



**TOEGEPASTE FYSICA**  
derde graad tso  
Industriële wetenschappen

BRUSSEL  
D/2018/13.758/006

September 2018  
(vervangt leerplan D/2009/7841/034)



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding en situering van het leerplan .....</b>	<b>4</b>
1.1	Inleiding .....	4
1.2	Plaats in de lessentabel .....	4
<b>2</b>	<b>Beginsituatie en instroom .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Leerlijnen .....</b>	<b>6</b>
3.1	De vormende lijn voor natuurwetenschappen .....	7
3.2	Leerlijnen natuurwetenschappen van de eerste graad over de tweede graad naar de derde graad .....	8
3.3	Leerlijn en mogelijke timing Fysica voor Industriële Wetenschappen .....	11
<b>4</b>	<b>Christelijk mensbeeld .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Algemene pedagogisch-didactische wenken .....</b>	<b>15</b>
5.1	Leeswijzer bij de doelstellingen .....	15
5.2	Leerplan versus handboek .....	16
5.3	Taalgericht vakonderwijs .....	16
5.4	ICT .....	18
<b>6</b>	<b>Algemene doelstellingen .....</b>	<b>20</b>
6.1	Onderzoekend leren/leren onderzoeken .....	20
6.2	Wetenschap en samenleving .....	23
6.3	Metten, meetnauwkeurigheid en grafieken .....	25
<b>7</b>	<b>Leerplandoelstellingen .....</b>	<b>27</b>
7.1	Faseovergangen .....	27
7.2	Dynamica in fluida .....	31
7.3	Thermodynamica .....	32
7.4	Kernfysica .....	35
7.5	Harmonische trillingen .....	39
7.6	Golven .....	42
7.7	Voorbeelden van golven .....	45
<b>8</b>	<b>Minimale materiële vereisten .....</b>	<b>49</b>
8.1	Algemeen .....	49
8.2	Infrastructuur .....	49

8.3	Uitrusting.....	50
8.4	Basismateriaal .....	50
8.5	Faseovergangen .....	50
8.6	Dynamica in fluida .....	50
8.7	Harmonische trillingen .....	50
8.8	Golven .....	51
8.9	Voorbeelden van golven.....	51
<b>9</b>	<b>Evaluatie.....</b>	<b>52</b>
9.1	Inleiding .....	52
9.2	Leerstrategieën.....	52
9.3	Proces- en productevaluatie.....	52
<b>10</b>	<b>Eindtermen.....</b>	<b>54</b>



# 1 Inleiding en situering van het leerplan

## 1.1 Inleiding

Dit leerplan is van toepassing voor de studierichting Industriële wetenschappen in de derde graad tso.

## 1.2 Plaats in de lessentabel

Zie [www.katholiekonderwijs.vlaanderen](http://www.katholiekonderwijs.vlaanderen) bij leerplannen & lessentabellen.

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

Het leerplan Toegepaste fysica derde graad tso, studierichting Industriële wetenschappen is geschreven voor twee wekelijkse lestijden per leerjaar van de graad.

## 2 Beginsituatie en instroom

Vanuit de 2<sup>de</sup> graad beschikken de leerlingen over heel wat fysische kennis en vaardigheden i.v.m. geometrische optica, krachten, materie, arbeid, energie en vermogen, druk, gaswetten, de begrippen temperatuur, warmtehoeveelheid en inwendige energie. De leerlingen die in de 2<sup>de</sup> graad de richting industriële wetenschappen gevolgd hebben beschikken aanvullend over een behoorlijke fysische voorkennis vanuit de vormingscluster elektriciteit-elektronica en de component mechanica. Zie hiervoor punt 3.2 verder in dit leerplan.

Van deze leerlingen mag worden verwacht dat ze naast een ruime belangstelling voor wiskunde eveneens interesse tonen voor natuurwetenschappen en techniek. De meeste leerlingen zullen immers voor hun vervolgstudie een studierichting kiezen waarbij zowel toepassingen van de natuurwetenschappen in het algemeen en/of van de fysica in het bijzonder worden gebruikt.

Techniek en natuurwetenschappen hebben meerdere raakvlakken en ze maken bovendien van elkaars bevindingen gebruik, maar ze benaderen de werkelijkheid op een andere manier.

Techniek is gericht op het beheersen van de werkelijkheid ten dienste van de mens. In de techniek gaat het over ontwerpen, realiseren, controleren, herstellen, installeren, gebruiken, evalueren ...

Natuurwetenschappen zijn gericht op het begrijpend verklaren van de fysische werkelijkheid. In natuurwetenschappen gaat het over waarnemen, verklaren, definiëren, beschrijven, veralgemenen, besluiten, reflecteren ...

Technische realisaties zijn veelal toepassingen van natuurwetenschappelijke principes, terwijl de verdere ontwikkeling van de natuurwetenschappelijke kennis niet zonder de ondersteuning van allerlei technische realisaties kan.

### 3 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.

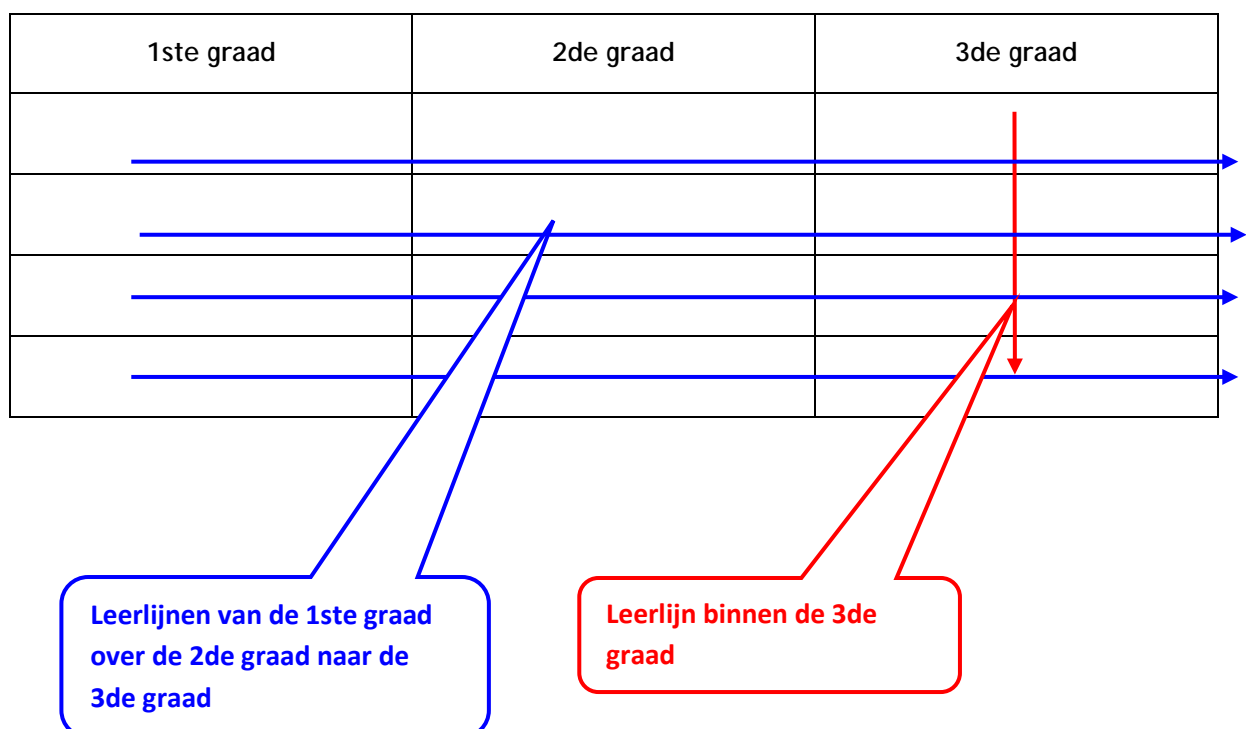
Leerlijnen geven de samenhang in de doelen, in de leerinhoud en in de uit te werken thema's weer.

De vormende lijn voor natuurwetenschappen geeft een overzicht van de wetenschappelijke vorming van het basisonderwijs tot de derde graad van het secundair onderwijs (zie 3.1).

