



**TOEGEPASTE FYSICA**  
derde graad tso  
Biotechnische wetenschappen

BRUSSEL

D/2016/13.758/029

September 2016

(vervangt gedeeltelijk leerplan  
D/1999/0279/047)



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding en situering van het leerplan .....</b>	<b>3</b>
1.1	Gedifferentieerde beginsituatie .....	3
1.2	Plaats in de lessentabel .....	3
<b>2</b>	<b>Leerlijnen .....</b>	<b>4</b>
2.1	De vormende lijn voor wetenschappen .....	5
2.2	Leerlijnen natuurwetenschappen.....	6
2.3	Leerlijn en mogelijke timing .....	13
<b>3</b>	<b>Algemene pedagogisch-didactische wenken.....</b>	<b>15</b>
3.1	Leeswijzer bij de doelstellingen .....	15
3.2	Leerplan versus handboek .....	16
3.3	Taalgericht vakonderwijs .....	17
3.4	ICT.....	18
3.5	De geïntegreerde proef .....	19
<b>4</b>	<b>Christelijk mensbeeld.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Algemene doelstellingen .....</b>	<b>21</b>
5.1	Onderzoeken leren/leren onderzoeken.....	21
5.2	Wetenschap en samenleving.....	25
5.3	Metten, meetnauwkeurigheid en grafieken .....	27
<b>6</b>	<b>Leerplandoelstellingen.....</b>	<b>29</b>
6.1	Eerste leerjaar van de derde graad .....	29
6.2	Tweede leerjaar van de derde graad .....	41
<b>7</b>	<b>Minimale materiële vereisten .....</b>	<b>56</b>
7.1	Algemeen.....	56
7.2	Infrastructuur.....	56
7.3	Uitrusting.....	57
<b>8</b>	<b>Evaluatie.....</b>	<b>59</b>
8.1	Inleiding .....	59
8.2	Leesstrategieën .....	59
8.3	Proces-en productevaluatie .....	59

# 1 Inleiding en situering van het leerplan

## 1.1 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 Biotechnische 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:

- *Biotechnische Wetenschappen, 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.

## 1.2 Plaats in de lessentabel

Om een goed overzicht te krijgen van de plaats van dit leerplan binnen dat geheel van de vorming, verwijzen we naar de lessentabel op de website van het [Katholiek Onderwijs Vlaanderen](#). Deze lessentabel is richtinggevend en kan verschillen van de lessentabel die op uw school gehanteerd wordt.

## 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).

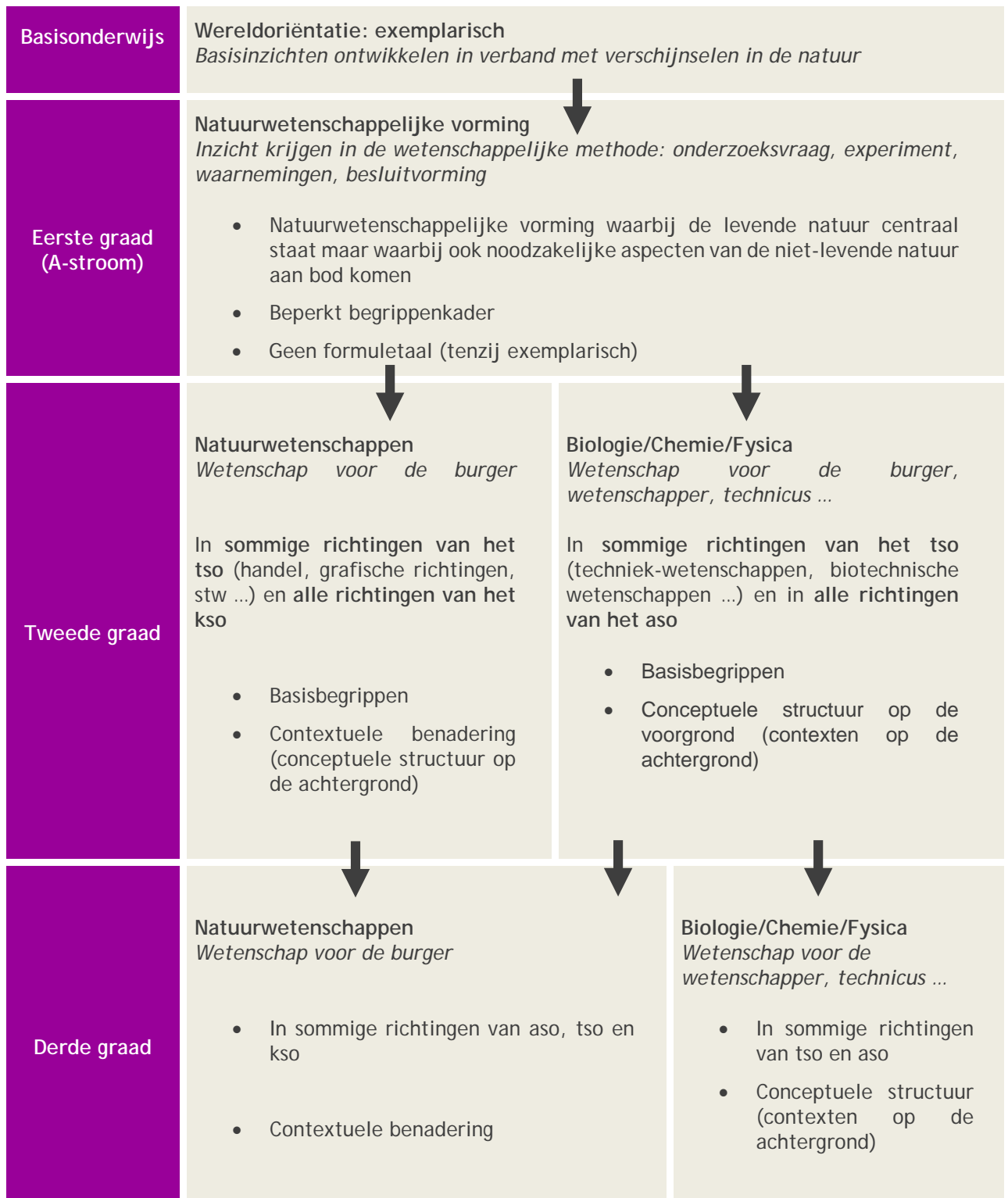
De leerplandoelstellingen vormen de bakens om de leerlijnen te realiseren. Sommige methodes bieden daarvoor een houvast, maar gebruik steeds het leerplan parallel aan de methode!

