

**FYSICA**  
**DERDE GRAAD ASO**  
**(ECONOMIE-WISKUNDE, GRIEKS-WISKUNDE, LATIJN-  
WISKUNDE, MODERNE TALEN-WISKUNDE)**

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

september 2006  
LICAP – BRUSSEL D/2006/0279/057



**FYSICA**  
**DERDE GRAAD ASO**  
**(ECONOMIE-WISKUNDE, GRIEKS-WISKUNDE, LATIJN-  
WISKUNDE, MODERNE TALEN-WISKUNDE)**

---

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

LICAP – BRUSSEL D/2006/0279/057  
(vervangt leerplan D/2004/0279/036 met ingang van september 2006)  
ISBN 978-90-6858-700-5



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

---



# Inhoud

<b>1</b>	<b>BEGINSITUATIE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ALGEMENE DOELSTELLINGEN EN GEMEENSCHAPPELIJKE EINDTERMEN .....</b>	<b>5</b>
2.1	Algemene doelstellingen .....	5
2.2	Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen .....	6
<b>3</b>	<b>ALGEMENE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN.....</b>	<b>7</b>
3.1	Taak van de leraar .....	7
3.2	Werkvormen.....	8
3.3	Jaarplanning .....	8
3.4	Toepassingen en vraagstukken.....	10
3.5	Contexten .....	10
3.6	Informatie- en communicatietechnologie (ict) .....	11
3.7	Veiligheid en milieuaspecten .....	11
<b>4</b>	<b>LEERPLANDOELSTELLINGEN, LEERINHOUDEN, PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN .....</b>	<b>12</b>
4.1	Leerlingenpracticum .....	13
4.2	Elektrodynamica.....	14
4.3	Elektromagnetisme .....	17
4.4	Kernfysica .....	18
4.5	Leerlingenpracticum .....	20
4.6	Kinematica .....	22
4.7	Dynamica .....	23
4.8	Eenparige cirkelbeweging.....	25
4.9	Trillingen en golven .....	26
<b>5</b>	<b>MINIMALE MATERIËLE VEREISTEN .....</b>	<b>28</b>
5.1	Inrichting van het lokaal .....	28
5.2	Proevenmateriaal .....	28
<b>6</b>	<b>EVALUATIE.....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>SUGGESTIES VOOR DE VRIJE RUIMTE .....</b>	<b>32</b>
8.1	Algemeen .....	32
8.2	Voorbeelden van vakkencombinerende samenwerking .....	32
8.3	Bijkomende suggesties .....	37
<b>9</b>	<b>EINDTERMEN .....</b>	<b>39</b>
9.1	Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen .....	39
9.2	Vakgebonden eindtermen fysica .....	40



# 1 BEGINSITUATIE

De groep leerlingen waarvoor dit leerplan bestemd is, volgen een tweepolige studierichting met de component wiskunde (minimaal 6 uur wiskunde per week). De meeste leerlingen hebben in de tweede graad 1 uur fysica per week gevolgd (basisvorming). Leerlingen uit de richting Wetenschappen hebben 2 uur fysica per week gevolgd (uitbreiding en verdieping van 1 uur fysica per week).

De fysicavoorkennis heeft te maken met de structuur van de materie (deeltjesmodel), de geometrische optica (accent op breking en lenzen), een elementaire behandeling van de mechanica, de gaswetten en warmtehoeveelheid.

De leerlingen kunnen omgaan met grafieken (grafische voorstelling van een recht evenredig of omgekeerd evenredig verband tussen twee grootheden). (zie leerplanbrochures D/2006/0279/055 en D/2006/0279/056).

## 2 ALGEMENE DOELSTELLINGEN EN GEMEENSCHAPPELIJKE EINDTERMEN

In rubriek 9 worden de eindtermen opgesomd.

### 2.1 Algemene doelstellingen

Fysica is een netwerk van begrippen, regels, wetten, theorieën en modellen. De kennis van dit netwerk maakt het mogelijk verschijnselen te ordenen, toe te lichten of te verklaren. Uitgangspunt van de basisvorming is dat elke leerling deze kenniselementen op aangepast beheersingsniveau kan verwerven. Even belangrijk is het aanleren van vaardigheden, inzichten en attitudes om die kennis optimaal te kunnen gebruiken. Dit geheel aan kennis, vaardigheden, inzichten en attitudes moet de leerling aansporen om zijn persoonlijkheid verder harmonisch te ontwikkelen en hem elementen aanreiken om adequaat allerlei vragen en problemen uit het dagelijkse leven nu en in de toekomst op te lossen. In die zin zijn natuurwetenschappen in het algemeen en fysica in het bijzonder ook buiten hun specifiek domein, cultuurscheppend en -bepalend, en kan het vak in aanzienlijke mate bijdragen tot het nastreven van de vakoverschrijdende eindtermen. In onze tijd is hun wisselwerking met technische, maatschappelijke, ethische en milieuproblemen zeker aanwezig. Voor zover dit mogelijk en relevant is kunnen vragen omtrent het respect voor de mens en het milieu aansluiten op het christelijk opvoedingsproject van de school.

In grote lijnen zijn de algemene doelstellingen van de basisvorming (1uur/week fysica) en het fundamenteel gedeelte (2uur/week fysica) gelijk. De differentiatie tussen studierichtingen met 1 uur fysica en studierichtingen met 2 uur fysica gaat in de eerste plaats over verschillen in breedte en diepgang. Theorieën en modellen worden in de basisvorming op een inductief-fenomenologische en kwalitatieve wijze worden uitgebouwd. Vermits het hier om leerlingen gaat die een keuze gedaan hebben met de component wiskunde, kan hier toch ook een zeker abstractieniveau worden nagestreefd. Het formeel denken behoort tot de mogelijkheden van deze leerlingen. In het fundamenteel gedeelte gaat het vooral om een bredere en diepere kennis van de basisstructuren, zonder dat de kennis van 'het vak' doel op zich gaat worden. De leerlingen moeten ook een relatie kunnen leggen tussen hun schoolse kennis en de technisch-technologische en maatschappelijke wereld waarin ze leven. Rekening houdend met de achtergrond van de leerlingen kan men, naast de klassieke technische toepassingen, zich af en toe ook wagen aan meer moderne evoluties in de fysica (moderne technische toepassingen), die voor leerlingen nieuw en onbekend zijn en daardoor dikwijls spannend en uitdagend (maatschappelijke- en milieuproblemen en ethische vragen).

Onder de algemene doelstellingen voor de basisvorming kan men verstaan:

*Het verwerven van fundamentele fysische feitenkennis en het ontwikkelen van een wetenschappelijke grondhouding.*

Daardoor zijn de leerlingen in staat om:

- belangrijke fysische begrippen, wetten en principes in de specifieke vaktaal te omschrijven;
- het ordenend, verklarend en voorspellend karakter van fysische modellen, structuren en theorieën te doorzien;
- bij een waarneming of de beschrijving van een natuurkundig verschijnsel te herkennen welke begrippen of wetten bij het verschijnsel een rol spelen.

*Het aanleren van cognitieve en vakspecifieke vaardigheden.*

Daardoor moeten de leerlingen in staat zijn om:

- eenvoudige strategieën te gebruiken voor het aanleren van nieuwe kennis zoals aantekeningen maken, hoofd- van bijzaken te onderscheiden, te schematiseren, verbanden te leggen ...;
- onderzoeksvragen te stellen en alleen of in groep een opdracht of experiment uit te voeren en er een verslag over uit te brengen;
- te reflecteren op eigen functioneren, zicht te krijgen en sturing te geven aan het eigen leerproces en het eigen leerproces bewaken;
- fysische informatie in verschillende gegevensbestanden op te zoeken, te verzamelen, te ordenen en te verwerken eventueel met behulp van ict;
- hun kennis en inzicht in de natuurwetenschappelijke methode te gebruiken om verzamelde gegevens te ordenen volgens gemeenschappelijke kenmerken en door te analyseren onderlinge verbanden en mogelijke veralgemeningen op te sporen;
- wetenschappelijke modellen, principes en wetten verantwoord te interpreteren;
- de natuurkundige feitenkennis te gebruiken om theoretische problemen en onderwerpen uit de actualiteit te benaderen en denkvragen op te lossen.

*Inzicht verwerven in de fysica als maatschappelijk verschijnsel.*

Daardoor moeten leerlingen in staat zijn om:

- inzicht te verwerven in de rol van de fysica voor de samenleving, in de waarden en de beperkingen ervan;
- de wetenschappelijke en technologische problemen in een voldoende ruime maatschappelijke context te plaatsen en de complexiteit van dergelijke problemen te erkennen.

## **2.2 Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen**

De gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen gelden voor het geheel van de wetenschappen en worden op een voor de derde graad aangepast beheersingsniveau aangeboden. Dit betekent dat **niet elke gemeenschappelijke eindterm (1 tot en met 31: zie rubriek 9 van het leerplan) in elk vak aan bod dient te komen**. De gemeenschappelijke eindtermen worden gespreid over de verschillende natuurwetenschappelijke vakken. Om dit te waarborgen binnen de school dienen heel concrete afspraken te worden gemaakt tussen de leraren van de drie natuurwetenschappelijke disciplines.



### **2.2.1 Onderzoekend leren/leren onderzoeken**

Demonstratie- en leerlingenproeven zijn wezenlijke onderdelen van de leerplannen fysica.

Door op experimentele wijze aan fysica te doen, demonstratie- en leerlingenproeven, worden de gemeenschappelijke eindtermen 'onderzoekend leren/leren onderzoeken' op een leerlingenactieve manier gerealiseerd. In het bijzonder komen volgende gemeenschappelijke eindtermen aan bod: 5, 7, 8, 9, 11 en 12.

Aangewezen werkmiddelen voor het realiseren van de eindtermen 1, 2, 3, 4 en 10 zijn het gebruik van zogenaamde functionele 'black boxes', 'waar of vals' vragen en interactieve computerprogramma's.

### **2.2.2 Wetenschap en samenleving**

Naast de wetenschappelijke inhoud krijgt de invloed van de fysica op mens en maatschappij (de socio-culturele pijler) en op technische toepassingen (de toegepaste pijler) aandacht. Daardoor laten we de leerlingen zien welke plaats fysica in de leefwereld inneemt. Verschillende leerinhouden zoals elektrische energie en vermogen, kernfysica en zijn toepassingen, kinematica en dynamica (verkeer en veiligheid), trillingen en golven, elektromagnetisch spectrum (licht en telecommunicatie) laten toe verschillende accenten te leggen: meer fysisch, meer maatschappelijk of meer toegepast.

Door contexten (zie ook rubriek 3.5 contexten) te integreren (leerinhouden en vraagstukken) komen ze in aanmerking voor het realiseren van de volgende gemeenschappelijke eindtermen: 15, 16, 17, 18, 20 en 21.

Het beschrijven van het leven en het werk van belangrijke wetenschappers (Gauss, Faraday, Tesla, Newton, Einstein ...) biedt de leerkracht de kans te wijzen op de historische context waarin bepaalde theorieën, hypothesen of concepten werden ontwikkeld en op de verandering in het denken over theorieën, hypothesen en concepten waartoe de wetenschapper bijdroeg (13).

### **2.2.3 Attitudes**

Het werken in duo's of groepjes bij het uitvoeren van leerlingenproeven of het maken van opdrachten, het actief deelnemen aan een klassendiscussie of onderwijsleergesprek leveren een bijdrage tot het verwerven van sociale vaardigheden zoals samenwerken, rekening houden met anderen, respecteren van standpunten van anderen. Daarnaast leren leerlingen: veilig en milieubewust omgaan met materialen en apparatuur, hun kennis correct verwoorden, feiten van meningen of vermoedens onderscheiden, eigen werk of werk van anderen kritisch maar objectief beoordelen. Door het toepassen van de bovenstaande werkvormen tijdens de lessen streven de leerlingen doorlopend volgende eindtermen na: \*22, \*23, \*24, \*25, \*26, \*27, \*28, \*29, \*30, \*31.

## **3 ALGEMENE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN**

Door het gebruik van didactische werkvormen die 'actief leren' bevorderen, wordt het nastreven van de eindtermen sterker geaccentueerd. Er wordt ook meer aandacht besteed aan algemene en specifieke vaardigheden zodat leerlingen niet alleen de leerstof kennen maar ook kunnen gebruiken zowel in theoretische als in technische toepassingen (technische component en de daaraan verbonden na te streven eindtermen) en in leefwereldsituaties. Deze verschuiving heeft natuurlijk gevolgen voor de onderwijspraktijk.

### **3.1 Taak van de leraar**

Uit onderzoek blijkt dat leren een actief proces is. Toch weten we dat binnen ons onderwijs het nog teveel de leraar is die de meeste activiteiten uitvoert en dat de leerling het leerproces passief ondergaat. Dit is dus niet de meest aangewezen manier om leerlingen te laten leren. Leren gebeurt door een activiteit van diegene die leert. Hij is het die zelf actie onderneemt. Het is de taak van de leraar om die actie voor te bereiden door leeractivitei-

ten te ontwerpen, te begeleiden en het resultaat te evalueren. Naast het opdoen van kennis moet de leerling deze kennis correct kunnen gebruiken of toepassen. Daarvoor heeft de leraar verschillende leeractiviteiten tot zijn beschikking nl. ordenen, vergelijken, inductief redeneren (besluiten trekken uit waarnemingen), deductief redeneren (voorspellen), abstraheren (model toepassen), analyseren, probleemoplossend ... Leerlingen bouwen met dit soort opdrachten zelf hun kennen en kunnen op (zelfstandig leren). Het is een uitdaging voor de leraar om in het fysicaonderwijs deze leeractiviteiten in te zetten en van de leerlingen actief lerenden te maken in allerlei situaties: bij het aanbrengen van een theorie, bij een demonstratieproef, een onderwijsleergesprek, het planmatig oplossen van vraagstukken en het laten uitvoeren van een eenvoudige leerlingenproef.

Het is vanzelfsprekend dat er een verticale en horizontale samenwerking is met de collega's. Er worden afspraken gemaakt over vaardigheden, wiskundige technieken en leerinhouden die op het snijvlak liggen van twee vakken: met de collega's wiskunde (oplossen van kwadratische vergelijkingen, exponentiële functies, integralen ...), met de collega's informatica (gebruik maken van de computer voor tekstverwerking, spreadsheet, tekenen van grafieken ...), met de collega's chemie bv. in verband met atoombouw.

De aanduiding 'Link' bij de rubriek Pedagogisch-didactische wenken vraagt aandacht voor de onderlinge samenhang tussen de natuurwetenschappelijke vakken biologie, chemie en fysica, en ook de samenhang met andere vakken zoals aardrijkskunde en wiskunde. Deze samenhang zou ook de transfer van vaardigheden moeten bevorderen binnen het eigen vakdomein of naar een ander vak en omgekeerd.

