FYSICA

DERDE GRAAD ASO

(GRIEKS-WETENSCHAPPEN, LATIJN-WETENSCHAPPEN, MODERNE TALEN-WETENSCHAPPEN, WETENSCHAPPEN-SPORT, WETENSCHAPPEN-WISKUNDE)

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

september 2006
LICAP – BRUSSEL D/2006/0279/058

FYSICA
DERDE GRAAD ASO
(GRIEKS-WETENSCHAPPEN, LATIJN-WETENSCHAPPEN, MODERNE TALEN-WETENSCHAPPEN, WETENSCHAPPEN-SPORT, WETENSCHAPPEN-WISKUNDE)

LEERPLAN SECUNDAIR ONDERWIJS

LICAP – BRUSSEL D/2006/0279/058
(vervangt leerplan D/2004/0279/037 met ingang van september 2006)
ISBN 978-90-6858-701-2

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

Inhoud

1 BEGINSITUATIE 5

2 ALGEMENE DOELSTELLINGEN EN GEMEENSCHAPPELIJKE EINDTERMEN 5
2.1 Algemene doelstellingen 5
2.2 Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen 7
2.3 Decretale specifieke eindtermen 7

3 ALGEMENE PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN 8
3.1 Taak van de leraar 8
3.2 Werkvormen 9
3.3 Jaarplanning 9
3.4 Toepassingen en vraagstukken 11
3.5 Contexten 12
3.6 Informatie- en communicatietechnologie (ict) 12
3.7 Veiligheid en milieuaspecten 13

4 LEERPLANDOELSTELLINGEN, LEERINHOUDEN, PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN 14
4.1 Leerlingenpracticum 15
4.2 Elektrodynamica 16
4.3 Elektromagnetisme 21
4.4 Kernfysica 23
4.5 Leerlingenpracticum 26
4.6 Kinematica 27
4.7 Dynamica 29
4.8 Arbeid, vermogen, energie 31
4.9 Krachtstoot en botsingen 32
4.10 De eenparige cirkelbeweging 32
4.11 Periodieke verschijnselen 33
4.12 Fundamentele wisselwerkingen 35

5 MINIMALE MATERIËLE VEREISTEN 35

6 EVALUATIE 37

7 BIBLIOGRAFIE 39

8 SUGGESTIES VOOR DE VRIJE RUIMTE 40
8.1 Algemeen 40
8.2 Voorbeelden van vakkencombinerende samenwerking 40
8.3 Bijkomende suggesties 45

9 EINDTERMEN 47
9.1 Gemeenschappelijke eindtermen voor wetenschappen 47
9.2 Vakgebonden eindtermen fysica 48
9.3 Decretale specifieke eindtermen 51

1 BEGINSITUATIE

De leerlingen in deze groep tonen door hun keuze van de studierichting een positieve interesse voor Wetenschappen. In het fundamenteel gedeelte van de gekozen studierichting volgen ze 14 graaduren wetenschappen. Een groot aantal van deze leerlingen heeft in de tweede graad de studierichting Wetenschappen gevolgd met 5 uur wiskunde per week en 2 uur fysica per week in het fundamenteel gedeelte. Ze hebben de daaraan verbonden algemene eindtermen voor wetenschappen en de vakgebonden eindtermen en specifieke eindtermen voor de pool wetenschappen nagestreefd. De anderen komen uit studierichtingen met 1 uur fysica per week en 4 uur of 5 uur wiskunde per week in de basisvorming en hebben de daaraan gekoppelde eindtermen nagestreefd. Het feit dat deze laatste groep leerlingen kiest om vanuit een basisniveau wetenschappen in de tweede graad over te gaan naar een gevorderd niveau in de derde graad wijst op een positieve ingesteldheid voor de exact-wetenschappelijke vormingscomponent.

De voorkennis van fysische concepten en wetten betreft de structuur van de materie (deeltjesmodel), de geometrische optica (accent op breking en lenzen), een elementaire behandeling van de basisbegrippen uit de mechanica (kracht en beweging, druk, arbeid, energie en vermogen), de gaswetten, warmte en energetische aspecten van de faseovergangen (zie leerplanbrochures D/2006/0279/055 en D/2006/0279/056).

Naast het aanleren van fysische feitenkennis is eveneens in de tweede graad de nodige aandacht besteed aan het bijbrengen van vaardigheden die het inoefenen en toepassen van de feitenkennis effectief maken zoals ICT- en studievaardigheden, gebruik van instrumenten en apparaten, uitvoeren van experimenten, meten en verwerken van meetresultaten, tekenen en interpreteren van grafieken (recht evenredig verband, omgekeerd evenredig verband, vergelijking van een rechte). De leerlingen die in de tweede graad enkel de basisvorming voor wetenschappen hebben gevolgd hebben sommige leerinhouden (breking van het licht, gaswetten, faseovergangen) en vaardigheden (experimenteer- en probleemoplossende vaardigheden) wat bondiger gezien of ingeoefend.

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 attituden om die kennis optimaal te kunnen gebruiken. Dit geheel aan kennis, vaardigheden, inzichten en attituden 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 zoals extra onderwerpen (meer feitenkennis), extra details, hoger abstractieniveau, meer verklaringsgericht, aanleren van experimenteer en onderzoeksvaardigheden, inoefenen van een grotere formule- en oplossingsvaardigheid (training en analyse in aanpak van problemen). Theorieën en modellen die in de basisvorming op een inductief-fenomenologische en kwalitatie-

ve wijze worden uitgebouwd, kunnen in studierichtingen met Fysica in het fundamenteel gedeelte deductiever worden afgeleid (leren redeneren), abstracter geformuleerd en toegepast. In het fundamenteel gedeelte gaat het niet enkel om een bredere en diepere kennis van de basisstructuren, want hier bestaat het gevaar dat de kennis van 'het vak' doel op zich gaat worden. De leerlingen moeten ook zoals in de basisvorming leren om een relatie te leggen tussen hun schoolse kennis en de technisch-technologische en maatschappelijke wereld waarin ze leven. Rekening houdend met de interesse van de leerlingen zal men zich hier niet uitsluitend beperken tot het bespreken van de klassieke technische toepassingen. Men moet het aandurven om moderne technische toepassingen, die voor leerlingen nieuw en onbekend zijn en daardoor dikwijls spannend en uitdagend (maatschappelijke- en milieuproblemen en ethische vragen), te behandelen. Door het verschil in aanpak en verwerking van de leerinhouden kan een hoger beheersingsniveau van de na te streven doelen worden bereikt dan bij de basisvorming.

De algemene doelstellingen voor het fundamenteel gedeelte richten zich op:

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. Hiervoor kan men best aansluiten bij het hierna volgend voorstel afgesproken tussen de leerplancommissies biologie, chemie en fysica.

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 inhouden krijgt de invloed van de fysica op mens en maatschappij (de socioculturele 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 leraar 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.

2.3 Decretale specifieke eindtermen

Volgens afspraken in de Coördinatiecommissie Natuurwetenschappen moeten een aantal decretale specifieke eindtermen(SET) door fysica nagestreefd worden. De tabel 9.3 geeft hiervan een overzicht. Zij worden bij de leerplandoelstellingen vermeld als bijvoorbeeld (SET12).

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.

Bovendien heeft het curriculum ten overstaan van het vorige leerplan enkele vernieuwingen ondergaan. De achtergrond daarvan wordt enerzijds gevormd door de voortdurende noodzaak tot een updating en een noodzakelijke aanpassing aan de na te streven eindtermen. Daardoor worden bepaalde leerinhouden gereduceerd (elektrische structuur van de vaste stof, kinematica), andere worden voor het eerst ingevoerd of uitgebreid (kernfysica, periodieke verschijnselen, moderne fysica).

3.1 Taak van de leraar

Kennisverwerving is niet exclusief een passief aanvaardend proces maar ook actief en constructief. Bij deze visie staat het leerproces van de leerling centraal. Vaak voert de leraar nog de meeste activiteiten uit en ondergaat de leerling het leerproces passief. Leren gebeurt vooral 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 leeractiviteiten te ontwerpen, te begeleiden en het resultaat te evalueren. Naast het opdoen van kennis moet de leerling deze kennis correct kunnen gebruiken en/of toepassen. Binnen de lespraktijk mag de leraar daarom niet alleen aandacht hebben voor het verwerven van vakspecifieke leerinhouden (kennisoverdracht). Hij moet verschillende leeractiviteiten implementeren die een brede verwerking van de leerstof mogelijk maken, zoals ordenen, vergelijken, inductief redeneren (besluiten trekken uit waarnemingen), deductief redeneren (voorspellen), abstraheren en formaliseren (toepassen van modellen en formules), analyseren, probleemoplossend denken ... Leerlingen bouwen met dit soort opdrachten zelf hun kennen en kunnen op (leren leren, zelfstandig leren, actief leren). Het is een uitdaging voor de leraar om in het fysicaonderwijs deze leeractiviteiten te implementeren 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 bij het laten uitvoeren van een leerlingenproef. Ook moeten metacognitieve vaardigheden en activiteiten aan bod komen waardoor de leerling in staat is om het eigen leerproces te reguleren en te evalueren. De leraar moet hierbij aangepaste werkvormen hanteren.