Eerste graad	Tweede graad	Derde graad
→		
→		
→		
→		

Leerlijnen van de eerste graad over de tweede graad naar de derde graad

Leerlijn binnen de derde graad

## 2.1 De vormende lijn voor wetenschappen



## 2.2 Leerlijnen natuurwetenschappen

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 Biot. Wet.	Derde graad Biot. Wet.
<b>Materie</b>	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Materie bestaat uit deeltjes met ruimte ertussen</li> <li>De deeltjes bewegen met een snelheid afhankelijk van de temperatuur</li> </ul>	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moleculen</li> <li>Atoombouw - atoommodellen (eerste 18 elementen)</li> <li>Snelheid van deeltjes en temperatuur</li> </ul>	<p><u>Deeltjesmodel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Uitbreiding atoommodel en opbouw periodiek systeem</li> <li>Orbitaalmodel</li> </ul>
	<p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mengsels en zuivere stoffen</li> <li>Mengsels scheiden: op basis van deeltjesgrootte</li> <li>Massa en volume</li> <li>Uitzetten en inkrimpen</li> </ul>	<p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stofconstanten: smeltpunt, stolpunt, kookpunt, massadichtheid</li> <li>Mengsels: scheidingstechnieken, concentratiebegrip</li> <li>Chemische bindingen</li> <li>Formules</li> <li>Molaire massa en molbegrip</li> <li>Enkelvoudige en samengestelde</li> <li>Stofklassen</li> <li>Thermische uitzetting</li> </ul>	<p><u>Stoffen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sigma- en pi-binding</li> <li>Ruimtelijke bouw</li> <li>Lewisstructuren</li> <li>Polaire-apolaire verbindingen</li> <li>Koolstofverbindingen m.i.v. polymeren en biochemische stofklassen (eiwitten, vetten, suikers en kernzuren)</li> <li>Mengsels: uitbreiding concentratie-eenheden</li> <li>Geleiders, isolatoren, wet van Pouillet</li> </ul>

	<u>Faseovergangen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kwalitatief</li> </ul>	<u>Faseovergangen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie bij fasen en faseovergangen: kwantitatief</li> </ul>	
	<u>Stofomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structuurveranderingen verklaren met deeltjesmodel</li> </ul>	<u>Stofomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemische reacties - reactievergelijkingen</li> <li>• Reactiesnelheid: kwalitatief</li> <li>• Reactiesoorten: ionenuitwisseling en elektronenoverdracht</li> <li>• Oplosproces in water</li> <li>• Stoichiometrie</li> </ul>	<u>Sofomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactiesnelheid kwantitatief</li> <li>• Chemisch evenwicht</li> <li>• Reactiesoorten: zuur-basereacties, redoxreacties, neerslagreacties, complexometrische reacties, reactiesoorten in de koolstofchemie</li> <li>• Stofwisseling: opbouw-afbraakreacties</li> <li>• Radioactief verval</li> </ul>
Snelheid, kracht, druk	<u>Snelheid</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kracht en snelheidsverandering</li> </ul>	<u>Snelheid</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als vector</li> <li>• Van licht</li> <li>• Kinetische energie</li> </ul>	<u>Snelheid</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematica: snelheid en snelheidsveranderingen, één- en tweedimensionaal</li> <li>• Golfsnelheden</li> </ul>
	<u>Krachtwerking</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een kracht als oorzaak van vorm- en/of snelheidsverandering van een voorwerp</li> </ul>	<u>Krachtwerking</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kracht is een vectoriële grootte</li> <li>• Krachten met zelfde werklijn samenstellen</li> <li>• Evenwicht van krachten: lichaam in rust en ERB</li> </ul>	<u>Krachtwerking</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kracht als oorzaak van EVRB</li> <li>• Centripetale kracht bij ECB</li> <li>• Onafhankelijkheidsbeginsel</li> <li>• Beginselen van Newton</li> <li>• Harmonische trillingen (veersysteem)</li> </ul>





	<u>Soorten krachten</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetische</li> <li>• Elektrische</li> <li>• Mechanische</li> </ul>	<u>Soorten krachten</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contactkrachten en veldkrachten</li> <li>• Zwaartekracht, gewicht</li> <li>• Veerkracht</li> </ul>	<u>Soorten krachten</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische krachtwerking, elektrisch veld, coulombkracht, intra- en intermoleculaire krachten</li> <li>• Magnetische krachtwerking, magnetische veld, lorentzkracht</li> </ul>
		<u>Druk</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bij vaste stoffen</li> <li>• in vloeistoffen</li> <li>• in gassen (m.i. v. de gaswetten)</li> </ul>	
Energie	<u>Energievormen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie in stoffen (voeding, brandstoffen, batterijen ...)</li> </ul>	<u>Energievormen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warmte: onderscheid tussen warmtehoeveelheid en temperatuur</li> </ul>	<u>Energievormen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische energie, spanning, stroomsterkte, joule-effect, toepassingen</li> <li>• Elektromagnetisch inductie-verschijnsel</li> <li>• Gravitationele potentiële en kinetische energie</li> <li>• Elastische potentiële energie</li> </ul>



	<u>Energieomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fotosynthese</li> </ul>	<u>Energieomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeid, energie, vermogen berekenen</li> <li>Wet van behoud van energie</li> <li>Energiedoorstroming in ecosystemen</li> <li>Exo- en endo-energetische chemische reacties</li> </ul>	<u>Energieomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fotosynthese, aërobe en anaërobie celademhaling</li> </ul>
	<u>Transport van energie</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Geleiding</li> <li>Convectie</li> <li>Straling</li> </ul>		<u>Transport van energie</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trillingsenergie: lopende golven, geluid, eigenschappen</li> </ul>
	<u>Licht en straling</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zichtbare en onzichtbare straling</li> </ul>	<u>Licht en straling</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Licht: rechtlijnige voortplanting, terugkaatsing, breking, lenzen, spiegels, optische toestellen</li> </ul>	<u>Licht en straling</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ontstaan van licht</li> <li>Transport van elektromagnetische energie: EM spectrum</li> </ul>
<b>Leven</b>	<u>Biologische eenheid</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cel op lichtmicroscopisch niveau herkennen</li> <li>Organisme is samenhang tussen organisatieniveaus (cellen - weefsels - organen)</li> <li>Bloemplanten: functionele bouw wortel, stengel, blad, bloem</li> <li>Gewervelde dieren (zoogdier) - mens: (functionele) bouw (uitwendig-inwendig; organenstelsels)</li> </ul>	<u>Biologische eenheid</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cel op lichtmicroscopisch niveau: prokaryote en eukaryote cel, plantaardige en dierlijke cel</li> </ul>	<u>Biologische eenheid</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cel op submicroscopisch niveau: prokaryote en eukaryote cel, plantaardige en dierlijke cel</li> </ul>





<p><u>Soorten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herkennen a.d.h.v. determineerkaarten</li> <li>• Verscheidenheid</li> <li>• Aanpassingen aan omgeving</li> </ul>	<p><u>Soorten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determineren en indelen</li> </ul>	<p><u>Soorten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als voortplantingscriterium</li> <li>• Genetische variaties: adaptatie, modificatie, mutatie</li> </ul>
<p><u>In stand houden van leven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij zoogdieren en de mens: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ de structuur en de functie van spijsverteringsstelsel</li> <li>○ transportstelsel</li> <li>○ ademhalingsstelsel</li> <li>○ excretiestelsel</li> </ul> </li> <li>• Bij bloemplanten de structuur en functie van hoofddelen</li> </ul>	<p><u>In stand houden van leven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij zoogdieren en de mens: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ structuur en functie van zenuwstelsel,</li> <li>○ bewegingsstructuren,</li> <li>○ hormonale regulaties</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>In stand houden van leven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stofuitwisseling</li> <li>• Stofwisseling</li> <li>• Homeostase</li> </ul>
<p><u>Interacties tussen organismen onderling en met de omgeving</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gezondheid (n.a.v. stelsels)</li> <li>• Abiotische en biotische relaties: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ voedselrelaties</li> <li>○ invloed mens</li> </ul> </li> <li>• Duurzaam leven</li> </ul>	<p><u>Interacties tussen organismen onderling en omgeving</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gezondheid: invloed van micro-organismen</li> <li>• Gedrag</li> <li>• Abiotische en biotische relaties: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ voedselrelaties</li> <li>○ materiekringloop</li> <li>○ energiedoorstroming</li> <li>○ invloed van de mens</li> </ul> </li> <li>• Ecosystemen</li> <li>• Duurzame ontwikkeling</li> </ul>	<p><u>Interacties tussen organismen onderling en omgeving</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gezondheid: immunologie</li> <li>• Stofuitwisseling: passief en actief</li> <li>• Biotechnologie</li> </ul>