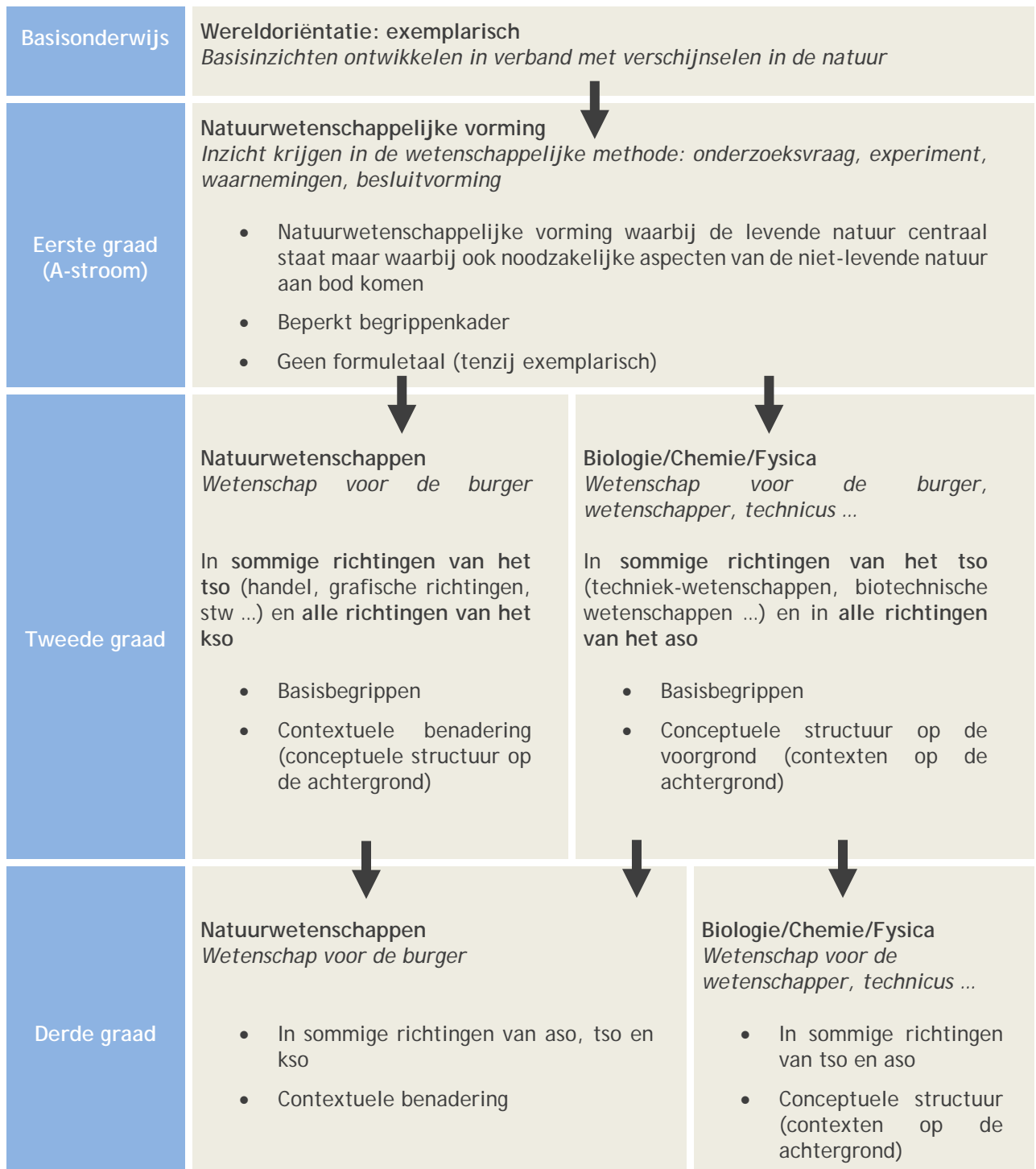
De leerlijnen natuurwetenschappen van de eerste graad over de tweede graad naar de derde graad beschrijven de samenhang van natuurwetenschappelijke begrippen en vaardigheden (zie 3.2).

De leerlijn fysica binnen de derde graad Industriële Wetenschappen beschrijft de samenhang van de thema's fysica (zie 3.3).

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!



### 3.1 De vormende lijn voor natuurwetenschappen



### 3.2 Leerlijnen natuurwetenschappen van de eerste graad over de tweede graad naar de derde graad

De inhoud van fysica staan vet gedrukt. Om de opbouw van de leerlijn van de eerste over de tweede naar de derde graad te waarborgen - ook wat betreft de invulling van de (demonstratie-) experimenten - is overleg tussen vakcollega's uit andere graden noodzakelijk.

Gezien de specificiteit van de studierichting zijn in onderstaande tabel ook leerinhouden uit **mechanica** en **elektriciteit** opgenomen, in zoverre ze voor de leraar chemie of fysica relevant zijn.

Leerlijn	EERSTE GRAAD	TWEEDE GRAAD	DERDE GRAAD
Materie	<u>Deeltjesmodel</u> - Materie bestaat uit deeltjes met ruimte ertussen - De deeltjes bewegen met een snelheid afhankelijk van de temperatuur	<u>Deeltjesmodel</u> - Moleculen - Atoombouw - atoommodellen (eerste 18 elementen) - Snelheid van deeltjes en temperatuur	<u>Deeltjesmodel</u> - Uitbreiding atoommodel en opbouw periodiek systeem - Isotopen - Fundamentele deeltjes
	<u>Stoffen</u> - Mengsels en zuivere stoffen - Mengsels scheiden: op basis van deeltjesgrootte - Massa en volume - Uitzetten en inkrimpen	<u>Stoffen</u> - <b>Stofconstanten:</b> smeltpunt, stolpunt, kookpunt, <b>massadichtheid</b> - Mengsels: scheidingstechnieken, concentratiebegrip - Chemische bindingen - Formules - Enkelvoudige en samengestelde - Stofklassen - <b>Thermische uitzetting</b>	<u>Stoffen</u> - Ruimtelijke bouw - Lewisstructuren - Polaire-apolaire - Koolstofverbindingen
	<u>Faseovergangen</u> - Kwalitatief		<u>Faseovergangen</u> - <b>Kritisch punt, tripelpunt, toestandsdiagram</b> - <b>Energie bij fasen en faseovergangen: kwantitatief</b>
	<u>Stofomzettingen</u> - Structuurveranderingen verklaren met deeltjesmodel	<u>Stofomzettingen</u> - Chemische reacties - reactievergelijkingen	<u>Stofomzettingen</u> - Stoichiometrie - Reactiesnelheid - Chemisch evenwicht - Reactiesoorten: zuur-basereacties, redoxreacties

Snelheid, kracht, druk	<u>Snelheid</u> - Kracht en snelheidsverandering	<u>Snelheid</u> - Als vector	<u>Snelheid</u> - <i>Samenstellen en ontbinden van bewegingen</i> - <i>Bewegingsvormen van vaste lichamen: translatie, rotatie, ...: bewegingsvergelijking, arbeid, vermogen, energie, impuls en hoeveelheid van beweging</i> - Golsnelheden
	<u>Krachtwerking</u> - Een kracht als oorzaak van vorm- en/of snelheidsverandering van een voorwerp	<u>Krachtwerking</u> - Kracht is een vectoriële grootheid - <i>Samenstellen en ontbinden van coplanaire krachten</i>	<u>Krachtwerking</u> - Harmonische trillingen (veersysteem en slinger) - <i>Statisch evenwicht: reactiekrachten en momenten</i>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evenwicht van krachten: lichaam in rust en ERB</li> <li>- <i>ERB<sup>1</sup>, ECB<sup>2</sup>, EVRB<sup>3</sup> en EVCB<sup>4</sup></i></li> <li>- <i>Samenstellen van 2 ERB's</i></li> <li>- <i>Beginnelen van Newton</i></li> <li>- <i>Moment van een kracht en evenwicht</i></li> <li>- <i>Statische en dynamische wrijving</i></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>- Intra- en intermoleculaire krachten</li> <li>- Fundamentele interacties</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>	<u>Druk</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dynamica in fluida</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> <li>- <i>Basisbegrippen elektriciteit</i></li> <li>- <i>Elektrische arbeid en vermogen</i></li> <li>- <i>Schakelen van verbruikers</i></li> <li>- <i>Eigenschappen van bronnen</i></li> <li>- <i>Factoren die weerstand beïnvloeden</i></li> <li>- <i>Wet van Coulomb en condensatoren</i></li> <li>- <i>Enkelvoudige wisselstroomketens</i></li> <li>- <i>Magnetische krachtwerking en veldsterkte, elektromagnetische inductie, zelfinductie en wederzijdse inductie</i></li> </ul>	<u>Energievormen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>RLC-kringen</i></li> <li>- <i>Driefasennet</i></li> <li>- <i>Arbeidsfactor</i></li> <li>- <i>Motoren</i></li> <li>- Kernfusie en kernsplijting</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>- Exo- en endo-energetische chemische reacties</li> <li>- <i>Potentiële en kinetische energie</i></li> </ul>	<u>Energieomzettingen</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bij harmonische trillingen</li> <li>- Resonantie</li> <li>- Spontane en gedwongen chemische reacties</li> <li>- <i>Milieuvriendelijke energie-productietechnieken en rationeel energieverbruik</i></li> <li>- <i>Eerste hoofdwet van de thermodynamica</i></li> <li>- <i>Toestandsveranderingen bij ideale gassen</i></li> <li>- <i>Tweede hoofdwet van de thermodynamica</i></li> </ul>
	<u>Transport van energie</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geleiding</li> <li>- Convectorie</li> <li>- Straling</li> </ul>		<u>Transport van energie</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trillingsenergie: lopende golven, geluid, eigenschappen</li> </ul>

