



Leerplan Natuurwetenschappen

Algemeen Secundair onderwijs – tweede graad
studierichting Steinerpedagogie

Federatie Steinerscholen Vlaanderen v.z.w.

Gitschotellei 188

2140 Borgerhout

Datum: 29 januari 2016,

Goedgekeurd door de inspectie onder het nr. 2016/1339/5//

Inhoudsopgave

Inleiding	4
1. Beginsituatie	4
1.1. <i>Biologie</i>	4
1.2. <i>Chemie</i>	6
1.3. <i>Fysica</i>	6
2. Vervangende eindtermen natuurwetenschappen tweede graad ASO van de Federatie Steinerscholen	6
2.1. <i>Motivering voor het indienen van vervangende eindtermen Natuurwetenschappen</i>	6
2.2. <i>De gemeenschappelijke eindtermen voor de wetenschappen 2^{de} 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>	9
2.4. <i>De vakgebonden eindtermen chemie</i>	10
2.5. <i>De vakgebonden eindtermen fysica</i>	11
3. Doelstellingen	13
3.1 <i>Algemene doelstellingen</i>	13
3.1.1 <i>Gemeenschappelijk voor alle natuurwetenschappen</i>	13
3.1.2 <i>Biologie</i>	15
3.1.3 <i>Chemie</i>	15
3.1.4 <i>Fysica</i>	16
3.2 <i>Leerplandoelstellingen en leerinhoud</i>	17
3.2.1 <i>Algemene: wetenschappen en vaardigheden</i>	17
3.2.2 <i>Wetenschap en samenleving</i>	17
3.2.3 <i>Biologie</i>	18
3.2.4 <i>Chemie</i>	21
3.2.5 <i>Fysica</i>	25
4. Evaluatie	29
4.1 <i>Studiebegeleiding, remediëring en evaluatie</i>	29
4.2 <i>De beoordelingscyclus</i>	30
4.2.1 <i>Beginsituatie</i>	30
4.2.2 <i>De beoordelingscyclus zelf</i>	30
4.3 <i>Wat kunnen we beoordelen en hoe?</i>	31
5. Minimale materiële vereisten	34
5.1. <i>Algemeen</i>	34
5.2. <i>Biologie</i>	34
5.3. <i>Chemie</i>	35
5.4. <i>Fysica</i>	35
6. Methodologische wenken	36



Inleiding

Vanaf september 2013 zijn de nieuwe vervangende en door de Vlaamse regering gelijkwaardig verklaarde eindtermen natuurwetenschappen tweede graad van de steinerscholen van kracht. Deze bouwen verder op de vervangende eindtermen natuurwetenschappen eerste graad die vanaf september 2011 in voege zijn.

Dit leerplan is gebaseerd op de nieuwe eindtermen van 2013 en vervangt de drie leerplannen van biologie, chemie en fysica uit 2005, die gebaseerd waren op de eindtermen die vanaf september 2002 van kracht waren. Dit leerplan is een eerste keer ingediend in januari 2014. In 2016 is het een tweede keer ingediend samen met het leerplan van de derde graad. Dit omdat n.a.v. de nieuwe eindtermen voor de derde graad vastgesteld werd dat het leerplan van 2014 enkele kleine aanpassingen nodig had.

Dit leerplannen 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 voornamelijk in de derde graad 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 tweede graad bouwen verder op die van de eerste 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 afwijkingaanvraag voor de eindtermen hieronder).

1.1. Biologie

In de biologie van de eerste graad heeft men enkele basiselementen van het plantenrijk behandeld, inclusief de ecologische samenhang. De leerstof legt verder, wat de mens betreft, in de eerste graad vooral de klemtoon op het lichamelijke: voedingsstoffen, gezondheidsleer, menskunde van het skelet, spieren en zintuigen m.a.w. 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 de andere natuurrijken. Dit leidt tot een besef van de unieke positie van de mens en haar verantwoordelijkheid t.o.v. de aarde. De leerlingen die in deze levensfase wel eens twijfelen en het gevoel kunnen hebben dat niemand hen begrijpt, voelen op die manier aan dat er een toekomst is waarin ze een rol kunnen spelen, doordat er 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 tweede graad komt abstractie geleidelijk aan meer aan bod, al zoeken de leerlingen zelf nog steeds naar het tastbare en het concrete. De begrippen die aangebracht worden, moeten daarop inspelen.

1.2. Chemie

De ervaring met de chemie uit het vak natuurwetenschappen van de eerste graad zorgt reeds voor een zekere vertrouwdheid met het vak. De leerlingen hebben kennis gemaakt met stoffen zoals zetmeel, suiker, eiwit en vet, waarvan ze de kwaliteiten kennen. Ze hebben reeds ervaring met het exact waarnemen van proeven en met het exact weergeven ervan in een proefbeschrijving en/of een tekening. De leerlingen zijn reeds vertrouwd met de tegenstelling tussen zuren en basen en er is reeds een aanzet gemaakt voor nauwgezet en behoedzaam werken met chemische stoffen.

In de tweede graad komt abstractie geleidelijk aan meer aan bod, al zoeken de leerlingen zelf nog steeds naar het tastbare en het concrete. De begrippen die aangebracht worden, moeten daarop inspelen.

1.3. Fysica

Het leerplan fysica van de tweede graad sluit aan op het leerplan techniek van de eerste graad van het secundair onderwijs. In de eerste graad zijn de verschillende domeinen uit de fysica aan bod gekomen, zoals de optica, de warmteleer, het magnetisme, de geluidslere en de mechanica. Er werd vooral kwalitatief gewerkt vanuit de fenomenen zelf, met een minimum aan wiskundige behandeling en zonder abstrahering naar algemeen geldende natuurwetten.

De leerlingen die de tweede graad aanvatten, hebben dus het gehele gebied van de fysica geëxploreerd en bezitten een gevoel voor de specifieke karakteristieken van deze verschillende domeinen. Vóór alles hebben ze geleerd exact waar te nemen tijdens de veelvuldige experimenten en dit alles ook te verbinden met de ervaringen uit de dagelijkse leefwereld. De verbinding met het concrete leven werd dus op geen enkel moment doorbroken. Integendeel, ze was steeds het uitgangspunt en de leidraad.

In de tweede graad komt abstractie geleidelijk aan meer aan bod, al zoeken de leerlingen zelf nog steeds naar het tastbare en het concrete. De begrippen die aangebracht worden, moeten daarop inspelen.

2. Vervangende eindtermen natuurwetenschappen tweede 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 tweede graad ASO en de tweede en derde graad BSO 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 2010 door de Vlaamse regering aanvaarde vervangende eindtermen natuurwetenschappen en techniek vragen om aangepaste nieuwe vervangende eindtermen in de tweede graad.

De consecutieve leer- en ontwikkelingslijn in het geheel van de steinerpedagogie is in dit kader van essentieel belang. Zo loopt bijvoorbeeld de inhoud van het vak biologie binnen de natuurwetenschappen in één stroom door van de basisschool tot in het secundair onderwijs. In de basisschool ligt in het vak wereldoriëntatie natuur de nadruk meer op plant en dier. In de eerste graad secundair onderwijs ligt de klemtoon meer op de mens. Vanaf de tweede graad komen alle natuurrijken opnieuw aan bod in de verschillende natuurwetenschappelijke vakken en dit met een hoger abstractieniveau.

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.

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 2^{de} graad (Biologie, Chemie, Fysica)

Gemeenschappelijke eindtermen gelden voor het geheel van de wetenschappen

2.2.1 Wetenschappelijke vaardigheden

De leerlingen kunnen:

1. onder begeleiding de volgende aspecten van een onderzoeksmethode gebruiken bij het onderzoek van een natuurwetenschappelijk probleem:
 - een onderzoeksvraag hanteren;
 - een hypothese of verwachting formuleren
 - met een aangereikte methode een experiment, een meting of een waarneming uitvoeren en hierbij specifiek materiaal correct hanteren;
 - onderzoeksresultaten weergeven in woorden, in een tabel of een grafiek;
 - uit data, een tabel of een grafiek relaties en waarden afleiden om een besluit te formuleren.

