

FYSICA DERDE GRAAD ASO

**ECONOMIE-WETENSCHAPPEN, GRIEKS-WETENSCHAPPEN,
LATIJN-WETENSCHAPPEN, MODERNE TALEN-WETENSCHAPPEN,
WETENSCHAPPEN-TOPSPORT, WETENSCHAPPEN-WISKUNDE,
SPORTWETENSCHAPPEN**

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

VVKSO – BRUSSEL D/2014/7841/015
Vervangt leerplan D/2006/0279/058 vanaf 1 september 2014



Vlaams Verbond van het Katholiek Secundair Onderwijs
Guimardstraat 1, 1040 Brussel

Inhoud

1	Beginsituatie.....	3
2	Leerlijnen	4
2.1	De vormende lijn voor natuurwetenschappen.....	5
2.2	Leerlijnen natuurwetenschappen van de 1ste graad over de 2de graad naar de 3de graad	6
2.3	Leerlijn en mogelijke timing fysica voor aso-studierichtingen met pool wetenschappen	10
3	Algemene pedagogisch-didactische wenken	11
3.1	Leeswijzer bij de doelstellingen.....	11
3.2	Leerplan versus handboek.....	12
3.3	Taalgericht vakonderwijs.....	12
3.4	ICT.....	14
4	Algemene doelstellingen	15
4.1	Onderzoekend leren/leren onderzoeken.....	16
4.2	Wetenschap en samenleving	18
4.3	Metten, meetnauwkeurigheid en grafieken	20
5	Leerplandoelstellingen	22
	Eerste leerjaar van de 3de graad	22
5.1	Elektriciteit	22
5.2	Elektromagnetisme.....	27
5.3	Kernfysica.....	31
	Tweede leerjaar van de 3de graad	33
5.4	Dynamica en kinematica	33
5.5	Arbeid en energie	36
5.6	Trillingen en golven	37
5.7	Modules.....	40
6	Minimale materiële vereisten.....	46
6.1	Infrastructuur	46
6.2	Uitrusting	46
6.3	Basismateriaal.....	47
7	Evaluatie	49
7.1	Inleiding	49
7.2	Leerstrategieën	49
7.3	Proces- en productevaluatie	49
8	Eindtermen.....	50
8.1	Eindtermen voor de basisvorming.....	50
8.2	Specifieke eindtermen wetenschappen 3de graad (SET).....	52

1 Beginsituatie

Het leerplan wordt gerealiseerd in volgende studierichtingen van het aso:

- *Economie - Wetenschappen*
- *Grieks - Wetenschappen*
- *Latijn - Wetenschappen*
- *Moderne talen - Wetenschappen*
- *Wetenschappen - Topsport*
- *Wetenschappen - Wiskunde*
- *Sportwetenschappen*

Gedifferentieerde beginsituatie

Als de 2de graad haar observerende en oriënterende rol heeft waargemaakt, mogen we er van uitgaan dat de leerling die start in één van bovenstaande studierichtingen interesse heeft voor natuurwetenschappen. Daarnaast zal deze leerling op wetenschappelijk én wiskundig vlak de nodige competenties (kennis, vaardigheden, attitudes) beheersen om met succes deze richting te volgen. Deze leerlingen hebben met succes één van de volgende studierichtingen van het aso gevolgd:

- Studierichtingen met **1-uursleerplannen** biologie, chemie en fysica: *Economie, Grieks, Grieks-Latijn, Humane wetenschappen, Latijn*.
- Studierichtingen met **2-uursleerplannen** biologie, chemie en fysica: *Wetenschappen, Wetenschappen – Topsport* en *Sportwetenschappen*.

Leerlingen die uit de studierichting *Wetenschappen, Wetenschappen – Topsport* of *Sportwetenschappen* komen, hebben bepaalde wetenschappelijke inzichten op een hoger beheersingsniveau verworven en meer ervaring opgedaan in het onderzoekende aspect van wetenschappen. Dit komt tot uiting in:

- De doelstellingen: de algemene doelstellingen 'Onderzoekend leren/leren onderzoeken' en sommige leerplandoelstellingen streven een hoger beheersingsniveau na.
- Het aantal uur practica per leerjaar en per wetenschapsvak: 7 u in de richting *Wetenschappen* en *Sportwetenschappen* tegenover 2u in de andere studierichtingen.
- De aanpak van de practica: in *Wetenschappen* en *Sportwetenschappen* moeten verschillende deelaspecten van de onderzoekscompetentie op een geïntegreerde manier aan bod komen. In de andere studierichtingen spreken we van leerlingexperimenten waarbij vooral de nadruk ligt op het uitvoeren van het experiment en niet zozeer op de verschillende deelaspecten van de onderzoekscompetentie.
- Verslaggeving: in *Wetenschappen* en *Sportwetenschappen* is verslaggeving bij een experiment verplicht, in de andere studierichtingen kan de rapportering beperkt zijn.

Om de gedifferentieerde beginsituatie van de leerlingen goed te kennen is het dan ook belangrijk om de leerplannen van de 2de graad grondig door te nemen.

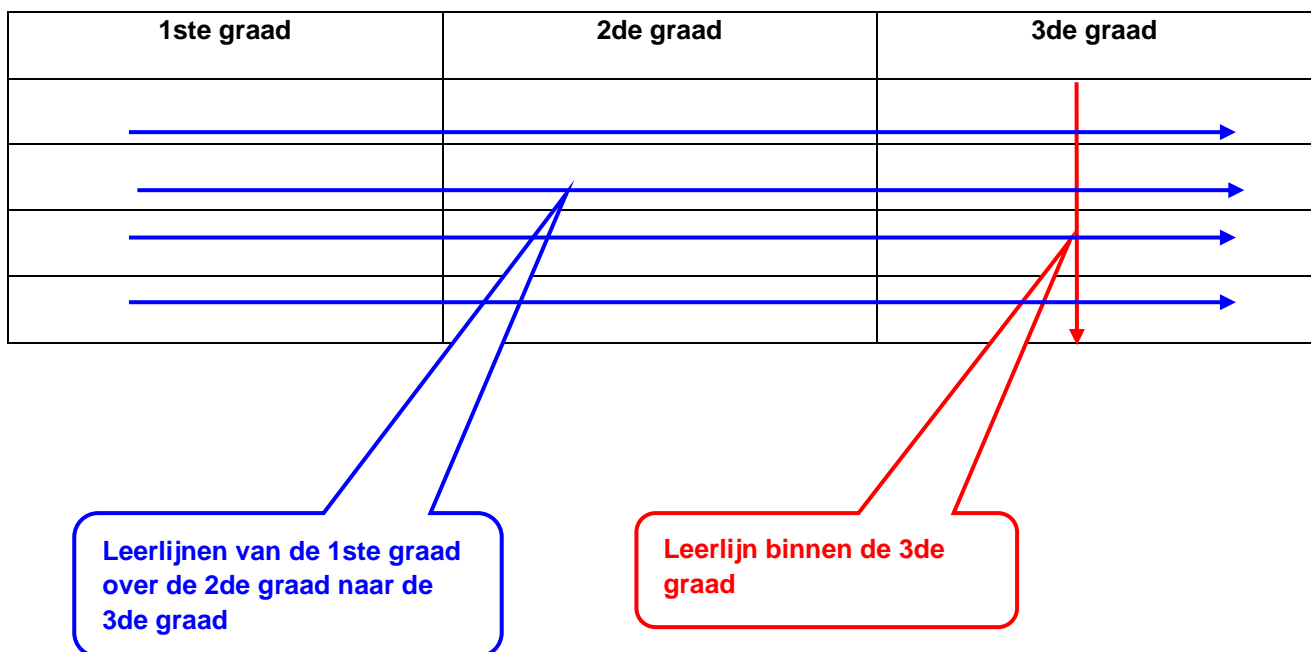
2 Leerlijnen

Een leerlijn is de lijn die wordt gevolgd om kennis, attitudes of vaardigheden te ontwikkelen. Een leerlijn beschrijft de constructieve en (chrono)logische opeenvolging van wat er geleerd dient te worden.

Leerlijnen geven de samenhang in de doelen, in de leerinhoud en in de uit te werken thema's weer.

- **De vormende lijn voor natuurwetenschappen** geeft een overzicht van de wetenschappelijke vorming van het basisonderwijs tot de 3de graad van het secundair onderwijs (zie 2.1).
- **De leerlijnen natuurwetenschappen van de 1ste graad over de 2de graad naar de 3de graad** beschrijven de samenhang van natuurwetenschappelijke begrippen en vaardigheden (zie 2.2).
- **De leerlijn fysica binnen de 3de graad aso** beschrijft de samenhang van de thema's fysica (zie 2.3).

De leerplandoelstellingen vormen de bakens om de leerlijnen te realiseren. **Sommige methodes bieden daarvoor een houvast, maar gebruik steeds het leerplan parallel aan de methode!**



2.1 De vormende lijn voor natuurwetenschappen

Basisonderwijs	Wereldoriëntatie: exemplarisch <i>Basisinzichten ontwikkelen in verband met verschijnselen in de natuur</i>	
1ste graad (A-stroom)	<p style="text-align: center;">↓</p> Natuurwetenschappelijke vorming <i>Inzicht krijgen in de wetenschappelijke methode: onderzoeksvraag, experiment, waarnemingen, besluitvorming</i>	
2de graad	<p style="text-align: center;">↓</p> Natuurwetenschappen <i>Wetenschap voor de burger</i>	<p style="text-align: center;">↓</p> Biologie/Chemie/Fysica <i>Wetenschap voor de burger, wetenschapper, technicus ...</i>
3de graad	<p style="text-align: center;">↓</p> Natuurwetenschappen <i>Wetenschap voor de burger</i>	<p style="text-align: center;">↓</p> Biologie/Chemie/Fysica <i>Wetenschap voor de wetenschapper, technicus ...</i>

2.2 Leerlijnen natuurwetenschappen van de 1ste graad over de 2de graad naar de 3de graad

De inhoud van **fysica** staan in het **vet** gedrukt. Om de realisatie van de leerlijn te waarborgen is overleg met collega's van de 2de graad nodig, ook wat betreft de invulling van de practica en de keuze van demoproeven.

Leerlijn	1ste graad	2de graad	3de graad (pool wetenschappen)
Materie	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Materie bestaat uit deeltjes met ruimte ertussen - De deeltjes bewegen met een snelheid afhankelijk van de temperatuur <p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mengsels en zuivere stoffen - Mengsels scheiden: op basis van deeltjesgrootte - Massa en volume - Uitzetten en inkrimpen <p><u>Faseovergangen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kwalitatief <p><u>Stofomzettingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Structuurveranderingen verklaren met deeltjesmodel 	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Moleculen - Atoombouw - atoommodellen (eerste 18 elementen) - Snelheid van deeltjes en temperatuur <p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stofconstanten: smeltpunt, stolpunt, kookpunt, massadichtheid - Mengsels: scheidingstechnieken, concentratiebegrip - Chemische bindingen - Formules - Molaire massa en molbegrip - Enkelvoudige en samengestelde - Stofklassen - Thermische uitzetting <p><u>Faseovergangen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kritisch punt, tripelpunt, toestandsdiagram - Energie bij fasen en faseovergangen: kwantitatief <p><u>Stofomzettingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Chemische reacties – reactievergelijkingen - Reactiesnelheid: kwalitatief - Reactiesoorten: ionenuitwisseling en elektronenoverdracht - Oplosproces in water 	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Uitbreiding atoommodel en opbouw periodiek systeem - Isotopen <p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruimtelijke bouw - Lewisstructuren - Polaire-apolaire - Koolstofverbindingen m.i.v. polymeren en biochemische stofklassen (eiwitten, vetten, suikers en kernzuren) - Mengsels: uitbreiding concentratie-eenheden - Geleiders, isolatoren, Wet van Pouillet, temperatuurafhankelijkheid van weerstanden <p><u>Stofomzettingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stoichiometrie - Reactiesnelheid kwantitatief - Chemisch evenwicht - Reactiesoorten: zuur-basereacties, redoxreacties, reactiesoorten in de koolstofchemie - Stofwisseling: opbouw-afbraakreacties - Radioactief verval

Snelheid, kracht, druk	<p><u>Snelheid</u> - Kracht en snelheidsverandering</p> <p><u>Krachtwerking</u> - Een kracht als oorzaak van vorm- en/of snelheidsverandering van een voorwerp</p> <p><u>Soorten krachten</u> - Magnetische - Elektrische - Mechanische</p>	<p><u>Snelheid</u> - Als vector - Van licht - Kinetische energie</p> <p><u>Krachtwerking</u> - Kracht is een vectoriële grootheid - Krachten met zelfde aangrijpingspunt samenstellen en ontbinden - Evenwicht van krachten: lichaam in rust en ERB</p> <p><u>Soorten krachten</u> - Contactkrachten en veldkrachten - Zwaartekracht, gewicht - Veerkracht</p> <p><u>Druk</u> - bij vaste stoffen - in vloeistoffen - in gassen (m.i. v. de gaswetten)</p>	<p><u>Snelheid</u> - Kinematica: snelheid en snelheidsveranderingen, één- en tweedimensionaal - Golfsnelheden</p> <p><u>Krachtwerking</u> - Kracht als oorzaak van EVRB - Centripetale kracht bij ECB - Onafhankelijkheidsbeginsel - Beginselen van Newton - Harmonische trillingen (veersysteem en slinger)</p> <p><u>Soorten krachten</u> - Elektrische krachtwerking, elektrisch veld, coulombkracht, intra- en intermoleculaire krachten - Magnetische krachtwerking, magnetische veld, lorentzkracht - Gravitatiekracht, gravitatieveld - De vier fundamentele wisselwerkingen</p>
	Energie	<p><u>Energievormen</u> - Energie in stoffen (voeding, brandstoffen, batterijen ...)</p> <p><u>Energieomzettingen</u> - Fotosynthese</p> <p><u>Transport van energie</u> - Geleiding - Convectorie - Straling</p> <p><u>Licht en straling</u> - Zichtbare en onzichtbare straling</p>	<p><u>Energievormen</u> - Warmte: onderscheid tussen warmtehoeveelheid en temperatuur</p> <p><u>Energieomzettingen</u> - Arbeid, energie, vermogen berekenen - Wet van behoud van energie - Energiedoorstroming in ecosystemen - Exo- en endo-energetische chemische reacties</p> <p><u>Licht en straling</u> - Licht: rechtlijnige voortplanting, terugkaatsing, breking, lenzen, spiegels, optische toestellen</p>