<sup>1</sup> ERB: eenparig rechtlijnige beweging

<sup>2</sup> ECB: eenparig cirkelvormige beweging

<sup>3</sup> EVRB: eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging

<sup>4</sup> EVCB: eenparig veranderlijke cirkelvormige beweging





	<p><u>Licht en straling</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zichtbare en onzichtbare straling</li> </ul>	<p><u>Licht en straling</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Licht: rechte lijnige voortplanting, terugkaatsing, breking, lenzen, spiegels, optische toestellen</li> </ul>	<p><u>Licht en straling</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ontstaan van licht</li> <li>- Transport van elektromagnetische energie: EM spectrum</li> <li>- Golfverschijnselen bij licht</li> <li>- Soorten kernstraling + kenmerken + transmutatieregels + biologisch effect</li> <li>- Radioactieve vervalwet</li> <li>- Toepassingen van radionucliden</li> </ul>
Leven	<p><u>Biologische eenheid</u></p> <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>		
	<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>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>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>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>- Erfelijkheid</li> <li>- Voortplanting bij de mens: verloop en hormonale regulatie</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>- Evolutie van de mens</li> </ul>

<u>Waarnemen van organismen en verschijnselen</u> - Geleid	<u>Waarnemen van verschijnselen</u> - Geleid en gericht	<u>Waarnemen van verschijnselen</u> - Gericht - Interpreteren
<u>Metingen</u> - Massa, volume, temperatuur, abiotische factoren (licht, luchtvochtigheid ...) - Een meetinstrument correct aflezen en de meetresultaten correct noteren	<u>Metingen</u> - Meetnauwkeurigheid - Kracht, druk - SI eenheden	<u>Metingen</u> - <i>Spanning, stroomsterkte, weerstand, pH, snelheid</i> - Titrezen
<u>Gegevens</u> - Onder begeleiding: ✓ grafieken interpreteren - Determineerkaarten hanteren	<u>Gegevens</u> - Begeleid zelfstandig: ✓ grafieken opstellen en interpreteren ✓ kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen van wetmatigheden interpreteren ✓ verbanden tussen factoren interpreteren: recht evenredig en omgekeerd evenredig	<u>Gegevens</u> - Zelfstandig: ✓ grafieken opstellen en interpreteren ✓ kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen van wetmatigheden interpreteren ✓ verbanden tussen factoren opsporen en interpreteren: kwadratisch verband
<u>Instructies</u> - Gesloten - Begeleid	<u>Instructies</u> - Gesloten en open instructies - Begeleid zelfstandig	<u>Instructies</u> - Gesloten en open instructies - Zelfstandig
<u>Microscopie</u> - Lichtmicroscopische beelden: waarnemen en interpreteren		
<u>Onderzoekscompetentie</u> - Onder begeleiding en klassikaal - Onderzoeksstappen onderscheiden: ✓ onderzoeksvraag ✓ hypothese formuleren ✓ voorbereiden ✓ experiment uitvoeren, data hanteren, resultaten weergeven, ✓ besluit formuleren	<u>Onderzoekscompetentie</u> - Onder begeleiding en alleen of in kleine groepjes - Oefenen in de onderzoeksstappen voor een gegeven probleem: ✓ onderzoeksvraag stellen ✓ hypothese formuleren ✓ bruikbare informatie opzoeken ✓ onderzoek uitvoeren volgens de aangereikte methode ✓ besluit formuleren ✓ reflecteren over uitvoering en resultaat ✓ rapporteren	<u>Onderzoekscompetentie</u> - Begeleid zelfstandig en alleen of in kleine groepjes - Een integraal mini-onderzoek uitvoeren voor een gegeven probleem: ✓ onderzoeksvraag stellen ✓ hypothese formuleren ✓ voorbereiden: informeren, methode opstellen, plannen ✓ onderzoek uitvoeren volgens de geplande methode ✓ besluit formuleren ✓ reflecteren over uitvoering en resultaat ✓ rapporteren

### 3.3 Leerlijn en mogelijke timing Fysica voor Industriële Wetenschappen

Het leerplan fysica is een graadleerplan voor twee wekelijkse lestijden. Per leerjaar dienen er minimaal drie lesuren aan leerlingenpractica te worden gependend.

Mogelijke practica staan vermeld onder de leerplandoelstellingen (zie punt 7 Leerplandoelstellingen). Uit de voorgestelde practica kan een keuze worden gemaakt, mits een min of meer evenwichtige spreiding over de verschillende hoofdstukken. Andere practica die aansluiten bij de leerstof zijn ook toegelaten.

## Timing

Thema's		Concepten	Lestijden	
<i>Derde graad (2 uur/week) - 100 uur waarvan 6 uur practicum</i>				
Faseovergangen	Smelten en stollen (5 u)		13	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smelt- en stolcurve</li> <li>• Verklaring vanuit het deeltjesmodel + energetisch aspect</li> <li>• Specifieke smeltings- en stollingswarmte</li> <li>• Verandering van volume- en massadichtheid</li> <li>• Invloed van de druk op het smeltpunt</li> </ul>			
	Verdampen, koken en condenseren (6,5 u)			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vrije verdamping</li> <li>• Verdamping in het luchtledige: verzadigde en onverzadigde damp</li> <li>• Maximumdampdrukcurve + koken onder verlaagde en verhoogde druk</li> <li>• Kook- en condensatieverschijnsel vanuit het deeltjesmodel + energetische aspecten</li> <li>• Specifieke verdampings- en condensatiewarmte</li> <li>• Onderscheid tussen gas en damp: kritisch punt</li> </ul>			
Sublimeren (0,5 u)				
Fasediagram: $p(T)$ -diagram en tripelpunt (1 u)				
Dynamica in fluïda	Begrippen: stroomlijnen, stationaire en turbulente stroming, ideaal fluïdum		12	
	De continuïteitsvergelijking (regel van Castelli)			
	De vergelijking van Bernoulli			
	Technische toepassingen			
	Verschijnselen gebaseerd op de wet van Bernoulli			
Viscositeit				
Thermodynamica	Eerste hoofdwet	Arbeid geleverd door uitzetting van een gas	4	
		De eerste hoofdwet van de thermodynamica		
		Toepassingen van kringprocessen: motoren		
	Toestandsveranderingen bij ideale gassen	Algemene gaswet met universele en specifieke gasconstante	8	
		Specifieke warmtecapaciteit bij gassen		
		Verschillende toestandsveranderingen, basiseigenschappen en grafische voorstelling in het $p(V)$ -diagram		
	Toepassingsvraagstukken op deze toestandsveranderingen			
	Tweede hoofdwet	Arbeid en warmte bij een kringproces	4	
		Thermisch rendement bij een kringproces		
Tweede hoofdwet: formulering van Clausius en van Kelvin				
Het rendement bij een kringproces van Carnot				
Kernfysica	Fundamentele deeltjes en wisselwerkingen	9		
	Radioactiviteit (6 u)			
	Energie uit atoomkernen (2 u)			

Thema's	Concepten	Lestijden
Harmonische trillingen	De E.C.B. (3 u)	20
	De harmonische trilling (10 u)	
	De vrije gedempte harmonische trilling (1 u)	
	De gedwongen harmonische trilling (1 u)	
	Samenstellen van trillingen (5 u)	
Golven	Lopende golven (5 u)	15
	Eigenschappen van lopende golven (5 u)	
	Staande golven (5 u)	
Voorbeelden van golven	Geluid (7 u)	15
	Fysische optica (8 u)	

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. In principe kun je een andere volgorde hanteren. Denk er wel aan dat het deel faseovergangen naadloos aansluit bij het laatste deel van het leerplan in de tweede graad (Temperatuur, warmtehoeveelheid en inwendige energie) en daarom het best meteen bij de start in het eerste leerjaar van de derde graad aan bod komt. Vanzelfsprekend komen de laatste drie delen over trillingen en golven in volgorde aan bod en gezien het gebruik van afgeleiden kan dit beter in het tweede jaar van de derde graad. De delen "Dynamica in fluida" en "Kernfysica" staan vrij los van andere onderdelen.

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



## 4 Christelijk mensbeeld

Ons onderwijs streeft de vorming van de totale persoon na waarbij het christelijk mensbeeld centraal staat. Dit leerplan biedt kansen om waarden aan te reiken:

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

De houding, de competenties, interactievaardigheden en de persoonlijkheid van de leraar kunnen de betrokkenheid en het welbevinden van de leerling positief beïnvloeden.

De leraar creëert kansen voor de leerling om het geleerde een eigen betekenis en zin te geven in het leven. De houding, de competenties, de interactievaardigheden, de persoonlijkheid van de leraar en de manier waarop hij in het leven staat, kunnen de betrokkenheid en het welbevinden van de leerling positief beïnvloeden.

De vakkennis en competentie van de leraar staan garant voor een soort deskundigheid. De zorg, gedrevenheid en begeestering van de leraar (meesterschap van de leraar) inspireren de leerling in zijn groei. Dit meesterschap stimuleert de aandacht en de interesse van de leerling, daagt de leerling uit om te leren en plezier te hebben in het leren.