2. vaardig omgaan met nauwkeurigheid van meetwaarden en wetenschappelijke terminologie, symbolen en SI-eenheden correct gebruiken.
3. productetiketten interpreteren en veilig en verantwoord omgaan met stoffen.

2.2.2 Wetenschap en samenleving

De leerlingen kunnen

4. bij het verduidelijken van duurzaamheidsvraagstukken wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op grondstoffenverbruik, energieverbruik, biodiversiteit en het leefmilieu;
5. de natuurwetenschappen als onderdeel van de culturele ontwikkeling duiden en de wisselwerking met de maatschappij op ecologisch, ethisch en technisch vlak illustreren.

2.3. De vakgebonden eindtermen biologie

De leerlingen kunnen

- B - 1. macroscopische en microscopische observaties en metingen uitvoeren in het kader van experimenteel biologisch onderzoek;
- B – 2. biologische samenhangen in schema's en andere ordeningsmiddelen weergeven;
- B – 3. met voorbeelden verschillen tussen aangeboren en aangeleerd gedrag illustreren;
- B – 4. de bouw, functie en werking beschrijven van:
 - het zenuw-zintuigstelsel,
 - het hart- en bloedvatstelsel,
 - het lymfestelsel,
 - het ademhalingsstelsel,
 - het spijsverteringsstelsel,
 - het uitscheidingsstelsel,
 - het hormonaal stelsel,
 - het voortplantingsstelsel;
- B – 5. verbanden leggen tussen enkele orgaanstelsels, hun gezonde werking en mogelijke stoornissen, en de fysieke of psychische activiteit van de mens;
- B – 6. op het terrein organismen gericht waarnemen en hun habitat beschrijven;
- B – 7. bij waargenomen organismen overeenkomsten en verschillen beschrijven en deze organismen in een eenvoudige classificatie plaatsen;
- B – 8. enkele voorbeelden geven van interacties tussen organismen:
 - en hun omgeving
 - van dezelfde soort
 - van verschillende soorten;
- B – 9. illustreren dat micro-organismen uiteenlopende functies vervullen in de natuur en bij de mens;
- B – 10. een eenvoudige materiekringloop en energiedoorstroming in een ecosysteem beschrijven;
- B – 11. het begrip ecosysteem omschrijven en het belang van biodiversiteit in ecosystemen aantonen en beide begrippen met voorbeelden illustreren.

2.4. De vakgebonden eindtermen chemie

De leerlingen kunnen

- C – 1. op basis van waargenomen fysische eigenschappen mengsels herkennen als homogeen, heterogeen, als een oplossing, emulsie of suspensie;
- C – 2. het begrip verbranding met voorbeelden uitleggen;
- C – 3. het oplossen van stoffen in water beschrijven;
- C – 4. enkele eigenschappen van de stoffen koolstofmonoxide en koolstofdioxide (koolzuurgas) opnoemen en de voorwaarden voor de vorming omschrijven;
- C – 5. het verband uitleggen tussen de fotosynthese en de ademhaling bij de mens;
- C – 6. aan de hand van waarnemingen een chemische reactie classificeren als:
 - neerslag-, gasontwikkelings- of neutralisatiereactie
 - endo-, exo-energetisch;
- C – 7. de eigenschappen van de stofklassen van de alcoholen, de carbonzuren, de ethers en de esters opsommen en hun bereiding schematisch weergeven;
- C – 8. koolstof en waterstof met enkele eigenschappen beschrijven;
- C – 9. aan de hand van de algemene eigenschappen het verschil uitleggen tussen een zuur, een base en een zout;
- C – 10. voorbeelden geven van enkele belangrijke zouten, zuren en basen met hun specifieke eigenschappen;
- C – 11. de pH-waarde van een oplossing interpreteren en een indicator gebruiken om de pH te meten;
- C – 12. op basis van de naam een stof herkennen als zout, zuur of base;
- C – 13. in enkele voorbeelden de wetmatigheid verduidelijken waarbij extremen, zoals zuur en base, naar een evenwicht zoeken of vanuit een evenwicht ontstaan.

2.5. De vakgebonden eindtermen fysica

Warmte

De leerlingen kunnen

- F – 1. aan de hand van proeven en proevenreeksen nieuwe begrippen afleiden, zoals warmtecapaciteit;
- F – 2. de faseovergangen beschrijven;
- F – 3. de warmte-uitwisseling tijdens faseovergangen kwalitatief hanteren;
- F – 4. het begrip specifieke warmtecapaciteit kwalitatief en kwantitatief hanteren;
- F – 5. het begrip druk en hydrostatische druk kwalitatief en kwantitatief hanteren;
- F – 6. de ideale gaswetten afleiden uit proevenreeksen;
- F – 7. de ideale gaswetten in formules uitdrukken en een aantal toepassingen ervan, zoals de koelkast en de ontploffingsmotor, bespreken;
- F – 8. de gevormde begrippen uit de warmteleer toetsen aan de concrete werkelijkheid door verschillende technische toepassingen zoals de stoomturbine, het bimetaal, de koelkast, de ontploffingsmotor en de straalmotor te beschrijven.

Elektriciteit

De leerlingen kunnen

- F – 9. aangeven welke elementen essentieel zijn ter verkrijging van een elektrische stroomkring;
- F – 10. stroomsterkte als effect tussen spanning en weerstand, de wet van Ohm beschrijven en toepassen
- F – 11. aan de hand van enkele voorbeelden de principes van serie- en parallelschakelingen toepassen.

Kracht en beweging

De leerlingen kunnen

- F – 12. verschillende soorten krachten en hun uitwerking benoemen;
- F – 13. het vectorieel karakter van een kracht toelichten;
- F – 14. krachten volgens dezelfde en verschillende richtingen samenstellen als resulterende kracht;
- F – 15. de begrippen zwaartekracht, veerkracht, gewicht en massadichtheid kwalitatief en kwantitatief hanteren;
- F – 16. voor een eenparige rechtlijnige beweging de snelheid berekenen en deze beweging grafisch voorstellen;
- F – 17. de eenparig rechtlijnige beweging in verband brengen met afwezigheid of compensatie van krachten;
- F – 18. de beweging van een voorwerp beschrijven in termen van positie, snelheid en versnelling (eenparig versnelde beweging);
- F – 19. aan de hand van enkele voorbeelden het traagheidsbeginsel benoemen;

F – 20. de specifieke verschillen aangeven tussen de eenparige en de eenparig veranderlijke beweging.

Arbeid, energie en vermogen

De leerlingen kunnen

F – 21. de begrippen arbeid, energie en vermogen kwalitatief en kwantitatief hanteren;

F – 22. bij energieomzettingen het begrip rendement kwalitatief en kwantitatief hanteren;

F – 23. de wet van behoud van energie formuleren en illustreren met voorbeelden.

3. Doelstellingen

3.1 Algemene doelstellingen

3.1.1 Gemeenschappelijk voor alle natuurwetenschappen

3.1.1.1 De ontwikkelingsfase van de jonge mens in de tweede graad

Eigen aan de puberteit vinden we in de leeftijdsfase van veertien tot zestien jaar een grote eenzaamheid met extremen van sympathie en antipathie. De leerlingen maken een cruciaal dieptepunt mee: ze voelen de vaste grond onder hun voeten weggehaald (de zorgeloze kindertijd is voor goed voorbij) en vinden nog niet de zekerheid in zichzelf waar ze zo naar hunkeren. In het eerste jaar van de tweede graad vindt men daarom als zielenstemming bij de leerlingen een groot eenzaamheidsgevoel. Extreme gedragspatronen met houdingen van sympathie en antipathie tegenover de wereld, de anderen en het eigen lichaam wisselen elkaar af. Latente vragen zijn: 'Wie ben ik?' 'Wat is er met mij aan de hand, dat ik tussen blijdschap en verdriet heen en weer geslingerd word?' 'Wat is de zin van alles?'