<b>Wetenschappelijke vaardigheden</b>	<p><u>Leven doorgeven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voortplanting bij bloemplanten en bij de mens</li> </ul>		<p><u>Leven doorgeven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DNA en celdelingen (mitose en meiose)</li> <li>• Voortplanting bij de mens: verloop en hormonale regulatie</li> <li>• Chromosomale genetica</li> <li>• Moleculaire genetica</li> </ul> <p><u>Bacteriologie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bacteriële cel</li> <li>• Groei en groeicurve</li> <li>• Nuttige en schadelijke soorten</li> </ul>
	<p><u>Evolutie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verscheidenheid</li> <li>• Biodiversiteit vaststellen</li> <li>• Aanpassingen aan omgeving bij bloemplanten, gewervelde dieren (zoogdieren)</li> </ul>	<p><u>Evolutie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soortenrijkdom</li> <li>• Ordenen van biodiversiteit gebaseerd op evolutionaire inzichten</li> </ul>	<p><u>Evolutie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodiversiteit verklaren</li> <li>• Aanwijzingen</li> <li>• Theorieën</li> <li>• Van soorten m.i.v. ontstaan van eerste leven en van de mens</li> </ul>
	<p><u>Waarnemen van organismen en verschijnselen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geleid</li> </ul>	<p><u>Waarnemen van organismen en verschijnselen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geleid en gericht</li> </ul>	<p><u>Waarnemen van organismen en verschijnselen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gericht</li> <li>• Interpretieren</li> </ul>
	<p><u>Metingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Massa, volume, temperatuur, abiotische factoren (licht, luchtvochtigheid ...)</li> <li>• Een meetinstrument correct aflezen en de meetresultaten correct noteren</li> </ul>	<p><u>Metingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meetnauwkeurigheid</li> <li>• Kracht, druk</li> <li>• SI eenheden</li> </ul>	<p><u>Metingen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spanning, stroomsterkte, weerstand, pH, snelheid</li> <li>• Titreren</li> </ul>





<p><u>Gegevens</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onder begeleiding:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ grafieken interpreteren</li> </ul> </li> <li>• Determineerkaarten hanteren</li> </ul>	<p><u>Gegevens</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begeleid zelfstandig:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ grafieken opstellen en interpreteren</li> <li>○ kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen van wetmatigheden interpreteren</li> <li>○ verbanden tussen factoren interpreteren: recht evenredig en omgekeerd evenredig, abiotische en biotische</li> </ul> </li> <li>• Determineren</li> </ul>	<p><u>Gegevens</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zelfstandig:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ grafieken opstellen en interpreteren</li> <li>○ kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen van wetmatigheden interpreteren</li> <li>○ verbanden tussen factoren opsporen en interpreteren</li> </ul> </li> </ul>
<p><u>Instructies</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesloten</li> <li>• Begeleid</li> </ul>	<p><u>Instructies</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesloten en open instructies</li> <li>• Begeleid zelfstandig</li> </ul>	<p><u>Instructies</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesloten en open instructies</li> <li>• Zelfstandig</li> </ul>
<p><u>Microscopie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtmicroscopische beelden: waarnemen en interpreteren</li> </ul>	<p><u>Microscopie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microscop en binoculair: gebruik</li> <li>• Lichtmicroscopische beelden: waarnemen, interpreteren</li> </ul>	<p><u>Microscopie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microscop en binoculair: zelfstandig gebruik</li> <li>• Lichtmicroscopie: preparaat maken, waarnemen en interpreteren</li> <li>• Submicroscopische beelden: waarnemen en interpreteren</li> <li>• Bacteriologische kleuringen</li> </ul> <p><u>Bacteriologisch onderzoek</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aseptisch werken</li> <li>• Bacterieculturen overenten</li> <li>• Beïnvloedende factoren onderzoeken</li> </ul>

<p><u>Onderzoekskompetentie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onder begeleiding en klassikaal</li> <li>• Onderzoeksstappen onderscheiden: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ onderzoeksvraag</li> <li>○ hypothese formuleren</li> <li>○ voorbereiden</li> <li>○ experiment uitvoeren, data hanteren, resultaten weergeven,</li> <li>○ besluit formuleren</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Onderzoekskompetentie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onder begeleiding en alleen of in kleine groepjes</li> <li>• Oefenen in de onderzoeksstappen voor een gegeven probleem: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ onderzoeksvraag stellen</li> <li>○ hypothese formuleren</li> <li>○ bruikbare informatie opzoeken</li> <li>○ onderzoek uitvoeren volgens de aangereikte methode</li> <li>○ besluit formuleren</li> <li>○ reflecteren over uitvoering en resultaat</li> <li>○ rapporteren</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Onderzoekskompetentie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begeleid zelfstandig en alleen of in kleine groepjes</li> <li>• Een integraal mini-onderzoek uitvoeren voor een gegeven probleem: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ onderzoeksvraag stellen</li> <li>○ hypothese formuleren</li> <li>○ voorbereiden: informeren, methode opstellen, plannen</li> <li>○ onderzoek uitvoeren volgens de geplande methode</li> <li>○ besluit formuleren</li> <li>○ reflecteren over uitvoering en resultaat</li> <li>○ rapporteren</li> </ul> </li> </ul>
--	--	--

### 2.3 Leerlijn en mogelijke timing

Het leerplan fysica is een **graadlerplan** voor **1 of 2 wekelijkse lestijden per leerjaar**. Om de weg naar academische vervolgstudies (m.i.v. industrieel ingenieur) te ondersteunen, kiezen vele scholen die Biotechnische Wetenschappen aanbieden voor twee wekelijkse lestijden. In dat geval wordt sterk aanbevolen de **uitbreidingsdoelstellingen (U)** (of een selectie ervan) van dit leerplan te realiseren.

Er worden **minimum 3 uur practica per leerjaar** uitgevoerd. Bij kleinere laboratoriumopdrachten, die minder dan één lesuur in beslag nemen, wordt minimum een equivalent van 3 uur per leerjaar voorzien. Scholen die kiezen voor **2 wekelijkse lestijden per leerjaar** moeten **6 uur practica per leerjaar** voorzien.



Mogelijke practica staan bij ieder hoofdstuk vermeld onder de leerplandoelstellingen (zie punt 5 Leerplandoelstellingen). Uit de voorgestelde practica kan een keuze worden gemaakt. Andere practica die aansluiten bij de leerstof zijn ook toegelaten.

Timing voor één wekelijkse lestijden:

Thema's		Concepten	Lestijden
<i>Derde graad (1 uur/week) - 25 lestijden per leerjaar waarvan 3 lestijden practicum per leerjaar</i>			
Elektrodynamica	Elektrische ladingen (3)		15
	Basisbegrippen i.v.m. elektrische stroom (2)		
	Elektrische weerstand (3)		
	Schakelen van weerstanden (4)		
	Energie en vermogen - Veiligheidsaspecten (3)		
	<i>Spanningsbronnen (U)</i>		
	<i>Condensatoren (U)</i>		
Elektromagnetisme	Permanente en elektromagneten (3)		10
	Elektromagnetische krachtwerking (2)		
	Het elektromagnetisch inductieverschijnsel (5)		
<i>Kernfysica (U)</i>		<i>Radioactiviteit (U)</i>	/
Mechanica	Kinematica	De EVRB (5)	7
		<i>De horizontale worp (U)</i>	
		De ECB (2)	
	Dynamica	De beginselen van Newton (3)	6
		<i>Wrijvings- en weerstandskrachten (U)</i>	
		Arbeid en energie (3)	
<i>Gravitatie (U)</i>			
<i>Momenten en evenwicht (U)</i>			
Trillingen en golven	De harmonische trilling (3)		7
	Lopende golven (2)		
	Eigenschappen van lopende golven (2)		
	<i>Staande golven (U)</i>		
Voorbeelden van golven	Geluid (2)		5
	Elektromagnetische golven (3)		
	<i>Wisselspanning en wisselstroom (U)</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. Het uitbreidingsonderdeel kernfysica kan daarentegen gemakkelijk verplaatst worden.

