

FYSICA
DERDE GRAAD TSO
TECHNIEK-WETENSCHAPPEN

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

VVKSO – BRUSSEL D/2014/7841/041
Vervangt leerplan D/2006/0279/049 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 eerste graad over de tweede graad naar de derde graad	6
2.3	Leerlijn en mogelijke timing fysica voor Techniek-wetenschappen	10
3	Algemene pedagogisch-didactische wenken	12
3.1	Leeswijzer bij de doelstellingen.....	12
3.2	Leerplan versus handboek.....	13
3.3	Taalgericht vakonderwijs.....	13
3.4	ICT.....	14
3.5	De geïntegreerde proef	15
4	Algemene doelstellingen	16
4.1	Onderzoekend leren/leren onderzoeken.....	16
4.2	Wetenschap en samenleving	18
4.3	Meten, meetnauwkeurigheid en grafieken	20
5	Leerplandoelstellingen	22
5.1	Eerste leerjaar van de derde graad.....	22
5.2	Tweede leerjaar van de derde graad	36
6	Minimale materiële vereisten.....	50
6.1	Infrastructuur	50
6.2	Uitrusting	50
6.3	Basismateriaal.....	50
6.4	Elektriciteit	51
6.5	Elektromagnetisme.....	51
6.6	Mechanica	51
6.7	Trillingen en golven	51
6.8	Voorbeelden van golven	51
6.9	Elektronica.....	51
7	Evaluatie	52
7.1	Inleiding	52
7.2	Leerstrategieën	52
7.3	Proces- en productevaluatie	52

1 Beginsituatie

Het leerplan wordt gerealiseerd in de studierichting Techniek-wetenschappen van het tso.

Gedifferentieerde beginsituatie

Als de tweede graad haar observerende en oriënterende rol heeft waargemaakt, mogen we er van uitgaan dat de leerling die start in de derde graad van de studierichting Techniek-wetenschappen 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 gevolgd in de tweede graad:

- *Techniek-wetenschappen of Industriële wetenschappen*
- Aso-Studierichtingen met **2-uursleerplannen** biologie, chemie en fysica: *Wetenschappen en Sportwetenschappen*.
- Aso-studierichtingen met **1-uursleerplannen** biologie, chemie en fysica: *Economie, Grieks, Grieks-Latijn, Humane wetenschappen, Latijn*.

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

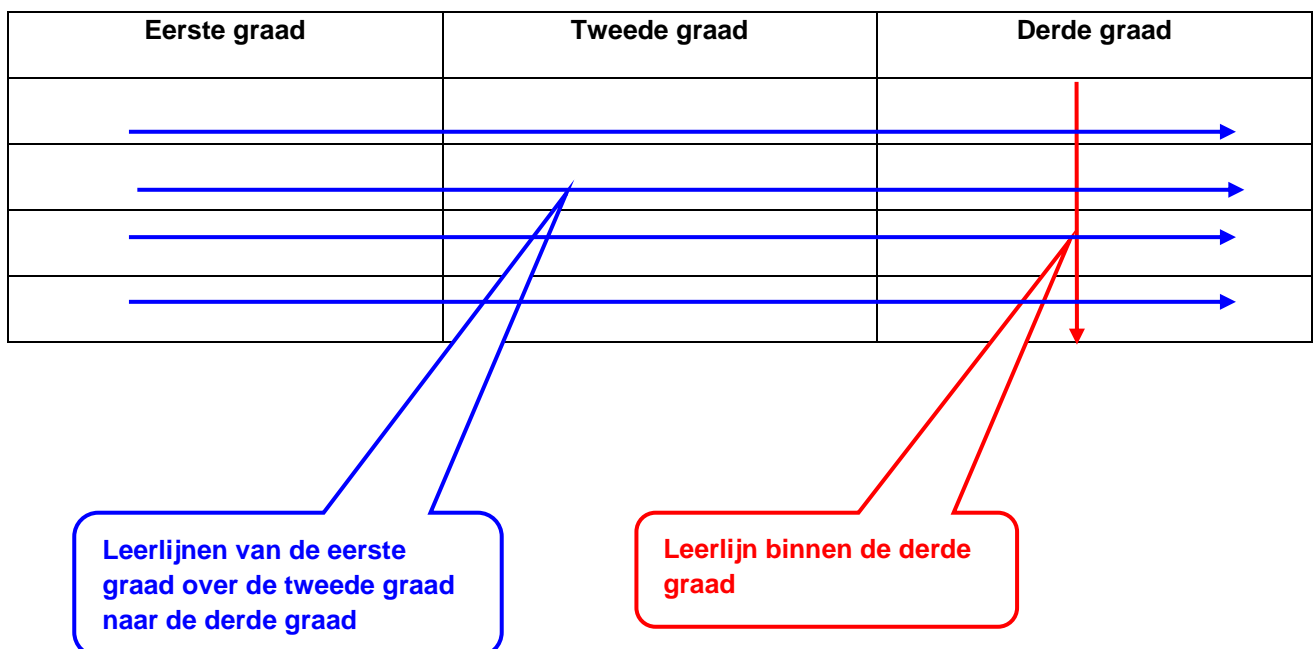
2 Leerlijnen

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 derde graad van het secundair onderwijs (zie 2.1).
- **De leerlijnen natuurwetenschappen van de eerste graad over de tweede graad naar de derde graad** beschrijven de samenhang van natuurwetenschappelijke begrippen en vaardigheden (zie 2.2).
- **De leerlijn fysica binnen de derde graad Techniek-wetenschappen** 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>	
Eerste graad (A-stroom)	Natuurwetenschappelijke vorming <i>Inzicht krijgen in de wetenschappelijke methode: onderzoeksvraag, experiment, waarnemingen, besluitvorming</i> <ul style="list-style-type: none"> Natuurwetenschappelijke vorming waarbij de levende natuur centraal staat maar waarbij ook noodzakelijke aspecten van de niet-levende natuur aan bod komen Beperkt begrippenkader Geen formuletaal (tenzij exemplarisch) 	
Tweede graad	Natuurwetenschappen <i>Wetenschap voor de burger</i> <p>In sommige richtingen van het tso (handel, grafische richtingen, stw ...) en alle richtingen van het kso</p> <ul style="list-style-type: none"> Basisbegrippen Contextuele benadering (conceptuele structuur op de achtergrond) 	Biologie/Chemie/Fysica <i>Wetenschap voor de burger, wetenschapper, technicus ...</i> <p>In sommige richtingen van het tso (techniek-wetenschappen, biotechnische wetenschappen ...) en in alle richtingen van het aso</p> <ul style="list-style-type: none"> Basisbegrippen Conceptuele structuur op de voorgrond (contexten op de achtergrond)
Derde graad	Natuurwetenschappen <i>Wetenschap voor de burger</i> <ul style="list-style-type: none"> In sommige richtingen van aso, tso en kso Contextuele benadering 	Biologie/Chemie/Fysica <i>Wetenschap voor de wetenschapper, technicus ...</i> <ul style="list-style-type: none"> In sommige richtingen van tso en aso Conceptuele structuur (contexten op de achtergrond)

2.2 Leerlijnen natuurwetenschappen van de eerste graad over de tweede graad naar de derde 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 tweede graad nodig, ook wat betreft de invulling van de practica en de keuze van demo-proeven.

Leerlijn	Eerste graad	Tweede graad TW	Derde graad TW
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 - Stoichiometrie 	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Uitbreiding atoommodel en opbouw periodiek systeem - Orbitaalmodel - Isotopen <p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sigma- en pi-binding - Ruimtelijke bouw - Lewisstructuren - Polaire-apolaire verbindingen - Koolstofverbindingen m.i.v. polymeren en biochemische stofklassen (eiwitten, vetten, suikers en kernzuren) - Mengsels: uitbreiding concentratie-eenheden - Geleiders, isolatoren, wet van Pouillet, temperatuursafhankelijkheid van weerstanden <p><u>Sofomzettingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reactiesnelheid kwantitatief - Chemisch evenwicht - Reactiesoorten: zuur-basereacties, redoxreacties, neerslagreacties, complexometrische reacties, 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 grootte - 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, magnetisch 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: rechte lijnige voortplanting, terugkaatsing, breking, lenzen, spiegels, optische toestellen</p>	<p><u>Energievormen</u> - Elektrische energie, spanning, stroomsterkte, joule-effect, toepassing - Elektromagnetisch inductieverschijnsel - Gravitatiele potentiele en kinetische energie - Elastische potentiele energie - Energie uit atoomkernen (fissie en fusie) - Ionisatie-energie, elektronenaffiniteit, roosterenergie, bindingsenergie</p> <p><u>Energieomzettingen</u> - In gravitatieveld - Bij harmonische trillingen - Foto-elektrisch effect - Resonantie - Fotosynthese, aërobe en anaërobie celademhaling</p> <p><u>Transport van energie</u> - Trillingsenergie: lopende golven, geluid, eigenschappen</p> <p><u>Licht en straling</u> - Ioniserende straling: soorten, eigenschappen - Ontstaan van licht - Transport van elektromagnetische energie: EM spectrum - Golfverschijnselen bij licht</p>

Biologische eenheid

- 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)

Soorten

- Herkennen a.d.h.v. determineerkaarten
- Verscheidenheid
- Aanpassingen aan omgeving

In stand houden van leven

- Bij zoogdieren en de mens:
 - ✓ de structuur en de functie van spijsverteringsstelsel
 - ✓ transportstelsel
 - ✓ ademhalingsstelsel
 - ✓ excretiestelsel
- Bij bloemplanten de structuur en functie van hoofddelen

Interacties tussen organismen onderling en met de omgeving

- Gezondheid (n.a.v. stelsels)
- Abiotische en biotische relaties:
 - ✓ voedselrelaties
 - ✓ invloed mens
- Duurzaam leven

Leven doorgeven

- Voortplanting bij bloemplanten en bij de mens

Evolutie

- Verscheidenheid
- Biodiversiteit vaststellen
- Aanpassingen aan omgeving bij bloemplanten, gewervelde dieren (zoogdieren)

Biologische eenheid

- Cel op lichtmicroscopisch niveau: prokaryote en eukaryote cel, plantaardige en dierlijke cel

Soorten

- Determineren en indelen

In stand houden van leven

- Bij zoogdieren en de mens:
 - ✓ structuur en functie van zenuwstelsel,
 - ✓ bewegingsstructuren,
 - ✓ hormonale regulaties

Interacties tussen organismen onderling en omgeving

- Gezondheid: invloed van micro-organismen
- Gedrag
- Abiotische en biotische relaties:
 - ✓ voedselrelaties
 - ✓ materiekringloop
 - ✓ energiedoorstroming
 - ✓ invloed van de mens
- Ecosystemen
- Duurzame ontwikkeling

Evolutie

- Soortenrijkdom
- Ordenen van biodiversiteit gebaseerd op evolutionaire inzichten

Biologische eenheid

- Cel op submicroscopisch niveau: prokaryote en eukaryote cel, plantaardige en dierlijke cel

Soorten

- Als voortplantingscriterium
- Genetische variaties: adaptatie, modificatie, mutatie

In stand houden van leven

- Stofuitwisseling
- Stofwisseling
- Homeostase

Interacties tussen organismen onderling en omgeving

- Gezondheid: immunologie
- Stofuitwisseling: passief en actief
- Biotechnologie

Leven doorgeven

- DNA en celdelingen (mitose en meiose)
- Voortplanting bij de mens: verloop en hormonale regulatie
- Chromosomale genetica
- Moleculaire genetica

Bacteriologie

- Bacteriële cel
- Groei en groeicurve
- Nuttige en schadelijke soorten

Evolutie

- 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

Onderzoekscompetentie

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

Onderzoekscompetentie

- 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
- Titren

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
- Bacteriologische kleuringen

Bacteriologisch onderzoek

- Aseptisch werken
- Bacterieculturen overenten
- Beïnvloedende factoren onderzoeken

Onderzoekscompetentie

- 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 volgens de geplande methode
 - ✓ besluit formuleren
 - ✓ reflecteren over uitvoering en resultaat
 - ✓ rapporteren

2.3 Leerlijn en mogelijke timing fysica voor Techniek-wetenschappen

Het leerplan fysica is een **graadlerplan** voor **vier of vijf wekelijkse lestijden waarvan twee lestijden practicum**. Om de weg naar academische vervolgstudies (m.i.v. industrieel ingenieur) te ondersteunen, kiezen vele scholen die Techniek-Wetenschappen aanbieden voor vijf wekelijkse lestijden. In dat geval wordt sterk aanbevolen de **uitbreidingsdoelstellingen (U)** (of een selectie ervan) van dit leerplan te realiseren.