### 3.2 Werkvormen

We pleiten voor een gevarieerde aanbieding van de leerstof want leerlingen moeten in de les meer doen dan noteren en luisteren. We geven de voorkeur aan die werkvormen die een 'actief leren' bevorderen. Door een grotere activiteit worden de leerlingen gemotiveerd om te leren. Motivatie blijkt uit de inspanningen die we waarnemen bij leerlingen. Leerlingen leren misschien uit hun fouten maar worden ook gemotiveerd door hun successen. Voor leerlingen van de derde graad ontwikkelt een actievere studiehouding en zelfwerkzaamheid zich tot zelfstandig leren, waarbij de leerling leert zijn eigen leerproces te sturen. Daardoor zijn ze beter uitgerust om te slagen in het vervolgonderwijs.

Een goed voorbereide demonstratieproef, directe instructie (informatie en standaardvaardigheden aanleren en helpen verwerken), een open maar actief onderwijsleergesprek waarbij leerlingen hun kennis kunnen zichtbaar maken, samenwerkend leren (groepswork), uitdagende opdrachten en toetsen kunnen de betrokkenheid van de leerlingen groter maken en hun inzet en hun diep nadenken stimuleren. In het bijzonder voor fysica zijn er daarvoor binnen ict zeer leerkrachtige hulpmiddelen beschikbaar (zie 3.6). Tal van nascholingen pikken hier op in.

Om met succes vervolgonderwijs uit het domein van de exacte en toegepaste wetenschappen te kunnen doorlopen, moeten de leerlingen in een behoorlijke mate abstract, formeel en probleemoplossend kunnen denken.

### 3.3 Jaarplanning

Het afwerken van het leerplan is een dwingende plicht toch moeten niet alle verplichte leerstofpunten van dit leerplan maximaal worden uitgewerkt. Het behoort tot de pedagogische vrijheid van de leerkracht om zelf bepaalde accenten te leggen. De leerkracht, die zorgt voor een goede dosering van zowel demonstratieproeven als leerlingenproeven, moet niet in tijdnood komen. Hij laat zich hierbij ook leiden door motieven en interesses van leerlingen. Door het gebruik van contexten of het bespreken van technische toepassingen wijst hij op het gebruik en de effectiviteit van fysische principes in de dagelijkse werkelijkheid (realistische fysica). Zelfactiviteit van de leerling is zoals reeds eerder vermeld eveneens belangrijk. Het belang dat aan een leerstofinhoud dient te worden gehecht is niet altijd recht evenredig met het aantal leerstofpunten in de leerinhouden en/of het aantal doelstellingen die moeten worden nagestreefd. Nieuwe leerstofpunten worden vaak omslachtiger omschreven dan leerstof die traditioneel tot het curriculum behoren.

Volgende tijdschema's en leerstofordening zijn richtlijnen om leraren te helpen bij het opstellen van hun jaarplan.

<b>Eerste leerjaar</b>	<b>Aantal uren</b>
1 Elektrodynamica <ul style="list-style-type: none"> <li>- structuur van de materie</li> <li>- basisbegrippen i.v.m. de elektrische stroom</li> <li>- elektrische weerstand</li> <li>- schakelen van weerstanden</li> <li>- energie en vermogen van een elektrische stroom</li> </ul>	11
2 Elektromagnetisme <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnetisch veld</li> <li>- elektromagnetische krachtwerking</li> <li>- magnetisch inductieverschijnsel</li> </ul>	9
3 Kernfysica <ul style="list-style-type: none"> <li>- isotopen</li> <li>- natuurlijke radioactiviteit</li> <li>- kunstmatige radioactiviteit</li> <li>- toepassingen van radioactiviteit</li> </ul>	5
<b>Tweede leerjaar</b>	<b>Aantal uren</b>
4 Kinematica <ul style="list-style-type: none"> <li>- experimentele en theoretische bespreking van de eenparig veranderlijke beweging zonder en met beginsnelheid</li> </ul>	8
5 Dynamica <ul style="list-style-type: none"> <li>- beginselen van Newton</li> <li>- gravitatiekracht, zwaartekracht en gewicht</li> <li>- arbeid, vermogen en energie - behoud van energie</li> </ul>	7
6 De eenparige cirkelbeweging	2
7 Trillingen en golven <ul style="list-style-type: none"> <li>- harmonische trilling</li> <li>- lopende golven</li> <li>- superpositie van golven</li> <li>- geluid</li> <li>- interactie tussen straling en materie</li> </ul>	8

### 3.4 Toepassingen en vraagstukken

Voor deze lesgroep zijn probleemopdrachten (conceptuele inzichten toepassen) naast standaardopdrachten (met een numeriek karakter) onontbeerlijk. Voor het oplossen van deze ingeklede vraagstukken moet een systematische probleemaanpak worden aangeleerd en ingeoefend. Dit garandeert dat de leerlingen zich deze oplossingsstrategieën en denkpatronen eigen maken en in nieuwe situaties kunnen gebruiken (transfer). Door de sterke wiskundige achtergrond van de leerlingen kunnen numerieke opdrachten bekeken worden. Men zal er echter voor opletten steeds de inhoud van het probleem centraal te stellen, en zich niet te verliezen in wiskundige technieken. Een belangrijke stap in het leerproces is dat leerlingen verwoorden hoe ze tewerk zijn gegaan en welk denkpatroon ze hebben gevolgd. Dit is reflecteren is uitermate belangrijk en verdient expliciete aandacht. De leerkracht moet hierbij aangepaste werkvormen hanteren.

Het maken van opdrachten alleen, in duo's of in groepsverband, stelt de leerlingen in staat de vakoverschrijdende eindtermen na te streven, zowel op het vlak van 'Leren leren' (LELE 3, 4, 5, 7, 8) als op het vlak van 'Sociale vaardigheden' (SOVA 4, 5).

Bij het oplossen van vraagstukken zal het SI-eenhedenstelsel gebruikt worden. Er zijn uiteraard ook niet SI-eenheden die eveneens toegelaten zijn zoals eV, km/h ...

Voor het correct gebruik van de namen van grootheden en de symbolen ervan, evenals hun eenheden, verwijzen we naar BIN-normen die hieromtrent worden uitgevaardigd. Men kan zich hiervoor wenden tot: BIN, Brabantsesteenweg 29, 1000 Brussel ([www.bin.be](http://www.bin.be)).

Door het gebruik van het (grafisch) rekentoestel voor het verwerken van meetresultaten of bij het oplossen van vraagstukken is het nodig om aandacht te schenken aan het aantal cijfers in het resultaat. Leerlingen moeten met een elementair besef van nauwkeurigheid de resultaten van berekeningen kunnen weergeven. Het toepassen van foutentheorie voor leerlingen in het secundair onderwijs is te omslachtig en te moeilijk. Het werken met beduidende cijfers en de vuistregels die we aanleren voor het berekenen van resultaten bieden hiervoor een eenvoudige en elegante oplossing. Het toepassen van de benaderingsregels gebeurt consequent bij alle berekeningen, maar mag de aandacht van de inhoud van het probleem niet afleiden.

### 3.5 Contexten

Het toepassen van fysische principes, regels en wetten op praktijksituaties is zeker niet nieuw. Vroeger ging het vooral om toepassingen achteraf en eerder als 'randversiering' dan als wezenlijk deel van de leerstof. Door een context als inleiding te gebruiken of door ze te integreren in opdrachten kan men voorkomen dat er een kloof blijft tussen wat in het leerboek staat en wat in de leefwereld gebeurt. Daarnaast kunnen contexten meehelpen om de betekenis van de aangeleerde begrippen en de bruikbaarheid ervan in het dagelijkse leven te vergroten. Ze kunnen ook de kenmerkende eigenschappen van een begrip op een concrete wijze voorstellen. Het kenmerk van een goede context is dus dat hij functioneel is en aansluit bij de leefwereld van de leerlingen. Eventueel kan hij de historische ontwikkeling van een bepaald fysicadomein en de bijhorende maatschappelijke gevolgen beschrijven. Voorbeelden zijn: elektriciteit en veiligheid, straling en gezondheid, beweging en sport, beweging en verkeersveiligheid, muziek en trillingen ...

Om een context succesvol in de klas te gebruiken moet hij aansluiten op het niveau van de leerlingen, de fysische begrippen moeten voor de leerlingen herkenbaar aanwezig zijn en de opbouw van de les moet zodanig zijn dat de leerlingen actief aan de les kunnen deelnemen en hun leerervaringen kunnen uitwisselen. Probleemoplossend werken kan dus ook kwalitatief gebeuren door het stellen van denkvragen bij een relevante context.

### 3.6 Informatie- en communicatietechnologie (ict)

De computer en de nieuwe media (Internet, cd-rom, dvd ...) zijn niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven. Voor leerlingen met een brede wiskundige basis zijn dit bovendien zeer aantrekkelijke en "natuurlijke" media. Ze bieden ruime didactische mogelijkheden en in bepaalde gevallen een grote meerwaarde voor het fysicaonderwijs. Voorbeelden zijn het verwerven en bewerken van numerieke gegevens, het direct beschikbaar zijn van grafieken, het vlug kunnen veranderen van parameters, het analyseren van videobeelden, het gebruik van animaties, (interactieve) simulaties en interactieve verwerking van de leerstof. Er zijn heel wat educatieve computerprogramma's beschikbaar. Verder laat een computer met interfacekaart, meetpaneel en sensoren in de fysicaklas toe metingen uit te voeren met een quasi onmiddellijke (grafische) analyse.

Bij het opstellen en het uitvoeren van een demonstratieproef moet de aandacht vooral uitgaan naar de fysische aspecten van de proef en niet naar de registratie en de verwerking. Zo kan men door het sturen van de meting de invloed van de verschillende factoren op de meetresultaten op korte tijd onderzoeken. Het is zeer belangrijk ook hierbij leerlingen actief te betrekken, zoniet zal veel van de demonstratie verloren gaan. Het werken met computermodellen en de resultaten vergelijken met resultaten uit experimenten brengt een verbinding tot stand tussen het fysische fenomeen en hoe men denkt het te kunnen omschrijven. Pakketten die dit toelaten of andere interactieve programma's, creëren een nieuw type leeromgeving. Er kunnen veel meer open vragen worden gesteld, waar de leerling de computer kan inschakelen om het antwoord te vinden. Interactieve leeromgevingen maken het ook mogelijk om thuis via het internet de leerstof in te oefenen en te verwerken. Bij onderzoekend leren zijn contextrijke leersituaties belangrijk. Media zoals video, cd-rom, dvd of het internet kunnen in dit verband realistische beelden van fysische verschijnselen in de klas brengen.

Hoewel videobeelden nooit de werkelijkheid kunnen vervangen, kunnen enkele minuten van een goed videoprogramma soms beter inzicht bijbrengen dan uren frontaal lesgeven, zonder te spreken van de erbij horende tijd-winst. Er bestaan programma's die het mogelijk maken videobeelden te gebruiken voor het opmeten van het verschijnsel of proces dat getoond wordt.

Ieder ict-middel bezit zijn sterke en minder sterke punten. Het gebruik van het gepaste audiovisueel middel om een verschijnsel te tonen of een bepaald resultaat te bereiken vereist van de leraar een goede kennis, planning, voorbereiding en vaardigheden.

Fysica als discipline gebruikt de computer in zowat elke fase van een leerproces. Het vormt een bijna onmisbare assistent voor elke leerkracht én leerling. Een beperkt aantal computers per lokaal volstaat om deze integratie te ondersteunen. Meer en meer maakt men gebruik van de dataprojector om de beelden van presentaties of meetresultaten te tonen op groot scherm.

Het gebruik van de computer door leerlingen ter ondersteuning van hun leerproces gebeurt nu nog te dikwijls in het informaticalokaal. Dit is (voorlopig) een goede oplossing voor een gemotiveerde leerkracht maar het veranderen van lokaal vormt een drempel voor een harmonieuze implementatie van het computergebruik in de les fysica.

### 3.7 Veiligheid en milieuaspecten

We leven in een maatschappij die steeds meer de invloed ondergaat van de technologie of de producten die technologie voortbrengt. Deze producten en apparaten houden gevaren in zodat veiligheidsaspecten belangrijk zijn. Aandacht voor veiligheid zou moeten behoren tot de courante burgerzin van elk lid van onze maatschappij. Dit laat de leerlingen toe de vakoverschrijdende eindtermen MIED4, MIED2, BUZI na te streven.

Voor de exacte wetenschappen is er dus een taak weggelegd op dit domein want fysica, chemie en biologie leveren de basiskennis in dit verband.

Het fysisch begrippenkader is aanwezig om de leerlingen verantwoorde informatie te geven i.v.m. veiligheid in de domeinen elektriciteit, ioniserende straling en mechanica.

Het gevaar van elektrocutie kan behandeld worden via de begrippen weerstand van het menselijk lichaam en stroom door het menselijk lichaam. Kortsluiting (brandveiligheid), overbelasting (stroomonderbreking) en massasluiting ("stroomverlies") zijn sleutelbegrippen i.v.m. elektrische veiligheid. Binnen het kader van de veiligheid speelt de goede inrichting van het vaklokaal een cruciale rol. Vooral de elektrische installatie en een eventuele gasinstallatie vragen een bijzondere aandacht. De elektrische installatie wordt zeker beveiligd met een automatische lekstroomschakelaar eventueel met noodstop. Zeer in het bijzonder wijzen we erop dat leerlingen eventueel bij het uitvoeren van practicum in openkringsituaties slechts mogen werken met een maximale spanning van 24 V (spanningen van 0 tot 24 V noemt men veiligheidsspanningen).

Voor het mechanisch domein zijn krachten, arbeid en energie de sleutelbegrippen. Denken we hierbij aan de verkeersveiligheid (valhelm, kreukelzone, veiligheidsgordel, airbag).

Binnen de fysica hanteert men ook allerlei chemische stoffen. Telkens wanneer dit gebeurt wijst men de leerlingen op allerlei veiligheidsaspecten in verband met het veilig omgaan met stoffen (R- en S- zinnen, een goede etikettering). Het opbergen van de scheikundige producten gebeurt in daartoe aangepaste en af te sluiten kasten.

Veiligheid vereist orde en netheid binnen het vaklokaal. Als leraar moeten we de leerlingen regelmatig wijzen op milieuaspecten waardoor een milieubewust gedrag wordt bevorderd. Als lesgevers vervullen wij op dit vlak een voorbeeldfunctie. Indien een demonstratieproef zich daartoe leent, mag niet worden nagelaten de milieuaspecten aan de orde te stellen. Voorbeelden hiervan zijn: geen overdadig gebruik van chemische stoffen of materialen, zuinig gebruik van energie, beperking van het lawaai, verantwoorde afvalverzameling (chemicaliën, batterijen, papier, eventueel glas ....) enz.