Leven	<p><u>Biologische eenheid</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cel op lichtmicroscopisch niveau herkennen - Organisme is samenhang tussen organisatieniveaus (cellen - weefsels - organen) - Bloemplanten: functionele bouw wortel, stengel, blad, bloem - Gewervelde dieren (zoogdier) - mens: (functionele) bouw (uitwendig-inwendig; organenstelsels) <p><u>Soorten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Herkennen a.d.h.v. determineerkaarten - Verscheidenheid - Aanpassingen aan omgeving <p><u>In stand houden van leven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bij zoogdieren en de mens: <ul style="list-style-type: none"> ✓ de structuur en de functie van spijsverteringsstelsel ✓ transportstelsel ✓ ademhalingsstelsel ✓ excretiestelsel - Bij bloemplanten de structuur en functie van hoofd delen <p><u>Interacties tussen organismen onderling en met de omgeving</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gezondheid (n.a.v. stelsels) - Abiotische en biotische relaties: <ul style="list-style-type: none"> ✓ voedselrelaties ✓ invloed mens - Duurzaam leven <p><u>Leven doorgeven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Voortplanting bij bloemplanten en bij de mens <p><u>Evolutie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Verscheidenheid - Biodiversiteit vaststellen - Aanpassingen aan omgeving bij bloemplanten, gewervelde dieren (zoogdieren) 	<p><u>Biologische eenheid</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cel op lichtmicroscopisch niveau: prokaryote en eukaryote cel, plantaardige en dierlijke cel <p><u>Soorten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Determineren en indelen <p><u>In stand houden van leven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bij zoogdieren en de mens: <ul style="list-style-type: none"> ✓ structuur en functie van zenuwstelsel, ✓ bewegingsstructuren, ✓ hormonale regulaties <p><u>Interacties tussen organismen onderling en omgeving</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gezondheid: invloed van micro-organismen - Gedrag - Abiotische en biotische relaties: <ul style="list-style-type: none"> ✓ voedselrelaties ✓ materiekringloop ✓ energiedoorstroming ✓ invloed van de mens - Ecosystemen - Duurzame ontwikkeling <p><u>Evolutie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Soortenrijkdom - Ordenen van biodiversiteit gebaseerd op evolutionaire inzichten 	<p><u>Biologische eenheid</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cel op submicroscopisch niveau: prokaryote en eukaryote cel, plantaardige en dierlijke cel <p><u>Soorten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Als voortplantingscriterium - Genetische variaties: adaptatie, modificatie, mutatie <p><u>In stand houden van leven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stofuitwisseling - Stofwisseling - Homeostase (U) <p><u>Interacties tussen organismen onderling en omgeving</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gezondheid: immunologie (U) - Stofuitwisseling: passief en actief - Biotechnologie/gentechnologie <p><u>Leven doorgeven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DNA en celdelingen (mitose en meiose) - Voortplanting bij de mens: verloop en hormonale regulatie - Chromosomale genetica - Moleculaire genetica <p><u>Evolutie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Biodiversiteit verklaren - Aanwijzingen - Theorieën - Van soorten m.i.v. ontstaan van eerste leven en van de mens
--------------	--	--	---

Waarnemen van organismen en verschijnselen

- Geleid

Metingen

- Massa, volume, temperatuur, abiotische factoren (licht, luchtvochtigheid ...)
- Een meetinstrument correct aflezen en de meetresultaten correct noteren

Gegevens

- Onder begeleiding:
 - ✓ grafieken interpreteren

- Determineerkaarten hanteren

Instructies

- Gesloten
- Begeleid

Microscopie

- Lichtmicroscopische beelden: waarnemen en interpreteren

Onderzoekskompetentie

- Onder begeleiding en klassikaal
- Onderzoeksstappen onderscheiden:
 - ✓ onderzoeksvraag
 - ✓ hypothese formuleren
 - ✓ voorbereiden
 - ✓ experiment uitvoeren, data hanteren, resultaten weer-geven,
 - ✓ besluit formuleren

Waarnemen van organismen en verschijnselen

- Geleid en gericht

Metingen

- Meetnauwkeurigheid
- Kracht, druk
- SI eenheden

Gegevens

- Begeleid zelfstandig:
 - ✓ grafieken opstellen en interpreteren
 - ✓ kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen van wetmatigheden interpreteren
 - ✓ verbanden tussen factoren interpreteren: recht evenredig en omgekeerd evenredig, abiotische en biotische
- Determineren

Instructies

- Gesloten en open instructies
- Begeleid zelfstandig

Microscopie

- Microscop en binoculair: gebruik
- Lichtmicroscopische beelden: waarnemen, interpreteren

Onderzoekskompetentie

- Onder begeleiding en alleen of in kleine groepjes
- Oefenen in de 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

Waarnemen van organismen en verschijnselen

- Gericht
- Interpreteren

Metingen

- Spanning, stroomsterkte, weerstand, pH, snelheid
- Titrezen

Gegevens

- Zelfstandig:
 - ✓ grafieken opstellen en interpreteren
 - ✓ kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen van wetmatigheden interpreteren
 - ✓ verbanden tussen factoren opsporen en interpreteren

Instructies

- Gesloten en open instructies
- Zelfstandig

Microscopie

- Microscop en binoculair: zelfstandig gebruik
- Lichtmicroscopie: preparaat maken, waarnemen en interpreteren
- Submicroscopische beelden: waarnemen en interpreteren

Onderzoekskompetentie

- Begeleid zelfstandig en alleen of in kleine groepjes
- Een integraal mini-onderzoek uitvoeren voor een gegeven probleem:
 - ✓ onderzoeksvraag stellen
 - ✓ hypothese formuleren
 - ✓ voorbereiden: informeren, methode opstellen, plannen
 - ✓ onderzoek uitvoeren met een geschikte methode
 - ✓ besluit formuleren
 - ✓ reflecteren over uitvoering en resultaat
 - ✓ rapporteren

2.3 Leerlijn en mogelijke timing fysica voor aso-studierichtingen met pool wetenschappen

Het leerplan fysica is een **graadleerplan** voor **vier graaduren**.

Er worden **minimum 12 uur practica** uitgevoerd over de graad, gespreid over het geheel van de leerstof. Bij kleinere laboratoriumopdrachten, die minder dan één lesuur in beslag nemen, wordt minimum een equivalent van 12 uur voorzien over de graad.

Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen staan bij ieder hoofdstuk vermeld onder de leerplandoelstellingen (zie punt 5 Leerplandoelstellingen).

Timing voor vier graaduren

Thema's	Lestijden
3de graad (vier graaduren) 100 lestijden per graad (inclusief toetsen en 12 u practica)	
Elektriciteit	20
Elektromagnetisme	16
Kernfysica	8
Module	6
Dynamica en kinematica	22
Arbeid en energie	4
Trillingen en golven	18
Module	6

De volgorde van de leerinhouden houdt rekening met de voorkennis en denkprocessen van de leerlingen. De ingebouwde leerlijn beoogt een progressieve en graduele groei van de leerling naar moeilijkere en meer complexe taken en probeert breuken in de horizontale en verticale samenhang te voorkomen.

3 Algemene pedagogisch-didactische wenken

3.1 Leeswijzer bij de doelstellingen

3.1.1 Algemene doelstellingen

De algemene doelstellingen slaan op de **brede, natuurwetenschappelijke vorming**. Deze doelen worden gerealiseerd binnen leerinhouden die worden bepaald door de basisdoelstellingen en eventuele verdiepende doelstellingen.

3.1.2 Basisdoelstellingen en verdiepende doelstellingen

Het verwachte beheersingsniveau heet **basis**. Dit is in principe **het te realiseren niveau voor alle leerlingen van deze studierichting**. Hoofdzakelijk dit niveau is bepalend voor de evaluatie. De basisdoelstellingen worden in dit leerplan genummerd als B1, B2 ... Ook de algemene doelstellingen (AD1, AD2 ...) behoren tot de basis.

Het hogere beheersingsniveau wordt **verdieping** genoemd. De verdiepende doelstellingen zijn niet verplicht te realiseren en horen steeds bij een overeenkomstig genummerde basisdoelstelling. Zo hoort bij de verdiepende doelstelling V2 ook een basisdoelstelling B2. De evaluatie van dit hogere niveau geeft een bijkomende houvast bij de oriëntering van de leerling naar het hoger onderwijs.

3.1.3 Wenken

Wenken zijn niet-bindende adviezen waarmee de leraar en/of vakwerkgroep kan rekening houden om het fysicaonderwijs doelgericht, boeiend en efficiënt uit te bouwen. 'Mogelijke practica' en 'mogelijke demoelementen' bieden een reeks suggesties van mogelijke experimenten, waaruit de leraar een oordeelkundige keuze kan maken.

Taalsteun

Zie verder.

Mogelijke practica

Onder elke groep van leerplandoelstellingen staan mogelijke demonstratieproeven en practica. Uit de voorgestelde thema's kan een keuze worden gemaakt, mits een min of meer evenwichtige spreiding over de verschillende leerstofonderdelen. Andere practica die aansluiten bij de leerplandoelstellingen zijn ook toegelaten.

3.2 Leerplan versus handboek

Het leerplan bepaalt welke doelstellingen moeten gerealiseerd worden en welk beheersingsniveau moet bereikt worden. Heel belangrijk hierin is de keuze van het werkwoord (herkennen, toelichten, berekenen ...). Sommige doelstellingen bepalen welke leerstrategieën moeten gehanteerd worden zoals:

- ... herkennen het vectorieel karakter ...
- ... berekenen.... toepassen.... definiëren
- ... herkennen en hanteren...
- ... onderscheid aangeven...
- ... grafisch voorstellen...

Bij het uitwerken van lessen, het gebruik van een handboek en het evalueren moet het leerplan steeds het uitgangspunt zijn. Een handboek gaat soms verder dan de basisdoelstellingen. De leerkracht moet er in het bijzonder over waken dat ook de AD gehaald worden.

3.3 Taalgericht vakonderwijs

Taal en leren zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Die verwevenheid vormt de basis van het taalgericht vakonderwijs. Het gaat over een didactiek die, binnen het ruimere kader van een schooltaalbeleid, de taalontwikkeling van de leerlingen wil bevorderen, ook in het vak fysica.

In dit punt willen we een aantal didactische tips geven om de lessen fysica meer taalgericht te maken. Drie didactische principes: context, interactie en taalsteun wijzen een weg, maar zijn geen doel op zich.

3.3.1 Context

Onder context verstaan we het betekenisgevend kader of verband waarin de nieuwe leerinhoud geplaatst wordt. Welke aanknopingspunten reiken we onze leerlingen aan? Welke verbanden laten we hen leggen met eerdere ervaringen? Wat is hun voorkennis? Bij contextrijke lessen worden verbindingen gelegd tussen de leerinhoud, de leefwereld en de interesses van de leerling, de actualiteit en eventueel andere vakken.

3.3.2 Interactie

Leren is een interactief proces: kennis groeit doordat je er met anderen over praat.

Leerlingen worden aangezet tot gerichte interactie over de leerinhoud, in groepjes (bv. bij experimenteel werk) of klassikaal. Opdrachten worden zo gesteld dat leerlingen worden uitgedaagd om in interactie te treden.

Enkele concrete voorbeelden:

- Leerlingen wisselen van gedachten tijdens het uitvoeren van (experimentele) waarnemingsopdrachten.
- Leerlingen geven instructies aan elkaar bij het uitvoeren van een meting of een experiment.
- Leerlingen vullen gezamenlijk een tabel in bij het uitvoeren van een experiment.
- Klassikale besprekingen waarbij de leerling wordt uitgedaagd om de eigen mening te verwoorden en om rekening te houden met de mening van anderen.
- Leerlingen verwoorden een eigen gemotiveerde hypothese bij een bepaalde onderzoeksvraag.
- Leerlingen formuleren zelf een onderzoeksvoorstel.
- Leerlingen formuleren een eigen besluit en toetsen die af aan de bevindingen van anderen bij een bepaalde waarnemingsopdracht.

Voorzie begeleiding tijdens de uitvoering van opdrachten, voorzie een nabespreking.

3.3.3 Taalsteun

Leerkrachten geven in een klassituatie vaak opdrachten. Voor deze opdrachten gebruiken ze een specifieke woordenschat die we 'instructietaal' noemen. Hierbij gaat het vooral over werkwoorden die een bepaalde actie uitdrukken (vergelijk, definieer, noteer, raadpleeg, situeer, vat samen, verklaar ...). Het begrijpen van deze operationele werkwoorden is noodzakelijk om de opdracht correct uit te voeren.

Door gericht voorbeelden te geven en te vragen, door kernbegrippen op te schrijven en te verwoorden, door te vragen naar werk- en denkwijzen ... stimuleren we de taalontwikkeling en de kennisopbouw.

Het onderscheid tussen dagelijkse en wetenschappelijke context moet een voortdurend aandachtspunt zijn in het wetenschapsonderwijs. Als we in de dagelijkse context spreken van 'gewicht' dan bedoelen we in een wetenschappelijke context eigenlijk 'massa'. Gewicht heeft in een wetenschappelijke context een heel andere betekenis.

- Gebruik visuele weergaven. Enkele voorbeelden uit dit leerplan:
 - grafieken (evenredigheden),
 - vectorvoorstellingen, referentiestelsel (vb. beweging t.o.v. een as),
 - componenten t.o.v. een referentiestelsel
 - veldlijnenpatronen op een overheadprojector, videobeelden, simulaties en animaties, youtube filmpjes
 - tekeningen waarop er in kleur aangegeven wordt wat er verandert (vb. elektroscop)
- Hanteer passende leerstrategieën.
In de leerplandoelstellingen is operationeel verwoord wat de leerling moet kunnen en welke (leer)strategieën moeten gehanteerd worden. Het is belangrijk dat zowel tijdens de lessen, de opdrachten als de evaluatiemomenten deze strategieën getraind worden.

3.4 ICT

ICT en internet is algemeen doorgedrongen in de maatschappij en het dagelijks leven van de leerling. Sommige toepassingen kunnen, daar waar zinvol, geïntegreerd worden in de lessen fysica.

- Als leermiddel in de lessen: visualisaties, informatieverwerking, mindmapping ...
- Bij experimentele opdrachten of waarnemingsopdrachten: chronometer, fototoestel, apps, sensoren ...
- Voor tools die de leerling helpen bij het studeren: leerplatform, apps ...
- Bij opdrachten zowel buiten als binnen de les: toepassingssoftware, leerplatform ...
- Bij communicatie: uploaden van een verslag of oplossing van een oefening op het leerplatform, forum rond een bepaald leerstofonderdeel als voorbereiding op een herhalingstoets...
- Bij differentiatieopdrachten op websites waar onmiddellijk feedback gegeven wordt.

4 Algemene doelstellingen

Het leerplan fysica is een **graadleerplan** voor **vier graduren**.

Er worden minimum 12 uur practica uitgevoerd over de graad, gespreid over het geheel van de leerstof. Die twaalf uur kan bestaan uit kleinere practica, die minder dan één lesuur in beslag nemen, of grotere die meer dan één uur duren.

Mogelijke practica en onderzoeksonderwerpen staan bij ieder hoofdstuk vermeld onder de leerplandoelstellingen (zie punt 5 Leerplandoelstellingen).

Het realiseren van de algemene doelstellingen gebeurt steeds binnen een context die wordt bepaald door de leerplandoelstellingen.

Realiseren van de onderzoekscompetentie binnen de pool wetenschappen

De pool wetenschappen bestaat uit verschillende vakken: biologie, chemie, fysica in tweede en 3de graad, aangevuld met aardrijkskunde in de 3de graad. De onderzoekscompetentie moet worden gerealiseerd voor de pool.

In de leerplannen wetenschappen van zowel de **tweede** als de **3de graad** zijn de specifieke eindtermen onderzoekscompetentie verwerkt in de algemene doelstellingen **AD 1 t.e.m. AD 5**. Hierdoor wordt erover gewaakt dat er in **alle leerjaren (van derde t.e.m. het zesde jaar) aan de onderzoekscompetentie wordt gewerkt**. Zowel de practica als de demonstratie-experimenten lenen zich tot de realisatie van deelaspecten van de onderzoekscompetentie.