**Bezielende leraren zijn altijd bezielde leraren.**

## 5 Algemene pedagogisch-didactische wenken

### 5.1 Leeswijzer bij de doelstellingen

#### 5.1.1 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.

#### 5.1.2 Basisdoelstellingen (B) en verdiepende doelstellingen (V)

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

Het hogere beheersingsniveau wordt **verdieping** genoemd. Het is niet verplicht de verdiepende doelstellingen te realiseren, ze horen steeds bij een overeenkomstig genummerde basisdoelstelling. Zo hoort een verdiepende doelstelling bij een basisdoelstelling (bv. V12 bij B12). 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. Deze zijn aangeduid met een U1, U2...

#### 5.1.3 Wenken

Wenken zijn niet-bindende adviezen waarmee de leraar en/of vakwerkgroep rekening kan houden om het fysicaonderwijs doelgericht, boeiend en efficiënt uit te bouwen. 'Mogelijke practica' bieden een reeks suggesties van geschikte 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 leerplandoelstellingen staan mogelijke practicumopdrachten vermeld. Uit de voorgestelde opdrachten kan een keuze worden gemaakt, mits een min of meer evenwichtige spreiding over de verschillende leerstofitems. Andere practica die aansluiten bij de leerplandoelstellingen zijn ook toegelaten.

## 5.2 Leerplan versus handboek

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

- in concrete voorbeelden ... toepassen;
- een grafische voorstelling ... interpreteren;
- ... in verband brengen met ...;
- aantonen dat ...aan de hand van de waarneming van ...;
- via berekening aantonen dat ...;
- de formules ... bepalen en toepassen;
- ... toelichten aan de hand van.

Bij het uitwerken van lessen, het gebruik van een handboek of een cursus en het evalueren is het leerplan steeds het uitgangspunt. Handboeken zijn meestal geschreven voor het 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.

## 5.3 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 taalgerichter te maken. Drie didactische principes: context, interactie en taalsteun wijzen een weg, maar zijn geen doel op zich.



### 5.3.1 Context

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

### 5.3.2 Interactie

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

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

Enkele concrete voorbeelden:

- Leerlingen wisselen van gedachten tijdens het uitvoeren van (experimentele) waarnemingsopdrachten.
- Leerlingen geven instructies aan elkaar bij het uitvoeren van een meting of een experiment.
- Leerlingen vullen gezamenlijk een tabel in bij het uitvoeren van een experiment.
- Klassikale besprekingen waarbij de leerling wordt uitgedaagd om de eigen mening te verwoorden en om rekening te houden met de mening van anderen.
- Leerlingen verwoorden een eigen gemotiveerde hypothese bij een bepaalde onderzoeksvraag.
- Leerlingen formuleren zelf een onderzoeksvoorstel.
- Leerlingen formuleren een eigen besluit en toetsen die af aan de bevindingen van anderen bij een bepaalde waarnemingsopdracht.
- Toepassen van “denken-delen-uitwisselen”.
- Toepassen van “peer instruction”.
- Taakafhankelijk groepswerk met experts.
- Stellingen: waar of niet?

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



### 5.3.3 Taalsteun

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

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

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

- Het onderscheid tussen dagelijkse en wetenschappelijke context moet een voortdurend aandachtspunt zijn in het wetenschapsonderwijs. Als we in de dagelijkse context spreken van 'gewicht' dan bedoelen we in een wetenschappelijke context eigenlijk 'massa'. Gewicht heeft in een wetenschappelijke context een heel andere betekenis.
- Gebruik visuele weergaven. Enkele voorbeelden uit dit leerplan:
  - schakelschema's van een elektrische kring;
  - vectordiagrammen (free body diagram);
  - veldlijnspectra;
  - gebruik van applets tonen de essentie;
  - energiebandenstructuur bij halfgeleiders.
- Hanteer passende leerstrategieën.

In de leerplandoelstellingen is operationeel verwoord wat de leerling moet kunnen en welke (leer)strategieën moeten worden gehanteerd. Het is belangrijk dat zowel tijdens de lessen, de opdrachten als de evaluatiemomenten deze strategieën getraind worden.

## 5.4 ICT

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

- als leermiddel in de lessen: visualisaties, informatieverwerving, mindmapping; ...
- bij experimentele opdrachten of waarnemingsopdrachten: chronometer, fototoestel, apps, sensoren, realtimemetingen; ...
- voor tools die de leerling helpen bij het studeren: leerplatform, apps ...

- bij verwerking van meetresultaten in tabellen en grafieken: gebruik van spreadsheet-software.
- bij opdrachten zowel buiten als binnen de les: toepassingssoftware, leerplatform ...
- bij communicatie.

## 6 Algemene doelstellingen

We vertrekken in dit leerplan vanuit algemene doelstellingen. Het realiseren van deze algemene doelstellingen (AD) gebeurt binnen contexten die worden bepaald door de leerplandoelstellingen.

Concreet betekent dit dat je dit leerplan realiseert door enerzijds de leerplandoelstellingen invulling te geven vanuit de leef- en/of interessewereld van de leerling en anderzijds door de algemene doelstelling m.b.t. 'Onderzoekend leren/leren onderzoeken' hierin te integreren.

Natuurwetenschappen is in essentie een probleem herkende en -oplossende activiteit. Het hanteren of stellen van onderzoeksvragen en hypothesen, het uitvoeren van (demo-) experimenten en leerlingenpractica, het reflecteren (over denkbeelden, waarnemingen en onderzoeksresultaten) zijn aspecten die essentieel zijn om te leren hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt.

Het leerplan Toegepaste fysica derde graad tso Industriële wetenschappen is een leerplan van 4 graaduren. Per leerjaar dienen er minimaal 3 lessen gespendeerd te worden aan leerlingenpractica.

Een **practicum** is een activiteit waarbij leerlingen, alleen of in kleine groepjes van twee (of uitzonderlijk tot drie) 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).

### 6.1 Onderzoekend leren/leren onderzoeken

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

Nummer algemene doelstelling	Verwoording algemene doelstelling
AD1	<b>ONDERZOEKSVRAAG</b> Een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag en indien mogelijk een hypothese of onderzoeksvoorstel over deze vraag formuleren.

## Wenken

### Wenken

Het is belangrijk dat hierbij 'onderzoekbare vragen' worden gesteld. Op deze vragen formuleren de leerlingen, indien mogelijk, 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.

#### Link met het leerplan van de eerste graad

Deze algemene doelstelling komt ook voor in het leerplan natuurwetenschappen van de 1ste graad. In de 2de graad werken we op een systematische manier verder aan deze algemene doelstelling.

#### Link met het leerplan van de tweede graad

In de tweede graad werden de **bouwstenen** van natuurwetenschappen aangebracht. Ook aan de **wetenschappelijke methode** werd in de tweede graad via onderzoekend leren reeds ruime aandacht geschonken.

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 de 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.

Bij de rapportering worden de gebruikte bronnen weergegeven.

AD3

### UITVOEREN

Met een methode, een antwoord zoeken op de onderzoeksvraag.

### Wenken

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



- een aangereikte techniek, materiaal, werkschema;
- meettoestellen correct hanteren;
- onderzoeksgegevens geordend weergeven in schema's, tabellen, grafieken...

Het aanreiken van de methode kan in overleg met de leerlingen plaatsvinden. Bij het uitvoeren van metingen zijn er verschillende taken zoals het organiseren van de werkzaamheden, de apparatuur bedienen, meetresultaten noteren... De leden van een onderzoeksgroep kunnen elke rol opnemen tijdens het onderzoek.

AD4

#### REFLECTEREN

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

#### Wenken

Om te groeien in de onderzoekscompetentie is het wel belangrijk dat leerlingen reflecteren over de methode (zie ook AD3). 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.

Reflecteren kan door:

- resultaten van experimenten en waarnemingen af te wegen tegenover de verwachte resultaten rekening houdende met de omstandigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden;
- de meetresultaten (en resultaten van berekeningen) op grootte orde in te schatten om foute berekeningen op het spoor te komen;
- de onderzoeksresultaten te interpreteren, een conclusie te trekken, het antwoord op de onderzoeksvraag te formuleren;
- experimenten of waarnemingen in de klassituatie te verbinden met situaties en gegevens uit de leefwereld;
- een model te hanteren of te ontwikkelen om een wetenschappelijk (chemisch, biologisch of fysisch) verschijnsel te verklaren;
- vragen over de vooropgestelde hypothese te beantwoorden:
  - Was mijn hypothese (als ... dan ...) of verwachting juist?
  - Waarom was de hypothese niet juist?
  - Welke nieuwe hypothese hanteren we verder?

AD5

#### RAPPORTEREN

Over een experiment/waarnemingsopdracht en het resultaat rapporteren.

## Wenken

Rapporteren kan door:

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

In functie van de klasgroep kan rapporteren variëren van STERK GESTUURD naar MEER OPEN.

Sterk 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 voorgedrukte lege tabellen, grafieken met reeds benoemde assen, lege schema's die moeten aangevuld worden;
- aan de hand van een gesloten verslag met reflectievragen.