De lestijden voor het practicum worden steeds in een blok van twee aansluitende uren gelegd.

Mogelijke practica staan bij ieder hoofdstuk vermeld onder de leerplandoelstellingen (zie punt 5 Leerplandoelstellingen). Uit de voorgestelde practica kan een keuze worden gemaakt, mits een min of meer evenwichtige spreiding over de verschillende hoofdstukken. Andere practica die aansluiten bij de leerstof zijn ook toegelaten.

Timing voor vier wekelijkse lestijden

Thema's		Concepten	Lestijden
Derde graad (4 uur/week) – 200 lestijden waarvan 100 lestijden practicum			
Elektrodynamica	Elektrische ladingen en elektrisch veld (4)		14
	Ladingstransport (3)		
	Onderzoek van weerstanden (1)		
	Schakelen van weerstanden (5)		
	<i>Spanningsbronnen (U)</i>		
	Condensatoren (1)		
Elektromagnetisme	Permanente en elektromagneten (4)		13
	Magnetische krachtwerking (5)		
	Het elektromagnetisch inductieverschijnsel (4)		
Mechanica	Kinematica	Rust en beweging (1)	11
		De EVRB (6)	
		De valbeweging (2)	
		Samenstellen van bewegingen (2)	
	Dynamica	De beginselen van Newton (5)	12
		Energie (3)	
		Gravitatie (4)	
		<i>Momenten en evenwicht (U)</i>	
<i>Krachtstoot en bewegingshoeveelheid (U)</i>			
Trillingen en golven	De E.C.B. (4)		22
	De harmonische trilling (5)		
	<i>De vrije gedempte harmonische trilling (U)</i>		
	De gedwongen harmonische trilling (1)		
	<i>Samenstellen van trillingen (U)</i>		
	Lopende golven (4)		
	Eigenschappen van lopende golven (4 u)		
	Staande golven (4)		

Thema's	Concepten	Lestijden
Voorbeelden van golven	Geluid (4)	11
	Ontstaan en eigenschappen van licht (5)	
	Wisselstroom en wisselspanning (2)	
Elektronica	Halfgeleiders (2)	7
	De diode (5)	
Kernfysica	Radioactiviteit (7)	10
	Energie uit atoomkernen (3)	
Dynamica in fluïda (U)	<i>Continuïteitsvergelijking – Wet van Bernoulli en toepassingen - Viscositeit</i>	-

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.

De bovenstaande volgorde wordt door de leerplancommissie geadviseerd. Niettemin kan je ook eerst “Mechanica” laten aan bod komen en pas daarna “Elektriciteit” en “Elektromagnetisme”. Het deel “Kernfysica” staat ook vrij los van andere onderdelen.

In eerste instantie dient het leerplan te beantwoorden aan een verticale leerlijn over de leerjaren heen: een logische volgorde van leerplaninhouden, in toenemende mate van moeilijkheidsgraad.

3 Algemene pedagogisch-didactische wenken

3.1 Leeswijzer bij de doelstellingen

3.1.1 Algemene doelstellingen (AD)

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, verdiepende doelstellingen en uitbreidingsdoelstellingen

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 ... De algemene doelstellingen (AD1, AD2 ...) behoren ook 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 V19 ook een basisdoelstelling B19. De evaluatie van dit hogere niveau geeft een bijkomende houvast bij de oriëntering van de leerling naar het hoger onderwijs.

In dit leerplan zijn ook **uitbreidingsdoelstellingen** geformuleerd. Indien de school kiest voor vijf wekelijkse lestijden dan wordt sterk aanbevolen de uitbreidingsdoelstellingen (U) van dit leerplan te realiseren.

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' bieden een reeks suggesties van mogelijke experimenten, waaruit de leraar een oordeelkundige keuze kan maken.

Link met eerste/tweede graad

Bij deze wenken wordt duidelijk gemaakt wat de leerlingen reeds geleerd hebben in de voorgaande graden. Het is belangrijk om deze voorkennis mee te nemen bij het uitwerken van concrete lessen.

Toelichting voor de leraar

Soms staat er bij een leerplandoelstelling een wenk 'Toelichting voor de leraar'. In deze wenken wordt specifieke achtergrondinformatie gegeven voor de leraar. Het is zeker niet de bedoeling dat de leerlingen dit moeten kennen.

Taalsteun

Zie verder.

Mogelijke practica

Onder elke groep van leerplandoelstellingen staan mogelijke practicumopdrachten vermeld. Uit de voorgestelde opdrachten kan een keuze worden gemaakt, mits een min of meer evenwichtige spreiding over de verschillende leerstofitems. 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 strategieën er moeten gehanteerd worden zoals:

- In concrete voorbeelden ... toepassen
- Een grafische voorstelling ... interpreteren
- ... in verband brengen met ...
- Aantonen dat ...aan de hand van de waarneming van ...
- Via berekening aantonen dat ...
- De formules ... bepalen en toepassen
- ... toelichten aan de hand van ...

Bij het uitwerken van lessen, het gebruik van een handboek of een cursus en het evalueren is het leerplan steeds het uitgangspunt. Handboeken zijn meestal geschreven voor aso en gaan soms verder dan de basisdoelstellingen. De leerkracht moet er in het bijzonder over waken dat ook de algemene doelstellingen (AD) gerealiseerd 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 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. Opgaven 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.
- Toepassen van “denken-delen-uitwisselen”.

- Toepassen van “peer instruction”.
- Taakafhankelijk groepswork met experten.
- Stellingen: waar of niet?

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.

Enkele tips i.v.m. taalsteun voor de lessen Fysica:

- 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:
 - schakelschema's van een elektrische kring;
 - vectordiagrammen (free body diagram);
 - veldlijnspectra;
 - gebruik van applets tonen de essentie;
 - energiebandenstructuur bij halfgeleiders.
- 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 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, informatieverwerving, mindmapping ...
- Bij experimentele opdrachten of waarnemingsopdrachten: chronometer, foto toestel, apps, sensoren, realtimemetingen ...
- Voor tools die de leerling helpen bij het studeren: leerplatform, apps ...
- Bij verwerking van meetresultaten in tabellen en grafieken: gebruik van spreadsheet-software.
- Bij opdrachten zowel buiten als binnen de les: toepassingssoftware, leerplatform ...
- Bij communicatie.

3.5 De geïntegreerde proef

De geïntegreerde proef is in Techniek-wetenschappen een onderzoeksopdracht in verband met wetenschap en samenleving en/of wetenschap en techniek. Er wordt gebruik gemaakt van wetenschappelijke kennis en technische en communicatieve vaardigheden. Bij de onderzoeksopdracht is het aangewezen de algemene doelstellingen rond leren onderzoeken geïntegreerd aan bod te laten komen.

We verwijzen hierbij ook naar:

- de VVKSO-mededeling: www.vvkso.be > visieteksten > De geïntegreerde proef in het voltijds secundair onderwijs.
- het VVKSO-servicedocument: www.vvkso.be > lessentabellen > derde graad tso > Techniek-wetenschappen > Geïntegreerde proef

4 Algemene doelstellingen

Het leerplan fysica is een **graadlerplan voor vier of vijf wekelijkse lestijden waarvan twee lestijden practicum**. Om de weg naar academische vervolgstudies (m.i.v. industrieel ingenieur) te ondersteunen, kiezen vele scholen die Techniek-Wetenschappen aanbieden voor vijf wekelijkse lestijden. In dat geval wordt sterk aanbevolen de **uitbreidingsdoelstellingen (U)** van dit leerplan te realiseren.

De lestijden voor het practicum worden steeds in een blok van twee aansluitende uren gelegd.

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, via vormen van samenwerkend leren.

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 rapportering verplicht** (zie wenken bij AD 5).

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

Nummer algemene doelstelling	Verwoording doelstelling
AD1	ONDERZOEKSVRAAG Een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag en indien mogelijk een hypothese of onderzoeksvoorstel over deze vraag formuleren.
Wenken 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.	
AD2	INFORMEREN Voor een onderzoeksvraag, op een systematische wijze informatie verzamelen en ordenen.

Wenken

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.

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 methode te gebruiken en te evalueren;
- aangereikte methode aan te passen aan het beschikbaar materieel;
- aangereikte 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;
- benodigdheden 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 veilig en correct hanteren: spanningsbronnen, elektrische componenten, meetapparatuur (multimeters, ...);
- 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.

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 meetresultaten (en resultaten van berekeningen) op grootte orde inschatten om foute berekeningen op het spoor te komen;
- de onderzoeksresultaten te interpreteren, een conclusie te trekken, het antwoord op de onderzoeksvraag te formuleren;
- de aangewende techniek en 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.

Wenken

Rapporteren kan door:

- alleen of in groep waarnemings- en andere gegevens mondeling of schriftelijk te verwoorden;
- metingen te verwerken door berekeningen;
- 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 en/of presentatie.

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.

Om didactische redenen is het aan te raden dat de rapportering (tabellen, grafieken, besluitvorming ...) zo veel als mogelijk tijdens het uitvoeren van het practicum gebeurt. Rapportering louter als een vorm van huiswerk zien, is af te raden.

Er is een grote verwevenheid tussen het rapporteren en het reflecteren.

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 tweede 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, global warming en hernieuwbare energie;
- respectvol omgaan met het '*anders zijn*': anders gelovigen, niet-gelovigen, gendersverschillen.

AD6

MAATSCHAPPIJ

De wisselwerking tussen fysica en maatschappij op ecologisch, ethisch, technisch, socio-economisch en filosofisch vlak illustreren.

Wenken

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

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 de wetenschap om dit op te lossen (alternatieve energiebronnen zoals kernsplijting, zonne-energie, windenergie, kernfusie, H₂ en gebruik van andere materialen, recyclage,...)

De wisselwerking tussen fysica en maatschappij kan geïllustreerd worden door de wederzijdse beïnvloeding (zowel negatieve als positieve) van wetenschappelijk-technologische ontwikkelingen:

- aspecten van verkeersveiligheid linken aan mechanische grondprincipes: gordel, airbag, kreukelzone, remweg, ABS;
- aspecten van elektrische veiligheid linken aan elektrische grondbeginselen: aarding, zekering, differentieelschakelaar;
- aspecten van gezondheid en bescherming aangeven bij elektromagnetische en ioniserende straling;
- aspecten van gehoorschade bij geluidsoverlast linken aan wetenschappelijke principes;
- halfgeleiders vormen de basis van de huidige informatie- en communicatietechnologie;
- fysische principes bij diagnose (medische beeldvorming) en therapie in de geneeskunde;
- wetenschappelijke samenwerkingsverbanden (bv. CERN) zijn grens- en belangenoverstijgend.

AD7

CULTUUR

Illustreren dat fysica behoort tot de culturele ontwikkeling van de mensheid.

Wenken

Men kan dit illustreren door:

- 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 te geven 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;
- te verduidelijken dat natuurwetenschappelijke opvattingen behoren tot cultuur als ze worden gedeeld door vele personen en overgedragen aan toekomstige generaties. 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;
- wetenschappelijke kennis wordt ingezet bij maatschappelijke debatten: milieu, kernenergie, giftransporten, chemische oorlog;
- aan te tonen dat wetenschap een inspiratiebron is voor schrijvers (Jules Verne, Hergé, Isaac Asimov, Dan Brown, ...) en filmmakers, kunstenaars (da Vinci, Panamarenko, Delvoye, ...);
- gebruik van technologie maakt grote evenementen en concerten mogelijk: grote beeldschermen en geluidsversterking;
- kennis van het verleden op basis van dateringstechnieken;
- het gebruik van nieuwe technieken in de kunst, zoals bij het creëren, als bij analyse en conserveren.

AD8

DUURZAAMHEID

Bij het verduidelijken van en het zoeken naar oplossingen voor duurzaamheidsvraagstukken wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op grondstoffenverbruik, energieverbruik en het leefmilieu.

Wenken

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

- ontwikkeling van energiezuinige verlichting: spaarlampen, LED-verlichting;
- 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 tweede graad aan bod kwamen, zullen in toenemende mate van zelfstandigheid en complexiteit gehanteerd worden.