De uiteindelijke realisatie van de onderzoekscompetentie mondt in **de loop van de 3de graad** uit in een **'zelfstandig integraal onderzoekje'** in minstens één van de natuurwetenschappelijke vakken **of** vakoverschrijdend tussen de natuurwetenschappelijke vakken.

Met 'zelfstandig integraal onderzoekje' bedoelen we een zelfstandig onderzoekje (alleen of in kleine groepjes van 2 of 3 leerlingen) waarbij alle deelaspecten van de natuurwetenschappelijke methode zoals verwoord in 4.1 op een geïntegreerde wijze aan bod komen.

4.1 Onderzoekend leren/leren onderzoeken

In natuurwetenschappen (biologie, chemie, fysica) wordt kennis opgebouwd door de 'natuurwetenschappelijke methode'. In essentie is dit een probleemherkende en -oplossende activiteit. De algemene doelstellingen (AD) betreffende onderzoekend leren/leren onderzoeken zullen geïntegreerd worden in de didactisch aanpak o.a. via demonstratie-experimenten, tijdens het uitvoeren van practica, door een onderwijsleergesprek waar onderzoekende aspecten aan bod komen.

Een **practicum** is een activiteit waarbij leerlingen, alleen of in kleine groepjes van 2 tot 3 leerlingen, begeleid zelfstandig **drie of meerdere deelaspecten van de natuurwetenschappelijke methode** combineren in het kader van een natuurwetenschappelijk probleem. **Hierbij is verslaggeving verplicht volgens de wenken bij AD5.**

Met deelaspecten bedoelen we:

- een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag en indien mogelijk een hypothese over deze vraag formuleren (AD1);
- op een systematische wijze informatie verzamelen en ordenen (AD2);
- met een geschikte methode een antwoord op de onderzoeksvraag zoeken of met de aangereikte methode een onderzoeksvoorstel uitvoeren (AD3);
- over een waarnemingsopdracht/experiment/onderzoek en het resultaat reflecteren (AD4);
- over een waarnemingsopdracht/experiment/onderzoek en het resultaat rapporteren (AD5).

In de 2de graad werd sterk begeleid aan deze deelaspecten (algemene doelstellingen) gewerkt. In de 3de graad streeft men naar een toenemende mate van zelfstandigheid.

Nummer algemene doelstelling	Verwoording doelstelling	Verwijzing naar eindtermen (zie hoofdstuk 8)
AD1	ONDERZOEKSVRAAG Een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag en indien mogelijk een hypothese of onderzoeksvoorstel over deze vraag formuleren.	W1, W2, W4, SET4, SET 29
<p>Wenken</p> <p>Het is belangrijk dat hierbij 'onderzoekbare vragen' worden gesteld. Op deze vragen formuleren de leerlingen een antwoord voorafgaand aan de uitvoering van het onderzoek: een eigen hypothese of een wetenschappelijk gemotiveerd onderzoeksvoorstel. Hierbij zullen voorkennis en bestaande misconcepten een belangrijke rol spelen.</p> <p>Het formuleren van onderzoeksvragen en hypothesen kan geïntegreerd worden in de lesdidactiek bv bij (demo-)proeven en onderwijsleergesprek.</p>		
AD2	INFORMEREN Voor een onderzoeksvraag, op een systematische wijze informatie verzamelen en ordenen.	W3, W4, SET29

Wenken

Op een systematische wijze informatie verzamelen en ordenen wil zeggen dat:

er in voorbereiding van het onderzoek doelgericht wordt gezocht naar ontbrekende kennis en mogelijke onderzoekstechnieken of werkwijzen;

de gevonden informatie wordt geordend en beoordeeld als al dan niet geschikt voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag.

Mogelijke bronnen zijn: boeken, tijdschriften, tabellen, catalogi ... al of niet digitaal beschikbaar. Bij de rapportering worden de gebruikte bronnen weergegeven.

AD3

UITVOEREN

Met een geschikte methode een antwoord zoeken op de onderzoeksvraag.

W4, W5,
SET4,
SET30

Wenken

Het is niet de bedoeling dat leerlingen voor elk practicum een eigen methode ontwikkelen. Om te groeien in de onderzoekscompetentie is het wel belangrijk dat leerlingen reflecteren over de methode (zie ook AD4).

Dit kan door een:

- aangereikte/geschikte methode te gebruiken en te evalueren;
- aangereikte/geschikte methode aan te passen aan het beschikbaar materieel;
- aangereikte/geschikte methode te vervangen door een eigen alternatief;
- geschikte methode op te zoeken;
- eigen methode voor te stellen.

Tijdens het onderzoeken kunnen verschillende vaardigheden aan bod komen bv.:

- een werkplan opstellen;
- benodigheden selecteren;
- een proefopstelling maken;
- doelgericht, vanuit een hypothese of verwachting, waarnemen;
- inschatten hoe een waargenomen effect kan beïnvloed worden;
- zelfstandig (alleen of in groep) een opdracht/experiment uitvoeren met aangereikte techniek, materiaal, werkschema;
- materieel correct hanteren: glaswerk, meetapparatuur (multimeters, computer gestuurde sensoren...);
- onderzoeksgegevens geordend weergeven in schema's, tabellen, grafieken ...

Bij het uitvoeren van metingen zijn er verschillende taken zoals het organiseren van de werkzaamheden, de apparatuur bedienen, meetresultaten noteren ... De leden van een onderzoeksgroepje kunnen elke rol opnemen tijdens het onderzoek.

AD4

REFLECTEREN

Over een waarnemingsopdracht/experiment/onderzoek en het resultaat reflecteren.

W1, W2,
W3, W4,
SET4,
SET31

Wenken

Reflecteren kan door:

- resultaten van experimenten en waarnemingen af te wegen tegenover de verwachte resultaten rekening houdende met de omstandigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden;

- de onderzoeksresultaten te interpreteren, een conclusie te trekken, het antwoord op de onderzoeksvraag te formuleren;
- de aangewende techniek en de concrete uitvoering van het onderzoek te evalueren en eventueel bij te sturen;
- experimenten of waarnemingen in de klassituatie te verbinden met situaties en gegevens uit de leefwereld;
- een model te hanteren of te ontwikkelen om een wetenschappelijk (chemisch, biologisch of fysisch) verschijnsel te verklaren;
- Vragen over de vooropgestelde hypothese te beantwoorden:
 - Was mijn hypothese (als ... dan ...) of verwachting juist?
 - Waarom was de hypothese niet juist?
 - Welke nieuwe hypothese hanteren we verder?

AD5

RAPPORTEREN

Over een waarnemingsopdracht/experiment/onderzoek en het resultaat rapporteren.

W1, W3,
W4,
SET4,
SET31**Wenken**

Rapporteren kan door:

- alleen of in groep waarnemings- en andere gegevens mondeling of schriftelijk te verwoorden;
- samenhangen in schema's, tabellen, grafieken of andere ordeningsmiddelen weer te geven;
- alleen of in groep verslag uit te brengen voor vooraf aangegeven rubrieken;
- alleen of in groep te rapporteren via een poster.

Rapporteren kan variëren van GESTUURD naar MEER OPEN.

Met gestuurd rapporteren bedoelen we:

- aan de hand van gesloten vragen (bv. een keuze uit mogelijke antwoorden, ja-nee vragen, een gegeven formule invullen en berekenen) op een werkblad (opgavenblad, instructieblad ...);
- aan de hand van een gesloten verslag met reflectievragen.

Met meer open rapporteren bedoelen we:

- aan de hand van open vragen op een werkblad;
- aan de hand van tabellen, grafieken, schema's die door de leerlingen zelfstandig opgebouwd worden;
- aan de hand van een kort open verslag waarbij de leerling duidelijk weet welke elementen in het verslag moeten aanwezig zijn.

Reflecteren en rapporteren zijn processen die elkaar beïnvloeden en waarvan de chronologische volgorde niet strikt te bepalen is.

4.2 Wetenschap en samenleving

Ons onderwijs streeft de vorming van de totale persoon na waarbij het christelijk mensbeeld een inspiratiebron kan zijn om o.a. de algemene doelstellingen m.b.t. 'Wetenschap en samenleving' vorm te geven. Deze algemene doelstellingen, die ook al in de 2de graad aan bod kwamen, zullen nu in toenemende mate van zelfstandigheid als referentiekader gehanteerd worden.

Enkele voorbeelden die vanuit een christelijk perspectief kunnen bekeken worden:

- de relatie tussen wetenschappelijke ontwikkelingen en het ethisch denken;
- duurzaamheidsaspecten zoals solidariteit met huidige en toekomstige generaties, zorg voor milieu en leven;
- oog hebben voor veiligheid bij de uitvoering van experimenten (vb. niet met laser recht in de ogen schijnen, rekening houden met eventuele straling).
- respectvol omgaan met het 'anders zijn': anders gelovigen, niet-gelovigen, genderverschillen.

AD6	MAATSCHAPPIJ	W6, W7, SET25, SET26, SET27, SET28
-----	---------------------	--

Wenken

In de 2de graad kwamen al ecologische, ethische en technische aspecten aan bod. In de 3de graad komen er socio-economische en filosofische aspecten bij.

De wisselwerking kan geïllustreerd worden door de wederzijdse beïnvloeding (zowel negatieve als positieve) van wetenschappelijk-technologische en maatschappelijke ontwikkelingen.

Elektriciteit en de daarmee gepaard gaande ontwikkeling van de technologie heeft ons leven de laatste 100 jaar ingrijpend veranderd. Wetenschap en techniek zorgden ook voor meer mobiliteit en communicatie (auto's, computers, GPS, GSM...) die op hun beurt voor problemen zorgden (luchtvervuiling, energieproblematiek, afvalproblematiek, straling...) wat weer een impuls geeft aan wetenschap en techniek om dit op te lossen (alternatieve energiebronnen zoals kernsplijting, zonne-energie, windenergie, kernfusie, H₂ en gebruik van andere materialen, recyclage...).

Wetenschappelijke kennis wordt ingezet bij maatschappelijke debatten: milieu, kernenergie, giftransporten, chemische en biologische oorlogvoering.

Op filosofisch vlak wordt de aard van de natuurwetenschappelijke disciplines geduid.

- Laten zien dat de wetenschappelijke concepten en modellen die de fysica gebruikt abstracties zijn van de werkelijkheid.
- De aard van wetenschappen, 'hoe wetenschappen werkt' verklaren met concrete voorbeelden van filosofische opvattingen. Wat betekent het dat een experiment een theorie verifieert of falsifieert, dat een theorie nooit bewezen kan worden door het experiment noch eruit kan afleid worden.

AD7	CULTUUR	W7, SET26, SET27, SET28
-----	----------------	----------------------------------

Wenken

De invloed van fysica op de literatuur en de kunsten:

- wetenschap kan een inspiratiebron zijn voor schrijvers (Jules Verne, Hergé, I. Asimov, Dan Brown), filmmakers (science fiction, detectivereeksen) en kunstenaars (da Vinci, Panamarenko).

De invloed van fysica op de technologie:

- de grote beeldschermen, aanraakschermen, versterking van geluid (micro en luidspreker), elektronische muziek bij allerlei concerten, wifi, bluetooth, satellietverbindingen, gps;

- evolutie van optische geheugenopslag (cd-rom, dvd, blue-ray);
- spin-offs van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek hebben grote invloed op onze cultuur (bv. het internet is vanuit CERN ontstaan).

Voorbeelden van mijlpalen in de historische en conceptuele ontwikkeling van de natuurwetenschappen:

- het beeld van het heelal volgens de Newtoniaanse mechanica;
- wetten van elektriciteit en elektromagnetisme en de technologische ontwikkelingen die hier het gevolg van zijn;
- de Big Bang theorie.

De invloed van fysica op andere domeinen:

- dateringstechnieken voor archeologische vondsten;
- nieuwe technieken toegepast in de kunst, zowel voor het maken van kunst als voor de analyse en conservering ervan (doorlichten van schilderijen zoals het Lam Gods).

Natuurwetenschappelijke opvattingen worden gedeeld door vele personen en overgedragen aan toekomstige generaties (ze behoren tot onze cultuur). De onderzoeksstrategieën en bijhorende analyses van gegevens die mede vanuit de natuurwetenschappen zijn ontwikkeld, worden ook met succes toegepast in menswetenschappen zoals psychologie en sociologie.

AD8	DUURZAAMHEID Bij het verduidelijken van en het zoeken naar oplossingen voor duurzaamheidsvraagstukken wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op grondstoffen, energie en het leefmilieu.	W4, W6, SET6, SET24
-----	--	---------------------------

Wenken

Enkele voorbeelden die aan bod kunnen komen in de lessen fysica:

- ontwikkeling van energiezuinige verlichting: spaarlampen, LED-verlichting;
- opwekken van energie via zonnepanelen en windturbines;
- afwegen van kernenergie uit splijting of mogelijke fusie in de toekomst;
- afwegen (kwantitatief) van energieomzetting via kerncentrales en klassieke thermische centrales versus het gezamenlijk inzetten van hernieuwbare energievormen zoals zonneënergie en windenergie en dit linken aan de opwarming van de aarde;
- bewustwording en sensibilisering omtrent duurzaam gedrag op het vlak van energieverbruik.

4.3 Meten, meetnauwkeurigheid en grafieken

Onderstaande algemene doelstellingen, die ook al in de 2de graad aan bod kwamen, zullen in toenemende mate van zelfstandigheid en complexiteit gehanteerd worden.

AD9	GROOTHEDEN EN EENHEDEN Het onderscheid tussen grootheid en eenheid aangeven en de SI-eenheden met hun respectievelijke veelvoud en delen gebruiken.	W4, W5
-----	---	--------

Wenken

Een grootheid wordt uitgedrukt als een product van een numerieke waarde (een getalwaarde) en de corresponderende eenheid. Er moet belang gehecht worden aan de manier waarop de afgeleide eenheden gedefinieerd worden. Het is belangrijk dat leerlingen beseffen hoeveel precies één eenheid van de grootte is. Een aantal voorbeelden uit hun leefwereld en hun interesses geeft hen een gevoel van de grootte ervan. Hierbij kunnen veel voorkomende veelvoud en delen aan bod komen.

Bij het oplossen van rekenopdrachten is het de taak van de leraar de leerlingen op het praktisch voordeel van de coherentie in het SI te wijzen.

Alhoewel het toepassen van de SI- eenheden verplicht is, zijn er sommige niet SI- eenheden zoals kWh en eV toch toegestaan.

AD10

MEETTOESTELLEN EN MEETNAUWKEURIGHEID

W4

De gepaste toestellen kiezen voor het meten van de behandelde grootheden en de meetresultaten correct aflezen en noteren.

Wenken

De discussie rond de geschikte keuze is verrijkend en geeft inzicht in het meten als proces zelf, wat op zijn beurt de kwaliteit van het onderzoek bepaalt.

Het aflezen is niet vrijblijvend. De kenmerken van het toestel (nauwkeurigheid) moeten gekend zijn. Ook de betrouwbaarheid is hier een element: staat de meter op nul bij de start, staat hij terug op nul na afloop?

Bij zeer kleine en zeer grote getallen kan je gebruik maken van machten van tien. Het letterlijk toepassen van wat men soms de wetenschappelijke notatie (één beduidend cijfer voor de komma) noemt, is niet gewenst en leidt tot zaken zoals een deur van $8,3 \cdot 10^{-1}$ m. Er is niets mis met 0,83 m en hierbij krijg je meer oog voor het inschatten van grootteorden.