De verschuiving van product- naar procesgericht onderwijs waarbij de vaardigheid in het gebruik van cognitieve en metacognitieve leeractiviteiten centraal staat, moet tot een diepere en ook een gewijzigde verwerking van de leerstof leiden. Bepaalde vaardigheden (begrijpen en onthouden, integreren, toepassen) zullen in samenhang met het aanbrengen van de leerinhouden moeten worden aangeleerd en ingeoefend. Hierbij verschuift de rol van de leraar van een docerende en instruerende naar een meer begeleidende rol met andere woorden van een leraargestuurd naar een meer leerlingengestuurd fysicaonderwijs.

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 binnen de doorsnede liggen van twee vakken: met de collega's wiskunde (oplossen van kwadratische vergelijkingen, exponentiële functies, afgeleiden, integralen …), met de collega's informatica (gebruik maken van de computer voor interactieve fysica, tekstverwerking, spreadsheet, tekenen van grafieken …), met de collega's chemie (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

Om de geformuleerde doelstellingen en vaardigheden te bereiken zijn er verschillende werkvormen. Dit pleit voor een gevarieerde aanbieding van de leerstof want leerlingen moeten in de les meer doen dan enkel noteren en luisteren (cognitieve overdracht van informatie). Nog altijd is bij vele leraren het frontaal lesgeven een te belangrijk en te tijdrovend lessenonderdeel. Niet zelden vullen zij er de hele les mee in de hoop op die manier zoveel mogelijk informatie over te dragen. Dergelijke manier van lesgeven laat leerlingen in de veronderstelling dat fysica slechts een opeenstapeling is van feiten en formules. De meeste leerlingen beleven dergelijke lessen meestal als saai en weinig enthousiasmerend. Uitsluitend frontaal lesgeven of doceren mogen we als een gedateerde en achterhaalde vorm van kennisoverdracht beschouwen. Informatie kan niet alleen van cognitieve, maar ook van affectieve en motorische aard zijn. We geven de voorkeur aan die werkvormen waarbij alle aspecten van het leren aan bod komen en die het '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 (basisinformatie en standaardvaardigheden aanleren en helpen verwerken), een open maar actief onderwijsleergesprek waarbij leerlingen hun kennis kunnen zichtbaar maken, samenwerkend leren (groepswerk), begeleid zelfstandig leren, uitdagende opdrachten, uitvoeren van leerlingenproeven en haalbare 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.

Met dit leerplan beoogt men een basis van de fysica te leggen door een grondige behandeling van bepaalde domeinen van de klassieke fysica in hun tweeledig aspect: het theoretische en het experimentele. Daarenboven wil het de leerlingen laten kennis maken met enkele verschijnselen die ontdekt en verklaard werden in de eerste helft van de twintigste eeuw de zogenaamde 'moderne fysica'.

Demonstratieproeven en leerlingenpractica doen het proefondervindelijk karakter van de fysica tot zijn recht komen. De leerlingenpractica leveren bovendien een bijdrage tot het zelfstandig leren verwerken van de leerstof en het ontwikkelen van praktische en onderzoeksvaardigheden. Van leerlingen mag verwacht worden dat ze op het einde van de derde graad een meting kunnen uitvoeren, meetresultaten kunnen verwerken en interpreteren en er een mondeling of schriftelijk verslag kunnen over uitbrengen.

3.3 Jaarplanning

Het afwerken van dit 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 leraar om zelf bepaalde accenten te leggen. De leraar, 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 en via contexten of het bespreken van technische toepassingen wijzen 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 behoort.

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

Eerste leerjaar	**Aantal uren**
1 Elektrodynamica - structuur van de materie - elektrisch veld en elektrische potentiaal - basisbegrippen i.v.m. de elektrische stroom - elektrische weestand en structuur van metalen - energie en vermogen van een elektrische stroom - schakelen van weerstanden - niet-ideale spanningsbron - elektrische structuur van de halfgeleider	22
2 Elektromagnetisme - permanente magneten - elektromagnetisch veld - verklaring van het magnetisme bij permanente magneten - elektromagnetische krachtwerking - magnetisch inductieverschijnsel	18
3 Kernfysica - structuur van de atoomkern - natuurlijke radioactiviteit - kunstmatige radioactiviteit - toepassingen en gevaren van radioactieve straling	10
Tweede leerjaar:	**Aantal uren**
4 Kinematica - indeling van de bewegingen - experimentele en theoretische bespreking van de eenparig veranderlijke beweging zonder en met beginsnelheid - horizontale worp	15
5 Dynamica - beginselen van Newton - gravitatiekracht, zwaartekracht en gewicht - wrijvingskracht	12
6 Arbeid, vermogen en energie	5
7 De eenparige cirkelbeweging	3

8 Periodieke verschijnselen - harmonische trilling - lopende en staande golven	12
9 Fundamentele wisselwerking	3

3.4 Toepassingen en vraagstukken

De invloed van de techniek in ons werk, in onze leefomgeving en in onze vrije tijd is groot. Dit vormt het uitgangspunt voor het invoeren van eindtermen 'technisch-technologische vorming'. Techniek biedt enerzijds oplossingen voor bestaande problemen, maar wordt anderzijds ook dikwijls als bedreigend ervaren. Het doel van de eindtermen is vooral vaardigheden en attitudes ontwikkelen voor het functioneren in een door technologische ontwikkelingen veranderende samenleving.

De indruk bestaat dat de waardering van en de belangstelling voor technologie/techniek vanwege een meerderheid van aso-leerlingen eerder laag is. Daardoor dreigt er een kloof te ontstaan tussen mensen met uitgebreide en met een beperkte technische achtergrond. Een minimum aan kennis en vaardigheden voor het toepassen en het oordeelkundig gebruik van techniek in de directe leefomgeving blijft voor de laatste groep dan achterwege. Leerlingen dienen daarom ook hun capaciteiten voor het beoordelen van technische ontwerpen en het bespreken van technische problemen door middel van de fysicaleerstof te ontwikkelen.

Op tal van plaatsen in het curriculum zijn technische toepassingen van fysische principes (technische toestellen) en de fysicaleerstof met elkaar verbonden. Dit is zo veel omvattend en voortdurend in ontwikkeling dat het onmogelijk is om in de leerinhouden een volledige en gedetailleerde opsomming te geven. Leraren zijn dan ook vrij om naar keuze dieper in te gaan op de problemen bij het ontwerpen en het gebruik van een technisch toestel of apparaat waarvan een fysisch principe aan de basis ligt.

Voor leerlingen die een wetenschappelijke studierichting volgen is het maken van vraagstukken of het oplossen van problemen in de vervolgopleiding dikwijls aan de orde van de dag. Uitgaande hiervan lijkt het normaal om de leerlingen expliciet te helpen hun vaardigheid in het leren oplossen van vraagstukken en problemen te vergroten. Er is een duidelijk onderscheid tussen het oplossen van een probleem of vraagstuk en het maken van een oefenopgave of standaardopgave. In het laatste geval is het van voren af duidelijk langs welke weg de oplossing moet verlopen, welke wet of formule toegepast moet worden, en hoe de berekeningen zullen verlopen. In het eerste geval daarentegen heeft de leerling geen kant en klare weg naar de oplossing tot zijn of haar beschikking, maar moet zelf een keuze maken van een of meer wetten en formules die van toepassing zijn, en zelf een plan maken voor de oplossing, die dikwijls meer dan een stap vraagt. Voor dit proces heeft men een strategie nodig, een reeks van denkstappen die in een bepaalde volgorde worden uitgevoerd met het doel tot een antwoord te komen. De context van een probleem kan ontleend zijn aan de alledaagse werkelijkheid, maar kan ook zeer theoretisch en abstract zijn.

Voor het oplossen van deze ingeklede vraagstukken moet een systematische probleemaanpak worden aangeleerd en ingeoefend. Dit garandeert dat leerlingen zich algemene oplossingsstrategieën (vaardigheden) en denkpatronen eigen maken en in nieuwe situaties kunnen gebruiken (transfer). Een belangrijke stap in het leerproces is dat leerlingen verwoorden hoe ze hebben gewerkt en welke denkpatronen ze hebben gevolgd. Dit is reflecteren is uitermate belangrijk en verdient expliciete aandacht. Er moet gestreefd worden naar een goede verhouding tussen standaardopdrachten en probleemoplossingen, rekening houdend met het niveau van de leerlingen.

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, Brabançonnelaan 29, 1000 Brussel (www.bin.be).

Door het gebruik van het (grafisch) rekentoestel en/of de computer 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 voor het berekenen van resultaten bieden hiervoor een eenvoudige en elegante oplossing. Het inoefenen van de benaderingsregels gebeurt consequent bij alle berekeningen.

3.5 Contexten

Fysica is de wetenschap die natuurlijke situaties en verschijnselen onderzoekt en beschrijft door middel van fysische wetten, modellen en principes. Deze modellen, principes en wetten hebben zonder deze reële situaties geen betekenis. Als we deze wetten, modellen en principes onderwijzen zonder ze nadrukkelijk te betrekken op leefwereldsituaties of leefwereldverschijnselen, onderwijzen we geen fysica maar wiskunde. Immers wiskundige begrippen en termen hebben geen referentie buiten de theorie en ontlenen hun betekenis aan hun plaats binnen een systeem van afspraken en regels. Daarom is het gebruik van ‘contexten’ in de fysica de logica zelf. Aan het gebruik van contexten worden binnen het fysicaonderwijs een drietal functies toegeschreven, nl. een motivatie verhogende, een begripsvormende en een begrip toepassende functie. Deze drie functies vormen samen met een degelijke vakstructuur de nodige voorwaarden voor een efficiënt fysicaonderwijs.