Meer open rapporteren:

- 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.

## 6.2 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 worden bekeken:

- 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.



verwijzing eindterm

AD6	<b>MAATSCHAPPIJ</b> De wisselwerking tussen fysica en maatschappij op ecologisch, ethisch, technisch, socio-economisch en filosofisch vlak illustreren.	ET 6
-----	--	------

**Wenken**

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

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

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

- aspecten van gezondheid en bescherming aangeven bij elektromagnetische en ioniserende straling;
- aspecten van gehoorschade bij geluidsoverlast linken aan wetenschappelijke principes;
- fysische principes bij diagnose (medische beeldvorming) en therapie in de geneeskunde;
- wetenschappelijke samenwerkingsverbanden (bv. CERN) zijn grens- en belangenoverstijgend.

AD7	<b>CULTUUR</b> Illustreer dat fysica behoort tot de culturele ontwikkeling van de mensheid.	ET 6
-----	--	------

**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

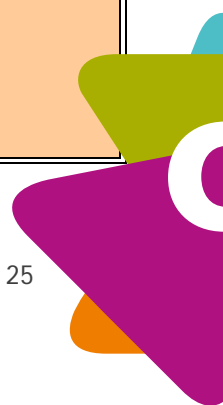


<p>natuurwetenschappen zijn ontwikkeld, worden ook met succes toegepast in menswetenschappen zoals psychologie en sociologie;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wetenschappelijke kennis wordt ingezet bij maatschappelijke debatten: milieu, kernenergie, giftransporten, chemische oorlog;</li> <li>• aan te tonen dat wetenschap een inspiratiebron is voor schrijvers (Jules Verne, Hergé, Isaac Asimov, Dan Brown...) en filmmakers, kunstenaars (da Vinci, Panamarenko, Delvoye ...);</li> <li>• gebruik van technologie maakt grote evenementen en concerten mogelijk: grote beeldschermen en geluidsversterking;</li> <li>• kennis van het verleden op basis van dateringstechnieken;</li> <li>• het gebruik van nieuwe technieken in de kunst, zoals bij het creëren, als bij analyse en conserveren.</li> </ul>		
AD8	<p><b>DUURZAAMHEID</b></p> <p>Bij het verduidelijken van en het zoeken naar oplossingen voor duurzaamheidsvraagstukken, wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op grondstoffen, energie en het leefmilieu.</p>	ET 5
<p><b>Wenken</b></p> <p>Enkele voorbeelden die aan bod kunnen komen in de lessen fysica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de ontwikkeling van energiezuinige verlichting: spaarlampen, ledverlichting;</li> <li>• het afwegen van kernenergie uit splijting of mogelijke fusie in de toekomst;</li> <li>• het afwegen (kwantitatief) van energieomzetting via kerncentrales en klassieke thermische centrales versus het gezamenlijk inzetten van hernieuwbare energievormen zoals zonne-energie en windenergie en dit linken aan de opwarming van de aarde;</li> <li>• de bewustwording en sensibilisering van duurzaam gedrag op het vlak van energieverbruik.</li> </ul>		

### 6.3 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	<p><b>GROOTHEDEN EN EENHEDEN</b></p> <p>Het onderscheid tussen grootheid en eenheid aangeven en de SI-eenheden met hun respectievelijke veelvoud en delen gebruiken.</p>
-----	--





### Wenken

Een grootheid wordt uitgedrukt als een product van een numerieke waarde (een getalwaarde) en de corresponderende eenheid. Er moet veel belang worden gehecht aan de manier waarop de afgeleide eenheden gedefinieerd worden. Het is belangrijk dat leerlingen beseffen hoeveel precies één eenheid van de grootheid is. Een aantal voorbeelden uit de leefwereld moet hen een gevoel geven van de grootteorde 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 kun 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 andere 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.

## 7 Leerplandoelstellingen

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

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

Onder de leerplandoelstellingen staan mogelijke practica.. Hieruit 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.

### 7.1 Faseovergangen

#### 7.1.1 Smelten en stollen

(ca 5 lestijden)

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

Verwoording  
doelstelling

**B1 Smelt- en stolcurven aflezen en interpreteren.**

Wenken

In een temperatuur(tijd)-diagram van een zuivere stof blijft tijdens het smelten/stollen de temperatuur constant en komen de vaste en vloeibare fase tegelijk voor. Hierbij wordt energie toegevoegd/afgestaan.

**B2 Smelten en stollen toelichten vanuit het deeltjesmodel en hierbij het energetisch aspect betrekken.**

Wenken

Hier geven we aan dat de toegevoegde energie niet meer gebruikt wordt om de deeltjes sneller te laten bewegen, maar enkel om de deeltjes verder uit elkaar te brengen. We spreken van een latente of verborgen warmte, omdat die geen temperatuurstijging teweeg brengt. Dit in tegenstelling tot een merkbare warmte.

**B3 Het begrip soortelijke of specifieke smeltingswarmte (en stollingswarmte) toelichten, toepassen en experimenteel bepalen.**

Wenken

Dit onderwerp nodigt uit om te werken rond de algemene doelstellingen onderzoekend leren/leren onderzoeken.



B4 De verandering van volume en massadichtheid bij smelten en stollen **toelichten**.

**Wenken**

Men zal starten met de invloed van een temperatuurverandering op het gedrag van de deeltjes waaruit de stof bestaat (uitzetting/krimping). Pas daarna kan men overgaan tot het smelt- en stolproces zelf.

Water vormt hier een belangrijke uitzondering op. Het dichtheidsmaximum van water ligt niet bij zijn smeltpunt, maar bij 4°C. Vissen kunnen zo overleven in een vijver met een laag ijs (op voorwaarde dat de zuurstoftoevoer gegarandeerd blijft).

B5 De invloed van de druk op de smeltemperatuur **verklaren** en in een  $p(T)$ -diagram **grafisch voorstellen**.

**Suggesties voor practica**

- onderzoek van smelt- en stolcurve van een zuivere stof;
- bepaling van de specifieke smeltingswarmte van ijs.

**7.1.2 Verdampen, koken en condenseren**

(ca 6,5 lestijden)

B6 **Aan de hand van het deeltjesmodel aantonen** dat een aantal factoren de verdamping in de dampkring beïnvloeden.

B7 Bij verdamping in een afgesloten luchtlede ruimte het onderscheid tussen een onverzadigde en verzadigde damp **verklaren aan de hand van het deeltjesmodel**.

**Wenken**

Het is belangrijk het dynamisch evenwicht tussen een verzadigde damp en zijn vloeistof te behandelen.

B8 Kookcurven aflezen en interpreteren.

#### Wenken

Bij koken ontstaan dampbellen in de vloeistof die bij het kookpunt stijgen tot aan het vloeistofoppervlak, waar ze openbarsten. Dit in tegenstelling tot verdamping dat bij elke temperatuur plaatsvindt en waar het enkel de deeltjes dicht bij het oppervlak zijn die aan de cohesiekrachten ontsnappen.

B9 Koken en condenseren vanuit het deeltjesmodel **toelichten** en hierbij het energetisch aspect betrekken.

#### Wenken

Toepassingen hiervan vinden we bij transpiratie dat een mechanisme is voor het menselijk lichaam om af te koelen via verdamping van zweet. Hetzelfde principe wordt ook gebruikt bij de compressiekoelkast en airconditioning.

B10 De invloed van de druk op de kooktemperatuur in een  $p(T)$ -diagram **voorstellen** en enkele toepassingen **toelichten**.

#### Wenken

Water kan koken bij een temperatuur lager dan 100 °C als de druk erboven verlaagd wordt (koken onder verlaagde druk). Dit komt in de natuur voor op grote hoogte.

Water kan nog in vloeibare vorm voorkomen als de druk erboven verhoogd wordt (koken bij verhoogde druk). Dit doet zich voor in een snelkookpan.

B11 De begrippen soortelijke of specifieke verdampings- en condensatiewarmte **toelichten**, **experimenteel bepalen** en **toepassen**.

B12 Het onderscheid tussen een gas en een damp **verklaren** aan de hand van de begrippen kritische temperatuur en druk en het kritisch punt **aanduiden** op de maximumdampdrukcurve.

V12 De vorm van de  $p(V)$ -curve bij dampen en gassen **toelichten** bij verschillende temperaturen.

#### Wenken

De  $p(V)$ -curve bij gassen is bekend, maar wat gebeurt er wanneer die curve opgesteld wordt bij steeds lagere temperaturen? Men spreekt in dit verband van de isothermen van Andrews.



### Suggesties voor practica:

- onderzoek van de kookcurve van water;
- bepaling van de maximumdampdrukcurve;
- bepaling van de specifieke verdampingswarmte van water via condensatie van stoom;
- bepaling van de specifieke verdampingswarmte van water met dompelkoker en digitale balans.

### 7.1.3 Sublimeren

(ca 0,5 lestijd)

B13 De invloed van de druk op de sublimatietemperatuur toelichten aan de hand van een  $p(T)$ -diagram.