AD11

BEREKENINGEN

W3

Bij berekeningen waarden correct weergeven, rekening houdend met de beduidende cijfers.

Wenken

Leerlingen moeten er zich voortdurend van bewust zijn dat cijfers communiceren met anderen, impliciete informatie bevat over de fout/nauwkeurigheid van de metingen en berekeningen. Zij voeren een eerlijke communicatie, rekening houdend met de kwaliteit van de metingen en berekeningen. Het oordeelkundig gebruik van beduidende cijfers is hierbij aangewezen. Het is niet de bedoeling systematisch foutentheorie toe te passen. Enkele vuistregels volstaan.

AD12

GRAFIEKEN

Meetresultaten grafisch voorstellen in een diagram en deze interpreteren.

Wenken

- In vergelijking met de 2de graad komen hier enkele extra verbanden bij: tweedegraadsfunctie, exponentiële en logaritmische verbanden, vierkantswortel.
- Interpreteren kan inhouden (naargelang de situatie):
 - recht en omgekeerd evenredige verbanden tussen factoren ontdekken;
 - stijgen en dalen van een curve verbinden met fysische grootheden;
 - vorm van een curve herkennen en/of benoemen en verbinden met de vorm van de formules;
 - oppervlakte **onder een curve koppelen aan een fysische grootheid.**

Veel computergestuurde programma's kunnen een hele reeks numerieke analysetechnieken aan. Met een rekenblad kunnen leerlingen via de optie "trendlijn" het verband tussen de gemeten grootheden en de kwaliteit van de analyse achterhalen.

5 Leerplandoelstellingen

Bij het realiseren van de leerplandoelstellingen staan de algemene doelstellingen centraal.

De leraar kiest uit de voorgestelde modules in 5.7 minstens één module in het vijfde jaar en één module in het zesde jaar. Een module duurt minstens 6 lessen. De doelstellingen van de twee gekozen modules worden ook als basisdoelstellingen beschouwd en als dusdanig geëvalueerd.

Eerste leerjaar van de 3de graad

5.1 Elektriciteit

(ca 20 lestijden)

B1	Elektrische verschijnselen uit de leefwereld weergeven en hun belang beschrijven.	
<p>Wenken</p> <p>De leerlingen brengen aan wat ze (her)kennen. Ook AD6 en AD7 worden hier nagestreefd. Deze doelstelling kan geïntegreerd met de andere doelstellingen van dit hoofdstuk gerealiseerd worden.</p>		
B2	De onderlinge wisselwerking tussen ladingen beschrijven en in formulevorm weergeven.	SET1, SET3, SET5, SET12
<p>Wenken</p> <p>De geschiedenis van het ontdekken van ladingen houdt onder andere in dat er twee soorten wisselwerkingen bestaan, waaruit afgeleid wordt dat er twee soorten ladingen bestaan.</p> <p>Het onderscheid tussen de eigenschap "lading hebben" bij de elementaire deeltjes elektron, proton en neutron en de eigenschap "geladen zijn" van een voorwerp, komt hier aan bod.</p> <p>Deze doelstelling legt een verband met het gebruik van het begrip "lading" in de chemie en de biologie. AD 9 wordt hier toegepast.</p> <p>Moleculen worden gevormd door elektrostatische krachten.</p> <p>De eenheid coulomb is nieuw en kan niet met de reeds gekende eenheden gedefinieerd worden. De eenheid coulomb wordt pas gedefinieerd met de eenheid ampère en de seconde.</p> <p>De kleinste waarde voor een ladingsgrootte is die van het proton. Alle andere zijn daar veelvoudenvan: kwantisatie van ladingen. Men kan weergeven hoeveel elektronen er nodig zijn om 1C lading te hebben.</p> <p>Vervolgens bespreekt men de interacties. De coulombkracht wordt in formulevorm beschreven (scalair) en plausibel gemaakt.</p>		

Nummerleerplandoelstelling

Verwoording doelstelling

Verwijzing naar eindtermen (zie hoofdstuk 8)

Wenken

V2	De invloed van permittiviteit van een stof op de kracht tussen ladingen beschrijven .	
<p>Wenken</p> <p>De evenredigheidsconstante in de wet van Coulomb (dikwijls k genoemd) kan ook geschreven worden in termen van 4π en de permittiviteit ϵ.</p> <p>De eerste verwijst naar de wetten van Maxwell, en beschrijft de volledige ruimtehoek, wat te verbinden valt met het idee van veldlijnen. De tweede geeft een eigenschap aan van een stof, dit keer wat betreft elektrostatische eigenschappen.</p> <p>De permittiviteit (in vacuüm) is direct gelinkt met de lichtsnelheid (zie ook permeabiliteit).</p>		
B3	De mate van beweging van (vrije) elektronen bij verschillende vaste stoffen uit proeven vaststellen, visueel voorstellen en verklaren op basis van de elektronenconfiguratie.	SET 2, SET3, SET12
<p>Wenken</p> <p>“Uit proeven” betekent via leerlingenproefjes, demonstraties of via allerlei media.</p> <p>Enkele proefjes over nadering zonder contact of bij contact met een externe lading (elektrofoor en andere) komen aan bod. Men kan stil staan bij de vaststelling dat ladingen op afstand een kracht uitoefenen op andere ladingen, zelfs indien die zich in een (ander) voorwerp bevinden.</p> <p>Eventueel kan je hier via een 2-dimensionale voorstelling van een kristalrooster halfgeleiding toelichten.</p> <p>Niet alleen metalen zijn elektrisch geleidend. Men kan hier o.a. verwijzen naar zenuwgeleiding (in biologische systemen) en geleidende kunststoffen. Ook supergeleiding kan hier aan bod komen.</p> <p>In het inwendige van geleidende materialen bewegen zeer veel elektronen snel en kras door elkaar. Slechts wanneer men er in slaagt deze beweging gericht te beïnvloeden kan er sprake zijn van een echte, netto ladingsstroom. De invloed van de temperatuur op de weerstand van metalen kan hier aan bod komen. Door een hogere temperatuur zullen de atomen in het rooster heviger trillen. Dit verstoort de beweging van de vrije elektronen.</p>		
B4	De resulterende coulombkracht op een lading ten gevolge van verscheidene ladingen in een eenvoudige geometrie berekenen met een krachtenanalyse.	SET 2, SET3, SET12
<p>Wenken</p> <p>De coulombkracht beschrijft de kracht tussen lichamen die een netto lading hebben, het is een vectoriële grootte. De analyse betreft bijgevolg naast de grootte, ook richting, zin en aangrijpingspunt.</p> <p>De bespreking met twee ladingen kan uitgebreid worden naar drie ladingen op één lijn.</p> <p>De historische achtergrond bij deze wet is interessant.</p>		
B5	Radiale, homogene en dipoolvelden beschrijven , hun veldlijnenpatroon tekenen , en de ladingsconfiguratie waardoor ze opgewekt worden, beschrijven .	SET1, SET 2, SET3, SET5, SET12
<p>Wenken</p> <p>Het elektrisch veld is een vectorveld. De krachtvectoren liggen rakend aan de veldlijnen. De voorstelling met veldlijnen is dus niet hetzelfde als het gebruik van hoogtelijnen, isothermen en isobaren in de aardrijkskunde. Ook de conventie i.v.m. de veldlijndichtheid wordt meegegeven (hoe groter de veldkracht, hoe dichter de veldlijnen bij elkaar).</p>		

Een veldlijn is niet het traject van een lading dat van + naar – loopt of omgekeerd. Ze wordt opgebouwd uit opeenvolgende statische situaties.

Het bestaan van krachten is inherent aan het bestaan van een elektrisch veld. Naast het zwaartekrachtveld is dit het tweede soort krachtveld waar leerlingen kennis mee maken.

Volgende voorbeelden kunnen dit thema ondersteunen: spitswerking, kooi van Faraday, schermwerking, ladingsdichtheid (is het grootst waar de kromming het grootst is).

B6	Het elektrisch veld analyseren en de veldvector \vec{E} tekenen in verschillende punten van een radiaal, homogeen en dipoolveld.	SET 2, SET3
----	--	----------------

Wenken

Met analyseren bedoelen we de richting en de zin bepalen. Het doel is niet altijd de grootte (de elektrische veldsterkte) te berekenen. Leerlingen beargumenteren hun analyse.

Mogelijke contexten: een stroomvoerende draad, geladen wolken en aardoppervlak, bliksemafleiders ...

De elektrische veldvector is een begrip dat toelaat verschillende velden of verschillende plaatsen in één veld met elkaar te vergelijken wat betreft krachtwerking. Het is de kracht op steeds dezelfde lading nl. precies één coulomb.

Het is niet de bedoeling complexe berekeningen te maken met hoekmakende veldvectoren.

B7	De arbeid op een puntlading, die zich verplaatst onder invloed van een homogeen elektrisch veld, definieren .	
----	--	--

B8	Deze arbeid hanteren om de potentiële energie van een geladen deeltje te bepalen .	SET8
----	--	------

Wenken

De arbeid wordt gedefinieerd als een verschil van potentiële energie van een geladen deeltje.

De conventie i.v.m. het nulpunt van de E_p wordt meegegeven. Een positieve en een negatieve lading verplaatsen in een homogeen veld en de energieverandering berekenen.

Het analoge geval van het lokale homogene zwaarteveld aan het aardoppervlak kan uitgewerkt worden ter verduidelijking van de begrippen. Wanneer potentiaal gedefinieerd werd kan de spanning als potentiaalverschil aangebracht worden.

De potentiaal van een punt in een homogeen elektrisch veld kan hier eenvoudig gedefinieerd worden, maar is niet noodzakelijk voor de opbouw van de leerstof.

B9	Spanning definiëren als het verschil van potentiële elektrische energie per hoeveelheid lading tussen twee punten.	F6, SET8
----	---	-------------

Wenken

Potentiële energie, energieomzetting, potentiaal, spanning zijn abstracte begrippen. Via een aantal goed-gekozen voorbeelden kunnen ze meer geconcretiseerd worden. De eenheid volt en de afgeleide eenheid eV wordt gedefinieerd (AD9).

B10	Het ontstaan van een elektrische stroom, als gevolg van een spanning, met een model op atomaire schaal toelichten .	F6
-----	--	----

Wenken

Men kan wijzen op het feit dat de gemiddelde (verplaatsings) snelheid klein is in vergelijking met de eigen snelheid van de elektronen.

De conventie i.v.m. de stroomzin geven (zin waarin positieve ladingen zouden bewegen).

De stroomsterkte definiëren als de netto hoeveelheid lading die per eenheid van tijd door een doorsnede van de geleider stroomt. Hieruit volgt het verband tussen de ampère en de coulomb als eenheid. De eigenlijke definitie van 1A komt pas bij krachtwerking van evenwijdige geleiders op elkaar via hun magnetisch veld (B22).

De afgeleide eenheid Ah (of mAh) is hier interessant om te bespreken.

Het is aan te bevelen om deze begrippen te concretiseren in enkele voorbeelden: de elektrofoor, de bliksem (in de benadering dat hij verticaal is), het elektrisch snoer aangesloten op een gelijkspanningsbron.

Als uitbreiding kan de elektrische stroom op atomaire schaal in andere materialen/toestanden beschreven worden: in vloeistoffen, in chemische reacties/batterijen, in halfgeleiders, bij bliksem en in plasma's. Ook in levende organismen treden elektrische stromen op.

B11

De symbolen van elektrische schakelementen in een kring **herkennen en hanteren**.

SET 2

Wenken

Dit zijn hulpmiddelen om efficiënt te kunnen werken. Leerlingen kunnen een schema vertalen in een schakeling, maar ook een schakeling schematisch weergeven.

Bij het opstellen en tekenen van schakelingen (bv. tijdens een practicum) met een bron, weerstanden, ampèremeter en voltmeter of bij bepaalde oefeningen worden symbolen gehanteerd.

B12

Het verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand voor een element in een gelijkstroomkring **onderzoeken en toepassen**.

F6,
SET3,
SET4

Wenken

Een grafische benadering (AD12) van de experimentele resultaten is mogelijk. Het toepassen van de wet van Ohm gebeurt in de eerste plaats in concrete eenvoudige voorbeelden. De temperatuursafhankelijkheid van weerstanden kan hier ook aan bod komen.

Het is belangrijk na te gaan of leerlingen in het tweede jaar hieromtrent al inzichten verworven hebben.

AD9 en AD 10 komen hier aan bod.

Taaltip

Weerstand kan meerdere betekenissen hebben: het voorwerp zelf, de eigenschap (weerstandswaarde, R -waarde) maar ook het proces, de dynamische betekenis in "weerstand bieden" bijvoorbeeld.

B13

De formules voor vermogen en energieomzetting van een elektrisch toestel **weergeven, interpreteren en hanteren in toepassingen**.

F6,
SET8

Wenken

Het begrip vermogen dat reeds in het vierde jaar werd gedefinieerd kan gecombineerd worden met de formule van Joule (bij energieomzetting in warmte) en de wet van Ohm om tot nieuwe formules te komen. Deze kunnen dan ingezet worden bij het bespreken van toepassingen en het oplossen van oefeningen.

Oefeningen kunnen gebaseerd zijn op informatieplaatjes (etiketten) op huishoudtoestellen.

B14

Spanning, stroomsterkte, weerstand en vermogen **in eenvoudige schakelingen** van weerstanden **bepalen**.

F6,
SET2,
SET3,
SET4

Wenken

Het gaat hier om het bepalen van genoemde waarden in elke weerstand afzonderlijk, voor sommige takken en voor het geheel.

Gemengde schakelingen worden ook behandeld. Eenvoudig wordt hier opgevat als “met niet te veel” weerstanden. Oefeningen situeren zich binnen relevante situaties.

Bepalen betekent dat het zowel om metingen als berekeningen gaat.

Hoewel de doelstelling duidelijk kwantitatieve bepalingen vermeldt, zijn conceptuele denkoefeningen bijzonder geschikt om inzicht te krijgen in de eigenschappen van schakelingen van weerstanden.

B15

Gevaren en veiligheidsmaatregelen bij gebruik van elektriciteit **kennen**.

W5

Wenken

Aarding, isolatie, differentieelschakelaar, automatische zekeringen... zullen hier aan bod komen. Het is de bedoeling dat de toestellen als zwarte doos beschouwd worden: het functionele telt, het inwendige van de toestellen beschrijven en begrijpen is hier niet nodig.