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 twee 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. 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 formule ... 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 verbanden 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. Opdrachten worden zo gesteld dat leerlingen worden uitgedaagd om in interactie te treden. Enkele concrete voorbeelden:

- Leerlingen wisselen van gedachten tijdens het uitvoeren van (experimentele) waarnemingsopdrachten.
- Leerlingen geven instructies aan elkaar bij het uitvoeren van een meting of een experiment.
- Leerlingen vullen gezamenlijk een tabel in bij het uitvoeren van een experiment.
- Klassikale besprekingen waarbij de leerling wordt uitgedaagd om de eigen mening te verwoorden en om rekening te houden met de mening van anderen.
- Leerlingen verwoorden een eigen gemotiveerde hypothese bij een onderzoeksvraag.
- Leerlingen formuleren zelf een onderzoeksvoorstel.
- Leerlingen formuleren een eigen besluit en toetsen die af aan de bevindingen van anderen bij een waarnemingsopdracht.
- Toepassen van "denken-delen-uitwisselen".
- Toepassen van "peer instruction".
- Taakafhankelijk groepswork met experts.
- 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);
  - gebruik van applets tonen de essentie;
- 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, informatieverwerking, mindmapping ...
- Bij experimentele opdrachten of waarnemingsopdrachten: chronometer, fototoestel, apps, sensoren, reëltijdmetingen ...
- 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 Biotechnische Wetenschappen een onderzoeksopdracht in verband met wetenschap en samenleving en/of wetenschap en biotechniek. 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 onze:

- visieteksten > De geïntegreerde proef in het voltijds secundair onderwijs.
- het servicedocument bij de lessentabel 3de graad tso > Biotechnische Wetenschappen > Geïntegreerde proef



## 4 Christelijk mensbeeld

Ons onderwijs streeft de vorming van de totale persoon na waarbij het christelijke mensbeeld centraal staat. Onderstaande waarden zijn dan ook altijd na te streven tijdens alle handelingen:

- respect voor de medemens;
- solidariteit;
- zorg voor milieu en leven;
- respectvol omgaan met eigen geloof, anders gelovigen en niet-gelovigen;
- vanuit eigen spiritualiteit omgaan met ethische problemen.

Met het oog op de realisatie van dit mensbeeld draagt dit leerplan uitdrukkelijk kansen in zich.

## 5 Algemene doelstellingen

Het leerplan fysica is een **graadleerplan** voor **1 of 2 wekelijkse lestijden per leerjaar**. Om de weg naar academische vervolgstudies (m.i.v. industrieel ingenieur) te ondersteunen, kiezen vele scholen die Biotechnische Wetenschappen aanbieden voor twee wekelijkse lestijden fysica per leerjaar. In dat geval wordt sterk aanbevolen de **uitbreidingsdoelstellingen (U)** (of een selectie ervan) van dit leerplan te realiseren.

Er worden **minimum 3 uur practica per leerjaar** uitgevoerd. Bij kleinere laboratoriumopdrachten, die minder dan één lesuur in beslag nemen, wordt minimum een equivalent van 3 uur per leerjaar voorzien. Scholen die kiezen voor **2 wekelijkse lestijden per leerjaar** moeten **6 uur practica per leerjaar** voorzien.

Mogelijke practica staan bij ieder hoofdstuk vermeld onder de leerplandoelstellingen (zie punt 5 Leerplandoelstellingen). Uit de voorgestelde practica kan een keuze worden gemaakt. Andere practica die aansluiten bij de leerstof zijn ook toegelaten.

### 5.1 Onderzoeken 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

Wenken

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

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 groote 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?

**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.



## 5.2 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, genderverschillen.

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 zonne-energie, windenergie, H<sub>2</sub> en gebruik van andere materialen, recycling,...)

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.

## 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.

## 5.3 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.

## 6 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.

### 6.1 Eerste leerjaar van de derde graad

#### 6.1.1 Elektrodynamica

##### 6.1.1.1 Elektrische ladingen (en elektrisch veld ( $U$ ))

(ca 3 lestijden)

<b>Nummer leerplandoelstelling</b> B = basisdoelstelling V = verdiepende doelstelling U = uitbreidingsdoelstelling		<b>Verwoording</b> doelstelling	<b>Wenken</b>
B1	Het bestaan van 2 soorten ladingen <b>toelichten</b> en hun onderlinge <b>wisselwerking beschrijven</b> .		
<b>Wenken</b> 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	De wisselwerking tussen 2 ladingen vectorieel voorstellen en de grootte berekenen.		
<b>Wenken</b> Het is niet de bedoeling de wisselwerking bij meer dan 2 ladingen te berekenen.			
B3	Een geleider en een isolator van elkaar <b>onderscheiden</b> en de <b>link leggen</b> met de atoombouw.		
<b>Wenken</b> Een geleider bestaat uit atomen met 1, 2 of 3 valentie-elektronen. Een isolator bestaat uit atomen met 5, 6 of 7 valentie-elektronen. Een halfgeleider bestaat uit atomen met 4 valentie-elektronen.			



U1	Het begrip elektrische veldsterkte <b>toelichten</b> 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 rekenopdrachten i.v.m. veldsterkte bij meerdere bronladingen te maken. Bij de definitie en de eenheid kan de analogie met de zwaarteveldsterkte aangegeven worden. Later bij magnetisme komt het veldlijnenbegrip terug.

U2	Elektrische schermwerking in concrete toepassingen <b>toelichten</b> .
----	--

#### Wenken

Elektrische schermwerking (kooi van Faraday) doet zich voor in een tunnel van gewapend beton, in een coaxiale kabel, in een auto, bij een bliksemafleider ...

#### Mogelijke practica

- Verkennende onderzoekjes i.v.m. ladingen.

### 6.1.1.2 Basisbegrippen i.v.m. elektrische stroom

(ca 2 lestijden)

B4	De grootheden elektrische stroomsterkte en spanning <b>omschrijven</b> en hun eenheden hanteren.
<b>Wenken</b> 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. 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.  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.	
B5	Een eenvoudige elektrische schakeling <b>schematisch weergeven</b> en de conventionele stroomzin <b>aangeven</b> en <b>toelichten</b> .

### 6.1.1.3 Elektrische weerstand

(ca 3 lestijden)

B6	Het wiskundig verband tussen spanning en stroomsterkte bij een geleider omschrijven en grafisch voorstellen.
<b>Wenken</b> 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. Bij het gebruik van een multimeter is het belangrijk oog te hebben voor polariteit, meetbereik en meetnauwkeurigheid. Je start met de minst gevoelige schaal.	
B7	Het begrip weerstand hanteren en de eenheid gebruiken.
<b>Wenken</b> Trek er de aandacht op dat het woord weerstand dubbel gebruikt wordt nl. als grootheid en als schakelelement. In het Engels heeft men daar twee termen voor: resistance en resistor.	
B8	De factoren, die bepalend zijn voor de weerstand van een geleider (bij constante temperatuur), aangeven en hun onderlinge relatie in een formule weergeven, hanteren en verklaren.
<b>Wenken</b> 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.	
V8	De invloed van de temperatuur op de weerstand van een geleider toelichten en verklaren.
<b>Wenken</b> 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

- Onderzoek van de wet van Ohm.
- Onderzoek van de wet van Pouillet.
- Onderzoek van een fietslampje.



