve massa 1 of 0, relatieve lading +1, -1 of 0. De waarde van het rangnummer Z en de tot op de eenheid afgeronde waarde van  $A_r$  rechtstreeks in verband brengen met het aantal protonen, neutronen en elektronen.

Het begrip orbitaal kan hier worden uitgelegd.

LPD C10	De samenstelling van een atoom afleiden uit het nucleonengetal en atoomnummer en, voor de atomen met $Z \leq 18$ , hun elektronenconfiguratie en hun plaats in het periodiek systeem van de elementen geven.	→ ET C2
------------	--	---------

Wenken:

Het begrip 'isotoop' wordt op vanzelfsprekende wijze geïllustreerd aan de hand van twee atomen met een zelfde aantal protonen, maar verschillend aantal neutronen.

In deze context kan men ook het begrip 'ion' duiden, wanneer het aantal elektronen afwijkt van het aantal protonen.

Wat de elektronenconfiguraties betreft kan men volgende facetten bespreken:

- hoofdenegieniveaus (schillen);
- op elk hoofdenegieniveau (schil) met kwantumgetal 'n' kunnen zich  $2n^2$  elektronen bevinden;
- de eerste schil heeft enkel een (sferisch symmetrische) s-orbitaal;
- de tweede schil heeft behalve een s-orbitaal, drie (haltervormige, onderling loodrechte) p-orbitalen;
- in de derde schil zijn voor pas voor atomen met  $Z > 20$  bijkomende orbitalen nodig;
- elke orbitaal biedt plaats aan twee elektronen;
- zo ontstaat de basisreeks  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

LPD C11	Voor alle atomen uit de hoofdgroepen het aantal elektronen op de buitenste hoofdschil afleiden uit hun plaats in het periodiek systeem.	→ ET C3
------------	---	---------

Wenken:

Het woord valentie-elektronen kan hier worden gebruikt.

Het komt er hier vooral op aan het verband aan te geven tussen de elektronenconfiguratie enerzijds en het periodenummer en het groepsnummer van de hoofdgroepen anderzijds, met speciale aandacht voor de stabiele edelgasconfiguratie. Op die manier krijgt de periodieke rangschikking van de elementen, die Mendelejev op basis van chemische eigenschappen tot stand bracht, een andere wending. Gelijkaardig chemisch gedrag blijkt samen te gaan met gelijkaardige elektronenconfiguratie.

### Thema 3: chemische bindingen

LPD C12	Met voorbeelden uitleggen hoe een ionbinding, een covalente binding (atoombinding) en een metaalbinding tot stand komen.	→ ET C4
------------	--	---------

Wenken:

Vertrekkende van de (soms theoretische) beginsituatie van geïsoleerde atomen kan men door de verschillende rol van de valentie-elektronen uitleggen hoe de verschillende bindingen tot stand komen. Als vuistregel kan men hanteren dat een ionbinding gevormd wordt tussen metalen en niet-metalen, een atoombinding tussen niet-metalen en een metaalbinding tussen metalen.

Het streven naar de edelgasconfiguratie kan als algemeen principe verduidelijkend werken. Bij de drie types bindingen uit zich dit streven op verschillend wijze:

- bij de ionbinding door uitwisseling van elektronen in de buitenste schil;
- bij de covalente binding (atoombinding) door het gemeenschappelijk stellen van elektronen uit de buitenste schil;
- bij de metaalbinding doordat vele metaal-atomen gemeenschappelijk elektronen uit de buitenste schil vrijgeven.

De volgende vergelijkingen met sociale interacties kan verhelderend werken:

- ionaire binding : pure schenking van het te veel;
- covalente binding: gemeenschappelijk gedeeld bezit bijv. bij een koppel;
- semi-covalente binding : een huursituatie;
- datieve binding : renteloze lening;
- metaalbinding : gemeenschapsbezit.

LPD C13	Voor een watermolecule het verband uitleggen tussen enerzijds de polariteit en anderzijds de ruimtelijke structuur en het verschil in elektronegatieve waarde van de samenstellende atomen.	→ ET C8
------------	---	---------

Wenken:

Het zou te ver leiden om de precieze geometrische structuur van de watermolecule via hybridisatie van de orbitalen te verklaren. Het volstaat te melden dat het zuurstofatoom zich in het centrum van een tetraëder bevindt met twee vrije elektronenparen in twee van de vier hoekpunten en de bindingen met de twee waterstofatomen in de twee andere hoekpunten. Doordat zuurstof sterker elektronegatief is dan waterstof verblijven de bindingselektronen statistisch gezien dicht bij de zuurstof. Dat atoom krijgt een netto negatieve lading, de waterstofatomen krijgen een netto positieve lading. De combinatie van de asymmetrische moleculaire structuur en de polarisatie in de binding zorgt voor de polariteit van de molecule als geheel.

Men kan water hier als exemplarisch beschouwen. Ook bij andere stoffen wordt de ruimtelijke structuur van het moleculemodel in verband gebracht met macroscopische eigenschappen (cf. Het onderscheid tussen cellulose en zetmeel).

Eigenlijk is via dit voorbeeld ook het begrip 'polair covalente binding' geïllustreerd, hetgeen belangrijk is voor begrip van de volgende leerplandoelstelling.

LPD C14	Het verband leggen tussen bindingstype en elektrisch geleidingsvermogen van een zuivere stof.	→ ET C4
------------	---	---------

Wenken:

Het elektrisch geleidingsvermogen van metalen kan gemakkelijk geduid worden door de beschikbaarheid van vrije, beweeglijke elektronen.

Het elektrisch geleidingsvermogen van niet-metalen hangt samen met het begrip elektrolyt.

Elektrolyten zijn chemische verbindingen die in een oplossing of in gesmolten toestand geheel of gedeeltelijk in ionen gesplitst zijn en dan de elektrische stroom geleiden.

Ionverbindingen en sommige polaire covalente (atoom)verbindingen (bijv. de zuren) zijn elektrolyten. Apolaire covalente verbindingen zijn niet-elektrolyten.

Ionverbindingen zijn steeds sterke elektrolyten omdat het in oplossing steeds volledig uiteenvalt in vrije ionen. Bij polaire covalente verbindingen onderscheiden we sterke, zwakke en niet-elektrolyten. Bij sterke elektrolyten wordt het deel dat opgelost is in water volledig gesplitst in ionen. Bij zwakke elektrolyten wordt het deel dat opgelost is in water slechts gedeeltelijk gesplitst

in ionen. Er is dus geen rechtstreeks verband tussen elektrolytsterkte en oplosbaarheid van een stof in water. Zo zijn bijvoorbeeld  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  en andere stoffen moeilijk oplosbaar in water maar gedragen zich wel als sterke elektrolyten omdat het opgelost gedeelte volledig gedissocieerd is! Er zijn ook heel wat stoffen die goed oplossen in water zonder elektrolyteigenschappen te vertonen. Suiker bijvoorbeeld lost goed op in water, kan als polair worden bestempeld maar zal geen ionen vormen, de elektrische stroom niet geleiden en dus geen elektrolyt zijn.

#### Thema 4: samengestelde stoffen

LPD C15	Vanuit een gegeven deeltjesmodel en aan de hand van een chemische formule de volgende begrippen leren onderscheiden: samengestelde en enkelvoudige stof; atoom, molecule en rooster.	→ ET C5, C6
------------	--	-------------

LPD C16	Enkelvoudige stoffen aan de hand van het periodiek systeem van de elementen classificeren als metalen, niet-metalen en edelgassen.	→ ET C5
------------	--	---------

Wenken:

Men kan waarneembare eigenschappen van metalen, niet-metalen en edelgassen beschrijven in relatie tot toepassingen in het dagelijkse leven.