AD9

GROOTHEDEN EN EENHEDEN

Het onderscheid tussen grootte en eenheid aangeven en de SI-eenheden met hun respectievelijke veelvoud en delen gebruiken.

Wenken

Een grootte wordt uitgedrukt als een product van een numerieke waarde (een getalwaarde) en de corresponderende eenheid. Er moet veel 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 de leefwereld moet hen een gevoel geven van de grootte ervan.

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

AD10

MEETTOESTELLEN EN MEETNAUWKEURIGHEID

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

Wenken

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, leidt soms tot minder zinvolle uitdrukkingen zoals een deur van $8,3 \cdot 10^{-1}$ m i.p.v. 0,83 m.

AD11

BEREKENINGEN

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 moeten een eerlijke communicatie voeren, rekening houdend met de kwaliteit van de metingen en berekeningen. Het oordeelkundig gebruik van beduidende cijfers is hierbij noodzakelijk.

AD12

GRAFIEKEN

Meetresultaten grafisch voorstellen in een diagram en deze interpreteren.

Wenken

- In vergelijking met de tweede graad komen hier enkele extra verbanden bij: tweedegraadsfunctie, exponentiële en logaritmische verbanden, vierkantswortel.
- Veel programma's kunnen een hele reeks numerieke analysetechnieken aan. Via een rekenblad kunnen leerlingen via de optie "trendlijn" het verband tussen de gemeten grootheden en eventueel de kwaliteit van de meetresultaten of het model achterhalen.

5 Leerplandoelstellingen

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

Een voorstel van timing vind je verder bij de verschillende hoofdstukken van leerplandoelstellingen.

Mogelijke practica staan bij ieder hoofdstuk vermeld onder de leerplandoelstellingen. Uit de voorgestelde practica kan een keuze worden gemaakt, mits een min of meer evenwichtige spreiding over de verschillende hoofdstukken. Andere practica die aansluiten bij de leerstof zijn ook toegelaten.

5.1 Eerste leerjaar van de derde graad

5.1.1 *Elektrodynamica*

5.1.1.1 Elektrische ladingen en elektrisch veld

(ca 4 lestijden)

Nummer leerplandoelstelling
B = basisdoelstelling
V = verdiepende doelstelling
U = uitbreidingsdoelstelling

Verwoording doel-
stelling

B1	Het bestaan van 2 soorten ladingen toelichten , hun onderlinge wisselwerking beschrijven en de grootte van die wisselwerking berekenen .
Wenken Men zal enkele wrijvingsproefjes uitvoeren en verklaren. Hierbij ontstaat geen lading, maar grijpt een verplaatsing van ladingen plaats. Het aantrekken van een neutraal voorwerp kan toegelicht worden vanuit elektrostatische inductie (elektrische influentie).	
B2	Een geleider en een isolator van elkaar onderscheiden en de link leggen met de atoombouw.
Wenken Een geleider bestaat uit atomen met 1, 2 of 3 valentie-elektronen. Een isolator bestaat uit atomen met 5, 6 of 7 valentie-elektronen. Stoffen opgebouwd uit atomen met 4 valentie-elektronen noemen we halfgeleiders. Eventueel kan je hier al via een 2-dimensionale voorstelling van een kristalrooster halfgeleiding toelichten. Het energiebandenmodel komt later aan bod.	
B3	Het begrip elektrische veldsterkte toelichten met inbegrip van elektrische veldlijnen in een homogeen en een radiaal veld.
Wenken Inzicht in het veldlijnenpatroon van eenvoudige ladingsverdelingen kan vlug verkregen worden via een simulatie op pc. Het is niet de bedoeling ingewikkelde rekenopdrachten i.v.m. veldsterkte te maken.	

B4	Elektrische schermwerking in concrete toepassingen toelichten.
<p>Wenken</p> <p>Elektrische schermwerking (kooi van Faraday) doet zich voor in een tunnel van gewapend beton, in een coaxiale kabel, in een auto, bij een bliksemafleider ...</p>	
B5	Het verband tussen elektrische potentiële energie en potentiaal toelichten.
<p>Wenken</p> <p>Zoals de elektrische veldsterkte de kracht op een eenheidslading in een bepaalde positie weergeeft, zo geeft de elektrische potentiaal de energie van een eenheidslading weer in een bepaalde positie. Vermits het begrip potentiële energie nog niet gekend is vanuit de tweede graad, kan je elektrische potentiële energie invoeren vanuit arbeid. Eventueel kan je de analogie leggen met gravitatie potentiële energie. We beperken ons tot homogene elektrische velden. Hier is de kracht constant en kunnen we dus gebruik maken van kracht maal verplaatsing. En zo komen we dan snel tot $V = E_p/q = E \cdot d$</p>	
B6	Spanning omschrijven als potentiaalverschil
<p>Wenken</p> <p>Om spanning formeel in verband met elektrische veldsterkte te brengen, kan je je beperken tot potentiaal bij homogene elektrische velden.</p>	

Mogelijke practica

- Onderzoek van elektrostatische verschijnselen.

5.1.1.2 Ladingstransport

(ca 3 lestijden)

B7	De grootheden elektrische stroomsterkte en spanning omschrijven en hun eenheden hanteren.
<p>Wenken</p> <p>Om zo concreet mogelijk de basisbegrippen i.v.m. een elektrische stroomkring aan te brengen gebruiken we bij voorkeur het vloeistof-stroommodel. Hierbij wordt spanning vergeleken met een hydrostatisch drukverschil. Zoals bij een gesloten vloeistofkring een pomp nodig is die het drukverschil onderhoudt, is er in een elektrische kring een toestel nodig dat de nodige energie levert. Zo een toestel wordt bij voorkeur spanningsbron genoemd. De spanningsbron is dus als het ware een elektronenpomp.</p> <p>Aanvullend kan je eventueel de analogie met de bloedsomloop gebruiken: de spanningsbron kan je dan vergelijken met het hart, de spanning met de bloeddruk en de elektrische stroomsterkte met het debiet van het bloed.</p> <p>Als gevolg van het frequente gebruik van batterijen bij heel wat elektronisch speelgoed kan het nuttig zijn het begrip capaciteit (in Ah of mAh) van een batterij te bespreken.</p>	
B8	Een eenvoudige elektrische schakeling schematisch weergeven en de conventionele stroomzin aangeven.
B9	De stroom en de spanning in een elektrische stroomkring meten.

Wenken

Bij het gebruik van een multimeter is het belangrijk dat leerlingen oog hebben voor polariteit, meetbereik en meetnauwkeurigheid. Ze starten met de minst gevoelige schaal.

B10

Het wiskundig **verband** tussen spanning en stroomsterkte bij een geleider **omschrijven** en **grafisch voorstellen**.

Wenken

De verhouding van de spanning over een schakelelement en de stroomsterkte erdoor, definieert men als weerstand van dit schakelelement. Als die verhouding constant is, dan is er voldaan aan de wet van Ohm. Je kan de hellingsgraad (richtingscoëfficiënt) van de grafiek koppelen aan de begrippen weerstand of geleidbaarheid.

Trek er de aandacht op dat het woord weerstand dubbel gebruikt wordt nl. als grootheid en als schakelelement van energie.

B11

Elektrische energie en vermogen **berekenen**.

Wenken

Een elektrisch toestel onttrekt elektrische energie aan een spanningsbron en zet deze energie om in een andere soort energie. Het tempo waarin dit gebeurt noemen we het vermogen d.w.z. de hoeveelheid energie die het toestel per seconde kan omzetten.

Bij de facturatie drukt men elektrische energie ook in kWh uit.

B12

Het Joule-effect van elektrische stroom **verklaren** en **in** enkele praktische **toepassingen beschrijven**.

Wenken

Je kan hier de formules van warmteleer linken aan de elektrische formules. Wijs er de leerlingen op dat bij heel wat elektrische toestellen een ongewenst Joule-effect optreedt. Beschouwingen omtrent rendement zijn hier op hun plaats.

Mogelijke practica

- Onderzoek van de wet van Ohm.
- Bepaling van de weerstand van een verwarmingsspiraal vanuit het Joule-effect.
- Bepaling van de specifieke warmtecapaciteit van water vanuit het Joule-effect.

5.1.1.3 Onderzoek van weerstanden

(ca 1 lestijd)

B13

De factoren, die bepalend zijn voor de weerstand van een geleider (bij constante temperatuur), **onderzoeken** en hun **onderlinge relatie in een formule weergeven en verklaren**.

Wenken

Dit gegeven biedt de kans op een open onderzoekopdracht. Bij onderzoek van de invloed van één van die factoren moeten de andere factoren constant worden gehouden. Daarnaast is het aangewezen dat leerlingen zelf het onderscheid tussen doorsnede en diameter achterhalen.

Toepassingen zijn o.a. rekstrookjes, batterijtester van duracell.

B14

De invloed van de temperatuur op de weerstand van een geleider **toelichten en verklaren**.

Wenken

Bij een gloeilamp neemt de temperatuur sterk toe bij stijgende spanning, waardoor de verhouding van spanning en stroomsterkte niet meer constant is en het $I(U)$ -diagram geen rechte meer is.

Mogelijke practica

- Bepaling van de wet van Pouillet.
- Onderzoek van de temperatuursafhankelijkheid van de weerstand van een geleider.

5.1.1.4 Schakelen van weerstanden

(ca 5 lestijden)

B15

Bij serie- en parallelschakeling van weerstanden respectievelijk de spannings- en stroomwetten **formuleren en toepassen** op eenvoudige kringen.

Wenken

In die context kan je het begrip spanningsdeler toelichten. Dit concept wordt toegepast in sensoren en in elektronische schakelingen bv. in combinatie met een LDR of een NTC.

Het is niet de bedoeling hier de wetten van Kirchhoff te gebruiken om stroom- en spanningsvergelijkingen op te stellen en op te lossen.

B16

Het begrip vervangingsweerstand **omschrijven** en de vervangingsweerstand **berekenen** voor serie-, parallel- en gemengde schakelingen.

Wenken

Merk op dat in een elektrische kring in een huisinstallatie elk toestel dat we bijschakelen een weerstand in parallel is, waardoor de totale weerstand kleiner wordt en de stroom in die kring groter wordt.

B17

De gevaren en enkele bijhorende veiligheidsaspecten **opsommen en toelichten**.

Wenken

In die context wordt best de link gelegd met de huisinstallatie. Zo is een huisinstallatie gekenmerkt door een groepeerindeling. Zo mag een kring maar een maximaal aantal stopcontacten bevatten.

Een groot gevaar bij elektriciteit is elektrocutie van onder spanning staande delen, als bv. een geleider contact maakt met de metalen behuizing van een toestel. Remedies hiertegen zijn aarding en de verliesstroomschakelaar.

Een ander gevaar treedt op bij overbelasting of kortsluiting. De remedie hiertegen is een zekering.

Mogelijke practica

- Bepaling van de stroom- en spanningswetten bij serie- en parallelschakeling van weerstanden.
- Bepaling van de substitutieweerstand bij schakelen van weerstanden.
- Praktische oefeningen op schakelen van weerstanden.
- Onderzoek van de potentiometer-schakeling.
- Weerstandsmeting m.b.v. een brug van Wheatstone.

5.1.1.5 Spanningsbronnen

U1	Het verschil tussen elektromotorische spanning (EMS) en klemspanning omschrijven .
Wenken I.p.v. EMS wordt ook de term bronspanning gebruikt.	
U2	De kleinere waarde van de klemspanning bij stijgende belasting m.b.v. de inwendige weerstand van de bron verklaren .
Wenken In deze context spreekt men soms ook van een niet-ideale spanningsbron. Je kan dit aantonen bij een (hoog-vermogen)batterij. Via analyse van de $U(I)$ -grafiek bekom je de inwendige weerstand en de EMS. Eventueel kunnen deze onderwerpen enkel als practicum aan bod komen als een onderzoeksopdracht in het kader van de algemene doelstellingen rond leren onderzoeken.	
U3	De bedoeling van een serie- en een parallelschakeling van bronnen toelichten aan de hand van voorbeelden .
Wenken Een platte batterij is bv. een serieschakeling van drie Leclanché-elementen (C-Zn) van 1,5 V. Een 12 V batterij bij een personenwagen bestaat uit een serieschakeling van 6 parallelschakelingen van loodaccu's (2,0 V).	