Alles verloopt op het scherp van de snee. In deze voor de leerlingen dramatische periode kan het wetenschapsonderwijs helpen om de nodige houvast op te bouwen. Niet meer de leerkracht of de opvoeder, maar de objectieve wetten van de natuur zullen autoriteit en steun verlenen.

In het tweede jaar van de tweede graad vindt men als zielenstemming een meer naar binnen gekeerd zijn met overpeinzingen over het eigen bestaan en dat van de wereld. Genuanceerde uitingen over de eigen beleving worden mogelijk. Daar kan men in het aanbod van de wetenschapslessen rekening mee houden.

3.1.1.2 Fenomenologie

De natuurwetenschappen kunnen we vanuit minstens twee standpunten benaderen:

Het fenomenologische standpunt: hierbij primeren ontologisch de verschijnselen. Deeltjes, atomen en moleculen voert men in als concepten die het mogelijk maken bepaalde groepen van verschijnselen samen te vatten en rationeel te verbinden. Een model blijft hierbij steeds een model. Men verwisselt het niet met de werkelijkheid zelf. In de fenomenologische wetenschapsbenadering past men de begrippen aan de werkelijkheid aan. Daarbij is het nodig in het onderzoek een fase in te bouwen waarin de fenomenen spreken en de begrippen achterwege worden gelaten.

Het materialistisch - conceptueel standpunt: hierbij primeren ontologisch de concepten. Het verloop van de verschijnselen acht men rechtstreeks verklaard vanuit de wetten die in de theoretische modellen gehanteerd worden. Hierdoor reduceert het materialistische model de fenomenen tot materiële objecten. Deze aanpak heeft op vele domeinen zijn waarde bewezen maar er zijn ook valkuilen. Er kan een neiging ontstaan om een model op de werkelijkheid te projecteren. Het risico bestaat dat daardoor de zuivere fenomenen niet meer voor zich spreken.

Beide uitgangspunten leiden tot een verschillende pedagogische aanpak. In de steinerscholen vormt de Goetheanistische fenomenologie de basis voor de natuurwetenschappen. Er zijn vier stappen te onderscheiden in deze methode.:

- Ten eerste gaat de onderzoeker het fenomeen zo zuiver mogelijk waarnemen. Waarnemingsoordelen brengt hij zo nauwkeurig mogelijk onder woorden en vooroordelen (in de vorm van reeds verworven gezichtspunten) houdt hij terug. Hij schoolt zijn exacte waarneming.
- Ten tweede ontwerpt de onderzoeker proefopstellingen waarin men de voorwaarden waaronder het fenomeen zich voordoet, duidelijker kan onderscheiden. Hij probeert zich met zijn voorstellingsvermogen in te leven in het verschijnsel.
- Ten derde: hij probeert het fenomeen te duiden. In deze fase is het van belang ideeën terug te houden, zodat de “gebarentaal” van het verschijnsel gaat spreken.
- Ten vierde: hij probeert de karakteristiek of het wezen(lijke) van het fenomeen te duiden.

Vanuit het oogpunt van de steinerpedagogie is het belangrijk dat leerlingen leren vertrouwen op de zintuigen en dat hen niet van jongs af aan wordt geleerd, zoals in de klassiek wetenschappelijke benadering vaak beweerd wordt, dat de zintuigen misleiden en veel te grof zijn om tot exacte waarnemingen te komen. Onder andere hierom kiezen de steinerscholen voor de fenomenologische benadering. Dat heeft ook te maken met het nadeel dat het materialistische model inhoudt, namelijk dat het riskeert om de werkelijkheid en haar fenomenen te reduceren tot materiële objecten. Het is een model dat op de werkelijkheid wordt geprojecteerd, en weliswaar een groot wetenschappelijk en maatschappelijk nut heeft, maar waarbij de zuivere fenomenen niet (meer) vanzelf spreken. Hoe waardevol en werkzaam deze wetenschapsbenadering ook is, toch willen de steinerscholen deze methode pas ten volle vanaf de derde graad toevoegen aan de fenomenologische benaderingswijze.

Enerzijds kiezen de steinerscholen dus voor de fenomenologische benaderingswijze omdat de scholing van de zintuigen een centraal motief is in de fenomenologische methode, waarin vooral gezocht wordt naar het wezen(lijke) van de verschijnselen. De zoektocht naar de kwaliteiten primeert hier op het vinden van verklaringsmodellen. De fenomenologische beoefenaar neemt het door hem verworven exacte voorstellingsbeeld tot uitgangspunt, laat dit beeld herhaaldelijk in zijn bewustzijn komen en leeft zich zo steeds beter en sterker in het fenomeen in. Mits de reeds aangehaalde terughouding, ontstaat zo een grote mate van objectiviteit. Een hulp bij het beoefenen van de terughouding, is het maken van een zo objectief en exact mogelijke proefbeschrijving van wat men heeft waargenomen. Deze verwoording is een abstractiestap, waarbij de leerling de drijvende kracht achter het verschijnsel blootlegt. Deze interpretatie staat los van elke modelmatige verklaring, maar heeft toch het karakter van een wetmatigheid.

Anderzijds bezit de concrete fenomenologische benadering een grote aantrekkingskracht voor de leerlingen. Ze worden aangesproken in hun leergierigheid om te ontdekken wat er achter de fenomenen aan wetmatigheden schuilt. Deze leergierigheid werkt drempelverlagend om de stap naar het nog meer abstract theoretische denken te nemen. Dit laatste geldt vooral voor die leerlingen die zich, los van de leeftijdsfase, sowieso al minder aangetrokken voelen tot het theoretisch denken. De ervaring in steinerscholen leert dat de natuurwetenschappen zo bij een grotere groep leerlingen aanslaat dan wanneer de stap naar de theorie (te) snel wordt gemaakt.

3.1.2 Biologie

In de eerste en tweede graad van het secundair onderwijs wordt vooral met de biologie van de mens gewerkt. De puberteit is dan ook een omvormingsperiode waarin aanvankelijk vooral het lichaam omgevormd wordt en daarna ontwaken nieuwe zielenkrachten, die het ganse leven verder kunnen rijpen en bloeien.

In de biologielessen is het de bedoeling om het voor de leeftijd karakteristieke eenzaamheidsgevoel te relativeren door de mens te plaatsen in het grotere geheel. Door de kwaliteiten en mogelijkheden van de verschillende natuurrijken aan bod te laten komen, ontstaat er een openheid voor het geheel waartoe de mens behoort en komen tegelijk de unieke mogelijkheden van de mens aan bod.

In het eerste jaar van de tweede graad is het dus belangrijk alle natuurrijken kort te behandelen ter situering van de menskunde. Pas door het vergelijken met iets anders komt de eigenheid van iets tot stand. Naast het vergelijken komt ook de onderlinge dynamiek en de wisselwerking tussen de vier natuurrijken, of de ecologie, aan bod. Daarbij moet er een goede link gelegd worden tussen het vak biologie en het vak exploratie met ofwel de landbouwweek of de bosbouwweek. Om de chemieperiode kwalitatief te kunnen uitbouwen, is kennis van de plant noodzakelijk. Inhoudelijk is het vak biologie veelomvattend en het is dus van groot belang om economisch te werk te gaan door vakoverschrijdend goed af te stemmen met de leraren van deze andere vakken. (zie methodologische wenken)

In het tweede jaar van de tweede graad worden, zoals hierboven reeds beschreven, genuanceerde uitingen over de eigen beleving mogelijk. Als ontwikkelingsstof wordt dan ook de studie van de orgaanstelsels aangegeven, dit in verband met de drie grote uitingen bij de mens: het denken, het voelen en het willen. Het bespreken van de geslachtsorganen hoort hier essentieel bij omdat de leerlingen op deze leeftijd het uiteenvallen van de mens in het mannelijke en het vrouwelijke kunnen doorvoelen. In het tweede jaar van de tweede graad wordt er dieper op de ecologie ingegaan met het accent op verbondenheid van alles met alles op aarde. Hier past ook het afstemmen op de inhoud van het vak aardrijkskunde. (zie methodologische wenken)

3.1.3 Chemie

Chemie kan, zoals hierboven reeds uiteengezet voor alle natuurwetenschappen, vanuit minstens twee standpunten worden benaderd.