LPD C17	Typische voorbeelden van stoffen uit de leefwereld classificeren als organisch of anorganisch aan de hand van herkomst of gegeven formule.	→ ET C5, W6
------------	--	-------------

Wenken:

Merk op dat het hier in eerste instantie gaat om de begrippen organisch en anorganisch te verduidelijken. Het specifieke verband tussen de eigenschappen van een stof en haar moleculaire opbouw komt pas later aan bod (zie LPD C21) en zeker de toepassing van scheikundige reacties in het alledaagse leven (zie LPD C30).

Bij de organische stoffen dient dus vermeld te worden dat zij niet steeds uit 'organisch materiaal' afkomstig zijn. Stoffen die in de natuur en in ons lichaam voorkomen, worden vaak ook in scheikundige productieprocessen samengesteld. Bovendien heeft de mens nieuwe kunststoffen ontworpen die men ook nog organische stoffen noemt, omwille van hun verwante structuur (essentieel met koolstofketen). Beter spreekt men dan eigenlijk van koolstofchemie versus minerale chemie.

Men kan zich richten op sectoren uit de leefwereld (natuur, voeding, textiel, hygiëne, bouwmaterialen, bureaumateriaal, elektronische apparaten ...). maar ook op het laboratorium of industriële processen.

De ervaring van het anorganische is er. Het is het gebied van de mineralen in de aarde en de zouten in de zeeën, het gebied van de orde en het kristalheldere tot in de voorspelbaarheid van de reacties toe (zie tiende klas). Het zijn de stoffen die metalen en niet-metalen met elkaar verbinden.

De organische chemie is gegroeid op de rijkdom van de steenkool- en petroleumvoorraden. En van daaruit toegepast op stoffen in en uit de levende natuur. Men heeft daarbij vooral gekeken naar de gelijkenissen in de structuurformules.

Er biedt zich in deze leerstof een mogelijkheid aan om een discussie op gang te brengen rond de geldigheid en grenzen van een wetenschappelijk model. Men kan zich hier bijvoorbeeld de vraag stellen of alle kwaliteiten van een stof voorspelbaar zijn vanuit het chemische structuurmodel. Kan men al dan niet kwaliteitsverschillen detecteren bij zuiver water van verschillende herkomst of aan verschillende behandelingen blootgesteld. Wat is de waarde van homeopathie?

LPD C18	Anorganische samengestelde stoffen classificeren in hun stofklasse (oxide, hydroxide, zuur of zout).	→ ET C5
------------	--	---------

Wenken:

In deze context is het nuttig om de pH-schaal, en de begrippen 'zuur, basisch, neutraal', die in de tweede graad werden besproken verder uit te diepen.

LPD C19	Aan de hand van de chemische formule een representatieve stof of stofdeeltje classificeren als: <ul style="list-style-type: none"> <li>- opgebouwd uit atomen, moleculen, mono- en/of polyatomische ionen;</li> <li>- atoom, molecule of ion.</li> </ul>	→ ET C6
------------	---	---------

LPD C20	Molecuul- en roostermodellen interpreteren.	→ ET C7
------------	---	---------

Wenken:

De bedoeling is om de leerlingen verder inzicht in het deeltjesmodel te laten verkrijgen.

Uitgaande van het atoommodel (zie hoger) is gebleken dat bijna alle atoomsoorten (op de mono-atomaire edelgassen na) spontaan gaan afwijken van de neutrale 'uitgangssituatie': zij streven naar de edelgasconfiguratie door elektronen op te nemen of af te staan (met vorming van monoatomische ionen), of door zich te binden tot moleculen of polyatomische ionen.

Met uitzondering van de macromoleculen uit de organische scheikunde, zijn de nieuwgevormde eenheden nog minuscuul.

Om de sprong naar de macroscopisch waarneembare stof te maken moet begrepen worden hoe die structuren zich ordenen in de gasvormige, vloeibare en vaste fase.

Bij de vaste fase maakt men onderscheid tussen stoffen waarbij de deeltjes zich wel of niet in roosterstructuren ordenen. De laatste, waartoe bijvoorbeeld glas behoort, worden amorfe stoffen genoemd.

Volgens de aard van de minuscule eenheden en de aantrekkingskrachten die ertussen bestaan onderscheidt men: atoomrooster (niet-metaal), metaalrooster, ionrooster, molecuulrooster. Men



kan deze roostertypes illustreren aan de hand van de volgende voorbeelden: grafiet, grafeen, diamant, Fe, NaCl, ijs (H<sub>2</sub>O).

Verskillende roosters geven aanleiding tot verschillende eigenschappen zoals:

- het elektrisch geleidingsvermogen van metalen door de aanwezigheid van vrije elektronen;
- de hardheid van ionverbindingen door de sterke elektrische aantrekkingskrachten;
- het gebruik van grafiet als potlood en smeermiddel omwille van de gelaagde structuur; de plooibaarheid van metalen.

Het is goed om weten dat alle stoffen bestudeerd worden in een laboratoriumomgeving, dus geïsoleerd van de levende omgeving. De structuur van de stoffen wordt opgehelderd door allerlei technieken die puzzelstukjes aanleveren. De massaspectrometer bijv.. beschiet de stof zodat die in alle mogelijke 'brok'stukken uiteenvalt, bestudeert dan welke brokstukken er zijn en doet van daaruit een voorstel over de totale structuur van de stof. Röntgendiffractie is een zeer gevoelige en zeer gespecialiseerde techniek waarbij de te onderzoeken stof eveneens moet uitgekristalliseerd zijn. De vaststellingen die men over deze kunstmatige toestand doet, kunnen wel eigenschappen verklaren, maar men kan nooit volledig zeggen hoe die stof zich gedraagt in een andere situatie.

LPD C21	Eigenschappen en actuele toepassingen noemen van stoffen waaronder kunststoffen en opvallende kenmerken van hun moleculaire structuur beschrijven.	→ ET C13, W6
------------	--	--------------

Wenken:

Wat de organische verbindingen betreft is, het aan te bevelen om hier enige tijd te nemen om de voornaamste soorten te vernoemen, met de karakteristieke functionele groep in hun formule.

Hier dient zich de gelegenheid aan om met de verworven kennis inzicht te verwerven in de aard van zowel natuurlijk voorkomende stoffen als kunststoffen. Naast de klassikale behandeling is er mogelijkheid om elke leerling (of per groepje) een stof uit hun eigen leefwereld te laten kiezen en zowel de eigenschappen, toepassingen als de scheikundige samenstelling te laten bespreken.

Het begrip macromolecuul of polymeer wordt gedefinieerd. Macromoleculen kunnen zowel van natuurlijke als van synthetische oorsprong zijn.

Ook de afbreekbaarheid van kunststoffen en de afvalproblematiek kan ter sprake komen (wat moet er en wat mag er niet bij de PMD?).

Merk op dat het illustreren van chemische reacties aan de hand van hedendaagse toepassingen later aan bod komt (LPD C30).

LPD C22	Het begrip isomerie uitleggen aan de hand van representatieve voorbeelden van structuur- en stereo-isomerie.	
------------	--	--

Wenken:

Door de studie van de isomerie kan men alleen maar verbaasd zijn over de veelzijdigheid van koolstof om bindingen te vormen. Het brengt structuur aan in veelzijdigheid. Ook al is dit enkel een modelmatige blik, het vertaalt zich onmiddellijk in waarneembare eigenschappen : optische

isomerie bijv..heeft heel wat belangrijke toepassingen, zeker ook in de levende natuur (bijv. rechtsdraaiend en linksdraaiend glucose en melkzuur).

De veelzijdigheid van de organische natuur is zeker een punt om te benadrukken en komt nog terug bij de zuurstofverbindingen en de stikstofverbindingen.