Mogelijke practica

- Onderzoek van een niet-ideale spanningsbron (batterij).

5.1.1.6 Condensatoren

(ca 1 lestijd)

B18	Het condensatieverschijnsel bij ladingen toelichten en de formule en eenheid van capaciteit weergeven .
Wenken Het condensatieverschijnsel van ladingen kan experimenteel aangetoond worden met een daartoe aangepaste elektroscoop (vlak bovenstuk).	
B19	Het spanningsverloop bij het laden en het ontladen van een condensator weergeven .
Wenken Met behulp van een pc met meetinterface kan het op- en ontladen van condensatoren langs experimentele weg op een aanschouwelijke manier (m.b.v. grafieken) worden behandeld.	

V19 Het begrip "tijdconstante" **verwoorden** en er **berekeningen** mee **uitvoeren**.

Wenken

In de praktijk neemt men aan dat na $t = 5.R.C$ de condensator volledig opgeladen of ontladen is.

U4 **De formules** voor het berekenen van de vervangingscapaciteit van een serie- of parallelschakeling van condensatoren **weergeven en toepassen**.

U5 **De formule** voor de capaciteit van een vlakke condensator **weergeven en toelichten**.

Wenken

Beide bovenstaande uitbreidingsdoelstellingen kunnen gebruikt worden als achtergrond bij de bespreking van de soorten en bouw van condensatoren.

Mogelijke practica

- Bepaling van de ontlad- en oplaadkromme van een condensator.
- Bepaling van de capaciteit van een condensator m.b.v. PC en meetinterface.

5.1.2 Elektromagnetisme

5.1.2.1 Permanente- en elektromagneten

(ca 4 lestijden)

B20 Magnetische **verschijnselen** bij permanente magneten **beschrijven** en enkele **toepassingen opnoemen**.

Wenken

Met magnetische verschijnselen bij permanente magneten bedoelen we de magneetpolen, hun onderlinge wisselwerking, het magnetisch veld en de magnetische veldlijnen.

Bij het veldbegrip kunnen gelijkenissen en verschillen met elektrische veldlijnen aangegeven worden. Praktische toepassingen van permanente magneten vind je bij het kompas en aardmagnetisme, kastsluitingen, bordmagneten ...

Het aantrekken van een ijzeren voorwerp kan toegelicht worden vanuit magnetische influentie.

B21 Het magnetisch veld rond een stroomvoerende draad, in een winding en in een spoel m.b.v. veldlijnen **voorstellen**.

Wenken

Via proefjes kan je de vuistregels voor vorm en zin van het magnetisch veld illustreren. Applets kunnen hierbij als verduidelijking gehanteerd worden. De formules komen aan bod eens de magnetische inductie aan bod is gekomen.

B22 **Enkele praktische toepassingen** van elektromagnetisme **verklaren**.

Wenken

Voorbeelden van toepassingen zijn de bel, het relais, magnetische geheugens ...

B23 De oorsprong van het magnetisme van de materie **verklaren** en het magnetiseren en demagnetiseren **ermee in verband** brengen.

Wenken

Uit de overeenstemmende velden van een permanente staafmagneet en een solenoïde (eventueel met weekijzere kern) kan men besluiten dat binnenin de materie eveneens “kringstromen” moeten voorkomen die verantwoordelijk zijn voor het magnetisch gedrag van de materie.

Mogelijke practica

- Verkennende onderzoekjes i.v.m. permanente magneten en elektromagneten.

5.1.2.2 Elektromagnetische krachtwerking

(ca 5 lestijden)

B24 De richting, de zin en de grootte van de Lorentzkracht op een rechte stroomvoerende geleider **aangeven** en hiermee de magnetische veldsterkte **omschrijven**.

Wenken

De Lorentzkracht kan gemeten worden met een drager met verwisselbare stroomgeleiders op een print in combinatie met een magneet op digitale balans tot op 0,01 g. Een toepassing van de Lorentzkracht is de luidspreker.

In Engelstalige bronnen spreekt men van “magnetic field vector”. De term magnetische veldsterkte is ook toegelaten en is een didactische keuze. In vergelijking met de term magnetische inductie zijn er twee voordelen: de analogie met elektrische veldsterkte aangeven en de verwarring met het elektromagnetisch inductieverschijnsel vermijden.

V24 De richting, de zin en de grootte van de Lorentzkracht op een bewegende lading **bepalen**.

Wenken

Beeldbuizen en CRT-oscilloscopen zijn over het algemeen verdrongen door flatscreens. De afbuiging van geladen deeltjes wordt gebruikt in deeltjesversnellers. Eventueel kan hier de formule worden afgeleid ($F_L = B \cdot q \cdot v$). Ook het principe van een Hall-sensor kan aan bod komen.

B25 De richting, de zin en de grootte van de magnetische veldsterkte rond een rechte geleider en in een spoel **bepalen**.

Wenken

Gebruik van een Hall-sensor in combinatie met PC met meetinterface is hier aangewezen.

B26 De krachtwerking op een rechthoekige winding **toelichten en toepassen bij** de gelijkstroommotor.

Wenken

Modellen hiervan zijn te verkrijgen in de leermiddelenhandel. Animaties kunnen verhelderend werken. Eventueel kan ook aangegeven worden dat dit principe gehanteerd wordt bij analoge meettoestellen, voor zover die nog voorhanden zijn.

Mogelijke practica

- Bepaling van de Lorentzkracht via U-vormige magneten op een bovenweger.
- Bepaling van de magnetische veldsterkte in een solenoïde d.m.v. een Hall-sensor.

- Bepaling van de magnetische veldsterkte rond een rechte geleider d.m.v. een Hall-sensor.
- Bepaling van de magnetische permeabiliteit van vacuüm (lucht) d.m.v. een spoel en een Hall-sensor.

5.1.2.3 Het elektromagnetisch inductieverschijnsel

(ca 4 lestijden)

B27	Fluxverandering als oorzaak van inductiespanning toelichten .
<p>Wenken</p> <p>De flux is een maat voor het aantal veldlijnen door een oppervlak. Experimenteel wordt aangetoond dat een fluxverandering in een spoel, op welke wijze dit ook gebeurt, een spanning doet ontstaan aan de uiteinden van die spoel. Men wijst er vooral op dat het de verandering is van het aantal veldlijnen die de inductiespanning doet ontstaan. Indien de kring gesloten is vloeit er een inductiestroom.</p>	
B28	Met behulp van de wet van Lenz de zin van de inductiespanning vinden .
<p>Wenken</p> <p>Waarnemingsproefjes worden uitgevoerd om de factoren aan te tonen die de zin van de inductiestroom beïnvloeden.</p>	
B29	De algemene inductiewet hanteren .
<p>Wenken</p> <p>De formule komt hier ook aan bod.</p> <p>De verschillende factoren in de inductiewet van Faraday kan je kwalitatief aantonen m.b.v. een staafmagneet, twee spoelen en een gevoelige ampèremeter.</p> <p>Bij rekenopdrachten kan je je beperken tot de gemiddelde inductiespanning. Het afgeleidebegrip is op dat moment meestal nog niet behandeld in de lessen wiskunde.</p> <p>Door een magneet in een PVC-buis door een spoel te laten vallen, kan je m.b.v. een meetinterface en PC de spanningsstoot registreren. Hieruit kan je dan de wet van Faraday afleiden.</p>	
V29	Het verschijnsel wervelstromen toelichten .
<p>Wenken</p> <p>Wervelstromen kan je aantonen doordat een magneet trager door een aluminium of koperen buis valt. In de praktijk wordt dit verschijnsel toegepast bv. bij remsystemen van trein en pretparkattracties en bij inductiekookplaten.</p>	
B30	Het werkingsprincipe van een generator weergeven .
<p>Wenken</p> <p>Modellen hiervan zijn te verkrijgen in de leermiddelenhandel. Animaties hiervan kunnen verhelderend werken.</p>	
B31	De transformatieverhouding bij de spanningen en de stromen van de spoelen van een ideale transformator toepassen en zijn functie bij het transport van elektrische energie toelichten .

Wenken

Het tonen van het inwendige van een transformator ondersteunt het begrijpen van de wetten van de transformatieverhoudingen. Bij een adaptor heb je meer windingen en dunnere koperdraad in de primair en minder windingen en dikkere koperdraad in de secundair. Het opwarmen van een adaptor kan gekoppeld worden aan de begrippen vermogen en rendement.

Indien je verkiest wisselspanning en wisselstroom te beperken tot de basisdoelstellingen B71 en B72, dan kan je dit hier laten aansluiten.

U6 Het zelfinductieverschijnsel **toelichten en verklaren**.

Wenken

Het zelfinductieverschijnsel wordt gebruikt bij de starter van een TL-lamp en bij de ontsteking van een benzinemotor. Vonkvorming als gevolg van zelfinductie is soms ook ongewenst, bv. bij een klassieke bel, bij het openen van een schakelaar in een kring met TL-lampen, bij trein-en tramleidingen.

U7 Voor een spoel de formules voor zelfinductiecoëfficiënt en zelfinductiespanning **weergeven en hanteren**.

Wenken

Indien in het zesde jaar wisselstroomketens (U) worden behandeld, dan is het aangewezen het begrip zelfinductiecoëfficiënt te behandelen.

Mogelijke practica

- Onderzoek van de transformator.

5.1.3 *Mechanica*

5.1.3.1 Kinematica

(ca 11 lestijden)

B32 De relativiteit van rust en beweging **omschrijven**.

Wenken

Het referentiestelsel kan beperkt worden tot een één- of twee dimensionaal assenstelsel.

B33 **De begrippen** positievector, baan, baancoördinaat, afgelegde weg en tijdsinterval **hanteren**.

Wenken

Bij rechtlijnige bewegingen kiezen we de x-as (of de y-as) volgens de baan en gebruiken we de coördinaat x (of y). Bij een kromlijnige beweging kan je met x- en y-coördinaat werken of met de baancoördinaat s. De positie van een bewegend lichaam in functie van de tijd wordt beschreven via de modelvoorstelling van een puntmassa.

B34 **Toelichten wanneer** een veranderlijke rechtlijnige beweging eenparig versneld of vertraagd is.

B35 **Het begrip** versnelling bij een eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging **hanteren en omschrijven**.

Wenken

Niet elke versnelde beweging is ook eenparig versneld. Als je met je fiets optrekt dan zal meer dan waarschijnlijk de snelheid niet gelijkmatig toenemen. Leerlingen associëren de term “eenparig” nogal eens met constante snelheid. Als duiding kan hier eventueel de term gelijkmatig versnellen of vertragen vermeld worden. Aan de hand van $v(t)$ -diagrammen kan je de verschillende bewegingen bespreken.

Er wordt bij voorkeur gewerkt vanuit experimenten. Bij een iets formelere aanpak vergewis je je er best van of de benodigde wiskundige vaardigheden reeds verworven.

Het is aangewezen te wijzen op het verschil tussen ogenblikkelijke en gemiddelde snelheid.

Link met de tweede graad

In het eerste leerjaar van de tweede graad hebben de leerlingen beperkt kennis gemaakt met het begrip snelheid. De ERB is ook aan bod gekomen.

In het leerplan van de tweede graad vinden we onderstaande leerplandoelstellingen:

- In concrete voorbeelden van beweging het begrip snelheid toepassen. (B26)
- In concrete voorbeelden van beweging de kenmerken van snelheid als vector aangeven. (B27)
- In concrete voorbeelden van beweging de eventuele verandering van bewegingstoestand met vectoren toelichten. (B28)
- Bij een eenparig rechtlijnige beweging het verband tussen de afstand en de tijd experimenteel bepalen en dit grafisch voorstellen. (B30)
- Bij een eenparige rechtlijnige beweging de snelheid, de afstand en de tijd berekenen. (B31)

Het kwadraat in de eenheid m/s^2 voor versnelling is niet vanzelfsprekend voor leerlingen. Via voorbeelden kan je aangeven dat een versnelling van bv. $2,5 m/s^2$ betekent dat er per seconde $2,5 m/s$ bij de snelheid bij komt (of afgaat). Bij een eenparig rechtlijnige beweging is de versnelling nul.

B36 $x(t)$ -, $v(t)$ - en $a(t)$ -grafieken tekenen en interpreteren.