## 4 LEERPLANDOELSTELLINGEN, LEERINHouden, PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

In de derde graad behoren wetenschappen onder één of andere benaming zoals fysica tot de basisvorming van het aso. De overheid legt de scholen eindtermen op voor de vakken van de basisvorming. Deze eindtermen opgenomen onder rubriek 9, bestaan uit twee delen nl.: "Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen" en "vakgebonden eindtermen fysica". De gemeenschappelijke eindtermen zijn dezelfde voor Biologie, Chemie, Fysica en Natuurwetenschappen en worden daarom in onderlinge afspraak verdeeld over de drie vakken (zie rubriek 2.2). Ze moeten samen met de eindtermen fysica voor de derde graad door de meerderheid van de leerlingen worden gerealiseerd op het einde van de derde graad. De vakgebonden eindtermen fysica zijn in de leerplandoelstellingen van het leerplan opgenomen. Er wordt naar verwezen met de nummers achter de doelstelling bv. (1) voor een gemeenschappelijke eindterm en bv. (F1) voor een vakgebonden eindterm. De leerplancommissie heeft naast de eindtermen nog andere leerplandoelstellingen geformuleerd, die eveneens moeten worden bereikt door de leerlingen. In sommige pedagogisch-didactische wenken wordt ook aangegeven welke vakoverschrijdende eindtermen met de verwerking van de betrokken leerinhouden door de leerlingen kunnen worden nagestreefd.

Eindtermen	Notatie
Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen	(4)
Vakgebonden eindtermen voor fysica	(F5)

Voor de vakoverschrijdende eindtermen slaan de afkortingen, gevolgd door een nummer, op

**LELE:** Leren leren

**MIED:** Milieueducatie

**SOVA:** Sociale vaardigheden

**TTC:** Technisch-technologische vorming

**BUZI:** Opvoeden tot burgerzin

## EERSTE LEERJAAR

De vroeger geziene grootheden en hun eenheden worden herhaald. Op het vlak van de nauwkeurigheid wordt het werken met beduidende cijfers in een meetresultaat en het toepassen in bewerkingen verder geïntegreerd en ingeoeft.

### 4.1 Leerlingenpracticum

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 1 De leerlingen kunnen zelfstandig een wetenschappelijk experiment of een onderzoeksopdracht uitvoeren en de meetresultaten en besluiten in een verslag weergeven. (12, F5, F6)

#### LEERINHouden

Minimum twee experimenten of onderzoeksopdrachten (gesloten en/of open) naar keuze

#### DIDACTISCHE WENKEN

Onder leerlingenpracticum verstaat men een leeractiviteit waarbij leerlingen alleen of in kleine groepjes (2 à 3 leerlingen) zelfstandig (maar onder supervisie van de leerkracht) meetproeven uitvoeren in verband met één of ander fysisch verschijnsel dat behoort tot het leerpakket (nastreven van de vakoverschrijdende eindterm LELE9). Dit wil dan ook zeggen dat het maken van oefeningen, het oplossen van vraagstukken of het zelfstandig inoefenen van de fysicaleerstof met interactieve informaticaprogramma's niet als practicum kan worden beschouwd. Een volwaardig leerlingenpracticum zal ongeveer één lesuur duren.

Bij een leerlingenpracticum hoort steeds een geschreven opdracht of instructieblad. Deze kan variëren van een volledig gesloten opdracht (de opeenvolgende stappen van de proef liggen vooraf vast) naar een volledig open opdracht. De manier waarop de proef verloopt kan verschillen tussen de groepen onderling. De keuze tussen een gesloten of open opdracht maakt een gradatie in moeilijkheidsgraad mogelijk. Open opdrachten zullen pas ten volle renderen indien een aantal experimentele basisvaardigheden zijn verworven. Indien onvoldoende materiaal aanwezig is om alle leerlingen één bepaalde proef gelijktijdig te laten uitvoeren, kan men enkele gelijkaardige proeven complementair laten uitvoeren.

De onderlijnde leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

Van het practicum zal steeds een verslag gemaakt worden (hierbij zoveel mogelijk gebruik maken van informatietechnologie), gaande van de ingevulde instructiebladen tot het verslag horend bij een volledig open opdracht. In een goed verslag beschrijf je puntsgewijs hoe de proef of het onderzoek is verlopen. Het verslag bevat dan meestal volgende punten:

- de formulering van de doelstellingen van de proef;
- materiaal en meetopstelling;
- werkwijze of werkplan;
- meetresultaten of onderzoekresultaten;
- verwerking van de meetresultaten met aandacht voor de beduidende cijfers;
- grafiek(en);
- besluiten (verwoording, formule, wet) en eventuele suggesties, opmerkingen en referenties.



Optioneel kan men hier enkele groepen mondeling verslag laten uitbrengen (bv. door een presentatie).

Het is aan te raden om een practicum klassikaal af te ronden. Alle leerlingen krijgen dan de kans de essentie van het practicum te pakken te krijgen. Een onderwijsleergesprek waarin de leerkracht of de leerlingen onderling vragen stellen is een goede werkvorm (reflecteren op het resultaat en de gevolgde werkwijze).

De leerlingenproeven die worden uitgevoerd moeten vallen binnen het kader van de aan te leren specifieke vaardigheden die hoger werden vermeld. De risico's die proeven met zich mee kunnen brengen, moeten door de leerkracht worden afgewogen tegen de aanwezige voorzieningen, de geoefendheid van de leerlingen en de didactische waarde van de proef. Leerlingen moeten op de hoogte zijn van de gevarenrisico's van materialen en apparatuur waarmee ze werken, en zo nodig uitleg krijgen ter zake nl., de wijze waarop men veilig kan werken, de aanwezige beschermings- en veiligheidsvoorzieningen en vluchtwegen in geval van brand.

Een groep van 20 leerlingen is bij het uitvoeren van leerlingenproeven met het oog op wat didactisch verantwoord is en wat veiligheid betreft aanvaardbaar.

Het is ook aangewezen om binnen het kader van de veiligheid een practicumreglement op te stellen met als doel een handzaam en doelmatig overzicht te geven van afspraken en aandachtspunten die van belang zijn om gevarenrisico's tijdens het uitvoeren van leerlingenproeven te voorkomen of te vermijden. Vanzelfsprekend moeten de vaklokalen die als practicumruimten voor leerlingen worden voorzien aan bepaalde inrichtingseisen voldoen (zie brochure 'Didactische infrastructuur voor onderwijs in de natuurwetenschappen' VVKSO mei 1993).

## 4.2 Elektrodynamica

### 4.2.1 *Structuur van de materie: elektrische aspecten*

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 2 Het ontstaan van twee soorten ladingen en hun onderlinge wisselwerking beschrijven en de eenheid van lading aangeven. (F1)
- 3 Het onderscheid maken tussen geleiders en isolatoren en het verschil toelichten.

#### LEERINHOUDEN

Atoomstructuur  
Lading, eenheid van lading  
Krachtwerking  
Wet van Coulomb

Beweeglijkheid van ladingen

#### DIDACTISCHE WENKEN

Men kan belangstelling wekken door het uitvoeren van enkele attractieve wrijvingsproefjes. Men benadrukt dat een voorwerp een lading verkrijgt als gevolg van een herverdeling van lading. De aantrekking- en afstotingskrachten tussen ladingen zijn kwalitatief op eenvoudige wijze aan te tonen. Beweeglijkheid van ladingen kan verschillen in vaste stoffen (geleiders en niet-geleiders), in vloeistoffen en in gassen.

Het begrip elektrisch veld kan ingevoerd worden om de krachtwerking van een lading op een andere lading kwalitatief en kwantitatief eenvoudig te beschrijven.

**Link:** In dit leerstofpunt kan de samenhang van fysica met bepaalde domeinen uit chemie, die verband houden met de atoomstructuur en chemische binding toegelicht worden.



## 4.2.2 Basisbegrippen in verband met de elektrische stroom

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

### LEERINHOUDEN

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 4 | De grootheden elektrische stroom en spanning omschrijven en hun eenheden aangeven. (F1)                                     | Stroom, stroomsterkte, eenheid<br>Spanning, eenheid                         |
| 5 | Het verband leggen tussen elektrische spanning, verandering van elektrische potentiële energie en elektrische lading. (F17) | Potentiële energie van ladingen, potentiaal, potentiaalverschil en spanning |
| 6 | Een eenvoudige elektrische schakeling schematisch weergeven en de conventionele stroom aanduiden.                           | Spanningsbron, gloeilamp, conventionele stroomzin                           |

### DIDACTISCHE WENKEN

Het begrip elektrische stroom wordt in de meest algemene betekenis ingevoerd (namelijk als verplaatsing van lading). De elektrische stroom kan voorkomen in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen. Enkel elektrische stroom in vaste stoffen wordt verder behandeld.

Om zo concreet mogelijk de basisbegrippen in verband met een elektrische stroomkring aan te brengen gebruiken we bij voorkeur het vloeistof-stroommodel. Zoals bij een gesloten vloeistofkring een pomp nodig is dat het drukverschil onderhoudt, is er in een elektrische kring een toestel nodig dat het potentiaalverschil of spanning onderhoudt. Zo een toestel wordt daarom spanningsbron genoemd. Spanning is dan de grootheid die 'oorzaak' is van het bewegen van ladingen en dus van een elektrische stroom.

**Link:** Hier kan de samenhang van fysica en chemie toegelicht worden voor wat betreft de atoomstructuur, elektrolyten en elektrolyse, chemische spanningsbronnen en chemische bindingen. De samenhang met biologie situeert zich rond de studie van de werking van de cel.

## 4.2.3 Elektrische weerstand

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

### LEERINHOUDEN

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 7 | Bij een elektrisch schema de toestellen voor het meten van stroom en spanning gebruiken. (F5)   | <u>Meten van stroom en spanning: volt- en ampèremeter</u>  |
| 8 | Voor een geleider in een gelijkstroomkring het verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand formuleren, grafisch voorstellen en toepassen. (11, F1, F18) | <u>Verband tussen stroom en spanning</u><br><u>Weerstand, eenheid</u><br><u>Wet van Ohm</u><br>Standaardopdrachten |

### DIDACTISCHE WENKEN

De verhouding van de spanning over een schakelement en de stroomsterkte erdoor, definieert men als weerstand van dit schakelement. Bij een weerstand die voldoet aan de wet van Ohm is die verhouding constant (bij constante temperatuur). Trek er de aandacht op dat het woord weerstand dubbel wordt gebruikt namelijk als grootheid en als schakelement voor het omzetten van elektrische energie in warmte.

De onderlijnde leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

## 4.2.4 Energie en vermogen in een elektrische stroomkring

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 9 De eigenschap van de elektrische stroom met betrekking tot warmteontwikkeling verklaren en berekenen. (F1, F5, F17)
- 10 De energieomzettingen in elektrische schakelingen met voorbeelden illustreren en het vermogen berekenen. (15, F4, F19)
- 11 De gevolgen van elektrocutie omschrijven en uitleggen hoe een stroomkring beveiligd kan worden en op welk een principe de beveiliging berust. (16)

### LEERINHOUDEN

Elektrische energie. Joule-effect  
Eenheden van elektrische energie: joule en kWh, kWh-meter  
Elektrisch vermogen. Eenheid

Toepassingen in verband met verwarming, verlichting, elektrische apparaten  
Standaard- en probleemopdrachten i.v.m. elektrische energie en vermogen

Elektrocutie en veiligheidsaspecten: smeltveiligheid, aardlekschakelaar, aarding, elektrische (dubbele) isolatie, zwakstroomvoorzieningen

### DIDACTISCHE WENKEN

Een elektrisch toestel onttrekt elektrische energie aan een spanningsbron en zet deze om in een andere soort energie. Bestaat dat toestel hoofdzakelijk uit (draad)weerstand dan wordt een belangrijk deel van de elektrische energie omgezet in warmte. Het tempo waarin dit gebeurt noemen we vermogen. Wijs er de leerlingen op dat het gebruik van de elektrische energie voor een huisinstallatie wordt uitgedrukt in kWh en gemeten met een kWh-meter.

Het aanraken van de netspanning kan gevaarlijk zijn en tot elektrocutie leiden. Het bespreken van de gevolgen van een stroom door het menselijk lichaam en het voorkomen ervan door allerlei veiligheidsapparatuur zijn op het gebied van veiligheid hier zeker functioneel en leefwereldgericht. Elektroshocks kunnen ook een positief effect hebben, zoals het gebruik van een defibrillator bij hartstilstand of het gebruik van een pacemaker bij hartritmestoornissen.

**Link:** Hier kan een dwarsverbinding gemaakt worden tussen fysica en techniek (elektrische huisinstallatie en verwarming) alsook tussen fysica en de biomedische wereld. Voorbeelden daarvan zijn het gebruik van een pacemaker bij hartritmestoornissen en een defibrillator (elektroshocks) bij hartstilstand. De fysiotherapeut gebruikt elektrische stroom en de ontwikkelde warmte om de patiënt een spierbehandeling te laten ondergaan.

De onderlijnde leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

## 4.2.5 Schakelen van weerstanden

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 12 Problemen oplossen met behulp van formules bij een serie-, parallel- en een gemengde schakeling zowel kwalitatief als kwantitatief. (F18)

### LEERINHOUDEN

Serie-, parallel- en gemengde schakeling van weerstanden  
Vervangingsweerstand  
Stroom-, spannings- en vermogensverdeling  
Standaardopdrachten: kwalitatief (denkvragen) en kwantitatief (berekeningen)

## DIDACTISCHE WENKEN

De substitutie- of vervangingsweerstand en de wetten bij een stroomvertakking of een spanningsdeling moeten zeker experimenteel worden afgeleid. Het zwaartepunt van de elektrodynamica dient vooral te liggen in het oplossen van eenvoudige netwerken waarbij men de stroom- en spanningsverdeling kan onderzoeken of uitzoeken. Dit kan ook op een praktische manier gebeuren. Breng bijvoorbeeld in een schakeling met lampjes een kleine wijziging aan en vraag of laat voorspellen welke gevolgen zullen optreden voor stroom en spanning. Het gebruik van black box (verborgen schakeling met weerstanden en/of lampjes) is een goede illustratie van de natuurwetenschappelijke methode (waarneming, hypothese, logisch redeneren).

De onderliggende leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

### 4.3 Elektromagnetisme

#### 4.3.1 Magnetisch veld

##### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 13 Magnetische verschijnselen beschrijven met behulp van magneetpolen, magnetische krachtwerking, magnetisch veld en veldlijnen, bij een permanente magneet, rond een stroomvoerende draad, winding en spoel.
- 14 De oorsprong van het magnetisme bij magnetische materialen toelichten en het demagnetiseren en opnieuw magnetiseren ervan mee verklaren.

##### LEERINHOUDEN

- Permanente magneten  
Elektromagneten  
Toepassingen: bv. bel, relais
- Verklaring van het magnetisme bij permanente magneten via de structuur van de materie

## DIDACTISCHE WENKEN

De studie van de permanente magneten is geen studieobject op zich maar is opgenomen in de leerinhouden in functie van de verschijnselen die zich voordoen in het elektromagnetisme. Belangrijk zijn hier het veldbegrip en de afspraak in verband met het verloop van de veldlijnen (zin). Men kan er ook op wijzen dat het magnetisch veld niet overal even sterk is.

**Link:** Het voorkomen van erts en grondstoffen bij het ontstaan van de aarde (aardrijkskunde) in verband brengen met het ontstaan van een aardmagnetisch veld.