#### Thema 5: stofhoeveelheid

LPD C23	De relatieve atoom- en molecuulmassa, alsook de molaire massa afleiden of berekenen uit de gegevens bij elk symbool in het periodiek systeem van de elementen.	→ ET C9, W3
------------	--	-------------

Wenken:

Als kernbegrip introduceert men de relatieve atoommassa ( $A_r$ ) die aangeeft hoeveel maal de werkelijke of absolute massa van het beschouwde atoom groter is dan de internationale atoommassa-eenheid ( $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ). Hoofdzakelijk is dat leerlingen vlot relatieve molecuulmassa's leren berekenen uitgaande van het PSE met gegeven relatieve atoommassa's.

Hoewel de SI-eenheid van molaire massa  $1 \text{ kg/mol}$  is, wordt in de chemie en dus ook in de schoolchemie, vooral uit praktische noodzaak bij het experimenteel werk, gewerkt met molaire massa's uitgedrukt in  $\text{g/mol}$ .

LPD C24	De mol als eenheid van stofhoeveelheid hanteren en in verband brengen met het getal van Avogadro.	→ ET C9, W3
------------	---	-------------

LPD C25	In voorbeelden uit het dagelijkse leven omrekeningen maken tussen massa en stofhoeveelheid in mol.	→ ET C9, W3
------------	--	-------------

LPD C26	Molaire en massaconcentratie van een oplossing <b>definiëren en toepassen</b> in berekeningen.	→ ET C9, W3
------------	--	-------------

Wenken:

De uitvoering van experimenten (bijv. titratie van aspirine) geven aanleiding om deze begrippen concreet te leren hanteren.

#### Thema 6: chemische reacties

LPD C27	Aan de hand van gegeven formules van reagentia en reactieproducten eenvoudige reactievergelijkingen opstellen en corpusculair voorstellen en interpreteren als een recombinaat van de aanwezige atomen.	→ ET C10
------------	---	----------

Wenken:

Men kan terugkoppelen naar leerstof van de tweede graad en uitgevoerde reacties om de symbolische voorstelling aan te leren. Veel voorkomende reacties (zoals oxidatie van metalen, of de fotosynthesereactie) kunnen ook als sprekend voorbeeld dienen. Ook het splitsen van een elektrolyt in ionen kan men symbolisch weergeven en interpreteren.

LPD C28	Aan de hand van een gegeven reactievergelijking een chemische reactie classificeren als ionen-, protonen- of elektronenuitwisselingsreactie.	→ ET C11
------------	--	----------

Wenken:

Voorbeelden van neerslag- en gasontwikkelingsreacties interpreteren als een ionenuitwisseling waarbij een slecht oplosbare stof wordt gevormd.

Neutralisatiereacties interpreteren als een combinatie van waterstofionen met hydroxide-ionen (protonuitwisseling) waarbij water wordt gevormd en gelijktijdig een zout ontstaat.

LPD C29	In verbrandingsreacties, in synthesesreacties met enkelvoudige stoffen en in ontledingsreacties van binaire stoffen oxidatie en reductie aanduiden aan de hand van elektronenuitwisseling.	→ ET C12
------------	--	----------

Wenken:

Het oxidatiegetal (OG) van een element wordt in dit stadium eenvoudig gedefinieerd als het bindingsvermogen van dat element, het aantal elektronen dat een atoom opneemt of afgeeft wanneer het overgaat naar de ionaire vorm. Het OG is steeds een geheel getal en wordt voorgesteld door een Romeins cijfer voorafgegaan door + of - behalve indien het OG nul is. Vanuit de ionvorming is voor elementen uit de hoofdgroepen het verband tussen het OG en het groepsnummer gekend. Voor elementen uit de nevgroepen en in geval van meerdere waarden voor elementen uit de hoofdgroepen mogen de leerlingen een beperkte tabel met OG raadplegen om formules te schrijven, ook tijdens toetsen en examens.

De leerlingen dienen te weten:

- bij de atomen van een enkelvoudige stof is het OG = 0;
- bij een neutrale verbinding is de som van de OG = 0;
- bij mono-atomische ionen is het OG = de relatieve ionlading;
- bij polyatomische ionen is de som van de OG = de relatieve ionlading;
- het OG van een zuurstofatoom in een samengestelde stof is meestal -II;
- het OG van een waterstofatoom in een samengestelde stof is meestal +I.

Het oxidatiegetal wordt verder benut: in een redoxreactie stelt men de verandering van oxidatiegetallen vast. Zo worden ook de begrippen oxidator, reductor, oxidatie, reductie en elektronenoverdracht verduidelijkt. Men haalt voorbeelden aan van verschillende types reacties:

- verbrandingsreacties;
- synthesesreacties met enkelvoudige stoffen;
- analysereacties (ontleding) van binaire stoffen.

Een redoxreactie of elektronenoverdrachtreactie kan dus gedefinieerd worden als een koppeling van een reductie en een oxidatie. De verbrandingsreacties zijn slechts een specifiek voorbeeld van

redoxreacties. De begrippen oxidatie en reductie moeten dus worden losgekoppeld van opnemen of afgeven van dizuurstof. De exacte betekenis van begrippen 'oxidatie en reductie' zal voor de leerlingen duidelijk worden afgebakend, mede tegen de achtergrond van hun meer alledaagse betekenissen zoals roesten en verminderen ...

Met de redoxreactie leren de leerlingen een nieuw allesdoordringend principe kennen in de chemie, naast het principe van de ionuitwisseling of het zuur/base principe. De evolutie van het begrip te beginnen bij Lavoisier, laat zien hoe ruim dit begrip kan toegepast worden. In wezen betreft het de uitwisseling (of de polariteit) tussen elementaire toestand en zouttoestand van hetzelfde element (of meer chemisch correct geformuleerd de geïoniseerde toestand en dus oxidatietoestand). Het elektronenspel is een uiting daarvan. Wanneer twee stoffen elkaar ontmoeten in een verschillende toestand (hetzij in de elementaire, hetzij in de geïoniseerde) dan ontstaat er mogelijks een uitwisseling van hun toestanden. Dat er verschillende oxidatietoestanden kunnen zijn voor één element is slechts een uitbreiding van hetzelfde principe.

Op zo'n wijze benoemt men het fenomeen in een experimenteel uitgevoerde reactie (zie LPD W1 en W2). Hier raken we aan de polariteiten donor-acceptor, oxidator-reductor. Dit is een nieuw voorbeeld van polariteit in een chemische reactie (vergelijk zuur-base, metaal - niet-metaal, affiniteit van wateroplosbare stoffen enerzijds en affiniteit van wateronoplosbare stoffen anderzijds, vluchtig – vast).

LPD C30	Chemische reacties uit de koolstofchemie in verband brengen met hedendaagse toepassingen.	→ ET C14
------------	---	----------

Wenken:

Een illustratieve context vindt men bij de omzettingen in de plant: hoe uit suikers (via fotosynthese samengesteld) door gisting alcohol ontstaat, hoe uit alcohol verder de ethers en carbonzuren ontstaan en hoe uit alcohol en carbonzuur de geurige esters worden samengesteld.

De synthese van dergelijke esters wordt gebruikt bij de aanmaak van smaakstoffen.

Men kan bij de behandeling van toepassingen wijzen op de recyclage van kunststoffen en op de nieuwe ontwikkelingen (bioafbreekbare polymeren, geleidende polymeren, nanomaterialen).

De thermische eigenschappen van kunststoffen worden in verband gebracht met de begrippen thermoplast, thermoharder en elastomeer en bij voorkeur experimenteel ondersteund.

Mogelijke leerlingexperimenten:

- bereiding van een ester;
- bereiding van zeep;
- bereiding van enkele kunststoffen zoals bakeliet, nylon, polyurethaanschuim, polystyreen;
- identificaties van kunststoffen;
- synthese van organische stoffen.

Mogelijke demo-experimenten:

- oxidatie van alcoholen;
- bromering van alkanen en alkenen;
- identificatiereacties van organische stoffen;
- verschil tussen thermoharder, thermoplast en elastomeer;
- bereiding van biodiesel;
- reacties met eiwitten;
- verestering van salicylzuur.