Wenken

M.b.v. een afstandssensor of via videometen bekom je snel plaats(tijd)-grafieken. In het kader van het onderzoekend leren kan je die als uitgangspunt nemen om tot de definities te komen. Vanuit de wiskunde van de tweede graad weten de leerlingen dat een parabool beschreven wordt door een tweegraadsvergelijking.

B37 De vrije val als een voorbeeld van een eenparig versnelde rechtlijnige beweging zonder beginsnelheid toelichten.

Wenken

Een vrije val is een valbeweging in het luchtledige. Via een valbuis kan worden aangetoond dat in het luchtledige de valtijd van op eenzelfde hoogte onafhankelijk is van de massa. Dave Scott van Apollo XV deed de proef op de maan met een hamer en een veer. Het filmpje is vrij beschikbaar. Bij kleine zware massa's kan je de vrije val goed benaderen in de dampkring mits de bereikte snelheid niet te groot is. Een val in de dampkring is in het begin een veranderlijke rechtlijnige beweging, waarbij in eerste instantie de snelheid toeneemt tot de luchtweerstandskracht even groot is als de zwaartekracht. Op dat moment bereiken we een maximale snelheid. Dit is het geval bij “sky-diving”.

B38 Realistische problemen i.v.m. de EVRB en de vrije val oplossen.

Wenken

Bij de vrije val is het niet noodzakelijke “nieuwe” formules te introduceren. Je kan vertrekken uitgaande van de algemene formules van de eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging. Je kan experimenteel aantonen dat een vrije valbeweging een eenparig versnelde rechtlijnige beweging is zonder beginsnelheid.

V38	De verticale worp omhoog als een voorbeeld van een eenparig vertraagde rechtlijnige beweging met beginsnelheid toelichten en opdrachten hieromtrent oplossen .
<p>Wenken</p> <p>Je kan gebruik maken van de algemene formules voor een eenparig veranderlijke beweging.</p>	
B39	Het onafhankelijkheidsbeginsel bij het samenstellen van bewegingen omschrijven en kwalitatief toepassen bij de horizontale worp.
<p>Wenken</p> <p>Het onafhankelijkheidsbeginsel kan proefondervindelijk aangetoond worden: de valtijd bij een horizontale worp is gelijk aan de valtijd bij een vrije val.</p>	
V39	Het onafhankelijkheidsbeginsel kwantitatief toepassen bij een horizontale en een schuine worp
<p>Wenken</p> <p>Vermits we hier een beweging in twee dimensies beschrijven, wordt de positie voor het eerst weergegeven met twee coördinaten x en y. Een oefening op het samenstellen van 2 ERB's (zwemmer en rivier) laat de leerlingen kennismaken met het werken met twee verschillende bewegingen volgens onderling loodrechte assen.</p>	

Mogelijke practica

- Volgende practica kan je uitvoeren met de tijdtikker, met de afstandssensor of met videometen.
 - Onderzoek van de EVRB zonder beginsnelheid.
 - Onderzoek van de EVRB met beginsnelheid m.b.v. een aandrijfmassa aan een touw en met wielteje.
 - Onderzoek van de vrije val.
 - Onderzoek van de beweging bij een helling op en een helling af.
- Bepaling van de reactietijd via de valbeweging van een latje.
- Registratie van de parabolische baan op een hellend vlak.
- Verticale registratie van de horizontale worp met een lanceerbuis.
- Horizontale registratie van de horizontale worp met lanceerbuis.
- Onderzoek van de schuine worp m.b.v. videometen.

5.1.3.2 Dynamica

(ca 12 lestijden)

B40	Het traagheidsbeginsel toelichten en herkennen in concrete situaties .
<p>Link met de tweede graad</p> <p>In het eerste leerjaar van de tweede graad hebben de leerlingen geleerd dat een lichaam geen snelheidsverandering ondergaat als de som van alle inwerkende krachten nul is.</p> <p>In het leerplan van de tweede graad vinden we onderstaande leerplandoelstellingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uit de bewegingstoestand (rust, ERB, veranderlijke beweging) van een voorwerp besluiten trekken in verband met de resulterende inwerkende kracht. (B29) 	
B41	De invloed van de resulterende kracht en van de massa op de verandering van bewegingstoestand van een voorwerp kwalitatief en kwantitatief beschrijven .

Link met de tweede graad

In de tweede graad is in beperkte mate reeds de link gelegd tussen kracht en bewegingstoestand: een voorwerp is in rust of eenparig rechtlijnig aan het bewegen als de resultante van de krachten nul is. Is de resultante niet nul dan hebben we te maken met een veranderlijke beweging.

- Uit de bewegingstoestand (rust, ERB, veranderlijke beweging) van een voorwerp besluiten trekken in verband met de resulterende inwerkende kracht. (B29)

Wenken

Is de resulterende kracht een constante kracht (als vector) dan hebben we een eenparig versnelde rechtlijnige beweging (EVRB).

Nu pas kan je de newton (N) definiëren. Je kan ook aantonen dat N/kg en m/s^2 op hetzelfde neerkomen en waarom de zwaarteveldsterkte en de valversnelling eenzelfde waarde opleveren.

Vermits het gaat om een verband tussen 3 grootheden, moet je bij meting er telkens één constant houden om het verband tussen de 2 andere te onderzoeken. Dit onderzoek biedt de kans om via een onderwijsleergesprek dieper in te gaan op de onderzoeksmethode. Als we het verband tussen kracht en versnelling onderzoeken, moeten we de massa constant houden. Merk hierbij op dat de massa's die we als aandrijving gaan gebruiken op de wagen moeten bevestigd worden en dan stuk voor stuk overgebracht moeten worden naar de aandrijving.

B42

Het beginsel van actie- en reactie **weergeven en in concrete situaties toelichten**, en daarbij de krachten **schetsen**, ook in de gevallen met spankrachten en normaalkrachten.

Wenken

Het beginsel van actie en reactie is één van de meest gekende, maar minst begrepen items uit de fysica. Het geeft in de eerste plaats weer dat krachten altijd in paren voorkomen. Zo is het voor de leerlingen eigenaardig dat de kracht van de aarde op zijn lichaam even groot is als de kracht van zijn lichaam op de aarde. Wij vallen naar de aarde toe en niet andersom. De krachten zijn weliswaar even groot, maar de versnelling is afhankelijk van de massa.

Men wijst er de leerlingen op dat de actie- en reactiekrachten steeds aangrijpen op verschillende lichamen en bijgevolg niet kunnen worden opgeteld. Je kan eventueel spreken van het interactiebeginsel.

Een lichaam dat ergens op steunt ondervindt van dat ondersteunend lichaam een kracht, de normaalkracht. Een lichaam dat ergens aan hangt, ondervindt van de ophanging een kracht, de spankracht.

U8

De wrijvingskrachten met het contactoppervlak en weerstandskrachten in een fluïdum **toelichten en/of berekenen in concrete situaties**.

Wenken

Het verschil tussen statische en dynamische wrijvingskracht kan onderzocht worden. Dit resulteert in een verschillende waarde voor de statische en dynamische wrijvingsfactor. Het is aangewezen de link te leggen met de berekening van de remweg.

B43

De arbeid **berekenen** bij kracht en verplaatsing met verschillende richting en zin.

Link met de tweede graad

In het leerplan van de tweede graad vinden we onderstaande leerplandoelstellingen:

- De arbeid geleverd door een constante kracht **definiëren en toepassen** bij situaties waarbij de kracht en de verplaatsing dezelfde richting en zin hebben. (B39)

V43

De arbeid **berekenen** bij een niet-constante kracht aan de hand van de $F(x)$ -grafiek.

Wenken

We beperken ons hier tot voorbeelden waarbij de oppervlakte onder de grafiek een eenvoudige meetkundige figuur is.

B44

De formules voor de verschillende soorten mechanische energie **hanteren**.

Link met de tweede graad

In de tweede graad is het begrip energie vanuit arbeid gedefinieerd.

- Het begrip energie toelichten aan de hand van het begrip arbeid. (B40)

V44

De formules voor de verschillende soorten mechanische energie **afleiden**.

Wenken

De formules voor de gravitatie- en elastische potentiële energie en de kinetische energie kan je afleiden uitgaande van de arbeid die nodig is om die energie te verkrijgen.

Hier kan je ook de link leggen tussen de gravitatie ($E_p = m.g.h$) en elektrische potentiële energie ($E_p = Q.E.d$)

B45

Behoud van energie **kwantitatief toepassen in concrete voorbeelden**.

Link met de tweede graad

- Het beginsel van behoud van energie in voorbeelden toelichten. (B41)

Wenken

Kwantitatieve problemen i.v.m. bewegingen kan je gemakkelijker oplossen langs het behoud van energie, dan via de formules uit de kinematica. Voorbeelden hiervan zijn de bepaling van de snelheid na een vrije val vanop een hoogte h (de formule van Torricelli), de bepaling van de remweg ...

B46

Het vermogen bij een ERB **berekenen**.

Wenken

Bij constante snelheid kan je de formule $P = F.v$ afleiden.

B47

De algemene gravitatiewet in een historische context **plaatsen en hanteren**.

Wenken

Bij de historische situering kan Newton geplaatst worden in het rijtje Copernicus, Galilei, Brahe, Kepler, Haley.

B48

Zwaartekracht als een geval van gravitatiekracht **toelichten**.

Wenken

De zwaartekracht laten we aangrijpen op het zwaartepunt van een voorwerp. In principe grijpt de zwaartekracht aan op elk deeltje van een voorwerp. Dat stelsel van al die kleine zwaartekrachtjes wordt vervangen door de resultante, die aangrijpt in het zwaartepunt. Vermits een resultante een fictieve kracht is, vormt het geen probleem dat ze aangrijpt in een punt buiten het voorwerp, zoals bv. bij een ring of een hoogspringer die de lat overschrijdt.

B49

Aan de hand van de algemene gravitatiewet de formule voor de zwaarteveldsterkte **afleiden en hanteren**.

Wenken

Eventueel kan de zwaarteveldsterkte op verschillende hemellichamen of in het ISS berekend worden.

U9 Het gewicht van een versneld lichaam **toelichten**.

Link met de tweede graad

In het eerste jaar van de tweede graad is gewicht aan bod gekomen. Je vergewist je best of de gewichtsloosheid van een vallend voorwerp of van een satelliet in een parkeerbaan om de aarde behandeld is.

- Het onderscheid tussen massa, zwaartekracht en gewicht toelichten. (B24)

Wenken

Daar gewicht gedefiniëerd is als de kracht op de ondersteuning of ophanging is het gewicht van een lichaam dat een versnelling naar beneden ondergaat kleiner en is het gewicht bij een versnelling naar boven groter. Dit kan geïllustreerd worden met liftproblemen.

U10 Het moment van een kracht **toelichten en hanteren in concrete situaties**.

Wenken

Om het belang van de krachtarm bij het moment van een kracht aan te geven, kan gewezen worden op het gevaar van het opheffen van een last met gekromde rug. Om rugklachten te vermijden tilt men het best met een rechte rug vanuit hurkstand.

Eventueel kan dit item in de practica-uren onder de vorm van onderzoeksopdrachten aan bod komen.

Bij de suggesties voor practica staan een aantal voorbeelden.

U11 Voorwaarde voor rotatie-evenwicht **in concrete situaties toelichten en hanteren**.

Wenken

M.b.v. de momentenstelling (evenwichtsvoorwaarde bij rotatie) kan bv. de kracht uitgerekend worden, die de biceps moet uitoefenen om een bepaalde massa op te heffen. De massa van de voorarm wordt op 2,0 kg geschat en de biceps is via een pees aan de voorarm vast op ongeveer 5,0 cm van het ellebooggewricht.

U12 De begrippen krachtstoot en bewegingshoeveelheid **weergeven en toepassen**.

Wenken

Kreukelzones en veiligheidsgordels bij auto's zijn praktische voorbeelden waarmee we het verband tussen krachtstoot en bewegingshoeveelheid kunnen illustreren.

U13 Behoud van bewegingshoeveelheid **toepassen** bij botsingen.

Wenken

De leerlingen kennen allemaal de "wieg van Newton". Door één of meerdere kogeltjes een uitwijking te geven zie je evenveel kogeltjes aan de andere kant vertrekken met dezelfde snelheid.

U14 Onderscheid tussen elastische en niet-elastische botsingen **toelichten**.

Wenken

Merk op dat dit grensgevallen zijn. De werkelijkheid ligt veelal ergens tussenin.