#### 4.3.2 Elektromagnetische krachtwerking

##### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 15 Met behulp van elektromagnetische krachtwerking de magnetische inductie omschrijven. (F1, F5)
- 16 De grootte, richting en zin van de laplacekracht bepalen op een stroomvoerende draad, als deze loodrecht staat op de richting van het magneetveld. (F20)

##### LEERINHOUDEN

- Magnetische inductie: conventie omtrent richting en zin  
Eenheid
- Laplacekracht: krachtwerking op een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld  
Standaardopdrachten

- |    |  |   |
|----|--|---|
| 17 | De factoren die de grootte van de magnetische inductie bij een stroomvoerende draad of spoel bepalen, kwalitatief beschrijven. | Magnetische inductie bij een stroomvoerende draad en stroomvoerende spoel |
| 18 | Met voorbeelden illustreren dat ladingen in beweging aanleiding geven tot magnetische krachten. (F20, F21)                     | Toepassingen op de elektromagnetische krachtwerking: de gelijkstroommotor |

## DIDACTISCHE WENKEN

Dat het magnetisch veld niet overal even krachtig is kan men experimenteel illustreren via krachtwerking op een stroomvoerende geleider. Deze krachtwerking geeft aanleiding tot de invoering van de magnetische inductie  $B$ . De magnetische inductie  $B$  geeft dus de sterkte van het magnetische veld aan. De waarde kan gemeten worden met een teslameter of een hallsensor. Tot de toepassingen behoort hier zeker de gelijkstroommotor. De leerlingen krijgen hier kansen om de vakoverschrijdende eindtermen TTC1 en TTC2 na te streven.

### 4.3.3 *Magnetisch inductieverschijnsel*

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

#### LEERINHOUDEN

- |    |  |   |
|----|--|---|
| 19 | Het begrip magnetische flux omschrijven en de magnetische fluxverandering als oorzaak van inductiespanning kwalitatief toelichten (F1): wet van Faraday. | Magnetische flux. Eenheid<br>Magnetische fluxverandering als oorzaak van spanning |
| 20 | Met behulp van de wet van Lenz de zin van de inductiespanning en de inductiestroom bepalen.  | Wet van Lenz<br>Standaardopdrachten   |
| 21 | Met behulp van elektromagnetische inductie de werking van de generator kwalitatief omschrijven. (F22)  | Generator   |

## DIDACTISCHE WENKEN

De magnetische flux is een maat voor het aantal veldlijnen door een bepaald oppervlak. Experimenteel toont men aan dat een fluxverandering in een spoel, op welke wijze het ook gebeurt, een inductiespanning doet ontstaan. Indien de kring gesloten is vloeit een inductiestroom. De belangrijkste toepassing van het opwekken van een spanning door een fluxverandering is de generator. Men kan bij wijze van illustratie de fietsdynamo gebruiken als eenvoudig model.

De leerlingen krijgen hier kansen om de vakoverschrijdende eindtermen TTC1 en TTC2 na te streven.

## 4.4 Kernfysica

### 4.4.1 *Structuur van de atoomkern*

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

#### LEERINHOUDEN

- |    |  |                                   |
|----|--|-----------------------------------|
| 22 | Het verband beschrijven tussen de stabiliteit van een atoomkern en het aantal en soorten nucleonen die de atoomkern bevat. (F12) | Atoomnummer, massagetal, isotopen |
|----|--|-----------------------------------|

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 23 | Uit de massaverandering de bindingsenergie en de bindingsenergie per nucleon berekenen. | Massaverandering, bindingsenergie, bindingsenergie per nucleon<br>Standaardopdrachten |
|----|---|---|

## DIDACTISCHE WENKEN

De structuur van de atoomkern werd reeds behandeld in 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 het atoom. De atomaire massa-eenheid wordt hier ook duidelijk gedefinieerd. Het onderscheid tussen zwakke en sterke wisselwerking kan hier worden benadrukt. Atomen met hetzelfde atoomnummer maar met verschillend massagetal geven aanleiding tot het definiëren van isotopen.

Het verschil tussen de kernmassa en de som van de massa's van de samenstellende nucleonen leidt tot de definitie van massaverandering. Bij de verklaring van de massaverandering kunnen de begrippen bindingsenergie en bindingsenergie per nucleon ingevoerd worden. Het is niet de bedoeling de grafische voorstelling van de bindingsenergie per nucleon als functie van het massagetal te behandelen.

### 4.4.2 Radioactiviteit

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

#### LEERINHOUDEN

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 24 | De verschillende soorten kernstraling en hun eigenschappen beschrijven. (F13)   | Natuurlijke radioactiviteit: aard en eigenschappen van $\alpha$ -, $\beta$ - en $\gamma$ -straling                          |
| 25 | Het vervalproces waarbij de kernstraling uit een radionuclide wordt gevormd, beschrijven en dit proces karakteriseren met behulp van de halveringstijd. (F5, F13) | Ontstaan van radioactieve kernen door beschieting: kernreacties   |
| 26 | De oorsprong van kunstmatig opgewekte kernstraling beschrijven. (F12)   | Radioactief verval: transmutatieregels<br>Activiteit en eenheid<br>Halveringstijd   |
| 27 | Berekeningen maken waarbij de halveringstijd een rol speelt.  | Opdrachten  |
| 28 | De effecten bespreken van ioniserende straling op mens en milieu. (F12)   | Invloed van radioactieve straling op levend weefsel: stralingsdosis en effecten<br>Ouderdomsbepaling<br>Veiligheidsaspecten |
| 29 | Het belang van fysische kennis in verschillende opleidingen illustreren. (F7)   | Klinisch fysicus, radioloog, milieutechnicus  |

## DIDACTISCHE WENKEN

Voor iedere soort natuurlijke radioactiviteit kan telkens de aard en de verklaring gegeven worden. Hierbij kunnen de transmutatieregels van Soddy gebruikt worden, wat aanleiding geeft tot enkele voorbeelden van kernreacties. De radioactieve vervalwet, met inbegrip van de halveringstijd, wordt grafisch voorgesteld en besproken.

Er kan gewezen worden op de kwalitatieve en kwantitatieve gevolgen van radioactieve straling op levend weefsel. Veiligheidsaspecten van deze in ons milieu steeds aanwezige straling kunnen hier uitvoerig behandeld worden. In het dagelijkse leven, en ook door leerlingen, wordt radioactiviteit vooral in verband gebracht met gevaar. Men moet op het vlak van gevaar onderscheid maken tussen 'besmetting' en 'bestraling' en erop wijzen dat alleen die voorwerpen gevaarlijk kunnen zijn die radioactief materiaal bevatten.

**Link:** De geschiedenis van het atoombegrip, de atoomstructuur en het gebruik van het periodieke systeem komen uitgebreid en uitgediept aan bod in de lessen Chemie. Bij het bespreken van de natuurlijke radioactiviteit moet men met deze voorkennis zeker rekening houden.

In de lessen Aardrijkskunde wordt de radioactieve vervalwet voor de absolute ouderdomsbepaling met de C-14 en de K-Ar methode toegepast.

Een relatie met Biologie kan worden gelegd door het bespreken van enkele effecten van de radioactieve straling op de mens.

Door de problematiek rond de verwerking van het radioactief afval ter sprake te brengen is er een verband met milieueducatie (MIED8).

Kunstmatige radioactiviteit is een vorm van radioactiviteit die in de natuur niet voorkomt. Men zal niet nalaten de kernreacties veroorzaakt door geladen en ongeladen deeltjes aan te geven.

**Link:** De samenhang tussen kernfysica en kernchemie is hier vanzelfsprekend. Het bespreken van de ontdekking van de elementaire kerndeeltjes (proton en neutron) en het ontstaan van nieuwe elementen die in de natuur niet voorkomen worden in overleg met de collega Chemie besproken.

## TWEEDE LEERJAAR

Vermits men vanuit de mechanica tot een geleidelijke en logische opbouw van grootheden en eenheden komt, is het nodig een aantal grootheden die in de vorige jaren gezien werden, te herhalen en hun verband met de basisgrootheden en -eenheden overzichtelijk aan te geven.

In de fysica is mechanica voor vele leerlingen dikwijls een struikelblok. Het systematisch toepassen van wiskunde bij deze leerinhouden zorgt voor problemen. Om deze moeilijkheden tot een minimum te beperken maakt naast de theoretische bespreking van sterk vereenvoudigde situaties ook de experimentele behandeling van de leerinhouden door middel van demonstratieproeven een wezenlijk deel uit van dit leerplan.

Demonstratieproeven hebben tot doel een stuk theorie in te leiden of de uitleg van de theorie te onderbouwen met metingen. Zowel bij metingen als bij berekeningen blijft men aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en het aantal beduidende cijfers in de maatgetallen en in het resultaat.

Om in te zien dat een model in een geïdealiseerde situatie (vooral in de mechanica) ook bruikbaar kan zijn in een reële situatie moet een leerling op een typisch natuurkundige manier kunnen veralgemenen. Dit betekent dat een aantal begrippen enerzijds in een bredere context gehanteerd moeten worden, maar anderzijds ook exacter dan in de tweede graad (kracht, arbeid, snelheid, versnelling ...) of dan in de spreektaal (massa, gewicht ...).

### 4.5 Leerlingenpracticum

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

30 De leerlingen kunnen zelfstandig een wetenschappelijk experiment of een onderzoeksopdracht uitvoeren en de meetresultaten en besluiten in een verslag weergeven. (12, F5, F6)

#### LEERINHOUDEN

Minimum twee experimenten of onderzoeksopdrachten (gesloten en/of open) naar keuze

#### DIDACTISCHE WENKEN

Onder leerlingenpracticum verstaat men een leeractiviteit waarbij leerlingen alleen of in kleine groepjes (2 à 3 leerlingen) zelfstandig (maar onder supervisie van de leerkracht) meetproeven uitvoeren in verband met één of ander fysisch verschijnsel dat behoort tot het leerpakket (nastreven van de vakoverschrijdende eindterm LELE9). Dit wil dan ook zeggen dat het maken van oefeningen, het oplossen van vraagstukken of het zelfstandig inoefenen van de fysicaleerstof met interactieve informaticaprogramma's niet als practicum kan worden beschouwd. Een volwaardig leerlingenpracticum zal maximum één lesuur duren.

Bij een leerlingenpracticum hoort steeds een geschreven opdracht of instructieblad. Deze kan variëren van een volledig gesloten opdracht (de opeenvolgende stappen van de proef liggen vooraf vast) naar een volledig open opdracht. De manier waarop de proef verloopt kan verschillen tussen de groepen onderling. De keuze tussen een gesloten of open opdracht maakt een gradatie in moeilijkheidsgraad mogelijk. Open opdrachten zullen pas ten volle renderen indien een aantal experimentele basisvaardigheden zijn verworven. Indien onvoldoende materiaal aanwezig is om alle leerlingen één bepaalde proef gelijktijdig te laten uitvoeren, kan men enkele gelijkaardige proeven complementair laten uitvoeren.

De onderliggende leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden van deze werkvorm te benaderen.

Van het practicum zal steeds een verslag gemaakt worden (hierbij zoveel mogelijk gebruik maken van informatie-technologie), gaande van de ingevulde instructiebladen tot het verslag horend bij een volledig open opdracht. In een goed verslag beschrijf je puntsgewijs hoe de proef of het onderzoek is verlopen. Het verslag bevat dan meestal volgende punten:

- de formulering van de doelstellingen van de proef;
- materiaal en meetopstelling;
- werkwijze of werkplan;
- meetresultaten of onderzoekresultaten;
- verwerking van de meetresultaten met aandacht voor de beduidende cijfers;
- grafiek(en);
- besluiten (verwoording, formule, wet) en eventuele suggesties, opmerkingen en referenties.

Optioneel kan men hier enkele groepen mondeling verslag laten uitbrengen (bv. door een presentatie).

Het is aan te raden om een practicum klassikaal af te ronden. Alle leerlingen krijgen dan de kans de essentie van het practicum te pakken te krijgen. Een onderwijsleergesprek waarin de leerkracht of de leerlingen onderling vragen stellen is een goede werkvorm (reflecteren op het resultaat en de gevolgde werkwijze).

De leerlingenproeven die worden uitgevoerd moeten vallen binnen het kader van de aan te leren specifieke vaardigheden die hoger werden vermeld. De risico's die proeven met zich mee kunnen brengen, moeten door de leerkracht worden afgewogen tegen de aanwezige voorzieningen, de geoefendheid van de leerlingen en de didactische waarde van de proef. Leerlingen moeten op de hoogte zijn van de gevarenrisico's van materialen en apparatuur waarmee ze werken, en zo nodig uitleg krijgen ter zake nl. de wijze waarop men veilig kan werken, de aanwezige beschermings- en veiligheidsvoorzieningen en vluchtwegen in geval van brand.

Een groep van 20 leerlingen is bij het uitvoeren van leerlingenproeven met het oog op wat didactisch verantwoord is en wat veiligheid betreft aanvaardbaar.

Het is ook aangewezen om binnen het kader van de veiligheid een practicumreglement op te stellen met als doel een handzaam en doelmatig overzicht te geven van afspraken en aandachtspunten die van belang zijn om gevarenrisico's tijdens het uitvoeren van leerlingenproeven te voorkomen of te vermijden. Vanzelfsprekend moeten de vaklokalen die als practicumruimten voor leerlingen worden voorzien aan bepaalde inrichtingseisen voldoen (zie brochure 'Didactische infrastructuur voor onderwijs in de natuurwetenschappen' VVKSO mei 1993).



## 4.6 Kinematica

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 31 De beweging van een voorwerp beschrijven in termen van positie, snelheid en versnelling. (F1, F8)
- 32 Een plaats(tijd)-grafiek bij een eenparig veranderlijke beweging tekenen en interpreteren.
- 33 Een snelheid(tijd)-grafiek bij een eenparig veranderlijke beweging tekenen en interpreteren.
- 34 Problemen oplossen met behulp van o.a. de bewegingsvergelijking. (F1)
- 35 Bij een vrije valbeweging de valtijd, snelheid en hoogte berekenen.

### LEERINHOUDEN

- Experimentele behandeling van de eenparig veranderlijke beweging  
Theoretische bespreking van de eenparig veranderlijke beweging zonder en met beginsnelheid
- Referentiestelsel, positie, positieverandering
- Wiskundige en grafische behandeling van de begrippen gemiddelde snelheid, ogenblikkelijke snelheid, gemiddelde versnelling en ogenblikkelijke versnelling  
Bewegingsvergelijking en  $x(t)$ -,  $v(t)$ - en  $a(t)$ - grafieken
- Opdrachten
- Vrije val: valversnelling  
Opdrachten

### DIDACTISCHE WENKEN

Bij het experimenteel inleiden van de eenparig veranderlijke beweging kan men vertrekken vanuit de vrije val. Beschikt men hiervoor niet over de nodige apparatuur dan blijven voldoende alternatieve mogelijkheden (hellend vlak, constante aandrijfkraft bij een horizontaal vlak ...) over om via metingen tot bepaalde besluiten (wetmatigheden) te komen i.v.m. de eenparig versnelde beweging zonder beginsnelheid. Het gebruik van de computer met randapparatuur levert snelle meetresultaten op waaruit men wiskundige verbanden kan afleiden of besluiten trekken. De bijgaande grafieken laten bovendien toe om de grafische voorstellingen van plaats, snelheid en versnelling optimaal te leren interpreteren. We denken onder andere aan de betekenis van: de helling van de raaklijn, de eventuele snijpunten met de assen en de oppervlakken onder bepaalde grafieken.