LPD C31	Voor een aflopende reactie, waarvan de reactievergelijking gegeven is, en op basis van gegeven stofhoeveelheden of massa's, de stofhoeveelheden en massa's bij de eindsituatie berekenen.	→ ET C15
------------	---	----------

Wenken:

Het begrip aflopende reactie kan worden omschreven als een reactie die verloopt tot één van de reagentia is opgebruikt. De wet van behoud van massa (Lavoisier) wordt hier gehanteerd.

LPD C32	Aan de hand van de activeringsenergie uitleggen welke factoren invloed uitoefenen op de reactiesnelheid.	→ ET C18
------------	--	----------

Wenken:

Factoren zoals verdelingsgraad, concentratie, druk, warmte, lichtstraling en katalysator kunnen vermeld worden.

Voor de katalysator kan verwezen worden naar de lessen biologie waar enzymen aan bod komen. Tevens wordt het belang van katalysators bij industriële processen geïllustreerd alsook bij natuurlijke processen zoals de aanmaak van ozon in de atmosfeer. Men kan voorbeelden aanhalen uit het dagelijks leven waarbij snelheidsbeïnvloedende factoren worden gebruikt (bijv. voeding bewaren in de koelkast, zelfontbranding van oliën, gevaar van stofexplosie, ...).

### Thema 7: chemisch evenwicht

LPD C33	Het onderscheid tussen een evenwichtsreactie en een aflopende reactie illustreren.	→ ET C16
------------	--	----------

Wenken:

Het begrip chemisch evenwicht kan worden omschreven als een dynamisch stabiele toestand gekenmerkt door twee reacties die met dezelfde reactiesnelheid gelijktijdig en in tegengestelde zin verlopen.

De invloed van concentratie, druk, temperatuur en katalysator op de ligging van het chemisch evenwicht kan kwalitatief besproken worden. Het belang van de invloed van de eerste drie kan worden geïllustreerd via bijvoorbeeld de ademhaling.

LPD C34	De werking van een buffermengsel uitleggen als voorbeeld van een chemisch evenwicht bij een zuur/basekoppel.	→ ET C17
------------	--	----------

Wenken:

Het volstaat om het principe en de samenstelling van een buffer te geven. De pH van een buffermengsel dient niet te worden afgeleid.

Het belang van buffers kan geïllustreerd worden aan de hand van de bufferende werking van bijvoorbeeld bodem, zeeën en bloed.

### 3.2.5 Leerplandoelstellingen fysica

#### Thema 1: thermodynamica

LPD F1	Met het deeltjesmodel van de materie het begrip inwendige energie uitleggen.	→ ET F1, W2
-----------	--	-------------

Wenken:

De begrippen arbeid en (potentiële of kinetische) energie die in de tweede graad werden gezien worden hier uitgebreid.

In de negentiende eeuw ontstond het inzicht dat warmte als een alternatieve vorm van energie kan worden beschouwd, naast mechanische energie.

Als men de wet van behoud van energie toepast op processen waarbij wrijvingskrachten aanwezig zijn, dan merkt men een verlies van mechanische energie (bewegingen vertragen en vallen stil). De mechanische energie werd omgezet in inwendige energie.

Vanuit het deeltjesmodel kan deze inwendige energie verklaard worden uit de potentiële en kinetische energie die de materiedeeltjes bezitten dankzij hun vibraties, onderlinge aantrekkingskrachten en mogelijke botsingen.

Bij een ideaal gas hangt de inwendige energie enkel af van de temperatuur (die samenhangt met de kinetische energie van de deeltjes). Bij reële gassen speelt ook het volume een rol (omdat er potentiële energie in rekening moet gebracht worden ten gevolge van de aantrekkingskrachten tussen de gasdeeltjes).

Bij warmtetoevoer/afvoer neemt de inwendige energie van het betreffende voorwerp toe/af.

Als twee voorwerpen op een verschillende manier dicht bij elkaar worden gebracht, is er transport van energie van het voorwerp op de hoogste naar het voorwerp op de laagste temperatuur. Dit transport van energie noemen we warmte. Warmte is een transportvorm van energie als gevolg van een temperatuurverschil. Een andere transportvorm van energie is arbeid.

Bij energietransport tussen twee voorwerpen op een verschillende temperatuur in een geïsoleerd systeem zal alle energie die door het ene voorwerp wordt afgestaan, door het andere voorwerp worden opgenomen. Dit leidt tot thermisch evenwicht.

In de derde graad komt ook kernenergie aan bod, een specifieke soort inwendige energie.

#### Thema 2: elektrostatica

LPD F2	Het elektrisch veld en het influentieverschijnsel karakteriseren.	→ ET W2
-----------	---	---------

Wenken:

In experimenten brengt men elektrische spanning tussen twee polen en laat men bijvoorbeeld het effect zien op een vrij opgehangen bolletje.

Overal waar een aantrekkings- of afstotingskracht 'op afstand' werkzaam is, kan men het begrip krachtveld introduceren (bijv. ook als gravitatieveld). Met behulp van veldlijnen is men in staat om het veld visueel voor te stellen. In elk punt geeft de raaklijn aan de veldlijn de richting van de kracht.

Influentie is in de buurt zijn en dus onder invloed zijn = influentie. Elektrostatische inductie is een woord voor hetzelfde verschijnsel.

LPD F3	De werking en eigenschappen van een condensator beschrijven (bij oplading, ontlading, onder gelijk- en wisselspanning).	
-----------	---	--

Wenken:

Met behulp van een eenvoudige elektrische stroomkring (batterij, condensator, lichtje) kan men het stroomverloop bij oplading en ontlading waarnemen.

De begrippen elektrische lading en capaciteit (als verhouding van elektrische lading tot elektrische spanning) worden geïntroduceerd.

De condensator blokkeert de gelijkstroom. Bij snelle ompoling van de spanning ontstaat een snel ompolende stroom. Bij toenemende frequentie heeft de condensator nauwelijks de tijd om te ontladen: de wisselstroomweerstand van een condensator bij wisselspanning is laag.

### Thema 3: Elektromagnetisme

LPD F4	Het magnetisch veld (rond permanente magneten en als gevolg van bewegende elektrische ladingen zoals in stroomvoerende geleiders), magnetische inductie en zelfinductie karakteriseren.	→ ET F2, W2
-----------	---	-------------

Wenken:

Proeven met ijzerpoeder en magneetnaalden laten toe om het magnetisch veld rond een stroomvoerende geleider waar te nemen. Met een bewegende permanente magneet kan men stroom induceren, die gehoorzaamt aan de inductiewetten van Faraday en Lenz. Als men bij een spoel de stroom wijzigt, dan induceert het eraan gekoppeld veranderend magneetveld een tegenstroom; men spreekt van zelfinductie.

LPD F5	Het aardmagnetisch veld beschrijven.	
-----------	--------------------------------------	--

Wenken:

De aarde als een magnetische dipool. De magnetische zuidpool bevindt zich in de buurt van de geografische noordpool. Het geomagnetisch dipoolveld staat met zijn as gekanteld ten opzichte van de aardas.

LPD F6	De werking van een transformator beschrijven, alsook de eigenschappen van een solenoïde (onder gelijk- en wisselspanning).	→ ET F2
-----------	--	---------

Wenken:

Bij de transformator is de verhouding van het aantal windingen van belang.

Een solenoïde is bij een gelijkspanning als een kortsluiting. Bij wisselstroom oefent de zelfinductie invloed uit. Bij toenemende frequentie neemt de 'blokkerende' inductiestroom toe: de weerstand van een spoel neemt toe met stijgende frequentie.