Mogelijke practica:

- Onderzoek van het verband tussen kracht, massa en versnelling.
- Onderzoek van de factoren die de dynamische wrijvingskracht beïnvloeden.
- Bepaling van de statische wrijvingsfactor via een hellende plank.
- Bepaling van de statische wrijvingsfactor via een kettingetje over de rand van de tafel.
- Onderzoek van het moment van een kracht via een statiefje en een dynamometer.
- Onderzoek van het evenwicht bij verschillende soorten hefbomen.
- Onderzoek van de evenwichtsvoorwaarde bij rotatie via dynamometers op een horizontale plank.
- Onderzoek van een model van de onderarm als hefboom.
- Bepaling van de massa van een meetlat via het kantelpunt over de rand van een tafel.
- Verificatie van de wet van behoud van bewegingshoeveelheid bij botsingen.
- Bepaling van de restitutiecoëfficiënt bij een stuiterende bal.
- Onderzoek van het stuiteren van een tennisbal bovenop een basketbal.

5.2 Tweede leerjaar van de derde graad

5.2.1 Trillingen en golven

5.2.1.1 De eenparig cirkelvormige beweging

(ca 4 lestijden)

B50

De begrippen periode, frequentie, omtreksnelheid, hoeksnelheid, middelpuntzoekende versnelling en middelpuntzoekende kracht **toepassen** bij een E.C.B.

Wenken

Dit punt kan eventueel ook ingelast worden in het deel mechanica, bv. na de horizontale worp.

Om het onderscheid tussen omtrek- en hoeksnelheid in te oefenen kunnen die toegepast worden bij tandwielen die op elkaar ingrijpen of die met een ketting verbonden zijn. In die context kan de link gelegd worden met het verzet (in het dagelijks leven spreken we van de versnellingen) bij een koersfiets of een mountain-bike.

Om aan te geven dat er wel degelijk versnelling is bij een E.C.B., moeten we beroep doen op het vectorieel karakter van de snelheid. Er is immers een voortdurende verandering van richting.

De benodigde middelpuntzoekende kracht wordt bv. geleverd door de spankracht van het touw op de massa die we rondslingeren, of door de zwaartekracht van de zon op de planeten, of door de wand van een draaiende trommel in de centrifuge, of door de wrijvingskracht van de banden met het wegdek bij een wagen in een bocht ...

De term centripetaal mag vanzelfsprekend ook gebruikt worden.

Mogelijke practica

- Bepaling van de middelpuntzoekende kracht bij een ECB.

5.2.1.2 De harmonische trilling

(ca 5 lestijden)

B51 De positie van een puntmassa die een harmonische trilling uitvoert **grafisch voorstellen en de bijhorende vergelijking hanteren.**

Wenken

De harmonische trilling wordt ingevoerd via de projectie van een E.C.B. m.b.v. een bewegingssensor kan het sinusoidaal verloop van de uitwijking direct gevisualiseerd worden. De betekenis van A , ω en φ wordt ingeoeffend via de grafische voorstelling. Fasoren zijn hierbij een handig hulpmiddel. Bij het samenstellen van trillingen (U) en bij wisselstroomketens (U) zijn fasoren onmisbaar.

B52 **De begrippen fase en faseverschil hanteren**

Wenken

Eventueel kan je je beperken tot trillingen in fase en in tegenfase. Bij wisselstroomketens (U) komen andere faseverschillen aan bod.

B53 De formule voor de snelheid, de versnelling en de kracht bij een harmonische trilling **afleiden en grafisch voorstellen.**

Wenken

De theoretisch bepaalde formules van snelheid en versnelling kunnen experimenteel geverifieerd worden via de pc. Vanuit de gemeten uitwijking kan m.b.v. bijgeleverde software de snelheid en de versnelling als een afgeleide bekomen worden. Uit de versnelling kan dan via het tweede beginsel van Newton de kracht bepaald worden. Hieruit kan dan de formule voor de periode afgeleid worden voor een massaveersysteem. Uit de studie van de krachten bij een slingerbeweging en de vergelijking met een massa-veersysteem kan de slingerformule theoretisch bepaald worden.

B54 De formule voor de periode bij een massa-veer-systeem en een slinger **toelichten en hanteren.**

Wenken

Merk op dat de slingerformule slechts geldig is voor kleine amplitudes. Slechts in dat geval is de kracht evenredig met de uitwijking en is de slingerbeweging een harmonische trilling. Hier kan een PC met meet-interface ingeschakeld worden.

B55 **Vanuit de formule** voor de totale energie bij een harmonische trilling de energieomzettingen bij een massa-veer-systeem en een slinger **omschrijven.**

Wenken

Gebruik van een animatie waarbij de grafieken in de tijd zichtbaar zijn, kan hier verhelderend werken.

Mogelijke practica

- Bepaling van de slingerformule.
- Onderzoek van de slinger van Mach via een rollende kogel op een hellende plank.
- Onderzoek van de slinger van Mach via een metronoom.
- Onderzoek van de wiskundige en de fysische slinger.
- Onderzoek van de spankracht tijdens een slingerbeweging.
- Bepaling van de periode van een massa aan een veer.
- Bepaling van een ongekende massa m.b.v. een gekende veer.
- Bepaling van de periode van een drijvend lichaam.
- Bepaling van de periode van een waterkolom in een lange U-vormige buis.

5.2.1.3 De vrije gedempte harmonische trilling

U15 De invloed van demping op een vrije harmonische trilling **beschrijven**.

Wenken

Bij een gedempte trilling is de periode groter dan bij een ongedempte trilling en neemt de amplitude exponentieel af in de tijd.

Mogelijke practica

- Bepaling van de exponentiële afname van de amplitude bij een gedempte harmonische trilling.

5.2.1.4 De gedwongen harmonische trilling

(ca 1 lestijd)

B56 Het onderscheid tussen een vrije en een gedwongen harmonische trilling **beschrijven**.

Wenken

Bij een vrije trilling van een bepaald systeem ligt de frequentie vast: de eigenfrequentie. Bij een gedwongen trilling bepaalt de uitwendige kracht de frequentie van het trillend systeem.

B57 Bij een gedwongen harmonische trilling **toelichten** dat de amplitude afhankelijk is van de frequentie en **in verband brengen met concrete voorbeelden** van resonantie.

Wenken

In een klassituatie kan je dit verschijnsel aantonen via twee gelijke stemvorken of via twee verbonden veren of slingers. Het verschijnsel doet zich veelvuldig voor in de leefwereld: meetrillen van mechanische onderdelen, het instorten van de Tacoma Narrow Bridge, het stukspringen van een glas, schommel ...

Mogelijke practica

- Bepaling van de resonantiecurve van een massa aan een veer (in een waterbak).

5.2.1.5 Samenstellen van trillingen

U16 D.m.v. fasoren de samenstelling van evenwijdige harmonische trillingen met dezelfde en verschillende frequentie **toelichten**.

Wenken

Het samenstellen van twee trillingen met dezelfde frequentie, in fase of in tegenfase, komt later aan bod bij interferentie en staande golven.

U17 Figuren van Lissajous bij onderling loodrechte harmonische trillingen **construeren en interpreteren**.

Wenken

Er zijn verschillende mogelijkheden om dit aan te pakken, bv simulatie via applets, gebruik van het grafisch rekentoestel, gebruik van een wiskundig softwarepakket ... De nadruk komt zo eerder te liggen op het interpreteren, dan op het construeren of uitrekenen.

5.2.1.6 Lopende golven

(ca 4 lestijden)

B58 Een lopende golf als een voortplanting van een harmonische trilling kwalitatief **omschrijven** en de golfvergelijking **hanteren**.

Wenken

Een lang touw en een slinky-veer zijn zeer eenvoudige en doeltreffende middelen om het begrip golf in te voeren.

Bij de definitie van golflengte kan men er via $v = \lambda \cdot f$ op wijzen dat voor een bepaalde middenstof golflengte en frequentie omgekeerd evenredig zijn met elkaar. Dit kan eveneens via een dik touw geïllustreerd worden.

Voor de golfvergelijking is het aangewezen deze te beperken voor een ééndimensionale lopende golf. Merk op dat leerlingen hier voor het eerst kennis maken met een functie van twee veranderlijken.

B59 De verschillende soorten golven **onderscheiden op basis van** de aanwezigheid van een middenstof en van de voortplantingsrichting in relatie tot de trilrichting.

Wenken

We maken het onderscheid tussen mechanische en elektromagnetische golven enerzijds en tussen transversale en longitudinale golven anderzijds.

B60 De voortplanting van een golf in termen van intensiteit **beschrijven**.

Wenken

Je kunt de leerlingen er op wijzen dat er bij een golf voortplanting van energie is, maar geen massa-transport. Bij een driedimensionale golf vanuit een puntvormige trillingsbron kan hier de omgekeerde kwadratenwet besproken worden.

Mogelijke practica

- Onderzoek van de intensiteit in functie van de afstand tot de trillingsbron (licht, geluid, warmtestraling met radiometer van Crookes).

5.2.1.7 Eigenschappen van lopende golven

(ca 4 lestijden)

B61 M.b.v. het golfmodel terugkaatsing, breking, buiging en interferentie van lopende golven **toelichten**

Link met de tweede graad

In de tweede graad is terugkaatsing en breking bij licht aan bod gekomen.

In het leerplan van de tweede graad vinden we onderstaande leerplandoelstellingen:

- De weerkaatsingwetten van een lichtstraal bij een vlakke spiegel experimenteel afleiden, weergeven en toepassen. (B6)
- De stralengang van licht bij overgang tussen twee homogene middens experimenteel afleiden en weergeven en enkele eenvoudige toepassingen toelichten. (B10)
- De brekingsindex toepassen in rekenopdrachten of constructies. (V10)

Wenken

Je kan de terugkaatsingwet en de brekingswet vanuit het beginsel van Huygens bewijzen, maar het is niet noodzakelijk. Wel kan men aantonen dat de wetten die de leerlingen kennen voor licht ook geldig zijn voor alle golven. Wijs bv. op een paraboolantenne voor radiogolven, echo, sonar ...

De verschijnselen buiging en interferentie werden niet in de 2^{de} graad behandeld. Interessant bij buiging is het verschillend gedrag van geluid en licht bij een deuropening. Hieruit kan de buigingsvoorwaarde duidelijk gemaakt worden. Deze verklaart bv. waarom een lichtmicroscopie objecten kleiner dan de golflengte van het licht niet kan detecteren. Merk hierbij op dat buiging zich zowel aan een opening als aan een hindernis kan voordoen.

Constructieve interferentie doet zich voor in die stroken waar golven in fase toekomen. De link met het weglengteverschil kan aanschouwelijk voorgesteld worden via een applet. Eventueel kan je interferentie ook wiskundige behandelen en de link leggen met hyperbolen.

5.2.1.8 Staande golven

(ca 4 lestijden)

B62 De terugkaatsing aan een vast en aan een vrij uiteinde **toelichten**.

Wenken

Terugkaatsing aan een vrij uiteinde kan aangetoond worden door aan een dik touw een metalen ring te bevestigen en deze op een gespannen nylondraad (vissnoer) te schuiven.

B63 **Het verschijnsel** staande golven **kwalitatief en kwantitatief beschrijven** bij een gespannen touw.

Wenken

De formules voor de opeenvolgende frequenties waarbij zich staande golven voordoen, kunnen experimenteel aangetoond worden door resp. een vibratiegenerator bij een gespannen touw en een luidspreker bij geluid in een buis aan te sluiten op een frequentiegenerator.

In het kader van het onderzoekend leren is dit item een mooi voorbeeld waarbij men vanuit een waarneming een hypothese formuleert (staande golven hebben te maken met superpositie van een invallende en een teruggekaatste golf) waarmee men dan een wiskundig model opbouwt dat de experimentele waarden bevestigt.

v63 **Het verschijnsel** staande golven **kwalitatief en kwantitatief beschrijven** bij geluid in een buis.

Wenken

De formules voor de opeenvolgende frequenties waarbij zich staande golven voordoen, kunnen experimenteel aangetoond worden door een luidspreker bij geluid in een buis aan te sluiten op een frequentiegenerator. De link met blaasinstrumenten en orgel is hier snel gelegd.

Als bijkomende illustratie kunnen ook longitudinale staande golven in een veer aangetoond worden, alsook transversale staande golven op een lange PVC-buis, die met de hand aan het trillen wordt gebracht.