Bij de wetenschappelijke **benadering vanuit materialistisch standpunt** primeren de deeltjes waarbij de macroscopische verschijnselen beschouwd worden als resultaten van een interactie tussen een groot aantal microscopische of zelfs niet waarneembare deeltjes. Het materialistische model heeft geresulteerd in onze hoogtechnologische samenleving, die gesteund is op de principes voorspelbaarheid en berekenbaarheid van de moderne wetenschap.

Bij de wetenschappelijke **benadering vanuit fenomenologisch standpunt** primeren de verschijnselen. Om de werkelijkheid fenomenologisch te doorgronden wordt uitgegaan van de "waar"neming in de breedste zin van het woord. Alle fenomenen, feiten, indrukken en zelfs gevoelens die worden opgeroepen worden in een eerste fase verzameld, waarbij de fenomenologische beoefenaar zich principieel terughoudt in zijn oordeel of van zijn innerlijke commentaren. Het komt er vooreerst op aan het onderzochte verschijnsel voor zichzelf te laten spreken. In een onderwijsleergesprek leren de leerlingen de 'kwaliteit' van de onderzochte

natuurkracht herkennen (de kwaliteit = het karakter = het wezen = de dynamiek van de natuurkracht).

Deze fenomenologie (oorspronkelijk geformuleerd en beoefend door J. W. von Goethe) vormt de basis voor de wetenschapsbeoefening in de tweede graad, (zie hierboven) en in het bijzonder voor het vak chemie.

3.1.4 Fysica

Werd het formuleren van algemene wetten nog vermeden in de eerste graad, dan is dit nu in de tweede graad juist van groot belang. Eens de wet gevonden, begrepen en in wiskundige formules omgezet, wordt ze algemeen bruikbaar in elk nieuw gesteld probleem binnen het bestudeerde domein. 'Vertrouwen op' wordt hier geoefend en werkt positief door op het gewone leven.

De belangrijkste domeinen die in het eerste jaar van de tweede graad bestudeerd worden, zijn de elektriciteit en de warmteleer. Het zijn de gebieden bij uitstek waar veel zich afspeelt in de onzichtbare en dus onbekende wereld. Toch kan men, door een geleidelijke en overzichtelijke aanpak, in deze onzichtbare wereld even zeker binnendringen als in de meer tastbare natuur (bijv. mechanica en hydrostatica). Wanneer de leerlingen aan zekerheid, innerlijk vertrouwen en doorzettingsvermogen hebben gewonnen is de algemene pedagogische doelstelling verworven.

Verder gaat er veel aandacht naar het leren formuleren van algemene wetten (zoals uitzetting en warmtecapaciteit), het omzetten in wiskundige formules en het bruikbaar maken ervan voor vraagstukken.

In het tweede jaar van de tweede graad zien we, zoals hierboven reeds beschreven, als zielestemming een naar binnen gekeerd zijn met overpeinzingen over het eigen bestaan en dat van de wereld. Hierbij aansluitend is in de mechanica de statica of studie van voorwerpen in rust aan de orde. De leerlingen krijgen voeling met de krachten die bijvoorbeeld in gebouwen of bruggen werkzaam zijn en ze beseffen dat vectoren een middel zijn om de onzichtbare krachten een visuele voorstelling te geven. Op een bepaald moment kan de statica overgaan in de kinematica en vervolgens in de dynamica. Het is echter ook zeer goed mogelijk en verdedigbaar om een andere volgorde voor deze drie delen te volgen. Het is een ideaal thema om te leren dat de wetmatigheden en formules van de eenparige en de eenparig veranderlijke beweging, producten zijn van het menselijke denken of van geïdealiseerde bewegingen die in de praktijk van het leven slechts bij benadering voorkomen.

Verder is het een doelstelling om de gegevens die in de bewegingsleer proefondervindelijk zijn verkregen te verwerken in tabellen en grafieken, waar dan op hun beurt de achterliggende wetmatigheden uit worden afgeleid. Dit is tegelijk een goede aanloop naar de analyse in het vak wiskunde van het eerste jaar van de derde graad, zodat begrippen zoals functie, afgeleide en continuïteit vanuit het concrete kunnen worden aangebracht.

De pedagogische achtergrond voor het behandelen van de bewegingsleer op deze leeftijd ligt o.m. hierin dat het doelgerichte karakter van bewegingen aansluit bij het feit dat de leerlingen in de tweede graad langzamerhand eigen doelen voor hun leven gaan formuleren.

Er worden vakoverschrijdend doelstellingen gedeeld met de vakken aardrijkskunde (druk, temperatuur, astronomie: krachten, beweging) en wiskunde (grafische voorstelling op basis van een functievoorschrift)

3.2 Leerplandoelstellingen en leerinhoud

3.2.1 Algemene: wetenschappen en vaardigheden

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD 1. onder begeleiding een onderzoeksmethode gebruiken bij het onderzoek van een natuurwetenschappelijk probleem (GEM 1);

Verschillende aspecten komen hierbij aan bod:

- een onderzoeksvraag hanteren en hierbij het fenomeen nauwkeurig beschrijven;
- een hypothese of verwachting formuleren maar tegelijk zich oefenen in terughouding en onbevangenheid t.a.v. het eindresultaat;
- met een aangereikte methode een experiment, een meting of een waarneming uitvoeren en hierbij specifiek materiaal correct hanteren. Dit kan individueel of in groep waarbij materiaal en techniek aangereikt worden;
- onderzoeksresultaten vanuit de waarneming van proeven of vanuit een beschrijving van het onderzochte verschijnsel treffend verwoorden en/of in een tabel of een grafiek weergeven;
- uit data, een tabel of een grafiek relaties en waarden afleiden om een besluit te formuleren;
- andere proefopstellingen vinden waar het fenomeen zich op gelijke of andere wijze uitspreekt;
- andere verschijnselen in relatie brengen met het waargenomen fenomeen.

LPD 2. vaardig omgaan met nauwkeurigheid van meetwaarden en wetenschappelijke terminologie, symbolen en SI-eenheden correct gebruiken (GEM 2);

LPD 3. productetiketten interpreteren en veilig en verantwoord omgaan met stoffen (GEM 3).

3.2.2 Wetenschap en samenleving

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD 4. bij het verduidelijken van duurzaamheidsvraagstukken wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op grondstoffenverbruik, energieverbruik, biodiversiteit en het leefmilieu (GEM 4);

LPD 5. de natuurwetenschappen als onderdeel van de culturele ontwikkeling duiden en de samenwerking met de maatschappij op ecologisch, ethisch en technisch vlak illustreren en experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit de leefwereld verbinden (GEM 5).

3.2.3 Biologie

De leerplandoelstellingen van biologie gelden voor de hele graad en vragen om een goede afstemming van wat er wanneer wordt behandeld als er verschillende leraren lesgeven in de twee leerjaren.

1. De vier natuurrijken

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD B 1. nauwkeurige macroscopische waarnemingen en metingen uitvoeren bij plant en dier om morfologische kenmerken en verschillen te beschrijven (ET B1).

LPD B 2. nauwkeurige microscopische waarnemingen en metingen uitvoeren op plantaardig en/of dierlijk weefsel (ET B1).