Men verwacht hier geen vectoriële benadering van de begrippen. Slechts in de tweede fase kan men als leerlingexperiment of als oefening andere bewegingen behandelen. Bij de theoretische bespreking van de eendimensionale beweging moet men optimaal gebruik maken van het mathematisch instrumentarium waarover de leerlingen op dat ogenblik beschikken. Bij de invoering van de begrippen verplaatsing, gemiddelde snelheid, ogenblikkelijke snelheid, maakt men gebruik van het  $\Delta$ -teken en van de afgeleide. In verband met de te gebruiken symboliek voor de afgeleide kan best contact genomen worden met de collega Wiskunde.

Aan "het inoefenen door middel van voorbeelden en vraagstukken" moet voldoende tijd besteed worden om de leerlingen met de meer formele aspecten van de fysica vertrouwd te maken. Het leren oplossen van vraagstukken in het algemeen en uit de kinematica in het bijzonder verbetert niet alleen de conceptuele kennis van de fysica, het is ook een training in analyse en aanpak van problemen (probleemoplossingsvaardigheden). Er wordt ook aandacht gevraagd voor het leren interpreteren van grafische voorstellingen. Het confronteren van leerlingen met en grote verscheidenheid aan strategieën helpt hen een dieper inzicht in de verschillende oplossingsmogelijkheden te verwerven. Aan bod komen bewegingen met verschillende combinaties van beginposities, beginsnelheden en versnellingen.

De eenparige rechtlijnige beweging kan dan hier bij wijze van herhaling als een bijzonder geval van de eenparig veranderlijke beweging besproken worden.

De onderliggende leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.



## 4.7 Dynamica

### 4.7.1 De beginselen van Newton

#### LEERPLANDOELSTELLINGEN

#### LEERINHOUDEN

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 36 | Het eerste beginsel van Newton uitleggen door middel van voorbeelden van systemen in rust of in eenparige beweging.   | Het traagheidsbeginsel   |
| 37 | De invloed van de resulterende kracht en van de massa op de verandering van de bewegingstoestand van een voorwerp kwalitatief en kwantitatief beschrijven. (F9) | <u>Het onafhankelijkheidsbeginsel</u> : $\sum \vec{F} = m\vec{a}$        |
| 38 | Met het tweede beginsel van Newton de eenheid van kracht kunnen omschrijven.  | Eenheid van kracht   |
| 39 | Het beginsel van actie en reactie omschrijven en bij een gegeven situatie de actie- en reactiekracht op verschillende lichamen aanwijzen.                       | Beginsel van actie en reactie  |
| 40 | De beginselen van Newton toepassen bij berekeningen in situaties waarbij een voorwerp versnelt, vertraagt of eenparig beweegt.                                  | Standaard- en probleemopdrachten in verband met de beginselen van Newton |

#### DIDACTISCHE WENKEN

Samenstellen en ontbinden van krachten komt niet meer als afzonderlijk onderdeel in het leerplan voor, de leerlingen worden verondersteld vanuit de tweede graad en ook vanuit de Wiskunde vrije vectoren te kunnen optellen. Het is aan de leraar om die kennis in te passen of eventuele tekorten bij te sturen waar nodig is, met de beperkingen die een vectoriële grootheid in de fysica soms heeft. Het begrip resultante, resulterende kracht of nettokracht kan dan ingevoerd worden.

In het tweede leerjaar van de tweede graad hebben we gezien dat een kracht kan beschreven worden als de oorzaak van de verandering van de bewegingstoestand van een voorwerp of massapunt. De bewegingstoestand veranderde niet indien de nettokracht op het massapunt gelijk was aan nul. Als op een voorwerp geen krachten werken, zal dat voorwerp met dezelfde snelheid rechtlijnig doorgaan of eventueel in rust blijven. Deze omschrijving is niets anders dan het traagheidsbeginsel of het eerste beginsel van Newton. Vanuit hun ervaringswereld kan men de leerlingen zelf laten verwoorden dat grotere massa's moeilijker in beweging of moeilijker tot rust worden gebracht. Deze vaststelling leidt tot een andere formulering van het eerste beginsel nl., massa is traag. Het loont de moeite om hier nog eens te laten opmerken dat rust en eenparige rechtlijnige beweging relatief zijn, zonder referentiepunt merk je in beide situaties niets zolang er aan de snelheid niets verandert.

Het eerste beginsel houdt in dat er alléén dan een verandering van de bewegingstoestand optreedt als er een resulterende kracht op een voorwerp wordt uitgeoefend die niet gelijk is aan nul. Over hoe die verandering gebeurt weet je niets. Het tweede beginsel van Newton leert ons dat er een samenhang is tussen de grootheden kracht, massa en versnelling en ook hoe de relatie eruit ziet.

Ten slotte leer je via het derde beginsel (actie-reactie) dat krachten altijd in paren optreden. Belangrijk hierbij is erop te wijzen dat de twee krachten niet alleen gelijk zijn en tegengesteld maar dat ze bovendien aangrijpen op twee verschillende lichamen zodat ze elkaar nooit kunnen opheffen (er bestaat tussen deze twee krachten geen resultante). Je kunt het derde beginsel aanschouwelijk maken door twee gelijke dynamometers horizontaal met elkaar te verbinden en het geheel uit te rekken: de dynamometers zullen beide dezelfde waarde voor de onder-

vonden kracht aanwijzen. Het derde beginsel is niet alleen geldig voor stelsels in rust maar ook voor bewegings-situaties.

Het is eveneens belangrijk bij het inoefenen van deze leerstof zoveel mogelijk gebruikt te maken van opdrachten (of eventueel contexten) die leefwereld- en samenlevingsgerichte situaties beschrijven (bv. beweging en verkeer of beweging en sport).

De onderliggende leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

#### 4.7.2 Gravitatiekracht, zwaartekracht en gewicht

##### LEERPLANDOELSTELLINGEN

41 De begrippen gravitatiekracht, zwaartekracht en gewicht omschrijven.

##### LEERINHOUDEN

Gravitatiekracht  
Zwaartekracht: zwaartepunt, zwaartevelddsterkte  
Gewicht  
Factoren die de zwaartevelddsterkte beïnvloeden

##### DIDACTISCHE WENKEN

De zwaartekracht werd reeds in de tweede graad ingevoerd namelijk  $F = mg$  met  $g$  in de betekenis van zwaartevelddsterkte. Hier wordt  $g$  ook valversnelling. De equivalentie van N/kg en  $m/s^2$  wordt via de definitie van de Newton verduidelijkt. Uit de gravitatiewet van Newton toegepast op de aarde en een voorwerp in zijn nabijheid halen we  $g$  en een bespreking van de factoren waarvan  $g$  afhangt, volgt. Het onderscheid tussen massa en gewicht en tussen gewicht en zwaartekracht wordt hier extra onderstreept. Het gewicht van een lichaam is de kracht die dat lichaam op zijn omgeving uitoefent, bijvoorbeeld op een steunvlak of op een ophangpunt. Veel leerlingen hebben een verkeerd beeld wat precies gewichtloosheid betekent. Gebruik concrete voorbeelden om het verschil tussen zwaartekracht en gewicht te verduidelijken bv. de valbeweging van een parachutist.

**Link:** De wetten van Kepler werden reeds behandeld in de lessen Aardrijkskunde. Om alle misconcepties te vermijden is hier overleg noodzakelijk.

#### 4.7.3 Arbeid, vermogen, energie

##### LEERPLANDOELSTELLINGEN

42 Berekeningen maken over arbeid en vermogen in situaties waarbij kracht en verplaatsing ten overstaan van elkaar eenzelfde of een verschillende richting hebben.

##### LEERINHOUDEN

Arbeid geleverd door een kracht waarbij kracht en verplaatsing een zelfde of een verschillende richting en zin hebben  
Vermogen  
Standaardopdrachten in verband met arbeid en vermogen

43 De arbeid van een kracht bepalen uit een kracht(plaats)-grafiek.

Grafische voorstelling van de arbeid in een  $F(x)$ -grafiek

44 Bij energieomzettingen de aard van de mechanische energie aangeven en met de formules berekeningen uitvoeren.

Kinetische energie, elastische potentiële energie en gravitationele potentiële energie  
Standaardopdrachten

45 Het beginsel van behoud van energie toepassen bij het opstellen van een energiebalans van een mechanisch systeem. (F2, F3, F10)

Beginsel van behoud van energie toepassen bij arbeid door de zwaartekracht, veerkracht ...  
Opdrachten

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 46 | Met voorbeelden uitleggen dat opeenvolgende energieomzettingen, met de daarmee gepaard gaande degradatie van energie, de evolutie van het fysisch systeem bepaalt. (F2, F3) | Het beginsel van behoud van energie toepassen rekening houdend met degradatie van energie (o.a. door wrijving)<br>Veralgemening van de wet van behoud van energie |
|----|---|---|

## DIDACTISCHE WENKEN

Het begrip arbeid uit het leerplan van de tweede graad moet hier verruimd worden. Voor een breder begripsomschrijving van het begrip arbeid kan men gebruik maken van het scalair product van twee vectoriële grootheden. Voor de wiskundige studierichtingen mag ook de arbeidslevering door niet constante krachten aan bod komen bv. bij horizontaal wegschieten van een steen door een spiraalveer. De door de niet-constante veerkracht verrichte arbeid kan je door het oppervlak onder de  $F(x)$ - grafiek bepalen.

Men behandelt naast de potentiële energie in de nabijheid van de aarde ook de elastische potentiële energie van een veer. De algemene gravitationele potentiële energie verbonden met het veldbegrip is uitbreiding.

Het beginsel van behoud van energie betekent dat voor een afgesloten systeem de som van potentiële en kinetische energie constant is. In de meeste concrete gevallen wordt door de wrijvingskracht energie onder de vorm van warmte afgegeven aan de omgeving (degradatie van de energievorm) bvb. het afwijken van de kogelbaan bij het wegslaan van een badmintonshuttle door verlies van mechanische energie onder de vorm van warmte.

De onderlijnde leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

## 4.8 Eenparige cirkelbeweging

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 47 De begrippen baan- of omtreksnelheid, periode, frequentie, hoeksnelheid en middelpuntzoekende versnelling en kracht toepassen bij een eenparige cirkelvormige beweging. (F1, F8)

### LEERINHouden

- De eenparige cirkelbeweging  
Standaardopdrachten in verband met de eenparige cirkelbeweging

## DIDACTISCHE WENKEN

Bij een eenparige cirkelbeweging worden de onderlinge relaties tussen de periode en de frequentie en tussen hoeksnelheid en baan- of omtreksnelheid besproken. Men kan de leerlingen intuïtief laten aanvoelen dat de kracht van het touw bij een ronddraaiend voorwerp het voorwerp in zijn baan houdt. Deze kracht die naar het middelpunt is gericht is er de oorzaak van dat de baansnelheid voortdurend van richting verandert, maar de grootte van de baansnelheid constant blijft. Uit die eigenschap volgt dat er enkel een normaalversnelling aanwezig is waarvan de grootte langs analytische weg kan worden afgeleid.

Belangrijke toepassingen waarin de zwaartekracht als middelpuntzoekende kracht een rol speelt zijn bv. de looping en het berekenen van de minimale snelheid die een raket moet bereiken om een satelliet in een baan rond de aarde te brengen.

**Link:** Hier kunnen de randvoorwaarden voor de lancering van verschillende soorten satellieten (GPS, weersatellieten ...) die in de lessen Aardrijkskunde aan bod komen, behandeld worden.

## 4.9 Trillingen en golven

### LEERPLANDOELSTELLINGEN

- 48 De positie van een massa die een harmonische trilling uitvoert, beschrijven en grafisch voorstellen.
- 49 De oorzaak en eigenschappen van een harmonische trilling omschrijven en in concrete voorbeelden toepassen. (F14)
- 50 Een lopende golf als een voortplanting van een harmonische trilling kwalitatief en kwantitatief omschrijven.
- 51 Met behulp van het golfmodel terugkaatsing, breking en interferentie van licht of geluid beschrijven. (F15)
- 52 Het voortbrengen van geluid uitleggen in termen van trillingen. (F5)
- 53 Uitleggen dat het ontstaan van licht samenhangt met energieveranderingen in het atoom. Een overzicht geven van het elektromagnetisch spectrum.
- 54 De energieoverdracht door mechanische en elektromagnetische golven aan de hand van verschillende verschijnselen, waaronder resonantie, illustreren. (F16)
- 55 De effecten van interactie tussen elektromagnetische straling en materie beschrijven aan de hand van verschijnselen zoals het foto-elektrisch effect en elektromagnetische spectra. (F11, F12)

### LEERINHOUDEN

- De vrije harmonische trilling: wiskundige en grafische voorstelling  
Uitwijking, amplitude, periode frequentie, pulsatie, fase, beginfase en faseverschil
- Massa-veersysteem en wiskundige slinger  
Terugroepkracht, formule voor de periode
- Lopende golven  
Soorten: transversaal-longitudinaal; mechanisch-elektromagnetisch  
Golfvergelijking: golflengte, golfsnelheid, frequentie en periode, golfgetal
- Beginsel van Huygens  
Eigenschappen van golven: terugkaatsing, breking, interferentie
- Toepassing van de voortplanting van mechanische golven: geluid  
Eenheid van geluidsniveau en meettoestel
- Elektromagnetische golven: eigenschappen, elektromagnetisch spectrum
- Resonantie
- Fotonen: foto-elektrisch effect  
Röntgenstraling: eigenschappen

### DIDACTISCHE WENKEN

Zowel trillingen als golven vormen voor de leerlingen een moeilijk leerstofonderdeel. Beide fenomenen bevatten immers een in de tijd niet lineair verlopende grootheid. Hier wordt in sterke mate beroep gedaan op het voorstellingsvermogen van de leerlingen. Hoewel ook voor andere leerstofonderdelen belangrijk, is het werkelijkheidskarakter van de nieuw in te voeren begrippen hier van groot belang. Het gebruik van demonstratieproeven is hier dan ook in hoge mate gewenst.

De bewegingsvergelijking  $y = A \sin(\omega t + \varphi)$  mag worden afgeleid via de projectie van een ECB op een verticale as. Deze formele afleiding kan door een eenvoudige waarnemingsproef ondersteund worden. De snelheid en versnelling van een harmonisch bewegend massapunt zijn uitbreiding. Leerlingen van de sterk wiskundige studierichtingen kunnen met behulp van afgeleiden de wiskundige uitdrukkingen van beide begrippen bepalen.

Als voorbeelden van harmonisch trillende systemen behandelen we het massa-veersysteem en de wiskundige slinger. Met behulp van de computer en de nodige randapparatuur (bv. de waterpotentiometer of afstandsensor) kunnen beide bewegingen visueel worden voorgesteld in een  $y(t)$ - of  $x(t)$ -diagram. Deze voorstellingen laten niet enkel toe de basisbegrippen amplitude, frequentie, periode ... concreet aan te wijzen maar met dezelfde opstelling kan de eigenschap van het isochronisme experimenteel worden geverifieerd.