Mogelijke practica

- Uitvoering van de proef van Melde
- Uitvoering van de proef van Kundt

5.2.2 Voorbeelden van golven

5.2.2.1 Geluid

(ca 4 lestijden)

B64	Het ontstaan en de voortplanting van geluid toelichten bij gassen, vloeistoffen en vaste stoffen.
Wenken Geluid bij vaste stoffen noemen we soms contactgeluid, zoals bij spoorstaven, leidingen van de CV ... Vanuit tabellen met voortplantingssnelheden van geluid kunnen de leerlingen kwalitatief via het deeltjes-model een verband zoeken met de aard van de middenstof (vast, vloeibaar, gas – helium).	
B65	De kenmerken van een toon (toonhoogte, toonsterkte en toonklank) en enkele toepassingen weergeven en omschrijven
Wenken Bij ultrasonen kan gewezen worden op het gebruik bij allerlei echografieën. Bij geluidsterkte (= intensiteit / in W/m^2) zal het geluidsniveau (in dB) en eventueel het luidheidsniveau (in foon) besproken worden. De isofoonkrommen van Fletcher kunnen hierbij ter illustratie besproken worden. Via freeware software (Visual Analyser) kan je geluid opnemen en de verschillende boventonen achterhalen.	
B66	Het dopplereffect kwalitatief verklaren en enkele toepassingen beschrijven .
Wenken Het dopplereffect kan verklaard worden via constructie van golffronten. Een animatie met een applet is verhelderend. Een toepassing van het dopplereffect vind je bij het meten van de stroomsnelheid van het bloed via reflectie van ultrasonen op de bloedplaatjes. De frequentieverschuiving van het gereflecteerde t.o.v. het uitgezonden signaal stelt de cardioloog in staat dit te doen. Als technische toepassing kan hier de flitsradar of het gebruik in een alarminstallatie besproken worden. In deze context kan er ook gesproken worden over de roodverschuiving die astrofysici constateren bij de waarneming van sterren. Hierdoor bewijst men de uitdijing van het heelal en dit vormt een belangrijk argument voor de Big Bang-theorie.	
V66a	De frequentieverschuiving bij het dopplereffect afleiden en in concrete situaties berekenen .
V66b	Geluidsmuur en supersonische snelheden toelichten .
Wenken Een animatie met een applet biedt hier verheldering.	

Mogelijke practica

- Onderzoek van toonhoogte, toonsterkte en toonklank via registratie van geluid.
- Onderzoek van het dopplereffect.

5.2.2.2 Ontstaan en eigenschappen van licht

(ca 5 lestijden)

B67 Het ontstaan van licht via absorptie en spontane emissie **beschrijven en hiermee** de frequentie en de fase **toelichten**.

Wenken

Bij de bespreking van het ontstaan van licht kan men oog hebben voor de verschillende soorten lichtbronnen (gloeilamp, gasontladingslamp en fluorescentielamp) en hierbij de eigenschappen frequentie (monochromatisch-polychromatisch) en fase (coherent-incoherent) bespreken. De ledlamp komt uitvoerig aanbod in elektronica.

B68 Het rechtevenredig **verband** tussen energie en frequentie **hanteren**.

Wenken

Alle vormen van spectraalanalyse in chemie en astrofysica vinden hier hun oorsprong.

B69 Het ontstaan van laserlicht via gestimuleerde emissie **omschrijven**.

Wenken

De speciale eigenschappen van laserlicht zijn het gevolg van haar manier van ontstaan: gestimuleerde emissie. Daardoor is laserlicht het enige licht dat coherent is en dit verklaart de hoge intensiteit en de beperkte divergentie.

B70 De andere elektromagnetische golven **situëren in** het elektromagnetisch spectrum en enkele belangrijke toepassingen **geven en beschrijven**.

Wenken

In het kader van de AD rond wetenschap en samenleving zijn er hier heel wat mogelijkheden. Bij UV-straling kan wat dieper ingegaan worden op de gevolgen van het overmatig zonnen. Bij microgolven kan de microgolfoven aan bod komen, alsook het gebruik ervan bij GSM. De frequentie van 2450 MHz die in microgolfovens wordt gebruikt is vrijgegeven en wordt ook gebruikt bij WIFI en BlueTooth. Het gebruik van röntgenstraling en radiogolven (MRI) bij medische beeldvorming kan ook aan bod komen.

Link met de eerste graad

In de eerste graad behandelt men kort een aantal soorten elektromagnetische straling. In het leerplan van de eerste graad vinden we onderstaande leerplandoelstelling:

- Verschijnselen en toepassing uit het dagelijks leven in verband brengen met zichtbare en onzichtbare straling. (B66)

U18 Interferentie van licht aan 2 spleten en aan een rooster **beschrijven en hiermee** de golflengte van het licht **bepalen**.

Wenken

In het kader van de AD rond leren onderzoeken kan dit eventueel enkel in het practicum aangeboden worden.

U19	DiffRACTIE van licht aan een opening en een hindernis beschrijven .
<p>Wenken</p> <p>In het kader van de AD rond leren onderzoeken kan dit eventueel enkel in het practicum aangeboden worden. In het kader van AD2 (= informeren) kunnen de leerlingen eventueel zelf de theorie opzoeken en verwerken.</p>	
U20	Polarisatie van licht via polarisatiefilters en na terugkaatsing beschrijven .
<p>Wenken</p> <p>De polarisatie van licht kan aangetoond worden m.b.v. 2 polarisatiefilters. Interessant hierbij is dat het licht van een LCD-display lineair gepolariseerd is. Met bepaalde zonnebrillen kan dit ook waargenomen worden.</p> <p>Een praktische toepassing van polarisatie heb je bij het verschijnsel foto-elasticiteit. Hiermee verkrijgt men een beeld van de krachten die optreden in een technisch ontwerp.</p>	
U21	Optische activiteit toelichten .
<p>Wenken</p> <p>Optische activiteit wordt in de chemische sector bij een polarimeter praktisch toegepast om de concentratie van een suikeroplossing te bepalen.</p>	

Mogelijke practica

- Uitvoeren van de proef van Young.
- Onderzoek van een model voor de proef van Young via golven op twee stroken plexiglas.
- Onderzoek van een model voor interferentie aan een rooster via repen golfkarton.
- Bepaling van de golflengte van een laserpen en een LED via interferentie aan een rooster.
- Opmeten van het spectrum van een gloeilamp en een kwikdamlamp via interferentie aan een rooster.
- Bepaling van de totale sporen lengte van een cd-rom als rooster.
- Bepaling van de dikte van een haar.

5.2.2.3 Wisselstroom en wisselspanning

(ca 2 lestijden)

B71	Het onderscheid tussen gelijkstroom(spanning) en wisselstroom(spanning) toelichten .
<p>Wenken</p> <p>In B30 is het werkingsprincipe van de generator aan bod gekomen. Het elektriciteitsnet is een wisselspanningsnet, omwille van o.a. de eenvoudige manier van opwekken en het transport van elektrische energie.</p>	
B72	De effectiefwaarde van wisselspanning bepalen m.b.v. de amplitude en het nut ervan toelichten .
<p>Wenken</p> <p>De formule voor de effectiefwaarde van een spanning kan geverifieerd worden door de lichtsterkte van een fietslampje: een gelijkspanning van 5,0 V doet het lampje even fel oplichten als een wisselspanning met een amplitude van 7.0 V.</p> <p>Als je verkiest enkel de basisdoelstellingen B71 en B72 te behandelen, dan kan je dit evengoed laten aansluiten op elektromagnetisme in het 5^{de} jaar.</p>	

U 22	Faseverschil tussen stroom en spanning bij enkelvoudige wisselstroomketens omschrijven en de inductieve en de capacatieve reactantie toelichten en berekenen .
U23	Impedantie en faseverschil bij RL-, RC- en RLC-seriekringen berekenen in concrete gevallen .
U24	Resonantie bij een RLC-kring toelichten via fasorendiagram en grafiek.
<p>Wenken</p> <p>Het is enkel zinvol alle drie de bovenstaande uitbreidingsdoelstellingen te behandelen. Het is zinloos enkel U22 te behandelen.</p>	
U25	Het vermogen bij een wisselstroom in concrete gevallen gevallen berekenen .
U26	De bedoeling van de arbeidsfactor uitleggen .
U27	Het transport van elektrische energie via driefasige wisselstroom toelichten en de begrippen lijnspanning en fasespanning hanteren .

Mogelijke practica

- Bepaling van de capacatieve reactantie i.f.v. de frequentie en de capaciteit van een condensator.
- Bepaling van de capaciteit van een condensator.
- Bepaling van de inductieve reactantie i.f.v. de frequentie en de zelfinductiecoëfficiënt van een spoel.
- Bepaling van de zelfinductiecoëfficiënt van een spoel.
- Onderzoek van de invloed van de plaats van een ijzeren kern op de zelfinductiecoëfficiënt van een spoel.
- Bepaling van de stroom en de impedantie in functie van de frequentie bij een RLC-kring.

5.2.3 Elektronica

5.2.3.1 Halfgeleiders

(ca 2 lestijden)

B73	De geleiding bij geleiders, isolatoren en halfgeleiders verklaren aan de hand van het energiebandenmodel.
<p>Wenken</p> <p>Het vrij-elektronmodel kan het onderscheid tussen geleiders en isolatoren verklaren, maar is ontoereikend om halfgeleiders te verklaren. Vanuit het Pauli-verbod komen we tot de energiebandenstructuur. In tegenstelling tot geleiders zal de weerstand van een halfgeleider dalen bij stijgende temperatuur.</p>	
B74	Extrinsieke halfgeleiders van het P- en van het N-type beschrijven en verklaren .
<p>Wenken</p> <p>Om het aantal ladingsdragers bij een halfgeleider te vermeerderen gaat men doperen met 3- of met 5-waardige onzuiverheden, wat resulteert in P- of N-type halfgeleiders. Hier kan het energiebandenmodel van N- en P-type extrinsieke halfgeleiders aangebracht worden.</p>	

5.2.3.2 Diodes

(ca 5 lestijden)

B75	De bouw van een diode omschrijven en de werking ervan toelichten en verklaren.
Wenken Bij een PN-junctie ontstaat door diffusie van vrije elektronen en positieve gaten door de grenslaag een uitputtingsgebied. Is de diode in sperzin aangesloten, dan wordt dit uitputtingsgebied nog groter. In doorlaatzin aangesloten zal het uitputtingsgebied versmallen en ten slotte verdwijnen.	
B76	Aan de hand van de diodekarakteristieken de eigenschappen van een diode omschrijven.
Wenken Via de diodekarakteristiek kan je het bestaan van een drempelspanning aantonen en het onderscheid tussen een Ge- en een Si-diode aantonen.	
V76	Het gebruik van de diode als kringelement toelichten.
Wenken Het snijpunt van de belastingslijn met de doorlaatkarakteristiek geeft het werkpunt van de diode aan. De serie-weerstand in de kring moet zodanig zijn dat het werkpunt onder de dissipatiehyperbool van de diode ligt. Door de grote helling van de doorlaatkarakteristiek is de spanning over een diode in doorlaat nagenoeg gelijk aan zijn drempelspanning.	
B77	Functie, werking en toepassingen van een LED omschrijven.
Wenken Bij een LED wordt de serieweerstand berekend zodat de stroom door de LED tussen 10 en 20 mA ligt. De ontwikkeling van de blauwe LED eind vorige eeuw heeft aanleiding gegeven tot de LED-schermen die we nu overal vinden. Het gebruik van LED-verlichting is sinds begin deze eeuw in een stroomversnelling geraakt. Deze doelstelling sluit perfect aan bij de algemene doelstelling rond duurzaamheid (AD8).	
B78	Enkele toepassingen van een diode toelichten.
Wenken Eén of meerdere diodes zijn de basis voor een enkelzijdige of dubbelzijdige gelijkrichterschakeling, eventueel met een afvlakcondensator om een constante gelijkspanning te benaderen. We verkrijgen een perfect constante gelijkspanning door een zenerdiode in sper aan de uitgang te plaatsen. De invloed van de condensator, de weerstand en de frequentie bij een gelijkrichterschakeling kan onderzocht worden.	
B79	De werking van een fotovoltaïsche cel verklaren.
Wenken Je kan een zonnecel bekijken als het omgekeerde van een LED. Als gevolg van het invallend licht ontstaat in het uitputtingsgebied van de PN-junctie een elektron-gat-paar, dat zorgt voor een kleine elektrische stroom. Deze doelstelling sluit perfect aan bij de algemene doelstelling rond duurzaamheid (AD8).	