### 6.1.1.4 Schakelen van weerstanden

(ca 4 lestijden)

<b>B9</b>	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.

<b>B10</b>	Het begrip vervangingsweerstand omschrijven en de vervangingsweerstand berekenen voor eenvoudige 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.

#### 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.



### 6.1.1.5 Energie en vermogen van elektrische stroom - veiligheidsaspecten

(ca 3 lestijden)

<b>B11</b>	Het Joule-effect van elektrische stroom <b>verklaren</b> en in enkele praktische toepassingen <b>beschrijven</b> .
<b>Wenken</b> Wijs er de leerlingen op dat bij heel wat elektrische toestellen een ongewenst Joule-effect optreedt. Beschouwingen omtrent rendement zijn hier op hun plaats.	
<b>B12</b>	Elektrische energie en vermogen <b>berekenen</b> .
<b>Wenken</b> 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 in kWh uit. Eventueel kunnen hier de verschillende tarieven (piek- en daluren) aan bod komen. Dit onderwerp biedt de mogelijkheid om te werken aan AD6.	
<b>B13</b>	De gevaren en enkele bijhorende veiligheidsaspecten <b>opsommen</b> en <b>toelichten</b> .
<b>Wenken</b> In die context wordt best de link gelegd met de huisinstallatie. Zo is een huisinstallatie gekenmerkt door een groepenindeling. 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. Dit onderwerp biedt de mogelijkheid om te werken aan AD6.	

#### Mogelijke practica

- Bepaling van de weerstand van een verwarmingsspiraal vanuit het Joule-effect.



### 6.1.1.6 Spanningsbronnen ( $U$ )

U3 Het verschil tussen elektromotorische spanning (EMS) en klemspanning omschrijven.

#### Wenken

I.p.v. EMS wordt ook de term bronspanning gebruikt.

U4 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.

U5 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)

### 6.1.1.7 Condensatoren ( $U$ )

U6 Het condensatieverschijnsel bij ladingen toelichten en de formule en eenheid van capaciteit weergeven.

#### Wenken

Indien je verkiest om U30, U31 en U32 te behandelen in het 6<sup>de</sup> jaar, dan is het aangewezen hier U6, U7 en U8 te behandelen.

Het condensatieverschijnsel van ladingen kan experimenteel aangetoond worden met een daartoe aangepaste elektroscop (vlak bovenstuk).

U7 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.

U8	De betekenis van het begrip “tijdconstante” toelichten.
<b>Wenken</b> In de praktijk neemt men aan dat na $t = 5.R.C$ de condensator volledig opgeladen of ontladen is.	
U9	De <b>formules</b> voor het berekenen van de vervangingscapaciteit van een serie- of parallelschakeling van condensatoren weergeven en toepassen.
U10	De formule voor de capaciteit van een vlakke condensator weergeven en toelichten.
<b>Wenken</b> Beide bovenstaande uitbreidingsdoelstellingen kunnen gebruikt worden als achtergrond bij de bespreking van de soorten en bouw van condensatoren.	

#### Mogelijke practica

- Onderzoek van de ontlaad- en oplaadkromme van een condensator.



## 6.1.2 Elektromagnetisme

### 6.1.2.1 Permanente- elektromagneten

(ca 3 lestijden)

B14	Magnetische verschijnselen bij permanente magneten <b>beschrijven</b> en enkele <b>toepassingen</b> opnoemen.
<b>Wenken</b> Met magnetische verschijnselen bij permanente magneten bedoelen we de magneetpolen, hun onderlinge wisselwerking, het magnetisch veld en de magnetische veldlijnen. Hierbij kan je een verklaring geven voor magnetiseren en demagnetiseren aan de hand van elementaire magneetjes. Het aantrekken van een niet-gemagnetiseerde spijker kan hierdoor verklaard worden. 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 ...	
B15	Het magnetisch veld rond een stroomvoerende draad en in een spoel m.b.v. veldlijnen <b>voorstellen</b> .
<b>Wenken</b> Via proefjes kan je de vuistregels voor vorm en zin van het magnetisch veld illustreren. Applets kunnen hierbij als verduidelijking gehanteerd worden. De formules kunnen aan bod komen eens de magnetische veldsterkte gedefiniëerd is (zie 5.1.2.2). Vanuit de proef van Oersted gaan we direct over naar de solenoïde.	
B16	Enkele praktische toepassingen van elektromagnetisme <b>toelichten</b> .
<b>Wenken</b> Voorbeelden van toepassingen zijn de bel, het relais, automatische zekering, magnetische geheugens ...	
U11	De oorsprong van het magnetisme van de materie <b>verklaren</b> en het magnetiseren en demagnetiseren <b>ermee in verband</b> brengen.
<b>Wenken</b> Uit de overeenstemmende velden van een permanente staafmagneet en een solenoïde (eventueel met weekijzeren 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.

## 6.1.2.2 Elektromagnetische krachtwerking

(ca 2 lestijden)

B17	De richting, de zin en de grootte van de Lorentzkracht van een magnetisch veld op een rechte stroomvoerende geleider <b>aangeven</b> en hiermee de magnetische veldsterkte <b>definiëren</b> .
<b>Wenken</b> 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". Vanuit didactisch oogpunt is de term magnetische veldsterkte aangewezen in plaats van de term magnetische inductie. Er zijn twee voordelen aan verbonden: de analogie met elektrische veldsterkte aangeven en de verwarring met het elektromagnetisch inductieverschijnsel vermijden.	
V17a	De richting en de zin van de Lorentzkracht op een bewegende lading <b>bepalen</b> en de grootte ervan <b>berekenen</b> .
<b>Wenken</b> Beeldbuizen en CRT-oscilloscopen zijn over het algemeen verdrongen door flatscreens. De afbuiging van geladen deeltjes wordt gebruikt in deeltjesversnellers en bij massaspectroscopie. Eventueel kan hier de formule worden afgeleid. Als je beschikt over een Hall-sensor (in combinatie met een meetinterface) kan het principe van een Hall-sensor uitgelegd worden.	
V17b	De richting en de zin van de magnetische veldsterkte rond een rechte geleider en in een spoel <b>bepalen</b> en de grootte ervan <b>berekenen</b> .
<b>Wenken</b> Gebruik van een Hall-sensor in combinatie met PC met meetinterface is hier aangewezen.	
B18	De krachtwerking op een rechthoekige winding <b>toelichten</b> en <b>toepassen</b> bij de gelijkstroommotor.
<b>Wenken</b> 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.



### 6.1.2.3 Het elektromagnetisch inductieverschijnsel

(ca 5 lestijden)

#### B19 Fluxverandering als oorzaak van inductiespanning toelichten.

##### Wenken

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.

#### B20 Met behulp van de wet van Lenz de zin van de inductiespanning vinden.

##### Wenken

Waarnemingsproefjes worden uitgevoerd om de factoren aan te tonen die de zin van de inductiestroom beïnvloeden.

#### B21 De algemene inductiewet toelichten.

##### Wenken

De formule komt hier ook aan bod.