### 7.1.4 Toestandsdiagram: $p(T)$ -diagram en tripelpunt

(ca 1 lestijd)

B14 De voorstelling van smelt-, kook- en sublimatielijn in één  $p(T)$ -diagram toelichten.

#### Wenken

Een dergelijke synthese van verschillende items biedt de kans de leerlingen te wijzen op de harmonieuze samenhang die soms te vinden is in natuurverschijnselen. De betekenis van het tripelpunt kan vanuit de grafiek worden toegelicht.

B15 Verklaar waarom bij normtoestand vaste stoffen al of niet sublimeren.

#### Wenken

De ligging van de tripelpuntsdruk t.o.v. de atmosferische druk bepaalt waarom we water kennen als een stof met een normaal smelt- en kookpunt en waarom we koolstofdioxide kennen als een stof met een normaal sublimatiepunt.

## 7.2 Dynamica in fluida

(ca 12 lestijden)

B16	De begrippen stroomlijn, stationaire stroming, turbulente en ideale stroming van een fluidum omschrijven.
<b>Wenken</b> De term fluidum duidt zowel op vloeistoffen als op gassen.	
B17	De continuïteitsvergelijking afleiden en toepassen.
<b>Wenken</b> De continuïteitsvergelijking wordt soms ook de regel van Castelli genoemd.	
B18	De wet van Bernoulli afleiden.
<b>Wenken</b> De vergelijking van Bernoulli wordt bewezen vanuit het beginsel van behoud van energie en kan ingeleid of geïllustreerd worden d.m.v. eenvoudige waarnemingsproeven: blazen tussen twee verticaal opgehangen A4-tjes, waterfonteintjes uit gaatjes in en voor de versmalling van een PVC-buis waarin water stroomt, het trillen van de stembanden, aanzuigefect bij een douchegordijn, bij kruisende wagens, als een trein door het station rijdt ...	
B19	De wet van Bernoulli toepassen zowel in theoretische als in technische problemen.
<b>Wenken</b> Heel wat technische toepassingen zijn gebaseerd op de wet van Bernoulli. Mogelijke toepassingen zijn de uitstroomsnelheid uit een vat, snelheidsbepaling van een vloeistof via een venturibuis, de pitotbuis, de waterstraalpompe, de bunsenbrander, de vaporisator, de carburator, koeltoren bij een centrale ... Enkele rekenopgaven kunnen hier hun plaats hebben.	
B20	Fysische verschijnselen i.v.m. stroming van fluida uit de leefwereld met de wet van Bernoulli verklaren.



### Wenken

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

B21 Viscositeit van een fluïdum **toelichten en experimenteel bepalen.**

### Wenken

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

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

B22 **Aan de hand van het Reynoldsgetal bepalen of een stroming laminair of turbulent is.**

### Wenken

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

### Mogelijke practica

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

## 7.3 Thermodynamica

### 7.3.1 *Eerste hoofdwet van de thermodynamica*

(ca 4 lestijden)

B23 Uit de definitie van arbeid de formule  $W = p \cdot \Delta V$  afleiden.

B24 De arbeid berekenen via de oppervlakte onder de  $p(V)$ -grafiek.



### Wenken

Via een isobaar proces kan men aantonen dat de arbeid kan worden teruggevonden als de oppervlakte onder de  $p(V)$ -grafiek. Dat dit ook geldig is voor andere processen kan men intuïtief laten aanvoelen door de oppervlakte onder het  $p(V)$ -diagram van een willekeurig proces op te delen als de som van een groot aantal kleine isobare procesjes. Dat het integraalbegrip nog niet gekend is doet hier niets van af.

B25 Een kringproces kunnen voorstellen in een  $p(V)$ -diagram en er de arbeid uit afleiden.

B26 Het onderscheid tussen een positief en een negatief kringproces aangeven.

### Wenken

Arbeid is positief als het systeem arbeid levert op de omgeving en negatief in het omgekeerde geval.

B27 De verschillende thermodynamische systemen definiëren.

### Wenken

Bij thermodynamica wordt een bepaald vakjargon gebruikt: systeem, open, gesloten, geïsoleerd.

B28 De eerste hoofdwet formuleren.

### Wenken

Bij de inwendige energie kan je aangeven dat die zowel bestaat uit kinetische als uit potentiële energie. Het is aangewezen het doel van de thermodynamica te bespreken: hoe kan men zo optimaal mogelijk warmte in arbeid omzetten?

B29 De viertakt benzinemotor als voorbeeld van een kringproces beschrijven.

### Wenken

De werking van een motor wordt aangegrepen als voorbeeld van een kringproces. Hierbij kan men er op wijzen dat de netto-arbeid positief is en dat dit kan worden afgeleid uit het (theoretisch) arbeidsdiagram. Gezien de aard van de studierichting is het aan te raden enkele technische gegevens i.v.m. de constructie van de motor aan te raken.

U1 De tweetaktbenzinemotor en de viertakt dieselmotor als voorbeeld van een kringproces beschrijven.

### 7.3.2 Toestandsveranderingen bij ideale gassen

(ca 8 lestijden)

B30	De algemene gaswet <b>formuleren</b> d.m.v. de algemene gasconstante en de specifieke gasconstante.
<b>Link met de tweede graad</b> De algemene gaswet wordt uitgebreid naar de vorm met de universele en de specifieke gasconstante.	
B31	De verschillende toestandsveranderingen in een $p(V)$ -diagram <b>voorstellen en toelichten</b> .
<b>Wenken</b> De verschillende toestandsveranderingen die in de thermodynamica besproken worden, zijn de isochore, de isobare, de isotherme, de adiabatische en de polytrope toestandsverandering. Het feit dat een adiabaat steiler is dan een isotherm kan hier aan bod komen.	
B32	Bij de verschillende toestandsveranderingen de arbeid en de warmte <b>berekenen aan de hand van een overzichtstabel met de formules</b> .
<b>Wenken</b> Het is hier zeker niet de bedoeling alle formules af te leiden. Trouwens, de wiskundige technieken zoals integreren en differentiëren zijn hier nog niet gekend. Een mogelijkheid is dat de leerlingen op basis van een overzichtstabel van de formules vraagstukken maken i.v.m. de verschillende processen.	
V32	<b>Omschrijven</b> dat een isobaar, een isochoor, een isotherm en een adiabaat in feite speciale gevallen zijn van een polytroop met $n$ respectievelijk gelijk aan $0$ , $\infty$ , $1$ en de poissonfactor.

### 7.3.3 Tweede hoofdwet van de thermodynamica

(ca 4 lestijden)

B33	Vanuit de eerste hoofdwet <b>afleiden</b> dat bij een kringproces de algebraïsche som van de warmtehoe-veelheden gelijk is aan de algebraïsche som van de arbeidshoeveelheden.
B34	Het rendement van een kringproces <b>definiëren en verklaren</b> waarom men bij een kringproces moet kunnen beschikken over twee warmtereservoirs met verschillende temperatuur.

### Wenken

Via de eerste hoofdwet kan worden aangetoond dat bij een kringproces de som van de uitgewisselde warmtehoeveelheden gelijk is aan de som van de arbeidshoeveelheden.

Daarmee kan men het rendement van een kringproces weergeven als  $\eta = 1 - Q_1 / Q_2$

U2

Een koelmachine **uitleggen** aan de hand van een negatief kringproces.

### Wenken

Bij een negatief kringproces (koelmachine) spreekt men van het koeleffect of de koudefactor

$$\varepsilon = Q_1 / (Q_1 - Q_2).$$

B35

De tweede hoofdwet **formuleren** en er de betekenis met het oog op het rendement van een kringproces van **toelichten**.

### Wenken

Bij de tweede hoofdwet kan zowel de formulering van Kelvin als die van Clausius worden gegeven en kan eventueel aangetoond worden dat de ene uit de andere volgt.

B36

Het kringproces van Carnot **beschrijven** en de formule voor het rendement ervan **weergeven**.

### Wenken

Hierbij kan je uitleggen waarom er geen enkel ander kringproces een hoger rendement heeft tussen twee warmereservoirs met zelfde temperaturen dan het kringproces van Carnot.

## 7.4 Kernfysica

### 7.4.1 Fundamentele deeltjes en wisselwerkingen

(1 lestijd)

B37

De basiskenmerken van de interacties tussen de bouwstenen van de materie op elk niveau **benoemen**.

### Wenken

De bouw van atomen en de bijhorende elektronenconfiguratie komen uitgebreid aan bod in chemie. We breiden het atoommodel uit tot up en down quarks die protonen en neutronen samenstellen.



Volgende interacties komen aan bod: coulombinteracties tussen geladen deeltjes (via fotonen), zwakke wisselwerkingen (waarbij leptonen, W- en Z-boodschapperdeeltjes betrokken zijn, en die overgangen tussen soorten quarks kunnen veroorzaken), sterke wisselwerkingen (tussen quarks, via gluonen). Het principe van boodschapperdeeltjes is 50 jaar oud. Boodschapperdeeltjes zijn gekwantiseerde energiepakketten die uitgewisseld worden bij interacties. Hier kan een uitweiding over het Higgsdeeltje gegeven worden.