Het toepassen van fysische principes, modellen en wetten op praktijksituaties is zeker niet nieuw. Vroeger ging het vooral om technische 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 bij het aanbrengen van de leerstof en 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 helpen om de kenmerkende eigenschappen van een begrip op een concrete wijze voor te stellen. 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 ... Naast fysische zijn er vaak andere niet-fysische aspecten aan contexten te onderscheiden (chemische, biologische, technische, geografische, economische, ethische ...). Dit breed kader kan er voor zorgen dat de eindtermen worden nagestreefd. 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 of andere vragen 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. 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 tijdwinst. 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 in verband met 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 in verband met 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 bij het uitvoeren van practicum in open-kring-situaties 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. Om de risico's te verkleinen mogen leerlingen zich nooit zonder toezicht in een vaklokaal bevinden. Het pre-

paratielokaal is verboden terrein voor leerlingen. Het zelfstandig uitvoeren van proeven mag uitsluitend onder toezicht gebeuren. Elk natuurwetenschappelijk vak stelt aan het gebruik van het vaklokaal specifieke eisen. Daarom geven bij voorkeur alleen leraren wetenschappen in deze vaklokalen les.

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, lampen ...) enz.

4 LEERPLANDOELSTELLINGEN, LEERINHOUDEN, PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

De eindtermen en doelstellingen voor de basisvorming van de derde graad vormen de kern van het fysicaonderwijs voor de studierichtingen met fysica in het fundamenteel gedeelte. Deze kern fungeert dus als het raamwerk en wordt uitgebreid met na te streven decretale specifieke eindtermen voor wetenschappen (zie rubriek 9.3). Deze decretale specifieke eindtermen werden gemeenschappelijk voor alle natuurwetenschappelijke vakken geformuleerd en sluiten aan bij de algemene en vakgebonden eindtermen aardrijkskunde, biologie, chemie en fysica van de basisvorming en vormen er één geheel mee: ze worden aangeduid door bv. (SET30). De decretale specifieke eindtermen worden via de algemene doelstellingen en vaardigheden en door de leerplandoelstellingen nagestreefd. Dit is uiteraard ook het geval voor alle eindtermen van de basisvorming. Naar de eindtermen van de basisvorming wordt verwezen door nummers achter de doelstelling bv. (1) voor een gemeenschappelijke eindterm en bv. (F1) voor een vakgebonden eindterm. De attitudinale eindtermen aangegeven met bv. (*22) moeten door alle leerlingen worden nagestreefd. Ze worden op dezelfde wijze gemerkt bij de doelstellingen in het leerplan. De leerplancommissie heeft nog andere leerplandoelstellingen geformuleerd, niet gekoppeld aan eindtermen, 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)
attituden	(*27)
decretale specifieke eindtermen	(SET2)

De cursief weergegeven leerplandoelstellingen en leerinhouden (keuzeleerstof) zijn niet verplicht. Het behoort tot de pedagogische vrijheid en de verantwoordelijkheid van de leraar of hij wel of niet deze leerstof behandelt.

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 ingeoefend.

4.1 Leerlingenpracticum

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
1 De leerlingen kunnen zelfstandig een wetenschappelijk experiment of een onderzoeksopdracht uitvoeren en de meetresultaten en besluiten in een verslag weergeven. (12, *22, *23, *24, *25, *26, *27, *28, *29, *29, *30, *31, F1, F5, F6, SET29, SET30, SET31)	Minimum vier experimenten of onderzoeksopdrachten (gesloten en/of open) naar keuze

PEDAGOGISCH-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 leraar) 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 minimum 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 of een open onderzoek. De leerling plant dan het experiment, denkt na over de te volgen meetmethode, spreekt af met de groepsleden over de taakverdeling, maakt een rapport (verslag) en reflecteert daarin over de gevolgde methode en de resultaten van de analyse van de metingen. Bv. onderzoek of de hardheid van een potloodstift invloed heeft op de weerstand (elektrische geleidbaarheid) van het materiaal. De manier waarop het onderzoek verloopt kan verschillen tussen 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 één of meerdere leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen. Met deze werkvorm bereik je beter de onderzoekscompetenties.

Van het practicum zal steeds een verslag gemaakt worden (hierbij zoveel mogelijk gebruik maken van informaticatechnologie), 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 of de reden (onderzoeksvraag) van het onderzoek;
- 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 leraar 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 leraar 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		LEERINHOUDEN
2	Het bestaan van twee soorten ladingen en hun onderlinge wisselwerking beschrijven en de eenheid van lading aangeven. (F1, SET2, SET3, SET5)	Atoomstructuur Lading, eenheid van lading Krachtwerking Wet van Coulomb Opdrachten
3	Het onderscheid maken tussen geleiders en isolatoren en het verschil toelichten. (SET1)	Beweeglijkheid van ladingen

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Men kan belangstelling wekken voor elektrostatica 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. Hierbij wordt verwezen naar de elektrische atoomstructuur van geleiders en isolatoren.

Met behulp van het elektrostatisch inductieverschijnsel en de ladingsverdeling op een geladen oppervlak kunnen technische en leefwereldtoepassingen zoals het neerslaan van vliegas uit industrierook en stofdeeltjes uit verbrandingsovens alsook elektrische schermwerking (bv. kooi van Faraday i.v.m. blikseminslag) besproken worden.

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 Elektrisch veld en elektrische potentiaal

LEERPLANDOELSTELLINGEN		LEERINHOUDEN
4	Het begrip ‘elektrisch veld’ omschrijven.	Elektrisch veld: veldsterkte, eenheid van veldsterkte
5	Een radiaal en homogeen elektrisch veld met behulp van veldlijnen voorstellen en de veldsterkte en de kracht op een lading in deze velden berekenen. (SET2)	Veldlijnen. Veldsterkte in een radiaal en homogeen elektrisch veld Standaardopdrachten
6	*De potentiële energie van een puntlading in een radiaal elektrisch veld formuleren en het begrip ‘elektrische potentiaal’ omschrijven.*	*Potentiële energie van een puntlading in een radiaal elektrisch veld. Elektrische potentiaal, eenheid van elektrische potentiaal. Potentiaalverschil, equipotentiaaloppervlakken*
7	*Bij een homogeen elektrisch veld het verband berekenen tussen het potentiaalverschil en de grootte van de veldsterkte.*	*Veldsterkte bij een homogeen elektrisch veld tussen twee geladen platen*

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Elektrische kracht en elektrische veldsterkte zijn vectoriële grootheden. In de wiskunde (tweede graad) werden enkel de vrije vectoren, het samenstellen, de scalaire vermenigvuldiging en het scalair product behandeld. Het beginpunt of aangrijpingspunt van een vector is zeer belangrijk in de Fysica, zodat het verschil tussen vrije en gebonden vectoren best wordt toegelicht.

Het potentiaalbegrip wordt ingevoerd in de mate dat het nodig is om de verschijnselen in de elektrodynamica te kunnen begrijpen en/of te verklaren. Het is niet de bedoeling dat de leerlingen vrij ingewikkelde wiskundige (abstracte) problemen in verband met het elektrische veld en de elektrische potentiaal kunnen oplossen.

4.2.3 Basisbegrippen in verband met de elektrische stroom

LEERPLANDOELSTELLINGEN		LEERINHOUDEN
8	De grootheden elektrische stroom en spanning omschrijven en hun eenheden aangeven. (F1)	Stroom, stroomsterkte, eenheid Spanning, eenheid
9	Het verband leggen tussen elektrische spanning, verandering van elektrische potentiële energie en elektrische lading. (F17)	Potentiële energie van ladingen, potentiaal, potentiaalverschil en spanning
10	Een eenvoudige elektrische schakeling schematisch weergeven en de conventionele stroom aanduiden.	Spanningsbron, verbruiker, conventionele stroomzin, gesloten stroomkring

PEDAGOGISCH-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 geleidende 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 vloeistofstroommodel. Zoals bij een gesloten vloeistofkring een pomp nodig is die het drukverschil onderhoudt, is er in een elektrische kring een toestel nodig dat het potentiaalverschil of spanning onderhoudt. Zo een toestel wordt daarom bij voorkeur 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.

4.2.4 Elektrische weerstand en structuur van metalen

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
11 Bij een elektrisch schema de toestellen voor het meten van stroom en spanning gebruiken. (F5, SET5)	Meten van stroom en spanning: volt- en ampèremeter
12 Voor een geleider in een gelijkstroomkring het verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand formuleren, grafisch voorstellen en toepassen. (11, *25, F1, F18)	Verband tussen stroom en spanning: weerstand, eenheid Wet van Ohm Standaard- en probleemopdrachten
13 De factoren die de weerstand van een draadvormige geleider bepalen opnoemen en hieruit de formule voor een draadweerstand afleiden.	Wet en formule van Pouillet, resistiviteit *Standaard- en probleemopdrachten*
14 De invloed van de temperatuur op de grootte van de weerstand verklaren aan de hand van het vaste stofmodel. (SET4)	Invloed van de temperatuur op een weerstand Grafische voorstelling van de *R(T)*-grafiek PTC-weerstand

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

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

De invloed van de temperatuur op de weerstand van een geleider wordt proefondervindelijk aangetoond (bv. bij een gloeilamp). De verklaring gebeurt door middel van het structuurmodel van een geleider. Het gebruik van een weerstand als PTC in een elektrische schakeling wordt toegelicht.