LPD B 3. aan de hand van een algemeen vergelijkend overzicht van de vier natuurrijken: mineralenrijk, plantenrijk, dierenrijk en mens met voorbeelden gelijkenissen en verschillen beschrijven en in een eenvoudige classificatie plaatsen (ET B1, B2, en B7).

Leerinhouden:

- Algemeen vergelijkend overzicht van mineralenrijk, plantenrijk, dierenrijk en mens.

2. Mens en dier

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD B 4. met voorbeelden het onderscheid tussen mens en dier illustreren zoals:

- de pijlsnelle evolutie van het dier naar de geslachtsrijpheid versus de trage, zelfbewuste ontwikkeling van de mens;
- het instinctief, driftmatige van het dier versus de wilsvaardigheid van de mens.

LPD B 5. met voorbeelden het verschil tussen aangeboren en aangeleerd gedrag illustreren (ET B 3).

Leerinhouden:

- Vergelijking tussen skeletten van:
 - volwassenen en kinderen;
 - mens en dier;
 - als uitbreiding: man en vrouw.
- Verschillen in lichaamsbouw tussen mens en dier i.v.m. de opgerichte houding.
- De begrippen evolutie en retardatie (als uitbreiding: inleiding tot de paleontologie).
- Aangeboren en aangeleerd gedrag.

3. Menskunde

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD B 6. volgende stelsels beschrijven, dit zowel wat betreft bouw, functie en werking: het zenuw-zintuigstelsel, het hart- en bloedvatstelsel, het lymfestelsel, het ademhalingsstelsel, het spijsverteringsstelsel, het uitscheidingsstelsel, het hormonaal stelsel en het voortplantingsstelsel (ET B4);

LPD B 7. verbanden leggen tussen enkele orgaanstelsels, hun gezonde werking en mogelijke stoornissen, en de fysieke of psychische activiteit van de mens (ET B5);

LPD B 8. onrechtstreeks aandacht opbrengen voor de eigen gezondheid en die van anderen, voor hun eigen lichaam en dat van anderen en leren enkele voorwaarden kennen voor een gezonde levenswijze;

LPD B 9. illustreren dat micro-organismen uiteenlopende functies vervullen in de natuur en bij de mens in samenhang met aandacht voor de gezondheid (ET B9).

Leerinhouden:

- Verbanden tussen orgaanstelsels en fysieke of psychische activiteit van de mens.
- Bouw, functie en betekenis voor de mens van:
 - Het zenuwstelsel.
 - De zintuigen, als brug tussen mens en wereld.
 - Als uitbreiding: de zintuigen met hun bouw en functie bespreken.
 - Als uitbreiding: de zintuigen van de mens vergelijken met die van de dieren.
 - Het hart- en bloedvatstelsel:
 - Bouw en functie.
 - Ontstaan en acceptatie van geneeskundige begrippen en theorieën.
 - Geneeskundige en filosofische opvattingen.
 - Het lymfestelsel.
 - Het ademhalingsstelsel.
 - Het spijsverterings- en uitscheidingsstelsel.
 - Het hormonaal stelsel.
 - Het mannelijk en vrouwelijk voortplantingsstelsel:
 - primaire en secundaire geslachtskenmerken;
 - rol van geslachtshormonen bij de menstruatiecyclus;
 - methodes van regeling van vruchtbaarheid beschrijven en bespreken.
 - Als uitbreiding: overeenkomstige organen bij dieren
 - Als uitbreiding: ontwikkeling van de organen van embryo tot ouderling

4. Ecologie

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD B 10. via een aangeboden begrippenkader omschrijven wat een ecosysteem is en kunnen het belang aantonen van biodiversiteit in een ecosystemen (ET B 11);

LPD B 11. de begrippen ecosysteem en biodiversiteit met voorbeelden illustreren (ET B 11);

LPD B 12. vertrekkend vanuit gerichte waarneming op het terrein, organismen en hun habitat zoals een vijver in de buurt, een biotoop op school, de heide, een akker e.d. beschrijven (ET B1, B6).

LPD B 13. enkele factoren opsommen die

- positief werken naar biodiversiteit zoals minder maaien van bermen, aanleggen van ecoducten, paddenschermen e.d.
- negatief werken naar biodiversiteit zoals monocultuur, versnippering van het landschap, gebruik van insecticiden en pesticiden e.d.(ET B 11);

LPD B 14. voorbeelden geven van interacties tussen organismen en hun omgeving, tussen organismen van dezelfde soort en organismen van verschillende soorten (ET B8);

LPD B 15. een minder zichtbare proces, aanleunend bij de chemische processen, zoals fotosynthese als een eenvoudige materiekringloop en energiedoorstroming in een ecosysteem beschrijven (ET B10).

Leerinhouden:

- Het begrip ecologie (natuurlijk evenwicht, huishouden, natuursamenhangen).
- Het begrip biosfeer.
- Een levensgemeenschap/ecosysteem:
 - klein (zoals een vijver, een biotoop op school);
 - groot (zoals de heide, een andere landschapsvorm, een akker);
 - rol van producenten, consumenten, reducenten.
- Organismen:
 - interacties tussen organismen en hun omgeving;
 - interacties tussen organismen onderling;
 - op het terrein organismen waarnemen en hun habitat beschrijven.
- Milieuproblemen, draagkracht van de aarde i.v.m. voedsel, energie en grondstoffen.

3.2.4 Chemie

De onderstaande opdeling houdt ook verband met de spreiding over de twee leerjaren. Deel 1 (Fenomenologie) geldt voor de hele graad. Deel 2 (Organische chemie) is voorbestemd voor het eerste jaar en deel 3 (Anorganische chemie) wordt in het tweede jaar behandeld.

In beide leerjaren worden minstens 4 proeven door de leerlingen uitgevoerd. Groepen van 2 tot 4 leerlingen worden aanbevolen.

1. Fenomenologie

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD C 1. op basis van waargenomen fysische eigenschappen tijdens leerlingenproeven en demonstratieproeven met gerichte waarnemingsopdrachten, mengsels herkennen als homogeen, heterogeen, als een oplossing, emulsie of suspensie (ET C1) **en bovendien een geschikte methode suggereren om een zuivere stof uit een mengsel te isoleren;**

LPD C 2. aan de hand van waarnemingen een chemische reactie classificeren als:

- o neerslag-, gasontwikkelings- of neutralisatiereactie;
- o endo-, exo-energetisch (ET C 6).

LPD C 3. met voorbeelden begrippen illustreren zoals concentratie, verzadigde oplossing, oververzadigde oplossing, kookpuntverhoging, osmose.

2. Organische chemie/initiatie koolstofchemie

Fotosynthese (de vorming van de plant) en de omzettingsprocessen van de plant/omzetting van suikers

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD C 4. de koolzuurassimilatie als een fundamenteel biochemisch levensproces begrijpen, waarbij de vaste plant gevormd wordt uit water, lucht (koolzuurgas) en licht en kunnen enkele eigenschappen van de stoffen koolstofmonoxide en koolstofdioxide (koolzuurgas) opnoemen en de voorwaarden voor de vorming omschrijven (ET C4);

LPD C 5. het verband uitleggen tussen de fotosynthese bij de plant en de ademhaling bij mens (ET C5) en de onlosmakelijke band tussen mens en natuur verstaan.

LPD C 6. aan de hand van de verbranding van plantaardige stoffen het begrip verbranding met voorbeelden uitleggen (ET C2);

LPD C 7. met voorbeelden uitleggen dat een stof altijd is om te zetten naar een andere stof die op haar beurt weer omgezet kan worden;

LPD C 8. enkele typische eigenschappen of toepassingen aangeven van bijv. glucose, sacharose, zetmeel, cellulose, methanol,...);

LPD C 9. de eigenschappen van de stofklassen van de alcoholen, de carbonzuren, de ethers en de esters opsommen en hun bereiding schematisch weergeven (ET C7);

LPD C 10. de eigenschappen van de elementen koolstof en waterstof beschrijven (ET C8) en daarmee de eigenschappen vergelijken van de stofklassen van alcoholen, carbonzuren, ethers en esters.