De verschillende factoren in de inductiewet van Faraday kan je kwalitatief aantonen m.b.v. twee staafmagneten, twee verschillende spoelen en een gevoelige ampèremeter.

Bij rekenopdrachten kan je je beperken tot de gemiddelde inductiespanning. Het afgeleidebegrip is op dat moment meestal nog niet behandeld in de lessen wiskunde.

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.

#### V21 Het verschijnsel wervelstromen toelichten.

##### Wenken

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, vrachtwagen en pretparkattracties en bij inductiekookplaten.

#### B22 Het werkingsprincipe van een wisselspanningsgenerator weergeven.

##### Wenken

Modellen hiervan zijn te verkrijgen in de leermiddelenhandel (zie ook bij B18). Animaties hiervan kunnen verhelderend werken.

B23	De transformatieverhouding bij de spanningen en de stromen van de spoelen van een ideale transformator <b>toepassen en zijn functie bij het transport van elektrische energie toelichten.</b>
<p><b>Wenken</b></p> <p>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.</p>	
U12	Het zelfinductieverschijnsel toelichten en verklaren.
<p><b>Wenken</b></p> <p>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.</p>	
U13	Voor een spoel de formules voor zelfinductiecoëfficiënt en inductiespanning <b>weergeven en hanteren.</b>
<p><b>Wenken</b></p> <p>Indien in het zesde jaar wisselstroomketens (U) worden behandeld, dan is het aangewezen het begrip zelfinductiecoëfficiënt te behandelen.</p>	
B24	De begrippen amplitude en frequentie bij een wisselspanning <b>toelichten.</b>
<p><b>Wenken</b></p> <p>Het elektriciteitsnet is een wisselspanningsnet, omwille van o.a. de eenvoudige manier van opwekken en het transport van elektrische energie.</p>	
B25	De effectiefwaarde van wisselspanning berekenen m.b.v. de amplitude en de betekenis ervan <b>toelichten.</b>
<p><b>Wenken</b></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>	

#### Mogelijke practica

- Onderzoek van de transformator.



### 6.1.3 Kernfysica - radioactiviteit (U)

U14	De verschillende soorten natuurlijke kernstraling <b>beschrijven</b> en hun kenmerken <b>weergeven</b> .
U15	De transmutatieregels bij kernstraling <b>toepassen</b> .
<b>Wenken</b> 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.	
U16	Het ontstaan van radioactiviteit vanuit de instabiliteit van kernen <b>toelichten</b> .
<b>Wenken</b> 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.	
U17	De radioactieve vervalwet <b>toelichten en hanteren</b> .
<b>Wenken</b> Inzicht in het vervalproces wordt niet alleen bijgebracht door berekeningen maar ook door meer conceptuele opdrachten, zoals bv. meerkeuzevragen.	
U18	Kunstmatige radioactiviteit <b>toelichten</b> .
<b>Wenken</b> Kunstmatige radioactiviteit wordt bekomen door natuurlijke nucliden te beschieten met deeltjes, zoals $\alpha$ -deeltjes, protonen, neutronen.	
U19	Enkele toepassingen van radionucliden <b>toelichten</b> .
<b>Wenken</b> 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.	
U20	Biologisch effect van ioniserende straling op mens en milieu <b>toelichten</b> en hierbij de eenheden in <b>verband brengen</b> met de overeenkomstige grootheden.
<b>Wenken</b> Wat betreft het dosisequivalent (in Sv) stelt de overheid normen op, die niet mogen worden overschreden. Het is aangewezen het verschil tussen bestraling en besmetting toe te lichten.	



## Mogelijke practica

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

## 6.2 Tweede leerjaar van de derde graad

### 6.2.1 *Mechanica*

#### 6.2.1.1 *Kinematica*

(ca 7 lestijden)

B26	De relativiteit van rust en beweging omschrijven.
B27	De begrippen positie, verplaatsing, afgelegde weg en tijdsinterval hanteren.
<b>Wenken</b> Bij rechte 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 de positie aangeven met $x$ - en $y$ -coördinaat of met de baancoördinaat $s$ . De positie van een bewegend lichaam in functie van de tijd wordt beschreven via de modelvoorstelling van een puntmassa.	
B28	Toelichten wanneer een veranderlijke rechte beweging eenparig versneld of vertraagd is.
<b>Wenken</b> 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.	
B29	Het begrip versnelling bij een eenparig veranderlijke rechte beweging hanteren en omschrijven.
<b>Wenken</b> Niet elke versnelde beweging is ook eenparig versneld. Als je met je fiets optrekt dan zal meer dan waarschijnlijk de snelheid niet gelijkmatig toenemen. 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 zijn. Het is aangewezen te wijzen op het verschil tussen ogenblikkelijke en gemiddelde snelheid. 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 rechte beweging is de versnelling nul. <b>Link met de tweede graad</b> 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. (B25)
- In concrete voorbeelden van beweging de kenmerken van snelheid als vector aangeven. (B26)
- In concrete voorbeelden van beweging de eventuele verandering van bewegingstoestand met vectoren toelichten. (B27)
- Bij een eenparig rechtlijnige beweging het verband tussen de afstand en de tijd experimenteel bepalen en dit grafisch voorstellen. (B29)
- Bij een eenparige rechtlijnige beweging de snelheid, de afstand en de tijd berekenen. (B30)

**B30**  $x(t)$ -,  $v(t)$ - 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.

Het is aangewezen de positieve x-as in de zin van de beweging te kiezen. Zo is de versnelling positief als de snelheid toeneemt en negatief als de snelheid afneemt.

**B31** 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".

**B32** Eenvoudige rekenproblemen i.v.m. de E.V.R.B met  $v_0 = 0$  en de vrije val oplossen.

#### Wenken

Je kan verkiezen het rekenwerk te beperken tot de E.V.R.B met  $v_0 = 0$ . De vrije val is daar dan een speciaal geval van waarbij  $a = g$ . Je kan dit eventueel experimenteel aantonen.

**V32** Eenvoudige rekenproblemen i.v.m. de E.V.R.B met  $v_0 \neq 0$  oplossen.

#### Wenken

Je kan in dat geval steeds vertrekken vanuit de algemene formules voor een eenparig veranderlijke beweging. De E.V.R.B. met  $v_0 = 0$ , de vrije val, de eenparig veranderlijke beweging met  $v_0 \neq 0$  (optrekken en afremmen) en de verticale worp omhoog zijn hier dan toepassingen van.

**U21** Het onafhankelijkheidsbeginsel bij het samenstellen van bewegingen omschrijven en kwalitatief toepassen bij de horizontale worp.

### Wenken

Het onafhankelijkheidsbeginsel kan proefondervindelijk aangetoond worden: de valtijd bij een horizontale worp is gelijk aan de valtijd bij een vrije val.

U22

Het onafhankelijkheidsbeginsel kwantitatief toepassen bij een horizontale worp.

### Wenken

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.

B33

De begrippen periode, frequentie, omtreksnelheid, hoeksnelheid en middelpuntzoekende versnelling toelichten en hanteren bij een E.C.B.

### Wenken

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. Het is niet de bedoeling de formule voor de centripetale versnelling af te leiden.

### 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 wielkje.
  - 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.
- Onderzoek van de horizontale worp via videometen.
- Onderzoek van de horizontale worp met een lanceerbuis via verticale of horizontale registratie met carbonpapier.



## 6.2.1.2 Dynamica

(ca 6 lestijden)

**B34** Het traagheidsbeginsel **toelichten en herkennen in concrete situaties.**

### Link met de tweede graad

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.