De bovenstaande leerstof leent zich zeer goed voor het laten uitvoeren van leerlingenproeven zoals het bepalen van de temperatuurcoëfficiënt van een metaalgeleider (ijzer, nikkel), het onderzoek van de elektrische kenmerken van een gloeilamp.

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

4.2.5 Energie en vermogen van een elektrische stroom

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
15 De eigenschap van de elektrische stroom met betrekking tot warmteontwikkeling verklaren en berekenen. (F1, F5, F17, SET6)	Elektrische energie Joule-effect Eenheden van elektrische energie: joule en kWh, kWh-meter Elektrisch vermogen. Eenheid
16 De energieomzettingen in elektrische schakelingen met voorbeelden illustreren en het vermogen berekenen. (15, F4, F19, SET6, SET27)	Toepassingen in verband met verwarming, verlichting, elektrische apparaten Standaard- en probleemopdrachten in verband met elektrische energie en vermogen
17 De gevolgen van elektrocutie omschrijven en uitleggen hoe een stroomkring beveiligd kan worden en op welk principe de beveiliging berust. (16, SET27)	Elektrocutie en veiligheidsaspecten: smeltveiligheid, aardlekschakelaar, aarding, elektrische (dubbele) isolatie, laagspanningsvoorzieningen

PEDAGOGISCH-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)weerstanden dan wordt een belangrijk deel van de elektrische energie omgezet in warmte. Het tempo waarin elektrische energie wordt omgezet noemen we het 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.

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 één of meerdere leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

4.2.6 Schakelen van weerstanden

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
18 Problemen oplossen met behulp van formules bij een serie-, parallel- en een gemengde schakeling zowel kwalitatief als kwantitatief. (F18, *22, *23, *25)	Serie-, parallel- en gemengde schakeling van weerstanden. Vervangingsweerstand. Stroom-, spannings- en vermogensverdeling Standaard- en probleemopdrachten: kwalitatief (denkvragen) en kwantitatief (berekeningen)

PEDAGOGISCH-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).

Na deze leerinhoud is het aangewezen om leerlingenproeven te laten uitvoeren in verband met de vervangingsweerstand bij een serie- en parallelschakeling en/of de stroom- en spanningswetten bij de zelfde schakelingen. Deze proeven kunnen voorafgegaan worden door enkele gidsexperimenten om de leerlingen vertrouwd te maken met de multimeter (ampère- en voltmeter).

De <u>onderlijnde leerinhouden</u> kunnen aanleiding geven tot één of meerdere leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

4.2.7 Niet-ideale spanningsbron

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
19 *Het onderscheid tussen elektromotorische spanning (e.m.s.) en klemspanning toelichten en verklaren.*	*Elektromotorische spanning, klemspanning* *Inwendige weerstand van een spanningsbron*

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Na het meten van de e.m.s. en de klemspanning, verkleint men de belastingsweerstand om de invloed van de stroom op de klemspanning na te gaan. In een *U(I)*-grafiek krijgen we een dalende rechte. Het interpreteren van de grafiek door de leerlingen is hier belangrijk.

4.2.8 Elektrische structuur van de halfgeleider

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
20 *Met behulp van de elektrische structuur van halfgeleidermateriaal de geleiding bij een halfgeleider verklaren. (SET1, SET27, SET28)*	Halfgeleiders: zuivere halfgeleiders, intrinsieke halfgeleiding Gedoteerde halfgeleiders, extrinsieke halfgeleiding Halfgeleidercomponenten NTC, LDR, Diode, LED

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Valentie-elektronen spelen een belangrijke rol in de elektrische geleiding van de vaste stof. Met behulp van de kristalstructuur van een halfgeleider wordt het specifiek geleidingsmechanisme zowel bij de zuivere halfgeleider (intrinsieke geleiding) als bij de gedoteerde halfgeleider (extrinsieke geleiding) verklaard. Het is niet de bedoeling het energiebandenmodel te gebruiken. Men kan het gebruik van de NTC als temperatuursensor (thermometer) en van de LDR als lichtsensor (veiligheidssysteem en alarminstallatie) bespreken in enkele eenvoudige elektrische schema's.

Door het opnemen van de spanning-stroom karakteristiek (bv. de computer) demonstreert men de werking van diode.

4.3 Elektromagnetisme

4.3.1 Permanente magneten

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
21 Magnetische verschijnselen bij permanente magneten beschrijven met behulp van magneetpolen, magnetische krachtwerking, magnetisch veld en veldlijnen. (SET2, SET3, SET4)	Magnetische en niet-magnetische stoffen Permanente magneten: soorten en verschijningsvormen Magneetpolen en krachtwerking <u>Magnetisch veld en veldlijnen</u>, magnetische spectra
22 *Magnetische verschijnselen beschrijven in termen van aardmagnetisme en magneetnaald.*	*Aardmagnetisme: inclinatie en declinatie*

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

De studie van de permanente magneten is geen studieobject op zich maar is opgenomen in de leerinhouden om een basiskennis rond het magnetisme bij te brengen en 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 (polen), ook de krachtwerking tussen de polen komt aan bod.

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

De <u>onderlijnde leerinhouden</u> kunnen aanleiding geven tot één of meerdere leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

4.3.2 Elektromagnetisch veld

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
23 Het magnetisch veld opgewekt door een rechte stroomdraad, een winding en een spoel beschrijven en met behulp van veldlijnen voorstellen.(*29)	Elektromagnetisch veld rond een rechte stroomdraad, rond een stroomvoerende winding en in een spoel Vorm en zin van de veldlijnen
24 *De werking van technische toepassingen van elektromagnetisme toelichten zoals de luidspreker, de microfoon, het relais, de magneetband, de elektrische bel ...(SET27)*	*Toepassingen in verband met elektromagnetisme*
25 De oorsprong van het magnetisme bij magnetische materialen toelichten en het demagnetiseren en opnieuw magnetiseren ervan mee verklaren.	Verklaring van het magnetisme bij permanente magneten via de structuur van de materie

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Uit de overeenstemmende velden van een permanente staafmagneet en een spoel (eventueel met weekijzeren kern) kan men besluiten dat - gelijke gevolgen, gelijke oorzaken - binnenin de materie eveneens “kringstromen” moeten voorkomen die verantwoordelijk zijn voor het magnetisch gedrag van de materie. Men kan hierbij tevens wijze op het verschillend resultaat van deze kringstromen: zij leveren niet allemaal hetzelfde nettoresultaat. Het is evenwel niet de bedoeling hier uitvoerig dia-, para- en ferromagnetisme te behandelen. Naast het behandelen

van de klassieke technische toepassingen van het elektromagnetisme kan men ook modernere toepassingen bespreken zoals het magnetiseren en demagnetiseren van een audio- of videoband en van de diskette (opnemen of wissen van geluid of beeld), de werking van een microfoon, de automatische zekering.

4.3.3 Elektromagnetische krachtwerking

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
26 Met behulp van elektromagnetische krachtwerking magnetische inductie omschrijven. (F1, F5)	Magnetische inductie: conventie omtrent richting en zin Eenheid: tesla
27 De grootte, richting en zin van de laplacekracht op een rechte stroomdraad en de lorentzkracht op een bewegend geladen deeltje in een magneetveld bepalen. (F20, *22 *23, *25)	Laplacekracht: krachtwerking op een stroomvoerende geleider en de lorentzkracht op een bewegende lading in een magnetisch veld Standaard- en probleemopdrachten in verband met de laplacekracht en de lorentzkracht
28 *Fysische verschijnselen in verband met krachtwerking in een magnetisch veld op bewegende ladingen toelichten. (F20, SET27, SET28)*	*Fysische verschijnselen zoals: magnetische afbuiging in een beeldbuis van een tv of monitor, Van Allengordels, het halleffect*
29 Bij een rechte stroomdraad, een winding en een spoel de grootte van de magnetische inductievector met een formule weergeven en er bewerkingen mee uitvoeren.	Magnetische inductievector bij: een rechte stroomdraad, een winding en een spoel Invloed van de middenstof: permeabiliteit Standaardopdrachten
30 *De magnetische inductie opgewekt door evenwijdige rechte stroomdraden beschrijven en hun onderlinge krachtwerking formuleren.*	*Krachtwerking tussen evenwijdige rechte stroomgeleiders*
31 De principiële werking van technische toestellen die verband houden met de lorentzkracht uitleggen. (F20, F21, SET27)	Toepassingen: de elektrische gelijkstroommotor

PEDAGOGISCH-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 magnetisch veld aan. De waarde kan gemeten worden met een teslameter of hallsensor.

De waarde van de magnetische inductie bij de voorbeeldvelden wordt niet afgeleid maar aangegeven en indien mogelijk experimenteel geïllustreerd. (De pc is hierbij het aangewezen instrument.) Dit geeft de leraar nogmaals de gelegenheid bij een spoel te wijzen op het beperkte geldigheidsgebied van een wet (formule). Vanzelfsprekend komt de invloed van de middenstof (permeabiliteit μ) hier ter sprake.