Leerinhouden:

- De samenstelling van lucht, de specifieke eigenschappen van lucht, de rol van lucht bij aërobe verbranding.
- De gassen zuurstof en stikstof.
- Koolzuurgas en koolstofmonoxide.
- De fotosynthese
- In overleg met de leraar biologie (zie hierboven): de invloed van de mens op het milieu, de economische en ecologische belangen die daarbij een rol spelen , plaatsing in de tijd i.v.m.:
 - het broeikaseffect;
 - zure regen;
 - afbraak van de ozonlaag;
 - vervuiling door fossiele brandstoffen (eventueel leerlingenproeven).
- De processen van verbranding en verkoling: eigenschappen en gevolgen (eventueel leerlingenproeven).
- De eigenschappen van
 - koolstof
 - waterstof
- De eigenschappen van:
 - zetmeel (eventueel leerlingenproeven);
 - suiker (eventueel leerlingenproeven);
 - etherische oliën.
- De eigenschappen en de bereiding van:
 - ethanol en methanol (eventueel leerlingenproeven);
 - diëthylether (eventueel leerlingenproeven);
 - azijnzuur;
 - esters;
 - glucose en sacharose (eventueel leerlingenproeven);
 - zetmeel en cellulose (eventueel leerlingenproeven);en de onderlinge vergelijking van deze stoffen (eventueel leerlingenproeven).
- Als uitbreiding: de chemische omzetting van suiker in alcohol in functie van een onvolledig ademhalingsproces (gisting) kan proefondervindelijk vastgesteld worden. Andere suggesties zijn de omzetting van wijn naar azijn, de omzetting van alcohol naar ether en de vorming van een ester.
- gelijkenissen herkennen tussen de eigenschappen van enkele organische stoffen en die van koolstof en/of waterstof, die fenomenologisch te benoemen zijn als 'koolstofnatuur' en/of 'waterstofnatuur'. Bij de vergelijking zijn de volgende aspecten aan te raden:
 - het voorkomen: hoe verhoudt de aggregatietoestand van de stof zich tot die van koolstof (als vaste stof) en waterstof (als extreem vluchtige stof)?
 - de vorming : studie van de chemische reactie waarbij de stof ontstaat, vergelijken met het ontstaan van koolstof door verkoling en van waterstof en waterstofrijke stoffen door ontbinding, belang van de nevenproducten koolzuurgas en water.
 - de verbranding: in welke mate is er gelijkenis met het gloeien van koolstof en het ontvlammen van waterstof? Welk aandeel hebben koolzuurgas en waterdamp in

de verbrandingsproducten?

- Ieder onderwerp kan geactualiseerd worden:
 - Wisselwerking tussen de chemie, de technologische ontwikkeling en de leefomstandigheden van de mens:
 - positieve en nadelige (neven)effecten van chemische toepassingen;
 - sociale en ecologische gevolgen van chemische toepassingen;
 - ecologische en economische belangen die de ontwikkeling van de chemie sturen i.v.m. bijv:
 - ✓ fossiele brandstoffen
 - ✓ milieubelasting bij verbranding
 - ✓ bier brouwen, wijn maken
 - ✓ narcotica, pijnstillers, drugs
 - ✓ cosmetica, parfums, aroma's in voedingswaren
 - ✓ voedingszuren
 - ✓ industriële bereiding van stoffen
 - Ook het proces van de fossiele restanten van planten kan worden bestudeerd: van dode plant tot aardolie en aardgas.

3. Anorganische chemie: zouten, zuren en basen

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD C 11. vanuit de waarneming het oplossen van verschillende stoffen in water beschrijven met name dat :

- de oplosbaarheid van verschillende zouten (natriumchloride, kopersulfaat, kaliumnitraat, calciumcarbonaat,...) afhankelijk is van temperatuur (ET C3);
- de kristalvorm een eigenschap is van een zout en dat verzadiging een voorwaarde is voor kristallisatie;

LPD C 12. voorbeelden geven van enkele belangrijke zouten, zuren en basen met hun specifieke eigenschappen (ET C10) en met name aan de hand van de algemene eigenschappen het verschil uitleggen tussen een zuur (zoals bijv. waterstofchloride-zoutzuur of di-waterstofsulfaat-zwavelzuur of waterstofnitraat-salpeterzuur) een base (zoals bijv. natriumhydroxide, ammoniak) en een zout (zoals bijv. natriumchloride, kopersulfaat, kaliumnitraat, calciumcarbonaat (ETC9);

LPD C 13. op basis van de naam een stof herkennen als zout, zuur of base (ET C12);

LPD C 14. enkele zeer algemene wetmatigheden toepassen bij de reactie tussen zuren, basen of zouten toepassen om een mogelijke reactie tussen twee stoffen te voorspellen;

LPD C 15. verklaren dat een zout een evenwichtstoestand of een midden is tussen zuur en base, maar dan met nieuwe eigenschappen (bv. kristallijn) (ET C13);

LPD C 16. begrijpen wat de pH-waarde is, kunnen de pH-waarde van een oplossing interpreteren en een indicator gebruiken om de pH te meten (ET C11).

Leerinhouden:

Fenomenologische studie van zouten, zuren en basen:

- Oplossen van zouten: (eventueel leerlingenproeven)
 - oplosbaarheid;
 - concentratie;
 - onverzadigde, verzadigde en oververzadigde oplossing;
 - kristalwater;
 - kookpuntverhoging en vriespuntverlaging.
- Kennismaking met enkele zouten: namen in het dagelijks gebruik en voorkomen. Winning van keukenzout en toepassingen.
- Algemene kenmerken van de zouten.
- Kristalliseren van zouten: (eventueel leerlingenproeven)
 - voorwaarden tot kristallisatie;
 - eigenschappen van de kristallen;
 - gegevens omtrent kristalgroei;
 - gehydrateerde en niet-gehydrateerde zouten;
 - uitbreiding die aan te raden is: leerlingen zelf kristallen laten maken.
- Diffusie en osmose in de natuur (eventueel leerlingenproeven).
- Splitsen van zouten in zuren en basen: (eventueel leerlingenproeven)
 - het effect van doorgedreven verhitte van zouten (pyrolyse);
 - naamgeving en bespreking van enkele zuren en basen;
 - zuurtegraad en de verdunningsreeks;
 - indicatoren voor zuren, basen en zouten.
- Zoutvormingen a.d.h.v. experimenten en reactieschema's: (eventueel leerlingenproeven)
 - neutralisatiereacties;
 - verdringingsreactie van een zuur uit zijn zout ;
 - verdringingsreactie van een base uit zijn zout ;
 - uitwisselingsreacties van zouten.
- Zintuiglijke en fysicochemische kenmerken van: (eventueel leerlingenproeven)
 - zouten:
 - natriumchloride;
 - kopersulfaat ;
 - kaliumnitraat ;
 - calciumcarbonaat.
 - zuren:
 - waterstofchloride / zoutzuur;
 - (di)waterstofsulfaat / zwavelzuur;
 - waterstofnitraat / salpeterzuur .
 - basen:
 - natriumhydroxide ;
 - ammoniak .
- Naamvorming van zouten, zuren en basen
- Ph-waarde bepalen op basis van een bepaalde indicator én die PH-waarde interpreteren.

3.2.5 Fysica

De onderstaande opdeling houdt ook verband met de spreiding over de twee leerjaren. Deel 1 (Wetenschap en samenleving) geldt voor de hele graad. Delen 2 (Warmte) en 3 (Elektriciteit) zijn voorbestemd voor het eerste jaar en delen 4 (Kracht en beweging) en 5 (Arbeid, energie en vermogen) worden in het tweede jaar behandeld.