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

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

**B35** De **invloed** van de resulterende kracht en van de massa op de verandering van bewegingstoestand van een voorwerp **kwalitatief en kwantitatief beschrijven.**

### 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.

### 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)

**B36** 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 bekende, maar minst begrepen items uit de fysica. Het geeft in de eerste plaats weer dat krachten altijd in paren voorkomen. Zo is het voor een leerling eigenaardig dat de kracht van de aarde op zijn lichaam even groot is als de kracht van zijn lichaam op de aarde. De krachten zijn weliswaar even groot, maar de versnelling is afhankelijk van de massa. Een analoge situatie doet zich voor als vader en zijn lichtere zoon op rolschaatsen krachten uitoefenen op elkaar. De versnelling van de zoon zal groter zijn, waardoor veel leerlingen intuïtief aangeven dat de kracht van de vader op de zoon groter zou zijn.

<p>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.</p> <p>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.</p>	
B37	Aantonen dat bij een ECB de kracht middelpuntzoekend moet zijn om het voorwerp in de cirkelbaan te houden.
V37	De middelpuntzoekende kracht bij een ECB berekenen.
<p><b>Wenken</b></p> <p>Een constante kracht met zelfde richting en zin als de snelheidsvector zorgt voor een E.V.R.B. Een constante kracht op elk moment loodrecht op de snelheidsvector zorgt voor een E.C.B.</p> <p>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 ...</p> <p>De term centripetaal mag vanzelfsprekend ook gebruikt worden.</p>	
U23	De wrijvingskrachten met het contactoppervlak en weerstandskrachten in een fluïdum <b>toelichten en/of berekenen in concrete situaties.</b>
<p><b>Wenken</b></p> <p>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.</p>	
B37	De arbeid berekenen bij kracht en verplaatsing met verschillende richting en zin.
<p><b>Link met de tweede graad</b></p> <p>In het leerplan van de tweede graad vinden we onderstaande leerplandoelstellingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De arbeid geleverd door een constante kracht <b>definiëren en toepassen</b> bij situaties waarbij de kracht en de verplaatsing dezelfde richting en zin hebben. (B38)</li> </ul>	
V37	De arbeid berekenen bij een niet-constante kracht aan de hand van de $F(x)$ -grafiek.
<p><b>Wenken</b></p> <p>We beperken ons hier tot voorbeelden waarbij de oppervlakte onder de grafiek een eenvoudige meetkundige figuur is.</p>	
B38	De formules voor de verschillende soorten mechanische energie <b>hanteren en toepassen in concrete opdrachten</b> i.v.m. behoud van energie.



## 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 stijghoogte van een pijl, de bepaling van de remweg ...

### 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. (B39)
- Het beginsel van behoud van energie in voorbeelden toelichten. (B40)

V38 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.

U24 De algemene gravitatiewet in een historische context plaatsen.

## Wenken

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

U25 De algemene gravitatiewet hanteren.

De analogie met de Coulombkracht (B2) kan worden aangegeven. Eventueel kan je wijzen op het enorme verschil in grootteorde tussen de gravitatieconstante en de elektrische constante.

U26 Zwaartekracht als een speciaal 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.

U27 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.

U28 Het gewicht van een versneld lichaam toelichten.

### 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.

### 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)

U29

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 onderzoeksoopdrachten aan bod komen.

Bij de suggesties voor practica staan een aantal voorbeelden.

U30

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.

### Mogelijke practica:

- Onderzoek van het verband tussen kracht, massa en versnelling.
- Bepaling van de middelpuntzoekende kracht bij een ECB.
- 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 hefboomen.
- 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.



## 6.2.2 Trillingen en golven

### 6.2.2.1 De harmonische trilling

(ca 3 lestijden)

B39	Uit de grafische voorstelling van een harmonische trilling de amplitude, frequentie en de beginfase toelichten en de bijhorende vergelijking hanteren.
<b>Wenken</b> 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 $A$ , $\omega$ en $\varphi$ wordt ingeoeffend via de grafische voorstelling. Simulaties op PC zijn hier verhelderend. Fasoren zijn hierbij een handig hulpmiddel. Bij wisselstroomketens (U) zijn fasoren onmisbaar.	
B40	De begrippen fase en faseverschil hanteren
<b>Wenken</b> Eventueel kan je je beperken tot trillingen in fase en in tegenfase. Bij wisselstroomketens (U) komen andere faseverschillen aan bod.	
V40a	De formules voor de snelheid, de versnelling en de kracht bij een harmonische trilling afleiden en grafisch voorstellen.
<b>Wenken</b> De theoretisch bepaalde formules van snelheid en versnelling kunnen experimenteel geverifieerd worden via de PC. Vanuit de gemeten uitwijking met behulp van een bewegingssensor 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.	
V40b	De formule voor de periode bij een massa-veer-systeem en een slinger toelichten en hanteren.
<b>Wenken</b> Uit de studie van de krachten bij een slingerbeweging en de vergelijking met een massa-veer-systeem kan de slingerformule theoretisch bepaald worden. 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.	
V40c	Vanuit de formule voor de totale energie bij een harmonische trilling de energieomzettingen bij een massa-veer-systeem en een slinger omschrijven.
<b>Wenken</b> Gebruik van een animatie waarbij via balkjes de energieveranderingen in de tijd zichtbaar zijn, kan hier verhelderend werken.	



U31	Het verschijnsel resonantie bij een gedwongen harmonische trilling <b>toelichten</b> aan de hand van <b>concrete voorbeelden</b> .
<p><b>Wenken</b></p> <p>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 ...</p>	

#### Mogelijke practica

- Onderzoek van de slinger.
- 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.

### 6.2.2.2 Lopende golven

(ca 2 lestijden)

B41	Een lopende golf als een voortplanting van een harmonische trilling kwalitatief <b>omschrijven</b> en hierbij de golflengte <b>hanteren</b> .
<p><b>Wenken</b></p> <p>Een lang touw en een slinky-veer zijn zeer eenvoudige en doeltreffende middelen om het begrip golf in te voeren.</p> <p>Bij de definitie van golflengte kan men er via <math>v = \lambda \cdot f</math> op wijzen dat voor een bepaalde middenstof golflengte en frequentie omgekeerd evenredig zijn met elkaar. Dit kan eveneens via een dik touw geïllustreerd worden.</p>	
V41	De golfvergelijking <b>hanteren</b> .
<p><b>Wenken</b></p> <p>Voor de golfvergelijking is het aangewezen deze te beperken tot een ééndimensionale lopende golf. Merk op dat leerlingen hier voor het eerst kennis maken met een functie van twee veranderlijken.</p>	
B42	De verschillende soorten golven <b>onderscheiden op basis van</b> de aanwezigheid van een middenstof en van de voortplantingsrichting in relatie tot de trilrichting.
<p><b>Wenken</b></p> <p>We maken het onderscheid tussen mechanische en elektromagnetische golven enerzijds en tussen transversale en longitudinale golven anderzijds.</p>	
U32	De voortplanting van een golf in termen van intensiteit <b>beschrijven</b> .

## Wenken

Je kunt de leerlingen er op wijzen dat er bij een golf voortplanting van energie is, maar geen massatransport. 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).

### 6.2.2.3 Eigenschappen voor lopende golven

(ca 2 lestijden)

B43

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

#### Wenken

Het is niet bedoeling de terugkaatsingwet en de brekingswet vanuit het beginsel van Huygens te bewijzen. Via een applet die gebruik maakt van het beginsel van Huygens kan men aantonen dat de wetten die de leerlingen kennen voor licht ook geldig zijn voor alle golven. Wijs bv. op een parabolantenne voor radiogolven, echo, sonar ...