Mogelijke demo-experimenten

- plastic lus laten zweven boven gewreven pvc buis
- gistkorrels laten springen van plastic lepeltje
- proeven met de elektroscop, de elektrofoor en de galg-elektrofoor.
- volt- en ampèremeter leren instellen (meetbereik en nauwkeurigheidsgraad) en correct leren schakelen

Mogelijke practica

- metingen:
 - de spanning van gebruikte batterijen meten;
 - stroomsterkte en spanning meten in een eenvoudige kring met lampjes bij verschillende spanning;
 - spanning en stroomsterkte meten op verschillende plaatsen in een gegeven schakeling met lampjes in serie of in parallel.
- bepalen van het vermogen van apparaten
- zoeken van wetmatigheden tussen stroomsterkte, spanning, weerstanden en vermogens in bepaalde schakelingen
- zoeken van wetmatigheden bij draden als weerstand
- zoeken van wetmatigheden bij het verband tussen weerstand en temperatuur
- zoeken van een verband tussen de spanning waarbij een LED lamp gaat branden en de kleur ervan
- onderzoek naar het verband tussen vermogen, lichtsterkte, levensduur en prijs van lampen
- onderzoek naar het verband tussen spanning, aantal oplaadbeurten, ladingscapaciteit van oplaadbare batterijen

5.2 Elektromagnetisme

(ca 16 lestijden)

B16	Technische toepassingen en natuurlijke verschijnselen in verband brengen met magnetische krachten.	
Wenken Het kompas, magneten in cd-rom toestellen, neodymiummagneten, het gaussgeweer, magnetiet, aardmagnetisme zijn mogelijke toepassingen. Magnetische influentie kan geïllustreerd worden met een proef en geduid worden naar analogie met elektrische influentie. Het is duidelijk dat het vectoriële aspect weer belangrijk is. Er is geen zichtbare magnetische invloed op de meeste vaste stoffen, vloeistoffen en gassen. Dit is belangrijk want bij een verklaring van magnetisme wordt hiermee rekening gehouden. Zowel permanente magneten als elektromagneten kunnen aan bod komen.		
B17	De onderlinge wisselwerking tussen magnetische polen (noord- en zuidpool) beschrijven .	SET1, SET3, SET5, SET12
B18	Uit het macroscopisch gedrag van elektromagneten besluiten dat bewegende ladingen magneetvelden opwekken.	F7, SET3, SET12
Wenken Wanneer men ladingen door een geleider laat stromen kan een magneet in de buurt beïnvloed worden: de proef van Oersted is in deze context van historisch belang (éénmaking van elektriciteit en magnetisme tot elektromagnetisme: een eerste stap in de unificatie van de theoriën). De kracht die een elektromagneet (draad, lus, spoel) uitoefent op een pool van een kompasnaald komt hier aan bod. Het inzicht dat bewegende ladingen een magnetisch veld opwekken is belangrijk om te beseffen dat ze dan zelf ook gevoelig zijn voor externe magnetische velden. Dankzij elektromagneten beschikt de mens over regelbare magneten.		
B19	Aan de hand van het magnetisch veldlijnenpatroon, kenmerken van het magnetisch veld in de buurt van permanente magneten en elektromagneten herkennen, benoemen en aangeven met welke configuratie ze tot stand kunnen komen.	F7, SET12
Wenken De invloed van een magnetisch veld wordt volgens afspraak aangetoond via de kracht op de N-pool van een naaldmagneet. Er wordt steeds vectorieel gewerkt. De beïnvloeding kan duidelijk gemaakt worden met ijzervijlsel. Voorlopig ligt de focus op de veldlijnenpatronen. Volgende aspecten kunnen aan bod komen: de aarde als magneet, de invloed die het aardmagnetisme heeft op het ontstaan van magnetische materialen, de trek der vogels, het opvangen van energierijke interstellare (stof)deeltjes.		

De magnetische veldlijnenpatronen worden verwezenlijkt met verschillende soorten en vormen van magneten. Homogene en dipoolvelden zijn interessante, bijzondere voorbeelden. Het gaat dikwijls om een vlakke doorsnede van een driedimensionaal veld. Op die manier lijken ook radiale velden te bestaan, wat principieel onmogelijk is omdat er geen magnetische monopolen bestaan.

Magnetische velden zijn het derde soort veld waarmee kennis gemaakt wordt.

Het verband tussen de veldlijndichtheid en de sterkte van de veldkracht is van belang. Hierbij wordt de conventie i.v.m. de veldlijndichtheid meegegeven naar analogie met elektrische velden.

B20	Het vectorieel karakter van een magnetisch veld analyseren en hiervoor de veldvector \vec{B} hanteren .	F7
-----	---	----

Wenken

Analyse slaat op richting en zin van de kracht die de noordpool van een magneet ervaart in een punt van het veld. Ook een indicatie van de grootte kan aan bod komen.

De analyse kan zowel bij permanente magneten als bij elektromagneten.

Regel van de rechterhand is een mnemotechnisch middel om de oriëntatie te bepalen bij elektromagneten.

B is het symbool voor de magnetische veldsterkte, de grootte van de magnetische veldvector \vec{B} .

B21	De magnetische veldsterkte nabij een rechte draad, een lus en in een spoel onderzoeken .	F7, SET4
-----	---	----------

Wenken

Onderzoeken slaat hier ook op de grootte van de B .

De eenheid voor de magnetische veldsterkte is de tesla, gemeten met een teslameter. Met een teslameter kan de invloed van de factoren (afstand, stroomsterkte, middenstof, aantal windingen, lengte of windingsdichtheid) rechtstreeks gemeten worden, zowel in een spoel als (eventueel) in de buurt van een rechte geleider. Hierbij wordt de teslameter als blackbox beschouwd.

Het zal bij de inleidende proeven al duidelijk worden dat de stand van de teslameter zeer belangrijk is.

De invloed van de middenstof wordt gegeven door de stofeigenschap permeabiliteit.

Er is een verband tussen de formules voor B bij een rechte draad en spoel.

V21	Ferro-, para- en diamagnetische eigenschap van een middenstof beschrijven .	SET12
-----	--	-------

Wenken

De permeabiliteit is een stofeigenschap. Sterke permanente magneten zijn ferromagneten. Kopersulfaat is een paramagnetische stof en water is bijvoorbeeld (net als bismuth) diamagnetisch. Supergeleiders zijn perfecte diamagneten.

De sterkte van een magneet hangt af van de temperatuur. Men kan faseovergangen van magnetische eigenschappen bewerkstelligen (van ferro- naar paramagneten) door de curietemperatuur te passeren met bijvoorbeeld nikkel of gadolinium.

De permeabiliteit (in vacuüm) is een interessante grootte omdat ze ook sterk gelinkt is aan de lichtsnelheid.

B22	De kracht op een bewegende lading in een magnetisch veld bepalen .	F7, SET4, SET12
-----	---	--------------------

Wenken

De richting, de zin en de grootte van de lorentzkracht komen hier aan bod. Mogelijke gevallen: rechte stroomgeleider in homogeen veld, kader in een homogeen veld, twee rechte stroomgeleiders, vrije bewegende lading (experiment van Thomson).

De lorentzkracht heeft verschillende verschijningsvormen. Er zijn ook verschillende mogelijke methoden om de lorentzkracht te bepalen. Zowel de formule voor de macroscopische situatie als die voor de kracht op bewegende ladingen zijn belangrijk.

Het verband tussen de stroomsterkte en de grootte van de lorentzkracht tussen evenwijdige geleiders geeft aanleiding tot de definitie van de eenheid van stroomsterkte. Toepassingen zijn onder andere het halleffect dat in een teslameter gebruikt wordt en deeltjesversnellers.

B23

De definitie van de magnetische veldsterkte B interpreteren.

Wenken

Uit de formule voor de lorentzkracht volgt de definitie van B . Het vectoriële aspect komt aan bod. Naast het vastleggen van de formule voor B en de bijhorende eenheid is het van belang deze begrippen ook met woorden verder toe te lichten. De eenheid tesla (AD9) wordt hier geduid, in het kielzog van de interpretatie van de definitie van B .

B24

In technische toestellen en natuurlijke verschijnselen de lorentzkracht als basisprincipe herkennen en duiden.

F7

Wenken

Mogelijke toestellen: de gelijkstroommotor, de luidspreker, teslameter; massaspectroscopie, deeltjesversnellers.

B25

De oorsprong van het magnetisme bij magnetische materialen uitleggen aan de hand van het atoommodel van de materie en hiermee magnetische verschijnselen verklaren.

SET1,
SET 2,
SET3,
SET5,
SET12

Wenken

Een elektron veroorzaakt een klein magnetisch veld omwille van haar eigenschap "spin". Beide zijn verbonden. Het magnetisch veld kan maar twee standen hebben en niets ertussenin (Stern-Gerlach). Net zoals massa en lading is het een fundamentele eigenschap van dat deeltje. Magnetische verschijnselen kunnen uit de natuur (het noorderlicht) en het dagelijks leven gekozen worden. Allerlei experimenten kunnen het denken van leerlingen aanscherpen: curietemperatuur, gaussgeweer.

B26

De inductiespanning over de uiteinden van een bewegende geleider in een magnetisch veld met de lorentzkracht verklaren.

SET 2,
SET3

Wenken

Dit legt het basisprincipe uit van het ontstaan van inductiespanning. Van stroom is geen sprake omdat er geen gesloten kring is.

B27

De magnetische flux als een vloed van een magnetisch veld doorheen een oppervlakte beschrijven en de formule opstellen.

SET 2,
SET3

Wenken		
Men kan hier sterk steunen op voorgaande doelstellingen. Zie ook B19 en B20.		
B28	Het ontstaan van de inductiespanning door een verandering van de magnetische flux door de oppervlakte van een gesloten geleider uitleggen en de kenmerken van die inductiespanning geven .	F7, SET2, SET3, SET12
Wenken		
Het proces van “verandering” is hier cruciaal. Men kan dit op een kwalitatieve wijze met veel experimenten aantonen. Vermits het om “snelle” verschijnselen gaat is een meting met pc opportuun.		
B29	De werking van technische toestellen die gebaseerd zijn op inductiespanning uitleggen .	F7
Wenken		
Voorbeelden: stroomgeneratoren (turbines), een aantal fietsverlichtingssystemen en elektrische noodrem bij bussen.		

Mogelijke demo-experimenten

- proef van Ampère (kracht tussen evenwijdige stroomvoerende draden)
- proef van Oersted
- magnetiseren en demagnetiseren van materialen met gelijkstroom respectievelijk wisselstroom
- invloed van de middenstof op de magnetische veldsterkte (met teslasensor)
- tonen van de invloed van een sterke magneet op een diamagnetische, paramagnetische en ferromagnetische stof
- demonstreren van inductiestromen met een sterke magneet
- staafmagneet in ijzervijlsel rollen om de werking van de polen te tonen
- naaldmagneet in rust observeren om de polen te identificeren en via die kennis bij andere magneten N en Z bepalen
- een nagel in de buurt van een sterke hoefijzermagneet houden (zonder contact) en dan met de nagel in de buurt van paperclips of kleinere nagels komen (influentie aantonen)
- met een pool van een sterke hoefijzermagneet strijken langs een proefbuis met wat ijzervijlsel (proefbuis horizontaal houden)
 - met de uiteinden van de proefbuis in de buurt van een pool van een naaldmagneet komen om aan te tonen dat ze nu magnetisch is
 - schudden met de proefbuis en op dezelfde manier aantonen dat ze niet meer magnetisch is
- magneet in waterbak leggen en gemagnetiseerde naald verticaal door een stukje mousse of isomo steken en laten drijven op het wateroppervlak
- hoefijzermagneet houden over
- een brandende gloeilamp waarvan je de gloeidraad goed kan zien
- een kathodestraalbuis
- opwekken van inductiespanningen door het veranderen van de magnetische flux door een spoel
- maken en laten werken van een eenvoudige elektromotor

Mogelijke practica

- bepalen van de magnetische veldsterkte als functie van de afstand tot een permanente magneet of een stroomvoerende draad
- bepalen van de kracht die een permanente magneet uitoefent op een andere als functie van de afstand
- bepalen van de magnetische veldsterkte in een spoel als functie van de stroomsterkte, het aantal windingen en de lengte van de spoel
- bepalen van de permeabiliteit van lucht
- meten van de inductiespanning die een fietsdynamo, een knijpkat of een staaflamp (door schudden) opwekken

5.3 Kernfysica

(ca 8 lestijden)

B30	De basiskenmerken van de interacties tussen de bouwstenen van de materie op elk niveau benoemen .	SET1, SET 2, SET3, SET5, SET12
Wenken De bouw van atomen en de bijhorende elektronenconfiguratie komen uitgebreid aan bod in chemie. We breiden het atoommodel uit tot up en down quarks die protonen en neutronen samenstellen. Volgende interacties komen aan bod: coulombinteracties tussen geladen deeltjes (via fotonen), zwakke wisselwerkingen (waarbij leptonen , W en Z boodschapperdeeltjes betrokken zijn, en die overgangen tussen soorten quarks kunnen veroorzaken), sterke wisselwerkingen (tussen quarks, via gluonen). Het principe van boodschapperdeeltjes is 50 jaar oud. Boedschapperdeeltjes zijn gekwantiseerde energiepakketten die uitgewisseld worden bij interacties. Hier kan een uitweiding over het Higgsdeeltje gegeven worden.		
B31	Uit de massaverandering de bindingsenergie en de bindingsenergie per nucleon berekenen bij kernfusie en kernsplitsing en hieruit verklaren hoe deze kernreacties energie leveren.	F3, SET8, SET12, SET24
Wenken De studie van de bindingsenergie per nucleon is interessant voor isotopen van één atoomsoort en voor isotopen van verschillende atoomsoorten maar met gelijk aantal kerndeeltjes. De hypothese van Einstein over equivalentie van massa en energie $E=m.c^2$, volgend uit de speciale relativiteitstheorie, is hier essentieel.		
B32	De aard van α -, β - en γ -emissie weergeven in een vervalproces en het ioniserend en doordringend vermogen van elk ervan bespreken .	F3, SET1, SET5, SET9, SET12, SET24
B33	Effecten van ioniserende straling op mens en milieu toelichten .	F3

Wenken

Alle vervalprocessen eindigen in een lagere energieinhoud van de eindproducten ten opzichte van de beginproducten.

Bij het weergeven van het vervalproces komen de transmutatieregels aan bod. Een verdere uitdieping kan aan bod komen in de module elementaire deeltjes fysica.

Ioniserende emissie vormt bij absorptie in een middenstof ionen, in tegenstelling tot gewoon licht. Röntgenstraling en radioactieve emissie ioniseren. In de natuur komen voornamelijk drie soorten emissie door radioactieve kernen voor: α -, β - en γ .

B34

Het vervalproces van een radionuclide in functie van de tijd **grafisch voorstellen** en **eenvoudige berekeningen uitvoeren** bij reële voorbeelden waarbij de halveringstijd en de activiteit een rol speelt.

F3,
SET21,
SET24

Wenken

De grafische voorstelling biedt voldoende mogelijkheden om de rol van radioactief verval in verschillende processen kwantitatief toe te lichten. Het is niet de bedoeling om de exponentiële functie tijdens de lessen fysica in te voeren.

Reële voorbeelden zijn onder andere koolstafdatering, verval in medische tracers, verval van nucleair afval van kerncentrales en van radioactief materiaal dat door onderzoekers gebruikt wordt. De voorbeelden kunnen best gelinkt worden aan AD6, AD7 en AD8. Vervalprocessen liggen aan de basis van het ontstaan van zowat alle elementen in PSE. Dat mensen bestaan uit sterrenstof is een interessant gegeven om over te reflecteren.

B35

Illustreren dat het gebruik van radioactief materiaal zowel voordelen als nadelen kan hebben.

SET9,
SET21

Wenken

Enkele toepassingen ter illustratie: bij dateringsmethoden, in medische diagnose en therapie, in de kunst, bij het bewaren van voedsel. Ook milieugevaren en stralingsgevaren worden besproken..