Over de hele graad worden minstens 4 proeven door de leerlingen uitgevoerd. Groepen van 2 tot 4 leerlingen worden aanbevolen.

1 Wetenschap en samenleving

- Mogelijke technische toepassingen:
 - werking;
 - wisselwerking tussen de fysica, de technologische ontwikkeling en de leefomstandigheden van de mens;
 - positieve en nadelige (neven)effecten van fysische toepassingen.
- De economische en ecologische belangen die de ontwikkeling van de fysica gestuurd hebben bijvoorbeeld i.v.m.:
 - pot van Papin, hogedrukpan;
 - stoommachine, stoomturbine (alternatief: windmolen);
 - verbrandings- ontploffingsmotor, uitlaatgassen;
 - koelkast, koelvloeistof, geiser, centrale verwarming.

2 Warmte

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD F 1. volgende begrippen toelichten:

- warmtegeleiding/stroming;
- warmtetraling;
- uitzetting (inclusief werken met tabellen en formules);

LPD F 2. het begrip warmtecapaciteit als eigenschap van een stof afleiden uit een reeks opwarmingsproeven waarbij tijdsduur, hoeveelheid stof, toename van temperatuur en aard van de stof gevarieerd worden (ET F1).

LPD F 3. aan de hand van proeven en proevenreeksen enerzijds en gebruik makend van gegevenstabellen en uitzettingsformules anderzijds, eenvoudige vraagstukken rond uitzetting van metalen en vloeistoffen oplossen;

LPD F 4. de begrippen specifieke warmtecapaciteit en warmte-uitwisseling kwalitatief en kwantitatief hanteren (ET F3, ET F4);

LPD F 5. de faseovergangen tussen de aggregatietoestanden beschrijven (ET F2);

LPD F 6. **het deeltjesmodel van een gas hanteren om de begrippen druk en absoluut nulpunt te verduidelijken en** het begrip druk en hydrostatische druk kwalitatief en kwantitatief hanteren (ET F5);

LPD F 7. uit welbepaalde proeven en proevenreeksen de ideale gaswet afleiden (ET F6) en in

formules uitdrukken;

LPD F 8. een aantal toepassingen van de gaswet, zoals de koelkast en de ontploffingsmotor, bespreken (ET F 7);

LPD F 9. de gevormde begrippen uit de warmteleer toetsen aan de concrete werkelijkheid door verschillende technische toepassingen zoals de stoomturbine, het bimetaal, de koelkast, de ontploffingsmotor en de straalmotor te beschrijven (ET F8).

Leerinhouden:

Dit hoofdstuk geeft zeer vele mogelijkheden voor demonstratieproeven en leerlingenproeven

- Het verbrandingsproces + zelfontbranding (eventueel leerlingenproeven).
- Vier warmtefenomenen (eventueel leerlingenproeven)
 - warmtegeleiding/stroming;
 - warmtestraling ;
 - uitzetting + tabellen + formules;
 - warmtecapaciteit.
- Aggregatietoestanden/fase-overgangen (eventueel leerlingenproeven)
 - eigenschappen van gassen, vloeistoffen en vaste stoffen;
 - faseovergangen tussen deze aggregatietoestanden;
 - drukafhankelijkheid van kook- en smeltpunt;
 - gaswetten: proeven + formules + toepassingen;
 - absolute temperatuur;
 - kritische druk en temperatuur.

Verder wordt aandacht geschonken aan

- **Het deeltjes- en botsingsmodel van een gas ter verklaring van druk**

3 Elektriciteit

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD F 10. aangeven welke elementen essentieel zijn ter verkrijging van een elektrische stroomkring (ET F9);

LPD F 11. de wet van Ohm beschrijven en toepassen (ET F10);

LPD F 12. aan de hand van enkele voorbeelden de principes van serie- en parallelschakelingen toepassen (ET F11).

Leerinhouden:

In de eerste graad werden in het vak techniek al experimenten uitgevoerd. In de tweede graad wordt ook hier de overstap gemaakt naar de formules.

- Elektrische stroomkring (eventueel leerlingenproeven).
- De begrippen spanning, weerstand en stroomsterkte (eventueel leerlingenproeven) waarbij de stroomsterkte wordt gezien als effect tussen spanning en weerstand.
- De wet van Ohm (eventueel leerlingenproeven).
- Serie- en parallelschakeling (eventueel leerlingenproeven).

Als uitbreiding

- Ontstaan, bestaan van elektriciteit.
- Opwekken en aantonen van ladingen.
- De gesloten elektrische kring:
 - inductie (mogelijk ook zelfinductie)
 - eventueel mogelijke technische toepassingen (eventueel leerlingenproeven):
 - luidspreker, microfoon, telefoon;
 - dynamo, transformator, bobine;
 - elektriciteitscentrale.

4 Kracht en beweging: Statica-kinematica-dynamica

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD F 13. verschillende soorten krachten en hun uitwerking benoemen (ET F12);

LPD F 14. het vectorieel karakter van een kracht toelichten (ET F13) en krachten volgens dezelfde en verschillende richtingen samenstellen als resulterende kracht (ET F14);

LPD F 15. zowel woordelijk als wiskundig volgende bewegingen beschrijven :

- eenparige rechtlijnige beweging (ET F16, ET F17);
- eenparig veranderlijke beweging (ET F18) (ET F20);
- de valbeweging;
- verticale worp;
- **eenparig cirkelvormige beweging**

LPD F 16. de begrippen zwaartekracht, veerkracht, gewicht en massadichtheid kwalitatief en kwantitatief hanteren (ET F15).

LPD F 17. aan de hand van enkele voorbeelden het traagheidsbeginsel benoemen (ET F19).

Leerinhouden:

Krachten (statica)

Er wordt gewerkt vanuit concrete voorbeelden en toepassingen. Leerlingen zien dan dat een kracht de oorzaak kan zijn van vervormingen, verplaatsingen en veranderingen van de bewegingstoestand van een voorwerp.

Als voorbeeld van voorstellingswijze wordt de vector gebruikt.

- Definitie van 'kracht' (eventuele leerlingenproeven).
- Meting van 'kracht' (eventuele leerlingenproeven) .
- Actie- & reactiekrachten (eventuele leerlingenproeven).
- Samenstellen & ontbinden van krachten (eventuele leerlingenproeven)
- Uitbreiding:
 - koppel, moment van een kracht;
 - werktuigen, bruggen, kranen.

Bewegingsleer (kinematica)

De kinematica is een mooi voorbeeld om wetmatigheden en formules te leren 'inzien' en 'begrijpen'. De gegevens die hier gebruikt worden, worden zo veel mogelijk proefondervindelijk vastgesteld. Het wiskundig verwerken ervan vormt ook een belangrijk onderdeel. Deze leerinhoud

en de te behalen leerplandoelstellingen zullen een groot deel van de leerstof en dus van de lestijd in beslag nemen.

- Eenparige beweging (eventueel leerlingenproeven)
 - het begrip snelheid;
 - formule en diagrammen.
- Eenparig veranderlijke beweging
 - de begrippen versnelling en vertraging;
 - formules en diagrammen.
- Valbeweging
 - vrije val;
 - verticale worp omhoog.
- Eenparig cirkelvormige beweging
 - Snelheid als vector met constante lengte, maar veranderlijke richting;
 - Centripetale versnelling als vector

Als uitbreiding:

- Samenstelling van bewegingen
 - horizontale worp;
 - schuine worp.
- Slingerbeweging, ~~eenparig cirkelvormige beweging.~~

Dynamica

De drie basiswetten van de mechanica (wetten van Newton) worden hier behandeld. Ook de wrijvingskracht, de algemene gravitatiewet en de wetten van Kepler vormen een mooie link met het vak aardrijkskunde.

- Dynamische werking van een kracht.
- Het begrip traagheid .
- Verband tussen versnelling, kracht en massa .
- Massa en gewicht .
- Als uitbreiding: inleiding op gravitatie- en zwaartekracht.