#### Thema 4: trillingen en golven

LPD F7	De elektromagnetische trilling in een LC keten beschrijven.	→ ET W2
-----------	---	---------

Wenken:

Als men een spoel en een condensator in een seriekring plaatst dan kan er een elektromagnetische oscillatie optreden: bij ontlading van de condensator neemt de elektrische veldsterkte in die condensator af en de magnetische veldsterkte in de solenoïde toe (als gevolg van de ontladingsstroom). De stroom valt niet stil, dankzij het zelfinducerend effect van solenoïde. De condensator laadt zich (in tegengestelde zin) op: het elektrisch veld bouwt zich op ten koste van het magnetisch veld en zo heen en terug.

In praktijk treedt er een demping op van de oscillerende stroom, ten gevolge van de weerstand van de geleiders. Het begrip gedempte trilling komt ter sprake.

Men kan deze elektromagnetische trilling vergelijken met zijn mechanisch evenbeeld: de harmonische slinger (schommel).

In de antenne is de condensator 'open' (één van de condensatorplaten is de aarde). De elektromagnetische trilling plant zich voort.

Als men de energieverliezen compenseert (door bijv. de schommel steeds een beetje bij te duwen) blijft de trilling bestaan.

LPD F8	De kenmerken van een harmonische trilling en een lopende golf benoemen.	→ ET F4, W3
-----------	---	-------------

Wenken:

De amplitude (en intensiteit), de periode en frequentie en de fase van de harmonische trilling worden als begrippen verduidelijkt. De grafische voorstelling als sinusoïde kan verhelderend werken.

Voor de lopende golf zijn de golflengte, de frequentie en de snelheid met elkaar verbonden.



LPD F9	Geluid als golfverschijnsel karakteriseren, eigenschappen van geluid en mogelijke invloeden van geluid op de mens beschrijven.	→ ET F5, W4
-----------	--	-------------

Wenken:

Geluid wordt als longitudinale golf besproken, waarbij de geluidssnelheid (in verschillende media), de frequentie (toonhoogte) en geluidsterkte (intensiteit als kwadraat van de amplitude) worden benoemd. Het Dopplereffect kan eventueel worden aangehaald met het voorbeeld van de vallende toonhoogte van een trein die nadert, passeert en wegrijdt.

De decibelschaal is logaritmisch. Men kan de geluidsniveaus van verschillende bronnen aanduiden op de schaal. Kwalijke gevolgen (zoals oorsuizingen en doofheid) van geluidsoverlast worden besproken.

LPD F10	Elektromagnetische straling beschrijven als golven en de verschillende types ordenen volgens het elektromagnetisch spectrum.	→ ET F6
------------	--	---------

Wenken:

Het is belangrijk elektromagnetische straling als niet-materiële golf te beschrijven. Astronauten die een ruimtewandeling maken zien elkaar, maar horen elkaar (zonder elektronische apparatuur) niet. Eventueel kan een 3-D voorstelling van onderling loodrechte, transversaal trillende elektrische en magnetische velden het denken ondersteunen.

De lichtsnelheid daalt als de elektromagnetische golf zich door materiële middelen voortplant. Men tekent een schaal volgens af- of toenemende frequentie en golflengte, met aanduiding van types golven (en zeker het zichtbare licht).

Voor frequentie ('kleur') en intensiteit (amplitude) zijn we (in het zichtbare spectrum) gevoelig, voor fase niet.

Er is nog een vierde kenmerk bij deze transversale golven dat aanleiding kan geven tot mooie experimenten: de polarisatie (kijk eens naar reflecties en wolken).

LPD F11	Het effect van elektromagnetische straling in verband brengen met haar frequentie.	→ ET F6, W4, W5, W6
------------	--	---------------------

Wenken:

Impact van Elektrosmog, infraroodstraling, UV, röntgen- en gammastraling moeten zeker besproken worden. Hoe hoger de frequentie is, hoe indringender (gevaarlijker).

### Thema 5: Optica en kleurenleer

LPD F12	fysische, fysiologische en chemische kleuren van elkaar onderscheiden.	
------------	--	--

Wenken:

Als voorbeeld van fysische kleuren kan men verwijzen naar de regenboog. Voor fysiologische kleuren is de waarneming van nabeelden interessant. Chemische kleuren worden verbonden met verven.

LPD F13	Additieve en subtractieve kleurenmenging beschrijven.	→ ESET 1, 2
------------	---	-------------

Wenken:

Additieve kleurenmenging vind haar toepassing in beeldschermen en projectoren. Subtractieve kleurenmenging is gekend uit de schilderlessen.

LPD F14	Oerfenomenen uit de kleurenleer van Goethe beschrijven.	→ ESET 1,2,3,4
------------	---	----------------

Wenken:

De roodkleuring bij verduistering van het licht en de blauwkleuring bij oplichting van de duisternis kunnen aan de hand van natuurfenomenen en eenvoudige experimenten worden besproken. Als men doorheen glazen prisma's naar zwart-wit grenzen kijkt, kan men deze oerfenomenen mooi waarnemen. Bekijkt men op die manier streepatronen dan komen ook twee nieuwe kleuren tevoorschijn: groen (als menging) en purper (perzikbloesemkleur als koningin onder de kleuren, pur-pur betekent rein-rein). Men kan aansluitend de kleurencirkel behandelen die ook in de lessen van plastische opvoeding wordt gehanteerd.

LPD F15	De kleurenleren van Newton en Goethe met elkaar vergelijken.	→ W2 → ESET 7,11
------------	--	---------------------

Wenken:

Newton interpreteerde snel het ontstaan van de kleuren als zonnelicht doorheen een prisma scheen. Volgens hem bestaat het zonnelicht uit een 'stroom' lichtdeeltjes die uit elkaar gescheiden worden door het prisma. Goethe gebruikt geen model om het fenomeen te verklaren. Voor hem was duisternis trouwens een even reëel begrip als licht en ontstond kleur door de samenwerking van licht en duisternis.

LPD F16	Schaduwvorming en gekleurde schaduwen karakteriseren en een voorbeeldsituatie beschrijven waarin deze fenomenen optreden.	→ ET F3
------------	---	---------

Wenken:

Schaduwvorming kan tot verrassende effecten leiden: beweeg bijvoorbeeld een opaak voorwerp voor een langwerpige lichtbron (typisch een buislamp).

Gekleurde schaduwen zijn waarneembaar als men twee lichtbronnen neemt, waarvan minstens één gekleurd is.

LPD F17	Terugkaatsing en breking karakteriseren en een voorbeeldsituatie beschrijven waarin deze fenomenen optreden.	→ ET F3, W1
------------	--	-------------

Wenken:

We komen in het domein van de geometrische optica: het stralenmodel van het licht.

Invalshoek en terugkaatsingshoek worden gedefinieerd t.o.v. van de loodlijn ('de normale') op het grensoppervlak.

Experimenten waarbij de lichtdoorgang doorheen planparallelle glasblokjes wordt gemeten zijn aan te bevelen.

Breking (refractie) wordt beschreven met de wet van Snellius-Descartes. De grenshoek voor interne reflectie kan aanleiding geven tot de bespreking van optische glasvezels.

LPD F18	Beeldvorming bij vlakke spiegels en bolle lenzen karakteriseren en een voorbeeldsituatie beschrijven waarin deze fenomenen optreden.	→ ET F3, W2
------------	--	-------------

Wenken:

Men kan bij de bespreking van de lichtdoorgang doorheen bolle lenzen vertrekken van de lichtdoorgang doorheen prisma's.

LPD F19	De werking van het menselijk oog beschrijven.	→ ET F3
------------	---	---------

Wenken:

Een eenvoudig 'camera obscura' experiment is aan te bevelen als introductie.

De scherpstelling van het beeld op netvlies door de veranderlijk ooglens, bij- en verziendheid en de blinde vlek zijn elementen in de bespreking.