Een lang touw en een slinkyveer op een nylon draad geschoven zijn zeer eenvoudige en doeltreffende middelen om het begrip golf in te voeren en de soorten golven op het vlak van de voortplanting aan te tonen. De eigenschappen van golven kunnen met een rimpeltank worden gedemonstreerd. Het geluid als golfverschijnsel leent zich uitstekend om de basisbegrippen voortplantingssnelheid, toonsterkte, toonhoogte en toonklank experimenteel aan te brengen. Het bespreken van geluidsintensiteiten van verschillende geluiden moet toelaten om het gebruik van de decibel als 'eenheid' van geluidsniveau te begrijpen. Het geluidsniveau wordt gemeten met een decibelmeter. Een geluidsgolf brengt, zoals alle golven, energie over. Resonantie speelt een rol in de leefomgeving (microgolfoven, broeikaseffect) en in de muziek en heeft in sommige gevallen catastrofale gevolgen (bv. Tacoma bridge).

Het is niet de bedoeling het foto-elektrisch effect of het ontstaan van röntgenstraling te verklaren of toe te lichten. Deze verschijnselen worden enkel als voorbeeld gebruikt om de interactie tussen elektromagnetische straling en de materie te kunnen illustreren. Dit kan indien men dit nodig vindt eveneens gebeuren door middel van het bespreken en tonen van spectra.

Wanneer we een elektroscop met bovenaan een geschuurd zinkplaatje (oxidelaag verwijderen) opladen met een gewreven pvc-staaf en daarna bestralen met een UV-lamp verdwijnt de uitwijking. Bij zichtbaar licht gebeurt er niets. Als we de elektroscop een positieve lading geven (laden met een gewreven glasstaaf) gebeurt er bij de bestraling ook niets. Uit nader onderzoek bleek dat het UV-licht (bestaande uit zogenaamde fotonen) elektronen uit een metaal kan losmaken. Dit verschijnsel noemt men het foto-elektrisch effect. Bij röntgenstraling gebeurt eigenlijk het omgekeerde namelijk kinetische energie van een elektron dat een metaal treft wordt omgezet in stralingsenergie van een foton. Röntgenstralen hebben naast een groot doordringend vermogen ook een ioniserende werking.

**Link:** Bij een aardbeving planten zich zowel transversale als longitudinale golven voort in de aarde (aardrijkskunde).

De onderliggende leerinhouden kunnen aanleiding geven tot leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

## 5 MINIMALE MATERIËLE VEREISTEN

Het noodzakelijke materiaal kan men opsplitsen in twee groepen. De infrastructuur van het gebruikte vaklokaal en het proevenmateriaal voor demonstratieproeven.

### 5.1 Inrichting van het lokaal

De leraar beschikt over een ruime en goed uitgeruste demonstratietafel met water- en energievoorziening. Een computer met interface en dataprojector en een aantal sensoren behoren tot de normale uitrusting van een modern fysicainstituut. Een aantal computers voor actief gebruik door leerlingen bieden eveneens een grote meerwaarde (zie 3.6). Verder is er een overheadprojector en projectiescherm voor het gebruik van transparanten.

Het lokaal moet verduisterd kunnen worden in verband met projectie. Binnen in het lokaal of aangrenzend, moet voldoende bergingsmogelijkheid aanwezig zijn voor het proevenmateriaal.

### 5.2 Proevenmateriaal

Voor het uitvoeren van demonstratieproeven wordt een beknopte opsomming gegeven van het nodige materiaal. Naast het basismateriaal zoals statieven, snoeren, elektrische componenten (schakelaar, weerstanden, weerstandsdraden, spoelen ...), meetapparatuur in de mechanica als (meetlatten, chronometer, ijkmassa's, dynamometers ...) en toestellen (bv. spanningsbron, meettoestellen voor spanning en stroom ...) beschikt men bij voorkeur over onderstaand specifiek materiaal voor het uitvoeren van demonstratieproeven.

Zoals reeds vermeld bij de leerinhouden moeten er minimum twee leerlingenproeven of onderzoekopdrachten worden uitgevoerd naar keuze. Een aanzet tot het bereiken van de onderzoekscompetenties is hiermee gegeven. Leerlingenproeven vereisen relatief eenvoudig materiaal en toestellen. Het leerlingenmateriaal kan dus in veelvoud worden aangeschaft zodanig dat de werkgroepjes voor het practicum uit twee of maximaal drie leerlingen bestaan.

## EERSTE LEERJAAR

### Elektrodynamica

- Klein materiaal voor het aantonen van ladingen
  - elektroscop
- Materiaal voor het afleiden van:
  - de wet van Ohm
  - de wet van Pouillet (**U**)
  - de stroom en spanningswetten
- Energie en vermogen van de elektrische stroom
  - gewone en automatische smeltveiligheden, aardlekschakelaar

### Elektromagnetisme

- Naald-, staaf- en U-vormige magneet, weekijzeren kernen
- Materiaal voor het aantonen van het magnetisch veld bij een rechte geleider, bij een cirkelvormige geleider en een solenoïde

### Elektromagnetische krachtwerking

- Materialen voor het aantonen van de Lorentzkracht
- Opbouwgelijkstroommotor

### Elektromagnetisch inductieverschijnsel

- Staafmagneet, spoel, galvanometer
- Opbouwgenerator

## TWEEDE LEERJAAR

### Kinematica

- Hellend vlak met wagentje of knikker of luchtkussen baan, of rijweg
- Valtoestel

### Dynamica

- De beginselen van Newton
  - toestellen uit de bewegingsleer en ijkmassa's
  - dynamometers
- Arbeid, vermogen en energie
  - veren en ijkmassa's

### Trillingen en golven

- harmonische trilling: spiraalveer, bladveer en slinger
- lopende golven
  - lange spiraalveer (slinky), touw of rubber darm
  - rimpeltank met toebehoren
  - triller voor het opwekken van mechanische trillingen
  - stemvorken met klankkasten



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

**Op het voorliggende leerplan kunt u als leraar ook reageren** en uw opmerkingen, zowel positief als negatief, aan de leerplancommissie meedelen via e-mail ([leerplannen@vsko.be](mailto:leerplannen@vsko.be)) of per brief (Dienst Leerplannen VVKSO, Guimardstraat 1, 1040 Brussel).

Vergeet niet te vermelden over welk leerplan u schrijft: vak, studierichting, graad, licapnummer. Langs dezelfde weg kunt u zich ook aanmelden om lid te worden van een leerplancommissie. In beide gevallen zal de Dienst Leerplannen zo snel mogelijk op uw schrijven reageren.

---

## 6 EVALUATIE

Alle leerlingen die naar het hoger onderwijs (van welke vorm dan ook) gaan, moeten in zekere mate leerstof op een zelfstandige manier kunnen verwerken en over een aantal algemene studievaardigheden beschikken (plannen, structureren, analyseren, reflecteren ...). Het moet hen in staat stellen om nieuwe kennis uit een ander domein dan de wetenschappen autonoom te verwerven en deze met reeds verworven kennis te integreren. Naast alle andere leervakken draagt ook fysica bij tot het verwerven van deze 'procedurele' kennis, die je gedurende je



gehele leven kunt inzetten bij allerlei vragen en problemen. Het is die kennis die je toelaat de leefwereld in kaart te brengen en maakt dat je permanent een lerende kunt zijn (kennis niet alleen als doel maar ook als gereedschap). Samengevat zijn het verwerven van wetenschappelijke geletterdheid, de vaardigheid om deze te hantieren in andere domeinen en het besef van de invloed van de wetenschappen op mens en maatschappij de belangrijkste doelen van 'Fysica als leervak'.

Daarenboven moeten de leerlingen de leerinhouden en vaardigheden die in fysica aan bod komen helpen om een adequate keuze te maken met betrekking tot een vervolgopleiding aansluitend bij de exacte wetenschappen en rekening houdend met de eigen mogelijkheden op het vlak van talent en zelfwerkzaamheid. Dit heeft niet allen zijn gevolgen voor de betrokkenheid van de leerling op het leren en het leerproces maar ook voor de manier en de frequentie van evalueren.

Van leerkrachten mag worden verwacht dat ze regelmatig de kennis en vaardigheden van de leerlingen toetsen. Een toets is een regelmatig terugkerend reflectief moment (mondeling of schriftelijk) waarbij men nakijkt wat de leerling inhoudelijk en procesmatig tot op dat ogenblik heeft verworven aan nieuwe kennis en cognitieve vaardigheden. Bovendien zal niet alleen het leerresultaat, maar ook het leerproces moeten worden begeleid en beoordeeld. Bij de beoordeling van het leerproces zijn de criteria minder duidelijk en doorzichtig, maar dat maakt de beoordeling niet minder waardevol. Toetsen krijgt met betrekking tot het bovenstaande een ruimere betekenis. Naast de klassieke overhoringen moet ook het permanente leer- en maakwerk voor het beoordelen in aanmerking komen. De permanente evaluatie van het proces en van het product laat de leerkracht toe indien nodig remediërend op te treden en bij te sturen.

Het heeft ook consequenties voor de opdrachten. Er moet een verschuiving plaatsvinden van louter schoolse opdrachten naar het gebruik van maatschappelijke en technische contexten (realistische fysica). Ze zijn een uitstekend middel om een aantal studievaardigheden te beoordelen (selecteren van hoofd- en bijzaken, maken van een overzichtelijk schema, vragen naar de betekenis van iets ...). Wellicht is de toegepaste en praktische benadering van de fysica de beste invalshoek om de 'wetenschappelijke geletterdheid' bij de leerlingen te activeren en te bevorderen. Bovendien zou het toetsen in het algemeen meer gebruikt moeten worden voor het verbeteren van de begeleiding en de advisering van de leerlingen en minder voor een constante selectie.

Een eindevaluatie heeft tot doel na te gaan in welke mate de leerling erin geslaagd is de algemene en vakgebonden doelstellingen te bereiken met inbegrip van de eindtermen. Veel van de huidige proefwerken zijn vooral gericht op het reproduceren van kennis en het toepassen van inzicht. De vragen moeten variëren in vorm en inhoud (open vragen, denk vragen, waar of vals vragen, meerkeuzevragen, vraagstukken, context- of tekstvragen ...), en zo goed mogelijk verdeeld zijn over alle mogelijke combinaties van leerinhouden en vaardigheden (het geven en toepassen van verbale, grafische en wiskundige omschrijvingen). In de algemene doelstellingen en vaardigheden komen een groot aantal doelen aan bod die te maken hebben met persoonlijke ontwikkeling, maatschappelijke vorming, keuze van de vervolgopleiding of de beroepskeuze en de daarbij horende communicatieve en sociale vaardigheden. Een aantal van deze vaardigheden kan niet op de traditionele manier door schriftelijke proefwerken getoetst worden. Hiermee kan rekening gehouden worden in de eindbeoordeling.

Leerlingen moeten weten hoe geëvalueerd wordt en hoe men met resultaten omgaat.

Bovenstaande maakt duidelijk dat het van belang is proefwerkopdrachten aan een kritische beoordeling te onderwerpen bv. is de vraagstelling realistisch, niet te complex, niet te overdadig beschreven, is het taalgebruik eenvoudig? Een eerste stap daartoe is het opstellen van een correctiemodel waardoor men de beschikbare tijd en de moeilijkheidsgraad beter kan inschatten. Van te voren opgestelde beoordelingscriteria maken bovendien een doorzichtige en objectieve beoordelingswijze duidelijker voor leerlingen en derden (ouders, directie, inspectie ...). Sommige handboeken hebben op het vlak van de vraagstelling al de nieuwe trend ingezet (meerkeuze-toetsen, contexten, opdrachten met grafieken en opzoeken van informatie ...) en de verschuiving gaat zeker verder evolueren (gebruik van de computer en internet, vragen en contexten op cd-rom ...). De vraagstelling zal eveneens op een voldoende geacht beheersingsniveau aan de nieuwe onderwijsaccenten moeten aangepast worden. Om in de toekomst creatief en efficiënt proefwerkopdrachten op te stellen zal een goed georganiseerde samenwerking tussen collega's van de vakwerkgroep (op niveau scholengemeenschap) wenselijk of zelfs noodzakelijk zijn.



## 7 BIBLIOGRAFIE

### Schoolboeken

De leraar zal de catalogi van de verschillende uitgeverijen raadplegen.

### Uitgaven van pedagogisch-didactische centra en navormingscentra

- Actieplan natuurwetenschappen, VVKSO, Brussel, maart 1993
- Didactische infrastructuur voor het onderwijs in de natuurwetenschappen, VVKSO, Brussel, mei 1993.
- Didactische materiaal voor het onderwijs in de natuurwetenschappen, VVKSO, Brussel, maart 1996.
- Centrum voor didactische vernieuwing (CDV), Pius X-instituut, VIIde Olympiadelaan 25, Antwerpen.
- Eekhoutcentrum, Didactisch Pedagogisch Centrum, Universitaire Campus, 8500 Kortrijk.
- DINAC, Bonnefantenstraat 1, 3500 Hasselt.
- PEDIC, Coupure Rechts 314, 9000 Gent.
- Vliebergh-Sencieleergangen: Fysica, Naamsestraat 61, 3000 Leuven.
- CNO, Campus Drie Eiken, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk.
- Kenniscentrum KaHo Sint-Lieven, Aalst, Gent, Sint Niklaas.
- CompaHSS, Arteveldehogeschool, Gent.

### Tijdschriften

- VELEWE, Tijdschrift van de vereniging van leraars in de wetenschappen, Molenveldwijk 30, 3271 Zichem.
- Exaktueel, Tijdschrift voor natuurkundeonderwijs (fysica in de krant), Afdeling Didactiek Natuurkunde KUN, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen.
- NVOX, Tijdschrift voor natuurwetenschappen op school, Westerse Drift 77, 9752 LC Haren.
- Impuls (NL) is een driemaandelijks blad van het APS voor leraren en toa's natuur-, scheikunde en biologie die lesgeven in de basisvorming en (de bovenbouw van) het vmbo (via <http://www.aps.nl/APSsite/Marktvensters/Natuur+en+Techniek/impuls/> alle informatie)
- Natuur Wetenschap & Techniek. Wetenschapsmagazine. Postbus 256, 1110 AG Diemen Nederland.

### Naslagwerken

- INAV, Informatieboek voor natuurwetenschappen in Vlaanderen, Plantyn.
- Wetenschappelijk Vademecum, Een synthese van de leerstof chemie en fysica, Pelckmans, 1998.
- Cahiers voor didactiek, Tijd voor fysicavraagstukken, Wolters/Plantyn, 1999.
- Werken met Grootheden en Wettelijke Eenheden, A. Angenon, die Keure, 1999.

### Digitaal materiaal

- Raadpleeg hiervoor het internet, waar op een aantal sites (o.a. van de DPB's) overzichten gegeven worden. Ook op elektronische leeromgevingen (eloV, <http://elov.vvkso.be>, of Smartschool, <http://dpbso.smartschool.be/>) vind je veel interessant ondersteunend lesmateriaal.