Uitbreiding

- Wetenschappelijke schrijfwijze van getallen.
- Overzicht van grootheden en eenheden.
- Foutendiscussie en foutentheorie (oorsprong van fouten, omgaan met fouten).

5 Arbeid, energie en vermogen

Leerplandoelstellingen:

De leerlingen kunnen

LPD F 18. de begrippen arbeid, energie en vermogen kwalitatief en kwantitatief hanteren (ET F21)
de arbeid berekenen bij een constante kracht die evenwijdig is met de verplaatsing en de gravitatiepotentiële energie bij het aardoppervlak, elastische potentiële energie en de kinetische energie van een voorwerp berekenen;

LPD F 19. bij energieomzettingen het begrip rendement kwalitatief en kwantitatief hanteren (ET F22);

LPD F 20. de wet van behoud van energie formuleren en illustreren met voorbeelden (ET F23).

Leerinhouden:

Uitgangspunt: Om arbeid te verrichten is energieomzetting noodzakelijk.

Basisbeginselen van de drie begrippen: arbeid, energie, vermogen, elk bekeken vanuit de mechanica:

**de arbeid bij een constante kracht, met de verplaatsing;
de gravitatiepotentiële energie bij het aardoppervlak;
de elastische potentiële energie en de kinetische energie van een voorwerp.**

Interessant hier is dat het begrip energie in een breed spectrum aan voorbeelden kan worden gebruikt: groene energie, zonne-energie, duurzaam energiegebruik, enz. zodat een link met de leerstof ecologie kan worden gelegd.

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 verzamelmap 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>Vb. 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>Vb. het maken van de proefopstelling</i>				

3) Zorg: kan je veilig werken?

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

4) Orde: kan je netjes werken?

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

5) Persoonlijke vaardigheden: Je bent...

- Erg onnauwkeurig – eerder onnauwkeurig – nauwkeurig – erg nauwkeurig in *Vb opschrijven en verwerken van de meetresultaten*
- Snel afgeleid – soms afgeleid – eerder geconcentreerd – erg geconcentreerd bij *Vb waarnemen van de verschillende chemische reacties*
- Nooit actief betrokken – weinig actief betrokken – meestal actief betrokken – altijd actief betrokken bij *Vb 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 vestigingsoverstijgende vakgroepwerking kan ook afgesproken worden dat materiaal uitgeleend kan worden van een andere school/vestiging binnen de scholengemeenschap steinerscholen voor een bepaalde periode.

5.1. Algemeen

Op school moeten enkele op het internet aangesloten computers aanwezig zijn zodat hierop eventueel –daar waar het een functionele meerwaarde heeft- opzoeken en/of verwerkingen kunnen gebeuren. Ook overheadprojector en TV en video kunnen van pas komen. Aangezien het demonstreren en eventueel ook het zelf uitvoeren van proeven een belangrijk onderdeel kan zijn van de lessen natuurwetenschappen in de tweede graad, moet het wetenschapslokaal minstens beschikken over een ruime experimenteertafel met in de nabijheid voorzieningen voor gas, elektriciteit, water en een aansluiting voor een teclubrander . Bij leerlingproeven wordt er uitgegaan van groepen van 2 tot 4 leerlingen.

5.2. Biologie

Volgende hulpmiddelen zijn voor het vak biologie onontbeerlijk:

- chronometer voor proeven over hartslag- en ademritme;
- een staand menselijk skelet ;
- overheadprojector om slides te projecteren;
- een reeks schedels van dieren (minimum: roofdier, knaagdier, hoefdier)
- microscoop met preparaten.

Volgende hulpmiddelen worden aanbevolen:

- grote wandplaten met afbeeldingen van organen
- lichaamsskelet van ten minste enkele zoogdieren en eventueel ook vogels
- videocamera met TV, type flexcam om:
 - details te vergroten
 - op een microscoop aan te sluiten
- apparatuur voor proefnemingen met zintuigen:
 - smaakproeven
 - waarnemen van de zintuigfuncties van de huid met behulp van elektrische stroom
 - bepalen van de gehoordrempel
- verzameling fossielen van gewervelden en ongewervelden voor vergelijking met hedendaagse organismen
- enkele organen van slachtvee (zoals hart, nieren en longen) om te bestuderen.

5.3. Chemie

Voor de lessen Chemie in de tweede graad, moet het wetenschapslokaal beschikken over een afsluitbare, maar verluchte kast voor het opbergen van chemische stoffen die nodig zijn voor de experimenten en de leerlingenproeven.

Het lokaal moet goed verlucht en verlicht zijn en beschikken over een afzuigkast voor schadelijke gassen en een brandalarminstallatie.

Volgende hulpmiddelen zijn voor het vak chemie onontbeerlijk:

- bunsenbrander;
- staanders;
- driepikkels;
- klemmen;
- metalen gaasjes;
- noodzakelijke glaswerk voor de leerlingenproeven :
 - erlenmeyers, bekeerglazen, maatglazen;
 - kolven met platte en met ronde bodem;
 - roerstaven, trechters, pipetten;
 - Gewone, vuurvaste en grote reageerbuizen.

5.4. Fysica

Volgende hulpmiddelen zijn voor het vak fysica onontbeerlijk:

- Voor de warmteleer:
 - voldoende hittebestendige kolven en reageerbuisjes voor leerlingenproeven;
 - thermometers (-10°C tot 150°C) (1 per 4 leerlingen bij leerlingenproeven);
 - teclubranders (1 per 4 leerlingen bij leerlingenproeven).
- Voor de elektriciteitsleer:
 - veilige stroombron (AC, DC), regelbaar (maximum 30V bij leerlingenproeven) ;
 - Volt- Ampèremeter (groot didactisch model, analoog);
 - magneten;
 - spoelen;
 - stroomdraad, fiches, stekkers, bananenstekkers;
 - multimeters (1 per 4 leerlingen bij leerlingeproeven);
 - lampjes met houder, LED's .
- Bewegingsleer
 - Chronometers (1 per 4 leerlingen bij leerlingenproeven);
 - knikkers, kogels.
- Krachten
 - gewichten;
 - dynamometers;
 - veren.

6. Methodologische wenken

Dit leerplan voor de natuurwetenschappen is onderverdeeld in drie grote gehelen: biologie, chemie en fysica. De algemene wetenschappelijke vaardigheden gelden voor de drie leergebieden. Het fenomenologisch waarnemen en accuraat beschrijven van het waargenomene is daarbij van groot belang.

Verder is het expliciet de bedoeling om vanuit de samenhang te vertrekken om dan naar de onderdelen te gaan. In de natuur is alles met alles, onlosmakelijk, verbonden. Daarom is het bijv. goed om eerst een algemeen vergelijkend overzicht van de 4 natuurrijken te behandelen: mineralenrijk, plantenrijk, dierenrijk, mensenrijk.

Aangezien dit onderwerp vervat zit in de biologieperiode 9^{de} klas, wordt er sterk aanbevolen om deze eerst te laten komen in het schooljaar, daarna pas chemie en fysica.

De biologie behandelt het levende: plant, dier, mens.

De fysica behandelt het niet zintuigelijk waarneembare, het niet stoffelijke.

De chemie behandelt de stoffelijkheid van alles.

Het is belangrijk om ook links te leggen naar andere vakken, zoals vaak hierboven aangegeven in de leerinhouden.

Bijkomende documentatie, ter voorbereiding van de lessen natuurwetenschappen, is verkrijgbaar bij de Federatie Steinerscholen.

CODA:

Een goede reiziger heeft geen vaste plannen
en is niet totaal gericht op het aankomen.

Een goede kunstenaar laat haar intuïtie
de vrije loop.

Een goede wetenschapper heeft zich van concepten bevrijd
en behoudt de openheid voor wat is.

Vrij vertaald uit de Lao te ching van Lao Tse