Mogelijke practica

- Bepaling van de doorlaatkarakteristiek van een diode.
- Onderzoek van gelijkrichting via diodes en een afvlakcondensator.
- Onderzoek van de spanningsstabilisatie via een zenerdiode.
- Toepassing van een diode: de clipschakeling.

5.2.4 Kernfysica

5.2.4.1 Radioactiviteit

(ca 7 lestijden)

B80	De verschillende soorten natuurlijke kernstraling beschrijven en hun kenmerken weergeven .
B81	De transmutatieregels bij kernstraling toepassen .
Wenken Bij het toepassen van de transmutatieregels wordt gebruik gemaakt van nuclidenkaarten met alle benodigde gegevens. De natuurlijke radioactieve vervalreeksen kunnen vanuit de transmutatieregels worden toegelicht.	
B82	Het ontstaan van radioactiviteit vanuit de instabiliteit van kernen toelichten .
Wenken De structuur van de atoomkern is gekend vanuit de lessen chemie. De meerwaarde is dat men de nadruk legt op de stabiliteit van het atoom en de atoomkern, verwijzend naar de krachten binnen de atoomkern. De kenmerken van de sterke kernkracht kunnen hier worden toegelicht.	
B83	De radioactieve vervalwet toelichten en hanteren .
Wenken Inzicht in het vervalproces wordt niet alleen bijgebracht door berekeningen maar ook door meer conceptuele opdrachten, zoals bv. meerkeuzevragen.	
B84	Kunstmatige radioactiviteit toelichten .
Wenken Kunstmatige radioactiviteit wordt bekomen door natuurlijke nucliden te beschieten met deeltjes, zoals α -deeltjes, protonen, neutronen.	
V84	Doel en bouw van enkele deeltjesversnellers toelichten .
Wenken Naast de grote deeltjesversnellers zoals in CERN, bestaan er ook deeltjesversnellers voor andere (o.a. medische) doeleinden.	
B85	Enkele toepassingen van radionucliden toelichten .
Wenken De bekendste toepassing is de dateringsmethode op basis van koolstof-14. In de geneeskunde wordt gebruik gemaakt van radionucliden: bv. voor diagnose (PET-scanner), in het kader van radiotherapie, voor het steriel maken van materialen. In de industrie wordt ook gebruik gemaakt van radionucliden, zoals bij conservering van voeding, bij detectie van slijtage van machineonderdelen of banden, bij de controle van lasnaden, bij diktemetingen.	

B86 Biologisch effect van ioniserende straling op mens en milieu **toelichten** en hierbij de eenheden **in verband brengen** met de overeenkomstige grootheden.

Wenken

Wat betreft het dosisequivalent (in Sv) stelt de overheid normen op, die niet mogen worden overschreden.

Mogelijke practica

- Onderzoek van de vervalcurve via simulaties m.b.v. muntstukken, M&M's, bierschuim.

5.2.4.2 Energie uit atoomkernen

(ca 3 lestijden)

B87 Vanuit het massadefect de bindingsenergie van nucliden **berekenen**.

Wenken

Door gebruik te maken van de eV als eenheid van energie kan je via de energie van 931,5 MeV/u de bindingsenergie per nucleon berekenen.

B88 **Vanuit de grafiek** die de specifieke bindingsenergie tegenover het atoomnummer weergeeft kernsplijting en kernfusie **duiden**.

Wenken

De specifieke bindingsenergie is de bindingsenergie per nucleon.

B89 De kettingreactie bij energiewinning via een kernsplijting **toelichten**.

Wenken

In een kernreactor gaat het om een gecontroleerde kettingreactie. Bij een splijtingsbom is er een lawine-effect. Dit wordt soms aangegeven door een (vermenigvuldigings)factor k .

B90 De werking van een kerncentrale **beschrijven**.

Wenken

Er kan hier eventueel wat tijd uitgetrokken worden om het te hebben over de maatschappelijke consequenties van kerncentrales. Termen die hier kunnen gebruikt worden zijn o.a. laag- en hoog radioactief afval, opslag van hoog radioactief afval. Deze doelstelling sluit perfect aan bij de algemene doelstelling rond duurzaamheid (AD8).

B91 **Toelichten hoe** de energieproductie in de zon tot stand komt.

Wenken

De zon is een immense fusiereactor. Realisatie op aarde van een fusiereactor stoot op enorme technologische problemen.

5.2.5 *Dynamica in fluida*

(ca 7 lestijden)

U28

De begrippen stroomlijn, stationaire stroming, turbulente en ideale stroming van een fluïdum **omschrijven**.

Wenken

De term fluïdum duidt zowel op vloeistoffen als op gassen.

U29

De continuïteitsvergelijking **afleiden en toepassen**.

Wenken

De continuïteitsvergelijking wordt soms ook de regel van Castelli genoemd.

U30

De wet van Bernoulli **afleiden**.

Wenken

De vergelijking van Bernoulli wordt bewezen vanuit het beginsel van behoud van energie en kan ingeleid of geïllustreerd worden d.m.v. eenvoudige waarnemingsproeven: blazen tussen twee verticaal opgehangen A4-tjes, waterfonteintjes uit gaatjes in en voor de versmalling van een PVC-buis waarin water stroomt, het trillen van de stembanden, aanzuigefect bij een douchegordijn, bij kruisende wagens, als een trein door het station rijdt ...

U31

De wet van Bernoulli **toepassen** zowel in theoretische als in technische problemen.

Wenken

Heel wat technische toepassingen zijn gebaseerd op de wet van Bernoulli.

Mogelijke toepassingen zijn de uitstroomsnelheid uit een vat, snelheidsbepaling van een vloeistof via een venturibuis, de pitotbuis, de waterstraalpomp, de bunsenbrander, de vaporisator, de carburator, koeltoren bij een centrale ...

Enkele rekenopgaven kunnen hier hun plaats hebben.

U32

Fysische verschijnselen i.v.m. stroming van fluida uit de leefwereld **met de wet** van Bernoulli **verklaren**.

Wenken

Verschijnselen die gebaseerd zijn op de wet van Bernoulli zijn o.a. het lifteffect bij een vliegtuigvleugel, het optillen van een dak door stormwind, een pingpongballetje in een verticale luchtstroom, de dynamische dwarskracht of het magnuseffect bij bv. voetbal, golf, tennis ...

U33

Viscositeit van een fluïdum **toelichten en experimenteel bepalen**.

Wenken

In de realiteit moeten we soms afstappen van het model van een ideaal fluïdum. De inwendige wrijving in een fluïdum geeft aanleiding tot het begrip viscositeit.

Als je experimenteel de viscositeit (bv. van glycerine) wil bepalen volgens het principe van een kogelvalviscosimeter dan moet je de wet van Stokes voor weerstandskracht van een bol in een fluïdum behandelen.

U34

Aan de hand van het Reynoldsgetal **bepalen** of een stroming laminair of turbulent is.

Wenken

Om het Reynoldsgetal te kunnen gebruiken moet het onderscheid tussen dynamische en kinematische viscositeit behandeld worden.

Mogelijke practica

- Bepaling van de viscositeit m.b.v. een vallende kogel in een doorzichtige buis met glycerine.

6 Minimale materiële vereisten

Bij het uitvoeren van practica is het aangewezen dat de klasgroep tot maximaal 16 leerlingen wordt beperkt om:

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

6.1 Infrastructuur

Een fysicalokaal, met een demonstratietafel waar zowel water als elektriciteit voorhanden zijn, is een must. Mogelijkheid tot projectie (beamer met computer) is noodzakelijk. Een pc met internetaansluiting is hierbij een vanzelfsprekendheid. Het beschikbaar zijn van een meetsysteem met sensoren om meetproeven voor de klas uit te voeren is een minimum. De snelle evolutie in notebooks, tablets, smartphones (mobiele devices) zal het binnen onafzienbare tijd mogelijk maken de leerlingen zelf metingen via sensoren te laten uitvoeren.

Om onderzoekend leren en wekelijkse practica te kunnen organiseren is een degelijk uitgerust practicumlokaal met de nodige opbergruimte noodzakelijk. Aan de werktafels voor de leerlingen moeten voldoende stopcontacten voorzien zijn.

Eventueel is er bijkomende opbergruimte beschikbaar in een aangrenzend lokaal.

Het lokaal moet voldoende kunnen verduisterd worden voor de proeven rond fysische optica.

Voor de verwerking van de metingen in tabellen en grafieken is beschikbaarheid van enkele PC's, laptops of tablets aangewezen. De neerslag hiervan kan door de leerlingen ter plaatse worden uitgeprint of digitaal naar huis verstuurd worden om verdere verwerking toe te laten. Een alternatief is een vlotte toegang tot een open leercentrum en/of multimedialokaal met beschikbaarheid van pc's.

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. 6.9).

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. Om directe feedback te kunnen geven, moet dit echter meer als uitzondering dan als regel beschouwd worden.

6.3 Basismateriaal

- Voldoende aantal statieven en toebehoren.
- Voldoende aantal A-meters en V-meters en/of multimeters.
- Voldoende aantal elektrische componenten: schakelaars, weerstanden, weerstandsdraden, condensatoren, lampjes, spoelen.
- Voldoende aantal snoeren.
- Voldoende aantal regelbare gelijkspanningsbronnen en één regelbare wisselspanningsbron.
- Minimum één maar beter twee frequentiegeneratoren.

6.4 Elektriciteit

- Demonstratiemateriaal voor het aantonen van lading.
- Voldoende proevenmateriaal voor het afleiden van wet van Ohm, Pouillet, stroom- en spanningswetten, zoals bv. planken met verschillende weerstandsdraden.
- Demonstratiemateriaal om de veiligheidsaspecten te illustreren: bv. gewone en automatische zekeringen, verliesstroomschakelaar.
- Voldoende proevenmateriaal om de temperatuursafhankelijkheid van weerstand te meten.
- Voldoende proevenmateriaal om op- en ontladen van condensatoren aan te tonen.

6.5 Elektromagnetisme

- Naald-, staaf- en U-vormige magneten, spoelen, weekijzeren kernen.
- Demonstratieapparatuur voor het aantonen van het magnetisch veld bij een rechte geleider, een cirkelvormige geleider en een solenoïde.
- Demonstratiemateriaal voor het aantonen van de Lorentzkracht.
- Demonstratiemateriaal voor het meten van de magnetische veldsterkte: hallsonde (hallsensor).
- Demonstratiemateriaal voor aantonen werking van gelijkstroommotor, generator en transformator.

6.6 Mechanica

- Proevenmateriaal voor metingen bij de eenparig veranderlijke beweging, zoals bv. een tijdtikker, bewegingssensor, materiaal voor videometing en toebehoren.
- Dynamometers.
- Materiaal om de beginselen van Newton aan te tonen.
- Materiaal om het onafhankelijkheidsbeginsel aan te tonen.

6.7 Trillingen en golven

- Harmonische trilling: voldoende aantal spiraalveren met een 2-tal verschillende veerconstanten en massa's met een haakje.
- Demonstratiemateriaal voor lopende golven: lange spiraalveer of touw of rubberen slang en slinky-veer voor demonstratie.
- Demonstratiemateriaal om resonantie aan te tonen.
- Materiaal om staande golven op een touw (vibratiegenerator) aan te tonen.

6.8 Voorbeelden van golven

- Geluid: stemvorken met klankkasten.

6.9 Elektronica

- Voldoend aantal elektronische componenten: Si-diode, Ge-diode, LED's, zonnecel.

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:

- In concrete voorbeelden ... toepassen
- Een grafische voorstelling ... interpreteren
- ... in verband brengen met ...
- Aantonen dat ...aan de hand van de waarneming van ...
- Via berekening aantonen dat ...
- De formules ... bepalen en toepassen
- ... toelichten aan de hand van ...

Het is belangrijk dat tijdens evaluatiemomenten deze strategieën getoetst worden.

Ook het gebruik van stappenplannen, het raadplegen van tabellen en allerlei doelgerichte evaluatieopgaven 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.

☞ 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.vvksso@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 coördinatrice leerplannen zo snel mogelijk op uw schrijven reageren.