Tot toepassingen op de magnetische krachtwerking kunnen hier de werking van de gelijkstroommotor, de afbuiging van de elektronenstroom in een oscilloscoop of tv-beeldbuis behoren en kunnen het halleffect, de opsluiting van plasma en de Van Allengordels ermee verklaard worden. Ook in veel medische apparaten (scanners) worden sterke magneetvelden gebruikt.

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

4.3.4 Magnetisch inductieverschijnsel

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
32 Het begrip magnetische flux omschrijven en de magnetische fluxverandering als oorzaak van inductiespanning kwalitatief toelichten. (F1, SET6)	Magnetische flux Eenheid: weber Magnetische fluxverandering als oorzaak van spanning: wet van Faraday
33 Met behulp van de wet van Lenz de zin van de inductiespanning en de inductiestroom bepalen. (*22, *23, *25, SET8)	Wet van Lenz Standaard en probleemopdrachten
34 *De algemene inductiewet omschrijven en in formulevorm weergeven. (SET8)*	*Algemene inductiewet* *Standaardopdrachten*
35 De principiële werking van technische toestellen die verband houden met het opwekken van een inductiespanning uitleggen. (F22, SET27, SET28)	Toepassingen: bv. generator, transformator, inductiespoel, ontsteking TL-buis, diefstalbeveiliging ...

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

De magnetische flux is een maat voor het aantal veldlijnen door een bepaald oppervlak. Experimenteel toont men aan dat de fluxverandering in een spoel, op welke wijze het ook ge¬beurt, een inductiespanning doet ontstaan. De computer met de nodige hard- en software biedt uitstekende mogelijkheden om het ontstaan van inductiespanningen visueel voor te stellen (vallen van een magneet door een spoel of een reeks van spoelen). Indien de kring gesloten is vloeit een inductiestroom. In verband met de algemene inductiewet is men niet verplicht de theoretische afleiding te geven dit wil zeggen de klassieke afleiding met een verschuivende geleider op een U-vormig geleidend raam. De belangrijkste toepassingen van het opwekken van een spanning door een fluxverandering zijn de wisselspanningsgenerator en transformator. 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
36 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 Standaardopdrachten

PEDAGOGISCH-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. 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 Natuurlijke radioactiviteit

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
38 De verschillende soorten kernstraling en hun eigenschappen zoals ioniserend en doordringend vermogen beschrijven. (F13, SET25)	Natuurlijke radioactiviteit: aard en eigenschappen van α-, β- en γ-straling
39 De vervalvergelijking van een radioactieve kern opstellen, als gegeven is welke straling wordt uitgezonden. (F13, SET24)	Transmutatieregels
40 Het vervalproces van een radionuclide in functie van de halveringstijd grafisch voorstellen en berekeningen uitvoeren waarbij de halveringstijd een rol speelt. (F5, F13, *22, *23, *25, SET21)	Halveringstijd, desintegratieconstante Activiteit en eenheid: becquerel Ouderdomsbepaling Transmutatiereeksen Standaard- en probleemopdrachten
41 *Een aantal detectiemethoden zoals de filmbadge, de GM-teller, de nevelkamer beschrijven. (F5)*	*Detectiemethoden*

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

In deze paragraaf worden de eigenschappen van ioniserende straling besproken. Onder ioniserende straling verstaan we straling die in tegenstelling tot licht bij absorptie in een middenstof ionen vormt. Röntgenstraling en radioactieve straling zijn vormen van ioniserende straling. In de natuur komen drie soorten radioactieve straling vooral voor: α-, β- en γ-straling. Voor iedere soort straling kan telkens de aard en de verklaring gegeven worden. Hierbij kunnen de transmutatieregels van Soddy worden gebruikt. Het vervalmechanisme kan verklaard worden met behulp van het elementaire deeltjesmodel.

Het verval van radioactieve kernen is een statistisch proces. Het is dus onmogelijk om te voorspellen of een bepaalde kern vroeg of wel laat vervalt. Vast staat, dat gedurende een bepaalde tijdsduur die eigen is aan de radionuclide, de helft van het aantal kernen vervalt. Die tijdsduur noemen we de halveringstijd. De activiteit van de radionuclide is dan gehalveerd. Hoe kleiner de halveringstijd, hoe instabieler het radioactief atoom. De radioactieve vervalwet leidt men wiskundig af en stelt men grafisch voor. De drie natuurlijke transmutatiereeksen kunnen worden ingevoerd waarbij één reeks bij wijze van voorbeeld in detail kan worden uitgewerkt. Een grafische voorstelling van *A* (atoommassa) als functie van *Z* (atoomnummer) kan hier verduidelijking brengen. Het radioactief verval van in de natuur voorkomende isotopen wordt bij wetenschappelijk onderzoek gebruikt om de ouderdom van voorwerpen te bepalen. Bij wijze van voorbeeld wordt de koolstofdateringsmethode besproken die bruikbaar is voor voorwerpen die samengesteld zijn uit dood plantaardig of dierlijk materiaal.

Bij het bespreken van verschillende detectiemethoden kan men het onderscheid maken tussen detectoren die de aanwezigheid van radioactieve straling aantonen (bv. de filmbadge) en diegene die de radioactiviteit meten (bv. de geiger-müllerteller).

Link: De geschiedenis van het atoombegrip, de atoomstructuur en het gebruik van het periodiek 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).

4.4.3 Kunstmatige radioactiviteit

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
42 De oorsprong van kunstmatig opgewekte kernstraling beschrijven. (F12, SET25)	Ontstaan van radioactieve kernen door beschieting: soorten kernreacties
43 Reactievergelijkingen van gegeven kern- en deeltjesreacties aanvullen door gebruik te maken van behoudsprincipes. (F2)	Ontstaan en creëren van chemische elementen en deeltjes Transuranen

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Bij kunstmatige radioactiviteit wordt de samenstelling van stabiele zware atoomkernen door beschieting met deeltjes (bv. neutronen) gewijzigd. Er ontstaan splijtingsproducten en er komt energie vrij. Dit gebeurt ook als twee lichte atoomkernen fuseren tot één iets zwaardere kern.

Door beschieten van atoomkernen met deeltjes is het mogelijk radioactieve elementen te creëren die op de aarde niet voorkomen (transuranen).

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.

4.4.4 Toepassingen en gevaren van radioactieve straling

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
44 Toepassingen van ioniserende straling verklaren in de industrie en techniek. (F12, SET28)	Diverse toepassingen in geologie, geneeskunde, biologie, chemie
45 De effecten bespreken van de ioniserende straling op mens en milieu. (F12, SET28)	Nut en gevaren van ioniserende straling *Dosis en effectieve dosis; gray en sievert*
46 Het belang van fysische kennis in verschillende opleidingen illustreren. (F7)	Klinisch fysicus, radioloog, milieutechnicus

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Radioactiviteit heeft veel toepassingsgebieden. Men kan de verschillende toepassingen onderverdelen in drie domeinen: activeringsanalyse, sterilisatie en tracertechniek. Na een korte beschrijving van deze drie technieken kan men voorbeelden geven uit de verschillende vakgebieden bv. gebruik van straling in de geneeskunde (radiotherapie en tracertechniek), in de industrie, in de chemie, in de landbouw (sterilisatie), bij archeologie en kunst (activeringsanalyse).

TWEEDE LEERJAAR

Vermits men vanuit de mechanica tot een geleidelijke en coherente 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. Naast het theoretisch afleiden van relaties maakt de experimentele behandeling van de leerinhouden door middel van demonstratieproeven een wezenlijk deel uit van dit leerplan. Het proefondervindelijk karakter van fysica moet in de lessen tot zijn recht komen. Demonstratieproeven en leerlingenpractica staan daarvoor in.

Zowel bij metingen als bij berekeningen blijft men aandacht besteden aan de nauwkeurigheid en aan 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 ...).

De cursief weergegeven leerplandoelstellingen en leerinhouden (keuzeleerstof) zijn niet verplicht. Het behoort tot de pedagogische vrijheid en de verantwoordelijkheid van de leraar of hij wel of niet deze leerstof behandelt.

4.5 Leerlingenpracticum

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
47 De leerlingen kunnen zelfstandig een wetenschappelijk experiment of een onderzoeksopdracht uitvoeren en de meetresultaten en besluiten in een verslag weergeven. (12, F5, F6, *22, *23, *24, * 25, *26, *27, *28, *29, *29, *30, *31, SET10, SET29, SET30, SET31)	Minimum vier experimenten of onderzoeksopdrachten (gesloten en/of open) naar keuze

PEDAGOGISCH-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 leraar) 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 minimum 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 of een open onderzoek. De leerling plant dan het experiment, denkt na over de te volgen meetmethode, spreekt af met de groepsleden over de taakverdeling, maakt een rapport (verslag) en reflecteert daarin over de gevolgde methode en de resultaten van de analyse van de metingen. De manier waarop het onderzoek verloopt

kan verschillen tussen 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 één of meerdere leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen. Met deze werkvorm bereik je beter de onderzoekscompetenties.