DiffRACTIE heeft gevolgen voor de constructie van luidsprekers. Indien de golflengte van de geluidsgolf kleiner wordt dan de diameter van de luidspreker dan zal de golf voornamelijk loodrecht op de luidspreker worden afgestruald en niet naar de zijanten. Men lost dit probleem op door de weergave van de frequentiegebieden te splitsen in grotere 'woofers' voor de lage frequenties en kleinere 'tweeters' voor de grote frequenties.

De opslagcapaciteit van een optische schijf wordt beperkt door de golflengte van de gebruikte laserstraal. Indien de diameter van de straal dezelfde grootteorde heeft van de golflengte dan zal de straal niet meer gericht kunnen worden als gevolg van diffractie. Bij de blu-raydisk gebruikt men daarom een violette lichtstraal om de opslagcapaciteit zo groot mogelijk te maken.

Interferentie kan aanschouwelijk aangebracht worden via animaties.

#### 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 middelen experimenteel afleiden en weergeven en enkele eenvoudige toepassingen toelichten. (B9)
- De brekingsindex toepassen in rekenopdrachten of constructies. (V10)

#### 6.2.2.4 Staande golven (U)

U33	De terugkaatsing aan een vast en aan een vrij uiteinde <b>toelichten</b> .
<b>Wenken</b> 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.	
U34	Het verschijnsel staande golven kwalitatief en kwantitatief beschrijven bij een gespannen touw.
<b>Wenken</b> De formules voor de opeenvolgende frequenties waarbij zich staande golven voordoen, kunnen experimenteel aangetoond worden door een vibratiegenerator bij een gespannen touw 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.	
U35	Het verschijnsel staande golven kwalitatief en kwantitatief beschrijven bij geluid in een buis.
<b>Wenken</b> 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

- De proef van Melde
- De proef van Kundt

## 6.2.3 Voorbeelden van golven

### 6.2.3.1 Geluid

(ca 2 lestijden)

B44	Het ontstaan en de voortplanting van geluid toelichten bij gassen, vloeistoffen en vaste stoffen.
<b>Wenken</b> 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 deeltjesmodel een verband zoeken met de aard van de middenstof (vast, vloeibaar, gas - helium).	
B45	De kenmerken van een toon (toonhoogte, toonsterkte en toonklank) en enkele toepassingen weergeven en omschrijven
<b>Wenken</b> Bij ultrasonen kan gewezen worden op het gebruik bij allerlei echografieën. Bij geluidsterkte (= intensiteit / in $W/m^2$ ) kan 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.	
U36	Het verschijnsel zwevingen kwalitatief toelichten
<b>Wenken</b> Bij een grafische voorstelling of een animatie zie je dat de trillingen op bepaalde tijdstippen elkaar neutraliseren en op andere momenten elkaar versterken, waardoor je de variatie in geluidsterkte kan aantonen. Je kan dit visualiseren via geogebra of het grafisch rekentoestel.	
U37	Het dopplereffect kwalitatief verklaren en enkele toepassingen beschrijven.
<b>Wenken</b> Het dopplereffect kan verklaard worden via constructie van golffronten. Een animatie met een applet is verhelderend. Met deze applet kan je ook goed de geluidsmuur ( $v_{\text{geluidsbron}} = v_{\text{geluid}}$ ) en supersonische snelheden ( $v_{\text{geluidsbron}} > v_{\text{geluid}}$ ) toelichten (op YouTube te vinden onder "sonic boom"). 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.

#### Mogelijke practica

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

### 6.2.3.2 Elektromagnetische golven

(ca 3 lestijden)

B46	Het ontstaan van licht via absorptie en spontane emissie <b>beschrijven en hiermee de frequentie en de fase toelichten.</b>
<b>Wenken</b> 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. Laserlicht is het enige licht dat coherent is en dit verklaart zijn specifieke eigenschappen.	
B47	Het recht evenredig <b>verband</b> tussen energie en frequentie <b>hanteren.</b>
<b>Wenken</b> Alle vormen van spectraalanalyse in chemie en astrofysica vinden hier hun oorsprong.	
U38	Het ontstaan van laserlicht via gestimuleerde emissie <b>omschrijven.</b>
<b>Wenken</b> De speciale eigenschappen van laserlicht zijn het gevolg van haar manier van ontstaan: gestimuleerde emissie.	
B48	De andere elektromagnetische golven <b>situëren in</b> het elektromagnetisch spectrum en enkele belangrijke toepassingen <b>geven en beschrijven.</b>
<b>Wenken</b> 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. <b>Link met de eerste graad</b> 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)

U39 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.

U40 Polarisatie van licht via polarisatiefilters en na terugkaatsing **beschrijven.**

#### Wenken

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.

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.

U41 Optische activiteit **toelichten.**

#### Wenken

Optische activiteit wordt in de chemische sector bij een polarimeter praktisch toegepast om de concentratie van een suikeroplossing te bepalen.

### 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 kwikdamplamp via interferentie aan een rooster
- Bepaling van de totale sporen lengte van een cd-rom als rooster

### 6.2.3.3 Wisselstroom en wisselspanning (U)

U42	Faseverschil tussen stroom en spanning bij enkelvoudige wisselstroomketens <b>omschrijven</b> en de inductieve en de capacitieve reactantie <b>toelichten en berekenen</b> .
<b>Wenken</b> Het is aangewezen B24 en B25 i.v.m. wisselspanning op te frissen.	
U43	Impedantie en faseverschil bij RL-, RC- en RLC-seriekringen <b>berekenen in concrete gevallen</b> .
U44	Resonantie bij een RLC-kring <b>toelichten via fasorendiagram en grafiek</b> .
<b>Wenken</b> Het is enkel zinvol alle drie de bovenstaande uitbreidingsdoelstellingen te behandelen. Het is zinloos enkel U30 te behandelen.	

#### Mogelijke practica

- Bepaling van de capacitieve reactantie in functie van de frequentie en de capaciteit van een condensator.
- Bepaling van de capaciteit van een condensator.
- Bepaling van de inductieve reactantie in functie van de frequentie en de zelfinductiecoëfficiënt van een spoel.
- Bepaling van de zelfinductiecoëfficiënt van een spoel, eventueel in functie van de diepte van de Fe-kern



## 7 Minimale materiële vereisten

### 7.1 Algemeen

Om de leerplandoelstellingen bij de leerlingen te realiseren dient de school minimaal de hierna beschreven infrastructuur, materiële en didactische uitrusting ter beschikking te stellen, die beantwoordt aan de reglementaire eisen op het vlak van veiligheid, gezondheid, hygiëne, ergonomie en milieu.

Dit alles is daarnaast aangepast aan de visie op leren die de school hanteert.

### 7.2 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.

Om onderzoekend leren en 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.



## 7.3 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. 6.8). 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.

### 7.3.1 Basismateriaal

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

### 7.3.2 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

### 7.3.3 Elektromagnetisme

- Naald-, staaf- en U-vormige magneten, spoelen, weekijzeren kernen



- Demonstratieapparatuur voor het aantonen van het magnetisch veld bij een rechte 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

#### **7.3.4 *Mechanica***

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

#### **7.3.5 *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.

#### **7.3.6 *Voorbeelden van golven***

- Geluid: stemvorken met klankkasten

## 8 Evaluatie

### 8.1 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**.

### 8.2 Leesstrategieën

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 formule ... 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.

### 8.3 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.