Mogelijke demo-experimenten

- proef die halveringstijd illustreert
- indien voorhanden: proeven met een Geiger-Müller teller

Mogelijke practica

- bepalen van de energie per nucleon van allerlei isotopen van een atoomsoort, en dit voor een reeks atoomsoorten. Hiermee een energievallei op schaal maken.
- maken en laten werken van een nevelkamer en bètaverval fotograferen of filmen

Tweede leerjaar van de 3de graad

5.4 Dynamica en kinematica

(ca 22 lestijden)

B36	Met voorbeelden uit het dagelijks leven vectoriële snelheidsverandering koppelen aan het begrip kracht.	SET10
Wenken <p>In de 2de graad hebben de leerlingen gezien dat elke verandering van bewegingstoestand veroorzaakt wordt door een resulterende kracht op het bewegende voorwerp. We starten nu vanuit de vectoriële snelheidsverandering en koppelen dit aan verandering van bewegingstoestand.</p> <p>Zowel de eendimensionale als de cirkelvormige beweging komen aan bod: beide met een constante kracht.</p> <p>Kermistattracties en verkeerssituaties zijn dankbare contexten.</p> <p>Een kracht wordt steeds als vector benaderd.</p>		
B37	Het traagheidsbeginsel formuleren en herkennen in dagelijkse situaties.	F2, SET10
B38	De versnelling definiëren als de snelheidsverandering per tijdseenheid.	SET10
Wenken <p>Versnelling is een vectoriële grootheid. De stand van de vector is cruciaal in de bespreking.</p> <p>Voor de wiskundig voldoende sterke groepen kan men de ogenblikkelijke versnelling als gevolg van kracht zien als afgeleide van de snelheid naar de tijd. Bij een versnelling die constant is, krijgt men een EVRB. Bij een versnelling nul moet dan de snelheid constant zijn in de tijd en krijgt men een ERB.</p> <p>De algemene definitie kan men illustreren met twee (extreme) gevallen: de rechtlijnige beweging bij constante kracht met zelfde richting als de beweging, en de eenparig cirkelvormige beweging met een kracht loodrecht op de beweging.</p>		
B39	Het verband tussen massa, kracht en versnelling kwalitatief en kwantitatief beschrijven.	F2, SET10
Wenken <p>De tweede wet van Newton vectorieel beschrijven.</p> <p>De kwalitatieve benadering legt conceptueel uit hoe de drie grootheden in relatie staan tot elkaar. Massa als verhouding tussen oorzaak (kracht) en gevolg (versnelling), is dus een eigenschap van materie (traagheidsmassa).</p> <p>We beperken ons tot massa's die constant blijven in de tijd, zo blijft $F=m.a$</p>		

Het onafhankelijkheidsbeginsel is het toepassen van de tweede wet van Newton als er verschillende krachten werken, eventueel in verschillende richtingen. Het resultaat hangt niet af van de volgorde waarin de krachten toegepast worden. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit met een proefje te illustreren.

De kwantitatieve benadering van de doelstelling kan via proeven (waarbij de kracht constant blijft, of nul is) voor het geval van:

- de eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging;
- een beweging in een vlak bv. de ECB, horizontale worp.

B40	Het beginsel van actie en reactie formuleren en herkennen in dagelijkse situaties .	F2
-----	--	----

Wenken

Krachtenduo's tekenen met vectoren. Gevolgen voor de snelheid bespreken.

V40	De wetten van Newton schrijven aan de hand van de grootte impuls.	
-----	--	--

Wenken

De impuls (hoeveelheid van beweging) is een fysische grootte waarmee de wetten van Newton ook zeer goed beschreven kunnen worden. Kracht kan als impulsverandering per tijdseenheid gezien worden.

Uit de derde wet kan behoud van impuls afgeleid worden.

B41	Voor een rechtlijnig bewegend voorwerp, de positie en de snelheid bepalen in functie van de tijd wanneer op het voorwerp gedurende een bepaalde tijd een resulterende kracht werkt met constante grootte.	F1, SET4, SET10
-----	--	-----------------------

Wenken

Wagentje van een helling laten rollen.

Bij een vrije valbeweging de valtijd, snelheid en hoogte berekenen.

De transfer van wiskundige kennis verdient hier de nodige aandacht.

B42	De begrippen baan- of omtreksnelheid, periode, frequentie, hoeksnelheid, centripetale kracht en centripetale versnelling toepassen bij een eenparige cirkelvormige beweging.	F1 SET10
-----	--	-------------

Wenken

De specifieke grootheden voor de ECB worden gedefinieerd (AD9).

B43	Voor een cirkelvormig bewegend voorwerp, de positie en de snelheid bepalen in functie van de tijd wanneer op dat voorwerp gedurende een bepaalde tijd een resulterende kracht werkt met constante grootte.	F1 SET4, SET10
-----	---	----------------------

Wenken

Bij cirkelvormige bewegingen geldt de afstand langs de omtrek. Merk op dat kracht volledig gebruikt wordt voor de richtingsverandering, en dat (bij een eenparige beweging) de grootte van de snelheid gelijk blijft.

Voorbeelden, oefeningen en toepassingen kunnen hier aan bod komen. Ons zonnestelsel kan een bron van inspiratie zijn, net zoals de banen van allerlei soorten satellieten.

De wetten van Kepler kunnen op deze manier als opbouwende elementen voor de gravitatiekracht gezien worden. De gravitatiekracht werd als een valide wet erkend omdat ze de wetten van Kepler impliceerde.

B44	De formule voor de universele gravitatiekracht in verband brengen met de formule voor de zwaartekracht.	
B45	Het begrip gewicht omschrijven als kracht.	

Wenken

De universele gravitatiewet van Newton wordt gegeven (eventueel naar analogie met de coulombkracht), en aangewend om enkele dagelijkse begrippen wetenschappelijk correct te duiden. Door de twee formules met elkaar in verband te brengen kan men de factoren bespreken die een invloed uitoefenen op de valversnelling g .

Een beperkte unificatie wordt hier duidelijk: zowel de vallende appel als de baan van de maan kunnen met één wet verklaard worden. Ons zonnestelsel kan een bron van inspiratie zijn, net zoals de banen van allerlei soorten satellieten. De wetten van Kepler kunnen op deze manier als opbouwende elementen voor de gravitatiekracht gezien worden. De gravitatiekracht werd als een valide wet erkend omdat ze de wetten van Kepler impliceerde. Deze periode in de geschiedenis van de fysica heeft een ommekeer teweeg gebracht in het denken van de mensheid (paradigmaverandering): van geocentrisch naar heliocentrisch model van het zonnestelsel. (AD6)

Het kenmerk "massa" van een voorwerp kan op twee totaal verschillende manieren bepaald worden: als traagheidsmassa en als gravitatiemassa. Beide zijn gelijk. Het begrip gewichtloosheid krijgt ook aandacht.

Gewichtloosheid en vacuüm hebben niets met elkaar te maken! Astronauten zijn niet gewichtloos omdat ze buiten de dampkring zijn! Men kan vliegtuigen een paraboolbaan laten beschrijven (door de motoren even uit de schakelen) waarbij passagiers een aantal seconden gewichtloos kunnen zijn.

V45a	De relatie tussen de valversnelling en de gravitationele veldsterkte bespreken.	SET10
------	---	-------

Wenken

Valversnelling is onafhankelijk van de massa die ze ervaart (hamer en veertje op de maan).

Een gedachtenexperiment van Galilei (hamer en aambeeld) toont dit voor het eerst aan. Dit inzicht is ook een cruciale denkstap geweest in de relativiteitstheorie van Einstein.

Op een (snel) draaiende aarde wordt het verband interessant: daar blijft de gravitationele veldsterkte uiteraard gelijk, maar zal de valversnelling afhangen van de rotatie van de aarde (in het bijzonder niet meer gericht zijn naar het massamiddelpunt van de aarde).

V45b	De factoren die een rol spelen bij de wrijvingskracht herkennen en duiden in concrete gevallen.	SET10
------	---	-------

Wenken

Factoren die (g)een rol spelen experimenteel laten onderzoeken. Het is moeilijk om formules af te leiden die een groot geldigheidsgebied hebben.

Mogelijke demo-experimenten

- proeven bewegingsleer

Mogelijke practica

- meten van een versnelling op verschillende manieren
- bepaling van de snelheid en versnelling van een bewegend voorwerp
- studie van de grootheden die de centripetale kracht bepalen
- studie van de tweede wet van Newton
- valversnelling bepalen uit een proef met een hellend vlak (naar analogie met Galilei)
- bepalen van de centripetale kracht op een massa die een (deel van een) cirkel beschrijft
- meten van grootheden uit de dynamica op toestellen in pretparken (rechtstreeks, of via analyse van videobeelden) of in sportcontexten (tennis, voetbal, basketball, tafeltennis, atletiek, schaatsen, zwemmen)
- draaisnelheid van een mixer of ander toestel met (snel) draaiende onderdelen meten
- proeven i.v.m. wrijvingskrachten: statische versus dynamische wrijvingscoëfficiënt

5.5 Arbeid en energie

(ca 4 lestijden)

B46	De arbeid geleverd door een willekeurige resulterende kracht, waarbij kracht en verplaatsing een zelfde of een verschillende richting en zin hebben, berekenen .	SET6, SET8
Wenken In het vierde jaar werd dit thema al aangebracht. Het is belangrijk de voorkennis van de leerlingen te onderzoeken. Deze leerplandoelstelling verdiept het begrip arbeid. De vroegere benadering via het oppervlaktebegrip wordt nu uitgebreid tot een meer wiskundige benadering via de integraal (in de betekenis van een oppervlakteberekening). Afspreken met de collega wiskunde in verband met het gebruik van de integraal is sterk aan te raden.		
B47	De arbeid geleverd door een willekeurige resulterende kracht, de gravitatiekracht, de zwaartekracht en de veerkracht op een massa, berekenen en toelichten .	SET6, SET8
Wenken De gravitatiewet van Newton en de vereenvoudigde versie ervan komen beide aan bod. Andere vormen van arbeid (arbeid geleverd door een expanderend gas, potentiële energie in een radiaal elektrisch veld) zijn uitbreiding.		
B48	Het verband tussen arbeid en energieverandering illustreren .	SET6, SET8
Wenken Verschillende energievormen, de energiebehoudswet en het rendement zijn reeds in de eerste en/of de 2de graad aan bod gekomen (zie leerlijnen 2.2). Deze leerinhouden kunnen in deze doelstelling abstracter en formeler aan bod komen.		

Mogelijke demo-experimenten

- omzettingen van energievormen

Mogelijke practica

- verifiëren van behoud van energie bij een voorwerp aan een veer of elastiek die valt (benjispriest), door twee standen te beschouwen waar de snelheid gelijk is aan 0.
- verifiëren van behoud van energie bij een knikker die afgeschoten wordt door een ingedrukte veer, door twee standen te beschouwen waar de snelheid gelijk is aan 0.
- meten van de snelheid van een vallend voorwerp als functie van de hoogte

5.6 Trillingen en golven

(ca 18 lestijden)

B49	Technische toepassingen en natuurlijke verschijnselen uit het dagelijks leven in verband brengen met trillingen en golven.	SET20
Wenken Ook de AD6 en AD7 worden hier nagestreefd. Allerlei periodieke verschijnselen komen ter sprake. Het is interessant om aan te geven dat de mens periodieke bewegingen gebruikt om tijdsmetingen te doen (jaren, seizoenen, maand, dag ...). Deze doelstelling kan geïntegreerd met de andere doelstellingen van dit hoofdstuk gerealiseerd worden. Taalwink Niet alles wat "trilling" genoemd wordt gaat hier fysisch behandeld worden, idem voor golven.		
B50	Positie, snelheid en versnelling van een slingerende massa en een massa aan een trillende veer, beschrijven.	F4, SET20
Wenken Bij een experimentele benadering kunnen de leerlingen aangeven hoe bepaalde grootheden gemeten worden (AD3 en AD10). Met een positiesensor en trendlijnanalyse kan de beschrijving ook vanuit relatief eenvoudige experimenten. Een grafische beschrijving (AD12) werkt doorgaans verhelderend voor leerlingen. Bovendien is het verband tussen formule en grafiek op die manier duidelijk.		
B51	De definitie van de harmonische trilling hanteren.	F4, SET20
B52	Het verband tussen de uitwijking ten opzichte van de evenwichtsstand bij een harmonisch trillende massa en de kracht op de massa beschrijven en afleiden.	F4
Wenken Een harmonische beweging is een gevolg van een kracht die evenredig is met de uitwijking maar er tevens tegengesteld aan is. Het begrip "terugroepende" kracht in deze context toelichten. Bij de slinger en de veer de beweging controleren op haar al dan niet harmonisch zijn. Ook enkele niet-harmonische bewegingen aanhalen als contrast.		

B53	Energieomzettingen en energiebehoud bij een harmonische trilling beschrijven en duiden .	F4, SET6, SET8, SET12
<p>Wenken</p> <p>Het beschrijven gebeurt zowel grafisch als wiskundig.</p> <p>Energieomzettingen bij harmonische trillingen komen hier aan bod.</p>		
B54	De voorwaarden van resonantie voor efficiënte energieoverdracht naar een harmonisch trillend systeem beschrijven, duiden en in toepassingen aantonen .	SET6, SET8
<p>Wenken</p> <p>Begrippen zoals eigenfrequentie (eigen aan dit systeem) en frequentie van de uitwendige bron komen aan bod.</p> <p>Veranderen van parameters van een trillend systeem doet de eigenfrequentie veranderen.</p> <p>Overdracht vindt ook plaats bij trillingen van de stembanden.</p> <p>Soms is het de bedoeling om energieoverdracht te vermijden om schade te beperken.</p>		
B55	Een lopende golf als een voortplanting van een harmonische trilling kwalitatief en kwantitatief beschrijven .	F4
<p>Taalwenk</p> <p>De intuïtie dat bij lopende golven de materie zich verplaatst moet hier ontkracht worden.</p> <p>Wenken</p> <p>Niet alle golven hebben als oorsprong een harmonische trilling (steen in een poel).</p> <p>De soorten golven (transversaal - longitudinaal; mechanisch – elektromagnetisch, staand-lopend, twee of driedimensionaal) komen hier aan bod.</p> <p>De golfvergelijking bevat nieuwe grootheden: golflengte, golfsnelheid, golfgetal. Deze begrippen worden eerst gedefinieerd.</p> <p>Geluid als voortplanting van een mechanische trilling komt hier aan bod. Hierover zijn veel aanschouwelijke kleine proeven beschikbaar.</p> <p>Een elektromagnetische golf ontstaat wanneer trillende ladingen een veranderend elektromagnetisch veld doen ontstaan dat zich voortplant tegen de lichtsnelheid. Dit veranderend veld brengt in een ontvanger op zijn beurt ladingen in beweging.</p>		
B56	Terugkaatsing, breking, buiging, en interferentie van golven met behulp van het golfmodel en met toepassingen beschrijven .	F5, SET1, SET 2, SET3, SET5, SET12
<p>Wenken</p> <p>De terugkaatsing en breking van licht zijn in het derde jaar beschreven en vinden hier een meer diepgaande verklaring aan de hand van het golfmodel.</p> <p>Het principe van Huygens staat hier centraal.</p>		

Men kan analoge verschijnselen voor licht behandelen via de module 3.

Animaties kunnen verhelderend werken.

Laserlicht op een dia met roosterlijnen of verschillende spleten kan onderzocht worden.

Conceptuele verklaring aan de hand van weglengteverschil. Het is niet de bedoeling dit volledig formeel uit te werken.