## 7.4.2 Radioactiviteit

(6 lestijden)

B38	De verschillende soorten natuurlijke kernstraling <b>beschrijven</b> en hun kenmerken <b>weergeven</b> .
B39	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.	
V38	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.	
B40	De radioactieve vervalwet <b>toelichten</b> en hanteren.
<b>Wenken</b> Inzicht in het vervalproces wordt niet alleen bijgebracht door berekeningen maar ook door meer conceptuele opdrachten, zoals bv. meerkeuzevragen.	
B41	Kunstmatige radioactiviteit <b>toelichten</b> .

### Wenken

Kunstmatige radioactiviteit wordt bekomen door natuurlijke nucliden te beschieten met deeltjes, zoals  $\alpha$ -deeltjes, protonen, neutronen.

U3 Doel en bouw van enkele deeltjesversnellers toelichten.

### Wenken

Naast de grote deeltjesversnellers zoals in CERN, bestaan er ook deeltjesversnellers voor andere (o.a. medische) doeleinden.

B42 Enkele toepassingen van radionucliden toelichten.

### Wenken

De bekendste toepassing is de dateringsmethode op basis van koolstof-14. In de geneeskunde wordt gebruik gemaakt van radionucliden: bv. voor diagnose (PET-scanner), in het kader van radiotherapie, voor het steriel maken van materialen. In de industrie wordt ook gebruik gemaakt van radionucliden, zoals bij conservering van voeding, bij detectie van slijtage van machineonderdelen of banden, bij de controle van lasnaden, bij diktemetingen.

B43 Biologisch effect van ioniserende straling op mens en milieu toelichten en hierbij de eenheden in verband brengen met de overeenkomstige grootheden.

### Wenken

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

### Suggesties voor practica

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

### 7.4.3 Energie uit atoomkernen

(2 lestijden)

B44 Vanuit het massadefect de bindingsenergie van nucliden toelichten.

V44 Vanuit het massadefect de bindingsenergie van nucliden berekenen.



### Wenken

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

B45

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

### Wenken

De specifieke bindingsenergie is de bindingsenergie per nucleon.

U4

De kettingreactie bij energiewinning via een kernsplijting toelichten.

### Wenken

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

U5

De werking van een kerncentrale beschrijven.

### Wenken

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

U6

Toelichten hoe de energieproductie in de zon tot stand komt.

### Wenken

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

## 7.5 Harmonische trillingen

### 7.5.1 De eenparig cirkelvormige beweging

(ca 3 lestijden)

**B46 De begrippen periode, frequentie, omtreksnelheid en hoeksnelheid toepassen 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 mountainbike.

### 7.5.2 De harmonische trilling

(ca 10 lestijden)

**B47 De positie van een puntmassa die een harmonische trilling uitvoert grafisch voorstellen en de bijhorende vergelijking hanteren.**

#### Wenken

De harmonische trilling wordt ingevoerd via de projectie van een E.C.B. Met behulp van een bewegingssensor kan het sinusoïdaal verloop van de uitwijking direct gevisualiseerd worden. De betekenis van  $A$ ,  $\omega$  en  $\varphi$  wordt inge oefend via de grafische voorstelling. Fasoren zijn hierbij een handig hulpmiddel.

**B48 De begrippen fase en faseverschil hanteren**

#### Wenken

Eventueel kun je je beperken tot trillingen in fase en in tegenfase. Deze zijn bij verklaring van interferentieverschijnselen nuttig.

**B49 De formule voor de snelheid, de versnelling en de kracht bij een harmonische trilling afleiden en grafisch voorstellen.**

#### Wenken

Aangezien de leerlingen in de lessen wiskunde reeds de afgeleide behandeld hebben, kan deze gebruikt worden om de snelheid en de versnelling te bepalen. De theoretisch bepaalde formules van snelheid en versnelling kunnen experimenteel geverifieerd worden via de pc. Vanuit de gemeten uitwijking kan



m.b.v. bijgeleverde software de snelheid en de versnelling als een afgeleide worden verkregen. Uit de versnelling kan dan via het tweede beginsel van Newton de kracht bepaald worden. Hieruit kan dan de formule voor de periode afgeleid worden voor een massaveersysteem. Uit de studie van de krachten bij een slingerbeweging en de vergelijking met een massa-veer-systeem kan de slingerformule theoretisch worden bepaald.

B50 De formule voor de periode bij een massa-veer-systeem en een slinger toelichten en hanteren.

#### Wenken

Merk op dat de slingerformule slechts geldig is voor kleine amplitudes. Slechts in dat geval is de kracht evenredig met de uitwijking en is de slingerbeweging een harmonische trilling.

B51 Vanuit de formule voor de totale energie bij een harmonische trilling de energieomzettingen bij een massa-veer-systeem en een slinger omschrijven.

#### Wenken

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

#### Mogelijke practica

- onderzoek van de periode van een slinger;
- onderzoek van de slinger van Mach via een rollende kogel aan een touw op een hellende plank;
- onderzoek van de slinger van Mach via een metronoom;
- onderzoek van de wiskundige en de fysische slinger;
- onderzoek van de periode van een massa aan een veer;
- bepaling van een ongekende massa m.b.v. een gekende veer;
- onderzoek van de periode van een drijvend lichaam;
- onderzoek van de periode van een waterkolom in een lange U-vormige buis.

#### 7.5.3 De vrije gedempte harmonische trilling

(ca 1 lestijd)

B52 De invloed van demping op een vrije harmonische trilling beschrijven.



### Wenken

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

#### Mogelijke practica

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

### 7.5.4 De gedwongen harmonische trilling

(ca 1 lestijd)

B53 Het onderscheid tussen een vrije en een gedwongen harmonische trilling beschrijven.

### Wenken

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

B54 Bij een gedwongen harmonische trilling toelichten dat de amplitude afhankelijk is van de frequentie en in verband brengen met concrete voorbeelden van resonantie.

### Wenken

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

#### Mogelijke practica

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

### 7.5.5 Samenstellen van trillingen

(5 lestijden)

B55 D.m.v. fasoren de samenstelling van evenwijdige harmonische trillingen met dezelfde en verschillende frequentie toelichten.



### Wenken

Bij harmonische trillingen met zelfde frequentie is de samengestelde trilling nog altijd harmonisch. Bij harmonische trillingen met verschillende frequentie zijn de samengestelde trillingen niet meer harmonisch.

Verschillen de beide frequenties weinig van elkaar dan bekomen we zwevingen.

B56 Figuren van Lissajous bij onderling loodrechte harmonische trillingen **construeren en interpreteren**.

### Wenken

Er zijn verschillende mogelijkheden om dit aan te pakken, bv simulatie via applets, gebruik van het grafisch rekentoestel, gebruik van een wiskundig softwarepakket ... Naast het construeren of uitrekenen leg je dan ook ten dele het accent op het interpreteren.

## 7.6 Golven

### 7.6.1 Lopende golven

(ca 5 lestijden)

B57 Een lopende golf als een voortplanting van een harmonische trilling kwalitatief **omschrijven** en de golfvergelijking **hanteren**.

### Wenken

Een lang touw en een slinky-veer zijn zeer eenvoudige en doeltreffende middelen om het begrip golf in te voeren. Golven op een wateroppervlak kunnen leerlingen zich goed voorstellen en zijn met de nodige verbeeldingskracht uitbreidbaar naar 3-dimensionale golven.

De concepten golffront en golfstraal kunnen hier geïntroduceerd worden.

De golflengte is de kortste afstand tussen twee punten die in fase met elkaar trillen. Hieruit kan je afleiden dat dit de afstand is die een golf aflegt in één trillingsperiode van de trillingsbron.

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

Voor de golfvergelijking is het aangewezen deze te beperken voor een ééndimensionale lopende golf.

Merk op dat leerlingen hier voor het eerst kennis maken met een functie van twee veranderlijken.

B58 De verschillende soorten golven **onderscheiden op basis van** de aanwezigheid van een middenstof en van de voortplantingsrichting in relatie tot de trilrichting.

## Wenken

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

B59 De voortplanting van een golf in termen van intensiteit **beschrijven**.

## Wenken

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

### 7.6.2 Eigenschappen van lopende golven

(ca 5 lestijden)

B60 M.b.v. het golfmodel terugkaatsing, breking, buiging en interferentie van lopende golven **toelichten**.

#### Link met de tweede graad

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

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

- de weerkaatsingwetten van een lichtstraal bij een vlakke spiegel weergeven en toepassen. (B8);
- de stralengang van licht bij overgang tussen twee homogene middens weergeven en enkele eenvoudige toepassingen toelichten. (B11);
- de brekingsindex toepassen in rekenopdrachten of constructies. (B12)

## Wenken

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



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

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

### 7.6.3 Staande golven

(ca 5 lestijden)

**B61 De terugkaatsing aan een vast en aan een vrij uiteinde toelichten.**

#### Wenken

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

**B62 Het verschijnsel staande golven kwalitatief en kwantitatief beschrijven bij een gespannen touw.**

#### Wenken

De formules voor de opeenvolgende frequenties waarbij zich staande golven voordoen, kunnen experimenteel aangetoond worden door 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.