LPD F20	DiffRACTIE en interferentie karakteriseren en een voorbeeldsituatie beschrijven waarin deze fenomenen optreden.	→ ET F3
------------	---	---------

Wenken:

We komen in het domein van het golfmodel van het licht.

DiffRACTIE of buiging kan men illustreren aan de verspreiding van het licht dat doorheen een puntvormige opening van een scherm gaat. Als verheldering kan men de vergelijking maken met een watergolf die zich verspreidt nadat zij doorheen een opening in een dijk, dam of muur is gedrongen.

Bij interferentie kan men bondig samenvatten door 'licht kan licht uitdoven'. Hier komt de fase van de lichtgolf in het gedrang. Dit kan eenvoudig getekend worden, uitgaande van twee puntbronnen die lichtgolven in gelijk fase uitzenden. Onder schuine hoek is er een faseverschuiving. Deze is golfengte- en dus kleurafhankelijk. Ook bij reflectie (op een CD) bijvoorbeeld is dit waarneembaar.

In de interferentieproef van Young wordt dit fenomeen nauwgezet bestudeerd.

Breidt men het 'twee-spleten-experiment' uit tot meerdere spleten, dan bespreekt men eigenlijk een diffractierooster. De naam suggereert dat de twee fenomenen terzelfdertijd optreden.

LPD F21	De spectrumanalyse in de spectroscopie op eenvoudige wijze beschrijven.	
------------	---	--

Wenken:

Het eenvoudigst gaat men uit van de breking (refractie) doorheen een prisma of interferentie doorheen een diffractierooster. Men kan eenvoudige toestelletjes maken om het verschil tussen het spectrum van een gloeilamp (of zonlicht) en bijvoorbeeld een spaarlamp zichtbaar te maken.

Vooraf de toepassingen spreken tot de verbeelding. Men kan hierbij verwijzen naar de proeven met metaalzouten in de chemie (de verschillende kleuren die te zien zijn bij het verbranden van verschillende metaalzouten) en naar de ontleding van de samenstelling van gassen -, eventueel de samenstelling van sterren.

LPD F22	Het fotonmodel van licht beschrijven.	
------------	---------------------------------------	--

Wenken:

Hier beschrijft men licht als een stroom van deeltjes. Dat ook andere kleine deeltjes even goed als golf kunnen beschreven worden, hebben we aan de Broglie te danken, met Heisenberg, Schrödinger en andere kwantumfysici na hem.

LPD F23	Het dualiteitsprincipe van licht beschrijven.	→ W2 → ESET 7,11
------------	---	---------------------

Wenken:

De aard van het licht is niet in één model te vangen. De interferentieproef van Young kan een stuk verklaard worden als men licht als een golf beschouwt. Andere experimenten zoals het foto-elektrisch effect, ondersteunen eerder een deeltjestheorie.

#### Thema 6: Kernfysica en radioactiviteit

LPD F24	De oorsprong en enkele toepassingen van natuurlijke en kunstmatig opgewekte ioniserende straling beschrijven.	→ ET F7, W6
------------	---	-------------

Wenken:

Spontaan verval van radioactieve isotopen in de natuur leidt tot toepassingen zoals de koolstof-14 dateringsmethode. Radionucliden worden gebruikt in diagnosetechnieken en bij bestraling van kankers. Kerncentrales werken dankzij gecontroleerde kettingreacties.

Een instabiele atoomkern zal een reeks transformaties ondergaan door deeltjes of zuivere energie (of beiden) af te stoten. Radioactiviteit is dus in essentie een streven naar een energie-evenwichtstoestand op het niveau van de atoomkern. In een vervalreeks van radioactieve stoffen ontstaat als vervalproduct van een beginnuclide (het moedernuclide) vervolgens een dochternuclide en daaruit weer door verval een kleindochternuclide. Bijv.:  $^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{218}\text{Po} \rightarrow ^{214}\text{Pb} \rightarrow \dots$  Ieder radionuclide heeft zijn eigen karakteristieke vervalwijze: bepaalde soort(en) straling met bepaalde energie(ën). Ook het tempo waarin een radioactieve stof vervalt, is kenmerkend (zie: halveringstijd). In de nuclidenkaart worden deze complexe gegevens bevattelijk voorgesteld.

LPD F25	$\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -straling van elkaar onderscheiden op basis van hun eigenschappen (aard, lading, energie).	→ ET F7
------------	--	---------

LPD F26	Het vervalproces waarbij $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -straling uit een radionuclide wordt gevormd beschrijven met behulp van de begrippen activiteit en halveringstijd.	→ ET F7, W3
------------	---	-------------

Wenken:

Het tijdstip waarop een radioactieve kern zal overgaan tot het uitzenden van straling, blijkt van het toeval af te hangen. Bij een groot aantal kernen  $N$  is het aantal kernen dat vervalt ( $\Delta N$ ) binnen een tijdsinterval ( $\Delta t$ ) evenredig met het aantal aanwezige kernen en de lengte van dit tijdsinterval. Daaruit kan men een exponentiële afname van de hoeveelheid radioactieve stof en dus ook van de activiteit (de vervalsnelheid) afleiden.

Een grafiekje met deze exponentiële vervalcurve werkt verhelderend. De halveringstijd van een radionuclide is de tijd waarin het oorspronkelijke aantal instabiele kernen tot de helft is afgenomen. Een radioactieve stof heeft een activiteit van 1 becquerel als er één desintegratie per seconde optreedt.

LPD F27	Kernfusie en kernsplijting beschrijven en aan de hand van toepassingen of voorbeelden illustreren.	→ ET F7, W5, W6
------------	--	-----------------

Wenken:

Er zijn mogelijke interessante uitstappen te organiseren (kerncentrales, Fusion Road Show, ...)

LPD F28	Effecten van ioniserende straling op mens en milieu beschrijven en aan de hand van toepassingen of voorbeelden illustreren.	→ ET F7, W5, W6
------------	---	-----------------

Wenken:

Een mogelijke leerlingenopdracht is: "Maak een werkje over één type elektromagnetische straling (zelf gekozen of bijv. specifiek over radioactieve straling) waarin je de aard van deze straling en haar toepassing beschrijft. Bespreek ook de ecologische, economische en sociale aspecten die verbonden zijn met de toepassingen. Geef daarbij naast feiten ook je persoonlijke standpunt."

## 4. Evaluatie

### 4.1 Studiebegeleiding, remediëren en evaluatie

Met studiebegeleiding wordt bedoeld het geheel van activiteiten waarbij aan de leerling hulp bij het leren wordt geboden. Deze activiteiten worden vanuit gerichte doelstellingen opgezet en kunnen georganiseerd worden voor individuele leerlingen, voor klasgroepen en/of voor alle leerlingen op schoolniveau. Studiebegeleiding houdt in dat het lerarenteam aandacht heeft voor de hele ontwikkeling van de leerling en oog heeft voor verstandelijke en emotionele factoren bij het leren. Het betekent eveneens dat het team rekening houdt met verschillende leerstijlen.

Met remediëren wordt bedoeld het bieden van hulp om tekorten op te vangen of weg te werken. Ook hier is het belangrijk om de doelstelling van de activiteiten precies te omschrijven.

Studiebegeleiding en remediëren zijn uitnodigingen voor de leerling tot reflectie over eigen studie- en leergedrag. Zo krijgen ze de kans om geleidelijk aan verantwoordelijkheid op te nemen voor het eigen leren.

Studiebegeleiding en remediëren kunnen met de evaluatie deel uitmaken van het hele evaluatie- of feedbacksysteem. De evaluatie, afgestemd op de doelstellingen in het leerplan, biedt informatie over de wijze waarop de leerling deelneemt aan het leren op school maar biedt eveneens informatie over de wijze waarop de leraar hen bij het leerproces begeleidt. Voor de leraar is de evaluatie van de leerlingen een bron voor zelfevaluatie.