B57

De energieoverdracht door mechanische en elektromagnetische golven **aan de hand van** verschillende verschijnselen waaronder resonantie, **illustreren**.

F5,
SET6,
SET8,
SET12

Wenken

Enkele suggesties:

- Twee stemvorken die al dan niet resoneren.
- Geluidsoverdracht op het trommelvlies van het oor (frequentie, duur, bouw oor, leeftijd).
- Lichtoverdracht op de huid (tijd, aard golf, aard huid).
- Foto-elektrisch effect.
- Analyse van lijnspectra van stoffen (in de sterrenkunde, ook in gasontladingsbuizen, vuurwerk, analyse van chemische stoffen).
- Resonantiefrequentie bij MRI.
- Aardbevingsgolven en het ontstaan van een tsunami.
- Absorptie van kosmische straling door onze dampkringmoleculen.
- Resonantiefrequenties van CO₂ in het infrarode.
- Elke CCD in een camera.

Andere voorbeelden zijn uiteraard ook mogelijk.

B58

Eigenschappen van geluid en **mogelijke invloeden** van geluid op de mens **beschrijven**.

F5,
SET12

Wenken

Met eigenschappen bedoelen we toonhoogte, toonsterkte en toonklank.

Het oor als fysisch mechanisch systeem is onderworpen aan resonantie en gevoelig voor bepaalde frequenties. De geluidssterkte in dB is een belangrijk element bij de studie van schade die aan het gehoor kan ontstaan.

B59

De voorwaarden voor het ontstaan van staande golven **conceptueel verduidelijken**.

Wenken

Er bestaan mooie simulaties en filmpjes.

Het verband met resonantie en eigenfrequentie komt aan bod.

Uit een theoretische afleiding kunnen de voorwaarden eventueel wiskundig afgeleid worden indien de context dit toelaat.

Tallose toepassingen vindt men in de muziekwereld.

Mogelijke demo-experimenten

- staande golven, resonantie

Mogelijke practica

- een aangeslagen stemvork draaien ter hoogte van één oor
- buis van Rijke (buis boven bunsenbrander waarop een roostertje ligt)
- proeven met stem, microfoon en analyseprogramma
- studie van de harmonische trilling bij een veer en/of slinger
- studie van diffractie en interferentieverschijnselen
- studie van geluid en geluidsterkte
- bepaling van de golflengte van geluid

5.7 Modules

Bijkomend bij bovenstaande doelstellingen kiest de leraar minstens één module in het vijfde jaar en één module in het zesde jaar. Een module duurt minstens 6 lessen.

De doelstellingen van de twee gekozen modules worden ook als basisdoelstellingen beschouwd en als dusdanig geëvalueerd. Een module hoeft niet noodzakelijk als een afzonderlijk hoofdstuk behandeld te worden, maar kan aansluitend of geïntegreerd met leerplandoelstellingen uit 5.1 tot 5.6.

Het is toegelaten binnen één klas te differentiëren met verschillende modules m.a.w. niet alle leerlingen van dezelfde klas hoeven dezelfde modules te realiseren. De evaluaties die er aan gekoppeld zijn moeten echter steeds evenwaardig zijn. Het staat de leraar vrij een derde module te kiezen. Dit wordt dan uitbreidingsleerstof.

Welke modules de leraar behandelt hangt af van tal van elementen: de leerstof zelf (als verderzetting), interesses van de leerlingen, interesse van de leraar, de actualiteit, het maatschappelijk belang, recente ontwikkelingen in de fysica, fundamenteel onderzoek ...

In de modules wordt duidelijk dat de vroeger behandelde concepten (snelheid, deeltjesmodel, krachten, energie) belangrijke bouwstenen blijven. Er wordt een duidelijk verband gelegd met de reeds geziene leerstof. De situering van de modules is hierbij belangrijk.

Een module werkt één onderzoeksveld uit de fysica verder uit, en tracht in de mate van het mogelijke aan te sluiten bij de actuele stand van zaken in het wetenschappelijk onderzoek.

Elke module wordt beschreven door één doelstelling. Verder worden via de wenken mogelijke inhouden aangereikt die als inspiratiebron kan dienen voor de leraar.

5.7.1 Vaste stof fysica

M1	De structuur en eigenschappen van de vaste materie beschrijven en de rol van de elektronen hierin duiden .	SET1, SET 2, SET3, SET5, SET12
Mogelijke inhoud <ol style="list-style-type: none">1) Draadvormige geleiders (wet van Pouillet).2) Geleiders versus halfgeleiders.3) Piëzospinning.4) Seebeck- en Peltiereffect.5) Diode als elementair element in zonnecel, LED, CCD.6) De eigenschap permittiviteit en permeabiliteit van een stof.7) Principes van allerlei sensoren als toepassing. Wenk <p>Veel meettoestellen (sensoren) zijn gebaseerd op spanningen die opgewekt worden door een bepaalde grootte (kracht, lichtsterkte, geluid, enz).</p>		

5.7.2 Elementaire deeltjes fysica

M2	Elementaire interacties en structuren van het standaardmodel benoemen, herkennen en in verband brengen met de huidige kennis van de kernfysica.	SET1, SET 2, SET3, SET5, SET12
Mogelijke inhoud <ol style="list-style-type: none">1) Structuur van het standaardmodel met deeltjes, interacties en boodschapperdeeltjes (uitgebreid).2) Overzicht en geschiedenis van de experimentele ontdekking van elementaire deeltjes.3) Zwakke interactie en radioactiviteit (α-, β- en γ-emissie).4) Studie van de vervalvergelijking van een radioactief verval.5) Sterke interactie en de structuur van de kern.6) De rol van elementaire deeltjes bij het ontstaan van het heelal. Wenken <p>Deze module heeft het diepgaander begrijpen van de subatomaire wereld tot doel. Vertrekkende vanuit wat reeds bekend is i.v.m. radioactiviteit wordt naar een diepere verklaring gezocht. Daarbij komt het energie-aspect aan bod, maar ook de verschillende soorten fundamentele deeltjes én hun wisselwerkingen.</p> <p>Het invoeren van de energievallei biedt de garantie dat leerlingen begrijpen dat bindingsenergie een tekort is aan energie.</p>		

Volgende aspecten kunnen aan bod komen:

- het verband tussen de stabiliteit van een atoomkern en het aantal en soorten nucleonen die de atoomkern bevat;
- het soort vervalproces in de energievallei;
- de verklaring waarom lichte deeltjes door fusie energie afgeven en zwaardere deeltjes door splitsing;
- voorbeelden van structuren en/of van energie- en materietransformaties die een gevolg zijn van fundamentele wisselwerkingen.(hadrontherapie, PET scan ...).

5.7.3 Elektromagnetische golven

M3	Bij elektromagnetische golven de golfeigenschappen terugkaatsing, breking, buiging en interferentie en de interactie met de materie benoemen, verklaren en in toepassingen herkennen.	SET1, SET 2, SET3, SET5, SET9, SET12
Mogelijke inhoud <ol style="list-style-type: none">1) Ontstaan van licht en het elektromagnetisch spectrum.2) Energieinhoud van de fotonen.3) Toepassingen van breking en buiging van licht en andere elektromagnetische golven.4) Reflectie en interferentie van licht en andere elektromagnetische golven.5) Gebruik van elektromagnetische golven bij communicatie: radio, tv, IR, gsm, gps, microgolf, radar, optische vezels.6) Emissie en absorptiespectra als analysemethode.7) Interactie van EM golven met de materie en energieoverdracht (met het menselijk lichaam). Wenken <p>Deze module is aanvullend bij het thema 5.6 (Trillingen en golven).</p>		

5.7.4 Speciale relativiteitstheorie

M4	Het onderscheid tussen de klassieke mechanica en de speciale relativiteitstheorie bespreken.	SET1, SET 2, SET3, SET5
Mogelijke inhoud <ol style="list-style-type: none">1) Verschil tussen klassieke mechanica en relativistische mechanica.2) Gevolgen van lichtsnelheid als maximale snelheid voor lengte, tijd en massa.3) Toepassingen van relativiteitstheorie bij satellietnavigatie (gps).4) Afleiding van de formule $E=mc^2$		

Wenken

Het introduceren van de wereld van Minkowski om dit op een grafische manier te doen eist wat tijd maar kan veel inzicht geven.

Formules kunnen gehanteerd worden aan de hand van sprekende voorbeelden: de tweelingparadox, de vervaltijd van een muon, het gebruik in gps en satellietnavigatie of de verticale asymptoot nabij $v = c$ voor de andere grootheden.

5.7.5 Medische fysica

M5	Verschillende fysische processen die bij de medische diagnose en therapie toegepast worden herkennen, beschrijven en verklaren.	SET1, SET3, SET5, SET9 SET12
Mogelijke inhoud <ol style="list-style-type: none">1) Echografie.2) MRI en fMRI Scanning.3) Röntgenfotografie.4) Bestralingsvormen als therapie. Wenken <p>Komen in aanmerking: PET scanners, echografie, MRI scanners, fMRI scanners, hadrontherapie, röntgenfoto's, (er zijn meer dan 50 scan technieken!), stents (geheugenmetaal) en hun evolutie.</p>		

5.7.6 Kwantummechanica

M6	Basisprincipes uit de kwantummechanica en processen en toepassingen die hieruit volgen, duiden.	SET 2, SET3
Mogelijke inhoud <ol style="list-style-type: none">1) Het verschil tussen klassieke mechanica en quantummechanica: kwantisering en waarschijnlijkheden.2) Onzekerheidsrelaties.3) Dualiteit golf- deeltje is een fundamenteel gegeven voor licht én materie. Deeltjeskarakter van licht (Planck en Einstein $E = h \cdot f$). Golfkarakter voor materie (De Broglie $p = h/\lambda$).4) Superpositie en de waarschijnlijkheidsinterpretatie van Born.5) Foto-elektrisch effect		

Wenken

Beschrijven dat de klassieke fysica niet langer in staat is om alle verschijnselen die de mens kan waarnemen te verklaren. Vb. waarom heeft een elektron slechts twee spintoestanden?

Waarschijnlijkheid is fundamenteel op niveau van de kwanta, maar de golffuncties zijn deterministisch. Bv. bij radioactief verval in de kern speelt het toeval een grote rol op het vlak van individuele deeltjes, terwijl statistisch (voor grote hoeveelheden) toch grote zekerheden bestaan. Idem bij tweespletenexperiment of foto-elektrisch effect.

Elektronengolven in het atoom: kwantisatie treedt op door superpositie, discrete eigentrillingen ontstaan (cfr. trillende snaar). Kwantisatie van elektronengolven in het atoom begrijpen als het resultaat van superpositie van heen- en teruggaande golven. Slechts een "staande" golf is een stabiele superpositie, die dan ook waargenomen wordt.

Lijnspectra verklaren met het atoommodel van De Broglie.

Moderne toepassingen van kwantummechanica kunnen besproken worden: bv. LED-verlichting, zonnecellen, halfgeleiders.

De rol van Planck kan besproken worden: de constante van Planck, alles wat met kernfysica te maken heeft en het ontstaan en verval van deeltjes is niet klassiek te verklaren

Het tweespletenexperiment, de golf-deeltjesdualiteit, de onzekerheidsprincipes van Heisenberg, de gedachtenexperimenten van Bohr en Einstein, de kat van Schrödinger, het Einstein-Podolski-Rosen experiment, de experimenten betreffende teleportatie, Qbics, encryptie voor gecodeerde boodschappen, het foto-elektrisch effect, zijn mogelijke voorbeelden die aan bod kunnen komen.

5.7.7 Fysica in het heelal

M7	De fysische achtergrond van belangrijke fasen in de evolutie van het heelal en van de levensloop van sterren, en de waarnemingsmethoden die aanleiding geven tot die inzichten, beschrijven .	SET1, SET 2, SET3, SET5
<p>Mogelijke inhouden</p> <ol style="list-style-type: none">1) Van Big Bang tot de mens.2) Fusiereacties in de zon en de sterren.3) Telescopen voor verschillende elektromagnetische signalen uit de ruimte.4) Grote vragen zoals zwarte materie en donkere energie in het heelal. <p>Wenken</p> <p>Beschrijven hoe de grootheden energie en temperatuur evolueerden in functie van de tijd en welke deeltjes ontstonden bij het ontstaan van het heelal.</p> <p>Beschrijven welke fysische processen zich afspelen bij het ontstaan, de levensloop en het levenseinde van een ster.</p> <p>Enkele fysische waarnemingsmethoden beschrijven die gebruikt worden in het onderzoek van het heelal: dopplereffect, muondetectoren, studies van neutrinstromen, telescopen, radiotelescopen, satellieten.</p>		

Volgende aspecten kunnen aan bod komen:

- Het ontstaan van massa, de eerste nucleonen, de eerste atoomkernen, de eerste atomen, de doorzichtigheid van het heelal, het melkwegstelsels en sterren.
- De fusiereacties en het evenwicht tussen stralingsdruk en gravitatie bij een ster, het ontstaan van (super)novae en de beschrijving van de restanten (dwarven neutronensterren, zwarte gaten).
- Visuele methoden, radioastronomie, analyse van spectra, dopplereffect, neutrino waarnemingen (explosies van neutrinstromen); de zoektocht naar de grootte van het heelal (Hubble) en exoplaneten.

5.7.8 Wisselstroomkringen

M8	Wisselstroomkringen, de onderdelen en de kenmerken ervan beschrijven .	SET 2, SET 3
Mogelijke inhoud		
<ol style="list-style-type: none">1) De condensator: capaciteit, opladen en ontladen, parallel- en serieschakeling van condensatoren.2) Zelfinductie van spoelen.3) Gedrag van een spoel, ohmse weerstand en condensator bij wisselspanning.4) Resonantie in LC-kringen.5) Impedantie en reactantie in RLC kringen.6) Vermogen ontwikkeld door een wisselstroom, arbeidsfactor en toepassingen.		
Wenken		
<p>Enkele van deze inhoud is geschikt om zowel theoretisch als experimenteel te behandelen nadat de leerstof over elektriciteit en magnetisme werd gezien. De eigenschappen van wisselstroomkringen sluiten aan bij de leerstof over de harmonische beweging.</p> <p>Vermits onze maatschappij veel met wisselstromen te maken heeft is deze uitbreiding zeer gericht op de praktische kant, het technische. Met dit onderwerp kan men erg onderzoekend aan de slag. Men zal dan wel een wisselspanningsbron met varieerbare frequentie nodig hebben.</p> <p>Een vergelijking van het gebruik van wisselspanning versus gelijkspanning is maatschappelijk op zijn plaats.</p>		

Mogelijke practica

Vooraf het onderzoekend leren, en in een aantal gevallen ook het leren onderzoeken staan centraal. De klemtoon bij practica zal hier eerder liggen op AD1, AD2, AD4 en AD5.

6 Minimale materiële vereisten

Bij het uitvoeren van practica is het belangrijk dat de klasgroep tot maximaal 22 leerlingen wordt beperkt om:

- de algemene doelstellingen m.b.t. onderzoekend leren/leren onderzoeken in voldoende mate te bereiken;
- de veiligheid van eenieder te garanderen.