Van het practicum zal steeds een verslag gemaakt worden (hierbij zoveel mogelijk gebruik maken van informaticatechnologie), 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 of de reden (onderzoeksvraag) van het onderzoek;
– 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 leraar 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 leraar 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	LEERINHOUDEN
48 De basisbegrippen met betrekking tot de soorten bewegingen die voorwerpen uitvoeren beschrijven.	Indeling van bewegingen: translatie –rotatie Rechtlijnig – kromlijnig Star voorwerp - puntmassa Referentiestelsel, positie, positieverandering

49	De beweging van een voorwerp beschrijven in termen van positie, snelheid en versnelling. (F8, F1)	Experimentele behandeling van een eenparig veranderlijke beweging Theoretische bespreking van de eenparig veranderlijke beweging zonder en met beginsnelheid
50	Een plaats(tijd)-grafiek, een snelheid(tijd)-grafiek en een versnelling(tijd)-grafiek bij een eenparig veranderlijke beweging tekenen en interpreteren.	Wiskundige en grafische behandeling van de begrippen plaats, verplaatsing, gemiddelde snelheid, ogenblikkelijke snelheid, gemiddelde versnelling en ogenblikkelijke versnelling Bewegingsvergelijking en *x(t)-, v(t)- en a(t)*-grafieken en hun onderlinge samenhang
51	Problemen in verband meet de eenparig veranderlijke beweging oplossen met behulp van de bewegingsvergelijking.	Standaard- en probleemopdrachten
52	Bij een vrije valbeweging de valtijd, snelheid en hoogte berekenen.	Vrije val: valversnelling Opdrachten
53	*De verticale worp omhoog omschrijven als een eenparig vertraagde beweging met beginsnelheid*.	*De verticale worp omhoog* *Opdrachten*
54	*De positie berekenen bij een horizontale worp.*	*Horizontale worp*

PEDAGOGISCH-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 aandrijfkracht bij een horizontaal vlak ...) over om via metingen tot bepaalde besluiten (wetmatigheden) te komen in verband met 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 en van de eventuele snijpunten met de assen.

Men verwacht hier geen vectoriële benadering van de begrippen. Slechts in de tweede fase kan men als leerlingenexperiment of als oefening andere bewegingen behandelen. Bij de theoretische bespreking van de éendimensionale 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 Δ-teken en van de afgeleide. In verband met de te gebruiken symboliek voor de afgeleide kan best contact worden genomen 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 een grote verscheidenheid aan strategieën helpt hen een dieper inzicht in de verschillende oplossingsmogelijkheden 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.

Als bij bewegingen meer dan één richting een rol speelt wordt een beschrijving met behulp van vectoren praktisch noodzakelijk. Bij de horizontale worp kan je deze vectoren (verplaatsing, snelheid) ontbinden of optellen zodat je deze beweging kunt beschouwen als de ‘som’ van twee bewegingen nl. een eenparige horizontale be-

weging en een eenparig versnelde verticale beweging. We letten op het onderscheid in symbool tussen scalaire en vectoriële grootheden en op het verschil dat er bestaat tussen *y(t)*-grafieken en baangrafieken *y(x)*.

De onderlijnde leerinhouden kunnen aanleiding geven tot één of meerdere 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
55	Het eerste beginsel van Newton uitleggen door middel van voorbeelden van systemen in rust of in eenparige beweging.	Het traagheidsbeginsel
56	De invloed van de resulterende kracht en van de massa op de verandering van de bewegingstoestand van een voorwerp kwalitatief en kwantitatief beschrijven. (F9)	Het onafhankelijkheidsbeginsel: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$
57	Met het tweede beginsel van Newton de eenheid van kracht omschrijven. (F1, F9)	Eenheid van kracht
58	Het derde beginsel van Newton omschrijven en bij een gegeven situatie de actie- en reactiekracht op verschillende lichamen aanwijzen. (F9)	Beginsel van actie en reactie
59	De beginselen van Newton toepassen bij berekeningen in situaties waarbij een voorwerp versnelt, vertraagt of eenparig beweegt. (*22, *23, * 25)	Standaard- en probleemopdrachten in verband met de beginselen van Newton

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Samenstellen en ontbinden van krachten (vectoren) komt niet meer als afzonderlijk onderdeel in het leerplan voor. De leerlingen met een vooropleiding van 5 uur Wiskunde per week in de tweede graad kunnen vrije vectoren optellen. Het is aan de leraar om die kennis in te passen of eventuele tekorten bij te sturen waar nodig. 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 beschreven wordt 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 ondervonden kracht aanwijzen. Het derde beginsel is niet alleen geldig voor stelsels in rust maar ook voor bewegingssituaties.

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

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

4.7.2 Gravitatiekracht, zwaartekracht en gewicht

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
60 De begrippen gravitatiekracht, zwaartekracht en gewicht omschrijven. (14)	Gravitatie: algemene gravitatiewet, gravitatiekracht Zwaartekracht: zwaartepunt, zwaarteveldsterkte Gewicht Factoren die de zwaarteveldsterkte beïnvloeden

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

De zwaartekracht werd reeds in de tweede graad ingevoerd namelijk $F = mg$ met g in de betekenis van de zwaarteveldsterkte. Hier wordt g ook valversnelling. De equivalentie van N/kg en m/s² wordt via de definitie van de newton verduidelijkt. Uit de gravitatiewet van Newton toegepast op de aarde en een voorwerp in zijn nabijheid halen en bespreken we g. 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 van wat precies gewichtloosheid betekent. Gebruik concrete voorbeelden om het verschil tussen zwaartekracht en gewicht te verduidelijken bv. de valbeweging van een parachutist.

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

4.7.3 Wrijvingskracht

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
61 De factoren die een rol spelen bij de wrijvingskracht omschrijven.	Wrijvingskracht: normaalkracht, wrijvingsfactor

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

De wrijvingskracht is er de oorzaak van dat de leerlingen moeite hebben met bv. het traagheidsbeginsel, er wordt immers in de meeste schoolcontexten geen rekening gehouden met de luchtweerstand die een bewegend voorwerp ondervindt of met de wrijving met het contactoppervlak. In een praktijksituatie is wrijving een nagenoeg steeds aanwezige kracht. We bespreken enkel de richting, de zin en de factoren waarvan de grootte van de glijdende wrijvingskracht afhangt.

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

4.8 Arbeid, vermogen, energie

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
62 De arbeid en het vermogen berekenen in verschillende situaties. (*22, *23, * 25)	Arbeid geleverd door een kracht waarbij kracht en verplaatsing een zelfde of een verschillende richting en zin hebben Arbeid geleverd door de zwaartekracht en door de veerkracht Vermogen Standaard- en probleemopdrachten
63 De arbeid van een kracht bepalen uit een kracht(plaats)-grafiek.	Grafische voorstelling van de arbeid in een *F(x)*-grafiek
64 Het begrip arbeid toepassen bij energieomzettingen.	Arbeid-energietheorema Kinetische energie Potentiële energie: gravitationele, elastische
65 De wet van behoud van mechanische energie toepassen bij het opstellen van een energiebalans van een mechanisch systeem. (F3, SET6, SET8)	Wet van behoud van mechanische energie toepassen bij arbeid door de zwaartekracht, veerkracht ...
66 Met voorbeelden uitleggen dat opeenvolgende energieomzettingen, met de daarmee gepaard gaande degradatie van energie, de evolutie van het fysisch systeem bepaalt. (F3, F10, SET12)	Het beginsel van behoud van energie toepassen rekening houdend met de degradatie van energie (o.a. door wrijving)
67 De veralgemening van de wet van behoud van energie beschrijven. (SET6)	

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Het begrip arbeid uit het programma Fysica van het tweede leerjaar van de tweede graad moet hier verruimd worden. Arbeid kan dus gedefinieerd worden gebruik makend van het wiskundig begrip scalair product van twee vectoriële grootheden. Ook arbeidslevering door niet constante krachten moet hier aan bod komen bv. door de veerkracht. Voor leerlingen uit studierichtingen met 6 uur wskunde per week is het aangeraden ook het begrip elementaire arbeid geleverd door een niet-constante kracht te behandelen. De voorstelling van de arbeid als oppervlakte in een *F(x)*-grafiek mag niet achterwege blijven.

Het begrip energie is een abstract begrip. Eigenlijk weten we niet echt wat energie is. Energie kent verschillende verschijningsvormen en we kunnen slechts energie omschrijven en meten door haar uitwerking. De energiehoeveelheid verandert via arbeidslevering en warmte. In deze paragraaf bespreken we hoofdzakelijk de verschillende vormen van mechanisch energie. Potentiële energie bij zwaartekracht wordt best verbonden met het begrip krachtveld. Het is handig gebruik te maken van het begrip systeem. Onder arbeidenergietheorema dient te worden verstaan dat als er arbeid wordt geleverd aan een systeem en de potentiële energie van dat systeem constant blijft, de kinetische energie van dat systeem toeneemt met een bedrag gelijk aan de geleverde arbeid. De wet van behoud van mechanische energie houdt in dat men voor een systeem kijkt naar de verandering van potentiële en kinetische energie. Wanneer men bij opeenvolgende energieomzettingen bij een mechanisch systeem rekening houdt met de energie die daarbij omgezet wordt in warmte kan men spreken een zgn. ‘degradatie van energie’.

Link: Voor de studierichting Wetenschappen-sport kunnen opdrachten en toepassingen in verband met arbeid en energieomzettingen bij voorkeur uit verschillende sportdisciplines gekozen worden.