Evaluatie is geen doel op zich. De resultaten van de evaluatie zijn geen eindpunt maar een start voor bijsturing van het leerproces. Formatief en summatief evalueren kunnen aangevuld worden met duurzaam evalueren: zichzelf leren evalueren en het eigen leerproces meer en meer in de hand nemen in de richting van een leven lang leren en ontwikkelen.

Hoe en wat de leraar zal evalueren moet transparant zijn voor de leerlingen. Ideaal is dat zij op voorhand weten welke kennisaspecten geëvalueerd zullen worden, welke attitudes en welke vaardigheden.

### 4.2 De beoordelingscyclus

#### 4.2.1 Beginsituatie

Om de doelstellingen van het leerplan te bereiken wordt er bij de evaluatie steeds uitgegaan van de beginsituatie. Het is nodig om die beginsituatie zo helder mogelijk in kaart te brengen binnen de concrete context van de klasgroep om het leerproces dat de leerlingen doorlopen, optimaal te begeleiden. Wanneer men eenmaal de beginsituatie heeft verkend, kan men het leerproces in de richting van een doel opstarten. In steinerscholen staat procesevaluatie in het teken van de ontwikkeling van de leerlingen. Evalueren om te leren staat meer op de voorgrond dan evalueren van het leren. In de loop van het proces kunnen er ijkpunten afgesproken worden. Op deze momenten past een productevaluatie (een summatieve toets).

### 4.2.2 De beoordelingscyclus zelf

- Plan een beoordeling
  - Verzamel gegevens
  - taxeer/waardeer/ interpreteer het bewijsmateriaal
  - geef feedback
  - maak een verslag van het resultaat
1. Een beoordeling **plannen** betekent o.m. dat men doelgericht de beoordelingsmethode afstemt op de leerplandoelstellingen en op de leerlingen. Planning, doelen en vorm van de evaluatie worden gecommuniceerd aan de leerlingen.
  2. Het verzamelen van **gegevens**:
    - gebeurt door het observeren en evalueren door de leraar van opdrachten, taken, oefeningen, groepswork e.d. ;
    - of via portfolio waardoor de leerling zelf gegevens leert verzamelen die een bewijs leveren van wat hij al kan.
  3. Het **interpreteren**:
    - de gegevens worden getoetst aan de criteria die de leraar vooraf duidelijk heeft bepaald en aan de leerlingen heeft meegedeeld;
    - de leraar houdt hierbij rekening met de leerplandoelstellingen en met de vakoverschrijdende eindtermen die hij in zijn vak heeft geïntegreerd.
  4. Het **beslissen**
    - in eerste instantie zal de individuele leraar een beslissing nemen over de vorderingen en de eindresultaten van de leerling;
    - die individuele beslissing wordt besproken en geïntegreerd in de besluiten van de klassenraad.
  5. Het **rapporteren**
    - De leerling krijgt duidelijke informatie over zijn vorderingen.
    - Dit gebeurt enerzijds in geregelde momenten van feedback voor de leerlingen en anderzijds in een periodieke schriftelijke rapportering. In deze schriftelijke rapportering kan men gebruik maken van zowel quoteringen of scores als beschrijvingen in woorden. In het eerste geval is het belangrijk dat aangegeven is waar de letters of cijfers het symbool van zijn. Uitgangspunt is immers dat men registreert of bepaalde doelen al dan niet zijn bereikt. Als men met woorden rapporteert is het nodig om gebruik te maken van een heldere en eenvoudige taal.

Als beoordelaar moet men ervoor zorgen dat men deze procedure **volledig** doorloopt. Het is belangrijk dat in een **verslag** vastgelegd wordt dat het bewijs van wat er is bereikt, beoordeeld is en dat het (voldoende) beantwoordt aan de vooropgestelde criteria.

Er zijn welbepaalde **normen en eisen** die kunnen gesteld worden in verband met het **bewijsmateriaal**. Het bewijsmateriaal moet in elk geval voldoen aan volgende criteria:



- **Authentiek** : het bewijsmateriaal moet zonder twijfel toegeschreven kunnen worden aan de beoordeelde persoon.
- **Geldig** : het bewijsmateriaal is relevant ten opzichte van wat moet worden beoordeeld. Met andere woorden : meet de beoordeling wat ze beweert te meten? Is er voldoende overeenkomst tussen beoordelingsmethode en leerresultaten?
- **Volledig** : alle gevraagde normen worden gehaald.
- **Recent** : men moet er zeker van zijn dat het bewijsmateriaal een beheersing van vaardigheden of kennis reflecteert die aanwezig was op het moment van de beoordeling.
- **Betrouwbaar** : het bewijsmateriaal toont op een accurate manier een consistente beheersing aan van wat moet worden beoordeeld. Met andere woorden : is het mogelijk om in andere omstandigheden, en met een andere leraar/beoordelaar tot dezelfde resultaten te komen?

### 4.3 Wat kunnen we beoordelen en hoe?

In de beoordeling van elk leerstofonderdeel moet er **primair bewijsmateriaal** aanwezig zijn om een onderbouwde vergelijking te kunnen maken tussen de vaardigheden van de leerling en de beoogde leerresultaten en beoordelingscriteria.

Primair bewijsmateriaal bestaat uit **waarneming** en/of **resultaatsbewijs**. Bij het verzamelen van primair bewijsmateriaal moet de leraar ervoor zorgen zoveel mogelijk beoordelingscriteria in zijn planning op te nemen. Waarneming en resultaatsbewijs zullen al voldoen aan een belangrijk deel van de criteria, en ander bewijsmateriaal kan worden gebruikt om de lacunes in te vullen. Dit zorgt ervoor dat de beoordelingsmethode efficiënt is en relevant ten opzichte van de leerling.

Bij de natuurwetenschappen hoort nog een extra, vakspecifieke competentie: de **onderzoekskompetentie**. Wetenschappelijk onderzoek in de lessen kan onder begeleiding, alleen of in kleine groepjes. De leerlingen oefenen in de verschillende onderzoeksstappen voor een gegeven probleem:

- ✓ onderzoeksvraag stellen
- ✓ hypothese formuleren
- ✓ bruikbare informatie opzoeken
- ✓ onderzoek uitvoeren volgens de aangereikte methode
- ✓ besluit formuleren
- ✓ reflecteren over uitvoering en resultaat
- ✓ rapporteren

Ook het evalueren van bepaalde attitudes is belangrijk maar niet eenvoudig. Meestal berust deze evaluatie op waarnemingen die tijdens practica of labowerk gebeuren.

Enkele belangrijke attitudes zijn:

- ✓ aandacht besteden aan de gestelde veiligheidsvoorschriften
- ✓ correcte omgang met materiaal en producten
- ✓ verantwoordelijkheid nemen bij proefuitvoeringen
- ✓ zin voor nauwkeurigheid en objectiviteit
- ✓ bereidheid tot samenwerken; komen tot billijke taakverdeling in groep

Mogelijke waarnemingen en resultaatsbewijzen waarover de leraar uiteindelijk beschikt:

- toetsen (korte mondelinge of schriftelijke overhoringen, herhalingstoetsen);
- vaardigheidsgerichte/competentiegerichte (groeps)opdrachten met evaluatielijsten;
- oefeningen in de klas en thuis;
- realistische en betekenisvolle projecten;
- observaties van waarneembare attitudegedragingen die tijdens het leerproces geobserveerd kunnen worden door leerlingen en leraar zoals klasactiviteit, netheid en volledigheid van documenten en verbeteringen;
- reflectie over het leerproces al dan niet opgenomen in een portfolio.
- Evaluatie van de onderzoekscompetentie
- portfolio: een verzamelmappen waarin leerlingen een selectie van werken en materialen bewaren en voorzien van commentaar (dit kan ook co-evaluatie, peerevaluatie en zelfevaluatie zijn).