**V62 Het verschijnsel staande golven kwalitatief en kwantitatief beschrijven bij geluid in een buis.**

#### Wenken

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

Als bijkomende illustratie kunnen ook longitudinale staande golven in een veer worden aangetoond,

alsook transversale staande golven op een lange PVC-buis, die met de hand aan het trillen wordt gebracht.

#### Mogelijke practica

- uitvoering van de proef van Melde;
- uitvoering van de proef van Kundt.

## 7.7 Voorbeelden van golven

### 7.7.1 Geluid

(ca 7 lestijden)

**B63** Het ontstaan en de voortplanting van geluid toelichten bij gassen, vloeistoffen en vaste stoffen.

#### Wenken

Geluid bij vaste stoffen noemen we soms contactgeluid, zoals bij spoorstaven, leidingen van de CV ... Vanuit tabellen met voortplantingssnelheden van geluid kunnen de leerlingen kwalitatief via het deeltjesmodel een verband zoeken met de aard van de middenstof (vast, vloeibaar, gas - helium).

**B64** De kenmerken van een toon (toonhoogte, toonsterkte en toonklank) en enkele toepassingen weer-geven en omschrijven.

#### Wenken

Bij ultrasonen kan gewezen worden op het gebruik bij allerlei echografieën. Bij geluidsterkte (= intensiteit  $I$  in  $W/m^2$ ) zal het geluidsniveau (in dB) en eventueel het luidheidsniveau (in foon) besproken worden. De isofoonkrommen van Fletcher kunnen hierbij ter illustratie worden besproken. Via freeware software kan kun je geluid opnemen en de grafische betekenis van toonhoogte, toonsterkte en het voorkomen van boventonen achterhalen.

**B65** Het dopplereffect kwalitatief verklaren en enkele toepassingen beschrijven.

#### Wenken

Het dopplereffect kan verklaard worden via constructie van golffronten. Een animatie met een applet is verhelderend.



Een toepassing van het dopplereffect vind je bij het meten van de stroomsnelheid van het bloed via reflectie van ultrasonen op de bloedplaatjes. De frequentieverschuiving van het gereflecteerde t.o.v. het uitgezonden signaal stelt de cardioloog in staat dit te doen.

Als technische toepassing kan hier de flitsradar of het gebruik in een alarminstallatie besproken worden. In deze context kan er ook gesproken worden over de roodverschuiving die astrofysici constateren bij de waarneming van sterren. Hierdoor bewijst men de uitdijing van het heelal en dit vormt een belangrijk argument voor de Big Bang-theorie.

V65a De frequentieverschuiving bij het dopplereffect **afleiden en in concrete situaties berekenen**.

V65b Geluidsmuur en supersonische snelheden **toelichten**.

**Wenken**

Een animatie met een applet biedt hier verheldering.

#### Mogelijke practica

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

### 7.7.2 *Fysische optica*

(ca 8 lestijden)

B66 Het ontstaan van licht via absorptie en spontane emissie **beschrijven en hiermee de frequentie en de fase toelichten**.

**Wenken**

Bij de bespreking van het ontstaan van licht kan men oog hebben voor de verschillende soorten lichtbronnen (gloeilamp, LEDlamp, gasontladinglamp en fluorescentielamp) en hierbij de eigenschappen frequentie (monochromatisch-polychromatisch) en fase (coherent-incoherent) bespreken.

B67 Het recht evenredig **verband** tussen energie en frequentie **hanteren**.

**Wenken**

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

B68 Het ontstaan van laserlicht via gestimuleerde emissie omschrijven.

#### Wenken

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

B69 De andere elektromagnetische golven **situëren in** het elektromagnetisch spectrum en enkele belangrijke toepassingen **geven en beschrijven**.

#### Wenken

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

#### Link met de eerste graad

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

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

B70 Interferentie van licht aan twee spleten en aan een rooster **beschrijven en hiermee de golflengte van het licht bepalen**.

#### Wenken

Met behulp van interferentie aan een rooster kan het continu spectrum van een gloeilamp en het diskreet spectrum van een kwikdamlamp aangetoond worden. Het opmeten van de golflengte kan in een leerlingenpracticum.

U7 Diffractie van licht aan een opening en een hindernis **beschrijven**.

#### Wenken

In het kader van de AD rond leren onderzoeken kan dit eventueel enkel in het practicum worden aangeboden. Met het oog op AD2 (= informeren) kunnen de leerlingen eventueel zelf de theorie opzoeken en verwerken.

U8 Polarisation van licht via polarisatiefilters en na terugkaatsing **beschrijven**.



### Wenken

De polarisatie van licht kan aangetoond worden m.b.v. twee 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.

U9 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

- onderzoek van interferentie aan twee spleten via 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;
- bepaling van de dikte van een haar.



## 8 Minimale materiële vereisten

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

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

### 8.1 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.

### 8.2 Infrastructuur

- Een fysicalokaal, met een demonstratietafel waar zowel water, elektriciteit als gas voorhanden zijn, is een must. Mogelijkheid tot projectie is noodzakelijk. Een pc met internetaansluiting is hierbij wenselijk. Het beschikbaar zijn van een meetstelsel met sensoren om meetproeven voor de klas uit te voeren, is een minimum. Leerlingen kunnen eventueel zelf hun mobiele devices gebruiken om metingen via sensoren uit te voeren.
- Om onderzoekend leren en regelmatig practica te kunnen organiseren is een degelijk uitgerust practicumlokaal met de nodige opbergruimte noodzakelijk. Het lokaal moet voldoende kunnen verduisterd worden voor de proeven rond fysische optica.
- Eventueel is er bijkomende opbergruimte beschikbaar in een aangrenzend lokaal.
- Voor de verwerking van de metingen in tabellen en grafieken is beschikbaarheid van enkele pc's (of laptops of tablets) nodig. De neerslag hiervan kan door de leerlingen ter plaatse worden uitgeprint of digitaal naar huis verstuurd 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.



### 8.3 Uitrusting

Suggesties voor leerlingexperimenten, vermeld bij de leerplandoelstellingen, laten de leraar toe een keuze te maken, rekening houdend met de materiële situatie in het labo en de grootte van de klasgroep. Niet vermelde experimenten, die aansluiten bij de leerplandoelstellingen, zijn vanzelfsprekend ook toegelaten.

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.

### 8.4 Basismateriaal

- voldoende aantal statieven en toebehoren;
- minimaal één frequentiegenerator.

### 8.5 Faseovergangen

- materiaal om de specifieke smeltwarmte en specifieke verdampingswarmte van water te bepalen;
- materiaal om de maximumdampdrukcurve van water op te meten.

### 8.6 Dynamica in fluida

- materiaal waarbij je verschijnselen gebaseerd op de vergelijking van Bernoulli kan illustreren, zoals bijvoorbeeld een verstuiver, een waterstraalpompe, een bunsenbrander.

### 8.7 Harmonische trillingen

- voldoende spiraalveren met een tweetal verschillende veerconstanten en massa's met een haakje;
- demonstratiemateriaal om resonantie aan te tonen.

## 8.8 Golven

- demonstratiemateriaal voor lopende golven: lange spiraalveer of touw of rubberen slang en slinky-veer voor demonstratie;
- materiaal om staande golven op een touw (vibratiegenerator) aan te tonen.

## 8.9 Voorbeelden van golven

- geluid: stemvorken met klankkasten;
- fysische optica: materiaal om interferentie van licht te illustreren zoals bv. een laserpen, tweespletenplaatje voor proef van Young, interferentierooster.



## 9 Evaluatie

### 9.1 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.

Evaluëren 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*.

### 9.2 Leerstrategieën

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

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

- in concrete voorbeelden ... toepassen;
- een grafische voorstelling ... interpreteren;
- ... in verband brengen met ...;
- aantonen dat ...aan de hand van de waarneming van ...;
- via berekening aantonen dat ...;
- de 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.

### 9.3 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/m. AD 12).

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.



## 10 Eindtermen

### LEVEN

- 1) Kenmerken van organismen en variatie tussen organismen verklaren vanuit erfelijkheid en omgevingsinvloeden.
- 2) Aan de hand van eenvoudige voorbeelden toelichten hoe kenmerken van generatie op generatie overerven.
- 3) De hormonale regeling van de menselijke voortplanting op een eenvoudige manier verklaren.
- 4) Wetenschappelijk onderbouwde argumenten geven voor de biologische evolutie van organismen met inbegrip van de mens.

### WETENSCHAP en SAMENLEVING

- 5) Bij het verduidelijken van en zoeken naar oplossingen voor duurzaamheidsvraagstukken wetenschappelijke principes hanteren die betrekking hebben op biodiversiteit en het leefmilieu.
- 6) De natuurwetenschappen als onderdeel van de culturele ontwikkeling duiden en de wisselwerking met de maatschappij op ecologisch, ethisch, technisch, socio-economisch en filosofisch vlak illustreren.