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

4.9 Krachtstoot en botsingen

LEERPLANDOELSTELLINGEN		LEERINHOUDEN
68	*De begrippen krachtstoot en bewegingshoeveelheid omschrijven.*	*Krachtstoot, F(t)-grafiek* *Bewegingshoeveelheid*
69	*De wet van behoud van bewegingshoeveelheid toepassen bij botsingen.*	*Behoud van bewegingshoeveelheid* *Botsingen: volkomen elastische botsingen, volkomen niet-elastische botsingen* *Voorbeelden en opdrachten*

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

We wijzen de leerlingen erop dat krachtstoot een vectoriële grootheid is net als kracht en snelheid. We bespreken enkel centrale botsingen; dat zijn botsingen die langs één lijn verlopen. De wet van behoud van bewegingshoeveelheid geldt bij elke botsing. Bij een volkomen elastische botsing zijn twee behoudswetten geldig: bij dergelijke botsingen hebben we als het ware een synthese van behoud van bewegingshoeveelheid en behoud van mechanische energie. Het is de bedoeling enkele voorbeelden kwalitatief te behandelen waaronder een ééndimensionale volkomen elastische botsing en een ééndimensionale volkomen niet-elastische botsing.

4.10 De eenparige cirkelbeweging

LEERPLANDOELSTELLINGEN		LEERINHOUDEN
70	De begrippen baan- of omtreksnelheid, periode, frequentie, hoeksnelheid en middelpuntzoekende versnelling toepassen bij een eenparige cirkelvormige beweging (F1, F8, *22, *23, * 25)	De eenparige cirkelbeweging Standaard en probleemopdrachten in verband met de eenparige cirkelbeweging
71	*De voorwaarden bepalen om een ruimtetuig in een baan rond de aarde te brengen.*	*Gravitatiekracht als middelpuntzoekende kracht* *Opdrachten*

PEDAGOGISCH-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.

4.11 Periodieke verschijnselen

4.11.1 De enkelvoudig harmonische trilling

LEERPLANDOELSTELLINGEN		LEERINHOUDEN
72	De positie van een puntmassa die een harmonische trilling uitvoert beschrijven en grafisch voorstellen. (*29)	De harmonische trilling: mathematische en grafische voorstelling Uitwijking, amplitude, periode, frequentie, pulsatie, fase, beginfase en faseverschil Snelheid en versnelling van een harmonisch bewegende puntmassa
73	De oorzaak en eigenschappen van een harmonische trilling omschrijven en in concrete voorbeelden toepassen. (F14, SET20).	<u>Massaveersysteem en wiskundige slinger</u> Terugroepkracht, formule voor de periode
74	De energieomzettingen bij een harmonisch trillend voorwerp herkennen. (SET6)	Energiebeschouwingen in verband met een harmonisch trillend voorwerp

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Trillingen en ook het volgende onderwerp ‘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.

Onder de mathematische voorstelling wordt verstaan de uitdrukking $y = A \sin(\omega t + \varphi)$ waarbij ook andere symbolen mogen gebruikt worden. Bij de grafische voorstelling van een trilling wordt de tijdsgrafiek bedoeld. Ook de roterende vectorvoorstelling of fasorenvoorstelling kan behandeld worden. Als voorbeelden van harmonisch trillende systemen behandelen we het massaveersysteem en de wiskundige slinger. Met behulp van de computer en de nodige randapparatuur (bv. de waterpotentiometer of afstandssensor) 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. De gedwongen harmonische trilling kan op eigen initiatief van de leraar behandeld worden. Hij kan zelf beslissen of energieverlies en de overdracht van energie van een trillingsbron op een systeem besproken wordt.

De <u>onderlijnde leerinhouden</u> kunnen aanleiding geven tot één of meerdere leerlingenpractica. Het staat de leerkracht echter vrij ook andere leerinhouden via deze werkvorm te benaderen.

4.11.2 Golven

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
75 Een lopende golf als een voortplanting van een harmonische trilling kwalitatief en kwantitatief omschrijven. (F1, *22, *23, * 25, SET15)	Lopende golven Soorten: transversaal - longitudinaal; mechanisch – elektromagnetisch Golfvergelijking: golflengte, golfsnelheid, frequentie, periode, golfgetal Opdrachten
76 Met behulp van het golfmodel terugkaatsing, breking en interferentie van licht of geluid beschrijven. (F15)	Beginsel van Huygens Eigenschappen van golven: terugkaatsing, breking, buiging, interferentie
77 Het voortbrengen van geluid uitleggen in termen van trillingen. (F5, F7, SET11)	Toepassing van de voortplanting van mechanische golven: geluid Kenmerken van geluid Intensiteit bij een geluidsgolf, meten van het geluidsniveau
78 *Frequentieveranderingen bij beweging van een trillingsbron en/of van de waarnemer verklaren en hiervan een toepassing geven. (F7)*	*Dopplereffect*
79 Het verschijnsel 'staande golven' beschrijven en frequenties waarbij staande golven in een systeem ontstaan aangeven.	Terugkaatsing van golven bij een vast en vrij uiteinde Staande golven: knopen en buiken Frequenties waarbij staande golven kunnen ontstaan bij een systeem
80 Uitleggen hoe elektromagnetische golven ontstaan en een overzicht geven van het elektromagnetisch spectrum.	Elektromagnetische golven: eigenschappen, elektromagnetisch spectrum
81 Uitleggen dat het ontstaan van licht samenhangt met energieveranderingen in het atoom.	Lichtgolven: ontstaan van licht
82 De energieoverdracht door mechanische en elektromagnetische golven aan de hand van verschillende verschijnselen waaronder resonantie, illustreren. (F16)	Resonantie
83 De effecten van interactie tussen elektromagnetische golven en materie beschrijven aan de hand van verschijnselen zoals het foto-elektrisch effect en elektromagnetische spectra. (F11, F12, SET9)	Fotonen: foto-elektrisch effect Röntgenstraling: eigenschappen

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Een lang touw en een slinkyveer op een nylondraad 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 ge-

luidsniveau wordt gemeten met een decibelmeter. Een geluidsgolf brengt, zoals alle golven, energie over. Resonantie speelt een rol in de leefomgeving (bv. broeikaseffect, microgolfoven …) 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 elektroscoop 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 elektroscoop een positieve lading geven (laden met een gewreven glasstaaf) gebeurt er bij de bestraling ook niets. Uit nader onderzoek bleek dat de UV-straling (bestaande uit fotonen) elektronen uit een metaal kan losmaken. Dit verschijnsel noemt men het foto-elektrisch effect. Bij röntgenstraling ge¬beurt 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).

4.12 Fundamentele wisselwerkingen

LEERPLANDOELSTELLINGEN	LEERINHOUDEN
84 Voorbeelden geven van structuren en/of van energie- en materietransformaties die een gevolg zijn van fundamentele wisselwerkingen. (*29, *26, *27, *28, SET12)	Unificatie: vier fundamentele wisselwerkingen met bijbehorende krachten nl. gravitatie-, elektromagnetische-, sterke en zwakke krachtwerking

PEDAGOGISCH-DIDACTISCHE WENKEN

Het is de bedoeling dat door de bespreking van dit leerstofpunt de leerlingen een idee hebben over de ontwikkelingen op het gebied van de theorieën die de wisselwerking tussen de deeltjes beschrijven.

Deze deeltjes maken op hun beurt het onderwerp uit van de hoge-energiefysica. Deze tak van de fysica komt regelmatig in de belangstelling door artikels die verschijnen over de bouw van grote deeltjesversnellers, over de samenstelling van het heelal of over de ontdekking van nieuwe elementaire deeltjes. Deze leerinhouden zijn uiterst geschikt om bv. op het web of in tijdschriften opzoekingswerk te doen.

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 fysicalabo. 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 (schakelaars, weerstanden, weerstandsdraden, spoelen ...), meetapparatuur in de mechanica (meetlatten, chronometer, ijkmassa's, dynamometers ...) en toestellen (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 vier leerlingenproeven of onderzoeksopdrachten 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
  - elektroscoop
- Materiaal voor het afleiden van:
  - de wet van Ohm
  - de wet van Pouillet
  - 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

– staande golven

  - elastische snaar of veer
  - buis van Kundt

6 EVALUATIE

Het functioneren van de samenleving nu en in de toekomst kan niet meer los gezien worden van wetenschappelijke kennis en toepassing van die kennis. Fysica levert tot verwerven van deze wetenschappelijke kennis een belangrijke bijdrage. Op grond van deze vaststelling moet het schoolvak fysica in eerste instantie een algemeen vormende functie hebben of een bijdrage leveren tot 'wetenschappelijke geletterdheid. De betekenis van het leren van fysica ligt voor een deel niet in de fysica zelf maar er buiten. In tweede instantie moet fysica voor de wetenschappelijke studierichtingen een doorstroomfunctie vervullen. Het moet de leerlingen uit die verschillende studierichtingen belangrijke basiscompetenties bijbrengen om hoger wetenschappelijk en technisch onderwijs te volgen. Deze basiscompetenties zijn betekenisvol in een of meer praktijken uit het dagelijks leven, het beroepsleven of de vervolgopleidingen. Het nastreven van vaardigheden, van algemene en specifieke doelstellingen van het leerplan leveren een belangrijke bijdragen tot het verwerven van deze basiscompetenties. Naast het bijbrengen van leervaardigheden (bv. zelfstandig leren en werken) en basisvaardigheden (bv. werken met ICT) moeten we ons richten op een fysicaonderricht dat leerlingen in het hoger onderwijs in staat stelt zelfstandig nieuwe fysische kennis te ontwikkelen (generatieve fysische kennis of kennis als gereedschap).