## 8 SUGGESTIES VOOR DE VRIJE RUIMTE

### 8.1 Algemeen

De lessentabellen voor de derde graad aso laten de scholen, afhankelijk van de studierichting, één tot vier uren ruimte. Dit is de Vrije ruimte. Een school/scholengemeenschap bepaalt autonoom hoe zij de basisvorming en het fundamentele gedeelte van de lessentabel aanvult tot 32 uren. De Vrije ruimte biedt een extra stimulans om als schoolteam verder werk te maken van onderwijsvernieuwing en om de lopende experimenten en projecten in het reguliere lestijdenpakket een plaats te geven. Het VVKSO suggereert, behalve invulling met vakken: zelfstandig leren/seminaries, overgang naar hoger onderwijs, vakoverschrijdende thema's, projecten en ook *clustering van vakken*.

Hieronder vind je een aantal voorbeelden van clustering. Het zijn suggesties met telkens vermelding van de betrokken vakken. Een bundeling van alle thema's vind je terug in het Inspiratiemap *Werken in de Vrije ruimte*. Hierin wordt ook aandacht besteed aan methodieken, inhouden, evaluatievormen en aan de praktische consequenties voor de schoolorganisatie (infrastructuur, uurrooster).

We hopen dat deze vakkencombinerende thema's je inspireren om met collega's een initiatief op maat van de studierichting(en) en van de school uit te werken. Een multidisciplinaire benadering kan, in combinatie met het uitdiepen van nieuwe didactische werkvormen, die ook al aan bod komen binnen het vak, een meerwaarde betekenen voor leraar én leerling.

### 8.2 Voorbeelden van vakkencombinerende samenwerking

#### 8.2.1 *Thema 1: Fysica en het menselijk lichaam - De bloedsomloop en het hart*

##### 8.2.1.1 Betrokken disciplines

Biologie, fysica

##### 8.2.1.2 Beschrijving

De cellen van ons lichaam vormen de basis van alle activiteit. Om goed te functioneren moeten zij het voedsel, dat wij eten, om kunnen zetten in energie. Voor deze omzetting is zuurstofgas nodig, die via de longen het lichaam binnenkomt. Verder moet de cel de bijproducten van de energieproductie, zoals CO<sub>2</sub>, water en warmte af kunnen voeren.

Het lichaam beschikt over vele biljoenen cellen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het transportsysteem dat deze cellen van voedingsstoffen voorziet, een wijdvertakt systeem is: de bloedsomloop.

Bloed vormt ongeveer 7 % van de lichaamsmassa, dat wil zeggen 4,5 liter bij een persoon van gemiddelde massa. Voor het vervoer van het bloed door het lichaam zorgen het bloedvatstelsel met het hart: het cardiovasculaire systeem.

Het vervoer van het bloed door het lichaam is van zo groot belang dat het hart bij de ontwikkeling van een embryo het eerste orgaan is dat ontwikkeld wordt. Acht weken na de bevruchting heeft de foetus al een pompend hartje! De werking van het hart verandert snel na de geboorte, wanneer er overgeschakeld moet worden op ademhaling via de longen.

De bespreking van de bloedsomloop ligt op het grensgebied van de fysica en de biologie. Het onderwerp biedt een groot aantal mogelijkheden tot het toepassen van fysische wetten en principes op biologisch terrein en geeft veel mogelijkheden voor contextrijk fysicaonderwijs. Zo kan de reactie van het hart bij het dichtslippen van een ader worden behandeld.

Natuurkundige verschijnselen zoals elektriciteit en magnetisme zijn al sinds vele eeuwen onderwerp van onderzoek. Dat deze verschijnselen ook in het menselijk lichaam een rol spelen is nog maar een betrekkelijke nieuwe ontdekking. Luigi Galvani deed in 1780 de eerste stap op dit gebied van de neurofysiologie met het onderzoek naar elektrische verschijnselen bij kikkers. Hij ontdekte dat het mogelijk was via stroomstoten een spier in een kikker te laten samentrekken. Daarna hebben vele onderzoekers aangetoond dat de complete controle en sturing van zenuwen, spieren en organen in het lichaam via elektrische pulsen gebeurt.

Van de reactie van spieren op elektrische prikkels wordt gebruik gemaakt bij het onderzoek naar de werking of de elektrische activiteit van het hart met behulp van het elektrocardiogram.

De studie van bloedsomloop en hart tonen aan dat er met de biologische werking van het menselijk lichaam veel fysische aspecten gepaard gaan.

### 8.2.1.3 Werkvormen

De vrije ruimte leent zich bij uitstek tot het gebruik van werkvormen die in het reguliere leerplan nauwelijks aan bod komen zoals, begeleid zelfstandig experimenteel en theoretisch werk (eventueel met behulp van ict), klas-sengesprek en -discussie, groepswerk, presentatie van eigen werk, uitvoeren van onderzoeksopdrachten, oplossen van problemen, projectwerk.

### 8.2.1.4 Bronnen

- Cameron J.R., Skofronick J.G., Medical Physics, Wiley, ISBN 094483278
- Biezeveld H., Mathot L., Scoop, Wolters-Noordhoff, ISBN 90 01 07634 3
- van Eijck M., Ellermeijer T., Goedhart M., Meten aan hart en bloedsomloop met Coach ... en dan?, Nvox, januari 2002, nr 1.
- Wetenschappelijke Bibliotheek, Natuur & Techniek

## 8.2.2 Thema 2: De macro- en de microcosmos

### 8.2.2.1 Betrokken disciplines

Aardrijkskunde, biologie, chemie, fysica

### 8.2.2.2 Beschrijving

4 fundamentele interacties (elektromagnetisme, gravitatie, zwakke en sterke wisselwerkingen) samen met de behoudswetten van energie, impuls en draaimoment liggen aan de basis van alle voorkomende interacties en structuren, van het allerkleinste tot het allergrootste, zowel in de chemie, de biologie als in de aardrijkskunde.

Verder is de Fysica een dienende wetenschap wanneer het er op aankomt informatie te verzamelen over die interacties en structuren. De analyse- en waarnemingsmethoden zijn voorbeelden van fysische principes.

Leervak	Onderwerpen	Analyse- of waarnemingsmethoden
Aardrijkskunde	Interacties en structuren binnen ons zonnestelsel, in melkwegen, in het heelal; stabiliteit van ons zonnestelsel, ringen rond planeten; ontstaan en evolutie van het heelal, een link naar elementaire deeltjes. Magnetisch veld van de aarde. Praktische toepassingen van de ruimtevaart. Soorten satellieten.	Soorten telescopen, magnitudemetingen van sterren, waarneming van interstellaire deeltjes, dopplereffect, opsporen van exoplaneten. Spectraalanalyse. Teledetectie. Analyse en bemonsteren van beelden (+ confrontatie met kaarten en met het terrein)
Biologie	Macromoleculen, hun interacties en structuren, energieoverwegingen bij biologische processen, informatie en communicatie in het lichaam, bloedstromen.	Elektroforese, scheiden van eiwitten met centrifuge, spectraalanalyse, bloeddrukmetingen, elektrocardiogrammen
Chemie	Bindingen, soorten bindingen, structuur van de bindingen, structuren van moleculen, chiraliteit.	Massaspectroscopie, IR spectroscopie, elektroforese, spectraalanalyse

### 8.2.2.3 Werkvormen

De vrije ruimte leent zich bij uitstek tot het gebruik van werkvormen die in het reguliere leerplan nauwelijks aan bod komen zoals, begeleid zelfstandig experimenteel en theoretisch werk (eventueel met behulp van ict), klassengesprek en -discussie, groepswork, presentatie van eigen werk, uitvoeren van onderzoeksopdrachten, oplossen van problemen, projectwerk, literatuurstudie, kaartanalyse, ict-techniek: werken met computerpakket BEO of LeoWorks, excursie.

### 8.2.2.4 Bronnen

- Biezeveld H., Mathot L., Scoop, Wolters-Noordhoff, ISBN 90 01 07638 6
- Hogenbirk P.G., Gravesteijn J., e.a., Natuurkunde Overal, Educaboek, ISBN 90 11 020871
- Klassieke Mechanica, Stichting Teleac 1989, ISBN 90 6533 208 1
- Beddegenoodts M., Hellemans J., Henderickx B., De zon in de klas (met cd-rom), Academische Lerarenopleiding KU Leuven, 2003
- Wetenschappelijke Bibliotheek, Natuur & Techniek
- Bosatlas 52ste editie (met toegang tot website waarop beelden van heel Nederland bekeken kunnen worden) + oefenmodule Remote Sensing
- BEO-cd-rom + BEO-website: principe teledetectie + oefenmodule Remote Sensing
- Eduspace website: met theoretische achtergrond Remote Sensing, beeldmateriaal van heel Europa + oefenmodule Remote Sensing LeoWorks
- NGI: scholenset met digitale topokaart + luchtfoto van schoolomgeving
- NGI: topografische kaarten + luchtfoto's
- Eurosense Belfotop: luchtfoto's

## **8.2.3 Thema 3: Natuurwetenschappelijk onderzoekend leren met informatietechnologie**

### **8.2.3.1 Betrokken disciplines**

Biologie, chemie, fysica

### **8.2.3.2 Beschrijving**

Naast de natuurkundige, chemische of biologische theorie en de oefeningen daarop gebaseerd is er nog de experimenteel natuurwetenschappelijke wereld. Bij experimenteren speelt heden ten dage de informatietechnologie een grote rol. Reeds op secundair niveau moeten we de leerlingen hiermee confronteren. Het is aan de natuurwetenschappen om een andere dimensie van deze technologie aan de leerlingen kenbaar te maken. De computer kan men gebruiken als virtueel laboratorium, als simulator van wetenschappelijke processen maar vooral als meetinstrument dat met sensoren de reële fysische, chemische en biologische wereld voelt en analyseert.

Wat zijn de voordelen van het omzetten van een natuurwetenschappelijke grootheid in een elektrisch signaal? Hoe werken sensoren? Wat is hun nauwkeurigheid? Wat zijn de aandachtspunten om tot een goede meting te komen? Hoe ga je kritisch om met resultaten? Naast het registreren en analyseren van data kunnen wetenschappelijke resultaten moet gepresenteerd worden.

Deze algemeenheden moeten geconcretiseerd worden in metingen die de wetenschapsleraren nauw aan het hart liggen. Er zijn de biologische metingen aan plant, dier en mens. In de chemie vinden we metingen van reactiesnelheden, van zuurtegraden of elektrisch geleidbaarheidsvermogen van stoffen. Ook natuurkundige metingen van bewegingen en trillingen, krachten en magnetische velden zijn hier van toepassing. Men kan allerlei combinaties van wetenschappen aan bod laten komen.

Er zijn ook mogelijkheden om de computer te leren gebruiken als een virtueel laboratorium. De leerlingen leren eenvoudige processen te simuleren, wat de sterke en zwakke punten van een simulatie zijn. Ze leren hoe de simulatie een grote realiteitswaarde kan hebben en zelfs kan gebruikt worden in de film- en game-industrie.

Het is niet de bedoeling de leerlingen te confronteren met veel nieuwe leerstofinhoud maar hen vooral aan het werk te zetten op een kritisch wetenschappelijke manier en hen gestuurd zelfstandig onderzoekend te leren. Het samenwerken in een experimenteel team vergt sociale vaardigheden die later zeker aan bod zullen komen. Het thema biedt de kans tot een uitstekende opstap voor jonge mensen naar een uitdagende hoogtechnologische wereld.

### **8.2.3.3 Werkvormen**

De vrije ruimte leent zich bij uitstek tot het gebruik van werkvormen die in het reguliere leerplan nauwelijks aan bod komen zoals, begeleid zelfstandig experimenteel en theoretisch werk (eventueel met behulp van ICT), klassengesprek en -discussie, groepswork, presentatie van eigen werk, uitvoeren van onderzoeksopdrachten, oplossen van problemen, projectwerk.

### **8.2.3.4 Bronnen**

Daar experimenten uitvoeren met de computer nauw samenhangt met het interfacesysteem dat men hiervoor gebruikt, vindt men kant en klare proeven bij de verdelers van deze systemen. Ook veel simulatieprogramma's zijn bij deze verdelers van didactisch materiaal te verkrijgen.

Bij deze verdelers kan men ook te weten komen welke leraren met het systeem werken. De informatie die men kan krijgen van leraren die reeds hiermee ervaring hebben opgedaan is goud waard.

## 8.2.4 Thema 4: Wetenschappelijke literatuur

### 8.2.4.1 Betrokken disciplines

Aardrijkskunde, biologie, chemie, fysica, Nederlands, Frans, Engels, Duits, Klassieke talen, geschiedenis, plastische opvoeding, gedragswetenschappen

### 8.2.4.2 Beschrijving

Bedoeling is wetenschappelijke teksten met natuurwetenschappelijke diepgang te lezen, te bespreken, te bediscussieren of te verwerken aan de hand van opdrachten. De leraar talen begeleidt de leerlingen bij de analyse van de taalaspecten, opbouw en structureigenschappen, woordbetekenissen en een eventuele vertaling vanuit of naar een moderne vreemde taal of vanuit een klassieke taal. De leraar wetenschappen helpt bij de hertaling, geeft toelichting en speurt mee naar natuurwetenschappelijke verduidelijkingen, uitdieping en illustraties in de brede betekenis van het woord. Bij een gevarieerde keuze van de teksten kan men komen tot een mooie synthese van de natuurwetenschappen. Teksten worden gekozen in overleg tussen de betrokken leraren en de leerlingen. Door leerlingen aangebrachte onderwerpen kennen ongetwijfeld een verzekerde interesse.

Allerlei teksten uit natuurwetenschappelijke tijdschriften, kranten en folders, van het internet en kaderend rond inhouden van de natuurwetenschappen komen in aanmerking. De inhoud kan ook geëvalueerd worden naar exactheid en worden getoetst aan de inhoud van andere teksten, eventueel experimenteel worden uitgetest. Leerlingen kunnen rond een thema naar keuze individueel of in groepjes een zelfstudie verrichten, een presentatie voorbereiden en brengen als spreekoefening.

Onderwerpen die aan bod kunnen komen:

- Natuurwetenschappelijke actualiteit
- Milieuproblemen en de oplossing ervan geboden door de natuurwetenschappen
- Nieuwe technologieën
- Nieuwe materialen, hun eigenschappen en gebruik
- Ethische aspecten van de natuurwetenschappen
- Geschiedenis van de natuurwetenschappen of het historische verhaal van de conceptuele ontwikkelingen van de natuurwetenschappen geplaatst in hun tijdskader
- Natuurwetenschappen en geschiedenis of hoe wetenschappelijke kennis en geschiedenis elkaar beïnvloeden, met speciale aandacht voor de onderliggende veranderingen in mens- en vooral wereldbeeld (zie ook Geschiedenis, thema 1)
- Maatschappelijke impact van natuurwetenschappelijke ontdekkingen (zie ook Godsdienst, thema 3)
- Wetenschapsfilosofie
- Natuurwetenschappen en gezondheid
- Natuurwetenschappen en fotografie
- Natuurwetenschappen en sport (zie Lichamelijke opvoeding, thema 1)
- Natuurwetenschappen en kunst (zie ook Plastische opvoeding - thema 1 en thema 5)
- Natuurwetenschappenmisdad en misdadopheldering
- Natuurwetenschappen in de Oudheid (zie ook Klassieke talen - thema 3)
- Astronomie en kosmografie
- Biografie van natuurwetenschappers (zie ook Duits - thema 2)
- Belangrijke vrouwen in de natuurwetenschappen

– ....