6.1 Infrastructuur

- Een fysicalokaal, met een demonstratietafel waar zowel water als elektriciteit voorhanden zijn, is een must. Gas is optioneel. Indien er geen gas is, moeten elektrische verwarmingsplaten aanwezig zijn. Mogelijkheid tot projectie (beamer met computer) is noodzakelijk. Een pc met een aantal veelgebruikte sensoren (temperatuur, spanning, stroomsterkte, magnetische veldsterkte, kracht, beweging), de daarbij horende software voor analyse, en internet-aansluiting is hierbij wenselijk.
- Om onderzoekend leren en regelmatig practica te kunnen organiseren is een degelijk uitgerust practicumlokaal met de nodige opbergruimte noodzakelijk.
- Eventueel is er bijkomende opbergruimte beschikbaar in een aangrenzend lokaal.
- Op termijn moeten ook pc's in het lokaal beschikbaar zijn. Een labo wetenschappen met pc als bron van informatie, maar vooral als meet-, analyse- en rekentoestel is noodzakelijk.
- Het lokaal dient te voldoen aan de vigerende wetgeving en normen rond veiligheid, gezondheid en hygiëne.

6.2 Uitrusting

De suggesties voor practica vermeld bij de leerplandoelstellingen vormen geen lijst van verplicht uit te voeren practica, maar laten de leraar toe een keuze te maken, rekening houdend met de materiële situatie in het labo. Niet vermelde practica, die aansluiten bij de leerplandoelstellingen, zijn vanzelfsprekend ook toegelaten. In die optiek kan de uitrusting van een lab nogal verschillen. Niettemin kunnen een aantal items toch als vanzelfsprekend beschouwd worden (zie 6.3 t.e.m. 6.7).

Omdat de leerlingen per 2 (uitzonderlijk per 3) werken, zullen een aantal zaken in meervoud moeten aanwezig zijn. Voor de duurdere toestellen kan de leraar zich, afhankelijk van de klasgrootte, beperken tot 1 à 2 exemplaren, die dan gebruikt worden in een circuitpracticum.

6.3 Basismateriaal

6.3.1 *Elektrodynamica*

- Klein materiaal voor het aantonen van ladingen: elektroscopen, elektroforen, verschillende uitvoeringen.
- Materiaal voor het afleiden van wetten van de elektriciteit: multimeters, spanningsbronnen, snoeren, schakelaars, weerstanden, weerstandsdraden, spoelen.
- Allerlei afgedankte huishoudapparaten, desnoods half ontmanteld, enkel om te tonen, niet om te gebruiken.

6.3.2 *Elektromagnetisme*

- Naald-, staaf- en U-vormige magneet, weekijzeren kernen.
- Materiaal voor het aantonen van het bestaan van een magnetisch veld bij een rechte geleider, bij een cirkelvormige geleider en een solenoïde (ijzervijlsel, spoelen, draden) en een teslameter voor het bepalen van de magnetische veldsterkte (eventueel Hallsensor en meetinterface). Weekijzer, koper en lood als middenstof in een spoel.

6.3.3 *Elektromagnetische krachtwerking*

- Materialen voor het aantonen van de lorentzkracht.
- Materiaal voor het tonen van de onderdelen van een (gelijkstroom)motor.

6.3.4 *Elektromagnetisch inductieverschijnsel*

- Staafmagneet, spoel, een toestel om de inductiespanning te meten (pc gestuurd, galvanometer)
- Materiaal voor het aantonen, illustreren van de werking van een spanningsgenerator

6.3.5 *Dynamica*

- Bewegingssensoren en dynamometers (krachtsensoren), toestellen uit de bewegingsleer, balans en massa's.

6.3.6 Kinematica

- Hellend vlak met wagentje (te meten met triller of bewegingssensor).
- Toestel om de onafhankelijkheid der bewegingen te illustreren.

6.3.7 Trillingen en golven

- Materiaal om harmonische trillingen te bestuderen (slingers, massa's, veren).
- Lopende golven: lange spiraalveer (slinky), touw of rubber darm, stemvorken met klankkasten.
- Staande golven: elastische snaar of veer, elektrische triller om golven op te wekken.

7 Evaluatie

7.1 Inleiding

Evaluatie is een onderdeel van de leeractiviteiten van leerlingen en vindt bijgevolg niet alleen plaats op het einde van een leerproces of op het einde van een onderwijsperiode. Evaluatie maakt integraal deel uit van het leerproces en is dus geen doel op zich.

Evalueren is noodzakelijk om **feedback** te geven aan de leerling en aan de leraar. Door rekening te houden met de vaststellingen gemaakt tijdens de evaluatie kan de leerling zijn **leren optimaliseren**.

De leraar kan uit evaluatiegegevens informatie halen voor **bijsturing** van zijn **didactisch handelen**.

7.2 Leerstrategieën

Onderwijs wordt niet meer beschouwd als het louter overdragen van kennis. Het ontwikkelen van leerstrategieën, van algemene en specifieke attitudes en de groei naar **actief leren** krijgen een centrale plaats in het leerproces.

Voorbeelden van strategieën die in de leerplandoelstellingen van dit leerplan voorkomen zijn:

- ... kunnen conclusies trekken ...
- ... bepaalde principes illustreren....
- ... bepaalde begrippen hanteren...
- ... krachten analyseren en tekenen...

Het is belangrijk dat tijdens evaluatiemomenten deze strategieën getoetst worden.

Ook het gebruik van stappenplannen, het raadplegen van informatie, het doen van zelfevaluatie of peerevaluatie en bijvoorbeeld het analyseren van eigen resultaten ondersteunen de vooropgestelde leerstrategieën.

7.3 Proces- en productevaluatie

Het gaat niet op dat men tijdens de leerfase het **leerproces** benadrukt, maar dat men finaal alleen het **leerproduct** evalueert. De literatuur noemt die samenhang tussen proces- en productevaluatie **assessment**. De procesmatige doelstellingen staan in dit leerplan vooral bij de algemene doelstellingen (AD1 t.e.m. AD 10).

Wanneer we willen ingrijpen op het leerproces is de **rapportering, de duiding en de toelichting** van de evaluatie belangrijk. Blijft de rapportering beperkt tot het louter weergeven van de cijfers, dan krijgt de leerling weinig adequate feedback. In de rapportering kunnen de sterke en de zwakke punten van de leerling weergegeven worden en ook eventuele adviezen voor het verdere leerproces aan bod komen.

8 Eindtermen

8.1 Eindtermen voor de basisvorming

8.1.1 Wetenschappelijke vaardigheden

- W1. Eigen denkbeelden verwoorden en die confronteren met denkbeelden van anderen, metingen, observaties, onderzoeksresultaten of wetenschappelijke inzichten.
- W2. Vanuit een onderzoeksvraag een eigen hypothese of verwachting formuleren en relevante variabelen aangeven.
- W3. Uit data, een tabel of een grafiek relaties en waarden afleiden om een besluit te formuleren.
- W4. Wetenschappelijke terminologie, symbolen en SI-eenheden gebruiken.
- W5. Veilig en verantwoord omgaan met stoffen, elektrische toestellen, geluid en EM-straling.

8.1.2 Wetenschap en samenleving

- W6. Bij het verduidelijken van en het zoeken naar oplossingen voor duurzaamheidsvraagstukken wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op tenminste grondstoffen, energie, biotechnologie, biodiversiteit en het leefmilieu.
- W7. 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.

8.1.3 Eindtermen biologie

- B1. Celorganellen, zowel op lichtmicroscopisch als op elektronenmicroscopisch niveau, benoemen en de functies ervan aangeven.
- B2. Het belang van sachariden, lipiden, proteïnen, nucleïnezuren, mineralen en water voor het metabolisme toelichten.
- B3. Het belang van mitose en meiose duiden.
- B4. De betekenis van DNA bij de celdeling en genexpressie verduidelijken.
- B5. De functie van geslachtshormonen bij de gametogenese en bij de menstruatiecyclus toelichten.
- B6. Stimulering en beheersing van de vruchtbaarheid bespreken in functie van de hormonale regeling van de voorplanting.
- B7. De bevruchting en de geboorte beschrijven en de invloed van externe factoren op de ontwikkeling van embryo en foetus bespreken.
- B8. Aan de hand van eenvoudige voorbeelden toelichten hoe kenmerken van generatie op generatie overerven.
- B9. Kenmerken van organismen en variatie tussen organismen verklaren vanuit erfelijkheid en omgevingsinvloeden.
- B10. Wetenschappelijk onderbouwde argumenten geven voor de biologische evolutie van organismen, met inbegrip van de mens.

8.1.4 Eindtermen chemie

- C1. Eigenschappen en actuele toepassingen van stoffen, waaronder kunststoffen, verklaren aan de hand van de moleculaire structuur van die stoffen.
- C2. Chemische reacties uit de koolstofchemie in verband brengen met hedendaagse toepassingen.
- C3. 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.
- C4. De invloed van snelheidsbepalende factoren van een reactie verklaren in termen van botsingen tussen deeltjes en van activeringsenergie.
- C5. Het onderscheid tussen een evenwichtsreactie en een aflopende reactie illustreren.
- C6. De pH van een oplossing definiëren en illustreren.
- C7. Het belang van een buffermengsel illustreren.

8.1.5 Eindtermen fysica

- F1. De beweging van een voorwerp beschrijven in termen van positie, snelheid en versnelling (eenparig versnelde en eenparig cirkelvormige beweging).
- F2. De invloed van de resulterende kracht en van de massa op de verandering van de bewegingstoestand van een voorwerp kwalitatief en kwantitatief beschrijven.
- F3. Volgende kernfysische aspecten aan de hand van toepassingen of voorbeelden illustreren:
 - aard van α -, β - en γ -straling;
 - activiteit en halveringstijd;
 - kernfusie en kernsplijting;
 - effecten van ioniserende straling op mens en milieu.
- F4. Eigenschappen van een harmonische trilling en een lopende golf met toepassingen illustreren.
- F5. Eigenschappen van geluid en mogelijke invloeden van geluid op de mens beschrijven.
- F6. De begrippen spanning, stroomsterkte, weerstand, vermogen en hun onderlinge verbanden kwalitatief en kwantitatief hanteren.
- F7. Met toepassingen illustreren:
 - een magnetisch veld ontstaat ten gevolge van bewegende elektrische ladingen;
 - het effect van een homogeen magnetisch veld op een stroomvoerende geleider;
 - elektromagnetische inductieverschijnselen.

8.2 Specifieke eindtermen wetenschappen 3de graad (SET)

Verdeling van de decretale specifieke eindtermen wetenschappen (SET + nummer)

	Biologie	Chemie	Fysica	Aardrijkskunde
Structuren (1 tot 5)	1, 2, 3, 4, 5	1, 2	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3
Interacties (6 tot 12)	6, 7, 11, 12	6, 7, 8	6, 8, 9, 10, 12	6, 9
Systemen (13 tot 16)	13, 14, 16	13, 15, 16		14
Tijd (17 tot 21)	17	18	20, 21	17, 19, 20, 21
Genese (22 tot 24)	22, 23, 24		24	22, 23, 24
Natuurwet.-Maatschappij (25 tot 28)	25, 26, 27, 28	25, 26, 27, 28	25, 26, 27, 28	25, 26, 27, 28
Onderzoek (29 tot 31)	29, 30, 31	29, 30, 31	29, 30, 31	29, 30, 31

8.2.1 Structuren

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

- SET1. structuren classificeren en beschrijven op basis van samenstelling, eigenschappen en functies.
- SET2. structuren met behulp van een model of schema voorstellen en hiermee eigenschappen verklaren.
- SET3. relaties leggen tussen structuren.
- SET4. methoden beschrijven om structuren te onderzoeken.
- SET5. structuren op grond van observeerbare of experimentele gegevens identificeren en classificeren.

8.2.2 Interacties

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

- SET6. processen waarbij energie wordt getransformeerd of getransporteerd beschrijven en herkennen in voorbeelden.
- SET7. vorming, stabiliteit en transformatie van structuren beschrijven, verklaren, voorspellen en met eenvoudige hulpmiddelen experimenteel onderzoeken.
- SET8. berekeningen uitvoeren bij energie- en materieomzettingen.
- SET9. effecten van de interactie tussen materie en elektro-magnetische straling beschrijven en in voorbeelden herkennen.

De leerlingen kunnen

- SET10. beweging en verandering in bewegingstoestand kwalitatief beschrijven, in eenvoudige gevallen experimenteel onderzoeken en berekenen.
- SET11. verbanden leggen tussen processen op verschillende schaalniveaus.
- SET12. fundamentele wisselwerkingen verbinden met hun rol voor de structurering van de materie en met energieomzettingen

8.2.3 Systemen

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

- SET13. uitleggen hoe systemen een toestand van evenwicht bereiken en behouden.
- SET14. relaties tussen systemen beschrijven en onderzoeken.
- SET15. vanuit een begintoestand de evenwichtstoestand van een systeem en effecten van storingen kwalitatief onderzoeken en in eenvoudige gevallen berekenen.
- SET16. de evolutie van een open systeem kwalitatief beschrijven

8.2.4 Tijd

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

- SET17. voorbeelden geven van cyclische processen en deze cycli op een tijdschaal plaatsen.
- SET18. de levensduur van structuren en systemen en de snelheid van processen vergelijken en de factoren die hierop een invloed uitoefenen verklaren en in eenvoudige gevallen onderzoeken.
- SET19. relaties tussen cyclische processen illustreren.
- SET20. uitleggen hoe cyclische processen worden aangewend om de tijdsduur te bepalen.
- SET21. methoden beschrijven om structuren relatief en absoluut te dateren.

8.2.5 Genese en ontwikkeling

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

- SET22. fasen in de evolutie van structuren en systemen beschrijven en ze op een tijdschaal ordenen.
- SET23. relaties leggen tussen evoluties van systemen en structuren.
- SET24. mechanismen beschrijven die de stabiliteit, verandering en differentiatie van structuren of systemen in de tijd verklaren.

8.2.6 **Natuurwetenschap en maatschappij**

De leerlingen kunnen

SET25. met voorbeelden illustreren dat de evolutie van de natuurwetenschappen gekenmerkt wordt door perioden van cumulatieve groei en van revolutionaire veranderingen.

SET26. natuurwetenschappelijke kennis vergelijken met andere visies op kennis.

SET27. de relatie tussen natuurwetenschappelijke ontwikkelingen en technische toepassingen illustreren.

SET28. effecten van natuurwetenschap op de samenleving illustreren, en omgekeerd.

8.2.7 **Onderzoekscompetentie**

De leerlingen kunnen

SET29. zich oriënteren op een onderzoeksprobleem door gericht informatie te verzamelen, te ordenen en te bewerken.

SET30. een onderzoeksopdracht met een wetenschappelijke component voorbereiden, uitvoeren en evalueren.

SET31. de onderzoeksresultaten en conclusies rapporteren en ze confronteren met andere standpunten.

☞ Leerplannen van het VVKSO zijn het werk van leerplancommissies, waarin begeleiders, leraren en eventueel externe deskundigen samenwerken.

Op het voorliggende leerplan kunt u als leraar ook reageren en uw opmerkingen, zowel positief als negatief, aan de leerplancommissie meedelen via e-mail (leerplannen.vvkso@vsko.be).

Vergeet niet te vermelden over welk leerplan u schrijft: vak, studierichting, graad, nummer.

Langs dezelfde weg kunt u zich ook aanmelden om lid te worden van een leerplancommissie.

In beide gevallen zal de coördinatieceel leerplannen zo snel mogelijk op uw schrijven reageren.