Als men overgaat tot het betrekken van de leerlingen zelf bij het evalueren is het goed om hen een paar vruchtbare principes aan te leren. Kort samengevat betekent dit: werken met tops en tips. Tops zijn de zaken die eruit springen in positieve zin. Het is belangrijk dat de leerlingen negatieve feedback zo leren formuleren dat de ander er iets mee kan doen. Het beste is om tegelijk suggesties of tips ter verbetering van minder goede punten te geven.

Voorbeeld: Na proef fysica: *In jouw proefresultaten stonden nog wat fouten. Het beeld van je grafiek klopte dan ook niet helemaal met de grafiek aan bord. Heb je je proefresultaten naast de resultaten van je medeleerling gelegd? Of kun je, indien je merkt dat er foutieve gegevens zijn, zelf je fout opsporen of de proef opnieuw maken ?*

VOORBEELD: **(Zelf)evaluatie leerlingenproef/proeven**

1) Technische vaardigheden: kan je de techniek juist toepassen?

Techniek	Beoordeling: onvoldoende	voldoende	goed	zeer goed
<i>Bijv. met een druppelteller op de juiste manier iets toevoegen aan een vloeistof</i>				

2) Zelfstandigheid: kan je zonder hulp van leerkracht en klasgenoten werken?

Verskillende stappen in het werk	Beoordeling: Continu hulp nodig	Met veel hulp	Met weinig hulp	Zonder hulp
<i>Bijv.. het maken van de proefopstelling</i>				

3) Zorg: kan je veilig werken?

Veiligheidsvoorschriften	Beoordeling: Niet toegepast	Slecht toegepast	Goed toegepast	Perfect toegepast
<i>Bijv.. geen chemische vloeistoffen in de afvoer gieten</i>				

4) Orde: kan je netjes werken?

Orde	Beoordeling: onvoldoende	voldoende	goed	zeer goed
<i>Bijv. opruimen materiaal en gereedschap</i>				

5) Persoonlijke vaardigheden: Je bent...

- Erg onnauwkeurig – eerder onnauwkeurig – nauwkeurig – erg nauwkeurig in *bijv. opschrijven en verwerken van de meetresultaten*
- Snel afgeleid – soms afgeleid – eerder geconcentreerd – erg geconcentreerd bij *bijv. waarnemen van de verschillende chemische reacties*
- Nooit actief betrokken – weinig actief betrokken – meestal actief betrokken – altijd actief betrokken bij *bijv. het groepswerk rond ...*

## 5. Minimale materiële vereisten

Om dit leerplan in optimale omstandigheden te realiseren, moet de leraar over de noodzakelijke uitrusting en didactisch materiaal kunnen beschikken. Via de vestigingsoverstijgende vakgroepwerking van de Scholengemeenschap Steinerscholen SO kan ook afgesproken worden dat materiaal kan worden geleend van een andere school/vestiging binnen de scholengemeenschap voor een bepaalde periode.

### 5.1 Biologie

De lessen biologie worden gegeven tijdens een ochtendperiode, d.w.z. een periode van drie weken tijdens dewelke elke ochtend de eerste twee uren van de dag biologie wordt gegeven. Zo'n concentratie van lesuren maakt het mogelijk het vaklokaal helemaal in te richten volgens de vereisten van deze periode, waarbij men bepaalde zaken kan laten staan tot de volgende dag.

Volgende hulpmiddelen zijn voor het vak biologie onontbeerlijk:

- voldoende microscopen om waarnemingsoefeningen voor alle leerlingen mogelijk te maken (of combinatie van microscoop, camera en TV);
- multimedia-infrastructuur om illustrerende beelden, schema's en filmfragmenten te projecteren;
- een verzameling preparaten;
- een staand menselijk skelet
- een reeks schedels van dieren (minimum: roofdier, knaagdier, hoefdier).

Worden aanbevolen:

- een verzameling fossielen van gewervelden en ongewervelden voor vergelijking met hedendaagse organismen;
- lichaamsskelet van ten minste enkele zoogdieren en eventueel ook vogels;
- videocamera met TV, type flexcam om:
  - details te vergroten;
  - en op een microscoop aan te sluiten.

Zowel voor de studie van het plantenrijk als voor de studie van het dierenrijk is een verzameling nuttig. Het is mogelijk de leerlingen een handboek biologie te laten gebruiken, hoewel het niet nodig is zo'n handboek streng te volgen. Het kan vooral als naslagwerk fungeren. Leerlingen kunnen moeilijke delen uit de leerstof nog eens opzoeken, hebben steun aan veel gedetailleerde tekeningen of foto's en leren zo zelfstandig werken en met een handboek omgaan. Op school moeten enkele op internet aangesloten computers aanwezig zijn zodat hierop eventueel – daar waar het een functionele meerwaarde heeft – opzoekingen kunnen gebeuren.

### 5.2 Chemie

Aangezien zowel het demonstreren als het zelf uitvoeren van proeven twee belangrijke onderdelen zijn van de lessen Chemie in de derde graad, moet het wetenschapslokaal minstens beschikken

over een ruime experimenteertafel met in de nabijheid voorzieningen voor gas, elektriciteit en water. Tevens moet een afsluitbare, maar verluchte kast aanwezig zijn voor het opbergen van chemische stoffen die nodig zijn voor de experimenten en leerlingenproeven.

Het lokaal moet goed verlucht en verlicht zijn en beschikt over een afzuigingskast en een brandalarminstallatie.

Op school moeten enkele op het internet aangesloten computers aanwezig zijn zodat hierop eventueel – daar waar het een functionele meerwaarde heeft – opzoeken kunnen gebeuren. Voor de leerlingenproeven zijn voor elke groep van leerlingen een experimenteertafel met in de nabijheid voorzieningen voor gas, elektriciteit en water ter beschikking. Groepen van 2 tot 4 leerlingen worden aanbevolen. Bunzenbrander, staanders, driepikkels, klemmen, en metalen gaasjes zijn noodzakelijk voor elke groep. Het noodzakelijke glaswerk voor de leerlingeproeven bestaat uit:

- Erlemeyers;
- bekeerglazen;
- maatglazen;
- kolven met platte en met ronde bodem;
- roerstaven;
- trechters;
- pipetten;
- gewone, vuurvaste en grote reageerbuizen.

### 5.3 Fysica

Aangezien zowel het demonstreren als het zelf uitvoeren van proeven twee belangrijke onderdelen zijn van de lessen Fysica in de derde graad, moet het wetenschapslokaal minstens beschikken over een ruime experimenteertafel met in de nabijheid voorzieningen voor gas, elektriciteit en water. Tevens moeten afsluitbare kasten aanwezig zijn voor het opbergen van het proefmateriaal. Het is evident dat de nodige didactische hulpmiddelen voor het uitvoeren van de proeven beschikbaar moeten zijn. Het lokaal moet goed verlucht en verlicht zijn en beschikt over een brandalarminstallatie.

Op school moeten enkele op het internet aangesloten computers aanwezig zijn zodat hierop eventueel – daar waar het een functionele meerwaarde heeft – opzoeken kunnen gebeuren.

Voor de proeven en de leerlingenproeven is er het volgende nodig:

- bandgenerator, plaatcondensatoren, Leidse fles, set condensatoren, gelijkstroom- en wisselstroomtransformator, ontladtang, multimeters;
- permanente magneten, set solenoïdes van 30.000 tot 150 windingen, gelammeleerde kern, lampjes, koolstofstaven;
- spiegels, prisma's (minimum één per twee leerlingen), lenzen, projector, kleurenschijf van Newton, kleurenfilters;
- aquarium, polarisatiefilters (minimum één per twee leerlingen), interferentieroosters tot 600 spleten per mm;
- eventueel: natriumlamp, kwiklamp, TL-buis;
- gasontladingsbuizen;
- eventueel een set voor proeven met preparaat Radon 226.