### 8.2.4.3 Werkvormen

Klassikale lectuur of zelfstudiepakket, beantwoorden van vragen of uitvoeren van opdrachten in verband met de tekstinhoud, eventueel de tekst vertalen, herschrijven naar een breder publiek, een standpunt formuleren, een presentatie voorbereiden (zie ook Plastische opvoeding - thema 1), een spreekbeurt brengen ....

### 8.2.4.4 Bronnen

- Allerlei tijdschriften zoals MENS, EOS, Natuurwetenschap & Techniek, Kosmos, National Geographic, Scientific American, Dossiers pour la Science, Découverte, Science & Vie ... Wetenschappelijke documentaires en beeldmateriaal zoals uitgezonden door 'National Geographic' kunnen moeilijkere onderwerpen toegankelijker maken.
- Tekstboeken over natuurwetenschappen in Moderne vreemde talen.
- Natuurwetenschappen en ethiek: tegenspraak of samenspraak? Dossiers voor de klaspraktijk – VVKSO
- Uitgaven van De Wetenschappelijke Bibliotheek. Natuurwetenschap & Techniek
- Uitgaven van De Wetenschappelijke Biografie. Natuurwetenschap & Techniek
- Uitgaven van Fedichem (www.fedichem.be) zoals:
  - Biotechnologie
  - Jij en chemie
  - Chemie verhoogt de sportieve prestaties
  - Geen duurzame ontwikkeling zonder chemie
- Extracten uit werken van Max Wildiers, Etienne Vermeersch, Paul Schotsmans, Gerard Bodifée, ...
- Extracten uit Lessen voor de eenentwintigste eeuw, Universitaire Pers Leuven en Davidsfonds
- Toneelstuk Copenhagen – Michael Frayn
- Tekstmateriaal geplukt van het internet

## 8.3 Bijkomende suggesties

### – Fysica en geschiedenis

Studie van de Fysica in historisch perspectief. Impact op politiek denken. Invloed van technologische vernieuwing op het denken. Invloed van wetenschappers tijdens oorlogen.

### – Fysica en biologie

De natuurkundige mens, van zintuig tot bloedsomloop. Biomechanica. Elektriciteit in het lichaam. Dieren en hun beweging. Bio-energie. Biosensoren. Fysica van de cel. Natuurkunde in de gezondheidszorg. Fysica in het ziekenhuis.

### – Fysica en chemie

Studie van de atomaire verbinding op fysisch niveau. Fysische grootheden van plastics, keramische materialen. Watermolecule. Kleuren. Fluorescentie. Holografie. Fotografie.

### – Fysica en taal

Welke woorden bestaan er in onze taal die verbinding hebben met fysica? Hoe komen ze daar, wanneer zijn ze in voege getreden? Waarom worden sommige natuurkundige woorden in de spreektaal anders geïnterpreteerd dan in de wetenschappelijke taal. Welke romanschrijvers zijn natuurkundigen? Sciencefiction en natuurkunde.

Natuurkunde in het stripverhaal. Litteratuur en wetenschap. Het beste wetenschappelijke boek. Wetenschappelijke bestsellers.

– **Fysica en sport**

Beweegmechanica van het menselijk lichaam. Hulpstukken in de sport, van schaats tot polstok. Fietsen en aerodynamica. Formule 1-racen, hoe maak je de beste bocht?

– **Fysica en verkeersopvoeding**

Botsingen. Verbeteren van de passieve veiligheid. Remafstand. Zichtbaarheid door betere kleuren, fluorescentie en fosforescentie. Waarschuwinglichten.

– **Fysica en aardrijkskunde**

De fysica van de vulkaan. Het weer als fysisch verschijnsel. Fysica van sterren en planeten. Satellietbanen. Wereldenergieproblemen. Fysica en milieu. Duurzame energie.

– **Fysica, kunst en media**

Hoe technologie een impact heeft op de kunstcreaties. Muziek en trillingen. Ontwerp van muziekinstrumenten op natuurkundige basis. De beste wetenschappelijke film. Hoe maak je een wetenschappelijke documentaire?

– **Fysica en informatica**

Maken van fysische simulaties. Hoe gebruiken de gamemakers fysische formules? Hoe eenvoudige fysische processen programmeren. Computer als sensor.

– **Fysica en filosofie/religie**

Studie van wetenschapsfilosofen. Hoe beïnvloedt het natuurkundig denken de religie. Katholieke kerk en wetenschappen in historisch perspectief. Is wetenschap realiteit? Is er een theorie van het alles? Is ook de mens een toeval? Chaos en zijn.

– **Fysica en wiskunde**

Differentialen in de natuurkunde. Lissajousfiguren. Fourieranalyse. Kegelsneden en banen van deeltjes in verschillende velden. Integreren in natuurkundig perspectief. Numeriek oplossen van natuurkundige vraagstukken. Statistiek in de natuurkunde.

– **Fysica en sociologie/economie**

Fysica en werkgelegenheid. Fysica in Europees perspectief: ESA, ESO, CERN ... Hoe producten plots belangrijk werden door natuurkundige uitvinding bv. uranium.

– **Fysica en aardrijkskunde, biologie en chemie**

Weer en klimaat: bij sommige mensen wordt het humeur danig beïnvloed door regen of zonnenschijn. Bij anderen bepaalt het weer of gemaakte plannen doorgang kunnen vinden. Het weer beïnvloedt niet allen ons privé leven maar heel onze leefomgeving bv. Land- en tuinbouw, de bouwnijverheid, vrachtverkeer, luchtvaart.



## 9 EINDTERMEN

### 9.1 Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen

Gemeenschappelijke eindtermen gelden voor het geheel van de wetenschappen en worden op een voor de tweede graad aangepast beheersingsniveau aangeboden.

#### 9.1.1 *Onderzoekend leren / leren onderzoeken*

Met betrekking tot een concreet wetenschappelijk of toegepast wetenschappelijk probleem, vraagstelling of fenomeen kunnen de leerlingen

- 1 relevante parameters of gegevens aangeven, hierover informatie opzoeken en deze oordeelkundig aanwenden;
- 2 een eigen hypothese (bewering, verwachting) formuleren en aangeven hoe deze kan worden onderzocht;
- 3 voorwaarden en omstandigheden die een hypothese (bewering, verwachting) weerleggen of ondersteunen, herkennen of aangeven;
- 4 ideeën en informatie verzamelen om een hypothese (bewering, verwachting) te testen en te illustreren;
- 5 omstandigheden die een waargenomen effect kunnen beïnvloeden, inschatten;
- 6 aangeven welke factoren een rol kunnen spelen en hoe ze kunnen worden onderzocht;
- 7 resultaten van experimenten en waarnemingen afwegen tegenover de te verwachte, rekening houdende met de omstandigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden;
- 8 resultaten van experimenten en waarnemingen verantwoord en bij wijze van hypothese, veralgemenen;
- 9 experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit de leefwereld verbinden;
- 10 doelgericht, vanuit een hypothese of verwachting, waarnemen;
- 11 waarnemings- en andere gegevens mondeling en schriftelijk verwoorden en weergeven in tabellen, grafieken, schema's of formules;
- 12 alleen of in groep, een opdracht uitvoeren en er een verslag over uitbrengen.

#### 9.1.2 *Wetenschap en samenleving*

De leerlingen kunnen met betrekking tot vakinhouden van de vakspecifieke eindtermen

- 13 voorbeelden geven van mijlpalen in de historische en conceptuele ontwikkeling van de natuurwetenschappen en ze in een tijds kader plaatsen;
- 14 met een voorbeeld verduidelijken hoe de genese en de acceptatie van nieuwe begrippen en theorieën verlopen;
- 15 de wisselwerking tussen de natuurwetenschappen, de technologische ontwikkeling en de leefomstandigheden van de mens met een voorbeeld illustreren;
- 16 een voorbeeld geven van nadelige (neven)effecten van natuurwetenschappelijke toepassingen;
- 17 met een voorbeeld sociale en ecologische gevolgen van natuurwetenschappelijke toepassingen illustreren;
- 18 met een voorbeeld illustreren dat economische en ecologische belangen de ontwikkeling van de natuurwetenschappen kunnen richten, bevorderen of vertragen;

- 19 met een voorbeeld de wisselwerking tussen natuurwetenschappelijke en filosofische opvattingen over de werkelijkheid illustreren;
- 20 met een voorbeeld verduidelijken dat natuurwetenschappen behoren tot cultuur, nl. verworven opvattingen die door meerdere personen worden gedeeld en die aan anderen overdraagbaar zijn;
- 21 met een voorbeeld de ethische dimensie van natuurwetenschappen illustreren.

### 9.1.3 Attitudes

De leerlingen

- \*22 zijn gemotiveerd om een eigen mening te verwoorden;
- \*23 houden rekening met de mening van anderen;
- \*24 zijn bereid om resultaten van zelfstandige opdrachten objectief voor te stellen;
- \*25 zijn bereid om samen te werken;
- \*26 onderscheiden feiten van meningen of vermoedens;
- \*27 beoordelen eigen werk en werk van anderen kritisch en objectief;
- \*28 trekken conclusies die ze kunnen verantwoorden;
- \*29 hebben aandacht voor het correct en nauwkeurig gebruik van wetenschappelijke terminologie, symbolen, eenheden en data;
- \*30 zijn ingesteld op het veilig en milieubewust uitvoeren van een experiment;
- \*31 houden zich aan de instructies en voorschriften bij het uitvoeren van opdrachten.

## 9.2 Vakgebonden eindtermen fysica

### 9.2.1 Algemene eindtermen

Algemene eindtermen zijn vakgebonden eindtermen die niet aan één welbepaalde vakinhoud zijn gebonden.

De leerlingen kunnen

- F1 grootheden uit onderstaande tabel
- benoemen,
  - de eenheid ervan aangeven,
  - definiëren in woorden en met behulp van de formule de eenheid aangeven,
  - het verband leggen tussen deze eenheid en de basiseenheden uit het SI- eenhedenstelsel,
  - de formule toepassen.

Grootheid	Symbol	Eenheid	Formule
Versnelling bij E.V.R.B.	$a$	m/s <sup>2</sup>	$a = \Delta v / \Delta t$
Snelheid bij E.C.B.	$v$	m/s	$v = 2\pi r / T$
Periode	$T$	s	
Frequentie	$f$	Hz	$f = 1/T$
Hoeksnelheid bij E.C.B.	$\omega$	rad/s	$\omega = 2\pi / T$

Grootheid	Symbol	Eenheid	Formule
Centripetaalversnelling	$A$	m/s <sup>2</sup>	$A = v^2/r$
Neutronental	$N$		
Atoomnummer	$Z$		
Massagetal	$A$		$A = Z + N$
Lading	$Q$	C	
Halveringstijd	$T_{1/2}$	s	
Stralingsactiviteit	$A$	Bq	
Magnetische inductie	$B$	T	
Geluidsniveau	$L$	dB	
Uitwijking van H.T.			$y(t) = A \sin \omega t$ of $s(t) = r \sin \omega t$
Golflengte	$\lambda$	m	$\lambda = vT$
Golfsnelheid	$V$	m/s	$V = \lambda \cdot T$
Elektrische spanning	$U$	V	$U = W/Q$
Elektrische stroomsterkte	$I$	A	$I = \Delta Q / \Delta t$
Ohmse weerstand	$R$	$\Omega$	$R = U/I$
Vermogen bij ohmse weerstand	$P$	W	$P = U I$

- F2 het belang van behoudswetten illustreren;
- F3 met voorbeelden uitleggen dat opeenvolgende energieomzettingen, met de daarmee gepaard gaande degradatie van energie, de evolutie van het fysische systeem bepaalt;
- F4 in concrete toepassingen de grootteorde van fysische grootheden aangeven;
- F5 aangeven met welk instrument volgende fysische grootheden gemeten kunnen worden: geluidsniveau, magnetische inductie, stralingsactiviteit;
- F6 fysische informatie in gedrukte bronnen langs elektronische weg systematisch opzoeken en weergeven in grafieken, diagrammen, desgevallend met behulp van ict;
- F7 het belang van fysische kennis in verschillende opleidingen en beroepen illustreren.

### 9.2.2 Vakinhoudelijke eindtermen

De inhoudelijke eindtermen worden gerealiseerd in leersituaties die op een evenwichtige wijze steunen op de pijlers van fysica als wetenschap, als maatschappelijk verschijnsel en als toegepaste en praktische wetenschap.

### 9.2.2.1 Beweging en kracht

De leerlingen kunnen

- F8 de beweging van een voorwerp beschrijven in termen van positie, snelheid en versnelling (eenparig versnelde en eenparig cirkelvormige beweging);
- F9 de invloed van de resulterende kracht en van de massa op de verandering van de bewegingstoestand van een voorwerp kwalitatief beschrijven;
- F10 de wet van behoud van energie toepassen.

### 9.2.2.2 Materie en straling

De leerlingen kunnen

- F11 de effecten van de interactie tussen elektromagnetische straling en materie beschrijven aan de hand van verschijnselen zoals het foto-elektrisch effect en elektromagnetische spectra;
- F12 de oorsprong en enkele toepassingen van natuurlijke en kunstmatig opgewekte ioniserende straling beschrijven;
- F13  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -straling van elkaar onderscheiden op basis van hun eigenschappen (aard, lading, energie); het vervalproces waarbij ze uit een radionuclide worden gevormd beschrijven en dit proces karakteriseren met behulp van de halveringstijd.

### 9.2.2.3 Trillingen en golven

De leerlingen kunnen

- F14 de oorzaak en eigenschappen van een harmonische trilling omschrijven en in concrete voorbeelden illustreren;
- F15 met behulp van het golfmodel interferentie, terugkaatsing en breking van licht of geluid beschrijven;
- F16 de energieoverdracht door mechanische en elektromagnetische golven aan de hand van verschillende verschijnselen, waaronder resonantie, illustreren.

### 9.2.2.4 Elektriciteit en magnetisme

De leerlingen kunnen

- F17 het verband leggen tussen elektrische spanning, verandering van elektrische potentiële energie en elektrische lading;
- F18 voor een geleider in een gelijkstroomkring het verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand toepassen;
- F19 de energieomzettingen in elektrische schakelingen met voorbeelden illustreren en het vermogen berekenen;
- F20 met voorbeelden illustreren dat ladingen in beweging aanleiding geven tot magnetische krachten;
- F21 met behulp van elektrische kracht de werking van de elektrische motor beschrijven;
- F22 met behulp van elektromagnetische inductie de werking van de generator beschrijven.