Het nastreven van deze basiscompetenties heeft meegebracht dat we 'leren' nu vooral zien als het actief ontwikkelen van kennis, inzicht en vaardigheden. Deze manier van 'leren' heeft niet alleen zijn gevolgen voor de betrokkenheid van de leerling op zijn eigen leerproces maar ook op de manier en de frequentie van evalueren. Van leraren mag worden verwacht dat ze regelmatig de kennis, het inzicht en de vaardigheden van de leerlingen evalueren. 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 moet 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 (bv. uitvoering leerlingenproef en verslag) voor het beoordelen in aanmerking komen. De permanente evaluatie van het proces en van het product laat de leraar toe indien nodig remediërend op te treden en bij te sturen.

Het weten op zich is niet belangrijk, maar wat we met dat weten kunnen doen. De functionaliteit dat we binnen het fysicaonderwijs nastreven heeft ook consequenties voor de opdrachten. Er moet een verschuiving plaatsgrij-

pen van louter schoolse opdrachten naar het gebruik van maatschappelijke en technische contexten (realistische fysica). Ze zijn niet alleen een uitstekend middel om basiscompetenties te ontwikkelen maar eveneens om een aantal studievaardigheden te beoordelen (selecteren van hoofd- en bijzaken, maken van een overzichtelijk schema, vragen naar de betekenis van iets ...). Het is van belang dat vaardigheden worden getoetst. Voorkomen moet worden dat het aanleren van vaardigheden een vrijblijvende aangelegenheid is. Een voorbeeld zijn de vaardigheden in verband met het uitvoeren van leerlingenproeven. In dat geval zal aan leerlingenproeven weinig tijd worden besteed en zal het ook geen plaats krijgen in de evaluatie. Proeven uitvoeren is onlosmakelijk verbonden met de natuurwetenschappelijke methode en in die zin is het een belangrijk middel om aan fysica te doen. Het uitvoeren van leerlingenproeven heeft een grote pedagogische waarde. Men kan de leerlingen leerverantwoordelijkheid bijbrengen, in groep werken en reflecteren op de resultaten. Die vaardigheden die tijdens het uitvoeren van leerlingenproeven aan bod komen, moeten dus ook geëvalueerd worden.

Een eindevaluatie heeft dus tot doel na te gaan in welke mate de leerling erin geslaagd is de algemene en vakspecifieke doelstellingen en vaardigheden 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 (meerkeuzevragen, waar of vals vragen, reproductievragen, grafieken, vraagstukken, inzichtsvragen, 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).

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. De selectieve functie heeft te maken met de verwachting dat de evaluatieresultaten van een leerling een voorspellende waarde hebben voor haar of zijn succes in de vervolgopleiding.

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. Leerlingen moeten weten hoe geëvalueerd wordt en hoe men met resultaten omgaat. Leerlingen mogen niet het gevoel krijgen dat het allemaal ‘buiten hen om gebeurt’ maar mogen ook weten wat van hen verwacht wordt.

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 de leerlingen en derden (ouders, directie, inspectie ...). Sommige handboeken hebben op het vlak van de vraagstelling al de nieuwe trend ingezet (meerkeuzetoetsen, 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 voldoend 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 een zelfde schoolgemeenschap of van de vakwerkgroep 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_2, 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 bloedvatenstelsel 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 dichtslibben 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 biologisch 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), klassengesprek 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, groepswerk, 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 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, groepswerk, 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 bediscussiëren of te verwerken aan de hand van opdrachten. De leraar talen begeleidt de leerlingen bij de analyse van de taalaspecten, opbouw en structuureigenschappen, 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)
- Natuurwetenschappenmisdaad en misdaadopheldering
- 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. Bioënergie. 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 I-racen, hoe maak je de beste bocht?

– **Fysica en verkeersopvoeding**

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

– **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 zonneschijn. 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 een 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 tijdskader 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	Symbool	Eenheid	Formule
Versnelling bij E.V.R.B.	a	m/s²	$a = \Delta v/\Delta t$
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.	ω	rad/s	$\omega = 2\pi/T$

Grootheid	Symbool	Eenheid	Formule
Centripetaalversnelling	a	m/s²	$a = v^2/r$
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	λ	m	$\lambda = vT$
Golfsnelheid	V	m/s	$v = \lambda . T$
Elektrische spanning	U	V	$U = W/Q$
Elektrische stroomsterkte	I	A	$I = \Delta Q/\Delta t$
Ohmse weerstand	R	Ω	$R = U/I$
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 α-, β-, γ-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.

9.3 Decretale specifieke eindtermen

9.3.1 Inleiding

Decretale specifieke eindtermen voor de pool Wetenschappen zijn eindtermen die door de leerlingen moeten bereikt worden over het geheel van de natuurwetenschappen. In de tabel hieronder worden, in onderlinge overeenkomst, deze eindtermen toegewezen aan een bepaald vak. Dit belet niet dat sommige eindtermen ten dele ook aanbod kunnen komen in andere vakken.

A	**Structuren**				**B**	**Interacties**			
1	Aa	Bi	Ch	Fy	6	Aa	Bi	Ch	Fy
2	Aa	Bi	Ch	Fy	7		Bi	Ch	
3	Aa	Bi		Fy	8			Ch	Fy
4		Bi		Fy	9	Aa			Fy
5		Bi		Fy	10				Fy
					11		Bi		
					12				Fy
C	**Systemen**				**D**	**Tijd**			
13		Bi	Ch		17	Aa	Bi		
14	Aa				18			Ch	
15			Ch		19	Aa			
16		Bi	Ch		20	Aa			Fy
					21	Aa			Fy
E	**Genese en ontwikkeling**				**F**	**Natuurwetenschap en maatschappij**			
22	Aa	Bi			*Voor elk vak*				
23	Aa	Bi			**G**	**Onderzoekscompetentie**			
24	Aa			Fy	*Voor elk vak*				

9.3.2 Structuren

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

SET1 structuren classificeren en beschrijven op basis van samenstelling, eigenschappen en functies;

SET2 structuren met behulp van een model of schema voorstellen en hiermee eigenschappen verklaren:

SET3 relaties leggen tussen structuren;

SET4 methoden beschrijven om structuren te onderzoeken;

SET5 structuren op grond van observeerbare of experimentele gegevens identificeren en classificeren.

9.3.3 Interacties

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

SET6 processen waarbij energie wordt getransformeerd of getransporteerd beschrijven en herkennen in voorbeelden;

SET7 vorming, stabiliteit en transformatie van structuren beschrijven, verklaren, voorspellen en met eenvoudige hulpmiddelen experimenteel onderzoeken;

SET8 berekeningen uitvoeren bij energie- en materieomzettingen;

SET9 effecten van de interactie tussen materie en elektromagnetische straling beschrijven en in voorbeelden herkennen.

De leerlingen kunnen

SET10 beweging en verandering in bewegingstoestand kwalitatief beschrijven, in eenvoudige gevallen experimenteel onderzoeken en berekenen;

SET11 verbanden leggen tussen processen op verschillende schaalniveaus;

SET12 fundamentele wisselwerkingen verbinden met hun rol voor de structurering van de materie en met energieomzettingen.

9.3.4 Systemen

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

SET13 uitleggen hoe systemen een toestand van evenwicht bereiken en behouden;

SET14 relaties tussen systemen beschrijven en onderzoeken;

SET15 vanuit een begintoestand de evenwichtstoestand van een systeem en effecten van storingen kwalitatief onderzoeken en in eenvoudige gevallen berekenen;

SET16 de evolutie van een open systeem kwalitatief beschrijven.

9.3.5 Tijd

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

SET17 voorbeelden geven van cyclische processen en deze cycli op een tijdschaal plaatsen;

SET18 de levensduur van structuren en systemen en de snelheid van processen vergelijken en de factoren die hierop een invloed uitoefenen verklaren en in eenvoudige gevallen onderzoeken;

SET19 relaties tussen cyclische processen illustreren;

SET20 uitleggen hoe cyclische processen worden aangewend om de tijdsduur te bepalen;

SET21 methoden beschrijven om structuren relatief en absoluut te dateren.

9.3.6 Genese en ontwikkeling

De leerlingen kunnen op verschillende schaalniveaus

SET22 fasen in de evolutie van structuren en systemen beschrijven en ze op een tijdschaal ordenen;

SET23 relaties leggen tussen evoluties van systemen en structuren;

SET24 mechanismen beschrijven die de stabiliteit, verandering en differentiatie van structuren of systemen in de tijd verklaren.

9.3.7 Natuurwetenschap en maatschappij

De leerlingen kunnen

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

SET26 natuurwetenschappelijke kennis vergelijken met andere visies op kennis;

SET27 de relatie tussen natuurwetenschappelijke ontwikkelingen en technische toepassingen illustreren;

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

9.3.8 Onderzoekscompetenties

De leerlingen kunnen

SET29 aan de hand van diverse methoden, waaronder geautomatiseerde, informatie verwerven en verwerken: verbaal, grafisch, in tabelvorm en wiskundig;

SET30 over een eenvoudig natuurwetenschappelijk probleem een opdracht plannen, uitvoeren en evalueren;

SET31 over onderzoeksresultaten en methode reflecteren en erover rapporteren.